UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

OPTIMIZACIÓN DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS Y SISTEMA DE SECTORIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA OFERTA, DEMANDA Y ACTIVOS EN COLINA

Karina Isabel Paredes Barros
MAGISTER EN GESTION DEL AGUA
Septiembre 2024

UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
MWM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

OPTIMIZACIÓN DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS Y SISTEMA DE SECTORIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA OFERTA, DEMANDA Y ACTIVOS EN COLINA

Tesis de magister presentada por
Karina Isabel Paredes Barros
Como requisito para optar al Grado de
MAGISTER EN GESTION DEL AGUA

Director de Tesis:
Dr. Patricio Rubio Romero
Septiembre 2024

TITULO DE TESIS:

“Optimización de las fuentes subterráneas y sistema de sectorización en función de la oferta, demanda y activos en Colina**”**

AUTOR:

KARINA ISABEL PAREDES BARROS

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de MAGISTER EN GESTION DEL AGUA de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

_____

_____

Dr. Patricio Rubio Romero
Director de Tesis

Mg. Marcelo Bravo Fortune
Correferente Interno

Mg. Juan Agustín Carrasco Muñoz
Correferente Externo

Santiago, Septiembre 2024

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Karina Isabel Paredes Barros

Firma: 

Fecha: Santiago, Septiembre de 2024

AGRADECIMIENTOS

A Dios por esta oportunidad, agradecida y bendecida por esta experiencia.

A la USM y a cada uno de los profesores del MWM; a mis compañeros por su apoyo, optimismo y sentido del humor.

Agradecer a mis compañeros de trabajo de Sacyr Agua por su apoyo durante todo este proceso y en especial a GG quién me apoyó desde el primer minuto cuando comenté la idea del MWM, año 2022.

Y sin duda agradecer a mi familia, mi pareja, mis amigos por su amor y apoyo incondicional en esta etapa; mis sobrinas y sobrinos.
Mis porotitos bellos, mi batería sin duda, mi cable a tierra, ¡mi inspiración!

¡Agradecer y dedicar este logro a mi ángel de la guarda, mi madre!
¡Gracias por tanto mi viejita!

RESUMEN EJECUTIVO

La provincia de Chacabuco ha sido una de las zonas más afectadas de la Región Metropolitana de Santiago por la escasez hídrica y el uso intensivo de los recursos hídricos que afecta a nuestro país.

Tales efectos han provocado un descenso sostenido en los niveles de las fuentes subterráneas y, como consecuencia, una disminución sostenida en la capacidad de explotación de las fuentes subterráneas ubicadas en estas zonas y, consigo, el empeoramiento de la calidad del recurso hídrico. Por consiguiente, el uso eficiente del recurso hídrico a través de la gestión y optimización del activo es fundamental para la industria sanitaria.

Sacyr Agua Chacabuco S.A. es una empresa concesionaria que presta servicios sanitarios en la comuna de Colina a más de 24.000 clientes, dada la ubicación geográfica y disponibilidad del recurso hídrico, el sistema de producción es abastecido en un 100% por fuentes subterráneas; por ende, toma relevancia la necesidad de diseñar e implementar acciones que permitan identificar vulnerabilidades y brechas en las etapas de producción y distribución de agua potable, con el objeto de mejorar la eficiencia hídrica de los sistemas.

Con el objeto de lograr la eficiencia hídrica el estudio se focaliza en la optimización del uso de las fuentes subterráneas a través de su priorización y en la efectividad de la sectorización del sistema de abastecimiento Aconcagua por medio de DMA, implementado por la compañía en el año 2021 a través del proyecto GIR.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos se establecen recomendaciones que permitan lograr y transmitir la eficiencia hídrica como una responsabilidad a nivel empresa, implícita en la cultura corporativa.

ABSTRACT

The province of Chacabuco has been one of the most affected areas of the Santiago Metropolitan Region due to water scarcity and the intensive use of water resources that affects our country.

Such effects have caused a sustained decrease in the levels of underground sources and, consequently, a sustained decrease in the exploitation capacity of underground sources located in these areas and, with it, the worsening of the quality of the water resource. Consequently, the efficient use of water resources through asset management and optimization is essential for the healthcare industry.

Sacyr Agua Chacabuco S.A. is a concessionaire company that provides health services in the commune of Colina to more than 24,000 clients. Given the geographical location and availability of water resources, the production system is supplied 100% by underground sources; Finally, the need to design and implement that allows identifying vulnerabilities and gaps in the stages of production, actions and distribution of drinking water becomes relevant, with the aim of improving the water efficiency of the systems.

With the objective of achieving water efficiency, the study focuses on optimizing the use of underground sources through their prioritization and on the effectiveness of the sectorization of the Aconcagua supply system through DMA, implemented by the company in the year 2021 through the GIR project.

Finally, based on the results obtained, recommendations are established that will allow water efficiency to be achieved and transmitted as a responsibility at the company level, implicit in the corporate culture.

ÍNDICE

CAPITULO I 12
INTRODUCCIÓN 12
CAPITULO II 14
ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES DEL ESTUDIO 14
2.1 ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO 14
2.2 CRITERIOS SMART 15
2.3 ALCANCE DEL ESTUDIO 16
2.4 ALCANCE CIENTÍFICO 19
2.4.1 Alcances Prioritarios 19
2.4.2 Alcances No Prioritarios 19
CAPITULO III 20
OBJETIVOS 20
3.1 OBJETIVO GENERAL 20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20
3.2.1 Objetivos Específicos: Aspectos generales 20
3.2.2 Objetivos Específicos: Fuentes subterráneas 21
3.2.3 Objetivos Específicos: Sectorización sistema de abastecimiento Aconcagua 21
CAPITULO IV 23
ESTADO DEL ARTE 23
4.1 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE 23
4.1.1 Review Bibliográfico 23
4.1.2 Comparativa Internacional 30
4.1.3 Panel de Expertos 34
4.2 SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS 35
4.3 SITUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE 40
4.4 SUJETO DEL ESTUDIO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA 41
4.5 MARCO TEORICO DEL ESTUDIO 44
4.5.1 Mapa Mental – Modelo Teórico 46
CAPITULO V 47
PROPUESTA METODOLÓGICA DEL ESTUDIO 47
5.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE LAS ETAPAS 47

5.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DEL ESTUDIO 51
CAPITULO VI 53
APLICACIÓN METODOLÓGICA 53
6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS 53
6.1.1 Pruebas de bombeo 54
6.1.2 Registros operacionales 55
6.1.3 Calidad del agua de las fuentes subterráneas 56
6.1.4 Infraestructura sanitaria complementaria 56
6.1.5 Información registrada en terreno 61
6.2 BALANCE HIDRÁULICO 65
6.3 PRIORIZACIÓN DE FUENTES SUBTERRÁNEAS 67
6.3.1 Costos de producción 67
6.3.2 Factibilidad por infraestructura 67
6.3.3 Priorización de fuentes subterráneas 68
6.3.4 Lineamientos para un manual de operación 68
6.4 DIAGNÓSTICO DEL SECTOR DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA 69
6.5 IDENTIFICACIÓN BRECHAS DMA 73
CAPITULO VII 74
RESULTADOS 74
7.1 FUENTES SUBTERRÁNEAS 74
7.2 SECTORIZACIÓN POR DMA 75
CAPITULO VIII 77
CONCLUSIONES 77
CAPITULO IX 78
RECOMENDACIONES 78
CAPITULO X 80
BIBLIOGRAFÍA 80
CAPITULO XI 81
WEBGRAFÍA 81
CAPITULO XII 82
GLOSARIO Y ACRÓNIMOS 82
ACRÓNIMOS 82
CAPITULO XIII 83
ANEXOS 83

13.1 REVIEW BIBLIOGRÁFICO 83
13.1.1 Fichas Bibliográficas 83
13.1.2 Referencias de MWM 249
13.2 PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS 326

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. SMART del Estudio 15
Tabla 2. Características del sistema de abastecimiento Aconcagua 18
Tabla 3. Review Bibliográfico - Bibliométrica 23
Tabla 4. Referencia Internacional 31
Tabla 5. Opinión de experto 34
Tabla 6. Palabras claves y/o conceptos 35
Tabla 7. Sistema Producción – Sistemas de abastecimiento de localidad de Colina 42
Tabla 8. Sistema de abastecimiento Aconcagua 44
Tabla 9. Carta Gantt – Desde semana 1 a semana 17 51
Tabla 10. Carta Gantt – Desde semana 18 a semana 28 52
Tabla 11. Antecedentes Prueba de Bombeo 1 54
Tabla 12. Antecedentes Prueba de Bombeo 2 54
Tabla 13. Antecedentes Prueba de Bombeo 3 55
Tabla 14. Producción actual de las fuentes subterráneas 55
Tabla 15. Máximas concentraciones de As [mg/L] año 2023 56
Tabla 16. Plantas elevadoras de agua potable tipo C 59
Tabla 17. Estanques semienterrados y enterrados 60
Tabla 18. Registro de información levantada en terreno – Sondajes con producción total en sistema de Abastecimiento Aconcagua 61
Tabla 19. Registro de información levantada en terreno – Sondajes con producción parcial en el sistema de Abastecimiento Aconcagua 63
Tabla 20. Datos de entrada para BOD 65
Tabla 21. Caudales de Producción sector Aconcagua 66
Tabla 22. Costo de producción por fuente subterránea 67
Tabla 23. Descripción DMA sector abastecimiento Aconcagua 70
Tabla 24. Distribución de cliente y cuartes por DMA 75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Territorio Operacional localidad Colina 17
Ilustración 2. Sistema de abastecimiento Aconcagua 18
Ilustración 3. Historia de Sacyr Agua Chacabuco S.A. 41
Ilustración 4. Ubicación geográfica localidades de SAC 42
Ilustración 5. Localización espacial sistemas de abastecimiento 43
Ilustración 6. Balance Hídrico IWA 45
Ilustración 7. Mapa Mental – Modelo Teórico 46
Ilustración 8. Fuentes subterráneas sistema de abastecimiento Aconcagua 53
Ilustración 9. Operación Sistema de Abastecimiento Aconcagua – 29.05.2024 a las 10:03 horas. 56
Ilustración 10. Impulsión IMPACO4AACO5TK 57
Ilustración 11. Impulsión IMPSAPREINAS 58
Ilustración 12. Ubicación geográfica nudo interconexión 58
Ilustración 13. Nudo de Interconexión 59
Ilustración 14. Recinto estanque Aconcagua 60
Ilustración 15. Set fotográfico sondaje Aconcagua 4 61
Ilustración 16. Set fotográfico sondaje Aconcagua 5 62
Ilustración 17. Set fotográfico sondaje Aconcagua 7 63
Ilustración 18. Set fotográfico sondaje Reina 2 64
Ilustración 19. Distribución de clientes en Sistema de Abastecimiento Aconcagua 65
Ilustración 20. Localización geográfica DMA 70
Ilustración 21. Cuarteles sector de abastecimiento Aconcagua 71
Ilustración 22. PCP sistema de abastecimiento Aconcagua 72
Ilustración 23. Caudalímetros sistema de abastecimiento Aconcagua 72
Ilustración 24. DMA a interconectar con otro sistema de abastecimiento 76

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La escasez hídrica que afecta a nuestro país y el uso intensivo de los recursos hídricos en zona norte y central de Chile ha llevado que algunas regiones sean decretadas como zonas de escasez hídrica.

En el año 2017 la Dirección General de Aguas mediante su “Actualización del Balance Hídrico”, liderado por Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica en conjunto con la Dirección General de Aguas, proyectó una disminución generalizada de los recursos hídricos, producto al aumento en la demanda de agua, cambios en el uso de suelo y, además, de factores del cambio climático.

En la provincia de Chacabuco, tales efectos han provocado un descenso sostenido en los niveles estáticos de las fuentes subterráneas ubicadas en el Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común Colina Inferior y Colina Sur, y, como consecuencia, la disminución en la capacidad de extracción de las fuentes subterráneas y el empeoramiento de la calidad del recurso hídrico.

El aumento de la demanda de agua potable, el elevado porcentaje de agua no facturada a nivel nacional y la sobreexplotación de los acuíferos; ha generado la búsqueda explosiva de puntos de perforación para la construcción de nuevas fuentes subterráneas que permitan abastecer la demanda para consumo humano.

A nivel internacional, diferentes organizaciones, principalmente IWA y ONU, han trabajado e implementado metodologías que permitan identificar y establecer metodologías para combatir la escasez hídrica (Balance Hídrico IWA). Dichas metodologías recomendadas hacen más de una década, a nivel nacional están en proceso de implementación o estandarización.

Sacyr Agua Chacabuco S.A., empresa concesionaria que presta servicios sanitarios en la comuna de Colina a más de 24.000 clientes regulados, ha presentado bajas en la capacidad de explotación de sus sistemas productivos debido a estos efectos, por ende, ha visto la necesidad de diseñar e implementar acciones que permitan identificar vulnerabilidades y brechas en las etapas de producción y distribución de agua potable, con el objeto de mejorar la eficiencia hídrica del sistema.

El propósito del presente estudio es buscar la eficiencia hídrica en función de la gestión y optimización de activo sanitario. Se enfoca en las etapas producción y distribución de la localidad de Colina, sin embargo, con la finalidad de llevar el estudio a una escala medible y poder identificar brechas y vulnerabilidades del sistema, centralizó en el sector o sistema de abastecimiento Aconcagua, ubicado al norte de la localidad.

El objetivo general del estudio se centra en la optimización del uso de las fuentes subterráneas y efectividad de la sectorización del sistema de abastecimiento por

DMA; para alcanzar dicho objetivo en tiempo y forma, se establecen 17 objetivos específicos.

Con la finalidad de cumplir o alcanzar cada uno de los objetivos planteados y en consecuencia el objetivo general, se desarrolla un modelo teórico que permite abordar el tema del estudio. En este apartado se encuentra un análisis documental sintetizado a través de un Review Bibliográfico, comparativa internacional referente a la materia del estudio, análisis de palabras claves y/o conceptos.

La metodología propuesta para el desarrollo del estudio se presenta y planifica mediante 13 etapas cronológicamente definidas; su aplicación busca dar cumplimiento a los objetivos específicos y general del estudio.

El estudio seguirá dos líneas de análisis primera asociada a las fuentes subterráneas y la segunda asociada a la sectorización implementada por DMA en el sistema de abastecimiento Aconcagua. Por ende, en una primera fase se desarrollará la aplicación metodológica referente a las fuentes subterráneas y posteriormente respecto al diagnóstico de la sectorización implementada por el proyecto GIR.

Se expondrán los resultados finales fundamentados en los resultados parciales obtenidos, estos se presentarán en las dos líneas ya mencionadas. Con el desarrollo de la investigación y teniendo en cuenta los objetivos del estudio, se establecerán diferentes conclusiones.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos se establecerán recomendaciones con respecto al estado y priorización de las fuentes subterráneas, sectorización del sistema de abastecimiento Aconcagua por medio de DMA y, adicionalmente, propuestas con respecto a la responsabilidad y aplicación de los miembros de la compañía, en los temas de diseño, construcción y gestión de las fuentes subterráneas.

Por lo tanto, lograr la eficiencia hídrica es una responsabilidad a nivel empresa, es decir, debe estar implícito en la cultura corporativa.

CAPITULO II

ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

La localidad de Colina - Esmeralda (Colina) de la empresa Sacyr Agua Chacabuco S.A. (SAC), se encuentra ubicada en la zona centro del radio urbano de la comuna de Colina, provincia de Chacabuco, Región Metropolitana de Santiago, prestando servicios sanitarios a más de 24.000 clientes regulados.

El sistema de producción de agua potable de Colina está formado por más de 25 fuentes subterráneas con una producción total aproximada de 435 l/s.

2.1 ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

El descenso sostenido en los niveles estáticos de las fuentes subterráneas ubicadas en el Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (SHAC) Colina Inferior y Colina Sur, ha tenido como consecuencia la disminución en la capacidad de extracción de las fuentes subterráneas y el empeoramiento de la calidad del recurso hídrico.

Asimismo, el aumento de la demanda de agua potable, el elevado porcentaje de Agua No Facturada (ANF) a nivel nacional y la sobreexplotación de los acuíferos; ha generado la búsqueda explosiva de puntos de perforación para la construcción de nuevas fuentes subterráneas que permitan abastecer la demanda para consumo humano.

La comuna de Colina presenta un clima cálido con estaciones secas prolongadas y temperaturas que pueden alcanzar hasta los 42°C; este escenario extremo, específicamente en el periodo estival, ha generado aumentos considerables en la demanda de agua potable, incluso triplican la demanda promedio del sector sanitario a nivel nacional. Adicionalmente, la reactivación de la construcción post pandemia, específicamente conjuntos habitacionales destinados a viviendas sociales y la gran cantidad de asentamiento irregulares o ilegales, también llamados “toma”, ubicados en el perímetro urbano de la comuna y conectados de manera ilegal, tanto a redes o conducciones de producción como de distribución, han generado un **explosivo incremento en la demanda de agua potable**, generando un **estrés hídrico** en el sistema de la localidad de Colina.

Considerando lo mencionado anteriormente y, además, del aumento explosivo de conexiones ilegales en los últimos años, el porcentaje de ANF en la localidad de Colina, el incremento del gasto energético en los sistemas de bombeo debido al descenso de los niveles estáticos, la incidencia de las altas temperaturas en la conducta de consumo de agua potable; SAC ha visto la **necesidad de diseñar e implementar acciones** que permitan identificar vulnerabilidades y brechas en las etapas de producción y distribución de agua potable, con el **objeto de mejorar la eficiencia hídrica del sistema.**

Por último, es importante mencionar que, en el año 2021, SAC realizó inversiones por sobre los *seiscientos millones de pesos* en un proyecto destinado a la Gestión Integral de Redes (GIR), sin embargo, tras su implementación a la fecha aún no se han cumplido las expectativas u objetivo final del proyecto, debido a que el porcentaje global de ANF de la localidad de Colina no ha disminuido, e incluso, en algunos periodos ha incrementado dicho porcentaje respecto al año base del proyecto GIR y, adicionalmente, los retornos económicos estimados en el proyecto no se han reflejado hasta la fecha.

El propósito del presente estudio es buscar la eficiencia en las etapas de producción y distribución de agua potable de la localidad de Colina, con el objeto de optimizar los sistemas en función de la oferta, demanda y la gestión de activo.

2.2 CRITERIOS SMART

Con el objeto de orientar y guiar el presente estudio, se ha utilizado la metodología SMART la cual permite definir objetivos claros y alcanzables, asegurar el correcto enfoque del estudio, logrando asegurar o garantizar el éxito, tanto en el desarrollo como metas. A través de la siguiente tabla se identifican los criterios SMART.

Tabla 1. SMART del Estudio

TEMA ESPECÍFICO	Es un tema específico que apunta principalmente a la **optimización de activos sanitarios.** El primer activo corresponde a las fuentes subterráneas que abastecen el sector o Sistema de Abastecimiento Aconcagua; es decir, sondaje e infraestructura sanitaria relacionada a su funcionamiento. Dentro de la infraestructura sanitaria se encuentra el sistema de elevación o bombeo, sistema de presurización, medidores de caudal o cualquier infraestructura, equipo o activo que la normativa o regulación vigente instruya para dar cumplimiento a la calidad y continuidad de servicio. En segundo lugar, se encuentra el sector o Sistema de Abastecimiento Aconcagua, el activo del sector está conformado por estanque de regulación, conducciones o impulsiones de producción y distribución, redes de distribución, válvulas de corte, reductoras de presión y equipos de medición. Se realizará un levantamiento y análisis de lo ejecutado en terreno o implementado en el proyecto GIR con el objetivo de verificar la efectividad y eficiencia hídrica desde su implementación.
TEMA MEDIBLE	La optimización de las fuentes subterráneas es medible en cuanto al gasto energético, químicos y caudal; por ende, se podría estimar el costo de producción y establecer su priorización de funcionamiento a través de un tablero operacional.

	La eficiencia del sistema de abastecimiento es medible principalmente por el % ANF y, además, los valores de presión y caudal instalados en los DMA. Lo anterior permitirá tener a grandes rasgos la efectividad de la sectorización a través de los DMA.
TEMA ALCANZABLE	Es alcanzable debido a que busca la optimización y eficiencia con los activos existentes, mediante una priorización de uso de fuentes subterráneas y a la optimización de la sectorización por medio de DMA. La principal inversión ya se encuentra ejecutada, por ende, de existir CAPEX u OPEX del proyecto sería despreciable con relación a la inversión realizada. Adicionalmente, respecto a los DMA el objeto del estudio es identificar brechas para su posterior optimización o implementación.
TEMA RELEVANTE	Es relevante desde el punto de vista de la **eficiencia hídrica** tanto a nivel empresa como global. Considerando la escasez hídrica y los elevados niveles de pérdidas; la optimización operacional y gestión del activo toma relevancia en el sector sanitario. La continuidad y calidad de servicio del servicio de agua potable pasa a ser un tema relevante desde el punto de vista del consumidor.
TEMA CON TIEMPO ACOTADO	Considerando la dimensión de la localidad de Colina, se centralizó el estudio en el Sistema de Abastecimiento Aconcagua con el objeto de abordar el estudio en tiempo y forma.

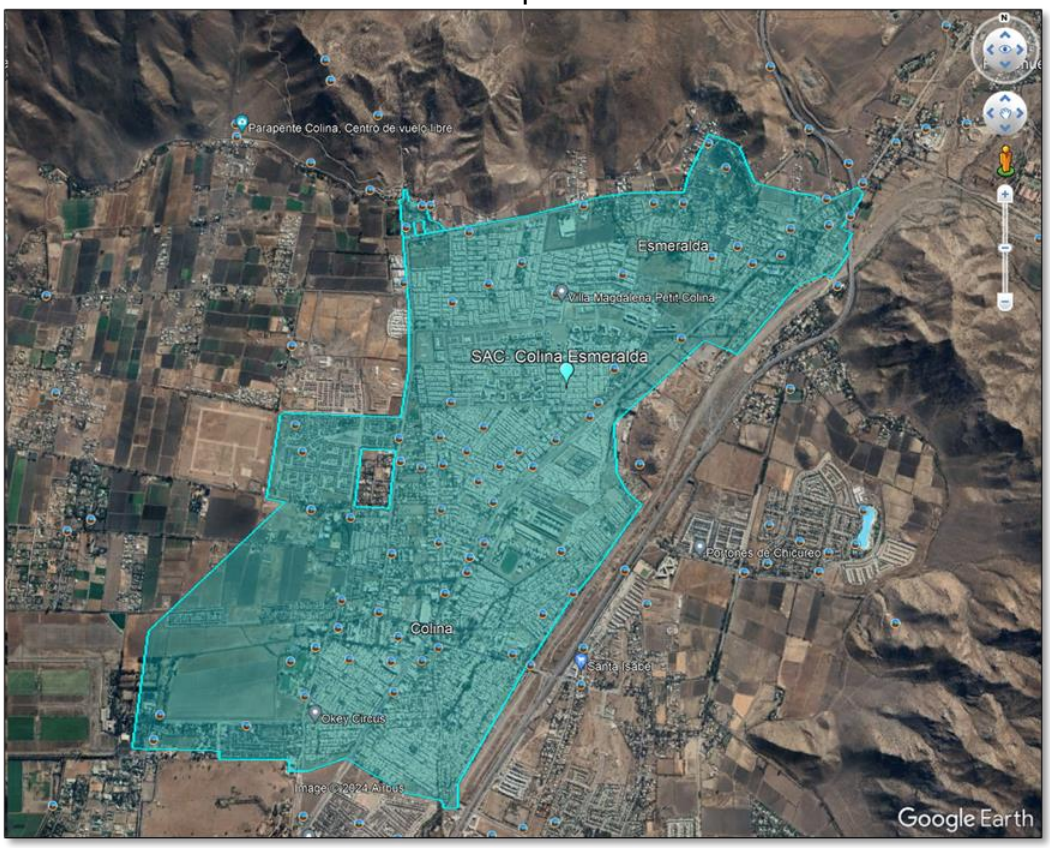
Fuente: *Elaboración propia*

2.3 ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio se enfoca en las etapas de producción y distribución de agua potable de la localidad de Colina, la localidad abaste a más de 24.000 clientes regulados con una capacidad de producción de agua cruda aproximada de 435 l/s. El **sistema de producción** está formado, a grandes rasgos, por más de 25 fuentes subterráneas, estanques elevados y semienterrados, plantas elevadoras de agua potable e impulsiones de producción, planta de tratamiento de remoción de arsénico y sistemas de desinfección.

El estudio tiene como finalidad buscar la eficiencia hídrica mediante la optimización de los sistemas de producción y distribución en función de la oferta, demanda y la gestión de activo. A continuación, se puede observar el área o territorio operacional de la localidad de Colina.

Ilustración 1. Territorio Operacional localidad Colina



Fuente: *Google Earth Pro*

Se realizará una descripción general del sistema operativo actual, desde las fuentes subterráneas hasta el sistema de abastecimiento que es alimentado para determinar mediante un Balance Oferta Demanda (BOD) el equilibrio hídrico existente. Adicionalmente, se buscará identificar diferentes aspectos que permitan explicar brechas del proyecto GIR en cuanto a sectorización y resultados esperados referente a ANF y mediciones in situ en la red.

Con la finalidad de llevar el estudio a una escala medible y poder identificar las brechas y vulnerabilidades del sistema productivo y de distribución de agua potable, se focalizará sólo en el sector o **sistema de abastecimiento Aconcagua**, ubicado al norte de la localidad de Colina.

Mediante Ilustración 2, se puede observar el polígono definido en el proyecto GIR como sistema de abastecimiento Aconcagua.

Ilustración 2. Sistema de abastecimiento Aconcagua



Fuente: *GIR, Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

Tabla 2. Características del sistema de abastecimiento Aconcagua

SISTEMA	DMA	CANTIDAD DE CLIENTES [N°]	LONGITUD DE RED [m]
Aconcagua	DMA 1	2.642	12.299
Aconcagua	DMA 2	1.386	7.733
Aconcagua	DMA 3	1.753	6.820
Aconcagua	DMA 4	780	4.891
Aconcagua	DMA 5	930	9.780
Aconcagua	DMA 19	296	2.950
	TOTAL	**7.787**	**44.473**

Fuente: *GIR, Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

2.4 ALCANCE CIENTÍFICO

El estudio se centraliza en la localidad de Colina, específicamente, en el sistema de producción y distribución de agua potable del **sistema de abastecimiento Aconcagua**. De tal forma de establecer los límites para dar cumplimiento al objetivo del estudio, este se encuentra circunscrito en los siguientes enfoques:

2.4.1 Alcances Prioritarios

Los alcances prioritarios son:

- → **Descriptivo:** Se describirá el sistema operativo actual, desde las fuentes subterráneas hasta el sistema de abastecimiento, para determinar mediante un BOD el equilibrio hídrico existente. Además, se realizará un levantamiento de todos los activos implementados en la sectorización con el propósito de pronosticar la causa o efecto de los resultados obtenidos.
- → **Correlacional:** Evaluar la relación de las fuentes subterráneas en función del estado del activo y las condiciones operacionales existentes asociado principalmente a destino del sistema de abastecimiento, eficiencia energética de los equipos de elevación, pérdidas de carga, calidad del recurso hídrico y registro de mantenciones preventivas o correctivas. Asimismo, se evaluará una relación entre el GIR implementado en cuanto a sus resultados.
- → **Explicativos**: Se planteará desde una visión global las posibles causales y, utilizando un determinado de sistema de abastecimiento de la localidad se analizará en profundidad para indicar en detalle un diagnóstico y propuestas de mejoras. Adicionalmente, se buscará identificar diferentes aspectos que permitan explicar los resultados obtenidos en función a los objetivos del proyecto GIR.

2.4.2 Alcances No Prioritarios

Dentro de esta categoría se encuentra el enfoque:

- → **Exploratorio**: Considerando las características desde este alcance, se encuentra poco implícito dentro del estudio.

CAPITULO III

OBJETIVOS

Para el estudio se define el objetivo general y los objetivos específicos referente a la optimización y eficiencia de los activos sanitarios del sector o sistema de abastecimiento Aconcagua. Para alcanzar el objetivo general, en tiempo y forma, se han establecido 17 objetivos específicos.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar el uso de las fuentes subterráneas y sectorización implementada en la localidad de Colina, específicamente en el sistema de abastecimiento Aconcagua; mediante la priorización de las fuentes subterráneas y un levantamiento que permita determinar la efectividad de sectorización por DMA, respectivamente. Promoviendo así la gestión de los activos sanitarios y, en consecuencia, lograr la eficiencia hídrica del sistema, a través del desarrollo de un tablero de gestión operacional de las fuentes subterráneas y una planificación estratégica del CAPEX y OPEX.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1 Objetivos Específicos: Aspectos generales

1. Identificar y conocer a nivel bibliográfico y de webgrafía todas aquellas materias relacionadas con el objeto del estudio. Sistematizando la información en fichas bibliográficas y en un archivo Excel plasmando la conexión entre conceptos, preguntas del estudio y aspectos relevantes.
2. Presentar a modo descriptivo las principales características técnicas, en las etapas de producción y distribución de agua potable del sistema de abastecimiento Aconcagua, en función a la eficiencia hídrica de la operación y manejo de activos.
3. Definir el marco teórico de la investigación en base a los conocimientos del estado del arte, la descripción del sujeto de estudio, y los objetivos. Considerando en un mapa mental, al menos, a nivel gráfico las etapas siguientes que comprenden el modelo real.
4. Proponer todos los pasos pertinentes para alcanzar el objetivo general definido en el estudio, determinando en una Carta Gantt los tiempos empleados para cada etapa.

3.2.2 Objetivos Específicos: Fuentes subterráneas

5. Proponer un listado con los diferentes aspectos que se deben considerar para la priorización de las fuentes subterráneas en función de su eficiencia hídrica y, en consecuencia, para la elaboración de un tablero de gestión operacional.
6. Identificar las características técnicas y aspecto relevantes de cada fuente subterránea que alimenta el sistema de abastecimiento Aconcagua; en cuanto a sus características físicas, profundidad de la perforación, niveles estáticos, niveles dinámicos, caudal de explotación, pruebas de bombeo, registro de mantenciones y, además, la calidad y estado del activo. En cuanto a su habilitación, referente a características técnicas de la bomba instalada, punto de funcionamiento, potencia instalada y gasto energético y; finalmente, características de la calidad del recurso en cuanto a parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.
7. Ordenar o categorizar las fuentes subterráneas en función al BOD del sistema de abastecimiento, estado propio del activo y complementario del sondaje y costo de producción.
8. Priorizar las fuentes subterráneas que permita el diseño y desarrollo de un tablero de gestión operacional en función a la demanda del sistema de abastecimiento.
9. Proponer mejoras o recomendaciones en aquellas fuentes subterráneas que resulten deficientes en cuanto a su funcionamiento, sectorización y costo de producción.
10. Establecer recomendaciones para la elaboración de un manual de operación y priorización de fuentes subterráneas en cuanto a su eficiencia hídrica.

3.2.3 Objetivos Específicos: Sectorización sistema de abastecimiento Aconcagua

11. Verificar la efectividad de la sectorización por DMA o distritos de medición, en base a las recomendaciones del proyecto Gestión Integral de Redes (GIR) respecto al diseño, sectorización, control, medición, fuentes de abastecimiento y porcentaje de agua no facturada (ANF).
12. Realizar un diagnóstico preliminar del sistema de abastecimiento Aconcagua en cuanto a presiones de servicio, tecnología en la medición de caudales y presión, sectorización, BOD, calidad del recurso hídrico, gestión y calidad del activo.
13. Analizar los resultados obtenidos desde la implementación del proyecto GIR en el sector de abastecimiento Aconcagua, desde el punto de vista de gestión del activo.

14. Generar conclusiones que permitan identificar brechas, deficiencias y dificultades que han impedido lograr el objetivo principal del proyecto GIR.
15. Establecer en base a los resultados obtenidos acciones, recomendaciones o lineamientos que permitan lograr la eficiencia del actual sistema de abastecimiento Aconcagua.
16. Establecer criterios o lineamientos que permitan ser una guía para replicar el estándar requerido, con el objeto de lograr la eficiencia hídrica del sistema en otros sectores o sistemas de abastecimiento de la localidad de Colina.
17. Proponer capacitaciones a clientes internos, de tal forma de transmitir de manera clara y directa los objetivos de la planificación estratégica buscando la eficiencia en la cadena de valor del agua.

CAPITULO IV

ESTADO DEL ARTE

Con la finalidad de cumplir los objetivos específicos y en consecuencia el objetivo general del estudio, se establecerá un modelo teórico que permita abordar el tema del estudio. Se presentarán antecedentes e identificarán, desde el punto de vista de seguridad hídrica, tecnologías, técnicas, gestión activa de presiones y pérdidas, control del activo.

4.1 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE

Con la finalidad de presentar antecedentes o conocimientos previos del estado del arte de los temas a desarrollar, se encuentran las fichas desarrollas tanto de información Bibliográfica, como de material de los diferentes módulos del MWM.

En Anexo 1 se ha desarrollado las Fichas Bibliográficas y la Planilla Excel de Palabras Claves y/o Conceptos Importantes, mientras que en los siguientes apartados se encuentra el Review bibliográfico, sistematización de palabras claves y/o conceptos y la situación actual del estado del arte.

4.1.1 Review Bibliográfico

El análisis documental, en una primera instancia, fue sintetizado a través del siguiente Review; donde se han definido o clasificado en lecturas fundamentales, específicas y complementarias.

Tabla 3. Review Bibliográfico - Bibliométrica

N°	CITA	DESCRIPTOR
LECTURAS FUNDAMENTALES		
1	Sánchez, E. 2021.	"Desarrollo de un tablero de gestión y control operacional que permita analizar el desempeño hidráulico y energético de las fuentes subterráneas. Además de facilitar la toma de decisiones respecto de la priorización del uso de las distintas fuentes, en función de su eficiencia energética, nivel producción y calidad"

N°	CITA	DESCRIPTOR
2	González, F. 2017.	La planificación zonal “consiste en dividir la red de distribución en sectores más pequeños que permita implementar sistemas de monitoreo y control, para comprender y analizar los perfiles de presión y caudal, identificar las áreas prioritarias, para mejorar la eficacia en la detección activa de fugas”
3	ANDESS, 2023.	“La principal diferencia entre estos dos términos se debe a lo siguiente: las "pérdidas" están directamente asociadas a la eficiencia y gestión operacional de la compañía, mientras que "aguas no facturadas" incorporan componentes del volumen suministrado al sistema que muchas veces escapan de su control y pasan a formar parte de un consumo denominado “autorizado”, el que no necesariamente está debidamente facturado.”
4	ANDESS, 2023.	“El índice adimensional ILI (Infrastructure Leakage Index) es un indicador que representa la relación entre el volumen de pérdidas reales actual de un sistema y el volumen de “pérdidas reales inevitables” (teórico).” “El ALI (Apparent Loss Index), al igual que el ILI, es un índice adimensional, ya que representa la relación entre el volumen de pérdidas aparentes y un factor equivalente al 5% del volumen micromedido en la ciudad o región (base anual), denominado "pérdida aparente de referencia”
5	AWWA, 2020.	“Una gestión eficaz de la presión puede ayudar a prolongar la vida útil de los activos, mejorar el servicio al cliente y reducir las pérdidas de agua y los riesgos de fallas de los activos.”
6	AWWA, 2018.	“Conceptos mejorados para la gestión del agua en el siglo XXI”
7	Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021.	"Más del 60% de la demanda energética que tiene en una STAP está asociada al sistema de bombeo considerando que este contempla desde el punto de captación de agua hasta la entrega al usuario."
8	NCh691. Of.2015	"Requisitos generales mínimos que deben cumplir los sistemas de producción y distribución de agua potable, en lo que corresponde al diseño de las obras de conducción, regulación, almacenamiento y distribución, desde la fuente de abastecimiento de agua hasta los puntos de entrega"

N°	CITA	DESCRIPTOR
9	NCh692. Of.2000	"Requisitos mínimos para el diseño de plantas elevadoras de agua potable y aguas destinadas a potabilización, incluyendo las disposiciones a las que deben ajustarse los proyectos de elevación mecánica de aguas en sistema de agua potable"
10	NCh777/2. Of.2000	"Directrices para el diseño, construcción, habilitación y uso de obras de captación de aguas subterráneas: pozos profundos (sondajes), drenes, galerías, punteras y norias. También establece la terminología general para las obras de captación señaladas."
11	NCh409/1 Of.2005	"Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional."
12	Alvarez-Garreton, C., Boisier, J.P., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillet, A., Aldunce, P., Urrutia-Jalabert, R., Zambrano-Bigiarini, M., Guevara, G., Galleguillos, M., Muñoz, A., Christie, D., Marinao, R., & Garreaud, R. (2023).	"La seguridad hídrica (SH) se define en la Ley Marco de Cambio Climático como la “posibilidad de acceso al agua en cantidad y calidad adecuadas, considerando las particularidades naturales de cada cuenca, para su sustento y aprovechamiento en el tiempo para consumo humano, la salud, subsistencia, desarrollo socioeconómico, conservación y preservación de los ecosistemas, promoviendo la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías y crecidas y la prevención de la contaminación.”
13	Oscar Viera Villegas	Módulo 9: Sistemas De Gestión, MWM 530 Gestión De Activos Industria Sanitaria
14	Alberto Kresse Zamorano	Módulo 5: Planificación y Dirección Estratégica, MWM 510 Planificación en la Industria Sanitaria
15	Francisco Ottone	Módulo 8: Gestión de Redes, MWM 400 Empresas Sanitarias- Gestión de redes
16	Cristian Carvallo González	Mod.11: Eficiencia Hídrica, MWM 130 Gestión de calidad total (TQM) y excelencia operacional (Lean Thinking)
LECTURAS ESPECÍFICAS		

N°	CITA	DESCRIPTOR
17	Garzón, F. 2006.	“La gestión de presiones en los sistemas de distribución de agua potable es reconocida internacionalmente como una de las actividades clave en la reducción de las pérdidas de agua, y en la disminución de la frecuencia de aparición de roturas en las redes de distribución y conexiones domiciliarias.”
18	Nava, J., Delgado, X. 2018.	“Otro factor importante causante de fugas en las redes son las altas presiones, las cuales son consecuencia de la urbanización, el cambio climático y el crecimiento poblacional. Este factor es sumamente importante por lo que se han hecho numerosos estudios, básicamente, entre más alta sea la presión mayor será el flujo en la fuga y viceversa.”
19	OPS. 2013.	"acciones necesarias para reparar y rehabilitar un pozo perforado luego de un desastre"
20	Savic, D., Ferrari, G. 2014.	"Los resultados muestran sólo una pequeña disminución en los rendimientos, lo cual es irrelevante en comparación con los beneficios producidos por las DMA en términos de reducción de fugas, mejora de la seguridad hídrica y mejor control y gestión de la red”
21	Araneda C., M., Avendaño R., M. S., & Díaz Del Río, G. 2019.	"El conocimiento de la morfología del basamento y el relleno sedimentario de la cuenca de Santiago subyacente juegan un papel muy importante en la evaluación de los recursos hídricos subterráneos." "El abanico del estero Colina también en la zona norte de la cuenca, está constituido por gravas y arenas gruesas de origen fluvial las que gradan a arenas medias a gruesas en los sectores más distales."
22	Cruzat Ingeniería. 2024.	Componentes en la habilitación de pozos profundos: Motor sumergible, Bomba sumergible, Cañería de Impulsión, Cables de alimentación y Tablero de control.
23	Cruzat Ingeniería. 2024.	“Uso de motores trifásicos debido a su mayor eficiencia. De no existir alimentación trifásica se tendrá optar por monofásica.” “Marcas Franklin Electric, Grundfos y Pedrollo”

N°	CITA	DESCRIPTOR
24	AVK Válvulas. 2019.	“Un programa ANR naturalmente se enfocará en reducir la pérdida de agua en las ciudades y aumentar los ingresos, pero también puede generar otros beneficios importantes para la empresa de servicios de agua y sus consumidores" -Reducción del estrés en los recursos hídricos del área - Reducción del consumo de energía para la extracción - Suministro de agua más estable como rendimiento mejorado - Base sólida para establecer un plan de rehabilitación e inversión a largo plazo para la red - Mejora de la calidad del agua.
25	AVK Válvulas. 2017.	"Inicialmente establecer zonas más grandes de 5.000 o más conexiones. Posteriormente, puede subdividirlos en DMA y sub-DMA de 1000 o menos conexiones para aquellas DMA con alto NRW y grandes longitudes de tuberías.”
26	AVK Válvulas. 2020.	"Válvulas de control para optimizar la presión: “Mantienen una determinada presión, caudal o nivel independientemente de los cambios en la red de suministro, y por tanto ayudan a reducir las pérdidas de agua y contribuyen a un suministro eficiente de agua"
27	Itron. 2023.	"Documento técnico investiga las causas y repercusiones del ANR, evalúa técnicas de medición y presenta una serie de estrategias para que las empresas de agua minimicen y gestionen el ANR." "En conclusión, establecer y alcanzar objetivos de reducción de ANR es una tarea fundamental para las empresas de agua que buscan mejorar la eficiencia operativa, la estabilidad financiera y la sostenibilidad ambiental."
28	Itron. 2023.	"AMI Essentials para el agua incluye opciones de conectividad y otros servicios para optimizar la planificación, la implementación y las operaciones, y evaluar los riesgos de conectividad, entre muchos otros. Esto ayuda a mejorar la calidad del servicio y extender la vida útil de la solución.”
29	Water Online. 2023.	“El monitoreo hidráulico permite un análisis regular y continuo de la red de agua, lo que permite a las empresas de agua responder de manera proactiva al deterioro de la red y las variaciones de la demanda antes de que estos cambios comiencen a molestar a los clientes.”
30	DGA. 2023.	Monitoreo de Extracciones Efectivas (MEE) de Aguas Subterráneas.

N°	CITA	DESCRIPTOR
31	SISS. 2019.	PR048- Plan de Acción Por Cortes Reiterados
32	Ximena Molina Paredes	Mod.4: Gestión de la Captación y Tratamientos del agua, MWM 120 Evaluación de la Calidad del agua del recurso hídrico
33	Pedro Kamann	Mod.4: Gestión de la Captación y Tratamientos del agua, MWM 120 Obras de Captación de Aguas Subterráneas
LECTURAS COMPLEMENTARIAS		
34	Eduardo Baeza. 2020.	“(…) las buenas prácticas de la industria proveedora de agua potable, orientadas a la eficiencia hídrica, tales como usar un sistema de contabilidad de pérdidas de agua, detectar y reparar fugas, y definir precios que fomenten la conservación del agua por parte del consumidor; la medición y reducción de la huella hídrica en el sector agroindustrial y; la certificación de la eficiencia hídrica para dar garantías en cuanto al ahorro de agua a nivel global.”
35	Habiyaremye, A. 2020.	“Ventaja relativa con respecto a las alternativas que las nuevas sustituyen, compatibilidad (con valores y experiencias existentes), complejidad (dificultad relativa de implementación), probabilidad (oportunidad de experimentar una nueva tecnología antes de adoptarla), y observabilidad (oportunidad de observar a otras organizaciones o individuos que adoptaron la tecnología)”.
36	Fontana, M. E., & Costa Morais, D. 2015.	“Se propone un modelo de segmentación para redes de distribución de agua que busca maximizar los beneficios generados y minimizar el número de válvulas de aislamiento.”
37	Grundfos, 2020.	Grundfos, sistema DDD - Talca “Después de 18 meses, el consumo de energía había caído un 32 por ciento, mientras que las pérdidas por agua no contabilizada disminuyeron un 3,3 por ciento en los primeros seis meses.”
38	AQUATEC, 2021.	"(…) tratamiento de limpieza y desincrustación, concretamente mediante la tecnología Aqua Fred©, basada en la inyección de CO2 líquido."
39	Montes, A. 2020.	“Es necesario un método de visualización de las operaciones y variables del proceso dentro de la planta y de manera remota, (…). Es necesario implementar un sistema de comunicación industrial compatible al equipamiento que se tiene y amigable para el operador del sistema.”

N°	CITA	DESCRIPTOR
40	Monsalve, M. 2021.	Mantenimiento y Rehabilitación de los Pozos de Agua - Compartir conocimientos y experiencias prácticas con óptimos resultados
41	Kee, S. 2023.	“(…) software de análisis permite el monitoreo continuo y análisis, ayudando a las empresas de servicios públicos a detectar anomalías y priorizar acciones de manera efectiva.”
42	IBM. 2024.	“Los medidores inteligentes son esenciales para construir una infraestructura de red inteligente (…)"
43	Ayyeka. 2024.	Inteligencia de activos de campo. Plataforma FAI.
44	TaKaDu. 2024.	TaKaDu Central Event Management (CEM) para empresas de agua: "permite gestionar su red de forma más eficiente e inteligente."
45	Aguas Antofagasta. 2024.	"El servicio de TaKaDu no necesita instalar sensores ni medidores, ya que analiza los datos existentes recogidos por la empresa de suministro, utilizando algoritmos matemáticos y estadísticos avanzados, que se ejecutan en una potente infraestructura informática en nube."
46	Hydraleak. 2024.	"Gas Trazador para detectar fugas de agua"
47	Marcelo Bravo Fortune	Mod.14: Innovación y Gestión de Proyectos, MWM 550 Innovación
48	Raúl Flores Audibert	Mod.2: Evaluación de los Recursos, MWM 110 Introducción a la modelación hidrológica
49	Javier Martín-Vide	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 Manejo sostenible/sustentable de cuencas
50	Milo Millán	Mod.8: Gestión de Redes, MWM 400 Gestión de Redes: Una mirada desde la gestión pública del MOP
51	Marcela González	Mod.9: Sistemas de Gestión, MWM 530 Análisis de Eficiencia
52	Humberto Peña	Mod.12: Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos, MWM 140 Seguridad Hídrica: El Concepto, Su Aplicación Y Los Desafíos En El Caso De Chile

N°	CITA	DESCRIPTOR
53	Mario Elgueta González	Mod.12: Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos, MWM 140 Gestión de las Personas: aciertos, riesgos y conflictos
54	Iván Rojas Choque	Mod.13: Gestión de Clientes, MWM 540 Aplicación Grandes Obras Públicas
55	Iván Rojas Choque	Mod.13: Gestión de Clientes, MWM 540 Experiencia de Usuario
56	Marcelo Bravo	Mod.14: Innovación y Gestión de Proyectos, MWM 550 Modelo de entrega de proyectos y formas de contrato
57	Jorge Araya Mena	Mod.14: Innovación y Gestión de Proyectos, MWM 550 Intervenciones en Antofagasta
58	Javier Martín-Vide	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 El Agua en los Objetivos del Desarrollo Sostenible
59	Javier Martín-Vide	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 Las Teleconexiones
60	Javier Martín-Vide	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 Cambio Climático y Water Management

Fuente: *Elaboración propia*

4.1.2 Comparativa Internacional

Antecedentes internacionales, tanto en avances, metodologías, técnicas desarrolladas o en proceso de desarrollo en los diferentes hitos del estudio serán utilizados como referencia para el desarrollo del estudio. A través de la siguiente tabla se puede observar resumen de las diferentes lecturas que permitirán realizar una comparativa internacional.

Tabla 4. Referencia Internacional

TEMA / PALABRA CLAVE		VENEZUELA	PERÚ	REINO UNIDO	BRASIL
FUENTES SUBTERRÁNEAS	Sistemas de Bombeo		La norma internacional ISO 50000 y los documentos generados por la UPME, son una guía para implementar el Sistema de Gestión Integral de Energía.		
	Rehabilitación de sondaje	Incrustaciones: Mecánicamente desprender este tipo de incrustaciones con un cepillo de cerdas de nylon y aire comprimido, no es sencillo, rápido ni eficiente. Para ello se debe acompañar con un producto química desincrustante Acumulación: utilizar un agente dispersante de arcillas y lodos bentoníticos. Crecimiento Bacteriano: Para su desarticulación pueden ser tratadas con los mismos ácidos que			

TEMA / PALABRA CLAVE		VENEZUELA	PERÚ	REINO UNIDO	BRASIL
		se tratan los bloqueos minerales o polímeros.			
	Eficiencia Hídrica			"Estrategia de Eficiencia del Agua para el Reino Unido según Water Industrial Journal (s/f) se enfoca en lograr una eficiencia hídrica más ambiciosa para garantizar suficiente agua para las personas, la economía y el medio ambiente, ahora y en el futuro. Establece un plan para un Reino Unido eficiente en el uso del agua, que permita abordar los desafíos del cambio climático y la degradación ambiental. Las compañías de agua han intensificado su actividad de eficiencia del agua con los clientes en los últimos años, con visitas gratuitas y consejos sobre cómo usar el agua de manera eficiente."	

TEMA / PALABRA CLAVE		VENEZUELA	PERÚ	REINO UNIDO	BRASIL
DMA	Diseño				“Las normas brasileñas que regulan la sectorización de las redes de distribución de agua en Brasil son insuficientes para la determinación ideal de los sectores, ya que no observan las características de las unidades consumidoras. Por ejemplo, la interrupción del suministro de agua en un hospital no debe considerarse de la misma manera que la interrupción del suministro de dos o tres hogares”

Fuente: *Elaboración propia*

4.1.3 Panel de Expertos

Con la finalidad de complementar la información recopilada y analizada, se realizará entrevistas a diferentes expertos o personas con competencias en la materia que puedan aportar o dar luces de diferentes hitos del estudio, a través del siguiente cuadro se describe la opinión de cada uno de ellos.

Tabla 5. Opinión de experto

NOMBRE EXPERTO	CARGO	OPINION
Francisco Bustos Toro	Gerente de Operaciones	El principal punto por estudiar en las fuentes subterráneas corresponde al consumo de energía, establecer remarcadores de alta precisión que permita identificar el real consumo del sondaje. Posterior a ello se deberá revisar el estado de la bomba del sondaje, donde se deberá revisar y analizar si se encuentra funcionando dentro de la curva. Y, por último, se deberá revisar el medidor de caudal del sondaje, estos tres puntos podrán estimar en función a la producción un valor de metro cúbico.

Fuente: *Elaboración propia*

4.2 SISTEMATIZACIÓN DE PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS

La información recopilada tanto a nivel Web, repositorio, material docente del MWM y bibliotecas online, y previa clasificación en el Review Bibliográfico, los antecedentes se sintetizan y estructuran a través de términos claves, identificando las ideas principales tanto para la construcción, distribución, gestión y otras ideas del estudio.

En los anexos se encuentran a mayor profundidad el análisis descrito; sin embargo, en la siguiente tabla se observa un resumen del análisis desarrollado.

Tabla 6. Palabras claves y/o conceptos

BÚSQUEDA DE IDEAS	DESCRIPCIÓN RESUMEN DE LA IDEA	PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS
Idea para la construcción	[1] Guía que permite determinar las pérdidas Energéticas en los sistemas de agua potable. Recomendaciones sobre la Caracterización Energética y Diagnóstico del Desempeño Energético y para el elemento de Monitoreo Medición y Análisis con objeto de optimizar la eficiencia energética del sistema. [2] Da a conocer las APP disponibles para: Medición de caudal, cálculo de fuga de agua, pérdida de carga, consumo energético.	Tablero de Control Operacional
	[1] Elementos que influyen en el mayor consumo energético desde el punto de vista del diseño son: 1-Distancia desde el punto de captación al usuario, 2-Topografía del sector, 3-Demanda de usuarios [2] Implementación de Plan de Mantención: Tratamiento de limpieza y desincrustación mediante la inyección de CO2. [3] Uso de motores trifásicos debido a su mayor eficiencia. “Marcas Franklin Electric, Grundfos y Pedrollo”	Fuentes Subterráneas

BÚSQUEDA DE IDEAS	DESCRIPCIÓN RESUMEN DE LA IDEA	PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS
	[1] Monitoreo de presiones en tiempo real utilizando SCADA o herramientas comparables para que fallas en el suministro de presión. [2] El estudio de la relación entre la frecuencia de aparición de nuevas fugas y la presión de operación del sistema requiere que se conozca: la historia de roturas antes y después de la implementación del control de presiones por espacio de varios años; la edad, dimensiones, materiales y condiciones de operación de las tuberías en el tiempo; adicionalmente, la distribución espacial de las roturas, la clasificación de las roturas en los componentes del sistema (redes matrices, redes de distribución, conexiones domiciliarias), y la clasificación de las roturas de acuerdo a sus posible causas.	Gestión de Presión
	[1] Ejemplifica gráficamente, que equipos deben considerarse en el DMA. Cómo son: Válvulas, Bocas de llave, eje de extensión, caudalímetros. [2] Las VRP generalmente se ubican en la entrada de una zona de presión, junto al caudalímetro. [3] La VRP debe estar aguas abajo del caudalímetro para que la turbulencia de la válvula no afecte la precisión del medidor. Es aconsejable instalar la VRP con un bypass para permitir futuros trabajos de mantenimiento.	DMA
	[1] Determinación de caudales de consumo mínimos requeridos [2] Volumen suministrado al sistema = Agua NO Facturada + Agua Facturada (IWA) [3] Dependiendo del origen de la pérdida en las conducciones, se deberá determinar su tratamiento para efecto de los balances.	Balance Hidráulico
	[1] La gestión de presiones es la actividad más importante en el control de pérdidas de agua en redes de distribución. [2] Adopción de Tecnología: Infraestructura de medición avanzada (AMI), Sistema de monitoreo y control remoto, Medidores de flujo, Análisis de datos, Gestión de presión y Tecnologías de presión de fugas.	Control y Gestión de Pérdidas

BÚSQUEDA DE IDEAS	DESCRIPCIÓN RESUMEN DE LA IDEA	PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS
Idea para la distribución	[1] Incrustaciones: Mecánicamente desprender este tipo de incrustaciones con un cepillo de cerdas de nylon y aire comprimido, no es sencillo, rápido ni eficiente. Para ello se debe acompañar con un producto química desincrustante [1] Acumulación: utilizar un agente dispersante de arcillas y lodos bentoníticos. [2] Crecimiento Bacteriano: Para su desarticulación pueden ser tratadas con los mismos ácidos que se tratan los bloqueos minerales o polímeros.	Fuentes Subterráneas
	[1] Si los análisis económicos han demostrado que es conveniente identificar y reparar nuevas fugas, entonces el tamaño DMA tiene que ser de 1000 conexiones de servicio. Sin embargo, en la mayoría de los casos el tamaño DMA debe estar entre 3000 y 5000 conexiones de servicio. [2] Inicialmente establecer zonas más grandes de 5.000 o más conexiones. Posteriormente, puede subdividirlos en DMA y sub-DMA de 1000 o menos conexiones para aquellas DMA con alto NRW y grandes longitudes de tuberías.	DMA
	[1] Determinación de las pérdidas a partir de los balances hidráulicos Top-Down. [2] Balance Hidráulico Top-Down - Estándar IWA.	Balance Hidráulico
Idea para la gestión	[1] Implementación de tecnología que permita la recolección de datos de manera remota y automatizado. [2] El servicio de TaKaDu no necesita instalar sensores ni medidores, ya que analiza los datos existentes recogidos por la empresa de suministro, utilizando algoritmos matemáticos y estadísticos avanzados, que se ejecutan en una potente infraestructura informática en nube. [3] Medidores Inteligentes: comunicación por línea eléctrica (PLC); transmiten datos a través de líneas eléctricas existentes, eliminando la necesidad de infraestructura de comunicación adicional. Este método puede ser rentable y proporcionar una comunicación confiable.	Tablero de Control Operacional

BÚSQUEDA DE IDEAS	DESCRIPCIÓN RESUMEN DE LA IDEA	PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS
	[1] Eficiencia electromecánica ésta resulte menor o igual al 40% en forma combinada (bomba-motor) deben efectuarse acciones de rehabilitación o sustitución de los equipos electromecánicos. [2] Pasos para la mantención y rehabilitación de sondajes. [3] Determinación y caracterización de los diferentes componentes en la habilitación de pozos profundos. [4] Cumplimiento normativo a MEE: Sistema de medición general, Sensores de Nivel, Flujómetro, Sistema de Transmisión.	Fuentes Subterráneas
	[1] Elaboración de un manual de operaciones el cual debe contener: un esquema de la red de tuberías; planos de ubicación de los caudalímetros, válvulas de control de presión, válvulas limitadoras; y una copia de la base de datos de facturación para el DMA.	DMA
	[1] El modelo hidráulico permite: Mejorar la experiencia del cliente, Mejora el rendimiento del sistema, Pre-localización de fugas, Planificación de reposición de infraestructura, Crecimiento demográfico Y visibilidad de las desviaciones del pronóstico.	Balance Hidráulico
	[1] Metrología de Medición: Tipos de medidores de agua, Tamaños y condiciones de instalación, Desempeño, Curvas de envejecimiento, Errores de lectura y manejo.	Control y Gestión de Pérdidas
	[1] Sectorización: medir la intensidad del impacto de la falta de agua en cada tramo de tubería y, así, ayudar en la toma de decisiones sobre la ubicación idónea de las válvulas de cierre, con el mínimo uso posible de las mismas.	Gestión de Activo
Otras ideas	[1] TEMETRA ANALYSIS: “es una solución integral diseñada para abordar las pérdidas de agua no contabilizadas dentro de los sistemas de distribución de agua. Esta solución tiene como objetivo ofrecer resultados mensurables mejorando la eficiencia operativa, reduciendo los costos operativos, mejorando la confiabilidad y aumentando la resiliencia" [2] "el análisis de datos automatizados es un cambio tanto tecnológico como cultural" - Personal.	Tablero de Control Operacional

BÚSQUEDA DE IDEAS	DESCRIPCIÓN RESUMEN DE LA IDEA	PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS
	[1] Considerar demás medidas de eficiencia energética de manera global en el sistema, como lo es: mejoras operaciones con la infraestructura existente, reducción de pérdidas mecánicas, optimizar componentes hidráulicas. [2] Establecer los diferentes tipos de control para bombeo: Partida directa, Partida estrella-triángulo, Variador de frecuencia, Partidor suave. [3] Informa de la situación hídrica en Chile, colocando de manifiesto los cambios en las fuentes subterráneas. Frente a un caso pesimistas, respecto a la Megasequía, entrega alternativas de incrementar la disponibilidad hídrica: transferencia entre cuencas y desalación.	Fuentes Subterráneas
	[1] Waterworks reduce la energía en un tercio con ajustes de presión en tiempo real.	Gestión de Presión
	[1] implementar sistemas de monitoreo y control, para comprender y analizar los perfiles de presión y caudal, identificar las áreas prioritarias, para mejorar la eficacia en la detección activa de fugas. [2] Factores en la evaluación del desempeño de diferentes redes rediseñadas: costo, confiabilidad y calidad del agua.	DMA
	[1] Las "pérdidas" están directamente asociadas a la eficiencia y gestión operacional de la compañía. [2] El "aguas no facturadas" incorporan componentes del volumen suministrado al sistema que muchas veces escapan de su control y pasan a formar parte de un consumo denominado “autorizado”, el que no necesariamente está debidamente facturado.	Balance Hidráulico

BÚSQUEDA DE IDEAS	DESCRIPCIÓN RESUMEN DE LA IDEA	PALABRAS CLAVES Y CONCEPTOS
	[1] Beneficios de Abordar NWR 1. Ahorro de costos 2. Aumento de ingresos 3. Confiabilidad del servicio 4. Conservación de los recursos 5. Resiliencia de la infraestructura 6. Satisfacción del cliente 7. Beneficios ambientales: Protección de los recursos hídricos Ahorro de energía 8. Eficiencia Operativa 9. Sostenibilidad y viabilidad a largo plazo 10. Cumplimiento de requisitos regulatorios 11. Bienestar comunitario 12. Distribución equitativa del agua 13. Resiliencia climática [2] Metodologías para balance utilizadas para cuantificar el volumen de pérdidas de agua. (1) La metodología estandarizada de balance hídrico IWA/AWWA y (2) La metodología del balance hídrico de Reino Unido.	Control y Gestión de Pérdidas
	[1] TaKaDu le permite avanzar hacia la gestión inteligente del agua integrando datos, información y conocimientos de sus diversos dispositivos y sistemas de detección, soluciones externas y otros sistemas de TI en un panel integral.	Gestión de Activo

Fuente: *Elaboración propia*

4.3 SITUACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

El agua es un recurso vital para el ser humano no sólo para consumo humano, sino que, es fundamental para cualquier actividad industrial y agrícola. Considerando lo anterior más la severa crisis hídrica y la disminución del recurso en diferentes regiones del mundo, la eficiencia y optimización de este recurso se ha vuelto fundamental.

Diferentes organizaciones a nivel internacional, principalmente IWA, ONU, han trabajado e implementado metodologías que permitan identificar y establecer metodologías para combatir esta situación. *"En el año 2000 se publicó un documento sobre las mejores prácticas internacionales para calcular los balances hídricos. Un número de países y empresas de agua que se incrementa continuamente en todo el mundo ha reconocido y adaptado desde entonces este*

balance hídrico. Se aconseja a las empresas de agua seguir la terminología de la IWA, particularmente respecto de las comparaciones nacionales e internacionales."[1]

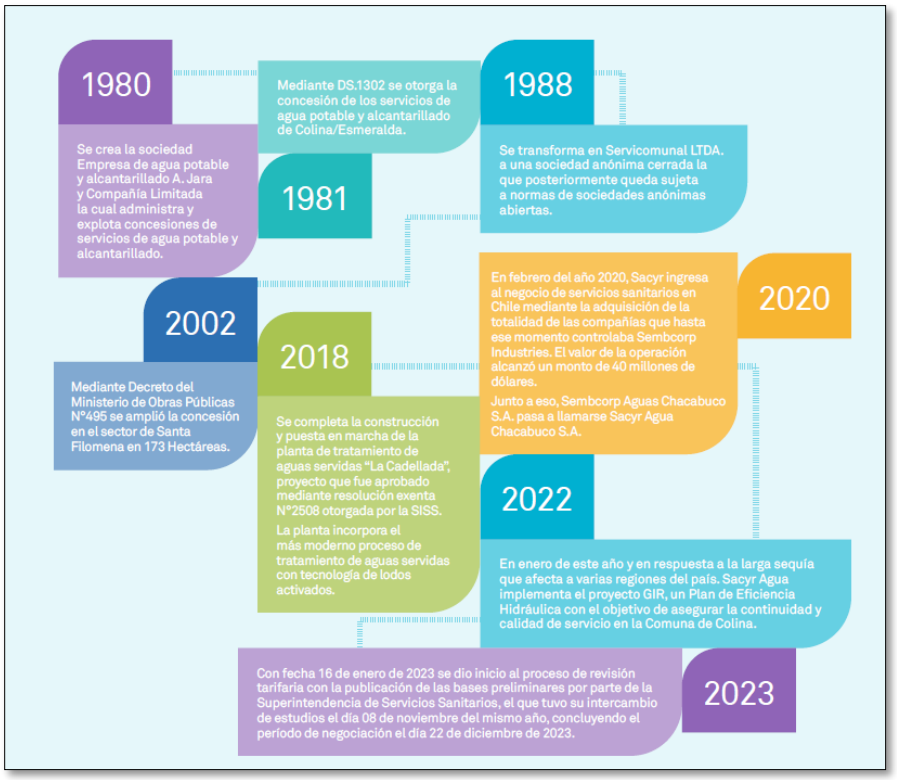
Considerando lo anterior, a nivel nacional aún está en desarrollo implementar de manera rigurosa estándares o metodologías recomendadas hace más de una década por organismos internacionales.

4.4 SUJETO DEL ESTUDIO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA

La Memoria Anual 2023 de Sacyr Agua Chacabuco S.A. publicada en la página Web de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF); identifica a la sociedad como una *"empresa de servicios sanitarios que actualmente presta servicios en la comuna de Colina, provincia de Chacabuco. Es parte del grupo Sacyr, empresa global líder mundial en concesiones, infraestructuras y agua."*[2]

SAC es una sociedad anónima cerrada, constituida mediante escritura pública de fecha 03 de junio de 1980, otorgada ante el notario de Santiago Don Eduardo Avello Arellano.

Ilustración 3. Historia de Sacyr Agua Chacabuco S.A.

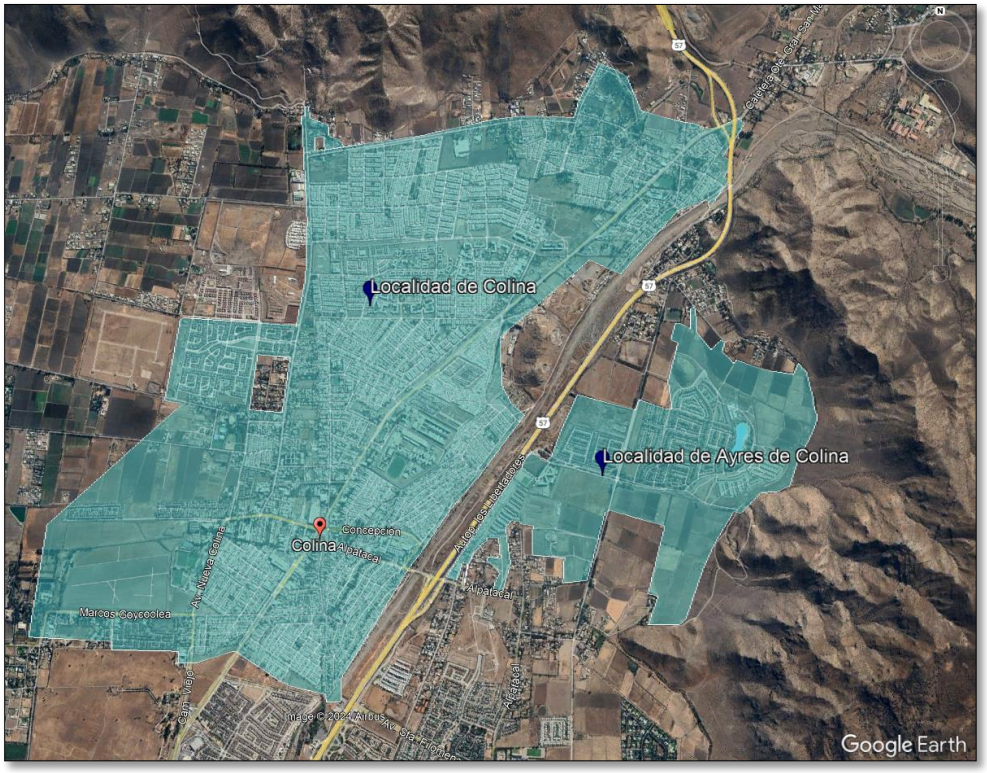


Fuente: *Memoria Anual 2023, Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

[1]https://www.bivica.org/files/agua-perdidas.pdf
[2]https://www.cmfchile.cl/sitio/aplic/serdoc/ver_sgd.php?s567=c5e1f79156c61179272525fa8ba6c30cVFdwQmVVNUVRVEJOUkVsNFRucEJNRTUzUFQwPQ==&secuencia=-1&t=1713159712

SAC está **subdivido geográficamente en 2 localidades**, ubicadas en el radio urbano de la comuna de Colina.

Ilustración 4. Ubicación geográfica localidades de SAC



Fuente: *Google Earth Pro*

La localidad de Colina dispone de cinco **sistemas de abastecimiento, (1) Aconcagua, (2) Colina, (3) Lo Seco, (4) Esmeralda y (5) Tullerías,** todos abastecidos por fuentes subterráneas ubicadas en diferentes puntos de la comuna.

El sistema de producción y abastecimiento de agua potable de la localidad de Colina en el proyecto GIR se establece como:

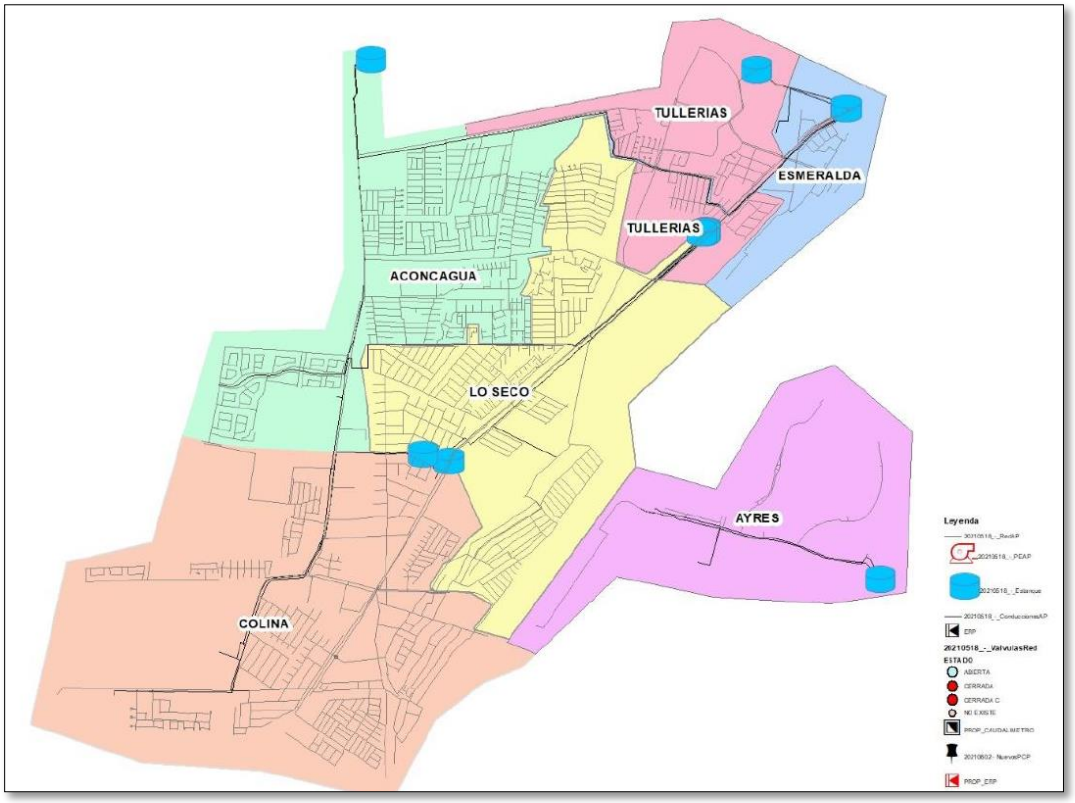
Tabla 7. Sistema Producción – Sistemas de abastecimiento de localidad de Colina

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
Aconcagua	Aconcagua
Esmeralda - Lo Seco - Colina	Colina
	Esmeralda
	Lo Seco
	Tullerías

Fuente: *GIR, Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

La distribución espacial y dimensión de cada uno de estos sistemas de abastecimiento, se pude observar a través de la siguiente ilustración:

Ilustración 5. Localización espacial sistemas de abastecimiento



Fuente: *GIR, Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

El sujeto de estudio corresponde al sistema de abastecimiento Aconcagua, único sector independiente en la etapa de producción, es decir, operacionalmente es el único sistema que es puede ser sectorizado tanto en su etapa de producción como distribución, sin embargo, este puede ser interconectado a los sistemas colindantes a través de maniobras operacionales en sus dos etapas, producción y distribución de agua potable.

Considerando el dimensionamiento de la localidad de Colina, Carta Gantt del estudio, características y estado del activo, distribución o sectorización actualmente implementada y calidad de la información disponible, se determinó que el presente estudio de acotaría al sistema de abastecimiento Aconcagua.

El sistema de abastecimiento Aconcagua está formado por:

Tabla 8. Sistema de abastecimiento Aconcagua

ETAPA	DESCRIPCIÓN	
Producción	N° de fuentes subterráneas	2
	Sistema de abatimiento de As	Sí
	Posee sistema de elevación	No
Distribución	Cantidad de clientes	7.795
	Volumen estanque de regulación	2.000
	Metros de red de distribución	44.437
	N° de sector de presión	2

Fuente: *GIR, Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

4.5 MARCO TEORICO DEL ESTUDIO

La **eficiencia hídrica** es un objetivo o meta que todo el sector sanitario busca alcanzar; en la actualidad existe una amplia gama de informes, tesis, manuales, documentos, es decir, una variada fuente bibliográfica referente a metodologías o técnicas para implementar, desarrollar y monitorear proyectos de gestión de redes, control de presión, eficiencia de consumo energético y manejo del activo que son claves para lograr la meta u objetivo de eficiencia hídrica.

Esto permitirá establecer un modelo teórico que permita cumplir los objetivos específicos y, en consecuencia, con el objetivo general del estudio.

Considerando la **planificación estratégica** como fundamental en el sector sanitario, dada la envergadura del costo asociado al activo (CAPEX) y, teniendo a la vista la escasez hídrica que afecta a nuestro país, además de los altos costos por consumo energético que incrementan de sobremanera los costos de operación (OPEX), es de suma importancia establecer un correcto manejo del activo.

El estudio, en una primera instancia, busca establecer un tablero de gestión operacional que permita priorizar el uso de las fuentes subterráneas en función de la demanda, oferta y estado del activo, en una segunda instancia, se busca determinar la efectividad de la sectorización por DMA. Por lo anterior, principalmente, se ha profundizado el estudio en temas o conceptos como tableros de gestión y control, balance hídrico, DMA, eficiencia y gestión del activo.

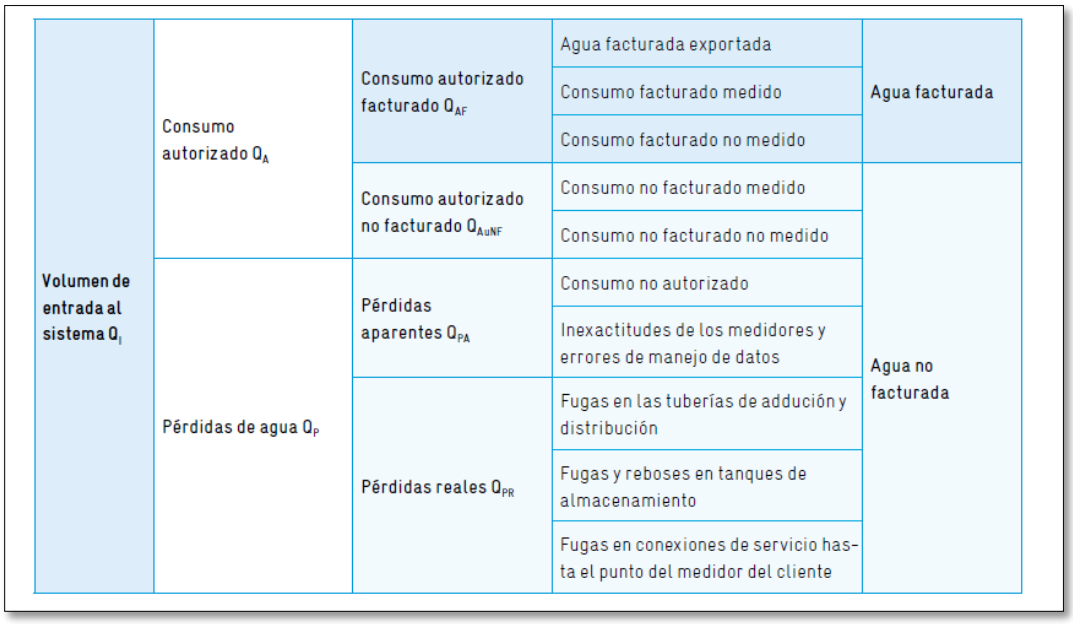
Los **tableros de gestión y control** es una representación visual de la información más importante para lograr uno o más objetivos (Few, S. 2006). Este permitirá, de manera visual, al encargado del control operacional o control de activo, identificar el estado y funcionamiento del sistema; permitiendo tomar medidas correctivas a tiempo, maximizando así, la operación del sistema.

La Asociación Internacional del Agua (IWA) estableció metodologías que permiten la **eficiencia hídrica** a través de la intervención o acciones para disminuir las pérdidas en los sistemas de agua potable, estas son la gestión de la presión, control

activo de fugas, velocidad y calidad de las reparaciones y gestión de la infraestructura.

La IWA ha establecido una metodología para determinar las pérdidas de agua a través de un **balance hídrico**.

Ilustración 6. Balance Hídrico IWA



Volumen de entrada al sistema Q_I	Consumo autorizado Q_A	Consumo autorizado facturado Q_{AF}	Agua facturada exportada	Agua facturada
			Consumo facturado medido	
			Consumo facturado no medido	
		Consumo autorizado no facturado Q_{AuNF}	Consumo no facturado medido	Agua no facturada
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas de agua Q_P	Pérdidas aparentes Q_{PA}	Consumo no autorizado	
			Inexactitudes de los medidores y errores de manejo de datos	
		Pérdidas reales Q_{PR}	Fugas en las tuberías de adducción y distribución	
			Fugas y reboses en tanques de almacenamiento	
			Fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente	

Fuente: *Asociación Internacional del Agua, IWA*

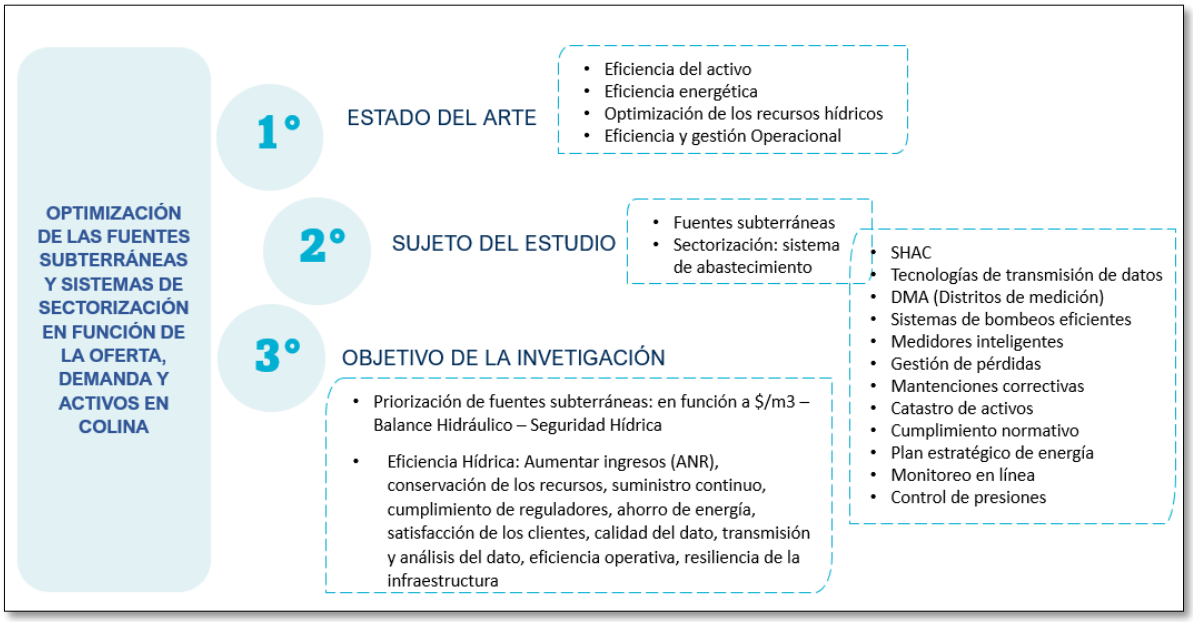
Con la finalidad de optimizar la **gestión del activo**, se deberá implementar una sectorización o planificación zonal que "consiste en dividir la red de distribución en sectores más pequeños que permita implementar sistemas de monitoreo y control, para comprender y analizar los perfiles de presión y caudal, identificar las áreas prioritarias, para mejorar la eficacia en la detección activa de fugas" (González, F. 2017).

La optimización o eficiencia por medio de los **DMA**, ha demostrado que estos permiten "reducir los tiempos de detección de fugas y también a mejorar la detección de fugas a través de la priorización de los esfuerzos en las áreas donde los análisis de los DMA han demostrado que los niveles de fugas son más altos" (González, F. 2017).

4.5.1 Mapa Mental – Modelo Teórico

Para definir el modelo teórico del estudio se confeccionó un mapa mental el cual permitió confeccionar y desarrollar el método del estudio.

Ilustración 7. Mapa Mental – Modelo Teórico



Fuente: *Elaboración propia*

CAPITULO V

PROPUESTA METODOLÓGICA DEL ESTUDIO

La metodología propuesta para el desarrollo del estudio será descrita en este capítulo, se realizará una enumeración, descripción y planificación de todas las etapas necesarias, de manera cronológica, para su posterior aplicación y cumplimientos de los objetivos.

5.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE LAS ETAPAS

→ ETAPA 1: ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE

Revisar a nivel de Web, repositorios digitales, material docente del MWM, aulas virtuales y bibliotecas online todas aquellas materias específicas relacionadas con el objetivo del estudio.

Se sintetizará la información tanto en fichas bibliográficas como en Review y una estructuración de términos claves del estudio, además, se evaluará la experiencia internacional mediante una comparativa que se reflejará en un cuadro resumen. Adicionalmente, la información del estado del arte se complementará con información recogida directamente mediante entrevista de experto, esto se sistematizará en un cuadro con descriptor de la opinión de cada uno.

(**Tiempo:** 12 semanas)

→ ETAPA 2: SUJETO DE ESTUDIO – SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA

Se realizará una descripción general del actual funcionamiento operativo del sistema de abastecimiento Aconcagua. Para ello se identificará las fuentes subterráneas que abastecen el sector, sectorización de redes, cantidad de clientes, equipos instalados en la red de distribución, sistema de control y monitoreo, infraestructura sanitaria complementaria necesaria para la prestación de servicio de agua potable.

(**Tiempo:** 1 semana)

→ ETAPA 3: MARCO TEÓRICO

Explicar y definir el marco teórico del estudio a partir de la elaboración de un mapa mental.

A través de la revisión bibliográfica y características del sector de abastecimiento, se identificará, desde el punto de vista de seguridad hídrica, tecnologías de

transmisión de datos, modelos eficientes de gestión integral de redes, técnicas de mantención y rehabilitación del sondaje, gestión activa de presiones y pérdidas, que permitirán establecer un modelo teórico para abordar el tema del estudio que permitan cumplir los objetivos específicos y en consecuencia el objetivo general del estudio.

(**Tiempo:** 4 semanas)

→ ETAPA 4: METODOLOGÍA ESPECÍFICA

Se propondrá un listado o pasos para lograr alcanzar el objetivo general del estudio.

Para establecer la metodología específica se **llevarán 2 líneas de análisis**, la primera asociada a las **fuentes subterráneas** y la segunda asociada a la **sectorización del sistema de abastecimiento Aconcagua**. Se propondrán todos los pasos necesarios para lograr la optimización y priorización de las fuentes subterráneas y la efectividad de la sectorización por DMA.

(**Tiempo**: 2 semanas)

→ ETAPA 5: IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS

Identificar características técnicas y aspectos relevantes de las fuentes subterráneas.

Esta fase se iniciará con un análisis de los antecedentes técnicos disponibles propios del sondaje como pruebas de bombeo, análisis de calidad y datos históricos operacionales y, además, de infraestructura sanitaria complementaria para su funcionamiento y operación. Posteriormente, se realizará un levantamiento de información en terreno, recolección de datos e identificación visual del estado del activo.

(**Tiempo:** 3 semanas)

→ ETAPA 6: BALANCE HIDRAULICO

Elaboración de un BOD que permita cuantificar la demanda del sistema en función a los diferentes parámetros propios del sector; a través de este balance se podrá establecer si las fuentes subterráneas de abastecimiento cubren las necesidades de demanda de agua potable.

Para el cálculo de la demanda se tomará la dotación, establecida en el Plan de Desarrollo (PD) de la localidad de Colina; posteriormente en base a la información operacional y protocolos informados a la SISS se actualizarán parámetros asociados a pérdidas, facturación de agua potable, grandes consumidores, asentamientos ilegales y cantidad de clientes, de ser el caso. Y finalmente, se obtendrá la oferta de las fuentes subterráneas a través de las diversas fuentes de información.

(**Tiempo:** 2 semanas)

→ ETAPA 7: PRIORIZACIÓN DE FUENTES SUBTERRÁNEAS

Priorización de las fuentes subterráneas para establecer el diseño de un tablero de gestión operacional.

En función a las características de cada sondaje y el balance hídrico del sistema de abastecimiento se realizará una categoría y se establecerá una priorización de cada uno respecto a su valor de producción por metro cubico.

(**Tiempo:** 2 semanas)

→ ETAPA 8: LINEAMIENTOS PARA UN MANUAL DE OPERACION

Establecer lineamientos para el diseño de un manual de operación sobre la priorización de fuentes subterráneas, jerarquizando las acciones correctivas de gestión a los niveles de (operador, jefe de terreno, jefe de agua potable)

Con la finalidad de llevar a cabo el nuevo diseño de operación de los sondajes se definirá aspectos relevantes que deberá tener el manual de operación de las fuentes subterráneas en función a diferentes escenarios de demanda u contingencias.

(**Tiempo:** 2 semanas)

→ ETAPA 9: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA

Establecer un diagnóstico del sector o sistema de abastecimiento Aconcagua en función a la sectorización por DMA implementada a través del proyecto GIR.

Mediante la descripción del sistema de abastecimiento establecido en el proyecto GIR y las mediciones en línea o actuales registros desde implementación; en primer lugar, se realizará una revisión del cumplimiento normativo asociado a largo de redes, parámetros de diseño, calidad de parámetros de agua potable. En segundo lugar, se realizará una comparación del diseño original del proyecto GIR con lo ejecutado o implementado en terreno. De este modo, se establecerá un diagnóstico del estado de la sectorización e implementación del proyecto.

(**Tiempo:** 2 semanas)

→ ETAPA 10: IDENTIFICACION DE BRECHAS DMA

A través de un diagnóstico del sistema de abastecimiento se identificará brechas, deficiencias o inconvenientes de los DMA (diseño e implementación).

Mediante el diagnóstico del sector o sistema de abastecimiento Aconcagua y registro de mediciones in situ, se identificará y describirán posibles brechas, inconvenientes o dificultades que han impedido el éxito del proyecto GIR. Adicionalmente, se identificará las acciones necesarias o requeridas para lograr la

efectividad de la sectorización por DMA, y consigo, la disminución de pérdidas y planificación estratégica del CAPEX y OPEX.

(**Tiempo:** 2 semanas)

→ ETAPA 11: RESULTADOS FINALES

Establecer en base al desarrollo del estudio los resultados del análisis.

Mediante una planificación estratégica operacional en función de la oferta, demanda, calidad del recurso, estado de activos y sectorización, se establecerá acciones necesarias que permitirá priorizar el uso del funcionamiento de los sondajes del sistema de abastecimiento. Paralelamente, se realizará una tabla comparativa de la sectorización por DMA implementada por proyecto GIR asociado a parámetros utilizados, modelo de sectorización DMA, objetivo GIR, instrumentos recomendados y puntos de monitoreo a lo efectivamente implementado en terreno.

(**Tiempo:** 2 semanas)

→ ETAPA 12: CONCLUSIONES

Establecer en base al a los resultados finales conclusiones asociadas a cada hito del estudio.

En función a los resultados finales y acciones propuestas para subsanar u optimizar la operación se identificarán o listarán las brechas, dificultades o deficiencias que han impedido, en primer lugar, el uso eficiente de las fuentes subterráneas y consigo la eficiencia hídrica del recurso y, en segunda instancia, los resultados precarios obtenidos hasta la fecha del sistema GIR.

(**Tiempo:** 1 semana)

→ ETAPA 13: RECOMENDACIONES

Se propondrán mejoras o recomendaciones que permitirán lograr el objetivo general del estudio.

A partir de los resultados finales y conclusiones, se propondrán recomendaciones o mejoras en cuanto a las fuentes subterráneas y sectorización por DMA. Adicionalmente, se complementará con procedimientos de operación que busquen lograr la eficiencia hídrica y el manejo correcto del activo, programa de mantenciones preventivas, capacitaciones a clientes internos.

(**Tiempo:** 1 semana)

5.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DEL ESTUDIO

La programación o distribución de los tiempos del estudio se reflejan a través de la siguiente Carta Gantt, la programación está en función a las etapas definidas en el punto 5.1 DENOMINACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIEMPO DE LAS ETAPAS.

La Tabla 9. considera la programación hasta la ETAPA 3: MARCO TEÓRICO, es decir, las primeras 17 semanas de la programación se desarrollará modelo teórico del estudio.

Tabla 9. Carta Gantt – Desde semana 1 a semana 17

		SEMANAS																
ESTRUCTUTA DE LAS FASES DEL ESTUDIO	**TIEMPO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
ETAPA 1: ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE	12																	
ETAPA 2: SUJETO DE ESTUDIO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA	1																	
ETAPA 3: MARCO TEÓRICO	4																	
ETAPA 4: METODOLOGÍA ESPECÍFICA	2																	
ETAPA 5: IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS	3																	
ETAPA 6: BALANCE HIDRAULICO	2																	
ETAPA 7: PRIORIZACIÓN DE FUENTES SUBTERRÁNEAS	2																	
ETAPA 8: LINEAMIENTOS PARA UN MANUAL DE OPERACION	2																	
ETAPA 9: DIAGNÓSTICO DEL SECTOR DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA	2																	
ETAPA 10: IDENTIFICACION DE BRECHAS DMA	2																	
ETAPA 11: RESULTADOS FINALES	2																	
ETAPA 12: CONCLUSIONES	1																	
ETAPA 13: RECOMENDACIONES	1																	
		dic-23				ene-24					feb-24				mar-24			

Fuente: *Elaboración propia*

La segunda fase de la Carta Gantt inicia con la ETAPA 4: METODOLOGÍA ESPECÍFICA, considerando que se tiene como base un modelo teórico del tema a desarrollar, en la etapa 4 se proponen los pasos necesarios para cumplir con los objetivos del estudio, es decir, la optimización y priorización de las fuentes subterráneas y la efectividad de la sectorización por DMA.

En la semana 28 de la programación se encuentra la ETAPA 13: RECOMENDACIONES, donde se propondrá a partir de los resultados finales y conclusiones recomendaciones o mejoras para implementar en el corto o mediano plazo.

Tabla 10. Carta Gantt – Desde semana 18 a semana 28

		SEMANAS										
ESTRUCTUTA DE LAS FASES DEL ESTUDIO	**TIEMPO**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
ETAPA 1: ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE	12											
ETAPA 2: SUJETO DE ESTUDIO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA	1											
ETAPA 3: MARCO TEÓRICO	4											
ETAPA 4: METODOLOGÍA ESPECÍFICA	2											
ETAPA 5: IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS	3											
ETAPA 6: BALANCE HIDRAULICO	2											
ETAPA 7: PRIORIZACIÓN DE FUENTES SUBTERRÁNEAS	2											
ETAPA 8: LINEAMIENTOS PARA UN MANUAL DE OPERACION	2											
ETAPA 9: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA	2											
ETAPA 10: IDENTIFICACION DE BRECHAS DMA	2											
ETAPA 11: RESULTADOS FINALES	2											
ETAPA 12: CONCLUSIONES	1											
ETAPA 13: RECOMENDACIONES	1											
		abr-24					may-24				jun-24	

Fuente: *Elaboración propia*

CAPITULO VI

APLICACIÓN METODOLÓGICA

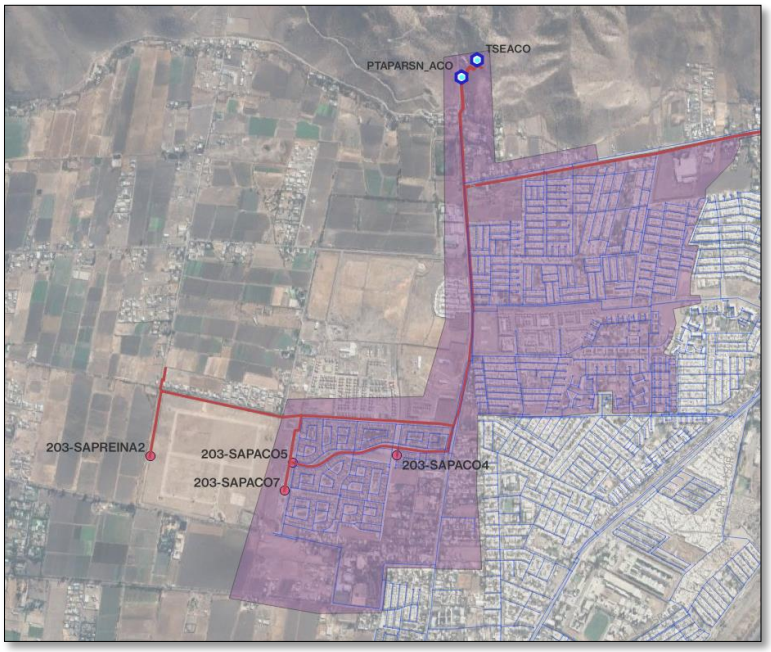
Considerando la propuesta metodológica definida en el capítulo anterior, se realizará una descripción detallada de su aplicación para la ejecución de esta, con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos específicos y general del estudio.

Como se mencionó, el estudio seguirá **dos líneas de análisis** primera asociada a las ***fuentes subterráneas*** y la segunda asociada a la ***sectorización implementada por DMA*** en el sistema de abastecimiento Aconcagua. Por ende, en una primera fase se desarrollará la aplicación metodológica referente a las fuentes subterráneas y posteriormente respecto al diagnóstico de la sectorización implementada por el proyecto GIR.

6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES SUBTERRÁNEAS

El sector o Sistema de Abastecimiento Aconcagua se alimenta de 4 fuentes subterráneas, las cuales se encuentran localizadas aproximadamente a unos 2 kilómetros de distancia.

Ilustración 8. Fuentes subterráneas sistema de abastecimiento Aconcagua



Fuente: *Elaboración propia*

La operación actual del sector se encuentra abastecida por la capacidad total de explotación de los sondajes **Aconcagua 4** y **Aconcagua 5**, mientras que los sondajes **Aconcagua 7** y **Reina 2** aportan sólo un porcentaje de su capacidad de explotación.

A continuación, se describirá las características o antecedentes técnicos, registros e información operacional de cada fuente subterránea que aporta al sector o Sistema de Abastecimiento Aconcagua.

6.1.1 Pruebas de bombeo

Todos los sondajes que aportan al sistema de abastecimiento Aconcagua tienen como registro **una prueba de bombeo** de gasto variable y gasto constante con sus respectivas pruebas de recuperación. A través de las siguientes tablas se identifican, para efectos del presente estudio, datos relevantes de cada informe.

Tabla 11. Antecedentes Prueba de Bombeo 1

SONDAJE	CÓDIGO SONDAJE	AÑO CONSTRUCCIÓN	PROFUNDIDAD [m]	DIÁMETRO
ACONCAGUA 4	203-SAPACO4	2014	150	12"
ACONCAGUA 5	203-SAPACO5	2016	170	14"
ACONCAGUA 7	203-SAPACO7	2020	206	16"
REINA 2	203-SAPREINA2	2021	238	16”

Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

Tabla 12. Antecedentes Prueba de Bombeo 2

SONDAJE	CÓDIGO SONDAJE	Q VARIABLE [l/s]	Q CONSTANTE [l/s]	NIVEL ESTÁTICO [m]	PARÁMETRO FUERA DE NORMA
ACONCAGUA 4	203-SAPACO4	55,9	55,8	94,1	As
ACONCAGUA 5	203-SAPACO5	59,0	59,0	91,8	As
ACONCAGUA 7	203-SAPACO7	70,0	70,0	104,6	-
REINA 2	203-SAPREINA2	100,0	95,0	96,8	-

Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

Tabla 13. Antecedentes Prueba de Bombeo 3

SONDAJE	TIPO DE PERFORACIÓN	TIPO CRIBA	INICIO CRIBA [m]
ACONCAGUA 4	Rotopercusión	AC. INOX SLOT 20	99,0
ACONCAGUA 5	Rotopercusión	AC. INOX SLOT 20	114,0
ACONCAGUA 7	Rotación inversa con pozo inundado	AC. INOX SLOT 40	98,0
REINA 2	Rotación inversa con pozo inundado	AC. INOX SLOT 40	107,0

Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

Considerando que el primer sondaje construido y que aporta al sistema fue ejecutado en el año 2014; desde la fecha las características del sondaje han mermado producto de la crisis hídrica, situación que ha generado la disminución de la mitad de su capacidad de explotación en menos de 10 años.

6.1.2 Registros operacionales

En base a los registros operacionales, se realiza un análisis de las actuales características de los sondajes en función de su actual operación:

Tabla 14. Producción actual de las fuentes subterráneas

SONDAJE	CAUDAL Q [l/s]	NIVEL ESTÁTICO [m] [3]	NIVEL DINÁMICO [m] [3]	% APORTE ACO [4]	Q EXPLORACIÓN S.ACO [l/s]	H BOMBA [m] [5]
ACONCAGUA 4	24,0	110,1	128,2	100	22,7	138,0
ACONCAGUA 5	61,7	99,4	126,4	100	61,6	150,0
ACONCAGUA 7	49,4	102,2	125,2	30	14,94	132,0
REINA 2	82,2	95,1	114,2	30	23,49	132,0

Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

Considerando los antecedentes, el caudal total aportante para el sector o Sistema de Abastecimiento Aconcagua es de aproximadamente **122,73 l/s.**

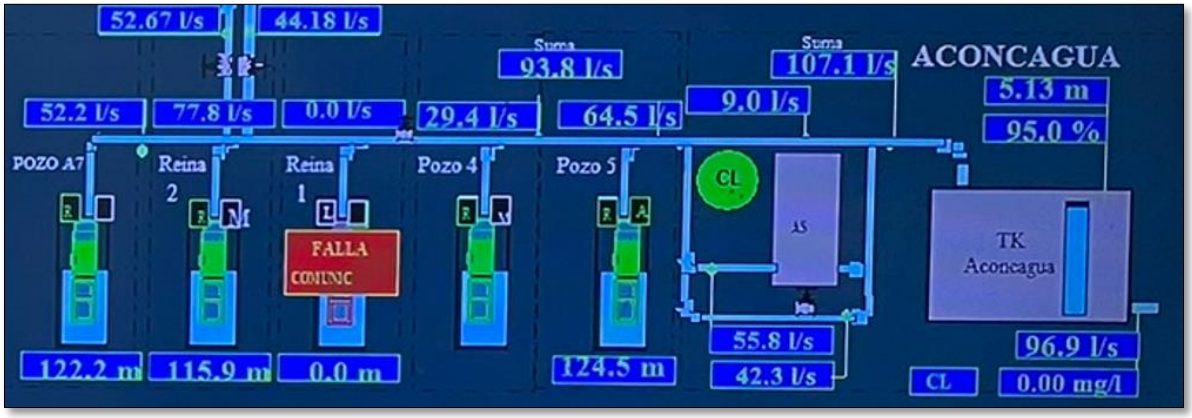
Paralelamente, se revisa el comportamiento del sistema in situ, medido a través de la central de telemetría en tiempo real donde se registra un caudal de entrada al estanque Aconcagua de 107,1 l/s con un 95% de capacidad y un caudal de salida de 96,9 l/s.

[3] Promedio año 2023 [enero a noviembre] - PR18001

[4] Dato operacional estimado

[5] Fuente: Vista NBI 2023

Ilustración 9. Operación Sistema de Abastecimiento Aconcagua – 29.05.2024 a las 10:03 horas.



Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

6.1.3 Calidad del agua de las fuentes subterráneas

Los principales sondajes del sistema, Aconcagua 4 y Aconcagua 5, presentan **concentraciones de arsénico fuera del rango permitido**, debido a ello, se ha revisado los resultados de análisis de calidad registrados durante el año 2023 informados por el laboratorio certificado y, así poder determinar las **máximas concentraciones** de cada fuente.

Tabla 15. Máximas concentraciones de As [mg/L] año 2023

SONDAJE	AS [MG/L]	FECHA TOMA MUESTRA
ACONCAGUA 4	0,013	11-10-2023
ACONCAGUA 5	0,007	10-08-2023
ACONCAGUA 7	0,007	10-08-2023
REINA 2	0,006	15-06-2023

Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

6.1.4 Infraestructura sanitaria complementaria

Para establecer la priorización se deberá revisar la infraestructura sanitaria que permite el funcionamiento y operación de las fuentes subterráneas del sistema de abastecimiento Aconcagua.

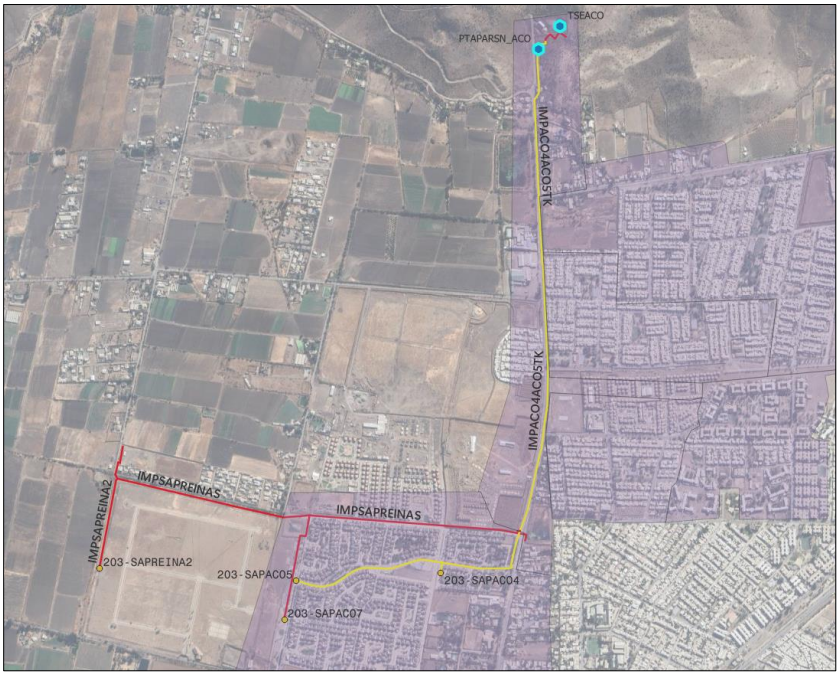
a. Impulsiones de producción

Para evaluar alternativas de priorización o categorización de sondaje es importante analizar las características técnicas de las impulsiones de producción de las fuentes subterráneas que alimentan al sector o sistema de abastecimiento Aconcagua.

Como se ha mencionado, de los cuatro sondajes que aportan al sector sólo dos de ellos tienen un aporte total, mientras que los otros dos sondajes aportan al sistema Aconcagua regularmente, de acuerdo con lo indicado por personal de Operaciones en un 30% de su capacidad de explotación.

La principal impulsión de producción que alimenta al estanque Aconcagua corresponde a la denominada *IMPULSION SAPACO4 Y SAPACO 5 A TSEACO,* de aproximadamente 1920 m de longitud, tubería de HDPE y diámetro 450 mm; el origen de esta impulsión corresponde a los sondajes Aconcagua 4 y Aconcagua 5.

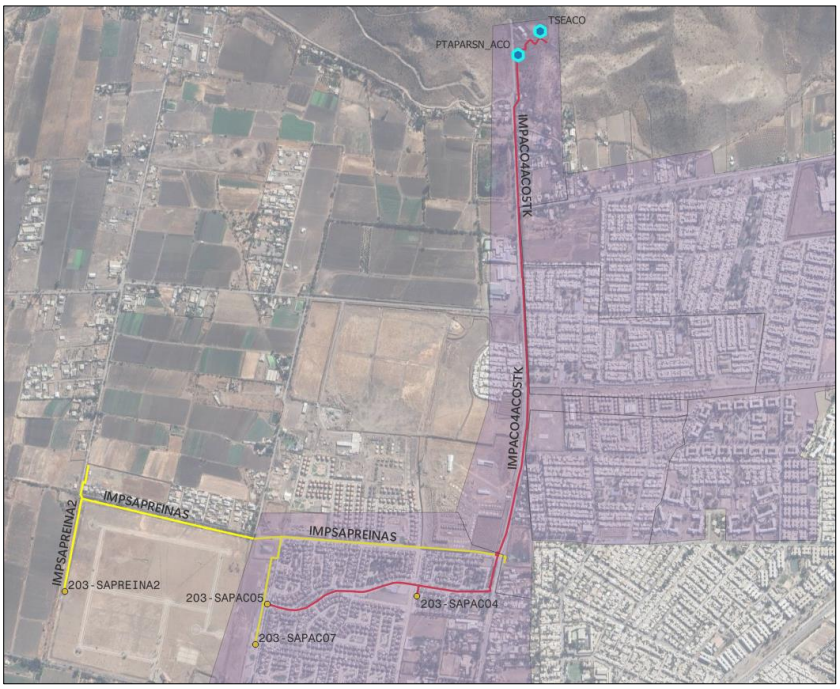
Ilustración 10. Impulsión IMPACO4AACO5TK



Fuente: *Elaboración propia*

Por otro lado, la impulsión denominada *IMPULSION SONDAJE REINA SUR* abastece diferentes sistemas de abastecimiento de la localidad de Colina.

Ilustración 11. Impulsión IMPSAPREINAS



Fuente: *Elaboración propia*

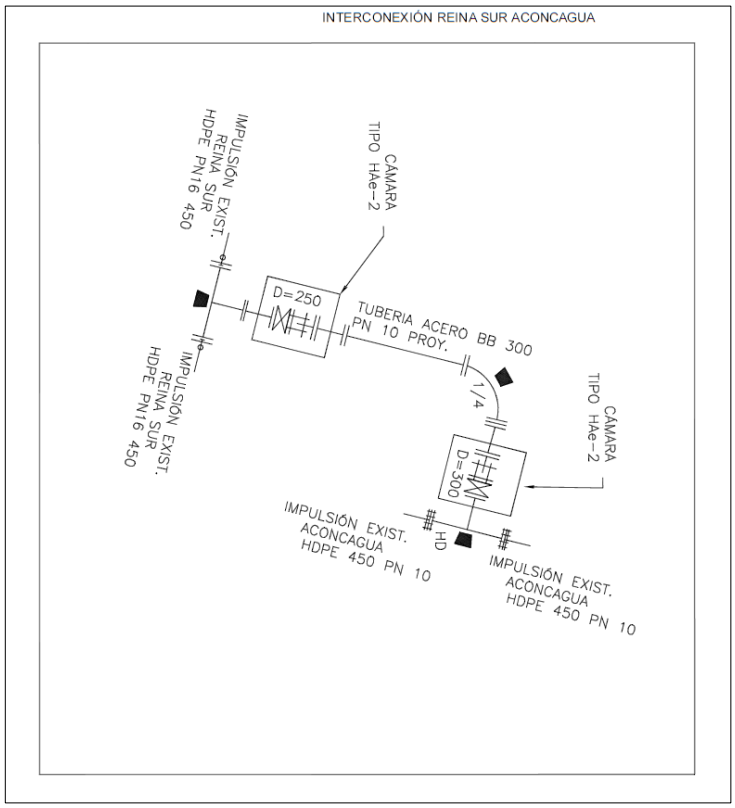
Existe la opción de traspasos de agua de los sondajes Aconcagua 7 y Reina 2 al sistema de abastecimiento Aconcagua, por medio de un nudo entre las impulsiones IMPACO4AACO5TK y IMPSAPREINAS.

Ilustración 12. Ubicación geográfica nudo interconexión



Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 13. Nudo de Interconexión



Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A.*

b. Equipos de bombeo

Existen dos repositorios de información respectos de los equipos instalados en las fuentes subterráneas, uno corresponde a un listado entregado por la Gerencia de Operaciones y respaldado en la Base de Infraestructura (PR12001- NBI) y otro a las curvas de bombas respaldadas de cada sondaje al momento de su construcción y habilitación.

Tabla 16. Plantas elevadoras de agua potable tipo C

CODIGO OBRA	Q [l/s]	H. GEOMETRICA [m]	H. MANOMETRICA [m]	POTENCIA INSTALADA [HP]	TELEMETRIA	TELECONTROL
EPCACO4	40	165	185	150	Sí	Sí
EPCACO5	77	180	195	300	Sí	Sí
EPCACO7	70	185	200	500	Sí	Sí
EPCREINA2	85	223	224,97	390	Sí	Sí

Fuente: *Vistas NBI SAC, año 2023*

c. Estanque de distribución y PTAP

Como se ha mencionado el sistema de abastecimiento Aconcagua cuenta con un sistema de tratamiento de remoción de arsénico construido el año 2019 y ubicado geográficamente a un costado del estaque de distribución Aconcagua, el caudal de diseño de la PTAP es de 90 l/s.

Ilustración 14. Recinto estanque Aconcagua



Fuente: *Sacyr Agua Chacabuco S.A*

El estanque semienterrado de distribución Aconcagua presenta la siguiente información:

Tabla 17. Estanques semienterrados y enterrados

CODIGO OBRA	COTA FONDO RADIER [msnm]	COTA REBALSE [msnm]	MATERIAL	VOLUMEN DISEÑO ESTANQUE [m3]
TSEACO	690	695,5	HORMIGON ARMADO	2000

Fuente: *Vistas NBI SAC, año 2023*

6.1.5 Información registrada en terreno

Se realiza inspección visual en terreno de las fuentes subterráneas revisando principalmente estado del activo en cuanto a seguridad, ubicación y sistema de medición eléctrico, panel de control, tablero de bomba, medidores de caudal, medidores de nivel estático y dinámico, telemetría y georreferenciación del activo.

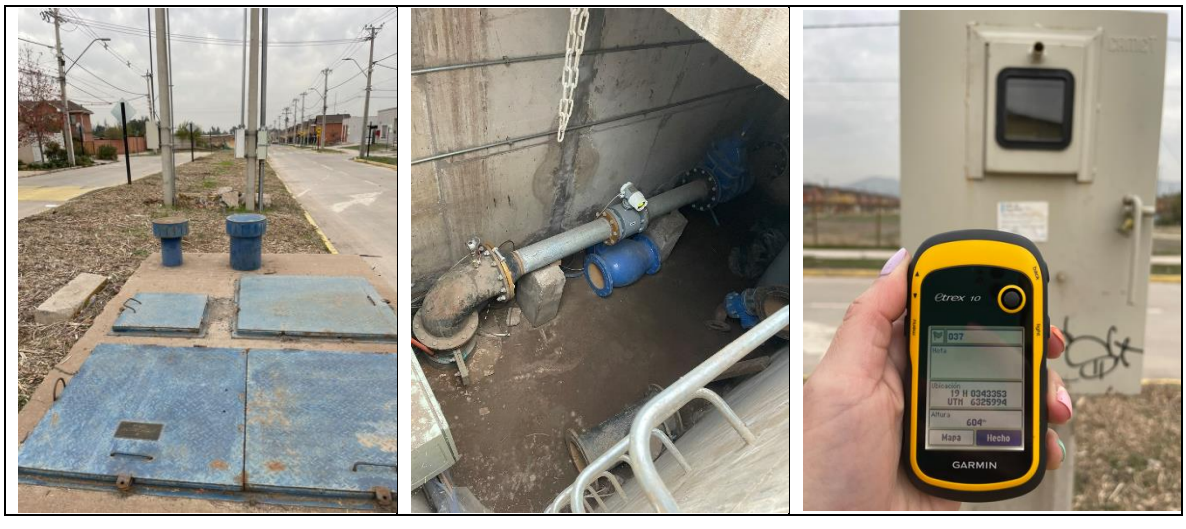
Tabla 18. Registro de información levantada en terreno – Sondajes con producción total en sistema de Abastecimiento Aconcagua

INFORMACIÓN REGISTRADA EN TERRENO	SONDAJE ACONCAGUA 4	SONDAJE ACONCAGUA 5
Posee seguridad sondaje	No	Sí
Medición de Caudal en línea	Sí	Sí
Registro de Nivel estático en línea	Sí	Sí
Registro de Nivel dinámico en línea	Sí	Sí
Medidor eléctrico independiente	Sí	No
Sondaje conectado a central telemetría	Sí	Sí
Tablero con identificador VDF	Sí	Sí
Funcionamiento bomba según tablero	52 Hz	50 Hz

Fuente: *Elaboración propia*

Mediante un set fotográfico se puede observar el estado del activo identificado y levantado en terreno con respecto a los sondajes del total aporte al sistema de Abastecimiento Aconcagua.

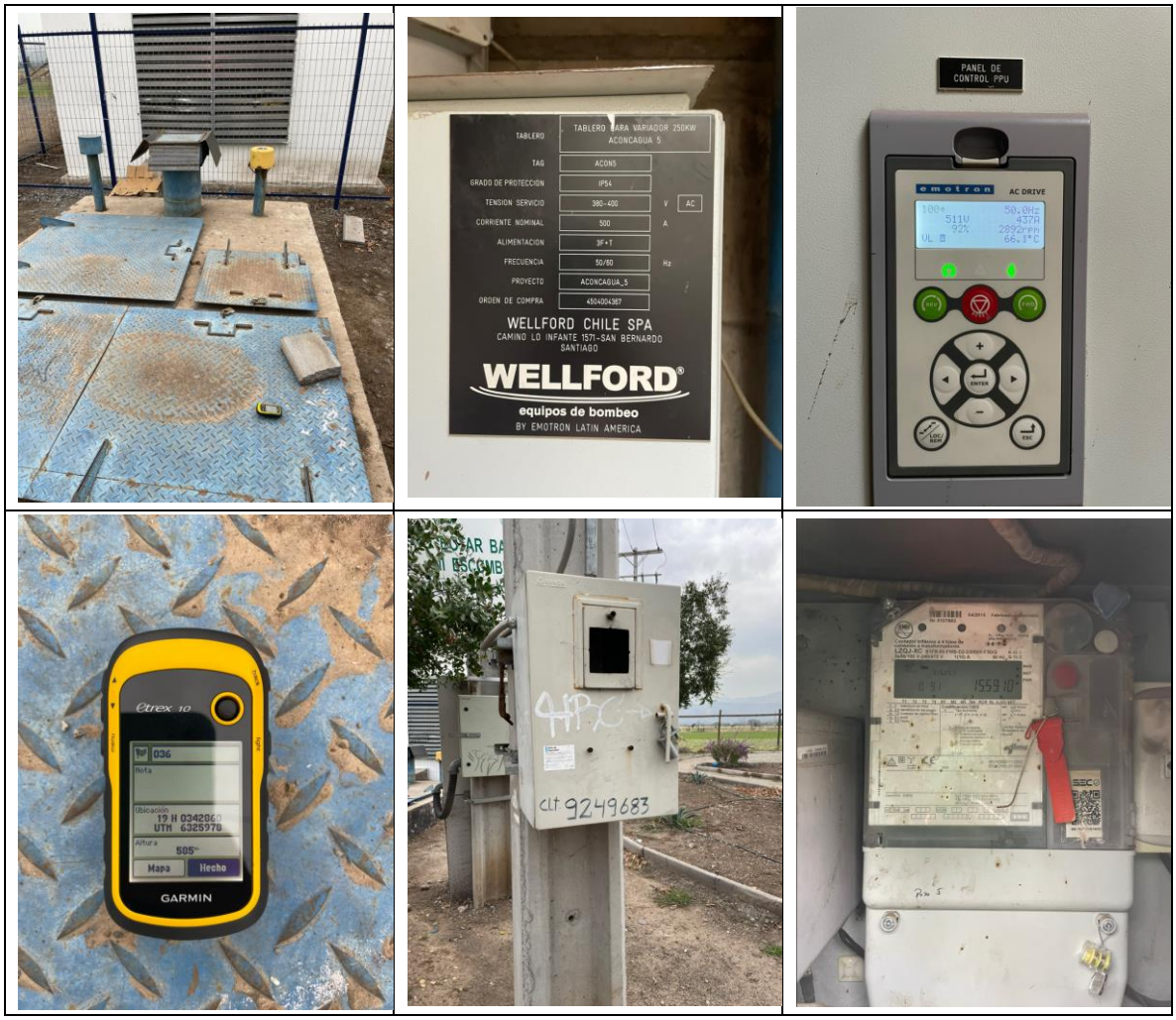
Ilustración 15. Set fotográfico sondaje Aconcagua 4





Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 16. Set fotográfico sondaje Aconcagua 5



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 19. Registro de información levantada en terreno – Sondajes con producción parcial en el sistema de Abastecimiento Aconcagua

INFORMACIÓN REGISTRADA EN TERRENO	SONDAJE ACONCAGUA 7	SONDAJE REINA 2
Posee seguridad sondaje	Sí	Sí
Medición de Caudal en línea	Sí	Sí
Registro de Nivel estático en línea	Sí	Sí
Registro de Nivel dinámico en línea	Sí	Sí
Medidor eléctrico independiente	No	No
Sondaje conectado a central telemetría	Sí	Sí
Tablero con identificador VDF	-	Sí
Funcionamiento bomba según tablero	-	48 Hz

Fuente: *Elaboración propia*

Al igual que en los sondajes que presenta una producción total, se presentará un set fotográfico se puede observar el estado del activo.

Ilustración 17. Set fotográfico sondaje Aconcagua 7



Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 18. Set fotográfico sondaje Reina 2



Fuente: *Elaboración propia*

6.2 BALANCE HIDRÁULICO

Considerando como referencia el Plan de Desarrollo en actualización de la localidad de Colina y los protocolos informados a la SISS se elabora BOD para determinar el volumen de producción requerido. El sector de abastecimiento corresponde al polígono definido a través del proyecto GIR para el estanque Aconcagua.

Los datos de entrada del balance son:

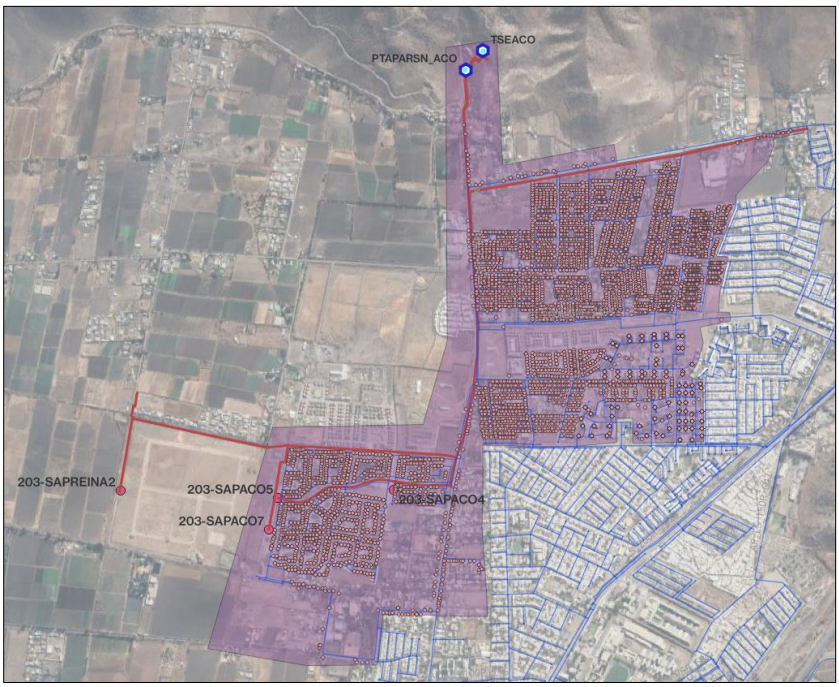
Tabla 20. Datos de entrada para BOD

PÉRDIDA POR DISTRIBUCIÓN [%]	FDMC	FHMC	CLIENTES AÑO 2023 SECTOR ACONCAGUA [N°]	POBLACIÓN AÑO 2023 SECTOR ACONCAGUA [Hab]
42,6	1,25	1,5	8.680	31.495

Fuente: *PD en actualización localidad de Colina, SAC*

A través de la siguiente imagen se puede observar la distribución de los clientes dentro del sector de abastecimiento.

Ilustración 19. Distribución de clientes en Sistema de Abastecimiento Aconcagua



Fuente: *Elaboración propia*

Considerando la cantidad de clientes, se obtiene:

Tabla 21. Caudales de Producción sector Aconcagua

Q MEDIO PRODUCCIÓN [l/s]	Q MÁX. DIARIO PRODUCCIÓN [l/s]
94,9	119,0

Fuente: *Elaboración propia*

Analizando la capacidad del estanque Aconcagua en función a la cantidad de clientes del sector, esta infraestructura sólo es capaz de soportar la demanda de regulación de la población, sin embargo, para dar cumplimiento al punto 7.5 de la NCh691-2015 **el estanque presenta un déficit de 400 m^3.**

Para dar solución al déficit existen dos alternativas, la primera consiste en la construcción de un nuevo estanque de 400 m^3 que permita cubrir el volumen faltante o hacer una distribución de clientes a sectores aledaños, de tal forma que permita dar cumplimiento a la normativa vigente respecto al volumen de estanque en los sistemas de distribución.

Se considera como solución la segunda alternativa, es decir, una nueva distribución de clientes a sectores de abastecimientos aledaños, eso implicará **disminuir aproximadamente el consumo de agua potable del sector de un 27% a un 19,4%.**

Considerando lo anterior, en base a la población y volumen del estanque los caudales máximos y número de cliente máximo para el sector de abastecimiento por el sector son:

- Caudal máximo diario: 97,1 l/s
- Caudal máximo horario: 145,6 l/s
- Dotación:144,3 l/hab/día
- Densidad: 3,6 hab/viv
- Número de clientes: 7.413
- Número de habitantes: 26.687

Cabe señalar que estos tendrán variación si por algún cambio en los valores de entrada utilizados en el BOD como es FDMC, FHMC y porcentaje de pérdida.

6.3 PRIORIZACIÓN DE FUENTES SUBTERRÁNEAS

La priorización de las fuentes subterráneas en primera instancia se realizará en función al valor por metro cúbico [$/m3] de producción de agua potable por fuente y, posteriormente, se realizará un análisis de la infraestructura sanitaria complementaria para su funcionamiento y operación. Cabe señalar que, se considerará como **caudal máximo diario 97,1 l/s** que representa la demanda de sector acotado por el volumen del estanque.

6.3.1 Costos de producción

Considerando lo anterior, en base equipos de elevación, registros de consumos de energía, potencia de bomba se ha establecido un valor aproximado de operación sólo en función del consumo eléctrico y producción.

Tabla 22. Costo de producción por fuente subterránea

SONDAJE	COSTO PRODUCCIÓN [$/m^3]
ACONCAGUA 4	195,8
ACONCAGUA 5	37,4
ACONCAGUA 7	37,4
REINA 2	173,2

Fuente: *Elaboración propia*

Los sondajes que presentan un menor costo son respecto al valor de su producción es **Aconcagua 5** y **Aconcagua 7**, sin embargo, debido al diseño de las conducciones de producción no es posible independizar únicamente estos sondajes para abastecer sólo el sector, además de considerar que existe una planta de arsénico con capacidad de diseño de 90 l/s a un costado del estanque Aconcagua.

Cabe señalar que el costo de producción del sondaje **Aconcagua 4** dado que tiene costos asociados a tratamiento de agua potable por calidad de agua, OPEX por arsénico. Por otro lado, los costos de producción del sondaje **Reina 2** en base a la información obtenida en los registros operaciones y las características técnicas del sondaje en cuanto a calidad del activo y calidad del recurso hídrico no guarda relación.

6.3.2 Factibilidad por infraestructura

Existen dos alternativas de abastecimiento para el sistema Aconcagua uno correspondiente a la batería de sondajes que aporta el 100% de su caudal de

producción al sistema, sondajes Aconcagua 4 y Aconcagua 5, y la segunda alternativa, sondajes Aconcagua 7 y Reina 2, que aportan mediante el nudo de interconexión un porcentaje de su producción dependiendo la necesidad del sistema de abastecimiento mediante maniobras operacionales (manual).

No existe medición en línea del aporte real de esta interconexión al sistema Aconcagua, el aporte es estimado en aproximadamente un 30% de la producción (dato general). Para obtener un valor o registro instantáneo se puede obtener a través de la telemetría mediante suma de caudales de los sistemas de abastecimiento que se encuentran interconectados en sus etapas de producción.

6.3.3 Priorización de fuentes subterráneas

En base a la información y resultados obtenidos respecto a la calidad e información del estado activo, registros o medidores eléctricos, eficiencia de sistemas de bombeo, calidad de los registros de información, costos de producción e infraestructura sanitaria complementaria, correspondiente al **escenario actual**, la priorización de las fuentes subterráneas se realizará en base a este escenario buscando la mejor combinación, no se considera inversión o mantenciones correctivas o preventivas, sólo se considera maniobras a realizar por personal propio de la empresa.

Se recomienda **mantener la actual configuración**, es decir, sondajes Aconcagua 4 y Aconcagua 5 destinados en su totalidad para el sistema Aconcagua, un total de **85,7 l/s** al sistema de abastecimiento Aconcagua.

De ambos sondajes se deberá priorizar la operación del sondaje Aconcagua 5 (Q= 61,7 l/s[6]) y posteriormente el Sondaje Aconcagua 4 (Q=24,0 l/s[7]).

Adicionalmente, se recomienda en periodos no estival cerrar la válvula del nudo de interconexión dado que el tenerla estrangulada o semiabierta sólo bajaría la eficiencia del sistema.

En corto plazo, se deberá analizar la opción, con el objeto de optimizar los activos, intercambiar fuentes subterráneas con otros sectores de abastecimientos aledaños mediante interconexiones en matrices de producción que permitan realizar mezclas de aguas de fuentes de mayores concentraciones de arsénico con aquellas que se encuentran por bajo el límite normativo.

6.3.4 Lineamientos para un manual de operación

Durante el desarrollo del estudio se pudo observar algunas brechas u oportunidades de mejora a nivel empresa respecto a la operación del sistema, por ello, la

[6] Tabla 14. Producción actual fuentes subterráneas

7 Tabla 14. Producción actual fuentes subterráneas

descripción del activo y de la infraestructura sanitaria complementaria para su funcionamiento debe ser considerada como punto principal y esencial en el manual de operación, posteriormente, se deberá considerar:

- Cargos de los responsables de la etapa de producción de agua potable: ordenados de manera jerárquica según su capacidad de decisión de acuerdo con la temática o alcance a resolver.

- Temática o alcance para resolver: Corresponde a las diferentes situaciones o escenarios que se puede presentar en la operación que necesitan de una toma de decisión por parte de un responsable. Las temáticas deben abordar tanto la priorización del uso de las fuentes subterráneas en función a la estacionalidad o emergencia, solicitar la revisión de un equipo de bombeo, solicitar cambio de un activo, generar la solicitud de mantención preventiva de fuentes subterráneas, entre otras.

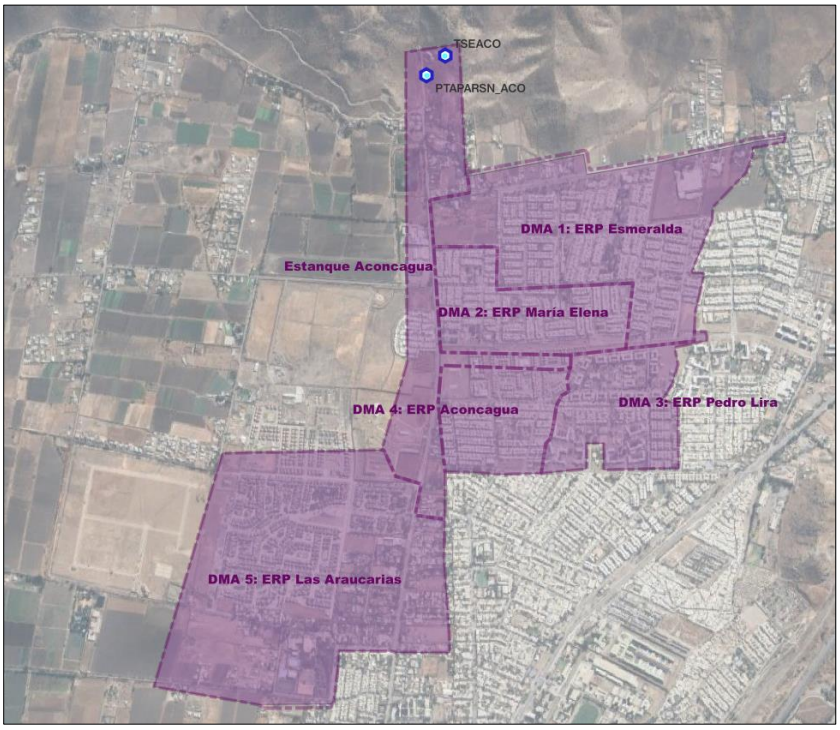
- Nivel de decisión: Corresponde al nivel de decisión respecto al cargo de responsabilidad frente a una temática o alcance a resolver. Este puede clasificarse como decide o informa.

- Riesgo: Se debe informar el riesgo asociado a la ejecución de la acción de la temática o alcance a resolver. Por ejemplo, el no ejecutar acciones, como un cambio de bomba en un sondaje podría dejar sin abastecimiento a la población, por ende, esta temática sería un riesgo alto para la operación.

6.4 DIAGNÓSTICO DEL SECTOR DE ABASTECIMIENTO ACONCAGUA

El sector de abasteciendo Aconcagua tiene un área aproximada de 254 hectáreas, está formado por 5 DMA, los cuales guardan relación con el proyecto GIR original a excepción del DMA 19. En una primera etapa se realizará un levantamiento de la sectorización implementada y operativa en el sector; posterior a ello se hará un cruce respecto al proyecto original identificando diferencias respecto a la idea original del proyecto GIR.

Ilustración 20. Localización geográfica DMA



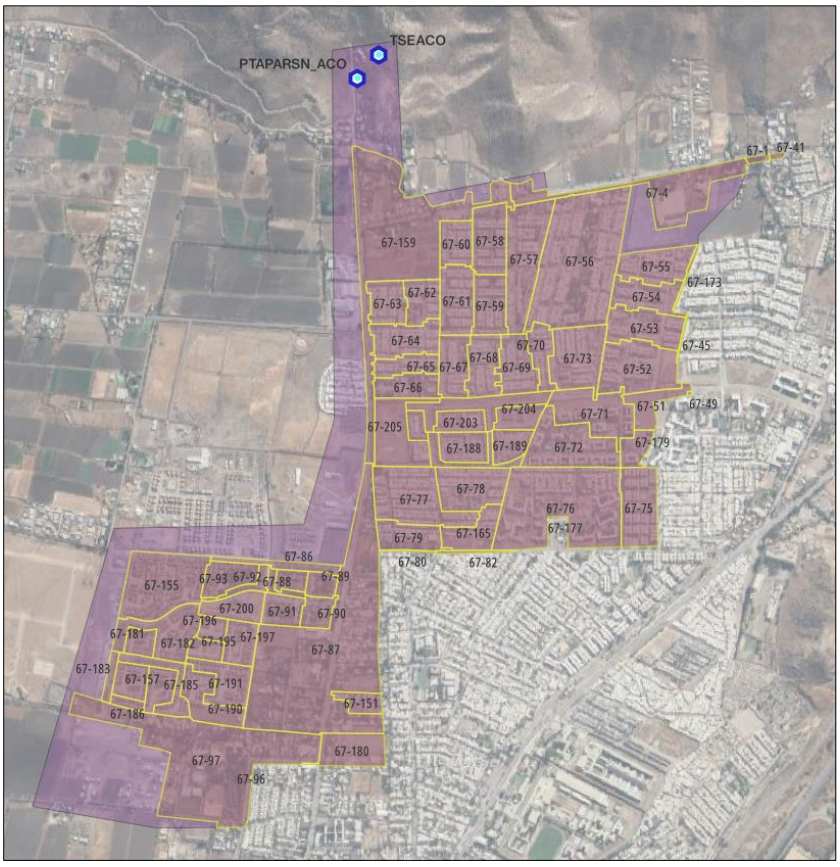
Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 23. Descripción DMA sector abastecimiento Aconcagua

DMA	N° DE CUARTELES	N° CLIENTE	LONGITUD RED [m]	N° DE CUARTELES SOBRE 1000 [m]	MEDIDOR DE CAUDAL EN LINEA	MEDIDOR DE PRESIÓN EN LINEA	VRP
1	15	3.669	19.758	8	No	Sí	Sí
2	11	1.547	9.610	4	No	Sí	Sí
3	4	1.104	4.482	1	No	Sí	Sí
4	6	1.223	7.663	2	Sí	Sí	No
5	22	1.347	10.017	2	Sí	Sí	Sí

Fuente: *Elaboración propia*

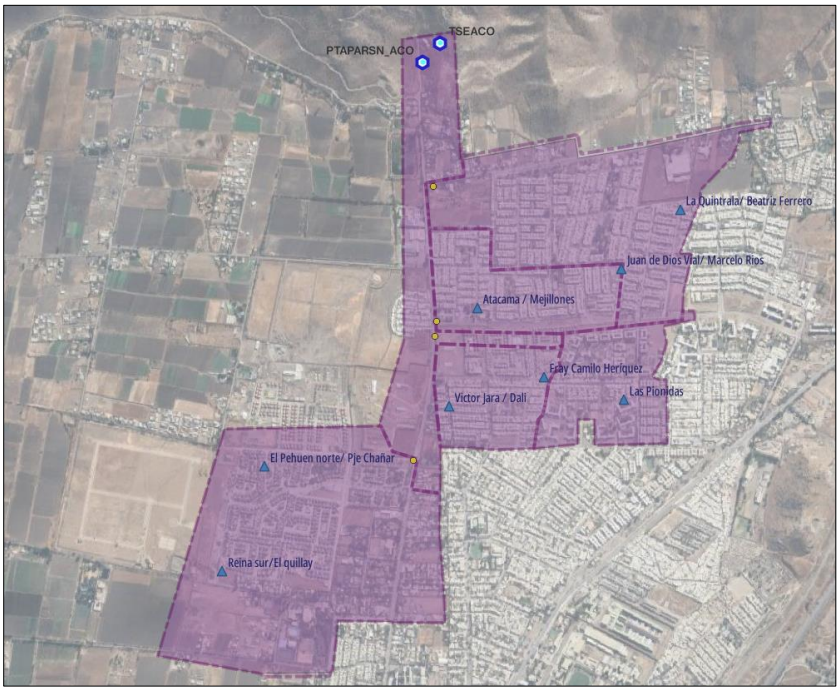
Ilustración 21. Cuarteles sector de abastecimiento Aconcagua



Fuente: *Elaboración propia*

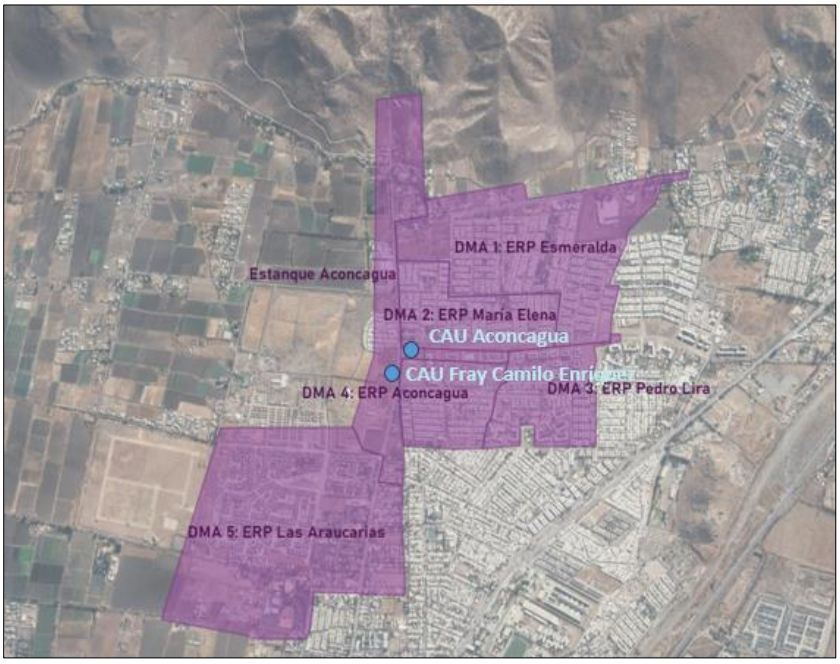
El sector de abastecimiento se encuentra monitoreado por medio de 8 puntos de control de presión y 2 medidores de caudal, los cuales se pueden observar a través de las siguientes ilustraciones:

Ilustración 22. PCP sistema de abastecimiento Aconcagua



Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 23. Caudalímetros sistema de abastecimiento Aconcagua



Fuente: *Elaboración propia*

6.5 IDENTIFICACIÓN BRECHAS DMA

Realizado el levantamiento y análisis de información implementada y operativa en el sector de Aconcagua, se realizó un comparativo respecto al proyecto original encontrándose algunos puntos o brechas que podrían explicar porque el sector no ha cumplido su objetivo respecto al proyecto original. A continuación, se listan:

- No se consideró en el diseño del proyecto GIR el volumen de estanque de distribución para el proyecto.
- No se ejecuta CAU 1 que permite la medición del DMA 3.
- Esquema Nudo 1, considera un medidor de caudal el cual no se encuentra implementado, DMA 1.
- La distribución de Caudalímetros no permite determinar de manera correcto el consumo de los clientes por DMA.
- Incumplimiento de largo de redes en diseño de cuarteles.
- Consigna de las ERP no están correctamente definidas, sectores presentan presiones bajo el límite normativo.
- No existe certeza respecto al estado de válvulas de corte del sector.
- Campamentos aledaños se encuentran conectados a las redes de producción del sistema.
- No existe seguimiento en línea de las mediciones de caudal, que permita identificar pérdidas físicas o comerciales.
- No existe un seguimiento a los sensores de presión para determinar el comportamiento de la red.
- Brechas en la gestión transversal de la compañía respecto a la información recopilada en línea.

CAPITULO VII

RESULTADOS

En el siguiente apartado se expondrán los resultados finales fundamentados en los resultados parciales obtenidos en el capítulo anterior, estos se presentarán en las dos líneas de análisis del sector o sistema de abastecimiento Aconcagua, que se ha trabajado a lo largo de todo el estudio, la primera está asociada a las ***fuentes subterráneas*** y la segunda a la ***sectorización sistema de abastecimiento Aconcagua por DMA***.

7.1 FUENTES SUBTERRÁNEAS

A través del análisis y levantamiento de información de las fuentes subterráneas e infraestructura sanitaria complementaria para su operación y funcionamiento se obtiene los siguientes resultados:

- Las pruebas de bombeo como antecedentes corresponden a las realizadas durante la construcción de los sondajes, no existiendo pruebas o inspecciones mediante cámaras o visores remotos posteriores a ellas, por ende, no se tienen información actualizada del estado estructural del sondaje (cribas, embancamiento, etc.).
- La falta de precisión en datos de consumo energético de cada fuente subterránea impide determinar el real costo de producción de agua potable. En esta misma línea en terreno se verificó la falta de precisión o claridad de instrumentos de medición que permitan identificar el consumo eléctrico por cada sondaje.
- No hay registro de mantenciones preventivas de fuentes subterráneas que permitan tener mayores antecedentes del sondaje.
- Las bombas instalas en los sondajes no se encuentran operando en el adecuado punto de funcionamiento.
- La sectorización o sistema de abastecimiento se encuentra restringida por la capacidad del estanque Aconcagua, situación no prevista en el proyecto GIR. Adicionalmente, no existe medición en línea del volumen de agua que es traspasado de la interconexión desde los sondajes Aconcagua 7 y Reina 2.
- Mantener la configuración actual de los sondajes Aconcagua 5 y posteriormente Aconcagua 4, con un aporte total al sistema de abastecimiento Aconcagua de 85,7 l/s. Adicionalmente, en periodos o escenarios de baja demanda se recomienda cerrar la interconexión existente.

7.2 SECTORIZACIÓN POR DMA

La sectorización inicial establecida en el proyecto GIR, no consideró el BOD del estanque de regulación. Esta infraestructura sólo es capaz de soportar la demanda de regulación de la población presentando un déficit de 400 m^3.

Para efectos del desarrollo del estudio, en el Balance Hidráulico, se consideró como realizar una nueva distribución de clientes a sectores de abastecimientos aledaños, eso implicará **disminuir aproximadamente el consumo de agua potable del sector de un 27% a un 19,4%.**

El sistema de abastecimiento Aconcagua contiene un total de 8.890 clientes distribuidos en los 5 DMA, como se indicó en el apartado 6.2 se deberá reducir la cantidad de clientes del sector a 7.413, es decir, conectar a 1.477 a otro sistema de abastecimiento aledaño.

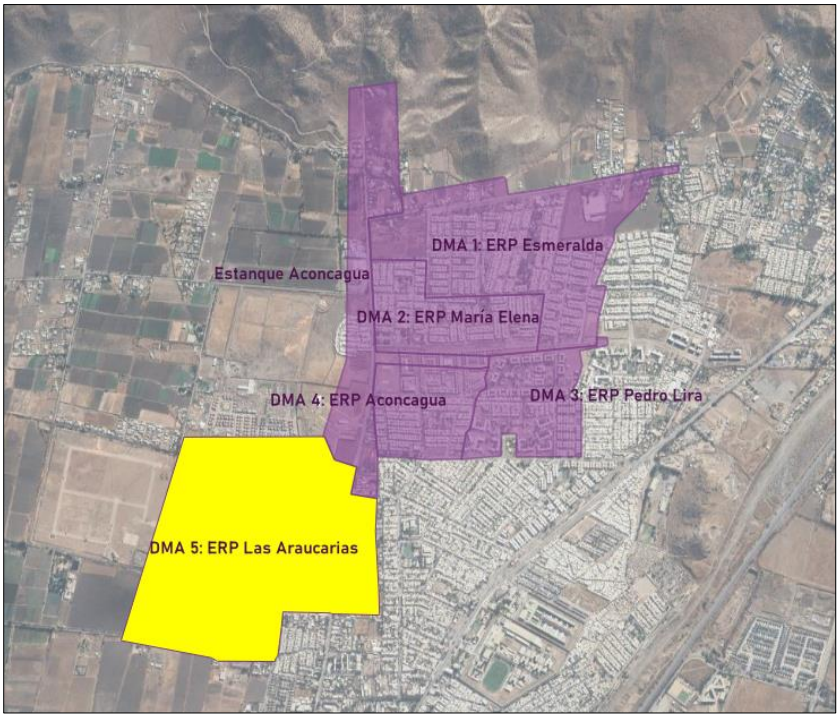
Teniendo en consideración la distribución de cuarteles por DMA y la ubicación geográfica de ellos, para dar cumplimiento normativo, se deberá interconectar el DMA 5 al sector de abastecimiento Colina o sector de abastecimiento Lo Seco.

Tabla 24. Distribución de cliente y cuartes por DMA

DMA	N° DE CUARTELES	N° CLIENTE
1	15	3.669
2	11	1.547
3	4	1.104
4	6	1.223
5	22	1.347
TOTAL	**58**	**8.890**

Fuente: *Elaboración propia*

Ilustración 24. DMA a interconectar con otro sistema de abastecimiento



Fuente: *Elaboración propia*

Adicionalmente, se obtuvo como resultado:

- Respecto a la revisión bibliográfica, en una primera instancia, el diseño de los DMA referente a la cantidad de conexiones no supera las 5000 conexiones.
- No existe relación en los datos de entrada del BOD del GIR con los valores reales.
- La distribución de Caudalímetros no permite determinar de manera correcta el consumo de los clientes por DMA.
- Incumplimiento de largo de redes en el diseño de cuarteles.
- Consigna de las ERP no están correctamente definidas, sectores presentan presiones bajo el límite normativo.
- No existe certeza respecto al estado de válvulas de corte del sector.
- Campamentos aledaños se encuentran conectados a las redes de producción del sistema, situación que no fue considera en el proyecto GIR.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la investigación y teniendo a la vista el objetivo general del estudio, que busca la eficiencia hídrica del sistema de abastecimiento Aconcagua, a través de la gestión de los activos sanitarios, mediante la priorización de las fuentes subterráneas y la efectividad de la sectorización del sistema a través de los DMA o distrito de medición, se pueden establecer las siguientes conclusiones.

En lo que respecta a la sectorización el proyecto implementado por la compañía, Gestión Integral de Redes (GIR), se logró identificar algunas brechas importantes en su implementación respecto al diseño que permitieron, en cierta medida, explicar y extrapolar por qué no se ha logrado bajar el ANF del sistema de abastecimiento o lograr una efectiva sectorización a nivel global en la localidad de Colina.

Estas brechas hacen referencia principalmente a la ubicación de los sistemas de medición en línea, caudal y de presión, registros y definiciones de los DMA, limitando la elaboración de BOD en línea o en tiempo real, que permitan cuantificar e identificar pérdidas físicas y comerciales de manera local, y, además, establecer plan de acción general u específico para cada uno de ellos.

Adicionalmente, se obviaron datos de entrada o parámetros como el volumen de regulación del sector de abastecimiento, forzando a incumplir normativamente el diseño de regulación, incendio y emergencia de este sistema.

En cuanto a las fuentes subterráneas, la falta de mantenciones preventivas, limpieza e información desactualizada en cuanto a pruebas de bombeo, se desconoce el actual potencial de extracción del sondaje, por ende, la priorización se realiza en base al estado actual, pudiendo existir, un mejor escenario o eficiencia del activo si se conociera su real estado y el adecuado equipo de bombeo instalado.

En general, el activo complementario para el funcionamiento de las fuentes subterráneas requiere mantenciones o mejoras preventivas y correctivas de tal forma de lograr de manera global la eficiencia hídrica de las etapas de producción y distribución del sistema de abastecimiento Aconcagua.

CAPITULO IX

RECOMENDACIONES

Lograr la eficiencia hídrica es una responsabilidad a nivel empresa, es decir, debe estar implícito en la cultura corporativa. El registro del activo, la calidad de la información, la gestión transversal entre áreas debe ser fundamental en la operación diaria de la prestación del servicio. En base a los resultados obtenidos y a las conclusiones, se establece como recomendación definir y transmitir cuales son las metas o expectativas respecto a la eficiencia del activo, es decir, desarrollar una cultura empresarial.

Propuestas con respecto a las **fuentes subterráneas** se recomienda:

- CORTO PLAZO – SIN INVERSION
  i. Catastro de información
  ii. Levantamiento de información del activo in situ

- CORTO PLAZO – CON INVERSION ($[8])
  i. Limpieza de sondaje Aconcagua 4 y Aconcagua 5
  ii. Prueba de bombeo Aconcagua 4 y Aconcagua 5
  iii. Cambio o ajuste de bomba

- MEDIANO PLAZO – CON INVERSION ($[9])
  i. Instalación de medidor de caudal en nudo de interconexión
  ii. Independizar medidor eléctrico sondajes Aconcagua 5 y Aconcagua 7
  iii. Estudio e implementación mejora de medidores eléctricos

Recomendaciones con respecto a la **sectorización del sistema de abastecimiento Aconcagua por medio de DMA:**

- CORTO PLAZO – SIN INVERSION
  i. Factibilidad de sectorización de DMA 5 a otro sector de abastecimiento para dar cumplimiento a normativa vigente
  ii. Realizar BOD estacional asociado al sector de abastecimiento, el cual permita determinar pérdidas físicas y comerciales
  iii. Realizar revisión IN SITU de nudos ejecutados en el proyecto GIR

[8] Menor a CLP $100.000.000 – plazo 3 meses
[9] Menor a CLP $150.000.000 – plazo 6 meses

- MEDIANO PLAZO – CON INVERSION ($[10])
  i. Instalación de medidores de caudal en DMA 1, DMA 2 y DMA 3.

Propuestas con respecto a la **responsabilidad y aplicación de los miembros de la compañía**, en los temas de diseño, construcción y gestión de las fuentes subterráneas se recomienda:

- Definir o promulgar área o departamento idóneo, único, responsable del diseño hidráulico de abastecimiento de agua potable para los diversos o posibles escenarios de demanda que permita la priorización de las fuentes subterráneas en cada uno de ellos.

- Designar y establecer responsabilidades de los miembros de la compañía que serán los encargados o líderes de la construcción y soporte técnico de los diseños hidráulicos, estableciendo sinergias entre áreas o gerencias.

- Establecer de manera clara la descripción del cargo de cada miembro de la compañía que participe en la gestión de las fuentes subterráneas, estableciendo funciones, responsabilidades, superiores, canales de comunicación, de tal forma de evitar duplicidad o errores en el proceso.

- La descripción de cargo deberá tener asociado un nivel jerárquico respecto a su capacidad de decisión frente a cualquier contingencia, temática o alcance a resolver.

- La información deberá ser transmitida a todas las áreas y gerencias de la compañía con el objeto de que frente a cualquier emergencia u catástrofe sea de conocimiento público.

[10] Menor a CLP $150.000.000 – plazo 6 meses

CAPITULO X

BIBLIOGRAFÍA

- Chile. Consideraciones técnicas y alcances metodológicos para la fijación de metas en un marco de eficiencia hídrica (Informe Versión N°4). Santiago, Chile: ANDESS.

- González, F. (2017). Diseño, Aplicación Y Evaluación De Una Metodología De Detección Activa De Pérdidas En Redes De Agua Potable (Tesis de pregrado para optar título de Ingeniero Civil). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

- Instituto Nacional de Normalización. (2015). Agua potable — Producción, conducción, almacenamiento y distribución — Requisitos de diseño (NCh 691/Of2015).

- Instituto Nacional de Normalización. (2000). Agua potable - Fuentes de abastecimiento Captación de aguas subterráneas (NCh 777/2. Of2000).

- Sánchez, E. (2021). Optimización energética e hidráulica a través de un tablero de control operacional para las fuentes subterráneas del SPAP Concón (Tesis de Magister para optar al grado de Magister en Gestión del Agua). Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile.

CAPITULO XI

WEBGRAFÍA

- American Water Works Association, AWWA. (2020). Pressure Management. Recuperado de https://www.awwa.org/Resources-Tools/Resource-Topics/Water-Loss-Control
- American Water Works Association, AWWA. (2018). Best Practice in Water Loss Control. Recuperado de https://www.awwa.org/Portals/0/AWWA/ETS/Resources/WLCFlyerFinal.pdf?ver=2015-02-10-083650-287
- Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). Guía para la optimización energética en sistemas de agua potable o agua residual (Segunda Edición). Recuperado de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/15122021_g_optimizacion-energetica-v15.pdf
- Eduardo Baeza (2020). Aspectos técnicos y experiencia extranjera en materia de Eficiencia Hídrica. Casos de Estados Unidos de Norteamérica, Reino Unido, Australia y Nueva Zelanda. Recuperado de https://www.bcn.cl/asesoriasparlamentarias/detalle_documento.html?id=76327
- Habiyaremye, A. (2020). Water innovation in South Africa: Mapping innovation successes and diffusion constraints. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901119311931

CAPITULO XII

GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

ACRÓNIMOS

SAC	Sacyr Agua Chacabuco S.A.
SHAC	Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común
ANF	Agua No Facturada
GIR	Gestión Integral de Redes
BOD	Balance Oferta Demanda
DMA	District Metered Areas
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
PLC	Programmable Logic Controller
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
KPI	Key Performance Indicador
CAPEX	Capital Expenditure
OPEX	Operating Expenses

CAPITULO XIII

ANEXOS

13.1 REVIEW BIBLIOGRÁFICO

13.1.1 Fichas Bibliográficas

Las fichas se encuentran clasificadas es Fundamentales, Específicas y Complementarias.

FICHA N°1	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Sánchez, E. (2021). Optimización energética e hidráulica a través de un tablero de control operacional para las fuentes subterráneas del SPAP Concón (Tesis de Magister para optar al grado de Magister en Gestión del Agua). Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile.
Palabras claves:	Optimización energética Tablero de gestión y control Indicadores de desempeño Modelo de soporte decisional
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES "Fomentar medidas que permitan la utilización eficiente de las fuentes de agua disponibles, buscando asegurar la continuidad del servicio y disminuir los costos de producción" (p.6). "Desarrollo de un tablero de gestión y control operacional que permita analizar el desempeño hidráulico y energético de las fuentes subterráneas. Además de facilitar la toma de decisiones respecto de la priorización del uso de las distintas fuentes, en función de su eficiencia energética, nivel producción y calidad" (p.15). "Un TGC con objetivos estratégicos proporciona una descripción general de los procesos de la empresa, para que los responsables de la toma de decisiones puedan monitorear la salud y las oportunidades del negocio" (p.19). "En un TGC con objetivo analítico se requiere de un contexto más amplio para los datos (con el fin de realizar comparaciones), de una historia más extensa de información y cuenta con evaluaciones de desempeño (KPI) más específicas. Este tipo tablero le dice al analista qué investigar, y le permite profundizar en la información, con el fin examinar las causas de lo que se está visualizando" (p.19). "Debido a la gran cantidad de energía que consumen los sistemas de bombeo, son un excelente candidato para generar ahorros energéticos. A lo largo de los años, las bombas han ido mejorando su desempeño gracias a un diseño optimizado y al uso de mejores técnicas de fabricación. No obstante, la eficiencia de las bombas centrífugas sigue dependiendo en gran medida del lugar de la curva en la que se las opera" (p.24). "Para analizar los principales factores que afectan el consumo de energía e incrementan las pérdidas en un sistema de bombeo, es necesario entender la secuencia energética, es decir, el conjunto de etapas que van desde el suministro de energía eléctrica, hasta convertirla en energía útil" (p.26).

	“Valores mínimos esperados para la eficiencia electromecánica de pozos profundos que recomienda la norma de "EFICIENCIA ENERGETICA ELECTROMECANICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA POZO PROFUNDO EN OPERACION. - LIMITES Y METODO DE PRUEBA" [NOM-006-ENER, 2015], en función del intervalo de potencia absorbida por la bomba” (p.32). “Esta norma ordena que cualquier sistema de bombeo para pozo profundo que utilice la energía eléctrica como medio energético para sus fines y que, derivado del diagnóstico de eficiencia electromecánica ésta resulte menor o igual al 40% en forma combinada, esto es, del conjunto bomba-motor, deben efectuarse acciones de rehabilitación o sustitución de los equipos electromecánicos, con el propósito de elevarlos a los niveles establecidos en la tabla como mínimo” (p.32). “(…) un “Panel de contexto”, en el cual se muestran variables generales que afectan el uso y desempeño de las fuentes subterráneas, y un panel “Operativo o desempeño sondajes”, en el cual se muestran variables operativas de cada uno de los sondajes del SPAP” (p.41). “Acciones sugeridas: Implementar los mecanismos informáticos necesarios que permitan una sincronización automática del tablero con las distintas fuentes de información requeridas” (p.63). REDACCIONES PROPIAS Considerando la situación actual en varias zonas del país respecto a la crisis hídrica, las empresas sanitarias han visto la necesidad en centrar las fuerzas para hacer sus procesos productivos eficientes, es por ello por lo que un punto fundamental en la etapa de producción de agua potable es la eficiencia energética de las fuentes subterráneas. Actualmente los sistemas productivos de agua potable, en la región Metropolitana de Santiago, están conformado en su gran mayoría por fuentes subterráneas, de ahí la importancia de desarrollar metodologías o tableros de decisión que permita lograr eficiencia energética por cada metro cúbico producido de agua potable. Para determinar la eficiencia de las bombas de sondajes profundos se deben incorporar e identificar variables que permitan realizar un análisis efectivo, como son niveles estáticos y dinámicos de las fuentes subterráneas, potencia y energía consumida del equipo de elevación, caudales y volúmenes producidos de cada fuente, sin embargo, muchos de estos valores no se encuentran disponibles en tiempo real y son recolectados y actualizados de forma manual por operadores o técnicos en las empresas sanitarias. Debido a lo anterior, es de suma importancia la implementación de tecnología que permita la recolección de datos de manera remota y automatizado, donde el

<table>
<tr><td></td><td>factor “error humano involuntario” no influya en el análisis o certeza de la información base.

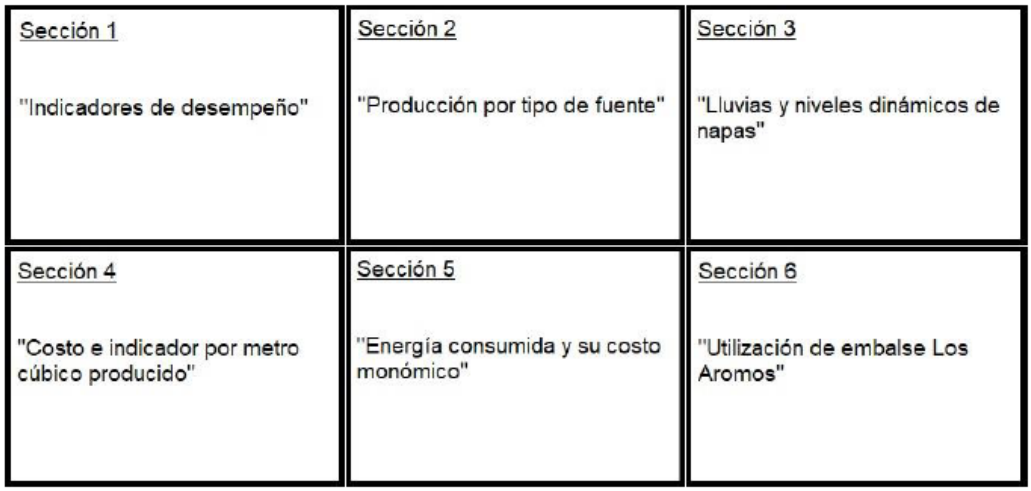
Visualizar de manera simple y actualizada los diferentes paneles, ya sea de contexto, operativo o de desempeño, permitirá no sólo tomar diferentes decisiones operacionales, sino también, establecer diferentes hipótesis, conclusiones y recomendaciones prácticas.

Priorizar o categorizar fuentes subterráneas en función a su eficiencia permitirá no sólo disminuir el OPEX asociado costo energético en el sistema productivo, sino que permite utilizar el recurso hídrico de manera eficiente y sostenible en función a la demanda de agua potable.</td></tr>
<tr><td>Aporte específico que se cree obtener sirve para:
Orientar
Avalar
Complementar
Definir
Contrapropuesta
Otros aportes</td><td>ORIENTAR: Con la metodología utilizada, tableros de gestión y control operacional, y a través de los resultados obtenidos, permite orientar cómo optimizar la calidad de operación de las diferentes fuentes subterráneas en función de la eficiencia energética y desempeño hidráulico.

AVALAR: Que el consumo energético de los sistemas de bombeo de las fuentes subterráneas son uno de los principales candidatos, sino el principal, para generar ahorros en el OPEX del sistema productivo de agua potable.

COMPLEMENTAR: Metodologías o propuestas de mejora respecto a medidas correctivas o modificación de sistemas operacional.</td></tr>
<tr><td>Materiales más significantes:
Tablas
Gráficos
Ejemplos
Fotografías
Mapas
Otros</td><td>Tabla 3 Valores mínimos esperados para la eficiencia electromecánica de pozos profundos.
<table><tr><th colspan="2">Intervalo de potencias</th><th rowspan="2">Eficiencia electromecánica (%)</th></tr><tr><th>kW</th><th>Hp</th></tr><tr><td>5.6 – 14.9</td><td>7.5-20</td><td>52</td></tr><tr><td>15.7 - 37.3</td><td>21-50</td><td>56</td></tr><tr><td>38.0 - 93.3</td><td>51-125</td><td>60</td></tr><tr><td>94.0 – 261</td><td>126-350</td><td>64</td></tr></table>Fuente: NOM-006-ENER, 2015</td></tr>
</table>

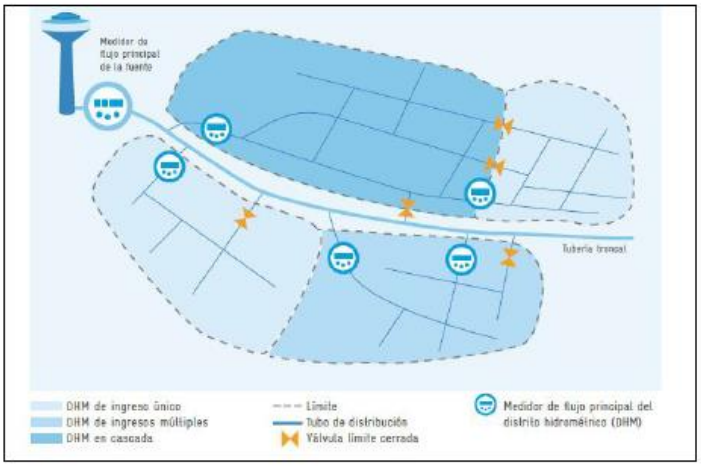
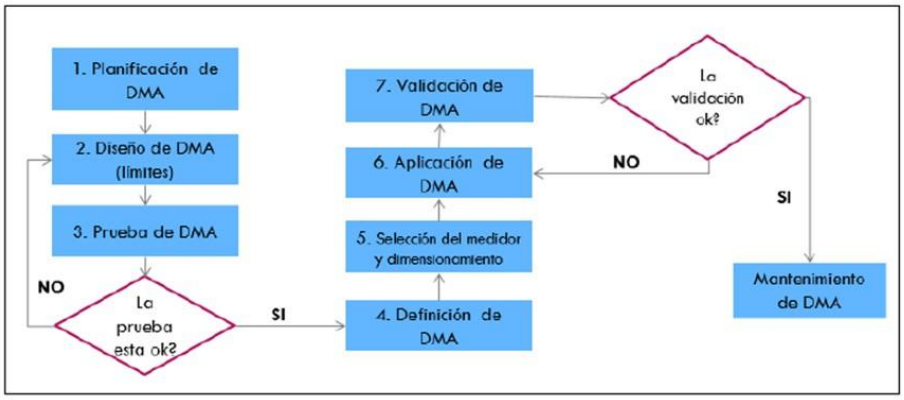
Figura 8 Subsecciones del panel de contexto.



Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°2	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	González, F. (2017). Diseño, Aplicación Y Evaluación De Una Metodología De Detección Activa De Pérdidas En Redes De Agua Potable (Tesis de pregrado para optar título de Ingeniero Civil). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.
Palabras claves:	Optimización energética Tablero de gestión y control Indicadores de desempeño Modelo de soporte decisional
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La planificación zonal "consiste en dividir la red de distribución en sectores más pequeños que permita implementar sistemas de monitoreo y control, para comprender y analizar los perfiles de presión y caudal, identificar las áreas prioritarias, para mejorar la eficacia en la detección activa de fugas" (p.12). Los DMA "(…) ayudan a reducir los tiempos de detección de fugas y también a mejorar la detección de fugas a través de la priorización de los esfuerzos en las áreas donde los análisis de los DMAs han demostrado que los niveles de fugas son más altos. El DMA puede ser diseñado para su instalación permanente o se puede establecer para medidas provisionales." (p.12). "(…) el tamaño de la DMA en última instancia depende del nivel económico de fugas. Si los análisis económicos han demostrado que es conveniente identificar y reparar nuevas fugas, entonces el tamaño DMA tiene que ser de 1000 conexiones de servicio. Sin embargo, en la mayoría de los casos el tamaño DMA debe estar entre 3000 y 5000 conexiones de servicio." (p.14). Diseño del DMA: El dibujo provisorio de las fronteras del DMA debe prepararse utilizando GIS y la modelación hidráulica. La determinación de las fronteras tiene que garantizar: • Punto (s) conocido (s) del caudal de entrada y salida de agua provista de medición de caudal. • Donde este el límite del DMA, se instala un medidor o una válvula que debe estar cerrada, de manera que el caudal cruce el límite, ya sea en el DMA o fuera en un DMA adyacente. • Puntos de interfaz de medición con DMA adyacentes, creando intercambios bidireccionales o unidireccionales, siempre con el mismo equipo de medición instalado.

	• Un DMA de tamaño entre 1000 y 3000 conexiones de servicio para cada DMA si es posible. (p.15). “Antes de que cualquier trabajo adicional se lleve a cabo, es necesario el uso de un modelo hidráulico para asegurar la calidad del suministro y la presión en el DMA” (p.15). Definición del DMA: “Es importante discutir la definición del DMA con todas las áreas involucradas en el proceso - planificación, operación, mantenimiento, calidad del agua, detección de fugas y otros, para prever el cierre efectivo de la DMA o conducir a una revisión del diseño si el DMA no es validado.” (p.15). Validación de DMA: Tras la instalación de todos los medidores de contorno (o el cierre de las válvulas en su caso), es necesario validar el DMA para asegurar que: • Todos los medidores estén funcionando correctamente. • El límite del DMA está "ajustado", es decir, cerradas las válvulas de frontera no esté pasando y no hay cruces de caudal (prueba de presión cero). • Todas las válvulas internas estén en el estado correcto. (p.16). REDACCIONES PROPIAS Por medio de los pasos indicados en la metodología propuesta será utilizado como medio de comparación para revisar el sistema implementado en la localidad. Como se indica existen una gran cantidad de paso que se deben verificar y validar antes de la materialización de estos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR Y COMPLEMENTAR: Con la información existente y aquella implementada en la compañía.

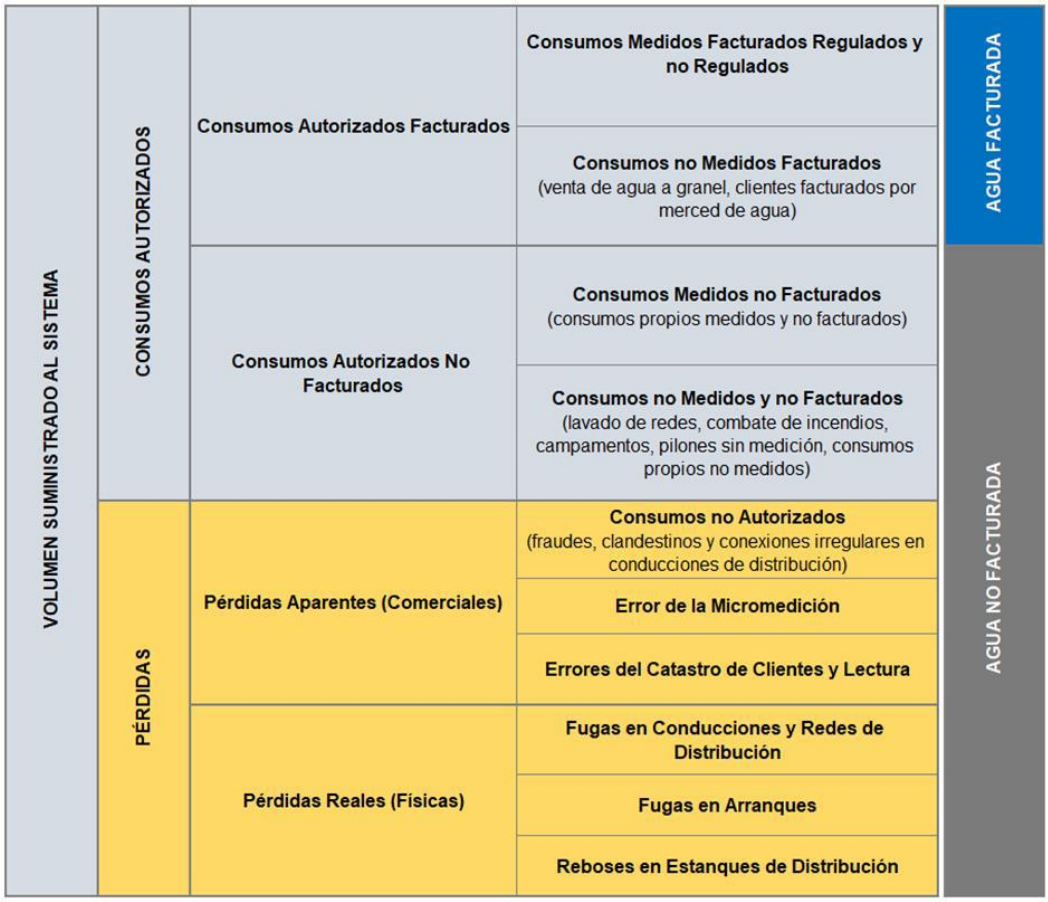
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 Figura 2. 4 Típico esquema de DMA (Fallis, 2011) [3]  Figura 2. 5 Etapas en el Diseño e Instalación del DMA (Elaboración propia)

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°3	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Chile. Consideraciones técnicas y alcances metodológicos para la fijación de metas en un marco de eficiencia hídrica (Informe Versión N°4). Santiago, Chile: ANDESS. Capítulo II. BALANCES HIDRÁULICOS DE LA IWA EN EL CONTEXTO DE LA EFICIENCIA HÍDRICA 2.1. DESARROLLO CONCEPTUAL DE LOS BALANCES HIDRÁULICOS
Palabras claves:	Balances hidráulicos propuestos por la IWA Método TOP-DOWN Volumen suministrado al sistema Consumos Autorizados Pérdidas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES "Consumos Autorizados: corresponde a los consumos medidos y no medidos que son suministrados a los clientes enrolados por la empresa, o aquellos consumos utilizados por la propia empresa en sus instalaciones. También se incluyen en este concepto los volúmenes utilizados en el combate de incendios, para el lavado de redes, y aquellos asociados a situaciones sociales estructurales como lo son el uso de agua por parte de campamentos o asentamientos irregulares." (ANDESS, 2023, p.17) "Consumos Autorizados Facturados (medidos y no medidos): compuesto por los volúmenes medidos y/o no medidos facturados por las empresas sanitarias. Los volúmenes medidos son aquellos resultantes del registro de los micromedidores, mientras que los no medidos son aquellos donde no existe medición y los volúmenes mensuales consumidos se obtienen por estimación. Tal es el caso de algunas ventas de agua a granel (pilones) o el cobro a clientes a partir de consumos presuntos." (ANDESS, 2023, p.18) "Consumos Autorizados No Facturados medidos: se componen de consumos legítimos, pero que no son facturados por las empresas, como son generalmente aquellos consumos medidos utilizados en instalaciones propias." (ANDESS, 2023, p.18) "Consumos Autorizados No Facturados no medidos: se compone de los consumos utilizados para el combate de incendios, lavado de redes, uso de agua por parte de campamentos o asentamientos irregulares, consumos propios de la empresa no medidos y no facturados." (ANDESS, 2023, p.18)

	“Pérdidas Aparentes: corresponde a las pérdidas por concepto de sub-medición de los micromedidores, consumos fraudulentos y clandestinos, errores de lectura y errores de catastro de clientes. Para su cálculo, se deben efectuar estimaciones basadas en mediciones realizadas en bancos de prueba para el caso de error metrológico de los micromedidores, la experiencia de la propia empresa, registros históricos o uso de indicadores y/o análisis de benchmarking nacionales e internacionales.” (ANDESS, 2023, p.19) “Pérdidas Reales: corresponde a la pérdida física de agua de un sistema de distribución y que incluye las fugas en matrices y arranques (especialmente en uniones y piezas especiales), fugas y reboses en los estanques.” (ANDESS, 2023, p.19) “Dependiendo del origen de la pérdida en las conducciones, se deberá determinar su tratamiento para efecto de los balances. Por ejemplo, hay casos donde existen campamentos o asentamientos irregulares conectados directamente a dichas conducciones, en el cual se recomienda asignar como consumo autorizado no facturado” (ANDESS, 2023, p.20) “La principal diferencia entre estos dos términos se debe a lo siguiente: las "pérdidas" están directamente asociadas a la eficiencia y gestión operacional de la compañía, mientras que "aguas no facturadas" incorporan componentes del volumen suministrado al sistema que muchas veces escapan de su control y pasan a formar parte de un consumo denominado “autorizado”, el que no necesariamente está debidamente facturado.” (ANDESS, 2023, p.21) “Balance hidráulico Top-down nos entrega un diagnóstico de las pérdidas de un sistema. La base de este balance es la determinación de la pérdida real como la diferencia entre la pérdida total y la pérdida aparente. Es decir, la estimación base para un balance hidráulico Top-down es la pérdida aparente. En ese contexto, es indudable que el cálculo de la pérdida aparente podría tener en sus componentes estimaciones que sea necesario ajustar. Para realizar esos ajustes, la propuesta metodológica es aproximarse a las pérdidas aparentes desde el cálculo de las pérdidas reales en lo que se conoce como balance hidráulico Bottom-up.” (ANDESS, 2023, p.28) REDACCIONES PROPIAS A través de este capítulo permite identificar de manera idónea los diferentes tipos de pérdidas y conceptos asociado a los Balances Hidráulicos que serán la base fundamental para determinar el balance oferta y demanda de cualquier localidad o sector.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a la metodología que se está estableciendo en el sector sanitario. Se establecen diferentes aristas que permiten adecuar a cada realidad. COMPLEMENTAR: Con la experiencia laboral in situ.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	<u>Determinación de las pérdidas a partir de los balances hidráulicos Top-Down</u>  <u>Balance Hidráulico Top-Down - Estándar IWA</u>



Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°4	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Chile. Consideraciones técnicas y alcances metodológicos para la fijación de metas en un marco de eficiencia hídrica (Informe Versión N°4). Santiago, Chile: ANDESS. Capítulo II. BALANCES HIDRÁULICOS DE LA IWA EN EL CONTEXTO DE LA EFICIENCIA HÍDRICA 2.3 CONSIDERACIONES PARTICULARES PARA LA CONFECCIÓN DE LOS BALANCES HIDRÁULICOS EN EL SECTOR SANITARIO NACIONAL
Palabras claves:	Volumen producido Volumen suministrado al sistema Determinación de pérdidas reales Índice de pérdida de Infraestructura Índice de Pérdidas Aparentes
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES "La determinación de pérdidas reales considera: "Fugas en conducciones y redes de distribución, Fugas en arranques y Rebalse de estanques" (p.48) "El índice adimensional ILI (Infrastructure Leakage Index) es un indicador que representa la relación entre el volumen de pérdidas reales actual de un sistema y el volumen de "pérdidas reales inevitables" (teórico)." (p.49) "El ALI (Apparent Loss Index), al igual que el ILI, es un índice adimensional, ya que representa la relación entre el volumen de pérdidas aparentes y un factor equivalente al 5% del volumen micromedido en la ciudad o región (base anual), denominado "pérdida aparente de referencia." (p.51) REDACCIONES PROPIAS A través de los diferentes indicadores propuestos se podría establecer, de tal forma de planificar acciones tras mostrar que tan lejos se encuentra el sistema de lo que es técnicamente posible de ser alcanzado. A través de estos indicadores se pueden establecer o planificar acciones reales para alcanzar objetivos reales en función de la realidad de cada compañía.
Aporte específico que se cree obtener sirve para:	ORIENTAR: Respecto a la metodología que se está estableciendo en el sector sanitario. Se establecen diferentes aristas que permiten adecuar a cada realidad.

Orientar **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	DENIFIR: La metodología permitirá, de acuerdo con las características de la empresa, cuantificar la pérdida. COMPLEMENTAR: Con la experiencia laboral in situ.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	**Figura 6: Matriz de desempeño operacional según resultado ILI**

Matriz de Evaluación de las Pérdidas Reales							
Categoría técnica de desempeño		ILI	(litros/conexión/día) Cuando el sistema está presurizado a una presión promedio de:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Países de baja y media renta	A1	< 2	< 25	< 50	< 75	< 100	< 125
	A2	2-4	25-50	50-100	75-150	100-200	125-250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°5	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	American Water Works Association, AWWA. (2020). Pressure Management. Recuperado de https://www.awwa.org/Resources-Tools/Resource-Topics/Water-Loss-Control
Palabras claves:	Gestión de pérdidas Beneficios del manejo de pérdidas Presión
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El documento señala: Beneficios de la gestión de presión (p.1): "Mejora el servicio al cliente a través de presiones de servicio adecuadas y reducción de las interrupciones del servicio" "Reduce los volúmenes de fuga al disminuir tanto la frecuencia de las fugas como el caudal de cualquier fuga" "Prolonga la vida útil de los activos al reducir el estrés en la infraestructura" "Disminuye el gasto energético en los sistemas con infraestructura de bombeo al apuntar a la reducción de la presión y, por lo tanto, de los costes energéticos asociados al suministro de presión." "Reduce el potencial de contaminación a través de transitorios de presión en los que la presión del agua puede ser negativa durante cortos períodos de tiempo." "Puede potenciar una gestión más eficaz de la demanda a través de un suministro de presión variable conectado a la demanda." "La mayoría de los sistemas en los Estados Unidos funcionan como redes abiertas, lo que significa que la reducción de presión específica requiere la instalación de infraestructura adicional y/o un plan coordinado de requerir el registro de presión a una frecuencia de muestreo alta." (p.1) Preguntas que deben realizarse para planificar una estrategia de gestión de la presión: "¿Qué infraestructura de presión ya existe? ¿Dónde se encuentra la infraestructura? ¿Cuáles son sus ajustes y cuándo fue la última vez que se le realizó un mantenimiento o se comprobó su rendimiento aceptable? Responder a estas preguntas generalmente requiere un inventario de tanques, válvulas reductoras de presión, bombas, tanques de compensación y otros activos similares." (p.1) "¿Qué presiones se suministran actualmente en todo el sistema de distribución? ¿Son las presiones demasiado bajas en algunos lugares,

	demasiado altas en algunos lugares o, en general, apropiadas para las necesidades de servicio, incluida la protección contra incendios, si se proporcionan? Responder a estas preguntas generalmente requiere un registro de presión en ubicaciones (por ejemplo, hidrantes) en todo el sistema." (p.1) "¿Se producen transitorios de presión en el sistema? ¿Qué infraestructura causa transitorios de presión? ¿Cómo se pueden mitigar los transitorios? Responder a estas preguntas suele requerir el registro de presión a una frecuencia de muestreo alta cerca de la infraestructura que podría introducir transitorios." (p.2) "¿Está el sistema configurado actualmente como de red abierta, o las zonas de presión más pequeñas permiten la modificación de la presión local? Las configuraciones de red abierta suelen requerir una inversión más significativa en infraestructura, análisis y planificación para que se obtengan los beneficios de la gestión de la presión, pero los beneficios suelen ser mayores una vez que se acumulan. Por el contrario, las zonas más pequeñas son más fáciles de manejar de la presión, pero los beneficios tienden a ser más pequeños y aislados geográficamente." (p.2) "¿Cuáles son los requisitos hidráulicos especiales en todo el sistema? El sistema de distribución suele cubrir grandes áreas con diferentes necesidades hidráulicas. Las consideraciones especiales pueden incluir clientes de gran demanda, (…). La identificación de áreas con requisitos específicos y la estrategia para cumplir con esos requisitos ayudará al desarrollo de una etapa sostenible de gestión de la presión." (p.2) Métodos y Herramientas para el manejo del control de presión pueden considerarse: "Instalación de una infraestructura de regulación de presión variable que modula la presión en función de la hora del día y/o la demanda." (p.2) "Desarrollo de áreas de medición de distrito y/o zonas de presión más pequeñas. Las zonas de presión cerradas con infraestructura de regulación de presión en las entradas de zona pueden permitir un control más preciso de las presiones." (p.2) "Monitoreo de presiones en tiempo real utilizando SCADA o herramientas comparables para que fallas en el suministro de presión." (p.2) "Software que cronometra la actividad de bombeo con precios de energía más bajos para que los tanques se llenen cuando los precios de la energía son más bajos día a día" (p.2) "La transición de la gestión reactiva de la presión a la gestión proactiva de la presión puede requerir tanto un cambio de mentalidad como la instalación de infraestructura adicional, pero una vez logrado, los

	beneficios de la gestión de la presión pueden mantenerse a perpetuidad con poco esfuerzo.” (p.2) REDACCIONES PROPIAS La gestión de pérdidas es una combinación de factores que va desde la infraestructura, bombeo, estanques de almacenamiento y topografía del sector. Independiente de la intención de la empresa u organismo que implemente un sistema de gestión de presión, el objetivo en común de esta gestión es una presión de servicio que cumpla con las necesidades del servicio y al mismo tiempo se reduzca la posibilidad de excesos hidráulicos provoquen fugas o daños en la infraestructura.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Preguntas tipos a considerar para planificar una gestión proactiva de la presión, además de las metodologías o tecnología que se utilizan. COMPLEMENTAR: Con otros títulos sobre la gestión de presiones y su importancia e impacto en el desarrollo de la tesina.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°6	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	American Water Works Association, AWWA. (2018). Best Practice in Water Loss Control. Recuperado de https://www.awwa.org/Portals/0/AWWA/ETS/Resources/WLCFlyerFinal.pdf?ver=2015-02-10-083650-287
Palabras claves:	Agua no facturada Auditoría de pérdidas Indicadores porcentuales
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El documento señala: "Agua No Facturada (NRW) se define específicamente para incluir la suma de tipos específicos de pérdida de agua y cualquier consumo autorizado y no facturado que ocurra dentro de los sistemas de distribución de agua." (p.1) "Las mejores prácticas de la industria para la auditoría de pérdidas de agua creadas por la Asociación Internacional del Agua (IWA) y AWWA ahora cuantifican varios indicadores clave de rendimiento, que proporcionan medios muy superiores para evaluar el rendimiento de la pérdida de agua en los sistemas de distribución, al tiempo que reconocen que los factores contribuyentes y las posibles medidas correctivas son específicos de cada empresa de servicios de agua." (p.2) "Utilizar indicadores porcentuales para evaluar la pérdida de agua en los sistemas de distribución proporciona una medida engañosa y poco confiable del desempeño de los servicios públicos porque un indicador porcentual: Se ve muy afectada por los cambios en los niveles de consumo de los clientes No puede distinguir entre los componentes específicos del agua no contabilizada que se producen en un sistema de distribución No revela nada sobre los volúmenes de agua y los costos asociados (los dos factores más importantes al evaluar el desperdicio de agua dentro de un sistema de distribución)" (p.1) REDACCIONES PROPIAS Hay factores que se deben tener en consideración en la estimación del agua no factura o pérdidas, como es la estacionalidad del consumo y también otros factores cómo es la pérdida económica asociada a la producción dependiendo de la fuente y el sistema de distribución.
Aporte específico que se cree	ORIENTAR: Respectos a los nuevos términos y criterios para la definición de pérdida y Balance Hídrico.

obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Editorial Guide for Use of Up-to-Date Water Loss Control Terminology

INCORRECT	CORRECT	WHY
Unaccounted-for water (UFW)	Non-revenue water (NRW)	All water entering a distribution system can be defined as a component of either authorized consumption or water loss
% of system input volume to measure water loss performance	Suite of key performance indicators for water loss as outlined in IWA/AWWA audit method (As an example: gal/service connection/day)	A %-based expression obscures the underlying causes of water loss and impedes realistic solutions based on system specifics

The IWA/AWWA Water Balance

Volume From Own Sources (corrected for known errors)	System Input Volume	Water Exported (corrected for known errors)	Billed Water Exported		Billed Metered Consumption	Revenue Water
		Water Supplied	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Unmetered Consumption	
				Unbilled Authorized Consumption	Unbilled Metered Consumption	Non-revenue Water
					Unbilled Unmetered Consumption	
			Water Losses	Apparent Losses	Customer Metering Inaccuracies	
					Unauthorized Consumption	
					Systematic Data Handling Errors	
				Real Losses	Leakage on Transmission and Distribution Mains	
Water Imported (corrected for known errors)					Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks	
					Leakage on Service Connections up to the Point of Customer Metering	

NOTE: All data in volume for the period of reference, typically one year.

Fuente: *Elaboración propia*

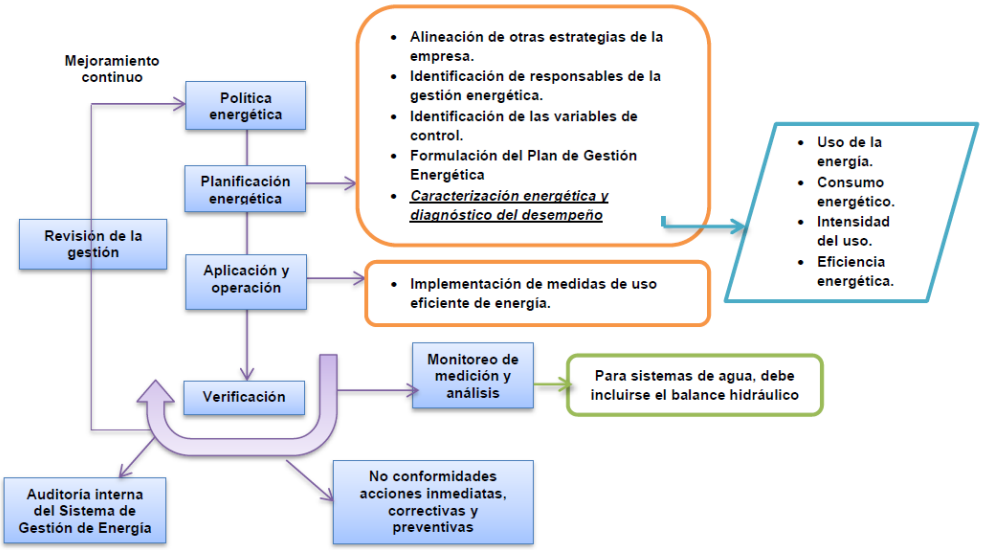
FICHA N°7	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). Guía para la optimización energética en sistemas de agua potable o agua residual (Segunda Edición). Recuperado de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/15122021_g_optimizacion-energetica-v15.pdf
Palabras claves:	Bombas sumergibles Bombas centrífugas horizontales o verticales Índice de consumo energético Cálculo de pérdidas Indicador de costo unitario de energía Mejoras en la operación Sistema de Gestión Integral de Energía
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La guía establece: "La energía eléctrica puede representar entre un 10 y un 40% de los costos totales de la operación de los sistemas de tratamiento de agua" (p.5) "En la presente guía se establecen recomendaciones dentro del marco de la Caracterización Energética y Diagnóstico del Desempeño Energético y para el elemento de Monitoreo Medición y Análisis (Figura 1) con objeto de optimizar la eficiencia energética del sistema." (p.9) "Más del 60% de la demanda energética que tiene en una STAP está asociada al sistema de bombeo considerando que este contempla desde el punto de captación de agua hasta la entrega al usuario. Bajo este contexto, los principales elementos que influyen en el mayor consumo energético desde el punto de vista del diseño del sistema son: La distancia desde el punto de captación al sistema y del sistema al usuario. La topografía en la cual se ubica el sistema de captación, tratamiento y suministro. La demanda de los usuarios" (p.10) "Las auditorias energéticas deben complementarse con una evaluación operacional que permita también identificar opciones de ahorro energético asociados a factores netamente operativos." (p.10) "La norma internacional ISO 50000 y los documentos generados por la UPME, son una guía para implementar el Sistema de Gestión Integral de Energía." (p.10)

	“El desarrollo de una evaluación energética independientemente del sistema requiere los mismos elementos: i) un balance de energía, previa identificación de pérdidas, ii) un balance hidráulico y iii) una optimización del sistema.” (p.10) “Dentro de las principales medidas de eficiencia energética a implementar en los diferentes sistemas de tratamiento y que se desarrollan en el presente documento, se encuentran: Reducir pérdidas en las instalaciones eléctricas. Optimizar el factor de potencia. Realizar mejoras en la eficiencia de motores y bombas y/o sustituirlos. Reducir pérdidas de carga en succión y descarga de sistemas de bombeo. Implementar mejoras en la operación, aprovechando la infraestructura existente. Reducir pérdidas mecánicas optimizando prácticas de mantenimiento. Optimizar los componentes hidráulicos: Reducción del flujo de agua al mínimo. Optimización del número de equipos de bombeo al mínimo. Reducción de la carga de bombeo y optimización de los esquemas de distribución. Reducir pérdidas en la captación, tratamiento y red de distribución.” (p.11) “Debe realizarse un análisis de las pérdidas en los sistemas típicos que consumen energía cuyo cálculo se presenta en esta sección, con el propósito de identificar cuáles son los elementos de mayor consumo de energía y en qué proporción.” (p.14) “La evaluación se realiza sobre los siguientes elementos, siendo los tres primeros los que generan mayor consumo. Suministro energético: incluyendo las características de la acometida (parcial es decir desde el tablero general hasta la caja de medidores, la acometida subterránea que implica tuberías y ductos, cajas de inspección, accesorios y otros) y del contrato de suministro energético. Sistema electromotriz, que comprende subestación eléctrica, transformadores y motor eléctrico. Conjunto motor-bomba, lo que incluye eficiencias, condiciones de operación y aspectos de mantenimiento. Sistemas de distribución, que contienen todos los elementos de las redes de distribución como interconexiones, conducciones, tanques de regulación y otros accesorios “. (p.14) Índice de consumo energético (IE): “Indicador que permite relacionar el consumo de energía con los volúmenes de agua, representa la relación entre la energía utilizada por un sistema de bombeo de agua potable para producir y distribuir el agua a la población” (p.22)

	“El trabajo de bombeo permite caracterizar energéticamente un sistema de bombeo” (p.22) “Indicador de costo unitario de energía: “Representa el costo específico por unidad de energía consumida, el cual depende del tipo de tarifa eléctrica contratada, el factor de carga (que refleja las horas de operación reales sobre las horas naturales) y factores que inciden en la facturación energética, tales como la penalización o bonificación por el factor de potencia de la instalación.” (p.22) Previa evaluación de la eficiencia hidráulica del sistema se podrá implementar: “Variadores de frecuencia - VFT7 (sistema de control de presión y caudal por medio de un variador de frecuencia electrónico adaptado al motor eléctrico). Aplica para sistemas con suministros directos en donde la demanda de agua es variable. Planes de inversión que permitan la optimización del sistema de automatización y control para mejorar (I) la calidad de registro de datos, (II) identificar fallas en el sistema y (III) tomar decisiones de optimización. Programas de recambio tecnológico del sistema de bombeo, si aplica, según las condiciones de los equipos, el tiempo de operación y plan de inversiones del sistema. Implementar o mejorar los planes de mantenimiento, basados en la condición de los activos, apoyándose en técnicas predictivas para diagnosticar su condición y también planes de mantenimiento basados en la eficiencia energética, para el sistema para lo cual debe considerarse, entre otros, la trazabilidad de los equipos, los tiempos de garantía y las recomendaciones de fabricante, esto involucra identificar equipos críticos, identificar y seguir las recomendaciones de fabricante.” (p.28) Vela, 1994 (…) Los indicadores que más información pueden aportar son: “Volúmenes de pérdida/ km de tubería/ tiempo, siendo aceptable pérdidas de 0,2 L/s/km que equivale a 17 m3/km/día.” “Si se desea considerar la sección de las tuberías (diámetro interior), el indicador más apropiado considera el volumen de pérdidas/longitud de la tubería/diámetro interior/día, siendo valores aceptables para diámetros entre 60-150 mm 0,2-0,3 m3/km/mm/día.” “Se puede evaluar el caudal unitario perdido en relación al número de acometidas en una zona o tramo, acorde con L/acometida/hora, con rangos aceptables entre 3-10 L/acometida/hora, dependiendo de la distancia entre acometidas y el estado de conservación del tramo.” (p.30) “Otros indicadores, según Vela.” Pérdidas económicas ($) /km/año Pérdidas económicas ($) /m3 que es suministrado

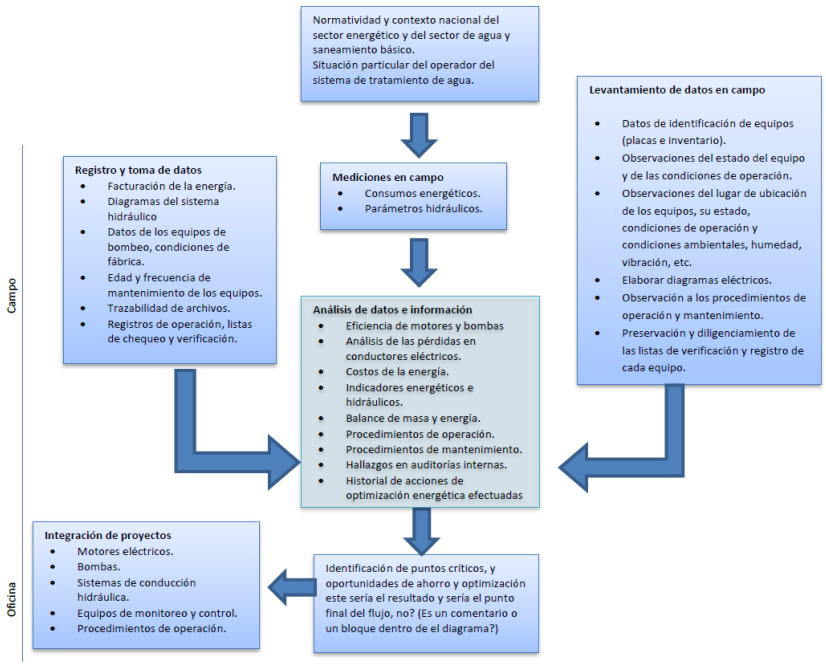
	Gastos de inversión en reducción de pérdidas ($) /km/año Gastos de inversión en reducción de pérdidas ($) /m3 Porcentaje de pérdidas por sectores de la red. No de reparaciones/km/año No de fugas detectadas/año (p.30) REDACCIONES PROPIAS La guía es la referencia pura de lo que se debe seguir e implementar en el presente estudio, considerando que el 100% de las fuentes de abastecimientos corresponden a fuentes subterráneas, con profundidades sobre los 120 metros, y, además, de considerar la topografía de la localidad y la calidad del agua con concentraciones de arsénico sobre el rango normativo, contribuyen al incremento de los sistemas de bombeo que forman parte del sistema de producción y distribución de agua potable.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Optimización energética, medidas a implementar. El documento será un guía clave para el desarrollo del presente estudio.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Figura 1. Sistema de Gestión Integral de Energía (GIE)



Fuente: Adaptado ISO 50001, 50006, 50015 y UPME, 2008.

Figura 2. Levantamiento de información en el marco de GIE para sistemas de agua.



Fuente: Adaptado BID, 2011

Tabla 1. Elementos de un sistema de tratamiento de agua con mayores requerimientos energéticos

STAP	STAR
Sistemas de bombeo: • **Bombas sumergibles o turbinas de flecha para captación en pozos.** • **Bombas centrífugas horizontales o verticales, usadas en captación, conducción y rebombeo.** • **Bombas y compresores dosificadores de químicos.** • **Sopladores.** • **Sistemas para apagado de cal.**	**Aireación y mezcla.** • **Bombas:** flujo de efluentes y recirculación de lodos • **Manejo de lodos:** bombas para deshidratación, filtros prensa o banda • **Sistemas anaerobios:** Calentamiento para digestores. • **Sistemas aerobios:** aireación (1 kWh/kg DBO_5 removida). • **Floculación y sistemas auxiliares:** en caso que existan sistemas de bombeos internos.

Fuente: El Autor

Consumo de energía de los sistemas de bombeo

2.2.1 Consumo de energía en los sistemas de bombeo

Este consumo está dado por la potencia demandada promedio durante las horas de operación y se calcula acorde con la Ecuación 1:

$$Ceb = \frac{Pe*t}{1000} \qquad \textbf{Ecuación 1.}$$

Donde,

Ceb = Consumo de energía del equipo de bombeo (kWh).
Pe = Potencia promedio usada durante el tiempo requerido por el Equipo (W).
t = Tiempo de operación en horas al año (h/año).

El consumo de energía total del sistema de agua y saneamiento es función de las variables reflejadas en la Ecuación 2.

$$Cet = Ceb + Cec \qquad \textbf{Ecuación 2.}$$

Donde

Cet = Consumo de energía total del sistema, (kWh).
Ceb = Consumo de energía en los sistemas de bombeo, (kWh).
Cec = Consumo en el resto de los componentes incluyendo la energía perdida de acuerdo al concepto del balance de energía descrito en la Figura 4 de la sección 2.2.2.1, (kWh).

Variables que afectan la demanda energética en los sistemas de bombeo

2.2.2.1 Potencia

La potencia requerida por los sistemas de bombeo se encuentra dada por la Ecuación 3.

$$Pe = \frac{Q*H*\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{Ecuación 3}$$

Donde

Pe = Potencia requerida por el equipo de bombeo, (W).
Q = Gasto suministrado por el equipo - Cantidad de agua bombeada, (m^3/s)
H = Carga total del equipo de bombeo, (m).
ρ = Peso específico del fluido a bombear, (N/m^3). Para el agua es 9,81 N/m^3.
ε = Eficiencia electromecánica del equipo de bombeo.

Bajo este contexto, en el Cuadro 1, se especifican las variables que intervienen en Q, H y ε

Cuadro 1. Variables que afectan la potencia

Variables que afectan la potencia (Pe)	
Carga (H) Siendo H función de: $H = Pm + ND + h_{fr} + h_v$ **Ecuación 4.** H = Carga total de bombeo en metros de columna de agua (m.c.a). Pm = Presión en la descarga dada en m.c.a que refleja las pérdidas por fricción en las tuberías de descarga y la magnitud de la altura topográfica a donde se debe bombear el agua durante la operación. ND = Nivel dinámico, que refleja el nivel de succión desde donde el agua debe ser bombeada en m. h_{fr} = Pérdidas por fricción en la columna de succión. h_v = Carga de velocidad que refleja el efecto de la velocidad del agua en las tuberías, siendo h_v equivalente a la relación $\frac{v^2}{2g}$ en donde v es la velocidad. La H se afecta por: ✓ El tipo de fuentes en los que se realiza captación (superficial o subterránea) y la profundidad del punto de captación en el caso de ser una fuente subterránea, en otras palabras la profundidad de bombeo y la gravedad del abatimiento de acuífero. ✓ La calidad de mantenimiento del pozo. ✓ La densidad poblacional, especialmente en cotas altas. ✓ Las características de la red de distribución como mantenimiento, diseño, pérdidas de presión excesivas, contrapresiones, falta de instrumentación (v.g. reguladores de presión, válvulas), tanques, variadores de velocidad y la falta de sectorización en la red.	**Cantidad de agua bombeada (Q)** Variables que afectan Q: ✓ Tamaño de la población y tipo de la población que demanda el recurso. ✓ Clima, bajo la premisa que dependiendo de este cambian los hábitos de consumo del recurso por parte de una población. ✓ Nivel de pérdidas de agua, las pérdidas afectan directamente el consumo energético. ✓ Número de horas de operación del bombeo. ✓ Eficiencia en la operación hidráulica y control de presiones. La distribución de caudales y presiones provocadas por la operación de válvulas, sujeto al crecimiento poblacional y ausencia de herramientas técnicas para la toma de decisiones al incorporar nuevos nodos a la red. ✓ Niveles de automatización y su implementación. La ausencia de sistemas, el control manual inadecuado de la operación y la subutilización de sistemas automatizados generan mayores demandas energéticas.

Variables que afectan la potencia (Pe)
Eficiencia electromecánica (ε) y las pérdidas de energía en la transformación energética La determinación de pérdidas energéticas y eficiencia electromecánica requiere la identificación secuencial energética de los elementos en el proceso, los cuales se muestran en la Figura 4. **Figura 4. Esquema general, secuencia energética – Balance de energía**      Fuente: CONUEE, 2011. La energía que no se convierte en trabajo útil, representa pérdida de la misma y por ende gastos operativos. Los principales factores que afectan las pérdidas en cada secuencia de la cadena mostrada en la Figura 1 son: ✓ Calidad de las instalaciones eléctricas, lo que genera bajo factor de potencia, pérdidas por sobrecalentamiento (efecto Joule), conductores y alimentadores subdimensionados, falsos contactos y sobrecapacidad de subestaciones. ✓ Niveles de eficiencia de los equipos de bombeo. ✓ Niveles de eficiencia de los motores asociados a los sistemas de bombeo (falta de uso de motores de alta eficiencia).

Fuente: Adaptado CONUEE, 2011.

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th colspan="3">Cálculo de pérdidas</th></tr>
<tr><td rowspan="4">En el sistema eléctrico
Incluye, entre otras:
* Red eléctrica,
* Transformadores,
* factor de potencia y
* conductores eléctricos</td><td colspan="2">Pérdidas en el transformador
Son de 2 clases de pérdidas (i) en el núcleo que son independientes a la carga a la que es sometido, son invariables a tensión y frecuencia constantes, es un dato suministrado por operador y (ii) en el embobinado, las pérdidas están relacionadas directamente con el factor de potencia.

<u>Se determina por:</u>
Σ(Pérdidas núcleo + Pérdida embobinado a plena carga)*Índice de carga^2 Ecuación 5.

Índice de carga = potencia de carga / potencia a plena carga Ecuación 6.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Temperatura de operación
La ineficiente remoción de calor (altas temperaturas de operación por mal funcionamiento del sistema de enfriamiento) incrementa las pérdidas.

<u>Se determinan por:</u>
Tablas generales proporcionadas por fabricante.</td></tr>
<tr><td>Factor de potencia (FP)
Puede incrementar pérdidas por:

1. Efecto Joule, son función del cuadrado de la corriente, se manifiesta en los:
• Conductores entre el medidor y el usuario.
• Embobinados de los transformadores de distribución.
• Dispositivos de operación y protección

2. Aumento en la caída de voltaje, lo que incrementa la potencia aparente, reduciendo la capacidad de carga instalada.</td><td>El FP en motores de inducción depende de su capacidad (HP) y del factor de carga (FC) al cual se esté trabajando.

En el diagnóstico debe determinarse si el FP del motor está por debajo del que correspondería dado el número de polos, su capacidad nominal y el factor de carga (FC), de ser así el motor está funcionando incorrectamente y debe ser reparado o cambiado.

Debe observarse si en el sistema hay un sistema para compensar el FP y su localización.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Motores
Se debe evaluar separadamente el motor de la bomba. El motor de inducción es el más común por ser versátil y de bajo costo, muy utilizado en bombeo centrífugo y para el bombeo de agua en STAP.

<u>Se determina por:</u>
La eficiencia del motor a través del método de la curva del motor, procedimiento basado en la comparación de Eficiencia calculada vs. Eficiencia reportada por curvas de eficiencia en función de la carga para el motor y se explica como sigue:

1. A partir de las características nominales del motor (HP, RPM y V), se identifica la curva de eficiencia del motor (gráfica % eficiencia vs. % carga). La eficiencia se calcula acorde con la siguiente relación:

$$Eficiencia = \frac{potencia\ mecánica}{potencia\ eléctrica} * 100$$ Ecuación 7.

Genéricamente se ha establecido que la máxima eficiencia del motor ocurre cuando operan entre el 75% y el 95% de su potencia nominal, disminuyendo ligeramente cuando se incrementa y de manera significativa si se reduce.

2. A partir de la potencia eléctrica demandada por el motor (medición efectuada), se calcula el factor de carga nominal mediante la siguiente ecuación:</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Cálculo de pérdidas	
	$FC = \frac{Pe/\eta_m}{HP_{nom} * 0.746}$ **Ecuación 8.** Donde: *FC* = factor de carga de operación del motor (-). *Pe* = potencia eléctrica demandada por el motor, obtenida en mediciones de campo (kW). η_m = eficiencia de operación del motor (-). HP_{nom} = potencia nominal del motor, obtenida en mediciones de campo (HP). 3. Se comprueba en la curva del motor que la eficiencia utilizada en el paso 1 corresponda al factor de carga calculado; en caso contrario, habrá que repetir el paso anterior, utilizando la eficiencia que corresponda al FC calculado hasta que ambos valores coincidan, poniendo fin al proceso iterativo. Los últimos valores de eficiencia y factor de carga son los reales del motor en estudio. 4. Una vez determinada la eficiencia y el factor de carga nominal, la eficiencia se deprecia de acuerdo con los siguientes criterios: • Si el motor tiene más de 10 años de antigüedad, deberá depreciarse un punto. • Si el motor ha sido rebobinado, habrá que depreciar dos puntos, o si se conoce la temperatura a la que se expuso el motor durante el proceso de rebobinado, deberá depreciarse conforme lo expresado a continuación:

Temperatura (°C)	Puntos de reducción de la eficiencia
633	0,0053
683	0,0117
733 (soplete)	0,0250
Químico	0,0040

	Conductores eléctricos El sistema electromotriz está compuesto por: Conductores, transformadores de control, protecciones, arrancadores, controladores y motores. El elemento crítico son los conductores que generan la resistencia. Las pérdidas en este elemento se calculan dependiendo del tipo y calibre de la resistencia, ver tablas del fabricante
Bombas[3]	Identificar: (i) Eficiencia actual del equipo, (ii) condiciones de operación y (iii) características de las instalaciones y pérdidas energéticas en el sistema de conducción. Pérdidas internas originadas por: • Carga: resultan de la viscosidad y turbulencia del fluido. • Fugas internas entre partes móviles y fijas. • Rozamiento interno. Pérdidas externas originadas por: • Rozamiento externo entre empaques, ejes y cojinetes. • Puntos entre el eje y la carcasa.

Cálculo de pérdidas	
	Ecuación 9. $\eta_b = Ps/Pm$ Donde η_b = Eficiencia global bomba Ps = Potencia manométrica a la salida (HP) Pmotor = Potencia externa que corresponde a la potencia mecánica absorbida (HP) **Ecuación 10.** $Ps = Q*\rho*g*H_t / 746$ Donde Ps = Potencia manométrica Q = flujo volumétrico (m^3/s) P = densidad del agua bombeada (kg/m^3) g = aceleración de la gravedad (m/s^2) H_t = carga total de bombeo (m.c.a) **Ecuación 11.** $H_t = (P_d - P_s)*10.3$ Donde H_t = carga total de bombeo (m.c.a) P_d = presión de descarga media (kg/cm^2) P_s = presión de succión media (kg/cm^2) En caso de los pozos profundos o sistemas de bombeo, donde no se puede medir la presión de succión se podrán considerar las Ecuaciones 12-15. **Ecuación 12.** $H_t = (P_d*10.3)+N_s+D_{r-m}+h_v+h_{fs}$ Donde H_t = carga total de bombeo (m.c.a) N_s = nivel de succión (m). D_{r-m} = nivel de referencia a centros del manómetro (m). h_v = carga de velocidad (mca). h_{fs} = pérdidas por fricción en la tubería de succión (mca). **Ecuación 13.** $h_v = v^2/(2g)$ Donde h_v = carga de velocidad (mca). v = velocidad del fluido (m/s). g = aceleración de la gravedad (m^2/s). **Ecuación 14.** $V = Q/A$ Donde v = velocidad del fluido (m/s). Q = caudal medido en campo (m^3/s). A = área de la sección transversal de la tubería (m^2). **Ecuación 15.** $A = \pi \Phi^2/4$ Dodne A = área de la sección transversal de la tubería (m^2). Φ = diámetro de la tubería (m).
Eficiencia electromecánica (η_{em})	Corresponde a la eficiencia del conjunto motor-bomba. Debido a la dificultada de medir la potencia mecánica por separado. η_{em}= Ph/Pe. **Ecuación 16.** Donde η_{em} = Eficiencia electromecánica Ph = es la potencia manométrica en kW Pe = la potencia eléctrica en kW. Así: $\eta_{em} \approx \eta_b + \eta_m$. **Ecuación 17.** Donde η_m equivale a la eficiencia del motor en %. La comparación de η_{em} con η_b y η_m debe ser cercana a los valores recomendados por la norma[4] para estos equipos. De ser valores distantes, debe considerarse un mantenimiento correctivo o sustitución de equipos.
De carga en tuberías de succión y descarga, y en la red de distribución	Deben evaluarse las características de las instalaciones y de la red, considerando: • Condiciones de succión. Verificar que se den las condiciones para garantizar la carga neta positiva de succión (NPSH). • Sistemas de conducción. Baja capacidad en sistemas de conducción se evidencian en:

Cálculo de pérdidas	
	1. Problemas de contrapresión opuesta al flujo desde una fuente o equipo de rebombeo. Sucede cuando se unen caudales de fuentes descargadas a diferentes presiones. 2. Reducción de la capacidad de producción de los trenes de bombeo, especialmente cuando se tienen trenes en paralelo, pues cuando se agregan trenes con objeto de entregar un mayor caudal no se revisa la capacidad de conducción. Escasa capacidad de los sistemas de conducción existentes. Se origina cuando las pérdidas por fricción son significativas. Para evaluar esto se debe considerar: ▪ Los datos de campo de medición e inspección, evaluar la velocidad del fluido en las tuberías primarias de conducción a la descarga de pozos y sistemas de rebombeo. ▪ En tuberías de conducción donde se tengan velocidades del fluido por encima de los 2 m/s, evaluar las pérdidas energéticas por este concepto. ▪ Las pérdidas por fricción en una tubería se calculan acorde con la siguiente ecuación: $hf = f * (L/D) * (v^2/2*g)$ **Ecuación 18.** Donde hf = pérdida de carga por fricción (m). f = coeficiente de fricción. L = longitud de la tubería (m). D = diámetro de la tubería (m). v = velocidad del fluido (m/s). g = aceleración de la gravedad (m/s²). El f se puede calcular por medio de la ecuación Colebrooke-White a partir del número de Reynols (función de la velocidad del fluido, diámetro de la tubería, viscosidad dinámica y densidad) y de la rugosidad relativa (propia del material). El factor de fricción o coeficiente de fricción, posteriormente se itera la fórmula de Coolebrook utilizando el diagrama de Moody, que integra el valor de f para todos los tipos de flujos. En este diagrama se entra con el valor de la rugosidad relativa y el valor del número de Reynolds, para cada una de las tuberías de succión y descarga. 3. Cálculo de las pérdidas secundarias en los accesorios. 4. Una vez calculadas las pérdidas totales por fricción, se procede a calcular la potencia eléctrica necesaria para compensar las pérdidas de carga por fricción, acorde con la siguiente ecuación: $P_e = {hfr * Q * 9.81}/{\eta_{em}}$ **Ecuación 19.** Donde Pe = potencia eléctrica necesaria para compensar pérdidas (kW). hfr = pérdidas de carga por fricción (m.c.a). Q = caudal manejado (l/s). η_{em} = eficiencia electromecánica del conjunto motor-bomba (-).
Otros aspectos a revisar	Aspectos que, aunque no se cuantifican directamente generan pérdidas, si se encuentran en mal estado: • Vibración de cojinetes. • Temperatura de conexiones eléctricas. • Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor.

Fuente: Adaptación BID, 2011 y CONUEE, 2011

Índices energéticos

3.1 Índice de consumo energético (IE)

Indicador que permite relacionar el consumo de energía con los volúmenes de agua, representa la relación entre la energía utilizada por un sistema de bombeo de agua potable para producir y distribuir el agua a la población y/o el tratamiento del agua servida, según sea el caso.

Se calcula acorde con la Ecuación 20.

$$IE\ \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}\right) = \frac{Energía\ total\ consumida\ por\ todos\ los\ equipos\ del\ sistema\ \left(\frac{\text{kWh}}{año}\right)}{Volumen\ total\ de\ agua\ generado\ o\ tratado\ \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right)}$$ **Ecuación 20.**

La energía total consumida puede determinarse a partir del historial de consumos energéticos registrados en la factura del servicio de energía, durante el periodo de tiempo dado, considerando que no más del 5% del valor facturado fue causado por los servicios administrativos, si el sistema posee datos específicos referentes a este consumo promedio pueden descontarse del valor de energía total.

3.2 Trabajo de bombeo (TB)

El trabajo de bombeo permite caracterizar energéticamente un sistema de bombeo, y se define como una función de la cantidad de agua bombeada (Q) y la carga dinámica (H), acorde con la Ecuación 21.

$$TB = Q*H$$ **Ecuación 21.**

3.3 Indicador de costo unitario de energía (CUE) ($/kWh)

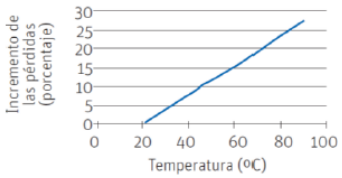
Representa el costo específico por unidad de energía consumida, el cual depende del tipo de tarifa eléctrica contratada, el factor de carga (que refleja las horas de operación reales sobre las horas naturales) y factores que inciden en la facturación energética, tales como la penalización o bonificación por el factor de potencia de la instalación.

Este indicador se calcula acorde con la Ecuación 22.

CUE = Importe de facturación eléctrica anual ($/año) / Energía total consumida (kWh/año) **Ecuación 22.**

Figura 5. Tipificación de las medidas para ahorro energético



Medidas de Ahorro Energético		
Parámetro	**Diagnóstico**	**Recomendación**
1. Reducción de Pérdidas en las Instalaciones Eléctricas		
Reducción de Puntos Calientes	Es usual ver que los cables que se transportan por la tubería conduit sean superiores a los parámetros establecidos por el RETIE, generando puntos calientes (fugas de energía) e incrementan los riesgos de cortos circuitos con consecuencias que pueden ser tanto menores como graves, como el daño de equipos críticos o la inoperancia temporal de la planta (dependiendo del daño).	Cumplimiento del RETIE.
Mantenimiento redes	Permanencia de cables, equipos e instrumentos inutilizados, inservibles o que corresponden a acometidas ilegales por vecinos externos a la planta. Estos generan consumos fantasmas de energía o consumos stand by[5].	Cumplimiento del RETIE. Limpieza de redes.
Mantenimiento luminarias y equipos electrógenos	A los equipos electrógenos instalados no se les hace mantenimiento, por lo cual, operan en condiciones poco óptimas, incumpliendo con el RETIE y RETILAP.	Cumplimiento del RETIE y RETILAP. Limpieza y mantenimiento.
Los transformadores. Si las temperaturas del transformador (Tt) están fuera del rango se ocasionan pérdidas	La Tt es alta debido a la temperatura ambiente.	Instalar sistema de ventilación forzada al transformador.
	La Tt es alta debido a falta de ventilación en el cuarto instalado.	Mejorar la ventilación del cuarto.
	La Tt es alta sin motivos externos al equipo.	Realizar mantenimiento, si el daño continúa evaluar si es necesario cambiar el transformador considerando recomendaciones de fabricante y el tiempo de operación.
	La Figura 6 contigua muestra la relación de las pérdidas en los transformadores en función de la temperatura. (Fuente: BID, 2011)  **Figura 6.** Pérdidas de transformadores vs. Temperatura	
Calibre de los conductores	Si se determina que el calibre de los conductores no es del calibre que requiere del equipo de bombeo.	Cambiar el equipo conductor acorde con los requerimientos para el sistema de bombeo.
Optimizar el factor de potencia (FP)	Si el FP es bajo debido a motores sobredimensionados o en malas condiciones.	Sustituir los motores problema, previa consideración del tiempo de operación, por unos de alta eficiencia que operen al 75% de carga o más.
	Si los motores funcionan bien o son nuevos, incrementar el FP.	Instalar un banco de capacitadores, con una capacidad tal para elevar el FP a niveles superiores al 90%.

2. Incrementar la Eficiencia de Motores		
Corregir los desbalances del voltaje (D_{BV}) en la alimentación eléctrica del motor	Desbalance de origen en la alimentación de la compañía eléctrica.	Solicitar a la compañía corrección del problema.
	Desbalance en la corriente demandada por el motor.	Realizar mantenimiento, si el daño continúa o si el desbalance es superior al 5% se debe evaluar si es necesario cambiar el motor considerando recomendaciones de fabricante y el tiempo de operación.
	Desbalance originado por el transformador de la subestación propia.	Realizar mantenimiento, si el daño continúa evaluar si es necesario cambiar el transformador considerando recomendaciones de fabricante y el tiempo de operación.

Medidas de Ahorro Energético		
Parámetro	**Diagnóstico**	**Recomendación**
	Desbalance originado por un desbalance en las cargas del transformador.	Balancear las cargas del transformador.
	Si el voltaje en los bornes del secundario del transformador esta balanceado PERO hay un desbalance en la alimentación del motor.	Revisar el polo a tierra del transformador, y el motor. Revisar las conexiones CCM, arrancador y motor.
	El desbalance de voltaje se calcula a partir de las mediciones de tensión entre fases (ver Anexo I), por medio de la siguiente ecuación: $D_{BV} = max((max(V_{A-B}, V_{B-C}, V_{C-A})-V_{prom}),(V_{prom}-min(V_{A-B}, V_{B-C}, V_{C-A})))$ **Ecuación 23.** Donde D_{BV} = desbalance de voltaje (-) V_{A-B} = tensión entre las fases A y B (V) V_{B-C} = tensión entre las fases B y C (V) V_{C-A} = tensión entre las fases C y A (V) V_{prom} = tensión promedio entre fases (V)	
Optimización de la eficiencia del motor eléctrico[6]	Voltaje de alimentación en el punto de acometida está por debajo del nominal.	Corregir con los TAPs o cambiadores del transformador. Si esto no funciona solicitar a la empresa de energía que corrija el problema.
	Voltaje de alimentación en el punto de acometida presenta variaciones superiores al 5%.	
	La velocidad de operación del motor está por debajo de la velocidad a plena carga.	Se deben lubricar o sustituir rodamientos y/o cojinetes.
	Alta temperatura y/o vibración en cojinetes y/o rodamientos.	
	El motor es de eficiencia estándar y tiene más de 10 años de operación y está presentando baja eficiencia.	Sustituir el motor por uno nuevo de alta eficiencia, que opere cerca del 75% de su capacidad.
3. Equipos de protección		
Subestaciones eléctricas	Ausencia de una subestación eléctrica.	Es importante que en este mismo marco las plantas cuenten con subestaciones eléctricas, que son un sistema de protección de la acometida eléctrica a la planta, no obstante, no es suficiente con contar con la misma si no se localizan en cuartos con suficiente ventilación o parcialmente expuestas a condiciones ambientales adversas.
Sistemas de tierra (polos a tierra)	Inexistencia de estos sistemas o instalación temporal (muchos de ellos instalados por proveedores de equipos) que no presentan la adecuada cobertura para toda la planta. En donde existen, varios sistemas a tierra, éstos no se interconectan, como lo obliga el RETIE.	Cumplimiento del RETIE. Instalación permanente de polos a tierra, acorde a las necesidades de la planta.

Medidas de Ahorro Energético		
Parámetro	**Diagnóstico**	**Recomendación**
4. Luminarias		
Sectorización	Es común encontrar que la iluminación de las plantas no se encuentra sectorizadas, por ende, se encuentran interruptores únicos para varias áreas.	Sectorización de la iluminación por áreas.
Redundancia	Es común encontrar duplicidad de reflectores y luminarias en un mismo punto. Esto debido a dos factores: (1) selección inadecuada de la potencia del bombillo a requerir, y (2) desinstalación de equipo inservible o de baja capacidad.	Limpieza (retiro de equipo inservible) y mantenimiento de luminarias y reflectores.
Selección inadecuada de luminaria	Es común observar selección inadecuada de luminarias, especialmente aquellas que están sobre un espejo de agua, pues la misma dificulta, especialmente en la noche la evaluación visual, como resultado tienden a instalarse varias opciones en el tiempo de diferente potencia con resultados similares.	Instalación de luminarias sumergibles en las zonas de filtros y tanques, que tienen un menor consumo energético y permiten ver realmente las condiciones del agua y el floc.

Fuente: Adaptado CONUEE, 2011 y BID, 2011 y hallazgos de auditorías eléctricas y operativas 2017.

Cuadro 4. Acciones que permiten mejorar la eficiencia de las bombas.

Tipo de bomba	Ubicación del punto de operación	Acción correctiva
Vertical multietapa	Por encima de la curva de la bomba.	Incrementar etapas hasta lograr hacer pasar la curva de la bomba por el punto de operación.
		Sustituir los impulsores por nuevos impulsores de mayor diámetro, siempre que sea posible.
	Por debajo de la curva de la bomba.	Eliminar etapas hasta lograr hacer pasar la curva de la bomba por el punto de operación.
		Recortar los impulsores al tamaño requerido para que la curva de la bomba pase por el punto de operación.
Horizontal	Por encima de la curva de la bomba.	Sustituir los impulsores por nuevos impulsores de mayor diámetro, siempre que sea posible.
	Por debajo de la curva de la bomba.	Recortar los impulsores al tamaño requerido para que la curva de la bomba pase por el punto de operación.

Fuente: BID, 2011

Cuadro 5. Diagnóstico y recomendaciones para incrementar el ahorro energético en sistemas de tratamiento de agua – Componente hidráulico

Parámetro	Diagnóstico	Recomendación
Corrección de defectos en la configuración de tuberías de descarga y en la operación	Aplica para los sistemas que durante el balance energético hayan mostrado problemas en la configuración de su tubería de descarga que esté ocasionando un bajo rendimiento energético de alguno o todos los equipos involucrados.	Modificación de los trenes de descarga o la configuración de las conducciones primarias
Reducción de pérdidas por cortante en conducciones Disminuye el impacto energético de las conducciones con altas velocidades, que en algunos casos pueden alcanzar el 30% de la potencia demandada.	La velocidad del agua dentro de la tubería es superior a 2 m/s.	1. Si la tubería ya tiene varios años en operación y se encuentra en mal estado, sustituirla por una de mayor diámetro, con la que se logren velocidades del agua entre 1 y 1,5 m/s. 2. Si la tubería se encuentra en buen estado, analizar las siguientes opciones: • Instalar una tubería en paralelo a la actual, de un diámetro tal que se reduzca la velocidad del agua a un valor entre 1 y 1,5 m/s. • Sustituir la tubería actual por una de mayor diámetro, con la que se logren velocidades del agua entre 1 y 1,5 m/s.
Reducción de fugas	Presencia de fugas en el sistema hidráulico de la red de captación, sistema o red de distribución.	Diseñar un programa de control de fugas permanente y continuo, debido a que las pérdidas en los sistemas de conducción de agua potable y aguas residuales ocasionan un gran consumo de energía en los sistemas de bombeo, para ello se debe: 1. Realizar balances de masa en cada uno de los tramos de la red y sistema. 2. Recopilar registros de operación en el sistema y quejas de usuarios de la red. 3. Diseñar procedimientos de recepción, análisis, canalización y seguimiento de los reportes de fugas. 4. Determinar las causas de las pérdidas e identificar los recursos (humanos, logísticos, técnicos) para solucionar el problema. 5. Realizar planes de mantenimiento correctivos y preventivos a la red, incluyendo una evaluación sistemática de las válvulas. Planes que deben incluir planeación de recursos para su ejecución (personal, logísticos, técnicos, planes de monitoreo, económicos, insumos, etc.)

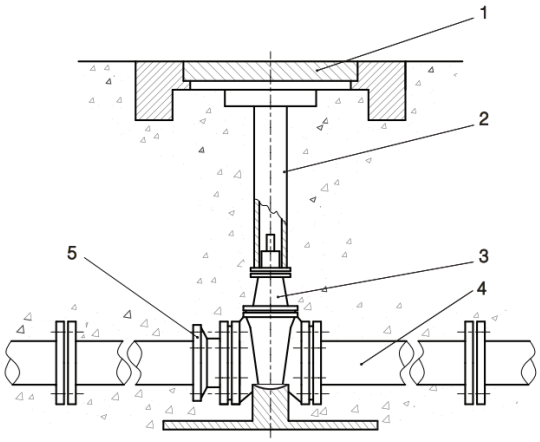
Fuente: Adaptado CONUEE, 2011 y BID, 2011.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°8	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Instituto Nacional de Normalización. (2015). Agua potable- Producción, conducción, almacenamiento y distribución – Requisitos de diseño. (NCh691. Of.2015). Santiago; Chile: Autor.
Palabras claves:	Caudal máximo diario Caudal máximo horario Conducción Cuartel Presión de servicio Red de distribución Agua no contabilizada (ANC)
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La normativa define y establece: "Las aguas no contabilizadas se obtienen como el cociente entre la diferencia entre el volumen de agua producido y el volumen de agua facturado, en un mismo período anual, con respecto al volumen de agua producido, expresado en porcentaje." (P.6) "La capacidad mínima de todas las obras del sistema de producción, desde las fuentes hasta el punto de entrega del agua potable producida al sistema de distribución, debe ser para satisfacer el caudal máximo diario." (p.9) La conducción de producción se debe diseñar para conducir el caudal máximo diario previsto más las pérdidas en la conducción y las necesidades propias del tratamiento, según corresponda." (P.9) Conducciones de distribución: "Las redes se deben diseñar para la condición de máximo caudal entre el consumo máximo horario y el consumo máximo diario más la demanda de agua para incendio, cumpliendo con las presiones indicadas en 8.5." (p.10) sistema de distribución: "la red de distribución se debe diseñar de acuerdo con las características topográficas de la zona a servir, la población a abastecer y la condición de máximo caudal, considerando el mayor valor entre el caudal máximo horario y el caudal máximo diario más la demanda de incendio, según se cumplan con las presiones indicadas en 8.5." (p.12) "la red de distribución debe estar subdividida en los sectores de presión que sean necesarios para cumplir las condiciones de presión establecidas en 8.5." (p.12)

	“en caso de que se requieran plantas elevadoras en la red de distribución, éstas deben cumplir con nch692.” (p.12) “los cuarteles deben disponer para su operación de válvulas que permitan aislarlos, limitando la suspensión del suministro a no más de 4 cuarteles” (p.12) “los cuarteles se deben proyectar de modo que la longitud total de las tuberías sea menor que 1000 m”. (p.12) “las tuberías de agua potable se deben instalar cumpliendo con lo establecido en nch1360 y nch2811” (p.12) “para el caudal máximo horario, la presión mínima de diseño a nivel de terreno sobre la tubería, excluyendo el arranque domiciliario, debe ser 0,147 mpa (1,5 bar = 1,5 kgf/cm2 = 15 mca).” (p.13) “para el caudal máximo diario más el caudal de incendio (este último calculado en las condiciones indicadas en 8.1.3), la presión mínima de diseño a la salida del grifo debe ser 0,049 mpa (0,5 bar = 0,5 kgf/cm2 = 5 mca)” (p.13) “la presión máxima de diseño, a nivel de terreno sobre la tubería, que corresponde a la presión estática, debe ser menor o igual que 0,686 mpa (7 bar = 7 kgf/cm2 = 70 mca)” (p.13) “la velocidad máxima en las tuberías y sus elementos complementarios debe ser 3 m/s. la Autoridad Competente puede aceptar valores mayores que 3 m/s justificados técnicamente.” (p.14) “Se debe hacer un análisis de golpe de ariete y cavitación para las condiciones de operación previstas en la red de distribución, y considerar los elementos necesarios para su control.” (p.14) “La Autoridad Competente puede autorizar la instalación de válvulas de corte tipo compuerta contacto elastomérico sin cámara. En este caso, la válvula debe estar provista de tubo o guía telescópica para su accionamiento, ver Anexo A. Esta cláusula no se aplica a las válvulas de grifos.” (p.14) “El diámetro interior de la válvula de corte debe ser siempre igual o menor al diámetro interior de la tubería en la cual se instala, con una relación aproximada de diámetros hasta 1,25, considerando lo indicado en 8.7.3 y 8.7.4.” (p.14) REDACCIONES PROPIAS

	La verificación del correcto diseño de la red de distribución, sectorización y elementos que lo componen, será primordial en el presente estudio. El primer paso será revisar puntos como distribución de cuarteles, válvulas de corta, diámetros mínimos y máximos principales y velocidades en los modelamientos hidráulicos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto al correcto diseño y, además, del cumplimiento normativo.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	$$ANC = \frac{(VAP - VAF)}{VAP} \times 100\% \quad (1)$$ en que: ANC = aguas no contabilizadas, expresada en porcentaje (%); VAP = volumen de agua producido anualmente, medido a la salida del sistema de producción, expresada en metros cúbicos (m^3); VAF = volumen de agua facturado anualmente, expresado en metros cúbicos (m^3); **8.2 Sectorización y acuartelamiento** **8.2.1** El área servida por una red de distribución debe estar dividida en sectores de distribución, los que se subdividen en cuarteles. **8.2.2** Los cuarteles deben disponer para su operación de válvulas que permitan aislarlos, limitando la suspensión del suministro a no más de 4 cuarteles. **8.2.3** Los cuarteles se deben proyectar de modo que la longitud total de las tuberías sea menor que 1 000 m. Se pueden proyectar cuarteles con una longitud hasta 2 000 m, sólo en áreas de tipo rural. **8.2.4** El diseño del acuartelamiento de la red también debe considerar su vaciamiento o lavado con sus respectivas válvulas, grifos y puntos de desagüe, de tal manera de asegurar en toda la red las condiciones de calidad de servicio de acuerdo a NCh409/1. **8.2.5** Se deben considerar mecanismos que permitan el lavado de la red en los puntos de aguas quietas o de acumulación de sedimentos.



1 Tapa
2 Tubo de acceso
3 Válvula
4 Tubería
5 Brida universal

Figura A.2 – Esquema de válvula enterrada

NOTA Este esquema es sólo referencial. Los prestadores deben preparar sus propios planos tipos para la instalación de válvulas enterradas.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°9	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Instituto Nacional de Normalización. (2000). Agua potable- Planta elevadoras- Especificaciones generales. (NCh692. Of.2000). Santiago; Chile: Autor.
Palabras claves:	Plantas elevadoras Sistema de control y comando Sistema eléctrico Vida programada
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La norma señala: "Las plantas elevadoras deben contar con un sistema de control manual y automático. La instrumentalización utilizada debe seleccionarse en función de las características particulares de cada planta (caudales, alturas de elevación, entre otros). En todos los casos debe asegurarse: eficiencia eléctrica, un uso parejo de las motobombas y la medición de las presiones, de los consumos eléctricos y de combustibles, y de las horas de funcionamiento de las motobombas. Todas las plantas elevadoras deben disponer de medidores de caudal." (p.4) "Todas aquellas plantas elevadoras que sean fuentes únicas de abastecimiento deben contar con equipo electrógeno. La exigencia de equipo electrógeno también regirá para todas aquellas plantas elevadoras, que debido a un corte de energía eléctrica generen una interrupción del suministro de agua potable por dos o más horas en cualquier sector del servicio." "Se debe disponer como mínimo de dos motobombas. En caso de instalarse sólo dos motobombas, cada una debe poder cubrir el total de los requerimientos del caudal máximo de diseño" "Si la instalación se diseña con más de dos motobombas, éstas deben proyectarse de modo tal que, si una de ellas falla, las otras puedan cubrir el caudal máximo de diseño, a través de todo el período de la vida programada de las motobombas." "La carga neta positiva de succión del sistema hidráulico no debe ser inferior a la carga neta positiva de la motobomba más un 10% en el punto de diseño." "El diseño debe considerar la instalación de dispositivos de alarma no acústica y protección para las motobombas. Ellas deben operar dentro del

	rango de su capacidad sin que sufran sobrecargas fuera del rango recomendado por los fabricantes” “Cada planta debe tener un Manual o Cartilla de operaciones, a la vista, donde se especifique en forma simple y esquemática los procedimientos de verificación general, puesta en servicio, detención y supervisión general de la operación de la planta elevadora.” REDACCIONES PROPIAS Tanto para sistemas de bombeo en presurizadora como motobombas deberá dar cumplimiento a lo establecido en la NCh692. Se deberá verificar los requisitos mínimos indicados.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto al correcto diseño y, además, del cumplimiento normativo.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	No aplica.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°10	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Instituto Nacional de Normalización. (2000). Agua potable - Fuentes de abastecimiento y obras de captación - Parte 2: Captación de aguas subterráneas. (NCh777/2. Of.2000). Santiago; Chile: Autor.
Palabras claves:	Pozo profundo (sondajes) Acuífero Acuífero confinado Capacidad máxima de captación Capacidad de explotación Métodos de perforación
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La normativa indica: "En caso de obras de captación de aguas subterráneas para agua potable, se aplica a proyectos de las empresas concesionarias de agua potable y a servicios de Agua Potable Rural." (p.1) "acuífero: aquel medio permeable susceptible de almacenar agua en su interior y ceder parte de ella" (p.2) "acuífero confinado o artesiano: aquel en que el agua alojada en su interior se encuentra a mayor presión que la atmosférica" (p.2) "antepozo: excavación vertical de gran diámetro, hecha manualmente y revestida estructuralmente, se utiliza en la iniciación de pozos perforados." (p.3) "arcilla: sedimentos microscópicos y submicroscópicos derivados de la descomposición química de los constituyentes de las rocas, muy impermeables y con una alta plasticidad dentro de los límites amplios del contenido de humedad" (p.3) "área de influencia: superficie piezométrica que rodea una captación de agua subterránea en la cual su nivel desciende por efecto de extracción de agua subterránea desde la captación." (p.3) "capacidad máxima de una obra de captación de agua subterránea: caudal máximo que puede ser extraído desde una obra de captación de agua subterránea, determinado por las pruebas de bombeo requeridas por la Autoridad Competente." (p.3)

	“capacidad de explotación de una obra de captación de agua subterránea: se denomina al caudal recomendable a captar, de acuerdo con el comportamiento de la obra de captación de agua subterránea en las pruebas de bombeo con diferentes caudales y consideraciones hidrogeológicas locales.” (p.3) “coeficiente de transmisibilidad: coeficiente que indica cuánta agua se moverá a través de la formación acuífera. Se define como la cantidad de agua que escurre durante un período de tiempo a través de una franja vertical del acuífero, de un ancho de un metro y de un espesor igual al espesor saturado del acuífero, bajo una gradiente hidráulica de 1 ó 100%. Corresponde al producto de la permeabilidad por el espesor saturado del acuífero” (p.4) “cono de depresión: depresión, de forma cónica invertida, producida en la superficie piezométrica, provocado por el bombeo de uno o varios pozos profundos, lo que define su área de influencia.” (p.4) “filtro de grava: material compuesto por arenas y gravas seleccionadas redondeadas, con una granulometría determinada de acuerdo con aquella de los acuíferos, que se coloca en el espacio anular del pozo perforado y destinado a formar un filtro que retiene los sedimentos de las formaciones acuíferas.” (p.5) “nivel dinámico: nivel del agua en el interior de una obra de captación de agua subterránea cuando se está extrayendo agua desde ella” (p.6) “nivel estabilizado: corresponde al nivel dinámico en el interior de una obra de captación de agua subterránea que se alcanza cuando su descenso medido, siguiendo una clara tendencia de línea recta en un gráfico semilogarítmica y sea inferior a 2 cm por hora, durante las últimas 3 h.” (p.6) “nivel estático: nivel del agua en el interior de una obra de captación de agua subterránea cuando está en reposo.” (p.6) “Las obras de captación de agua subterránea se deben diseñar para obtener la mayor productividad, asociada con el máximo caudal específico o característico de gasto, para reducir al mínimo los costos de operación y mantenimiento, para cuyo efecto se seleccionan materiales que garanticen su vida útil, dimensionando sus elementos estructurales a fin de obtener costos de construcción razonables.” (p.7) (…) La instrumentación utilizada, se debe seleccionar en función de las características particulares de cada captación. En todos los casos, como mínimo se deben instalar los elementos para asegurar la medición de los caudales instantáneos y totalizados, los niveles estáticos y dinámicos,

	consumos eléctricos y/o de combustibles y de las horas de funcionamiento de las bombas cuando corresponda.” (p.9) Pozos Profundos – Métodos de Perforación (p.10 - 11) Método de percusión: procedimiento utilizado para la perforación de un pozo que consiste básicamente en un movimiento alternativo de bajada y subida de una pesada masa que en su caída va moliendo la roca o los sedimentos detríticos gruesos, mezclándolos con materiales finos que luego son extraídos por medio de una cuchara.” Método de rotación con circulación directa: procedimiento utilizado para la perforación de un pozo que se realiza mediante el giro de una herramienta de corte, que es impulsada por una barra. El sedimento producido por acción del giro de la herramienta es extraído a la superficie por medio de un fluido (Iodo de perforación), que, impulsado por una bomba por el interior de la barra, retorna al exterior, arrastrando el material detrítico, por el espacio anular existente entre la barra y la pared del pozo. Método de rotación con circulación inversa: procedimiento utilizado para la perforación de un pozo que se realiza mediante el giro de una herramienta de corte, que es impulsada por una barra. El detrito producido por acción del giro de la herramienta es extraído a la superficie por medio de un fluido (agua). A diferencia del método de rotación directa, el agua desciende por el espacio anular existente entre la barra y la pared del pozo y retorna arrastrando los detritos con una mayor velocidad por el interior de la barra. El movimiento del agua de perforación se realiza con una bomba y/o con aire a presión. Método de rotación con aire reverso: procedimiento utilizado para la perforación de un pozo que se realiza mediante el giro de una herramienta de corte, que es impulsada por una barra. El detrito producido por acción del giro de la herramienta es extraído a la superficie por medio de un fluido (aire). Al igual que el método de rotación con circulación directa, el aire a presión desciende por el interior de la barra. La diferencia está en que, para producir este retorno, se introduce aire al interior de la barra, produciéndose una mezcla agua-aire al interior de la barra de menor densidad que la del lodo anular, lo que hace que éste empuja a aquella creando una velocidad de arrastre. Método de rotopercusión: sistema de perforación en el cual al elemento giratorio cortante al fondo del pozo se le agrega un movimiento de percusión accionado mediante aire comprimido. La estabilidad de las paredes se logra mediante una entubación simultánea con el avance de la perforación.

	“El diámetro final de entubación de un pozo se debe fijar en función del caudal que se pretende extraer y se debe justificar de acuerdo con los diámetros disponibles de los equipos de bombeo.” (p.13) Se deben utilizar tuberías nuevas sin uso. Las tuberías de acero deben ser de acero al carbono y deben cumplir los requisitos de fabricación de ASTM A 53, ASTM A 134 ó AWWA A 100. Cuando el sondaje esté ubicado en zonas con alta probabilidad de corrosión, la Autoridad Competente, puede requerir el uso de protecciones especiales, incluyendo las uniones soldadas.” (p.14) “La rejilla o criba son los elementos intercalados en la entubación definitiva que permiten el paso del agua desde el acuífero hacia al interior del pozo.” (p.15) “Las rejillas se deben ubicar frente a los medios permeables productores de agua. Ante la existencia de estratos de limo o arcillosos, las rejillas se deben alejar a lo menos 0,3 m y 0,6 m respectivamente.” (p.16) La longitud de la rejilla debe ser la mayor longitud posible, sin que sea tan larga que restrinja el nivel dinámico del pozo. La eficiencia respecto al largo de la rejilla no es igual en un acuífero libre que en uno confinado. Para un acuífero libre la longitud de la rejilla recomendada es entre 113 a 1/2 del espesor de la capa saturada. Para acuífero confinado es recomendable poner rejilla en el 70% al 80% del espesor de la capa saturada.” (p.16) La instalación de filtros de grava se justifica cuando sea necesario estabilizar acuíferos que están constituidos por arenas finas y uniformes o bien, en acuíferos formados por capas de poco espesor alternando sedimentos finos, medios y gruesos.” (p.17) “Una vez terminada la construcción del pozo se debe efectuar pruebas de bombeo para estimar la capacidad de producción y las condiciones de explotación del pozo. Las pruebas deben consistir en una de caudal variable y otra de caudal constante.” (p.21) Línea de aire: “Se denomina así a una tubería rígida de al menos 19 mm de diámetro interior que debe ser colocada desde la superficie, hasta una profundidad que permita medir el nivel dinámico sin perturbaciones. Debe ser de fácil acceso para introducir la sonda de medición y estar provista de una tapa.” (p.24) REDACCIONES PROPIAS La normativa permite orientar respecto a los requerimientos mínimos en cuento a diseño, construcción y habilitación de sondajes, además de las

<table>
<tr><td></td><td>características propias o normativas que deben cumplir los equipos de bombeo, mediciones de caudal.

Para revisar el estado de cada fuente subterránea será el principal documento guía.</td></tr>
<tr><td>Aporte específico que se cree obtener sirve para:
Orientar
Avalar
Complementar
Definir
Contrapropuesta
Otros aportes</td><td>ORIENTAR: Para chequear el correcto diseño, desarrollo y operación de las fuentes subterráneas.</td></tr>
<tr><td>Materiales más significantes:
Tablas
Gráficos
Ejemplos
Fotografías
Mapas
Otros</td><td>Tabla 1 - Escala granulométrica
<table><tr><th>Nombre</th><th>Tamaño en milímetros</th></tr><tr><td>Grava gruesa</td><td>8,0 a 16</td></tr><tr><td>Grava media</td><td>4,0 a 8,0</td></tr><tr><td>Grava fina</td><td>2,0 a 4,0</td></tr><tr><td>Arena muy gruesa</td><td>1,0 a 2,0</td></tr><tr><td>Arena gruesa</td><td>0,5 a 1,0</td></tr><tr><td>Arena media</td><td>0,25 a 0,5</td></tr><tr><td>Arena fina</td><td>0,125 a 0,25</td></tr><tr><td>Arena muy fina</td><td>0,076 a 0,125</td></tr><tr><td>Limo y arcilla</td><td>menor que 0,076</td></tr></table></td></tr>
</table>

Tabla 2 - Diámetro de las tuberías de entubación en función de la dimensión máxima horizontal del conjunto de bomba

Dimensión máxima horizontal del conjunto de bomba, mm (pulgadas)	Diámetro interior mínimo, mm (pulgadas)
101,6 (4)	127,0 (5)
127,0 (5)	152,4 (6)
152,4 (6)	203,2 (8)
203,2 (8)	254,0 (10)
254,0 (10)	304,8 (12)
304,8 (12)	355,6 (14)
355,6 (14)	406,4 (16)
406,4 (16)	457,2 (18)

Tabla 3 - Espesores mínimos de tubos de acero para pozos - Pared única

Profundidad del pozo pies (m)	Diámetro nominal - pulgada (mm)									
	8 (203)	10 (254)	12 (305)	14 (356)	16 (406)	18 (457)	20 (508)	22 (559)	24 (610)	30 (762)
0-100 (0-300)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)
100-200 (30-60)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)
200-300 (60-90)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	3/8 (9,52)
300-400 (90-120)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)
400-600 (120-180)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	7/16 (11,11)
600-800 (180-240)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	7/16 (11,11)
800-1 000 (240-300)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	3/8 (9,52)	7/16 (11,11)	7/16 (11,11)	½ (12,70)
1 000-1 500 (300-450)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	7/16 (11,11)	*) -	*) -
1 500-2 000 (450-600)	¼ (6,35)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	5/16 (7,94)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	7/16 (11,11)	7/16 (11,11)	*) -	*) -

*) Según especificaciones del comprador.

6.1.6.3 Dimensión de aberturas (*slot*)

Se deben distinguir dos situaciones en sistemas acuíferos de formaciones geológicas no consolidadas: pozo con desarrollo natural y pozo con filtro de grava.

a) En pozos con desarrollo natural, los criterios a usar son los siguientes:

   i) Si el coeficiente de uniformidad del análisis granulométrico del material acuífero es mayor de seis, la abertura debe ser tal que retenga entre un 30% y 40% de la muestra analizada.

   ii) Si el coeficiente de uniformidad es menor que seis, la abertura debe ser tal que retenga entre un 40% y un 50% de la muestra analizada.

   iii) Si existen dudas sobre la representatividad de la muestra de terreno, los porcentajes anteriores deben aumentarse en un 10%.

   iv) Si las aguas son corrosivas, la rejilla de acero al carbono, debe retener un 60% de la muestra.

b) En pozos con filtro de grava el criterio a usar es el siguiente:

   i) Son recomendadas aberturas que retengan al menos el 90% del filtro de grava.

6.1.10.1 Prueba de caudal variable

Esta prueba debe permitir estimar la capacidad del pozo y obtener la información necesaria para diseñar la bomba que se debe instalar para su explotación.

a) El pozo se debe bombear con tres o más caudales diferentes y progresivamente crecientes, hasta llegar a la capacidad solicitada por el mandante o la capacidad proyectada de la obra de captación.

b) La duración total de la prueba de caudal variable será de 24 h como mínimo. La duración del bombeo para cada caudal se debe prolongar como mínimo por 2 h o por el tiempo necesario hasta que en cuatro mediciones consecutivas del nivel deprimido, tomadas a intervalos de 15 min, se obtenga una variación total, igual o inferior a 2 cm.

c) Se debe medir la recuperación del nivel del pozo hasta su nivel inicial o durante un tiempo igual al de bombeo antes de iniciar la prueba de caudal constante.

6.1.10.2 Prueba de caudal constante

Una vez realizada la prueba de caudal variable se debe realizar una prueba de caudal constante. Se debe entender que el caudal es constante cuando presenta fluctuaciones no mayores de ± 5%. Esta prueba permite conocer la capacidad de explotación del pozo.

a) El pozo debe ser bombeado manteniendo un caudal constante, controlando los niveles de agua en función del tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba.

b) La duración de la prueba no debe ser inferior a 24 h, hasta obtener su nivel estabilizado.

c) Se debe medir la recuperación en el pozo bombeado y en los de observación que se utilicen en la prueba durante un tiempo mínimo similar al de bombeo.

b) Los tiempos de registro de los niveles dinámicos deben tener una frecuencia tal que permitan la adecuada definición de los gráficos semilogarítmicos. Se puede utilizar Tabla 4 siguiente:

Tabla 4 - Tiempos de registro

Tiempo, min	Frecuencia, min
Primeros 5	Cada 1
Entre 5 y 15	Cada 2
Entre 15 y 30	Cada 5
Entre 30 y 60	Cada 10
Entre 60 y 120	Cada 15
Entre 120 y 240	Cada 30
Sobre 240	Cada 60

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°11	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Instituto Nacional de Normalización. (2005). Agua potable – Parte 1 - Requisitos (NCh409/1.Of.2005). Santiago; Chile: Autor.
Palabras claves:	Requisitos de calidad de debe cumplir el agua potable Parámetro crítico Servicio de agua potable
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La norma señala: "agua potable: agua que cumple con los requisitos microbiológicos, de turbiedad, químicos, radiactivos, organolépticos y de desinfección descritos en NCh409/1, que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano" (p.2) "parámetros críticos: aquellos parámetros, característicos de la fuente o del servicio, tóxicos u organolépticos (Tipo II o Tipo IV), que en ausencia o falla del proceso de tratamiento superan el límite máximo especificado en NCh409/." (p.3) "servicio de agua potable; servicio: aquel conformado por una red de distribución de agua potable independiente, operando en condiciones normales, constituido por una o más fuentes, sus obras de conducción, tratamiento, regulación y distribución." (p.3) "El agua potable distribuida por redes debe ser sometida a un proceso de desinfección, debiendo existir una concentración residual de desinfectante activo en la red en forma permanente." (p.7) "La concentración residual máxima de cloro libre debe ser 2,0 mg/L en condiciones normales de operación en cualquier punto de la red. La Autoridad Competente puede exigir concentraciones superiores, en condiciones especiales para un servicio en particular." (p.7) "La concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0,2 mg/L en cualquier punto de la red." (p.7) REDACCIONES PROPIAS Considerar la calidad de las fuentes subterráneas y verificar el cumplimiento normativo.

	En el SHAC de Colina Inferior la presencia de arsénico fuera de los límites permitidos es un factor que monitorear, parámetro crítico.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto cumplimiento normativo de calidad del agua potable.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	**4 Criterios para parámetros microbiológicos y turbiedad (Tipo I)** **4.1 Microorganismos indicadores de contaminación microbiológica** Los microorganismos del grupo coliforme son un buen indicador microbiano de la calidad del agua. El agua potable debe cumplir simultáneamente con las condiciones siguientes: **4.1.1** De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, se acepta la presencia de coliformes totales en: a) una muestra, cuando se hayan analizado menos de 10 muestras en el mes; b) el 10% de las muestras, cuando se hayan analizado 10 o más muestras en el mes. **4.1.2** De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, se acepta la presencia de coliformes totales en una concentración mayor o igual a 5 UFC o NMP por 100 ml en: a) una muestra, cuando se hayan analizado menos de 20 muestras en el mes; b) el 5% de las muestras, cuando se hayan analizado 20 o más muestras en el mes. **4.1.3** En cada uno de los sectores de un servicio de agua potable, se acepta la presencia de coliformes totales en: a) una muestra, cuando se hayan analizado menos de cuatro muestras en el sector; b) el 25% de las muestras del sector, cuando se hayan analizado cuatro o más muestras en el mes en dicho sector.

Tabla 2 - Elementos o sustancias no esenciales

Elemento o sustancia	Expresado como elementos o sustancias totales	Límite máximo mg/L
Arsénico	As	0,01 [1)]
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN^-	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Nitrato	NO_3^-	50
Nitrito	NO_2^-	3
Razón nitrato + nitrito	[2)]	1
Plomo	Pb	0,05

1) Con el informe previo de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la Autoridad Competente de salud podrá establecer el plazo en que se deberá alcanzar el límite máximo señalado para el arsénico por aquellos servicios de agua que al momento de entrar en vigencia esta norma lo sobrepasan. Este plazo no podrá superar los 10 años y se fijará considerando la infraestructura que se requiera implementar para ello, conforme al plan de contingencia que presente la respectiva empresa. En todo caso, y sujeto también a informe previo de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el tiempo que se conceda para alcanzar el límite de 0,03 mg/L no podrá superar los cinco años.

2) Suma de las razones entre la concentración medida de cada uno y su respectivo límite máximo.

9 Tolerancia para parámetros críticos

9.1 De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, los parámetros críticos (ver 3.7) pueden exceder los valores establecidos en Tabla 1, elementos esenciales, Tabla 2, elementos o sustancias no esenciales, y Tabla 7, parámetros organolépticos, en:

a) una muestra, cuando se hayan analizado menos de 10 muestras;

b) el 10% de las muestras, cuando se hayan analizado 10 o más muestras.

9.2 El promedio aritmético de todas las muestras analizadas en el mes, no deberá exceder los límites establecidos en la tabla correspondiente.

9.3 Para el caso de los elementos o sustancias: cobre, fluoruro, nitrato y nitrito, ninguna muestra puntual podrá exceder dos veces el límite establecido en la presente norma.

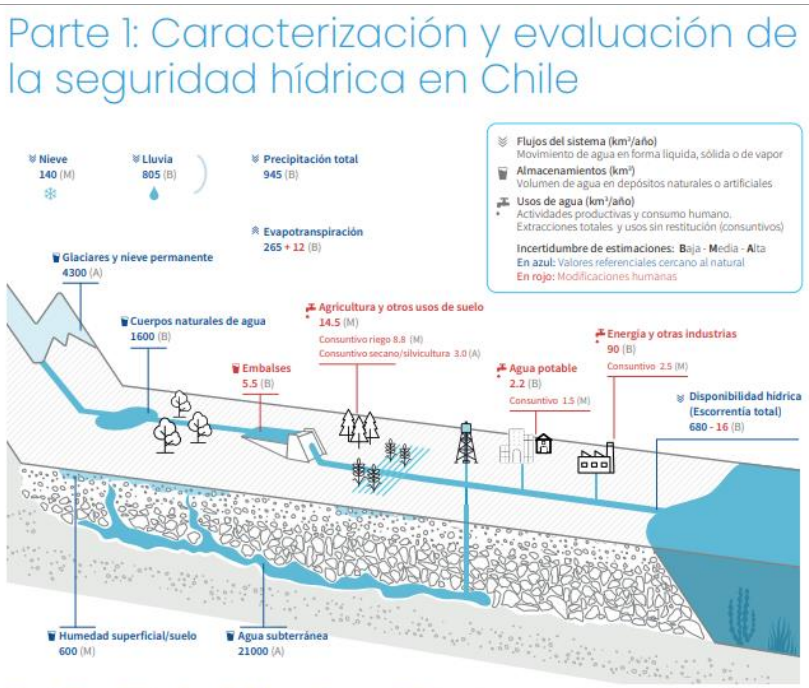
Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°12	TIPO DE LECTURA: FUNDAMENTAL
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Alvarez-Garreton, C., Boisier, J.P., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillet, A., Aldunce, P., Urrutia-Jalabert, R., Zambrano-Bigiarini, M., Guevara, G., Galleguillos, M., Muñoz, A., Christie, D., Marinao, R., & Garreaud, R. (2023). Seguridad Hídrica en Chile: Caracterización y Perspectivas de Futuro. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2. Recuperado de https://www.cr2.cl/seguridadhidrica/
Palabras claves:	Seguridad Hídrica (SH) Mega sequia Disponibilidad Hídrica Balance Hídrico Cuenca del Río Maipo Usos de agua Escasez Hídrica Indicador de Estrés Hídrico (IEH) Uso no sostenible de los recursos Gobernanza del agua Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (PERHC)
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El informe menciona: "La seguridad hídrica (SH) se define en la Ley Marco de Cambio Climático como la "posibilidad de acceso al agua en cantidad y calidad adecuadas, considerando las particularidades naturales de cada cuenca, para su sustento y aprovechamiento en el tiempo para consumo humano, la salud, subsistencia, desarrollo socioeconómico, conservación y preservación de los ecosistemas, promoviendo la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías y crecidas y la prevención de la contaminación." (p.5) "El balance entre los flujos de agua y las variaciones en los almacenamientos se modifica por las actividades humanas. En Chile, estas perturbaciones son pequeñas a escala nacional, pero muy relevantes a nivel de cuencas, como se discute en varios capítulos de este informe. Las perturbaciones antrópicas están principalmente vinculadas a la modificación agrícola y forestal de la superficie, cuyo efecto en el balance hídrico se manifiesta como cambios en la evapotranspiración." (P.7) "La disponibilidad hídrica natural depende de las condiciones climáticas y geográficas de una región. En superficie, esta variable se puede considerar como la diferencia entre la precipitación total y la evapotranspiración natural." (p.9)

	"(…) Las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes reúnen en conjunto más del 75 % del volumen total de agua disponible, mientras que las regiones de Valparaíso al norte suman menos de un 1 % del total, dando cuenta de desafíos muy diferentes en términos de SH." (p.10) "Como respuesta a las forzantes antrópicas de clima(g), en particular a los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero(g) (GEI) y ozono estratosférico(g), los modelos simulan de forma sistemática una disminución en la precipitación sobre el Pacífico Sur (IPCC, 2021), afectando precisamente las regiones del país donde se observan tendencias hacia un clima más seco." (p.11) "La proyección de cambio para un periodo futuro particular es muy variable (Figura 1.4) y depende de tres fuentes de incertidumbre: (1) la superposición de la señal de cambio climático con fases de variabilidad natural que pueden perdurar décadas, (2) la intensidad de la señal regional de cambio climático, con diferencias entre distintos modelos climáticos y (3) el escenario socioeconómico global que se considere." (p.12) "Tomando en cuenta estos factores, en un caso optimista, se puede esperar una disminución de precipitación menor al 10 % en la zona central de Chile hacia fines del siglo XXI. (…). En un caso pesimista, el déficit puede superar un 30 %, es decir, una condición similar a la megasequía, pero en régimen permanente. Este régimen representa una condición promedio y se anticipa la ocurrencia de años aún más secos debido a la variabilidad natural del clima en la zona." (p.12) "Desde una perspectiva de infraestructura, es importante señalar que hay otras formas de incrementar la disponibilidad hídrica, como la transferencia de agua entre cuencas y la desalación del agua de mar." "Las extracciones de agua, tanto para consumo humano como usos productivos, afectan los balances hídricos de varios modos, pero en gran medida depende de si el agua utilizada se devuelve a la cuenca intervenida. Así, se reconocen usos de agua con restitución (no consuntivos), como el de una central hidroeléctrica, o sin restitución (consuntivo), como el agua evaporada en algún proceso industrial." (p.15) "Los usos de agua consuntivos se atribuyen principalmente al sector que comprende el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS). Con un flujo cercano a 12 km3 /año (400 m3 /s), este sector representa el 75 % del conjunto de usos consuntivos y del sector agua potable. En particular, la agricultura de riego conlleva un alto consumo de agua (9 km3 /año, equivalente a 290 m3 /s) debido a altas tasas de evapotranspiración de los cultivos, en muchos casos situados en zonas con limitación de agua y alta evaporación potencial. Actividades UTCUTS en ausencia de riego representan, también, una parte importante del uso

	de agua consuntivo (cerca del 20 %). Este uso se asocia principalmente a plantaciones forestales y, en menor medida, a la agricultura de secano y a la evaporación en cuerpos de agua artificiales.” (p.16) “Los sistemas de agua potable, desde la extracción al tratamiento y restitución de aguas residuales, constituyen un sector de uso de agua parcialmente consuntivo que suma cerca de 55 m3 /s en Chile. Este uso se asocia principalmente al suministro en zonas urbanas, de los cuales 30 m3 /s (equivalente a 145 litros por persona al día) corresponden al consumo domiciliario. Es decir, en promedio, el abastecimiento de agua potable para consumo humano en Chile está sobre el estándar mínimo de 100 litros/persona/día, aunque existen diferencias importantes dentro del territorio, incluidas zonas con graves problemas de abastecimiento” (p.16) “Se considera que una cuenca tiene una condición de alto estrés hídrico cuando la razón entre el uso y la disponibilidad superficial, conocido como Indicador de Estrés Hídrico (IEH), sobrepasa un 40 % en el mediano plazo (5 a 10 años) (ONU, 1997; Vörösmarty et al., 2000; Oki y Kanae, 2006). Un valor elevado del IEH aumenta el riesgo de experimentar problemas de escasez hídrica.” (p.21) “El aumento del IEH se asocia principalmente al crecimiento en la demanda hídrica y, en menor medida, al descenso en la disponibilidad hídrica entre ambos periodos.” (p.22) “Cuando el agua fresca superficial es la principal fuente de abastecimiento, la intersección entre las curvas de usos y disponibilidad (es decir, IEH mayor a 100 %) indicaría una situación de día cero, momento en que ya no se pueden satisfacer las demandas de agua.” (p.25) “En consonancia con el alto grado de estrés hídrico y su incremento a lo largo de las últimas décadas, los pozos muestran una disminución sostenida del nivel freático en la cuenca del Maipo (Figura 4.1). Esto indica que las extracciones de agua del acuífero son mayores a su recarga, es decir, una condición de uso de agua no sostenible a largo plazo.” (p.25) “El descenso de los niveles freáticos generado por el uso no sostenible del recurso genera, en efecto, impactos en la SH mucho antes de alcanzar un día cero. (…), Este descenso también puede generar la desconexión de las fuentes de agua superficiales y subterráneas, afectando ecológicamente ríos, humedales y cuerpos de agua” (p.26) “Alcanzar la SH supone tomar acciones que promuevan un equilibrio sostenible y resiliente entre disponibilidad y consumo de agua, además de un acceso suficiente y equitativo para todos los usuarios, incluyendo la conservación de los ecosistemas.” (p.33)

	“La totalidad de las acciones, públicas y privadas, implicadas en estos distintos planos y la forma en que se coordinan, articulan y orientan entre sí componen lo que se conoce como gobernanza del agua”. (p.33) “La evidencia nacional e internacional muestra que no existe un único modelo de gobernanza adecuado para toda situación y que es necesario contar con arreglos que se ajusten a los contextos territoriales específicos.” (p.35) “Los PERHC quedan establecidos como un instrumento de gestión intersectorial que estará a cargo del Ministerio de Obras Públicas, en conjunto con los ministerios del Medio Ambiente, de Agricultura, de Ciencia, de Relaciones Exteriores, y organismos territoriales, como los Comités Regionales de Cambio Climático.” (p.55) “La implementación de los PERHC considera tres etapas principales: una caracterización de la cuenca, una priorización de acciones y un plan de gestión. Con esto, se busca avanzar hacia una gestión hídrica más integral y sostenible, generando un instrumento con fuerza de ley que sitúa a las cuencas hidrográficas como unidad base de administración. Esto permite evaluar los balances entre la disponibilidad y usos de agua, y diseñar estrategias que permitan compatibilizar los usos con metas de SH.” (p.55) “En base a los objetivos y fase de desarrollo actuales en los que se encuentran los PERHC, se concluye que la gestión que plantean tiene el potencial para acercar el actual modelo de gestión del agua hacia un uso sustentable, que mantenga el equilibrio socioecológico y que permita alcanzar metas de SH.” (p.55) REDACCIONES PROPIAS El documento entrega un panorama respecto a la seguridad hídrica en Chile. Respecto a los diferentes factores y casos, entrega porcentajes de déficit de agua. Adicionalmente, indica que Chile respecto al consumo promedio de agua por día por persona (145 l/Hab/día) supera el estándar mínimo de 100 l/Hab/día. Hace referencia al “día cero”, donde no se puedan satisfacer las demandas de agua; e indica, que esta condición está cercana de ocurrir en la capital del país. Entrega un visón resumido de los PERHC, cuyo objeto es acercar el actual modelo de gestión de agua hacia un uso sustentable.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: RESPECTO A LA SEGURIDAD HÍDRICA Y LAS ACCIONES Y MEDIDAS QUE SE ESTÁN LLEVANDO A CABO EN CUANTO A LA GOBERNANZA DEL AGUA.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 **Figura I: Balance hídrico, disponibilidad y usos de agua en Chile**. Los valores corresponden a sumas sobre el territorio continental de Chile, promediadas en el periodo 2000-2020. *Fuentes de información: CR2, Boisier (2023), DGA (2017, 2022), Gleeson et al. (2016), Millan et al. (2019), Muñoz-Sabater et al. (2021).*

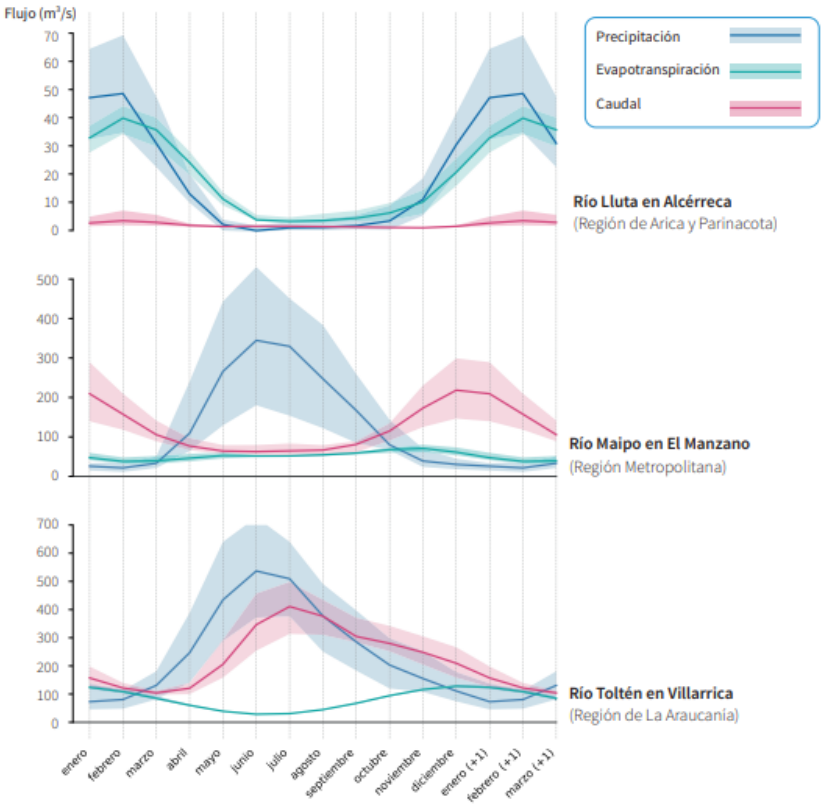


Figura 1.2: Régimen hidrológico de tres cuencas de Chile. Curvas y sombras indican las medianas y los percentiles 25 y 75 % de precipitación, evapotranspiración y caudal mensual en el periodo 1980-2020 .

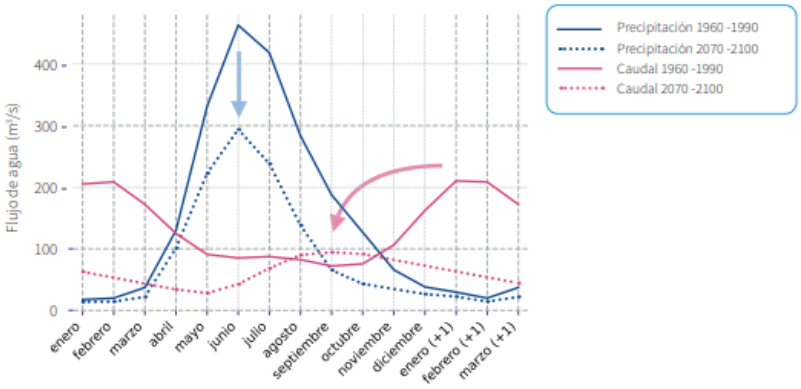


Figura 1.5: Caso extremo de cambios hidrológicos proyectados en la cuenca del río Maipo Alto definida por la estación fluviométrica Maipo en El Manzano. Escenario basado en las proyecciones del modelo climático CanESM5 y el escenario SSP3-RCP7.0, con una fuerte disminución de precipitación (cercano a 40 %) y caudal (cercano a 55 %), además de un claro desplazamiento de la temporada de máximo caudal hacia primavera e invierno (simulación hidrológica obtenida con el modelo mHM, ver nota metodológica 1.3).

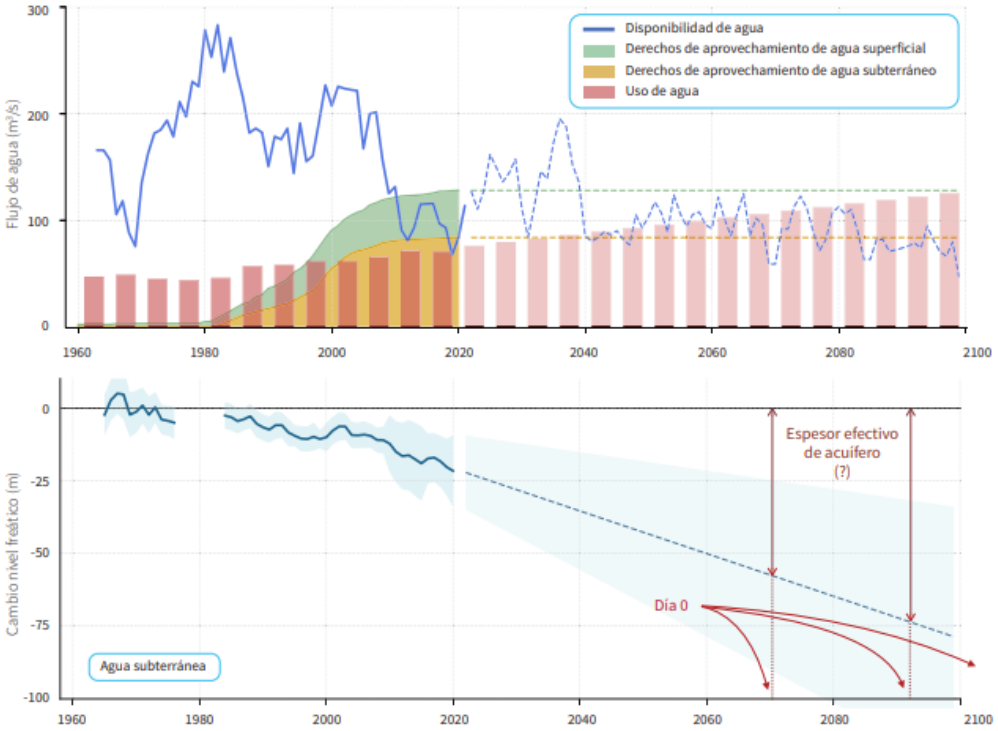


Figura 4.1: Disponibilidad, usos, derechos de aprovechamiento de agua (DAA) y niveles freáticos en la cuenca del Maipo. El panel superior muestra la disponibilidad, usos y DAA en la cuenca del Maipo (código BNA 057) para el período 1960-2020 y su proyección hacia fines de siglo. El panel inferior muestra la mediana (línea azul) y desviación estándar (área sombreada) de las anomalías de los niveles freáticos de 89 pozos de observación dentro de la cuenca. Las proyecciones de uso de agua y descenso de niveles freáticos hacia fines de siglo son tendenciales. Las proyecciones de disponibilidad se basan en las simulaciones con el modelo climático CanESM5, siguiendo el escenario socioeconómico SSP3-RCP7.0 (ver nota metodológica 4.1).

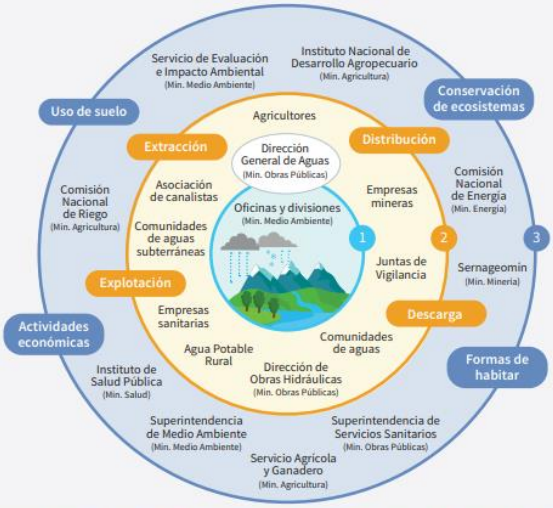


Figura II: Esquematización de las distintos ámbitos de gestión que componen la gobernanza del agua y de algunos actores relevantes que participan en ella.

Conclusiones

Este informe proporciona una síntesis de base científica que permite caracterizar y abordar desafíos en materia de seguridad hídrica en Chile. De esta evaluación se desprenden las siguientes conclusiones:

- La mayoría de las cuencas entre las regiones de Coquimbo y del Maule han experimentado niveles altos a extremos de estrés hídrico durante la década de 2010-2020. Esta situación está directamente vinculada a la megasequía y a la menor disponibilidad hídrica particular de este período, pero se agrava sustantivamente debido a niveles elevados de uso de agua en estas regiones.
- En una perspectiva histórica de más largo plazo, las tendencias de las últimas seis décadas indican un incremento importante en los niveles de estrés hídrico en la zona central de Chile. Este incremento se asocia, en primer lugar, al aumento en el consumo de agua y, en menor medida, a la disminución en la disponibilidad hídrica superficial. Durante este periodo, los usos de agua consuntivos se han duplicado, impulsados principalmente por el desarrollo de las industrias agrícola y forestal.
- La agricultura de secano (sin riego) y las plantaciones forestales utilizan el agua contenida en el suelo proveniente directamente de la precipitación, por lo que no requieren contar con derechos de aprovechamiento de aguas para su operación. Esto representa un problema para la gestión de los recursos hídricos, ya que dificulta el catastro y cuantificación de los usos efectivos de dos de los principales sectores consumidores de agua en el país.
- La megasequía, causada en parte por variabilidad climática natural, se superpone a –y acentúa– una tendencia observada durante varias décadas hacia un clima más seco en Chile central, que asociamos a una señal de cambio climático.
- En un escenario adverso de cambio climático, hacia fines del siglo XXI se proyectan condiciones similares a aquellas de la megasequía, pero de forma permanente, con disminuciones de precipitación cercanas a un 30 % y una menor capacidad de almacenamiento de nieve en los Andes. Este escenario supone una importante disminución en la disponibilidad hídrica superficial, particularmente durante el verano, cuando hay una mayor demanda de agua, lo que representa un riesgo para la industria agrícola y la seguridad alimentaria.
- En un escenario adverso de menor disponibilidad hídrica y de mayor uso del agua, es probable que la mayoría de las cuencas de la zona centro y norte del país experimenten de forma permanente niveles altos y extremos de estrés hídrico a mediados de este siglo.
- Las tasas actuales de uso de aguas subterráneas en Chile central son mayores a la capacidad de recarga de los acuíferos, causando un descenso sostenido de estas reservas Esto profundiza los impactos socioeconómicos y ambientales, y encamina hacia un agotamiento absoluto de los recursos hídricos (***día cero***). El momento en que se alcanzará el *día cero* es incierto, pero, considerando que el plazo se encuentra en el rango de décadas a unos pocos siglos, supone un problema intergeneracional en Chile.
- Casi la mitad de la población rural se abastece de agua a través de gestión comunitaria o individual a nivel de hogares. Su vulnerabilidad frente a la escasez hídrica varía según el apoyo estatal hacia los distintos modos de abastecimiento existentes.
- El camión aljibe es una respuesta de emergencia para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales que no representa una solución para garantizar la seguridad hídrica.

Conclusiones

A partir de la identificación de desafíos y oportunidades de gobernanza para impulsar políticas públicas y acciones que permitan avanzar hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos, se concluye lo siguiente:

- Existen disposiciones del Código de Aguas que se contraponen con metas de seguridad hídrica, en particular:
  - El resguardo del caudal ecológico no cumple con requisitos ambientales mínimos. En efecto, si se otorgaran y ejercieran todos los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) superficiales permitidos por ley, todas las cuencas de Chile tendrían indicadores de estrés hídrico superiores al 80 %, lo que se asocia con un nivel extremo de estrés hídrico.
  - La asignación de DAA subterráneos no considera el resguardo de caudales ecológicos y se asignan sin considerar los DAA superficiales preexistentes en la cuenca.
  - Los DAA superficiales y subterráneos se asignan como valores de flujos absolutos fijos en el tiempo, sin considerar cambios a largo plazo en la disponibilidad de agua impulsados por el clima.
  - La declaración de zonas de escasez hídrica exime el resguardo de los caudales ecológicos y propicia la mantención de los usos de agua que existían en épocas de mayor disponibilidad, por lo que su aplicación sucesiva promueve condiciones estructurales de sobreúso y degradación de los ecosistemas.
- La eficacia de la Ley de Servicios Sanitarios Rurales depende de las acciones de apoyo y fortalecimiento de las organizaciones rurales que gestionan el agua y de su nivel de preparación, así como de la posibilidad de evaluar la extensión de sus beneficios a usuarios que no pueden acceder a modos de acceso colectivos.
- Las comunidades rurales han desarrollado acciones de transformación para asegurar el consumo humano y de subsistencia, las que pueden servir de guía para fortalecer la resiliencia en zonas rurales.
- Los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (PERHC) representan una oportunidad para alcanzar seguridad hídrica y la evidencia presentada en este informe puede servir de insumo para lograrlo.

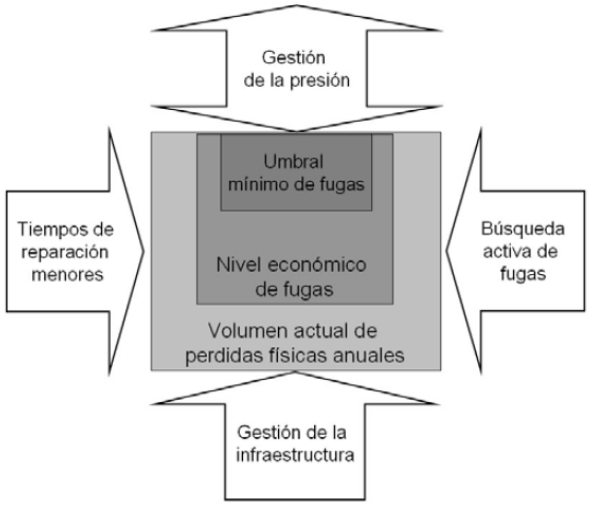
Finalmente, destacamos que los productos generados en el marco de esta investigación son de libre acceso y se encuentran disponibles en la plataforma de seguridad hídrica del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia https://seguridadhidrica.cr2.cl

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°13	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Garzón, F. (2006). Influencia De La Presión En Las Pérdidas De Agua En Sistemas De Distribución. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Recuperado de https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/1/13/27/809.pdf
Palabras claves:	Gestión de presiones Fugas Pérdidas de agua Sistemas de distribución de agua
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES En el artículo se indica: "La gestión de presiones es la actividad más importante en el control de pérdidas de agua en redes de distribución". (p.2) "La falta de esta información ha llevado a que muchas empresas de acueducto ignoren la influencia de las presiones de operación cuando analizan sus informes de pérdidas reales de agua, fijan niveles admisibles de estas, evalúan el desempeño de la empresa en su control, y lo que puede ser peor, formulan estrategias de control de pérdidas." (p.2) RELACIÓN DE LA PRESIÓN Y EL CAUDAL DE FUGAS "La teoría FAVAD (Fixed And Variable Area Discharge paths) de May sobre "los trayectos de descarga de área fija y variable" demostraron que el área transversal de algunos tipos de fugas (agujeros, desgarros o roturas en tubos, juntas o accesorios) podrían variar también con la presión, mientras la velocidad del flujo seguía variando con la raíz cuadrada de la presión." (p.2) "Los materiales de las tuberías juegan un papel importante en el comportamiento de las fugas, tanto así que las propiedades de los materiales determinan la forma en que la tubería fallan." (p.5) "Índice de Fugas Estructurales (ILI, por sus siglas en inglés), que es un indicador que representa cuantas veces el nivel actual de pérdidas supera el umbral mínimo de fugas" (p.5) RELACIÓN DE LA PRESIÓN Y LA FRECUENCIA DE APARICIÓN DE NUEVAS FUGAS "El estudio de la relación entre la frecuencia de aparición de nuevas fugas y la presión de operación del sistema requiere que se conozca: la historia de roturas antes y después de la implementación del control de presiones

	por espacio de varios años; la edad, dimensiones, materiales y condiciones de operación de las tuberías en el tiempo; adicionalmente, la distribución espacial de las roturas, la clasificación de las roturas en los componentes del sistema (redes matrices, redes de distribución, conexiones domiciliarias), y la clasificación de las roturas de acuerdo a sus posible causas.” (P.5) RELACIÓN DE LA PRESIÓN Y EL CONSUMO “Dentro del proceso de evaluar alternativas individuales de control de presiones, se debe predecir el efecto sobre el consumo y, por ende, en el ingreso de la empresa abastecedora, de cualquier cambio propuesto en la presión.” (p.7) REDACCIONES PROPIAS El sistema de presión está directamente relacionado con la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable. La falta de información o medición dentro de la red de distribución marcará un precedente del éxito del proyecto.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORINETAR: Metodologías, estudios y resultados respecto a estudios realizados por expertos en la materia. COMPLEMENTAR: Con los antecedentes propios del MWM y experiencia laboral.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Estrategia IWA para la reducción de las pérdidas de agua



Relación de FUGAS

Partiendo de esta teoría, el Grupo de Trabajo de Pérdidas de la IWA y el Programa de Investigación de la Industria del Agua del Reino Unido (UKWIR, por sus siglas en inglés) recomiendan la adopción de una expresión exponencial simple para representar la relación del caudal de fuga y la presión de servicio. Debido a que no existe una convención internacional para el exponente, el Grupo de Trabajo de Pérdidas de la IWA emplea para su identificación los caracteres alfanuméricos N1; obteniendo de esta forma las siguientes expresiones:

$$Q_f \cong P^{N1} \quad [3]$$

$$\frac{Q_{f_1}}{Q_{f_0}} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N1} \quad [4]$$

El Grupo de Pérdidas de Agua de la IWA ha desarrollado la siguiente expresión, para predecir la variación de la frecuencia de aparición de nuevas fugas en función de la presión, similar a la de la variación del caudal de fuga [4]:

$$\frac{R_1}{R_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N2} \quad [7]$$

donde R_1 es la frecuencia de roturas después de la reducción de la presión, R_0 es la frecuencia de roturas antes de la reducción de la presión, P_1 es la presión después de implementar su reducción, P_0 es la presión antes de implementar su reducción, N2 es un exponente. Esta aproximación da resultados más confiables, que algunos intentos de obtener este tipo de relaciones a partir de análisis estadísticos de la presión y la frecuencia de roturas en un numero importante de distritos hidrométricos en el Reino Unido (UKWIR, 2003).

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°14	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Nava, J., Delgado, X. (2018). Localización de fugas en redes de agua potable. Verano de la Investigación Científica, Jóvenes en la Ciencia, Volumen 4 (numero 1). Recuperado de https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/download/2756/2012/9160
Palabras claves:	Fuga Control de Fuga Presión Epanet Roturas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El documento indica: "En México y otros países, aproximadamente el 50% del agua se desperdicia por fugas en las redes de abastecimiento, distribución y tomas domiciliarias." (p.1) "Otro factor importante causante de fugas en las redes son las altas presiones, las cuales son consecuencia de la urbanización, el cambio climático y el crecimiento poblacional. Este factor es sumamente importante por lo que se han hecho numerosos estudios, básicamente, entre más alta sea la presión mayor será el flujo en la fuga y viceversa." (p.2) Respecto a los tipos de fallas en tuberías: "(…) las fallas se clasifican en tres categorías: a) Roturas circunferenciales, causadas por tensión longitudinal. b) Roturas longitudinales, causadas por la tensión de la sección transversal (tensión radial). C) Grietas en la unión, causadas por una tensión de sección transversal en la unión de la tubería. Esta clasificación debe complementarse con fallas adicionales, como los agujeros debido a la corrosión." (p.2) "Un control de fugas pasivo responde únicamente a las fugas reportadas. El control de fugas activo maneja procesos para localizar y reparar fugas sin reportar." (p.3) "La detección de fugas es la reducción de una fuga a una sección de la red de tuberías, mientras que la localización de fugas se refiere a encontrar la posición exacta de la fuga" (p.3) "Hay dos principales metodologías para balance utilizadas para cuantificar el volumen de pérdidas de agua. (1) La metodología estandarizada de balance

	hídrico IWA/AWWA y (2) La metodología del balance hídrico de Reino Unido.” (p.3) “El manejo de los activos es costoso y está fuera del alcance de muchos organismos por lo que el manejo de la presión es la única herramienta proactiva y con costo efectivo que puede reducir las fugas de este tipo.” (p.3) “El efecto de operar a diferentes presiones es modelado por los principios de Área de Descarga Fija y Variable (FAVAD, por sus siglas en inglés “Fixed and Variable Area Discharge”) y por las ecuaciones de fuga FAVAD modificadas. Sin embargo, es difícil aplicar la representación completa de ecuaciones FAVAD al análisis de fugas en todo el sistema utilizando un modelo hidráulico.” (p.3) REDACCIONES PROPIAS Considerando lo indicado comentado en el documento respecto al control de activos, específicamente del alto costo que implica, y que muchas veces se hace inviable, el control de fugas es planteada como una herramienta “proactiva” que permite la reducción de las fugas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	COMPLEMENTAR: Complementar el tema específico de fugas en redes de distribución. AVALA: La metodología de FAVAD.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	Relación Presión - Fuga Hay una relación física entre la tasa de fuga y la presión. Esta relación puede ser expresada en la forma general de la ecuación de orificios: $Q=aP^n$. Donde Q es la tasa de fuga (l/s), y P es la presión (bar). El coeficiente a y el exponente n son constantes [11]. El valor teórico de n para flujo en orificios es 0.5, pero estudios de campo muestran que el valor varía considerablemente. Para grandes sistemas de distribución de agua con materiales de tubería variados, la relación entre Q y P puede asumirse lineal.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°15	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Organización Panamericana de la Salud, OPS (2013). Limpieza y desinfección de pozos perforados. Recuperado de https://www.paho.org/es/documentos/limpieza-desinfeccion-pozos-perforados
Palabras claves:	Limpieza y desinfección Reparación y Rehabilitación de Pozos Perforados
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La nota técnica indica: Evaluación del daño (p.1): "(…) inventariar y evaluar los daños del pozo y de la bomba." "Obtenga información disponible sobre la perforación del pozo e instalación de la bomba, en especial aquella información referente a materiales, profundidad y nivel freático." "Estimar la cantidad de lodo y de escombros en el pozo (…)" La cantidad de cloro requerida depende del volumen de agua en el pozo. Se añade 1 litro de solución de cloro al 0,2% por cada 100 litros de agua que encuentren en el pozo." (p.4) REDACCIONES PROPIAS La nota hace recomendaciones básicas y sirve como referencia para determinar cuáles son los hitos básicos que se deben tener presente frente a cualquier limpieza o mejoramiento de sondaje, no importando su dimensionamiento.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	AVALAR: Los hitos básicos respecto a cualquier limpieza de sondaje o mejoramiento de este.

Materiales más significantes:
Tablas
Gráficos
Ejemplos
Fotografías
Mapas
Otros



Figura 1
Pasos para la limpieza y desinfección de pozos perforados

Cuadro 2. Calculo de la dosis de cloro para desinfectar un pozo usando hipoclorito de calcio (HTH)

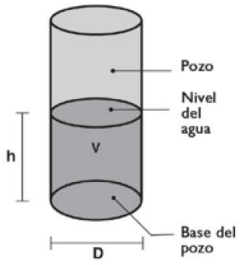
Equipo:

- Balde de 20 litros
- Cloro HTH granulado o en polvo

Método:

- Calcular el volumen del agua en el pozo con la fórmula:

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4}$$



donde

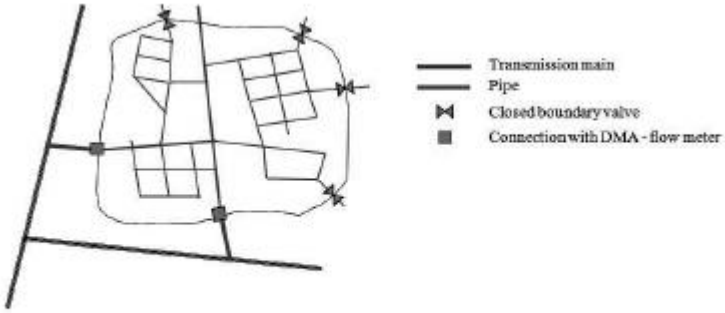
V = volumen de agua en el pozo (m^3)
D = diámetro del pozo (m)
h = profundidad del agua (m)
π = 3,142

- Llenar el balde con agua clara del pozo
- Añadir 50 g de HTH y revolver hasta que se disuelva
- Por cada metro cúbico (m3) de agua en el pozo, se añaden 10 litros (medio balde) de la solución de cloro

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°16	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Savic, D., Ferrari, G. (2014). Design and performance of district metering areas in water distribution systems. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814023510
Palabras claves:	Áreas de medición DMA Evaluación de desempeño Indicadores de Desempeño Farley Water Industry Research Ltd Morrison et al.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El artículo indica: "Este estudio tiene como objetivo, en primer lugar, investigar si la creación de distritos afecta el rendimiento de la red de distribución de agua y cómo lo hace, y, en segundo lugar, comparar una variedad de soluciones factibles entre sí. "(p.1137) "(…) Se utiliza un enfoque de evaluación del desempeño (Murray et al. [10]). Se consideran una serie de indicadores de desempeño (IP), relacionados con los parámetros que describen el comportamiento de una red de distribución de agua." (p.1137) "Esos indicadores son: (i) el número de tuberías que deben cerrarse para crear los límites de las DMA, como medida de costo, (ii) el Índice de Resiliencia (Todini [14]) como medida de confiabilidad, y (iii) la edad del agua, como medida de la calidad del agua (AWWA y EES [2])." (p.1137) "Estos IP se calculan para la red de agua original (sin DMA), para la solución encontrada siguiendo el enfoque tradicional de "prueba y error" y para las soluciones creadas con la metodología basada en la teoría de grafos (Ferrari et al. [6])." (p.1137) "DMA de modo que se cumplan los criterios de diseño recomendados en la literatura (Farley [5], Water Industry Research Ltd [15], Morrison et al. [9])." "Teoría de grafos desarrollada por Ferrari et al. [6]. Esta metodología es un procedimiento rápido y automático que garantiza que las soluciones

	encontradas satisfagan los criterios de diseño más importantes destacados en la literatura.” (p.1137) “DMA pequeños implican costos más altos, porque se requieren más válvulas y medidores de flujo y también aumenta el costo de mantenimiento” (p.1137) “Aunque algunos autores (Morrison et al. [9]) abogan por el diseño de DMAs que se suministren a través de una única red principal, la metodología utilizada en este estudio permite la creación de múltiples DMAs alimentados.” (p.1138) “Muchos factores a tener en cuenta a la hora de planificar las DMA: los más importantes son el coste de la implantación del sistema, la fiabilidad del suministro y la calidad del agua suministrada” (p.1138) “Factores en la evaluación del desempeño de diferentes redes rediseñadas: costo, confiabilidad y calidad del agua.” (p.1138) “La confiabilidad se puede definir como la capacidad del sistema para suministrar agua constantemente, satisfaciendo las demandas del cliente, satisfaciendo los requisitos de presión y manteniendo velocidades de flujo adecuadas.” (p.1138) “Edad del agua, es decir, el tiempo medio que tarda el agua en llegar a los usuarios. La edad del agua, que se relaciona en gran medida con el diseño y las demandas del sistema, se considera un factor importante que contribuye al deterioro de la calidad del agua dentro del sistema de distribución (AWWA y EES [2]). Cuanto más tiempo tarde el agua en llegar a los nodos de demanda, mayor será el potencial de degradación de la calidad del agua, ya que las reacciones químicas pueden avanzar más rápido y llegar más lejos.” (p.1139) “El primer resultado es que el diseño de DMAs, si se lleva a cabo con una metodología que tenga en cuenta los criterios de diseño recomendados en la literatura, no empeora la calidad del servicio a los clientes ni en términos de fiabilidad ni en términos de calidad del agua entregada. Los resultados muestran solo una pequeña disminución en los rendimientos, lo cual es irrelevante en comparación con los beneficios producidos por las DMA en términos de reducción de fugas, mejora de la seguridad hídrica y mejor control y gestión de la red” (p.1143) REDACCIONES PROPIAS Como el documento indica respecto al diseño de los DMA, hay que tener en consideración 2 factores elementales como son: los efectos causados

	en su implementación y las diferentes alternativas que permitan identificar la mejor opción. El documento señala que los DMA más que optimizar los rendimientos que se plantean, el resultado fundamental de su implementación apunta principalmente a la reducción de fugas, por ende, genera seguridad hídrica en el sistema y control y gestión de la red de distribución. Verificar los criterios de diseño de la red de distribución, si son deficientes apuntar al rediseño conforme a las directrices planteadas o recomendadas por Farley, Water Industry Research Ltd y Morrison.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a la literatura para el diseño de los DMA, los factores a considerar en la priorización de la alternativa a implementar. AVALAR: Que la implementación de DMA corresponde a una medida eficiente para el control y gestión de la red de distribución.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	In summary, the approach followed in this study is composed of the following steps: 1. Choose a large, looped urban water distribution network (WDN), as a case study; 2. Evaluate PI (cost, resilience, water age) for the WDN; 3. Create a number of possible divisions of the WDN into DMAs, *N*; 4. Evaluate all PIs for the *N* solutions; 5. Verify that the introduction of DMAs does not worsen the performance of the WDN; and 6. Compare the *N* solution with one another (using non-domination criterion).  Fig. 1. Example of multi fed DMA.

	In this study the following factors have been considered in the evaluation of the performance of different re-designed networks: cost, reliability, and water quality. The cost is calculated as the expenditure for the creation of DMAs' boundaries, which is the cost of the closing valves that need to be installed. Since it is proportional to the number of pipes that has to be closed in order to realize the districts, this number has been used in first approximation as an indicator of cost (Eq. 1). $c = n_{p,b}$ (1) where $n_{p,b}$ is the number of pipes that belongs to the DMAs' boundaries.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°17	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Araneda C., M., Avendaño R., M. S., & Díaz Del Río, G. (2019). Modelo estructural de la cuenca de Santiago, Chile y su relación con la hidrogeología. Revista Geofísica, (62), 29–48. Recuperado a partir de https://revistasipgh.org/index.php/regeofi/article/view/541
Palabras claves:	Cuenca de Santiago Hidrogeología Morfología Subterránea
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El artículo indica: "La cuenca de Santiago se ubica en la Hoya Hidrográfica del río Maipo que se extiende entre el límite con Argentina y el océano Pacífico. Esta Hoya Hidrográfica está compuesta por otras menores, tales como Maipo Superior, Mapocho, Colina, Lampa, Angostura, Maipo Inferior y Depresión Intermedia." (p.31) "El abanico del estero Lampa al norte de la cuenca está constituido por sedimentos provenientes de la erosión de la cordillera de la costa, lo que lo diferencia de los abanicos antes descritos. Su granulometría es tipo arenas medias a gruesas con algunos niveles de gravas en el sector apical, las que gradan a arenas medias en el sector distal." (p.32) "El abanico del estero Colina también en la zona norte de la cuenca, está constituido por gravas y arenas gruesas de origen fluvial las que gradan a arenas medias a gruesas en los sectores más distales. Allí estos depósitos engranan con los provenientes del abanico del estero Lampa." (p.32) "La cuenca de Santiago forma parte de la cuenca hidrográfica del río Maipo. (…) puede subdividir en tres tramos: Maipo Superior, Maipo Intermedio y Maipo Inferior. La cuenca de Santiago pertenece a la cuenca del Maipo Intermedio y, a su vez se puede subdividir en 5 subcuencas: río Mapocho, del estero Lampa, estero Angostura, estero Colina y la cuenca del Maipo propiamente tal." (p.35) "Hacia el norte de la cuenca, el estero Colina posee un sistema hidrogeológico constituido por alternancia de sedimentos finos y gruesos, generando varios niveles de acuíferos de carácter confinado (T=800m2/día)" (p.36) En el sector de Colina, Batuco y Lampa la recarga de los acuíferos profundos ocurre en las partes más altas, zona apical de los conos aluviales, donde la granulometría de los sedimentos es más bien gruesa y

	permite la infiltración. Las aguas que precipitan sobre estos sectores no logran infiltrar debido a la presencia de estratos de material arcilloso impermeable.” (p.36) “El movimiento de las aguas subterráneas es predominantemente de Norte a Sur y de Este a Oeste, dirección establecida por las aguas superficiales.” (p.36) “El conocimiento de la morfología del basamento y el relleno sedimentario de la cuenca de Santiago subyacente juegan un papel muy importante en la evaluación de los recursos hídricos subterráneos. Para efectuar una buena estimación de dichos recursos sería necesario evaluar en detalle la potencia los diferentes tipos de sedimentos con sus respectivas permeabilidades que la componen. A pesar de ello la mayor parte de la cuenca está compuesta por sedimentos granulares en su parte superior de alta permeabilidad; aportado por los ríos Maipo y Mapocho los cuales poseen un buen potencial de almacenamiento de aguas subterráneas. Un cálculo conservador permite estimar un volumen embalsado de 31,000 millones de m3.” (p.62) REDACCIONES PROPIAS Para iniciar o implementar un plan de mantención de sondaje, donde apunte principalmente a la recuperación de caudal como eficiencia operacional; antecedentes o estudios de hidrogeológicos, antecedentes geofísicos son relevantes para estimar el éxito de las medidas a implementar.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	COMPLEMENTAR: Información o estudios técnicos realizados en la zona.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

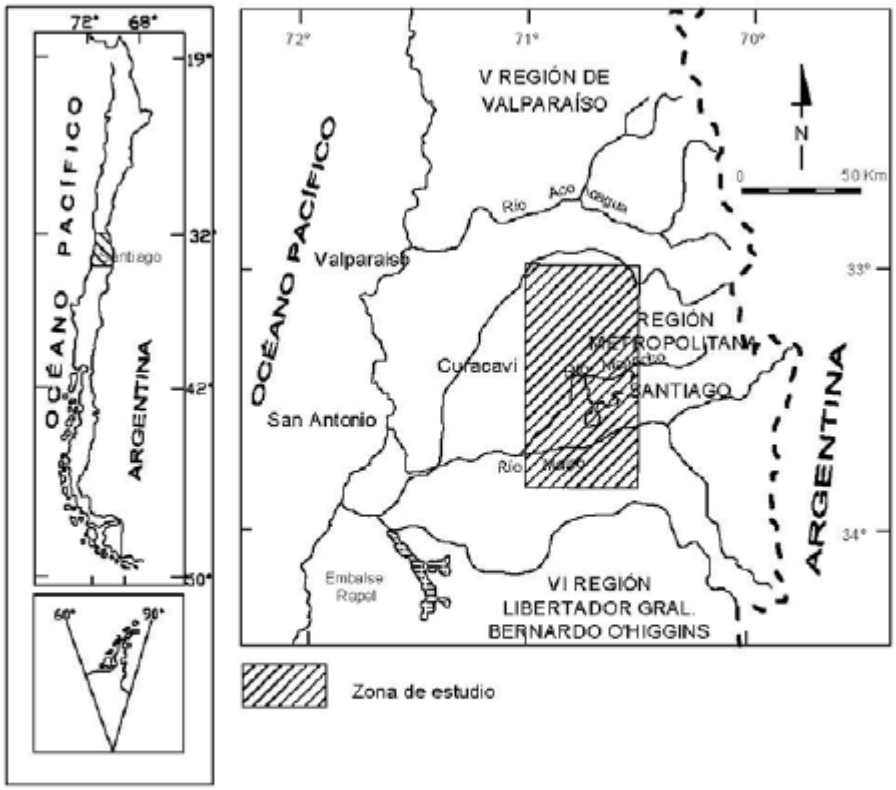


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio la cual cubre la parte central de la hoya hidrográfica del río Maipo, Región Metropolitana, Chile.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°18	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Cruzat Ingeniería. (2024). Habilitación de pozos profundos. Recuperado de https://cruzat.com/productos-y-servicios/habilitacion-de-pozos-profundos/
Palabras claves:	Habilitación de pozos Motor sumergible Cañería de impulsión Cables de alimentación Tablero de control
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES En la página Web, se indica: Para la habilitación de un pozo profundo, "es necesario instalar los siguientes componentes": Motor sumergible Bomba sumergible Cañería de Impulsión Cables de alimentación Tablero de control Motor sumergible: "Cumple la función de convertir la energía eléctrica en movimiento. Comúnmente se utilizan motores de corriente alterna, para potencias bajas puede ser monofásica, y para el resto debe ser trifásica. Son preferibles los motores trifásicos debido a su mayor eficiencia y asimismo menor consumo energético. Los motores monofásicos son bastante utilizados para uso doméstico cuando no se cuenta con conexión trifásica. En la industria del agua suelen utilizarse motores de baja tensión, pero en los casos de potencias muy altas se utilizan de mediana tensión." Bomba Sumergible: "Va acoplada al motor justo sobre él. Utiliza la rotación entregada por el motor para impulsar el caudal hacia la superficie. El diámetro de la bomba está relacionado con el caudal que bombeará. La cantidad de etapas de la bomba, o longitud de esta, determinará la altura a la que podrá levantar el agua bombeada." Cañería de impulsión: "Es la que llevará el agua desde la bomba hacia la superficie. En el extremo inferior va acoplada a la bomba y en el superior llega hasta la superficie. Además de contener y conducir el agua bombeada, cumple la función de sostener estructuralmente la bomba y el motor dentro del pozo. La cañería de impulsión se divide en varias cañerías pequeñas, normalmente de 3 o 6 metros de longitud. Estas se unen con coplas especiales que deben ser capaces de resistir el torque generado

	por el motor, así como también las vibraciones y fuerzas generadas por el movimiento del agua." Cable eléctrico sumergible: "Cumple la función de transportar la energía eléctrica desde el tablero de control en la superficie hasta el motor sumergible. Su longitud será aproximadamente la suma entre la profundidad del motor y la distancia entre el pozo y el tablero de control. Normalmente los cables son de 3 conductores, uno por cada fase, pero pueden tener un cuarto conductor para la tierra eléctrica. Pueden ser redondos o bien planos para que utilicen menos espacio dentro del pozo. Los cables deben ser correctamente dimensionados, ni muy delgados ni muy gruesos. Un cable demasiado delgado se quemará. Un cable muy grueso será muy caro. Además, entre más largo es el cable, es mayor la caída de voltaje a lo largo de él y puede conllevar a ineficiencias energéticas que se traducen en altos costos de energía que pueden ser evitados." Tablero de control: "El tablero de control cumple la función de acondicionar la energía de la fuente para que sea compatible con el motor. También permite operar el motor según distintas posibles estrategias. Por ejemplo, se puede operar el motor para entregar caudal o presión constante." "En los pozos donde se requiere al equipo de bombeo operar a distintas capacidades, recomendamos el uso de variadores de frecuencias. Estos permiten entregar al motor frecuencias variables y así hacerlo girar a distintas velocidades. Es el método más eficiente para disminuir el caudal a extraer de un pozo. Adicionalmente cumple la función de suavizar las partidas y asimismo alargar la vida útil de los equipos." REDACCIONES PROPIAS Considerando las consignas variables de las fuentes subterráneas, el uso de variadores de frecuencia permitirá de manera más eficiente el funcionamiento del equipo de bombeo. Y adicionalmente, como se indica permitirá alargar la vida útil del activo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a las componentes básicas de la habilitación de pozos profundos, en cuanto a su función y características propias de este.

Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	A continuación se muestran los tipos de control más comunes para bombeo: • Partida directa • Partida estrella-triángulo • Variador de frecuencia • Partidor suave **Tablero con partida directa** Este tipo de control se puede visualizar como un interruptor de encendido ó apagado. Cuando el sistema está apagado, el voltaje en el motor es nulo. Al encenderlo, el voltaje sube a su valor máximo instantáneamente. Este salto en voltaje, produce a su vez un salto exagerado en la corriente hacia el motor, lo cual paulatinamete daña al equipo y acorta su vida útil. Este control es el más económico y simple de utilizar y se recomienda solamente para equipos de bombeo pequeños (hasta de 5 HP). **Tablero con partida estrella-triángulo** Este tipo de control está diseñado para suavizar la partida eléctrica y así proteger al motor de los picos de corriente. Desde el estado de apagado, se pasa al estado de estrella, que permite entregar un voltaje intermedio de 220 Vac a cada bobina del motor. Luego de unos segundos, se cambia a la configuración triángulo donde el voltaje sube a su máximo de 380 V. A pesar de que es una partida bastante más suave que la directa, sigue siendo agresiva para los equipos de bombeo. **Partidor suave** El partidor suave, como lo dice su nombre, cumple la función de suavizar la partida del motor. Esto lo consigue aumentanto gradualmente el voltaje desde 0 hasta su máximo de 380 volts. La inversión económica de este equipo es bastante mayor que la de los dos métodos anteriores, pero creemos que se fácilmente se paga con el aumento en la vida útil del motor y la bomba sumergibles.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°19	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Cruzat Ingeniería. (2024). Equipos de Bombeo para pozos profundos. Recuperado de https://cruzat.com/productos-y-servicios/equipos-de-bombeo-para-pozos-profundos/
Palabras claves:	Equipos de bombeo Motor eléctrico Recomendaciones
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La página Web, indica: Características principales de los equipos de bombeo: "Deben ser sumergibles: Especialmente el motor, que es una máquina eléctrica cuyos circuitos no pueden tocar el agua, debe estar absolutamente aislado del agua que lo rodeará. Aguantar elevadas presiones: Debido a que pueden estar instalado sobre cientos de metros de aguas, deben poder aguantar toda la presión que esto conlleva. Son estrechos: deben caber dentro de los pozos de agua, cuyos diámetros suelen ser bastante pequeños." "Para pozos profundos, se utiliza el motor asíncrono de inducción (jaula de ardilla). Este está constituido por barras conductoras en su rotor con la apariencia de una jaula. Al energizar el estator del motor, se genera un campo magnético rotatorio (CMR) que moverá al imán inducido en el rotor." "Recientemente se han comenzado a utilizar también motores síncronos de imanes permanentes. Estos son más eficientes que las alternativas, pero son también más caros y difíciles de operar. Necesariamente requieren ser controlados con variadores de frecuencia con la funcionalidad de seguimiento de velocidad." "Por último, existen también los motores de corriente continua, y también los híbridos que permiten ambos tipos de corriente. Estos apuntan a ser utilizados en las aplicaciones solares ya que pueden ser conectados directamente a los paneles fotovoltaicos sin la necesidad de un controlador." Recomendaciones:

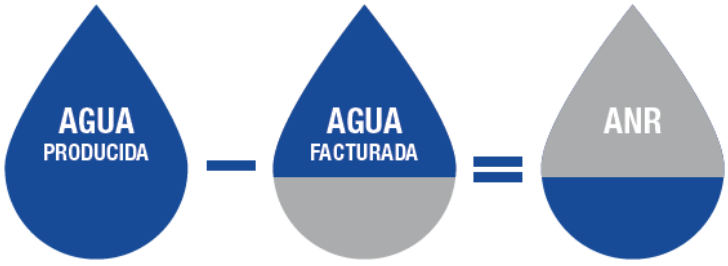
	"Uso de motores trifásicos debido a su mayor eficiencia. De no existir alimentación trifásica se tendrá optar por monofásica." "Marcas Franklin Electric, Grundfos y Pedrollo" REDACCIONES PROPIAS Considerar los diferentes tipos de motores, permitirá tener un mayor abanico de posibilidades para la correcta elección de esta. Además, la página entrega recomendaciones, que permiten, para este estudio analizar las diferentes alternativas según sea el caso.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Referentes a los distintos equipos de bombeo.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	No Aplica.

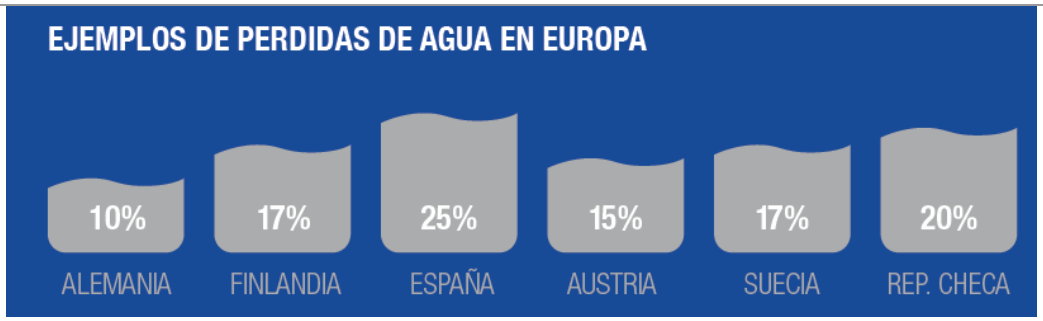
Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°20	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	AVK Válvulas. (2019). Soluciones para reducir el agua no registrada (ANR). Recuperado de https://www.avkvalvulas.com/es-es/m%C3%A1s-informaci%C3%B3n-y-soluciones/tecnolog%C3%ADa-del-agua/10-maneras-de-reducir-perdidas-de-agua
Palabras claves:	ANR Limitaciones de agua IFI Beneficios programa ANR Monitoreo y Control de Fugas DMA Gestión de presión APP de AVK Gestión de Activos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El folleto señala: "Los niveles de Agua No Registrada (ANR) varían en todo el mundo desde el 5% al 80%, siendo el 40% el promedio y el 26% en Europa" "ANR a veces también se expresa como el volumen de agua "perdido" por km de red de distribución de agua por día, expresado como IFI, Índice de Fugas de Infraestructura." "En un entorno con limitaciones de agua, la gestión de ANR a menudo ofrece una rentabilidad superior en comparación con el aumento de la oferta. A pesar de los beneficios y las décadas de capacitación y defensa de las organizaciones internacionales y de la industria, la reducción de ANR sigue recibiendo escasa atención entre las empresas que se beneficiarían más de ella, ¿por qué? Las razones para que las suministradoras no progresen incluyen la capacidad débil, la falta de incentivos, la poca disciplina financiera y el esfuerzo requerido para encontrar y corregir fugas en comparación con la construcción de nuevas instalaciones." "Un programa ANR naturalmente se enfocará en reducir la pérdida de agua en las ciudades y aumentar los ingresos, pero también puede generar otros beneficios importantes para la empresa de servicios de agua y sus consumidores: Reducción del estrés en los recursos hídricos del área, permitiendo que más personas reciban del mismo recurso de agua.

	Reducción del consumo de energía para la extracción, el tratamiento y la distribución, al mismo tiempo que se satisface la misma demanda de agua ya que la presión se adapta a la demanda y así se deben tratar y distribuir volúmenes de agua más pequeños. Un suministro de agua más estable como rendimiento mejorado proporcionará una distribución de presión completa las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Mejor soporte para la toma de decisiones y el servicio al cliente debido a los nuevos sistemas de gestión. Una base sólida para establecer un plan de rehabilitación e inversión a largo plazo para la red. Mejora de la calidad del agua debido a la distribución optimizada del agua, ya que el contenido de cloro en el agua distribuida se controlará mejor, y se reducirá el riesgo de contaminación debido a reventones o periodos con poca presión o vacío de la tubería." "Una forma de tener el control de la red de distribución es saber qué está sucediendo. El modelo de control de agua IWA ayuda a identificar dónde abordar los diversos tipos de problemas." "El primer paso para reducir ANR es desarrollar una comprensión del "panorama general" del sistema de agua, que implica establecer un balance de agua." "ANR = Volumen de entrada al sistema - Consumo autorizado facturado" "La gestión activa de ANR solo es posible utilizando zonas, donde el sistema en su conjunto se divide en una serie de subsistemas más pequeños para los cuales se puede calcular ANR de forma individual. Estos subsistemas más pequeños, a menudo denominados Áreas de Medición de Distrito (AMD) deben aislarse hidráulicamente para que los administradores de servicios puedan calcular el volumen de agua perdida dentro de la AMD. "La gestión sostenible SMART del agua consiste en monitorear y controlar el sistema de abastecimiento (…)" "La división de una red en secciones llamadas Áreas de Medición de Distrito (AMD) es una herramienta efectiva para prevenir la pérdida de agua. La válvula de compuerta AVK de alta calidad es la elección perfecta para seccionar por completo el flujo entre los diferentes AMD. Cada AMD tiene una o dos entradas en las que se instala un contador para medir la cantidad de agua que fluye hacia el AMD." "Para cada AMD, las empresas suministradoras deben desarrollar un manual de operaciones detallado para ayudar a los futuros equipos en la gestión del abastecimiento de agua." "El manual de operaciones incluye un esquema de la red de tuberías; planos de ubicación de los caudalímetros, válvulas de control de presión, válvulas limitadoras; y una copia de la base de datos de facturación para el AMD. El manual es un documento de trabajo y los datos operativos deben actualizarse continuamente, incluida información sobre lo siguiente:

	• Gráficos de caudal y presión • Datos de ensayos de las fugas • Localización de las fugas • Localización de conexión ilegales • Datos de Caudal Nocturno (DCN) • Datos del factor T de ensayos de presión" "(…) AMDs no solo se dirige a la reducción de ANR, sino que también mejora la condición de los activos y el servicio al cliente al: • Aumentar la vida de la red a través de la gestión de la presión (menos averías) • Salvaguardar la calidad del agua • Permitir el suministro continuo de agua" "El uso de registradores de ruido integrados en las bocas de llave AVK reduce significativamente el tiempo de localización de fugas invisibles. Permite que los equipos de fugas reaccionen de manera rápida y eficiente y se dirijan a las áreas más débiles y segmentos de tuberías." "El control de presión presenta beneficios dobles reduciendo fugas y estabilizando las presiones del sistema, que aumentan la vida de los activos." "La instalación de un dispositivo de control de presión, como una Válvula Reductora de Presión (VRP), ayuda a reducir la presión durante el día, estabiliza las fluctuaciones y reduce el estrés en las tuberías." "Las VRP son instrumentos que se instalan en puntos estratégicos de la red para reducir o mantener la presión de la red a un nivel establecido. La válvula mantiene la presión aguas abajo preestablecida independientemente de la presión aguas arriba o de las fluctuaciones del caudal. Las VRP generalmente se ubican en la entrada de una zona de presión, junto al caudalímetro" "La VRP debe estar aguas abajo del caudalímetro para que la turbulencia de la válvula no afecte la precisión del medidor. Es aconsejable instalar la VRP con un bypass para permitir futuros trabajos de mantenimiento" "El control de la presión es uno de los elementos fundamentales en una estrategia de gestión de fugas bien desarrollada. La tasa de fuga en las redes de distribución de agua está relacionada con la presión de la red aplicada en el bombeo o por gravedad." "El aire en la red siempre creará problemas. Causa un mayor consumo de energía para el bombeo, acelera la corrosión en las tuberías, causa lecturas inexactas del contador y puede aumentar el golpe de ariete cuando ocurra. La red debe estar siempre equipada con ventosas en lugares estratégicos donde se acumule el aire, generalmente en los puntos más altos de la red."

	“La APP AVK es una herramienta que le ayuda a calcular sus activos de la mejor manera posible, teniendo en cuenta los aspectos energéticos y ambientales.” REDACCIONES PROPIAS El documento hace un comparativo por qué los países en desarrollo no se ha hecho hincapié en la reducción del ANR; dando algunas alternativas de la causa de esto. El documento no sólo apunta a los beneficios del ANR que es la reducción de la pérdida, sino también, menciona otros beneficios que traen consigo esta gestión desde el punto de vista del estrés hídrico, disminución de consumo de energía, distribución de presiones completa, soporte para nuevos sistemas de gestión, bases para rehabilitación e inversión a largo plazo en la red y mejoras en la calidad de agua debido a una distribución homogénea. Adicionalmente entrega una guía respecto a los DMA en cuanto a sus beneficios e implementación.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Metodologías actuales implementadas y nivel mundial. DEFINIR: Estrategias de implementación, tanto para, diseño de DMA, gestión de presiones, monitoreo y control de fugas, VRP.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 El Agua No Registrada (ANR) es la diferencia entre el volumen de agua suministrada al sistema y el volumen de agua registrada en los contadores de los usuarios. Engloba los consumos autorizados no medidos, los consumos no autorizados (fraudes), los errores de medición y las perdidas físicas de la red de abastecimiento.


EJEMPLOS DE PERDIDAS DE AGUA EN EUROPA
10%
ALEMANIA
17%
FINLANDIA
25%
ESPAÑA
15%
AUSTRIA
17%
SUECIA
20%
REP. CHECA


DIFERENCIAS EN EL MUNDO EN NIVELES ANR
22%
Oslo, Norway
4%
Copenhagen, Denmark
24%
Chicago, USA
34%
Nairobi, Kenya
38%
São Paulo, Brazil

Las fugas más problemáticas son aquellas que no son visibles en la superficie. Las fugas se producen por las razones mencionadas a continuación o una combinación de ellas.

- Mala calidad de equipos como válvulas, juntas, conexiones y tuberías
- Deterioro del sistema de distribución
- Mano de obra con poca especialización en las soldaduras o manejo incorrecto durante el tendido de las tuberías
- Golpe de ariete y mala gestión de la presión del agua
- Corrosión del material debido a la condición del suelo
- Movimientos en el suelo
- Carga de tráfico pesado
- Heladas
- Secado del suelo
- Terremoto
- Conexiones ilegales
- Destrozos por accidentes durante los trabajos de construcción

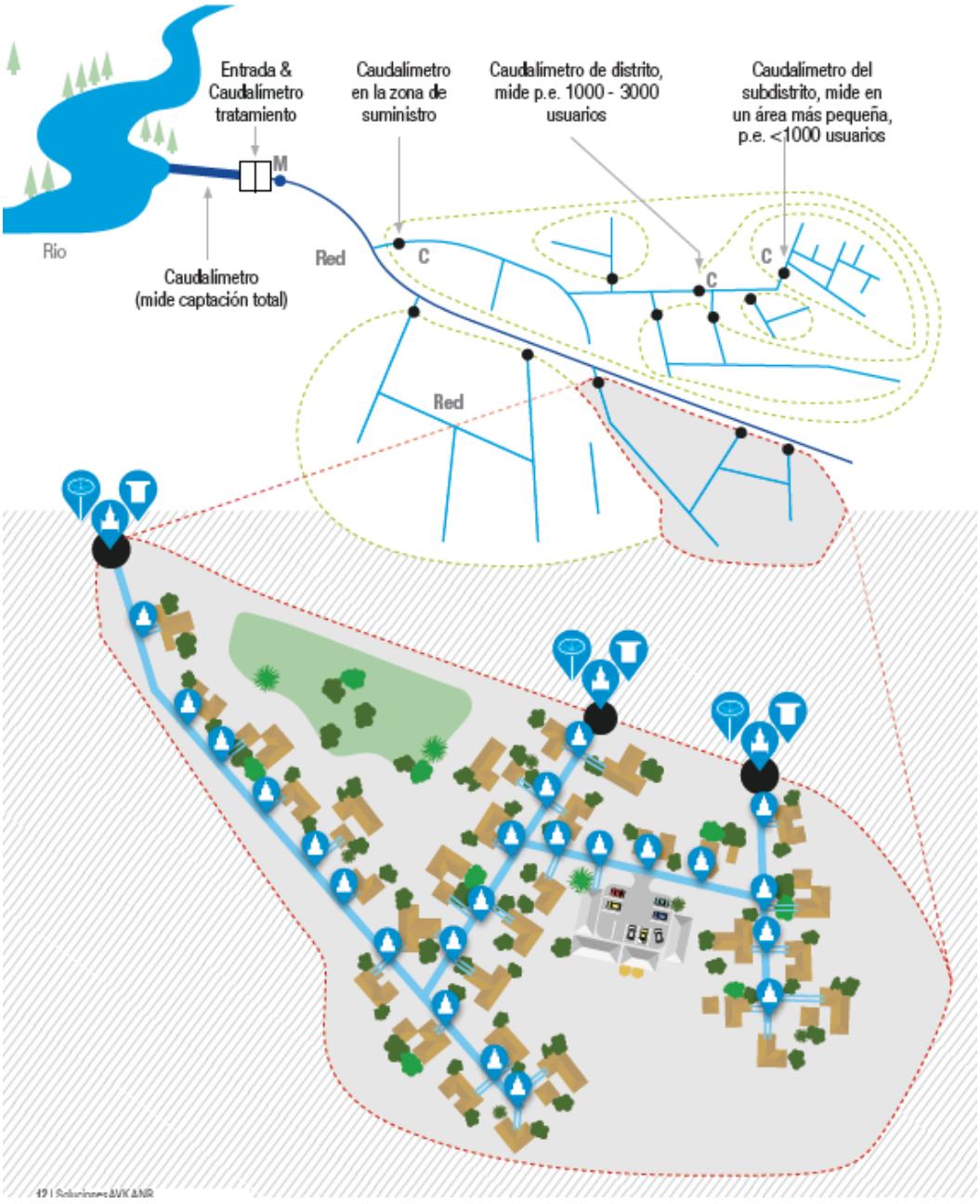
IWA Modelo De Control



Registrador de ruido integrado en la boca de llave

ÁREAS DE MEDICIÓN DE DISTRITO (AMD)





AVK; Serie 36

AVK ofrece una amplia gama de válvulas de compuerta de asiento elástico de acuerdo con las principales normas y aprobaciones internacionales, con numerosos tipos de conexiones para la mayoría de las tuberías y materiales utilizados en todo el mundo.



AVK; Válvula de acometida

Una amplia gama de válvulas de acometida en fundición dúctil, latón y plástico (POM) con una amplia gama de tipos de conexión para adaptarse a todo tipo de tuberías desde la derivación al contador.



AVK; Bocas de llave

Se ha desarrollado una boca de llave con caja de plástico de alta resistencia que soporta el registrador de ruido montado. La tapa de fundición dúctil actúa como plataforma para que una antena transmita los datos del registrador de ruido. Para evitar el robo, la boca de llave se puede suministrar con una tapa con cierre de seguridad.

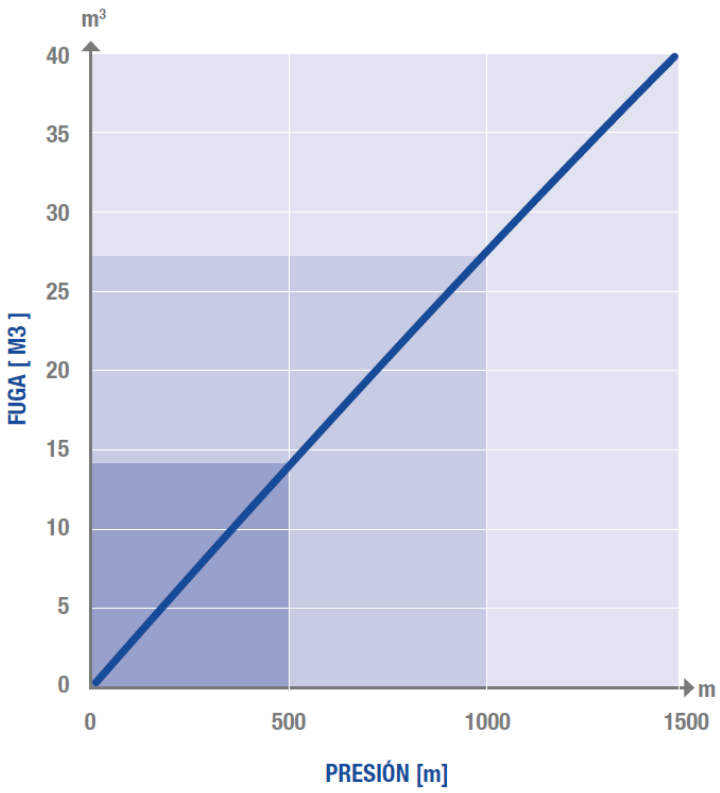


AVK; Eje extensión

El eje de extensión tanto fijo o telescópico hace que sea sencillo y fácil operar la válvula de compuerta desde el nivel de la calle. El eje de extensión también actúa como el punto de escucha para el micrófono del registrador de ruido, por lo tanto, el contacto completo de metal con metal hasta el agua aseguran unas condiciones de escucha óptimas.

LA PRESIÓN ESTABLE CONSIGUE:

- Reducción de reventones
- Reducción de fugas
- Reducción de tiempo para detección y reparación
- Costo reducido para mantener un nivel de fuga estable
- Red estable
- Reducción de imprevistos



Beneficios de reducir presión

El control de la presión es uno de los elementos fundamentales en una estrategia de gestión de fugas bien desarrollada. La tasa de fuga en las redes de distribución de agua está relacionada con la presión de la red aplicada en el bombeo o por gravedad. Existe una relación física entre la tasa de caudal de fuga, la presión, y la frecuencia de los reventones:

- Cuanto mayor o menor sea la presión, mayor o menor es la fuga
- La relación es compleja, pero las compañías de agua deben asumir inicialmente una relación lineal (10% menos de presión = 10% menos de fuga)
  30% de presión más baja
  = 30% menos de desperdicio de agua
- El nivel de presión y el ciclo de presión influyen fuertemente en la frecuencia de reventones.
- 1% de reducción de presión = 0,2 años de aumento de vida útil de la red
  38% de presión más baja = 53% de reventones

Válvulas de retención y filtros en y



Filtros en y

Los filtros en Y se instalan en sistemas de agua para filtrar piedras y otras impurezas que podrían dañar el equipo. Están diseñados para un mantenimiento fácil y una baja pérdida de carga



Válvulas retención de clapeta

Las válvulas de retención de clapeta AVK serie 41 vienen con asientos metálicos y elásticos. Instaladas en aplicaciones de bombeo para prevenir el flujo de retorno. El disco está unido al eje a través de un casquillo flexible que permite que el disco y el asiento de la válvula se ajusten perfectamente. Todas las partes interiores son de acero inoxidable o están recubiertas con epoxi o EPDM aprobados para agua potable. Las válvulas de la serie 41 están disponibles con bujes cerrados o con un extremo del eje donde se puede colocar una palanca con un peso o un resorte para mitigar las sobrepresiones.



El filtro en Y siempre debe instalarse frente a una válvula de control para proteger la válvula pilotada de ser bloqueada.



válvulas de control

Válvula reductora de presión

Una válvula reductora de presión reduce automáticamente una presión de entrada alta a una presión de salida menor, independientemente de los cambios de caudal y de los cambios en la presión de entrada. Al añadir inteligencia a la válvula de control, la presión en la zona puede ajustarse según los datos recopilados en los puntos críticos, ajustándose así a la demanda de los consumidores. De esta forma, la red de tuberías está protegida de fluctuaciones de presión, sobrecargas y tensiones, lo que produce menos reventones y aumenta la vida de la red.

Módulos de Función Única (MFU) Antiariete

Descripción:
Este modelo se usa para controlar y eventualmente disipar sobrepresiones dentro de una tubería comúnmente causadas por fallo de la bomba o problemas del sistema.

Operación:
Los 2 pilotos controlan un punto de presión máxima y un punto de presión mínima. Se equilibran hidráulicamente para permitir que la válvula controle lentamente cualquier cambio dinámico hasta que se equilibren y una presión constante se restablezca en el sistema.

Ejemplo:
Una bomba falla y causa un aumento rápido en la presión, seguido de una caída rápida. El piloto de anticipación de sobrepresión contrarresta el aumento y suaviza la presión de la red.

Ventosas

Los problemas causados por el aire en las tuberías están bien documentados e incluyen, entre otros;

- Peor rendimiento de la bomba
- Aumento de los costos de energía
- Ruido y vibración
- Caudales más bajos
- Problemas con las reductoras y otros equipos de control de caudal
- Problemas de sobrepresión y golpes de ariete
- Incremento de la corrosión

Debido a estos problemas, el aire debe eliminarse de las tuberías lo más rápido posible al llenar la tubería principal después del mantenimiento. Esto también es igualmente cierto para permitir la entrada de aire al sistema en caso de ruptura del conducto. AVK ofrece varias soluciones para el ahorro de energía para sistemas de tuberías de agua.

Cómo instalar las ventosas

Las ventosas de gran orificio de la Serie 851 incorporan el exclusivo Principio Aerocinético de AVK que evita el cierre prematuro mientras se libera aire de una tubería.

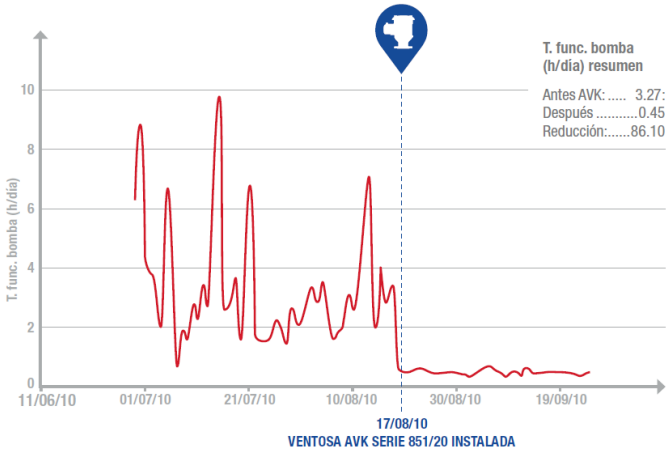


La ventosa solo se cierra cuando llega agua y levanta el flotador en contacto con el cierre.

No se puede cerrar prematuramente por la descarga de aire. El flotador de la ventosa y el diseño del cuerpo interno de la válvula tienen una forma especial, y el posicionamiento del flotador con respecto a la entrada de la válvula es crítico. Por lo tanto, cuando el aire se descarga, las fuerzas aerodinámicas empujan el flotador hacia abajo, que aumenta a medida que aumenta la velocidad del aire emergente

Ahorros significativos de energía han sido el resultado inmediato de esta instalación y se han beneficiado de los ingresos de los certificados de ahorro de energía (CAEs).





LA APP DE AVK
HERRAMIENTA DE CÁLCULO

La APP AVK es una herramienta que le ayuda a calcular sus activos de la mejor manera posible, teniendo en cuenta los aspectos energéticos y ambientales. Las funciones de cálculo son:

- Cálculo de caudal
- Cálculo de fuga del agua
- Cálculo de pérdidas de carga
- Cálculo de consumo energético
- Emisiones de CO2





Cálculo de caudal
Necesita dos de tres datos para hacer que la calculadora calcule el tercero - DN, velocidad (m/s) o caudal. No importa cuál de los tres indiques. Si se indica la velocidad y caudal, se calculará el DN de la tubería, pero en un tamaño nominal. La calculadora de caudal conoce los DN estándar y, por lo tanto, sugerirá un tamaño estándar y le hará ajustar la velocidad del fluido o el caudal, hacia arriba o hacia abajo.



Cálculo de fuga del agua
Calcula la cantidad de agua perdida a través de una fuga. La calculadora necesita dos entradas, la presión en la tubería y el diámetro del orificio de la fuga. Se calcula la cantidad de agua perdida por hora, día y año.



Cálculo de pérdidas de carga
Calcula la pérdida de carga en una válvula específica con un valor de caudal. Por lo tanto, el calculador de pérdida de carga necesita la entrada del caudal y el factor de flujo de la válvula (valor Kv). El factor de flujo de la válvula se puede escribir como un valor arbitrario, o mediante el uso del selector de válvula AVK. En el selector de válvulas AVK hay una variedad de válvulas AVK, con valores Kv para cada serie específica de válvulas y DN. La pérdida de presión se calcula en Bar.



Cálculo de consumo energético
Calcula el consumo de energía correspondiente a una pérdida de presión sobre la válvula a un caudal determinado. Por lo tanto, la calculadora de consumo de energía necesita la entrada del caudal, la diferencia de presión y una calificación de eficiencia para una bomba. La eficiencia es 0.80 por defecto. El consumo de energía se calcula con el valor de kWh / año.



Emisiones de CO2
Calcula la emisión de CO2 dependiendo del tipo de fuente de energía. La calculadora de emisiones necesita el consumo de energía, en la cantidad de kWh / año, y el factor de emisión, en la cantidad de g * CO2eq / kWh. El factor de emisión se puede escribir como un valor arbitrario o se puede elegir una fuente de energía de la aplicación. En el selector de fuentes de energía aparecen nueve tipos diferentes. Es posible elegir una fuente de energía y configurarla para el 100% de la energía, o dividir la cantidad de energía en más de una fuente de energía, estableciendo la relación de porcentaje entre ellas.

GESTIÓN DE ACTIVOS
LOCALIZADOR DE VÁLVULAS AVK (AVIT)

Además de la gestión diaria de ANR, para la reducción con éxito de ANR se requiere de una estrategia de rehabilitación a largo plazo para la red.
El localizador de instalación AVK (AVIT-AVK VALVE INSTALLATION TRACKER) es todo lo que necesita para una trazabilidad completa de sus válvulas. El localizador es un sistema de gestión de activos con una aplicación móvil y un portal web fáciles de usar, en unos sencillos pasos, proporciona una trazabilidad completa para todos los activos en la red de tuberías de agua.





LA APP



Scanea el QR con la APP



Ubicación precisa del GPS

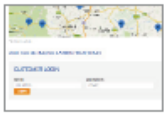


El logo AVIT muestra la localización de la válvula



Tome una foto de la instalación

EL PORTAL



Acceso seguro para el cliente



Ubicación de la válvula en el mapa (los colores representan diferentes presiones)



ANR



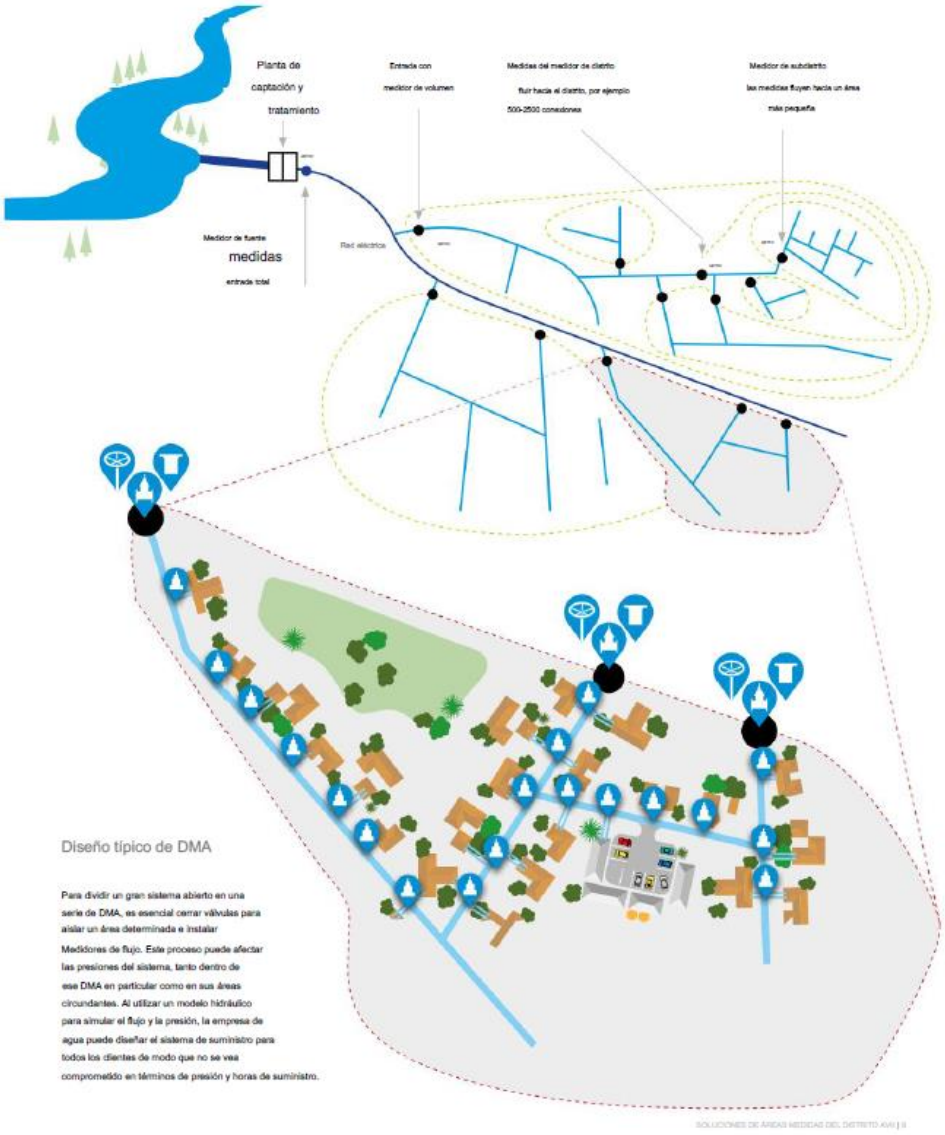
Verificar las fotos de las instalaciones

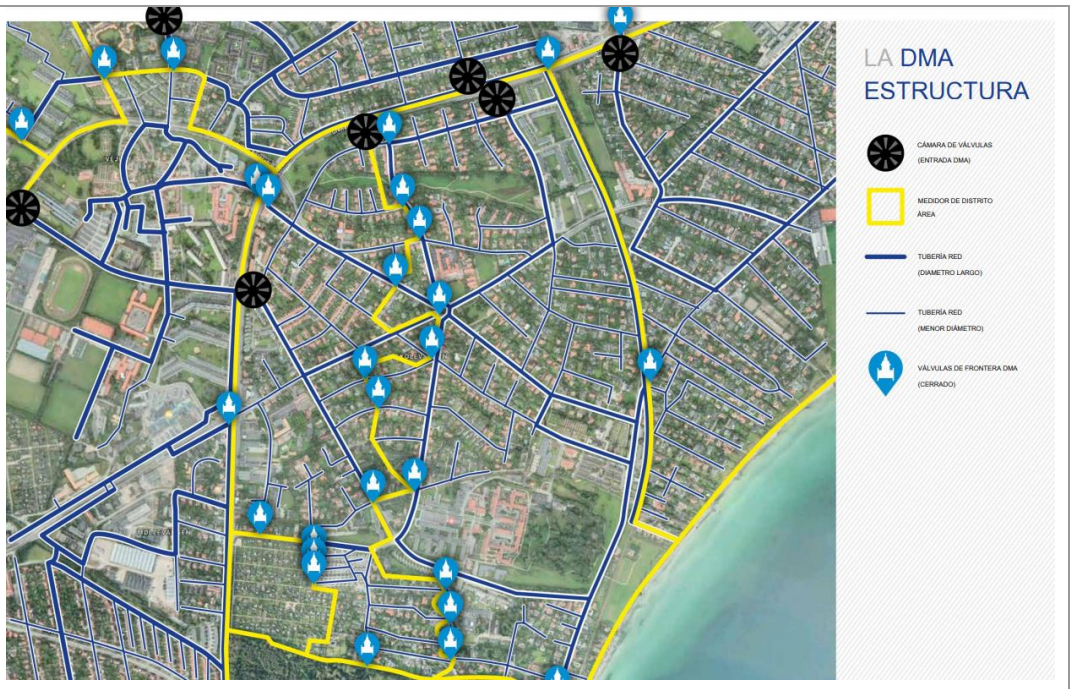
Fuente: *Elaboración propia*

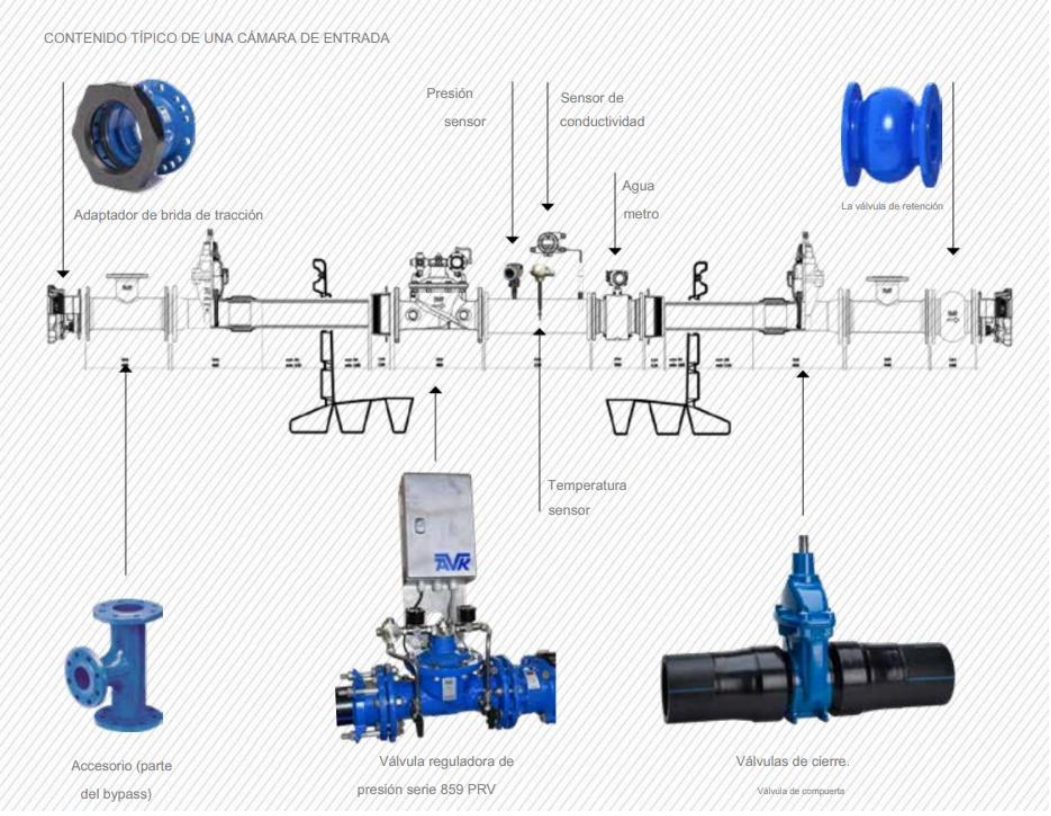
FICHA N°21	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	AVK Valvula (2017). DISTRICT METERED AREAS SOLUTIONS. Recuperado de https://www.avkvalvulas.com/es-es/m%C3%A1s-informaci%C3%B3n-y-soluciones/tecnolog%C3%ADa-del-agua/10-maneras-de-reducir-perdidas-de-agua
Palabras claves:	Criterios para establecer un DMA Estructura de DMA Uso de DMA para reducir NRW Beneficios DMA Control activo de fugas Modelo hidráulico de redes Flujo nocturno neto del DMA
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El follero señala: "Como se describe en el folleto de soluciones AVK NRW, dividir la red en secciones (creando un área medida por distrito (DMA)) es una herramienta eficaz para evitar la pérdida de agua y realizar una gestión activa de NRW" "El agua que entra y sale del DMA se controla y mide estrictamente para calcular el balance hídrico preciso para cada DMA. Basado en el Balance Hídrico de IWA, el NRW puede monitorearse para asegurar una acción rápida y ser la base para planificar las actividades basadas en el mayor retorno de las inversiones en la futura optimización de la red de distribución de agua" "La empresa de agua debería inicialmente establecer zonas más grandes de 5.000 o más conexiones. Posteriormente, puede subdividirlos en DMA y sub-DMA de 1000 o menos conexiones para aquellas DMA con alto NRW y grandes longitudes de tuberías." Como se establece un DMA: "El modelo se desarrolla basándose en el registro GIS de todos los elementos del sistema y se calibra comparando los flujos y presiones simulados con los datos de flujo y presión reales registrados en el sitio. Se realizan ajustes al modelo para garantizar que los datos simulados y reales se correlacionen, creando así un modelo de red hidráulica calibrado. El modelo calibrado se utiliza para el diseño DMA y permite análisis de presiones y flujos del sistema sin afectar el suministro a los clientes." "El modelo hidráulico también es una herramienta esencial para diseñar cualquier forma de Áreas de Manejo de Presión (PMA) para mejorar el

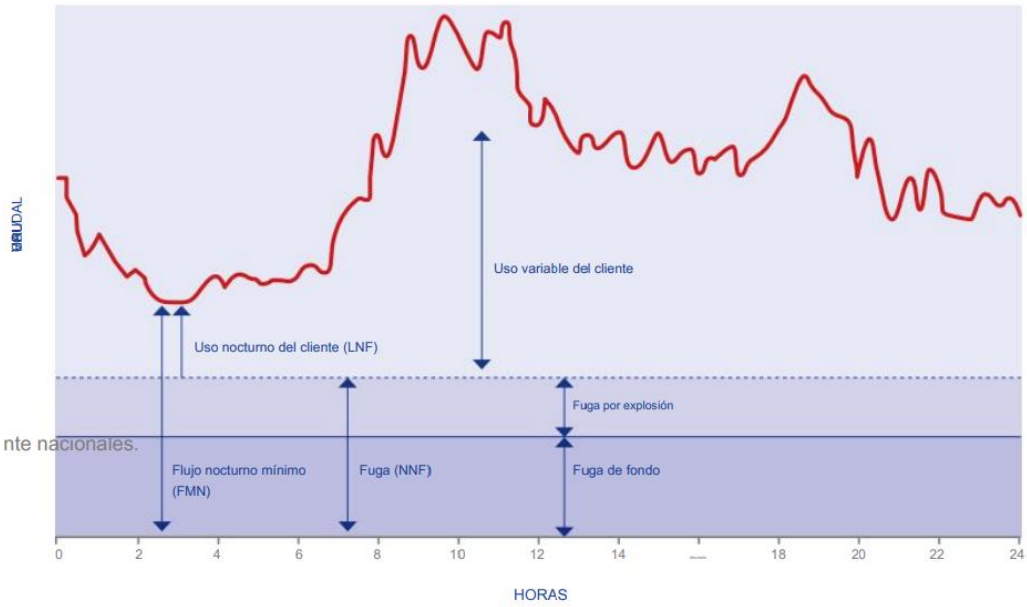
	funcionamiento y ahorrar energía en el bombeo. Según el cálculo del modelo se instalan y operan las válvulas reductoras de presión." "Para estimar el nivel de fuga en el DMA, el operador necesita calcular el flujo nocturno neto (NNF) del sistema, que se determina restando el flujo nocturno legítimo (LNF) del flujo nocturno mínimo (MNF). El MNF se mide como el flujo más bajo hacia la DMA durante un período de 24 horas, lo que generalmente ocurre durante la noche, cuando la mayoría de los consumidores están inactivos. Aunque la demanda de los clientes es mínima durante la noche, los operadores de agua todavía tienen que dar cuenta de la pequeña cantidad de flujo nocturno legítimo (LNF). Para determinar el nivel de flujo nocturno neto (NNF) o la porción del flujo nocturno que se atribuye directamente a la fuga, reste el LNF del MNF registrado." Lugares típicos para buscar fugas: "Uno de los elementos más críticos en la distribución de agua es la conexión de servicio, es decir, monturas de grifos, válvulas antiguas, accesorios y tuberías de servicio de metal mal revestido" "La gestión del NRW debería establecer un límite de intervención, o el nivel en el que el NRW se vuelve inaceptable. Una vez alcanzado el límite de intervención, se deben enviar los equipos para detectar y resolver pérdidas." "Si el tiempo disminuye entre ejercicios de detección, indica que las pérdidas dentro del DMA están ocurriendo con mayor frecuencia y que los activos del sistema se están deteriorando. En tal caso, los administradores de las empresas de agua deberían considerar la rehabilitación de activos, como la rehabilitación de tuberías y válvulas, en lugar de la detección y reparación continua de fugas. La rehabilitación debe basarse en un plan general y cálculos de costo-beneficio para elegir dónde y cuándo las inversiones tendrán el mayor retorno de la inversión. Una vez finalizadas las actividades de rehabilitación de activos, el nivel de NRW generalmente disminuye debido a un menor número de fugas, especialmente subterráneas o no detectadas previamente. Los equipos de monitoreo también deberían detectar un aumento mucho más lento en el nivel de NRW a lo largo del tiempo con la mejorar la condición de los activos y el nivel de intervención debería restablecerse a un nivel más bajo." REDACCIONES PROPIAS

	Entrega criterios para establecer DMA en función a la cantidad de conexiones y, adicionalmente, lo relaciona con sectores con niveles considerables de NRW y longitud de redes. Gráficamente muestra como es la estructura de un DMA y los activos que forman parte de este. También se estable que la gestión del NWR debería tener un límite de intervención, además, señala que se debe realizar un análisis de costo beneficio que muestre que es óptimo rehabilitar.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto al diseño y criterios de DMA. COMPLEMENTA: Información respecto a reducciones de ANR.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	El diseño de una serie de DMA es muy subjetivo y es poco probable que dos ingenieros de servicios públicos que trabajan en la misma red propongan el mismo diseño. El ingeniero suele utilizar un conjunto de criterios para crear un diseño DMA preliminar utilizando un modelo de red y probado en el campo. Estos criterios incluyen:  Tamaño de DMA (por ejemplo, número de conexiones, generalmente entre 500 y 2500)  Número de válvulas que deben cerrarse para aislar el DMA  Número de medidores de flujo para medir entradas y salidas (cuantos menos medidores se requieran, menores costos de establecimiento y lectura más precisa).  Variaciones del nivel del suelo y, por tanto, presiones dentro del DMA (cuanto más agitada sea la zona, más estables serán las presiones y más fácil será establecer controles de presión)  Ubicación de estructuras visibles que puedan servir como límites lógicos para la DMA, como ríos, canales de drenaje, ferrocarriles, carreteras, etc.


Planta de
captación y
tratamiento
Entrada con
medidor de volumen
Medidas del medidor de distrito
fluir hacia el distrito, por ejemplo
500-2500 conexiones
Medidor de subdistrito
las medidas fluyen hacia un área
más pequeña
Medidor de fuente
medidas
entrada total
Red eléctrica
Diseño típico de DMA
Para dividir un gran sistema abierto en una
serie de DMA, es esencial cerrar válvulas para
aislar un área determinada e instalar
Medidores de flujo. Este proceso puede afectar
las presiones del sistema, tanto dentro de
ese DMA en particular como en sus áreas
circundantes. Al utilizar un modelo hidráulico
para simular el flujo y la presión, la empresa de
agua puede diseñar el sistema de suministro para
todos los clientes de modo que no se vea
comprometido en términos de presión y horas de suministro.


LA DMA
ESTRUCTURA
CÁMARA DE VÁLVULAS
(ENTRADA DMA)
MEDIDOR DE DISTRITO
ÁREA
TUBERÍA RED
(DIAMETRO LARGO)
TUBERÍA RED
(MENOR DIÁMETRO)
VÁLVULAS DE FRONTERA DMA
(CERRADO)


CONTENIDO TÍPICO DE UNA CÁMARA DE ENTRADA
Adaptador de brida de tracción
Presión
sensor
Sensor de
conductividad
Agua
metro
La válvula de retención
Temperatura
sensor
Accesorio (parte
del bypass)
Válvula reguladora de
presión serie 859 PRV
Válvulas de cierre.
Válvula de compuerta



nte nacionales.

Flujo nocturno neto (NNF) o la porción del flujo nocturno que se atribuye directamente a la fuga, reste el LNF del MNF registrado

$$NNF = MNF - LNF$$

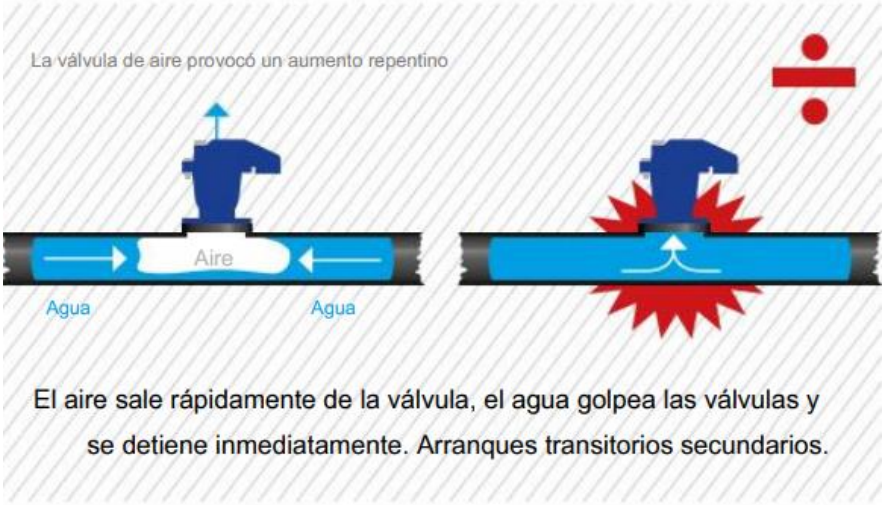
Válvulas

Las válvulas de aire y vacío también se conocen como: Válvulas cinéticas, Válvulas de aire de orificio grande, Rompedores de vacío, Válvulas de aire de baja presión y Válvulas de alivio de aire.

- Las válvulas automáticas de liberación de aire liberan continuamente cantidades relativamente pequeñas de aire de una línea presurizada. La válvula de liberación de aire automática también se conoce como válvula de aire de orificio pequeño y válvula de aire a presión.

- Las válvulas de aire combinadas cumplen las tareas requeridas por ambos tipos de válvulas: neumática, de vacío y automática. Descargan o aspiran grandes volúmenes de aire cuando se vacían o vacían un sistema y liberan continuamente pequeños volúmenes de aire cuando la línea está presurizada.

- Las válvulas de aire combinadas también se conocen como válvulas de aire de doble orificio, de doble acción o de doble orificio.

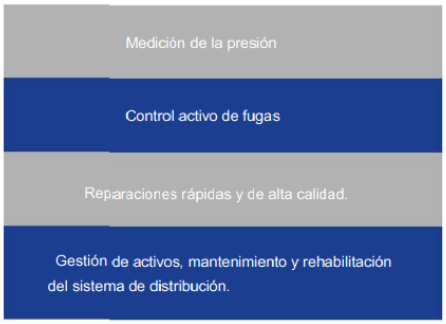


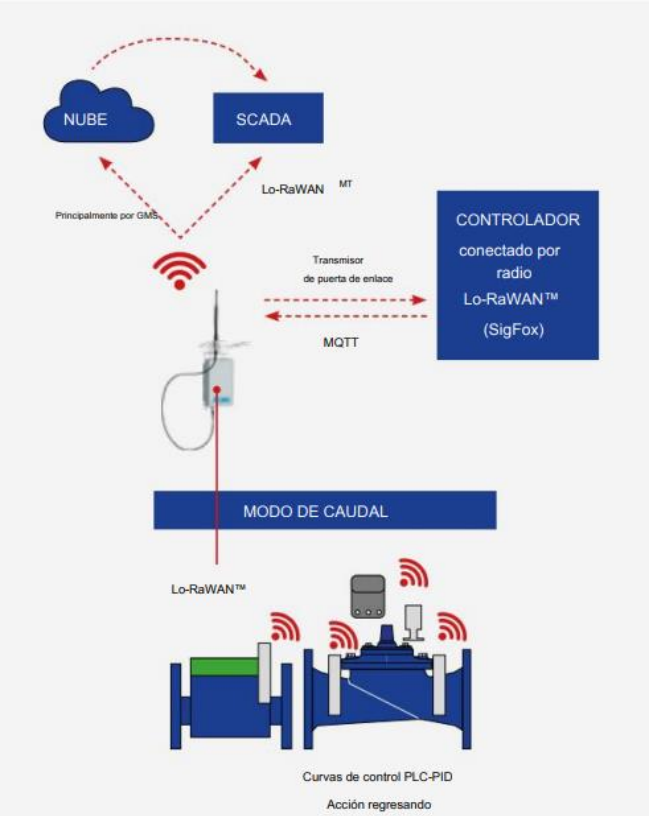
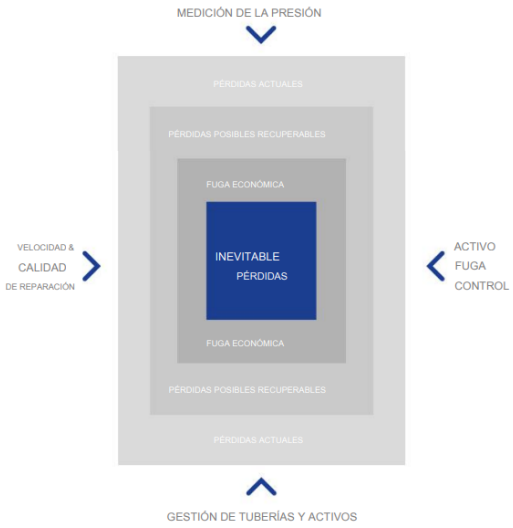




Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°22	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	AVK Válvulas (2020). PRESSURE MANAGEMENT SOLUTION. Recuperado de https://www.avkvalvulas.com/es-es/m%C3%A1s-informaci%C3%B3n-y-soluciones/tecnolog%C3%ADa-del-agua/10-maneras-de-reducir-perdidas-de-agua
Palabras claves:	Gestión de Fugas Gestión de activos Economic Leakage Level (ELL) PMA
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El folleto señala: " Economic Leakage Level (ELL): Se basa en un cálculo de coste-beneficio, teniendo en cuenta el coste de reducir aún más el ANR, los ahorros de energía alcanzables y el coste del suministro de otras fuentes de agua." "El nivel de presión y las variaciones de presión en la red influyen fuertemente en la frecuencia de rotura de las tuberías. Es fundamental introducir una gestión de la presión, que puede conducir a una reducción significativa de la frecuencia de las ráfagas. Un estudio internacional sobre más de 100 casos ha demostrado una reducción de las explosiones de alrededor del 50% en promedio después de la implementación de la gestión de la presión." "La gestión de la presión puede reducir el consumo de energía para el bombeo al permitir una presión más baja en general y especialmente durante las horas de menor actividad. La presión se ajustará a la presión crítica en un consumidor estratégico en la DMA, lo que significa que no se utilizará energía para bombear agua a un nivel superior al necesario." "La DMA con gestión de la presión también se denomina PMA (Área de gestión de la presión)" Válvulas de control para optimizar la presión: "Mantienen una determinada presión, caudal o nivel independientemente de los cambios en la red de suministro, y por tanto ayudan a reducir las pérdidas de agua y contribuyen a un suministro eficiente de agua." Válvulas de control inteligentes, presión impulsada por la demanda: "La válvula es operada por dos pilotos de 2 vías (3)-(4) para reducción de presión con valores ajustables preestablecidos para el punto de ajuste de

	presión diurno y nocturno respectivamente. Los pilotos son activados por el controlador (5) según un horario o flujo alto/bajo." "La solución de gestión de presión en modo de tiempo consiste en ajustar/regular la presión de salida/aguas abajo de la PRV según el horario nocturno y diurno, que se puede calibrar y preconfigurar normalmente con una presión diurna más alta y una presión nocturna más baja. Por lo general, se emplea para reducir la presión nocturna y, por lo tanto, reducir los niveles de fuga. Con programación diaria y semanal, el controlador funciona con baterías con una vida útil promedio estándar de 10 años si se usa a diario. El controlador se puede programar con tres intervalos de tiempo de baja presión separados utilizados todos o combinados individualmente para cada día de la semana" REDACCIONES PROPIAS Proporciona ideas en cuanto a válvulas inteligentes que podrían ser útiles para DMA con ciertas características. Lo anterior es útil en sectores donde existe mucho ilícito y es factible poder controlar los consumos nocturnos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a tecnologías de válvulas inteligentes.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

	Válvulas de control inteligentes  

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°23	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Itron (2023). Mitigating Non-Revenue Water: Strategies for Sustainable Water Supply (White Paper). Recuperado de https://na.itron.com/es-MX/products/temetra
Palabras claves:	Agua no contabilizada (ANR) Técnicas de medición Gestión ANR Eficiencia operativa Preservar recursos hídricos Garantizar suministro sostenible Causas de Pérdidas Impacto financiero, físico, ambiental y social TELEMETRA ANALYSIS
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El documento señala: "Este documento técnico investiga las causas y repercusiones del ANR, evalúa técnicas de medición y presenta una serie de estrategias para que las empresas de agua minimicen y gestionen el ANR." (p.3) "Al abordar este problema, las empresas de servicios públicos pueden mejorar la eficiencia operativa, preservar los recursos hídricos y garantizar un suministro de agua sostenible para las comunidades." (p.3) "El objetivo de este documento es resaltar los problemas que enfrentan las empresas de servicios públicos después de realizar una auditoría del agua y analizar un resultado importante de la auditoría: la comprensión y el tratamiento del agua no facturada." (p.3) "Causas de las Pérdidas Físicas (p.4): Fugas y roturas de tuberías: el envejecimiento de las tuberías, la corrosión, el cambio de la infraestructura aérea y la falta de mantenimiento pueden provocar fugas y roturas de tuberías. Estas fallas pueden resultar en una pérdida significativa de agua cuando el agua se escapa del sistema de distribución. Válvulas y accesorios con fugas: las válvulas y accesorios defectuosos o mal mantenidos también pueden contribuir a pérdidas reales. Estos componentes son fundamentales para controlar el flujo de agua dentro del sistema y su falla puede provocar fugas de agua"

	Desbordamiento de depósitos y tanques: en algunos casos, los depósitos y tanques de agua pueden desbordarse debido al mal funcionamiento de las válvulas de flotador o a una presión excesiva. Este desbordamiento representa una forma de pérdida real. Fugas en Red Secundaria: Más allá de la primaria, en la red de distribución, pueden ocurrir fugas en la red secundaria, incluidas las líneas de servicio a propiedades individuales y tuberías de menor diámetro. Estas fugas más pequeñas pueden contribuir colectivamente a pérdidas significativas." "Causas de pérdidas aparente (comerciales) (p.4): Imprecisiones de medición: Defectuosas o mal calibradas Los medidores pueden dar lugar a que el consumo de agua se registre por debajo o por encima. Esto da lugar a discrepancias entre la cantidad de agua suministrada y el importe facturado. Manipulación de medidores: algunos consumidores pueden alterar los medidores de agua para reducir su consumo registrado, lo que genera una facturación insuficiente y una pérdida de ingresos para la empresa de servicios públicos. Conexiones ilegales: Las conexiones no autorizadas o ilegales al sistema de distribución pueden resultar en un consumo de agua que no se contabiliza ni se factura. Robo de agua: El robo deliberado de agua, como la utilización de líneas de distribución sin permiso, es una forma directa de pérdida aparente." "Causas de pérdidas inevitables (p.4) Extinción de incendios: el agua utilizada para combatir incendios, incluidas las pruebas de hidrantes y las actividades de extinción de incendios, es un ejemplo de pérdida inevitable. Garantizar un suministro adecuado de agua para emergencias es crucial. Lavado y mantenimiento del sistema: El lavado del sistema de distribución para eliminar sedimentos y garantizar la calidad del agua, así como las actividades de mantenimiento como el ejercicio y reparación de válvulas, pueden provocar pérdidas temporales de agua. Agua para presurización del sistema: Se requiere una cierta cantidad de agua para mantener la presión del sistema, especialmente en redes de distribución más grandes. Esta agua sirve para evitar reflujos y contaminación, pero contribuye a pérdidas inevitables." "Consecuencias EL IGNORAR O POSPONER LA GESTIÓN (FINANCIERAS -AMBIENTALES - SOCIALES Y COMUNITARIAS) (P.5): Aumento de los costos operativos: las empresas de servicios públicos deben gastar recursos adicionales para tratar, bombear y distribuir el agua que finalmente se pierde. Esto conduce a mayores costos operativos y a una mayor presión sobre los presupuestos. Capacidad de inversión reducida: alto NRW limita la capacidad de inversión de una empresa de servicios públicos. Capacidad de invertir en mejoras y

	mantenimiento de infraestructura, comprometiendo potencialmente la confiabilidad y eficiencia del sistema de distribución del agua. Uso despilfarrador de recursos: La pérdida de agua tratada representa un despilfarro de un recurso finito y esencial. A medida que la escasez de agua se convierte en una preocupación mundial, conservarla es crucial para la sostenibilidad ambiental. Consumo de energía: La energía utilizada en el tratamiento y bombeo de agua que finalmente se pierde se pierde contribuye a un mayor consumo de energía y emisiones de carbono, lo que afecta la huella de carbono del sistema de suministro de agua. Impacto Ecológico: Sobre extracción de agua de fuentes naturales. Las fuentes para compensar el ANR pueden tener efectos ecológicos adversos, como la reducción del caudal de los ríos y la alteración del hábitat. Interrupciones del servicio: un NRW alto puede resultar en un suministro de agua poco confiable, lo que genera interrupciones frecuentes del servicio, incomoda a los consumidores y afecta su calidad de vida. Asequibilidad: cuando las empresas de servicios públicos compensan la pérdida de ingresos aumentando las tarifas del agua, esto puede hacer que el agua sea menos asequible para los hogares de bajos ingresos, lo que exacerba los problemas de equidad y acceso. Salud e higiene: el suministro inadecuado de agua debido al agua no potable puede comprometer la salud pública, ya que el acceso al agua potable y a los servicios de saneamiento es fundamental para la higiene y la prevención de enfermedades. “Realizar una auditoría del agua es el primer paso para comprender el desempeño y las ineficiencias asociadas con el sistema de distribución. Una auditoría del agua es una evaluación sistemática del uso y las pérdidas de agua dentro de un sistema de suministro o distribución de agua. Realizar una auditoría del agua puede proporcionar información valiosa sobre cómo se gestiona el agua y puede ayudar a identificar áreas de mejora en términos de conversación sobre el agua, eficiencia operativa y ahorro de costos.” (p.6) “Será necesario recopilar, sincronizar y normalizar los datos de diversas fuentes, como plantas de tratamiento de agua/estaciones de bombeo, para consumidores individuales, para cualquier variación de tiempo entre los períodos de recopilación.” (p.6) “Los esfuerzos de mitigación pueden incluir rehabilitación de tuberías, mantenimiento y monitoreo regulares, adopción de tecnología para la detección de fugas, mejoras en la precisión de los medidores y medidas regulatorias para prevenir robos y conexiones no autorizadas.” (p.6) “Mejoras en la infraestructura:

	Rehabilitación y reemplazo de tuberías: identificar y reemplazar tuberías envejecidas o deterioradas para reducir las pérdidas físicas causadas por fugas y explosiones. Optimización de válvulas y bombas: asegúrese de que las válvulas y bombas estén bien mantenidas y funcionen de manera óptima para minimizar las pérdidas de agua. DMA: Zonas más pequeñas y manejables, cada una equipada con medidores de flujo y válvulas de aislamiento. Esto permite a las empresas de servicios públicos monitorear y aislar secciones de la red, lo que facilita la detección de fugas y la gestión de NRW.” (P.6) “Adopción de Tecnología: Infraestructura de medición avanzada (AMI) Sistema de monitoreo y control remoto Medidores de flujo Análisis de datos Gestión de presión Tecnologías de presión de fugas” (p.6) “Metrología de Medición (p.6): Tipos de medidores de agua Tamaños y condiciones de instalación Desempeño Curvas de envejecimiento Errores de lectura y manejo” “La selección, la instalación, el mantenimiento, las lecturas automatizadas de los medidores y el monitoreo de los procesos de lectura adecuados son pasos esenciales para reducir el ANR y optimizar los sistemas de suministro de agua.” (p.7) “Recursos humanos y formación (p.7) Equipos de detección de fugas: reúna equipos dedicados capacitados en técnicas de detección de fugas y equipado con las herramientas necesarias para identificar y reparar fugas de manera eficiente. Ingenieros y analistas de datos: emplear profesionales para analizar datos, evaluar el rendimiento del sistema y desarrollar estrategias para la reducción de NRW.” “Los esfuerzos para mitigar el NRW son más efectivos cuando están guiados por objetivos claros y una estrategia bien definida. Establecer y alcanzar objetivos de reducción de ANR es un paso crucial en el proceso e involucra varios componentes clave.” (P.7) “Beneficios de Abordar NWR (p.7): Ahorro de costos Aumento de ingresos

	Confiabilidad del servicio Conservación de los recursos Resiliencia de la infraestructura Satisfacción del cliente Beneficios ambientales: Protección de los recursos hídricos Ahorro de energía Eficiencia Operativa Sostenibilidad y viabilidad a largo plazo Cumplimiento de requisitos regulatorios Bienestar comunitario Distribución equitativa del agua Resiliencia climática” “Abordar el NRW es un esfuerzo multifacético que genera estabilidad financiera, eficiencia operativa, responsabilidad ambiental y beneficios sociales. Las empresas de agua que priorizan la reducción de ANR no solo contribuyen a la sostenibilidad de los recursos hídricos, sino que también mejoran la calidad de vida de sus comunidades y, al mismo tiempo, garantizan la viabilidad a largo plazo de sus operaciones.” (p.8) TEMETRA ANALYSIS: “es una solución integral diseñada para abordar las pérdidas de agua no contabilizadas dentro de los sistemas de distribución de agua. Esta solución tiene como objetivo ofrecer resultados mensurables mejorando la eficiencia operativa, reduciendo los costos operativos, mejorando la confiabilidad y aumentando la resiliencia.” REDACCIONES PROPIAS Expresa de manera clara, cuáles son los resultados de la gestión del ANR, coloca principalmente la eficiencia operativa, preservar recursos hídricos y garantizar suministro sostenible. Resultados que apunta principalmente este estudio la eficiencia hídrica y la gestión del activo. Considerando lo anterior la gestión del ANR es fundamental para lograr y obtener resultados positivos de la aplicación del estudio. Permite identificar los problemas más recurrentes de las empresas presentan para abordar la gestión ANR (auditoría del agua). <u>Se recomienda iniciar</u> con una auditoría del agua que permita recopilar información como gestionar el agua e identificar áreas de mejora en términos de eficiencia operativa y ahorros de costos. Se indican Tips respecto de la metrología de los medidores, tener lecturas automatizadas y el monitoreo de los procesos son esenciales para reducir los ANR.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto de los principales problemas, comunes dentro de las empresas de servicios de agua.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	Adopción de tecnología » Infraestructura de medición avanzada (AMI): implementar sistemas de medición modernos que proporcionan datos precisos en tiempo real sobre el consumo de agua, lo que permite a las empresas de servicios públicos detectar anomalías con prontitud. » Sistemas de monitoreo y control remoto: utilizar tecnología para monitorear y controlar de forma remota los sistemas de distribución de agua, permitiendo respuestas rápidas ante fugas y patrones de consumo anormales. » Medidores de flujo: Los medidores de flujo se utilizan para medir el flujo de agua en varias partes del sistema de distribución. Proporcionan datos en tiempo real sobre el consumo de agua y pueden ayudar a detectar patrones de consumo anormales que pueden indicar fugas o robo. » Análisis de datos: las técnicas avanzadas de análisis de datos pueden Analice datos de flujo, patrones de consumo y niveles de presión para identificar áreas con posibles fugas o alto NRW. El análisis predictivo puede ayudar en la gestión proactiva del NRW. » Gestión de la presión: optimización de la presión dentro del El sistema de distribución puede ayudar a reducir la probabilidad de fugas y explosiones. Los sistemas de gestión de presión pueden ajustar los niveles de presión según la demanda, minimizando la tensión en las tuberías. » Tecnologías de detección de fugas: varias tecnologías, como Los sensores acústicos pueden detectar el sonido del agua que se escapa de las tuberías, ayudando en la identificación de fugas. Además, las tecnologías satelitales y los drones pueden proporcionar detección y monitoreo integrales de fugas.

Metrología de medición

Los medidores son dispositivos de medición instalados en cada conexión.

para contar el agua consumida.

» Tipos de medidores de agua: los medidores de agua vienen en varios tipos con diferentes tecnologías de medición. Estos incluyen medidores de chorro múltiple, de chorro único, volumétricos, de disco nutante, Woltman, ultrasónicos, de oscilación fluídica y electromagnéticos. Cada tipo tiene sus propias ventajas y limitaciones, y la selección del tipo de medidor apropiado depende de factores como el caudal, la calidad del agua y el presupuesto.

» Tamaños y condiciones de instalación: Los medidores de agua también varían en tamaño para adaptarse a diferentes caudales. Es esencial elegir el tamaño de medidor correcto para garantizar una medición precisa.
Además, las condiciones de instalación adecuadas que se aplican a medidores específicos, como garantizar un recorrido de tubería recta/horizontal antes y después del medidor, son cruciales para evitar turbulencias e imprecisiones en algunas tecnologías.

» Desempeño meteorológico: la precisión de los medidores de agua es fundamental para la recaudación de ingresos y la reducción del ANR. Los medidores deben elegirse en función de sus especificaciones de precisión y relación. El mantenimiento y la calibración regulares son necesarios para garantizar que los medidores sigan funcionando dentro de límites aceptables.

objetivos de reducción de NRW

Establecer objetivos realistas

» Específicos y mensurables: los objetivos de reducción de ANR deben ser específicos y mensurables, permitiendo a las empresas de servicios públicos realizar un seguimiento preciso del progreso. Por ejemplo, reducir el ANR en un determinado porcentaje o volumen durante un período de tiempo definido.

» Alcanzable: Los objetivos deben ser realistas y alcanzables en función de la capacidad de la empresa de servicios públicos, los recursos disponibles y la condición del sistema de distribución.

	» Con plazos determinados: establecer un cronograma o fecha límite para lograr los objetivos proporciona una sensación de urgencia y responsabilidad. Monitoreo y evaluación » Evaluación periódica: Las empresas de servicios públicos deben monitorear y evaluar continuamente sus esfuerzos de reducción de NRW. Esto implica recopilar datos sobre las pérdidas de agua, realizar auditorías periódicas y emplear técnicas de medición para evaluar el progreso. » Métricas de desempeño: Desarrollar indicadores clave de desempeño (KPI) que midan la efectividad de las medidas de reducción de NRW. Estas métricas pueden incluir tasas de fuga, precisión de los medidores y tasas de recaudación de ingresos.

Beneficios

1. Ahorro de costos:

Eficiencia financiera: la reducción del ANR conduce a un aumento de los ingresos, ya que las empresas de servicios públicos facturan con precisión el agua suministrada. Estos ingresos adicionales pueden compensar los costos operativos y reducir la necesidad de aumentos de tarifas.

2. Aumento de ingresos:

Facturación precisa: Mitigar las pérdidas comerciales garantiza que las empresas de servicios públicos reciban el pago por el agua que suministran, lo que aumenta su flujo de ingresos.

3. Confiabilidad del servicio mejorada:

Suministro de agua constante: Un NRW más bajo significa menos interrupciones en el servicio, lo que resulta en un suministro de agua más confiable para los consumidores. Esto mejora la satisfacción general del cliente y la confianza en la empresa de servicios públicos.

4. Conservación de Recursos:

Preservación de los recursos hídricos: abordar el agua no renovable contribuye a la conservación de valiosos recursos hídricos, particularmente cruciales en regiones que enfrentan escasez de agua o condiciones de sequía.

5. Resiliencia de la infraestructura:

Reducción de pérdidas físicas: las medidas de reducción de NRW, como la rehabilitación de tuberías, mejoran la durabilidad y resiliencia del sistema de distribución, reduciendo el riesgo de fallas en la infraestructura.

6. Satisfacción del cliente:

Mejora de la calidad del servicio: Un NRW más bajo significa una mejor calidad del servicio, una reducción del desperdicio de agua y un acceso más equitativo a los servicios de agua, lo que conduce a una mayor satisfacción del cliente.

7. Beneficios ambientales:

Protección de los recursos hídricos: la reducción de las pérdidas de agua se traduce en una menor extracción de agua de fuentes naturales, preservando los ecosistemas acuáticos y minimizando el impacto ecológico.

Ahorro de energía: Reducir el NRW reduce la energía necesaria para el tratamiento y distribución del agua, lo que lleva a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

8. Eficiencia operativa:

Asignación optimizada de recursos: las empresas de servicios públicos pueden asignar recursos de manera más eficiente, dirigiendo los ahorros de la reducción de NRW hacia mejoras de infraestructura, actualizaciones tecnológicas o mejoras de servicios adicionales.

9. Sostenibilidad y Viabilidad a Largo Plazo:

Sostenibilidad financiera: El aumento de ingresos y ahorros de costos resultantes de la reducción del NRW respalda la sostenibilidad financiera de la empresa de servicios públicos, asegurando su viabilidad a largo plazo.

10. Cumplimiento de Requisitos Regulatorios:

Cumplimiento regulatorio: Abordar NRW ayuda a las empresas de servicios públicos a cumplir con las regulaciones de calidad y conservación del agua, reduciendo el riesgo de sanciones o penalizaciones.

11. Bienestar comunitario:

Acceso al agua potable: la reducción del agua potable garantizada garantiza que más personas tengan acceso a agua potable segura y confiable, lo que mejora la salud pública y el bienestar.

12. Distribución equitativa del agua:

Equidad: Las medidas de reducción del ANR pueden ayudar a garantizar que los servicios de agua se distribuyan de manera más equitativa, beneficiando a todos los segmentos de la comunidad.

13. Resiliencia climática:

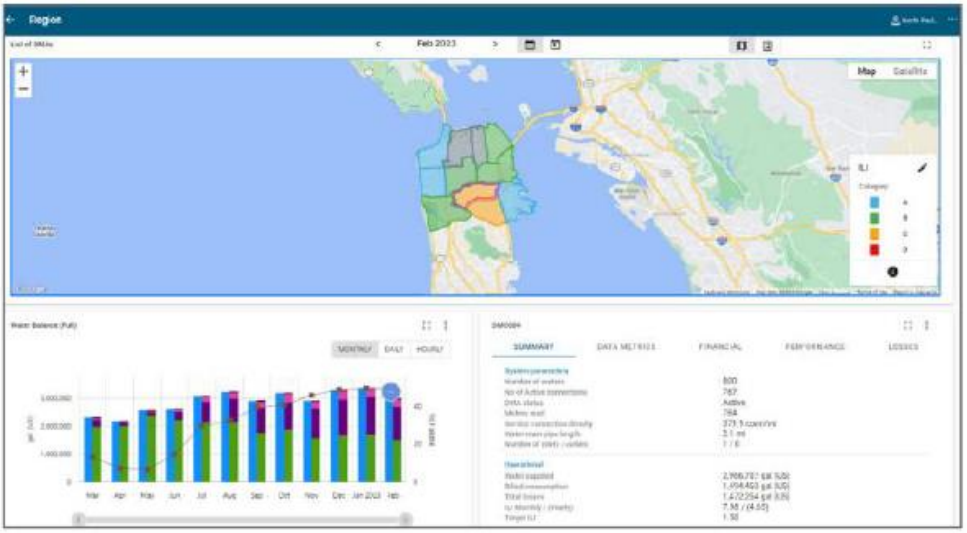
Vulnerabilidad reducida: al minimizar las pérdidas de agua y optimizar los sistemas de distribución, las empresas de servicios públicos se vuelven más resilientes a los desafíos relacionados con el clima, como las sequías y los eventos climáticos extremos.

TEMETRA ANALYSIS

Visibilidad operativa

» Balance hídrico automatizado: Temetra Analysis automatiza los cálculos del balance hídrico para todas las áreas con medidor distrital conectadas

(DMA) utilizando diversas fuentes de datos de servicios públicos.

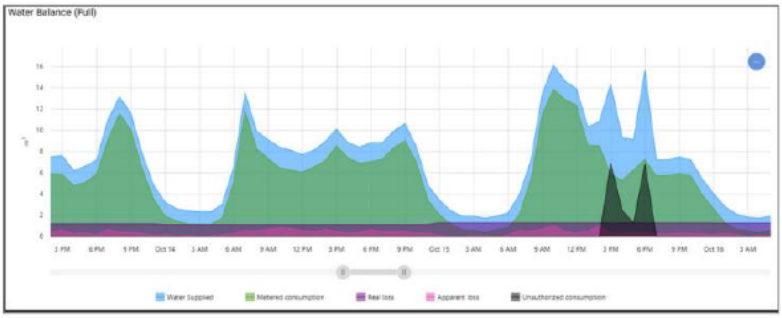


Operational Visibility proporciona vistas, paneles e informes intuitivos, lo que permite a las empresas de agua monitorear el estado y el rendimiento de toda su red de distribución de agua.

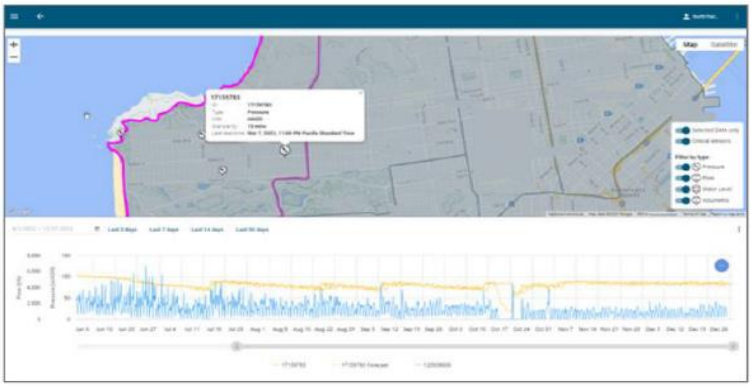
» Monitoreo de KPI de Pérdida de Agua: Además de los porcentajes de pérdida, el La solución proporciona indicadores clave de rendimiento (KPI) adicionales siguiendo los estándares de la Asociación Internacional del Agua (IWA) para priorizar el trabajo y distinguir entre DMA de manera más significativa.

» Simulación y visualización hidráulica: visualizar las características hidráulicas de cada DMA ayuda a monitorear y localizar pérdidas de manera eficiente.

» Monitoreo de la red de transmisión: la plataforma proporciona una visión integral de toda la red, incluidas la red principal, los tanques de agua y los sectores de almacenamiento, para monitorear las entradas, salidas y pérdidas.



Consulta tu Balance Hídrico con consumo horario



Muestre datos de flujo y presión en varios sectores.

Garantía de ingresos por agua

» Precisión de los datos del consumidor: este componente se centra en Mantener registros precisos de los consumidores dentro del Sistema de información del cliente (CIS) para garantizar la comprensión del flujo de ingresos.

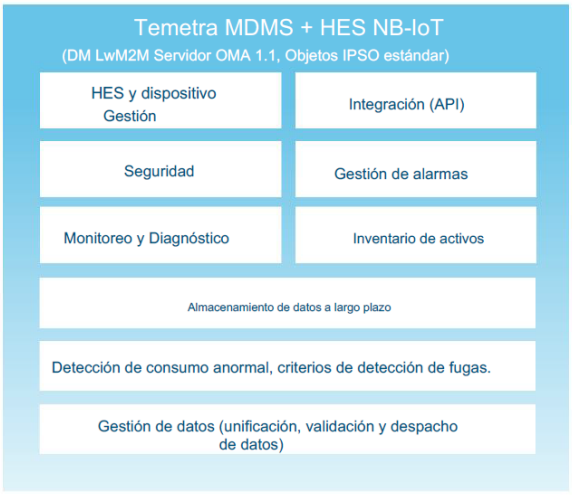
» Limpieza de Datos: Incluye detección y corrección imprecisiones en la base de datos, como identificaciones duplicadas, identificaciones faltantes, errores de datos, etc., antes de analizar los datos de consumo.

» Análisis de consumo: Después de la limpieza de datos, consumo Los perfiles se aplican a los datos del medidor para detectar pérdidas, anomalías y patrones de consumo, incluido el flujo inverso del medidor, problemas con el tamaño del medidor, uso inusual, etc.

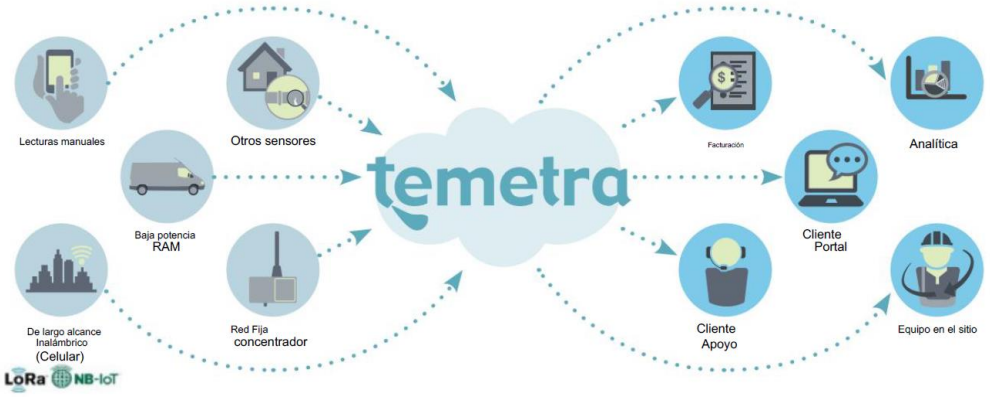
Fuente: *Elaboración propia*

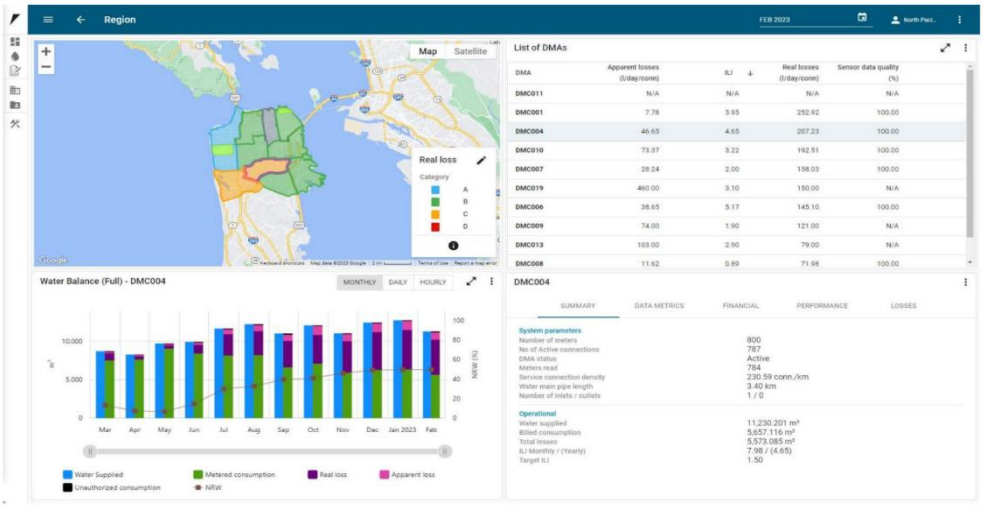
FICHA N°24	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Itron. (2023). AMI Essentials Deploy and unlock value-based outcomes and establish a foundation for your smart water and gas distribution networks. Recuperado de https://na.itron.com/o/commerce-media/accounts/-1/attachments/3827958
Palabras claves:	Gestión de activo Desafíos operativos Soluciones de gestión Software
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El documento señala: "En toda Asia Pacífico, las condiciones ambientales diversas y extremadamente desafiantes hacen necesario garantizar que la infraestructura, ya envejecida, mantenga una larga vida útil. En esta situación, se vuelve imperativo implementar soluciones de gestión y distribución de agua que aborden las limitaciones de la escasez de agua y los desafíos de gestión de activos." "AMI Essentials para el agua está disponible para ayudarlo a respaldar el diseño, la implementación y los desafíos operativos de sus soluciones de gestión del agua mediante: Mejorar la eficiencia para diseñar, implementar y operar su solución de gestión del agua. Desarrollar soluciones basadas en tecnología preparada para el futuro Reducir los costos de implementación en campo, maximizar el retorno de la inversión y el valor de datos Reducir los costos operativos con el uso eficiente de los recursos a corto y largo plazo Mejorar la precisión de la cobranza y proteger los ingresos minimizando las pérdidas Llevando los KPI empresariales al siguiente nivel Mejorar las condiciones laborales de los empleados y la satisfacción del cliente Mejorar el servicio al cliente" "AMI Essentials para el agua incluye opciones de conectividad y otros servicios para optimizar la planificación, la implementación y las operaciones, y evaluar los riesgos de conectividad, entre muchos otros. Esto ayuda a mejorar la calidad del servicio y extender la vida útil de la solución."

	“Como proveedor de soluciones de extremo a extremo, Itron integra datos de muchas fuentes, como puntos finales de medición de red, SCADA, GIS, modelado hidráulico y sistemas CIS, para proporcionar a las empresas de agua una visión centralizada y holística de su red de distribución de agua. Las herramientas e informes analíticos escalables y de alto rendimiento convierten estos datos en conocimientos e inteligencia procesable que puede aplicar en toda su operación.” REDACCIONES PROPIAS AMI, entrega una visión integral del software que permite revisar toda la información en una sola plataforma.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto de los avances en Software para el control del activo.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	



Funcionalidades de Temetra MDMS + Back Office integrado para NB-IoT





Visibilidad operativa del análisis de Temetra

Beneficios:

Reducir el riesgo de las opciones tecnológicas

» Ofrecer un sistema abierto, flexible y basado en estándares,
plataformas de extremo a extremo

» Ofrecer opciones tecnológicas que incluyan la red Itron Gen5 Mesh y redes celulares de terceros que aprovechen NB-IoT.
y LoRaWAN

» Garantizar un enfoque independiente del operador

» Identificar, diagnosticar, interpretar y monitorear anomalías antes
ocurren problemas

Diseñado para servicios públicos de agua

» Recopile, administre y presente datos utilizando un sistema unificado

» Respaldar los procesos comerciales de servicios públicos adoptados globalmente
y tecnologías

» Operar la solución de una manera sencilla

Maximizar el valor empresarial

» Mejore el proceso de recopilación de datos, reduzca el agua no contabilizada y los gastos operativos, y obtenga un retorno de la inversión más rápido

» Obtenga eficiencia operativa y beneficios del agua no contabilizada al instante mediante
análisis de datos integrados de forma nativa

» Elija opciones flexibles de implementación y precios

Soluciones enfocadas a largo plazo

» Garantizar una plataforma flexible de extremo a extremo

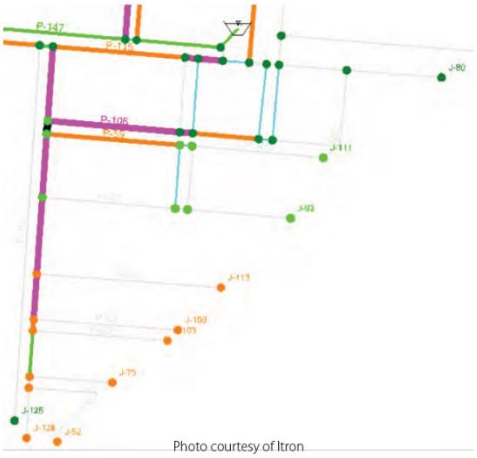
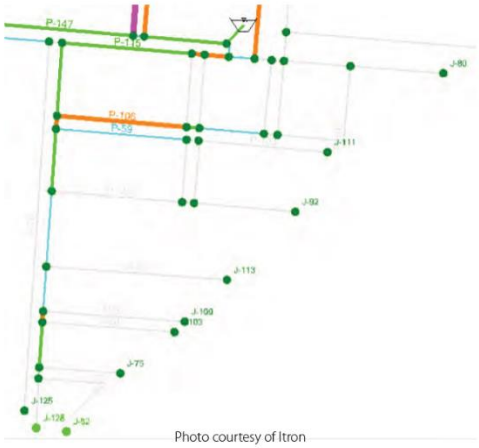
» Centrarse en abordar la conservación del agua y los ingresos
planes de protección

» Mejorar los KPI clave del negocio (CARL, UARL, etc.)

» Respalde planes a largo plazo con alta confiabilidad
opciones de comunicacion

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°25	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Water Online. (2023). Why Your Water Utility Should Be Using Hydraulic Modeling. Recuperado de https://www.wateronline.com/doc/why-your-water-utility-should-be-using-hydraulic-modeling-0001
Palabras claves:	Modelos hidráulicos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El artículo indica: "El monitoreo hidráulico permite un análisis regular y continuo de la red de agua, lo que permite a las empresas de agua responder de manera proactiva al deterioro de la red y las variaciones de la demanda antes de que estos cambios comiencen a molestar a los clientes." El modelo hidráulico permite: Mejorar la experiencia del cliente Mejora el rendimiento del sistema Pre-localización de fugas Planificación de reposición de infraestructura Crecimiento demográfico Visibilidad de las desviaciones del pronóstico "Para comenzar a emplear modelos hidráulicos, las empresas de agua deben primero recopilar tanta información como sea posible sobre sus activos actuales, incluidos los mapas más actualizados de tuberías, ubicaciones de válvulas y puntos finales, diámetros de tuberías y más. Si la empresa de servicios públicos utiliza un sistema de información geográfica (SIG), éste puede ser una herramienta vital para la gestión de redes basada en modelos hidráulicos." REDACCIONES PROPIAS Como se indica los modelos permiten optimizar el sistema de desempeño.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta**	AVALAR: El valor de los modelos hidráulicos en el sistema de gestión de agua.

Otros aportes	
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 Photo courtesy of Itron **Figure 1.** This hydraulic model shows homes that are beginning to see a drop in pressure (orange nodes). The pipeline highlighted in magenta shows a bottleneck that may be causing this. From here, the operator can simulate a replacement of the magenta pipe with a larger-diameter or, optionally, a parallel pipe.  Photo courtesy of Itron **Figure 2.** This hydraulic model shows the scenario in which the bottleneck pipes highlighted in Figure 1 are upgraded from 100 mm to 150 mm, relieving the pressure issue in the majority of the system (node colors changed from orange to green).

Fuente: *Elaboración propia*

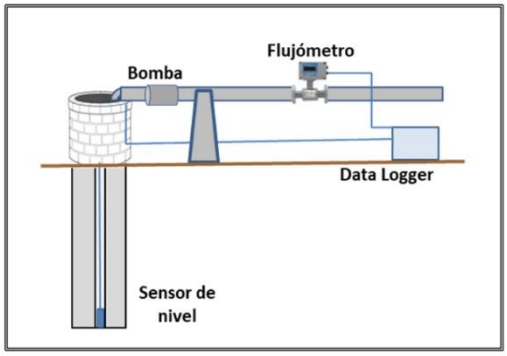
FICHA N°26	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Dirección General de Aguas, DGA. (2023). Monitoreo de Extracciones Efectivas (MEE) de Aguas Subterráneas [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/controlExtracciones/Documents/material_MEE_aguas_subterraneas.pdf
Palabras claves:	Monitoreo de Extracciones Efectivas (MEE) de Aguas Subterráneas Acuíferos Caudal extraído Monitoreo de nivel freático
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La presentación señala: "Importancia de MEE: Monitoreo del nivel de los acuíferos - Conocimiento de los recursos hídricos - Cuidado de los acuíferos - Visualización de datos para el usuario: caudal extraído, volumen histórico, monitoreo del nivel freático." Sistemas de medición: General (Estándar Mayor y Medio) Básico (Estándar Menor) Para caudales muy pequeños (Estándar CMP) Sistemas de Transmisión: Online Por Archivo Por Formulario REDACCIONES PROPIAS Tener en consideración para la optimización de las fuentes subterráneas los requerimientos exigidos por la DGA, respecto a estándar de equipos y sistemas de transmisión. La tecnología por implementar deberá cubrir todas las necesidades, de tal forma, de unificar y simplificar la operación. Hay que tener en consideración que el incumplimiento a lo instruido implica multas asociadas dependiendo a lo dispuesto en los artículos 173 y 173 bis del Código de Aguas.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: CUMPLIMIENTO NORMATIVO RESPECTO AL REPORTE Y EQUIPOS A INSTAR EN FUENTES SUBTERRÁNEAS RESPECTO AL CAUDAL O CAPACIDAD DE EXPLOTACIÓN.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	**Resolución que fija condiciones técnicas y plazos** **Resolución D.G.A. N°1238 (Exenta), de fecha 21 de junio de 2019** **Condiciones técnicas de:** - **Sistema de Medición** - **Sistema de Transmisión** - **Mantención de los sistemas** - **Fallas de los sistemas** - **Niveles de Exigencia** - **Plazos** **Resoluciones Regionales** - **Territorio ordenado bajo MEE** - **Rangos de caudal para establecer ESTÁNDARES**

Estándares (Exigencias diferenciadas)

Componentes	Estándar Caudales Muy Pequeños	Estándar Menor	Estándar Medio	Estándar Mayor
Sistema de Medición	Para caudales muy pequeños	Básico	General	General
Frecuencia de Medición	2 Medición/año	1 Medición/mes	1 Medición/día	1 Medición/hora
Sistema de Transmisión	Formulario	Formulario	Archivo Excel	Online
Frecuencia de Transmisión	1 Transmisiones al año	1 Transmisión al mes	Puede Transmitir al menos una vez cada 15 días	1 Transmisión por cada medición
Desfase entre la medición y la transmisión	Máximo 1 mes	Máximo 1 mes	Máximo 15 días	Máximo 7 días

Sistema de Medición General

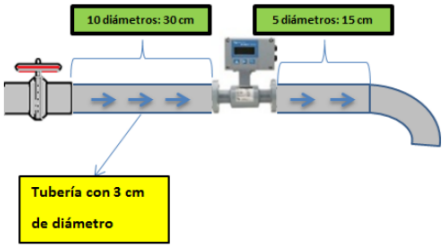


Flujómetro

Característica	Descripción
Variables medidas	Volumen extraído (m^3). Idealmente que también mida directamente caudal El caudal puede obtenerse a partir del volumen extraído por hora.
Principio de medición	Electromagnético, de ultrasonido, mecánico u otro.
Señal de salida	Cualquiera que sea compatible con el puerto de entrada del Data Logger titular seleccione (el Data Logger debe ser capaz de leer la señal de sali sensor).
Máximo error de medición	5%. Para acreditar el máximo error de medición, el titular del derec aprovechamiento debe tener un documento del flujómetro (marca y m donde se indique su porcentaje de error o, en su defecto, un certificado e por algún laboratorio del rubro que indique el porcentaje de error del flujó (marca, modelo y número de serie).
Rango de medición	Debe abarcar a lo menos entre el 20% hasta el 120% del caudal total auto en la obra de captación.

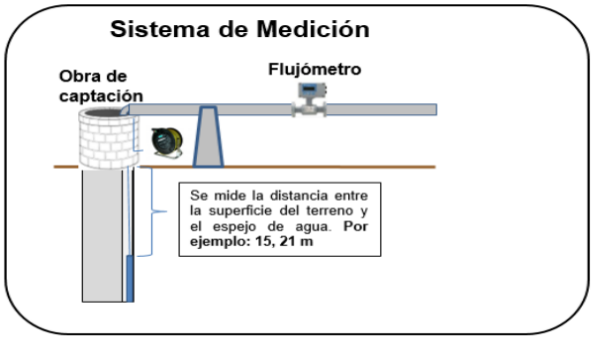
Instalación del Flujómetro

Aspecto	Indicación
Distancia mínima entre el flujómetro y la singularidad aguas arriba	Deberán proyectarse a una distancia igual o superior a los 10 diámetros (se refiere al diámetro externo de la tubería donde se instala el medidor).
Distancia mínima entre el flujómetro y la singularidad aguas abajo	Deberán proyectarse a una distancia igual o superior a los 5 diámetros (se refiere al diámetro externo de la tubería donde se instala el medidor).



Sensor de niveles freáticos

Característica	Descripción
Variable medida	Nivel freático en metros.
Señal de salida	Cualquiera que sea compatible con el puerto de entrada del Data Logger que el titular seleccione.

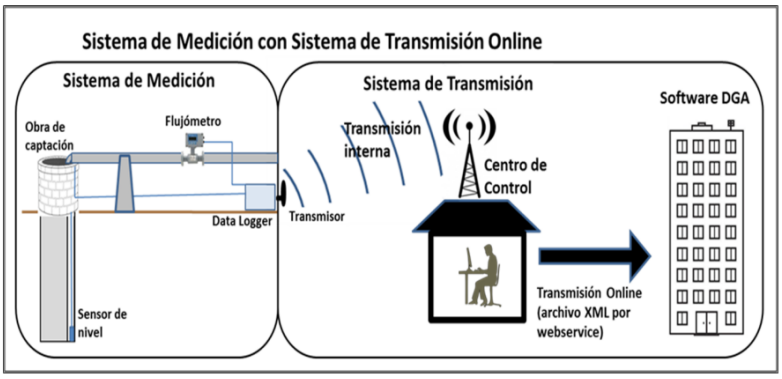


Sistema de medición

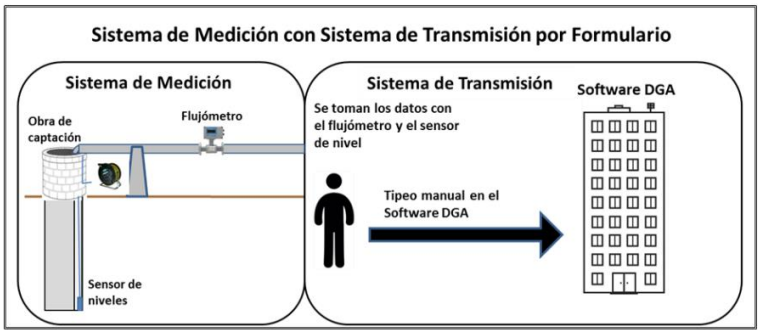
¿Qué se debe medir?

Estándar Mayor, Medio y Menor	- Caudal (l/s) - Totalizador (m3) - Nivel freático (m)
Estándar caudales muy pequeños	- Caudal (l/s) - Totalizador (m3)

Sistema de Transmisión Online



Sistema de Transmisión por Formulario



Infracciones por incumplimiento de Monitoreo

De acuerdo a lo dispuesto en Art. 173 y 173 bis del código de Aguas:

- Una multa de segundo grado cuando se trate del incumplimiento de las obligaciones que dispone el presente Código o sus reglamentos referentes a la instalación y mantención de sistemas de medición de caudales, de volúmenes extraídos y de niveles freáticos de la obra y de sistemas de transmisión de dicha información.

- Una multa de tercer grado en caso de incumplimiento de la resolución que otorga nuevo plazo para la instalación de los sistemas señalados en el número anterior, previo procedimiento sancionatorio abreviado consistente en una visita a terreno, notificación del acta respectiva y recepción de los descargos pertinentes, dentro del plazo de treinta días contado desde la visita a terreno.

- ❑ **Multa de segundo grado: de 51 a 100 unidades tributarias mensuales.**
- ❑ **Multa de tercer grado: de 101 a 500 unidades tributarias mensuales.**

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°27	TIPO DE LECTURA: ESPECÍFICA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS. (2019). Pr048- Plan De Acción Por Cortes Reiterados [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/articles-17453_Presentacion.pdf
Palabras claves:	Cortes reiterados Diagnóstico de redes de agua potable Avería en la red Protocolo de información
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La presentación señala: "Objetivos del protocolo de información (p.5): Fortalecer el diagnóstico de redes de agua potable, en aquellos cuarteles que tengan 2 o más cortes o fallas atribuibles a una avería en la red, no imputable a tercero ni causados por fuerza mayor, en el semestre inmediatamente anterior. Mediante el diagnóstico y acciones continuas en el corto plazo que permitirán definir la renovación de redes que se conectará con el plan de desarrollo. El protocolo busca identificar y ordenar las acciones de las empresas orientadas al control y corrección de las causas de los cortes reiterados y la determinar las formas y plazos en que estás serán materializadas y enviadas a la SISS" Filtro Motivo: Avería en la red: • Falla de matriz • Obstrucción de la red • Desplazamiento de terreno. • Fallas sin suspensión de servicio. (p.9) "Si el prestador no informa una acción de reposición en un cuartel con 2 o más roturas, y vuelve a presentar 2 o más roturas en los próximos 24 meses, deberá efectuar obligatoriamente una acción de reposición." (p.11) REDACCIONES PROPIAS Se debe tener en consideración todas las acciones comprometidas con el regulados en los protocolos de información en el plan integral de redes.
Aporte específico que se cree obtener sirve para:	OTROS APORTES: Requerimientos por el regulador, respecto a cortes reiterados en la red de distribución.

Orientar **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	REPÚBLICA DE CHILE SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS GAL/JRCH/JJDR/MFH Resolución N° 381 - 2019 TRAMITADA 26 ABR 2019 OFICIAL DE PARTES Superintendencia de Servicios Sanitarios SiSS Cuente con nosotros **APRUEBA PLAN DE ACCIÓN POR CORTES REITERADOS E INFORMA INGRESO DEL REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN PR048001.** SANTIAGO, 26 ABR 2019 SUPERINTENDENCIA N° 1464 /(EXENTA) **VISTOS:** Lo dispuesto en el artículo 4° de la ley N° 18.902; el DFL MOP N° 382/88; el DS MOP N° 1199/04; la Resolución SISS N° 85 de 09 de enero de 2017; el Ord. SISS N° 279 de 30 de enero de 2017; la Resolución N° 1600/08 de Contraloría General de la República y el Decreto MOP 207/2016. **CONSIDERANDO:** **PRIMERO:** Que, en el marco de la preparación de una nueva guía de elaboración de programas de desarrollo, la Superintendencia de Servicios Sanitarios, mediante Resolución SISS N° 85/17, dispuso la conformación una mesa técnica con la finalidad de recabar recomendaciones y mejoras para el diseño de la citada guía. **SEGUNDO:** Que, durante el trabajo de la mesa técnica, se propuso la elaboración de un protocolo de control de cortes reiterados de suministro de agua potable, documento distinto pero vinculado con la Guía Técnica de Elaboración de Programas de Desarrollo. **RESUELVO:** 1. **APRUÉBASE** el protocolo **"Plan de acción por cortes reiterados, proceso "PR048001"**, el que comenzará a regir desde esta fecha, sin perjuicio del periodo de marcha blanca referido a continuación. En el sitio web de la Superintendencia, www.siss.gob.cl – Sector Sanitario – Información para Sanitarias – Requerimientos de Información – Plan de acción por cortes reiterados, se encontrará disponible el Formato de Intercambio de Información Relacionada PR048001 en SINAR "Plan de acción por cortes reiterados", junto con la presente resolución. 2. El proceso se iniciará con la información semestral correspondiente al periodo de enero a junio de 2019, la cual deberá ser enviada a más tardar el día 20 de agosto de 2019. En adelante, la información se deberá cargar en la nueva funcionalidad del sistema los días 20 de agosto y 20 de febrero de cada año, o el día hábil siguiente en caso que sea sábado, domingo o festivo. 3. La Superintendencia realizará capacitaciones a las prestadoras de servicios sanitarios respecto de la operación de este protocolo, en las oportunidades que se indican a continuación, lo que será informado mediante correo electrónico. 4. Se establece un período de marcha blanca, que comprenderá la entrega de información que debe efectuarse los días 20 de agosto de 2019 y 20 de febrero de 2020. Una vez finalizado este periodo, el sistema comenzará a operar en régimen.

Diagnósticos posibles	Acción
Fallas por fatiga de material	Renovación de tramo de red o totalidad del cuartel
Fallas en dispositivos hidráulicos (variaciones de presiones, aire en la red)	Instalación o reemplazo del elemento de red en mal estado (ventosas).
	Gestión de presiones (reemplazo de VRP, cambio de tecnología)
Cortes por fallas en otro cuartel	Acuartelamiento
	Instalación o reemplazo del elemento de red en mal estado (válvulas de corte).
	Interconexiones

Tabla 3: Clasificación y descripción de las acciones.

Clasificación de la acción	Descripción de la acción
1	Renovación de tramo de red o totalidad del cuartel
2	Instalación o reemplazo de elemento de red en mal estado (válvulas de corte, ventosas, reemplazo VRP)
3	Gestión de presiones (instalación de VRP, cambio de tecnología)
4	Acuartelamiento (instalación de nuevas válvulas de corte)
5	Modificación de sectorización sin instalación de nuevos elementos.
6	Gestión Operacional (Se debe especificar, modificación de consigna de VRP)
7	Interconexiones hidráulicas
8	Monitoreo y seguimiento del cuartel

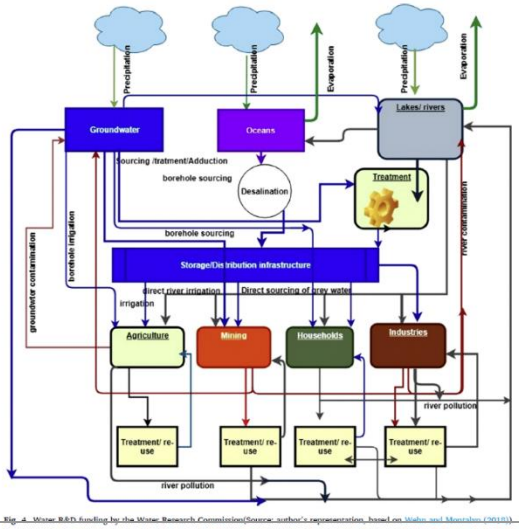
Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°28	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Eduardo Baeza. (2020). Aspectos técnicos y experiencia extranjera en materia de Eficiencia Hídrica. Casos de Estados Unidos de Norteamérica, Reino Unido, Australia y Nueva Zelanda. Recuperado de https://www.bcn.cl/asesoriasparlamentarias/detalle_documento.html?id=76327
Palabras claves:	Eficiencia hídrica Utilizar el recurso de manera eficiente
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES "La eficiencia hídrica se define como la minimización de la cantidad de agua utilizada para cumplir una función, tarea o resultado, es decir hacer más o lo mismo con menos. La eficiencia en este tema es importante porque existe sequía en muchos lugares y la población crece, lo que implica hacer un uso más inteligente de los recursos hídricos disponibles para satisfacer la mayor demanda, con el respeto al medio ambiente y los otros recursos naturales" (p.1). "Entre las regulaciones y medidas para lograr la eficiencia hídrica destacan la reducción de los consumos de agua en los hogares; las prácticas de conservación de recursos hídricos en los territorios; las construcciones y/o urbanizaciones orientadas al uso racional del agua (…)" (p.1). "(…) las buenas prácticas de la industria proveedora de agua potable, orientadas a la eficiencia hídrica, tales como usar un sistema de contabilidad de pérdidas de agua, detectar y reparar fugas, y definir precios que fomenten la conservación del agua por parte del consumidor; la medición y reducción de la huella hídrica en el sector agroindustrial y; la certificación de la eficiencia hídrica para dar garantías en cuanto al ahorro de agua a nivel global" (p.1). "Estrategia de Eficiencia del Agua para el Reino Unido según Water Industrial Journal (s/f) se enfoca en lograr una eficiencia hídrica más ambiciosa para garantizar suficiente agua para las personas, la economía y el medio ambiente, ahora y en el futuro. Establece un plan para un Reino Unido eficiente en el uso del agua, que permita abordar los desafíos del cambio climático y la degradación ambiental. Las compañías de agua han intensificado su actividad de eficiencia del agua con los clientes en los últimos años, con visitas gratuitas y consejos sobre cómo usar el agua de manera eficiente. También, se incentiva financieramente la construcción de viviendas eficientes y a comunidades que desperdician menos agua" (p.6). "La medición es un elemento clave en el conjunto de herramientas para una mayor eficiencia hídrica. Los medidores inteligentes pueden proporcionar información a los clientes para impulsar el cambio de comportamiento. Por otra

	parte, los reguladores económicos del Reino Unido deben asegurarse de que, los marcos de incentivos y compromisos que operan entre las compañías de agua y sus clientes tienen la eficiencia del agua en el centro. Los gobiernos nacionales y locales deberían utilizar de manera rutinaria la neutralidad del agua como herramienta de planificación, lo que requiere que las necesidades de recursos hídricos de un nuevo desarrollo (hogares o negocios) se compensen con la modernización y otros ahorros en la eficiencia hídrica en escuelas, hospitales, negocios y hogares en el área local. También, se deben mejorar y aumentar los programas de capacitación y acreditación" (p.6). REDACCIONES PROPIAS A nivel internacional ya se han establecido líneas de acción claras, que, los actuales procesos o iniciativas nacionales están comenzando a revisar, estudiar o analizar, sin duda, la experiencia internacional es fundamental como referencia para tomar acciones a nivel nacional. Establece que la clave para una mayor eficiencia hídrica es la medición.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	OTROS APORTES: Las políticas implementadas, acciones o planes utilizados a nivel internacional sirven como referencia para futuras acciones en función a la realidad hídrica nacional o específicamente local.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	No Aplica.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°29	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Habiyaremye, A. (2020). Water innovation in South Africa: Mapping innovation successes and diffusion constraints. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901119311931
Palabras claves:	Innovación Difusión Tecnológica Cadena de Valor del Agua Gestión integrada de los recursos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Dentro de las actividades de la cadena de valor del agua en Sudáfrica se encuentran clasificadas en cuatro etapas: - "Desarrollo de recursos: exploración, extracción y almacenamiento inicial de recursos hídricos". - "Tratamiento y distribución a granel (incluida la operación de purificación de agua a granel y aducción de tuberías a granel)". - "Distribución y reticulación (almacenamiento y distribución de agua tratada a los respectivos usuarios: industria, minas, riego, municipios y hogares)". - "Obras de recogida y tratamiento de aguas residuales". "VENTAJA RELATIVA CON RESPECTO A LAS ALTERNATIVAS QUE LAS NUEVAS SUSTITUYEN, COMPATIBILIDAD (CON VALORES Y EXPERIENCIAS EXISTENTES), COMPLEJIDAD (DIFICULTAD RELATIVA DE IMPLEMENTACIÓN), PROBABILIDAD (OPORTUNIDAD DE EXPERIMENTAR UNA NUEVA TECNOLOGÍA ANTES DE ADOPTARLA), Y OBSERVABILIDAD (OPORTUNIDAD DE OBSERVAR A OTRAS ORGANIZACIONES O INDIVIDUOS QUE ADOPTARON LA TECNOLOGÍA)". ADICIONALMENTE SEÑALAN OTROS FACTORES COMPLEMENTARIOS QUE SON: "COSTOS DE FINANCIAMIENTO Y ADOPCIÓN, así como la disponibilidad de recursos y habilidades complementarias, como factores importantes en la decisión de adopción" y en la difusión de las innovaciones "son la incertidumbre, la falta de apoyo político, la conexión inadecuada a las redes de adopción, el comportamiento opuesto de las empresas ya establecidas y los desincentivos resultantes de las políticas gubernamentales". REDACCIONES PROPIAS Existen muchas ideas o desarrollos de innovación que permitirían apaliar los efectos negativos del escenario de escasez hídrica, sin embargo, existen factores que juegan un papel importante en la decisión de adopción de esta. Por ello en el documento de estudio se establecen o mencionan medidas a adoptar para acelerar el proceso de adopción y superar los obstáculos observados; como lo es políticas o programas gubernamentales

	con presupuestos específicos, fomentar las innovaciones extra sectoriales y la difusión de tecnologías; suscitar un interés generalizado a través de la concientización sobre nuevas soluciones e incrementar el potencial de innovación en el sector agrícola que es el principal usuario sectorial del agua mediante técnicas de riego inteligente, reforestación y adaptación al cambio climático, entre otros.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Como implementar o difundir una idea o tecnología innovadora de tal forma de lograr el objetivo deseado.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°30	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Fontana, M. E., & Costa Morais, D. (2015). Modelo para sectorizar redes de distribuição de água baseado nas características das unidades consumidoras. Production, 25(1),143-156. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=396742060011
Palabras claves:	Modelo de segmentación para redes de distribución de agua Mantenimiento de redes de distribución de agua potable Válvulas de corte Características de consumos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Se indica: "La ocurrencia de fugas en la red puede llevar a una reducción del suministro de agua disponible e incluso a la interrupción del suministro de agua durante la reparación de la infraestructura, generando insatisfacción en los usuarios" (p.143) "Las normas brasileñas que regulan la sectorización de las redes de distribución de agua en Brasil son insuficientes para la determinación ideal de los sectores, ya que no observan las características de las unidades consumidoras. Por ejemplo, la interrupción del suministro de agua en un hospital no debe considerarse de la misma manera que la interrupción del suministro de dos o tres hogares" (p.144) "El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de sectorización de maniobras que sea capaz de minimizar el número de válvulas de cierre y, al mismo tiempo, maximizar los beneficios generados a los usuarios por la sectorización." (p.144) "índice basado en las características socioeconómicas de las unidades consumidoras, con el fin de medir la intensidad del impacto de la falta de agua en cada tramo de tubería y, así, ayudar en la toma de decisiones sobre la ubicación idónea de las válvulas de cierre, con el mínimo uso posible de las mismas. Para generar este índice, se utilizó un método de agregación multicriterio, SMARTER" (p.144) "La sectorización para maniobras en redes de distribución de agua presenta un difícil trade-off entre los costos involucrados, especialmente en la implementación y mantenimiento de válvulas, y los beneficios generados a los usuarios con la sectorización de la red." (p.144) "La gran ventaja del enfoque multiobjetivo radica en el hecho de que, a la vez, se encuentran varias compensaciones entre las alternativas,

	proporcionando así un conjunto de soluciones óptimas, con un nivel diferente de compromiso entre los objetivos en conflicto.” (p.144) “Cr1 - Número de ahorros: Mide el número de unidades de consumo en cada sección de tubería. Cuanto mayor sea el número de ahorros en una sección, mayor debe ser su valoración en el índice de prioridades, es decir, menor será el sector de maniobra en el que se encuentre esa sección” (p.146) “Cr2 - Tipo de sector: Examina el tipo de establecimiento existente en la tubería. Los sectores se clasifican en este estudio de acuerdo con la Tabla 1. (…) Cuanto más alta sea la clasificación del sector de la economía, más pequeño debe ser el sector para la maniobra. Esto se justifica porque los impactos generados por la falta de agua en una vivienda son considerablemente menores que en un hospital, por ejemplo.” (p.146) “Cr3 - Importe de la tarifa: Importe total pagado por los usuarios por el agua utilizada. Para determinar el valor en cada tramo de tubería, se utiliza el consumo medio de agua de cada establecimiento que constituye este tramo. En este criterio, cuanto mayor sea el valor, peores serán las consecuencias de la falta de agua (desde el punto de vista del proveedor).” (p.146) “Cr4 - Consumo: Cantidad total promedio de agua consumida en la tubería. Cuanto mayor es el consumo de agua, mayor es la insatisfacción por la falta de agua durante la interrupción del suministro y, por tanto, menor es el sector de maniobra en el que se ubica este tramo” (p.146) En el caso analizado, se considera que la empresa suministradora siempre preferirá más tarifas (Cr3) independientemente del número de unidades consumidoras, es decir, el número de ellas no cambia la preferencia de este tomador de decisiones en el criterio de valor tarifario.” (p.147) En base a las reflexiones anteriores, se destaca el método SMARTER (Simple Multi-Attribute Rating Technique Extended to Ranking) para agregar las evaluaciones en la generación del índice de priorización propuesto, ya que cumple con todos los requisitos planteados.” (p.147) “Este índice es una medida para evaluar el impacto de la escasez de agua en las unidades de consumo. En la generación del índice se verificaron algunas características importantes del problema, lo que llevó a la elección del método SMARTER.” (p.153) REDACCIONES PROPIAS A través del documento se puede obtener una idea de la situación en Brasil, respecto a la normativa y a los estudios realizados en función a la infraestructura existente del sector del análisis.

	Estable un modelo o criterios, desde un abanico financiero o económico, el impacto de las pérdidas de agua potable.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	OTROS APORTES: Visión internacional respecto a la sectorización y criterios utilizados para ello.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	Tabela 1. Classificação dos setores. Setor | Descrição | Setor | Descrição (1) Tarifas sociais | 1.1-Residências 1.2-Lote vago 1.3-Hidrantes 1.4-Parques e praças 1.5-Templos, igrejas e instituições religiosas 1.6-Condominios | (2) Serviços publicos ou sem fins lucrativos | 2.1-Entidade cuja mantenedora seja o Estado 2.2-Organizações cívicas, politicas 2.3-Entidade de classe e sindicais 2.4-Entidades assistenciais 2.5-Demais atividades de utilidade publica (3) Comércio | 3.1-Instituições financeiras 3.2-Serviços, lojas e escritórios 3.3-Demais atividades comerciais 3.4-Micro/pequeno comércio | (4) Residencial | 4.1-Prédio ou residência sem piscina 4.2-Prédio ou residência com piscina 4.3-Conjuntos habitacionais (5) Outros serviços | 5.1-Posto de gasolina com lavagem 5.2-Bar/restaurante/supermercado/ lanchonete 5.3-Escolas particulares 5.4-Escolas públicas | (7) Industrial | 7.1-Construções para fins residenciais 7.2-Construções para fins comerciais 7.3-Beneficiamento de madeira/ serrarias/laminações 7.4-Industria de bebidas e fábricas de gelo 7.5-Construções para fins industriais 7.6-Industrias e fábricas (eletrônicas/mecânicas/ metalúrgicas) (6) Turismo | 6.1-Hotéis, pensões, motéis, saunas, similares 6.2-Clubes e recreações | 7.7-Frigorificos/abatedouros/matadouros 7.8-Industrias química/farmacêutica/de velas/de papel 7.9-Demais atividades industriais (8) Serviços de saúde | 8.1-Hospitais particulares 8.2-Hospitais publicos

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°31	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	GRUNDFOS, (2020). WATERWORKS REDUCE LA ENERGÍA EN UN TERCIO CON AJUSTES DE PRESIÓN EN TIEMPO REAL. RECUPERADO DE https://www.grundfos.com/about-us/cases/waterworks-cuts-energy-by-a-third-with-real-time-pressure-adjust
Palabras claves:	Sistema de Distribución basado en la demanda (DDD) Ahorro energía
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES En la página Web, se indica: "Implementación de un sistema de distribución basada en la demanda (DDD) de Grundfos." "Después de 18 meses, el consumo de energía había caído un 32 por ciento, mientras que las pérdidas por agua no contabilizada disminuyeron un 3,3 por ciento en los primeros seis meses." "Grundfos ha instalado cuatro bombas centrífugas multietapa verticales CRE90 que funcionan en paralelo, gracias a un controlador CU352. (…) A la salida se encuentra un caudalímetro. (…) Los sensores miden la presión del agua en tiempo real en dos puntos críticos del barrio de Tejas Verdes y envían la información de forma inalámbrica a la unidad de control CU352." REDACCIONES PROPIAS Adicional a las características propias del sistema de bombeo, el caso o proyecto considera control de presión y caudal en tiempo real de manera inalámbrica; lo anterior corrobora lo indicado con la literatura respecto a la importancia de la medición en línea.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	COMPLEMENTAR: Diferentes experiencias en la industria sanitaria con el objeto de la disminución de la eficiencia de energía en los sistemas de bombeo.

Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	**Ventajas del sistema DDD en Chile** • Reducción del consumo de energía (32 por ciento) • Disminución del agua no contabilizada (3,3 por ciento en seis meses) • Presión estable en toda la red. • Sin interrupciones en el proceso, menores costos de mantenimiento • Respuesta inmediata a eventos inesperados, como picos repentinos de demanda.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°32	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	AQUATEC, Proyectos del Sector del Agua, SAU. (2021). Rehabilitación y limpieza mediante AQUA FREED del sondeo de El Zarcejo en Arcas (Cuenca). Recuperado de http://hidro.dipucuenca.es/Municipios/ARCAS_DEL_VILLAR_/Documentos/OI/Informe_Rehabilitacion_Pozo_El_Zarcejo_(Arcas_-_Cuenca).pdf
Palabras claves:	Inyección de CO2 Aumento de productividad Swabbing
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El informe indica: "El objetivo de los trabajos que a continuación se describen es aumentar la productividad del sondeo Zarcejo aplicando un tratamiento de limpieza y desincrustación, concretamente mediante la tecnología Aqua Freed©, basada en la inyección de CO2 líquido." (p.3) "El tratamiento de limpieza y desarrollo de pozos Aqua Freed®, se fundamenta en la inyección de CO2 en fase líquida, que en una sola operación conjuga tres efectos diferentes: de tipo mecánico, asociado a pulsos de energía por paso de fase líquida a gas; efecto químico, por la formación de ácido carbónico, y efecto bacteriostático, por el choque térmico y de pH al que es sometido el pozo y su entorno, consiguiendo el desarrollo y limpieza del pozo en un radio de acción superior al de tratamientos tradicionales, superándolos en resultados, y con las ventajas añadidas de presentar una menor agresión a la integridad estructural de tuberías, no generar aguas ácidas durante la purga y actuar sobre la zona próxima del acuífero." (p.3) "Aqua Freed® lleva implícitas una fase de pretratamiento, consistente en el cepillado de las paredes del pozo y eliminación de adherencias, y una fase de postratamiento, consistente en el desarrollo a fondo de los tramos filtrantes del pozo y de los alrededores del acuífero mediante swabbing, una combinación de air-lift con obturadores y movimiento vertical oscilante del hisopo." (p.3) "Antes de la inyección se procede al cálculo de la cantidad de CO2 necesaria de acuerdo con las características del pozo. Esta cantidad depende de los metros de rejilla y del diámetro interior." (p.10) "El swabbing consiste en el desarrollo del sondeo por tramos de 1 m de longitud de tubería ranurada mediante el bombeo con aire comprimido – air lift -, en tramos cerrados con doble obturador y con un movimiento vertical

	del mismo. De esta manera se consigue un efecto de pistoneo asociado al bombeo, que intensifica la movilización y succión de las partículas finas e incrustaciones existentes en el sondeo y en su entorno. Durante esta etapa se van extrayendo las incrustaciones y los materiales finos y arenas del interior del pozo y su entorno.” (p.12) REDACCIONES PROPIAS La tecnología de inyección, en el caso expuesto, fue aplicado a sondaje de baja profundidad y ranurados, de acuerdo con el documento las características hidrológicas de la cuenca no se indican con un factor a considerar para la aplicación de la técnica.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	OTROS APORTES: Referencia de diferentes tipos de limpiezas de sondajes profundos y sus resultados esperados en función a las condiciones de campo.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	**Reconocimiento videográfico y testificación geofísica** (ver Figura 1) 1. **Fecha de ejecución:** marzo 2020 2. **Profundidad:** Se alcanza el fondo a los 59,7 m de profundidad. Se observa un relleno fangoso. 3. **Profundidad del nivel de agua:** 11,1 m 4. **Aspecto del agua:** El agua presenta turbidez 5. **Tubería de revestimiento y tramos ranurados:** o Tipo de tubería: chapa de acero de 350 mm de diámetro interior. o No se observan fallos estructurales que condiciones la explotación del sondeo. o En las paredes se observan pátinas de óxidos e hidróxidos de hierro que tapizan la totalidad de la tubería. o No se observa ningún tramo ranurado debido a este desarrollo de incrustaciones. 6. **Columna litológica:** arenas y conglomerados con intercalaciones de niveles de arcillas



Figura 15. Doble obturador de swabbing.

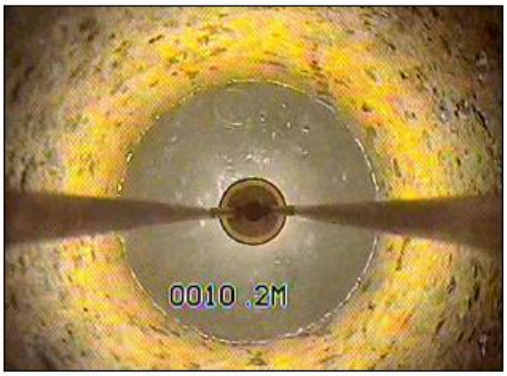


Figura 25. Nivel del agua.



Figura 26. Nivel del agua. Se observa a mayor profundidad.



Figura 35. Las ranuras no se observan por los óxidos.

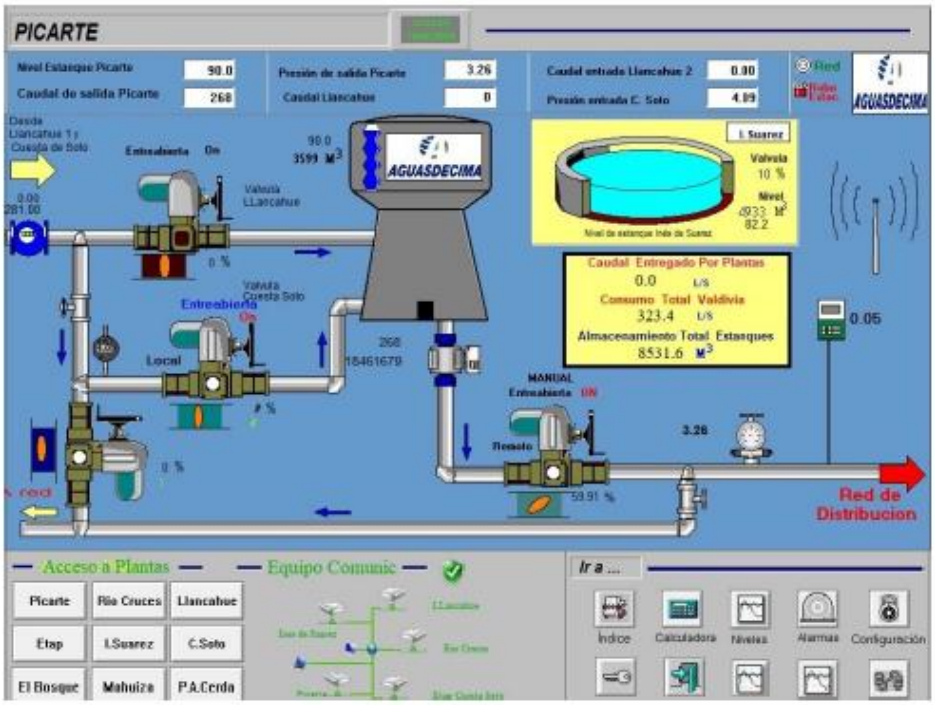
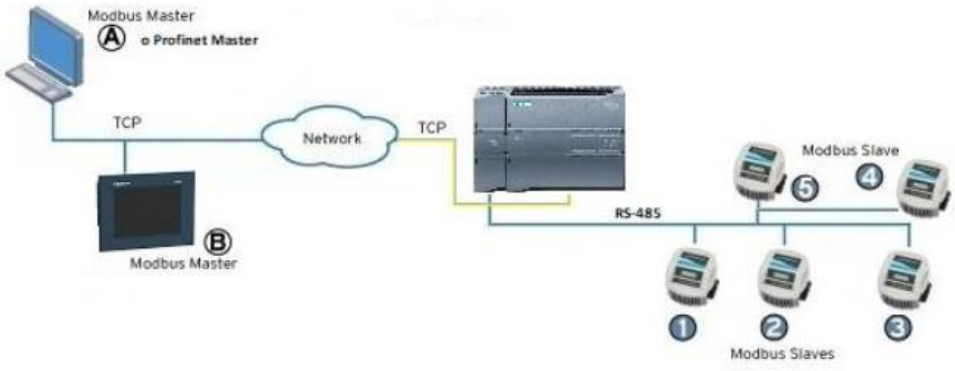


Figura 36. Tramo ranurado de tipo puentecillo.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°33	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Montes, A. (2020). Propuesta de mejora tecnológica y proceso en planta relevadora y reguladora de presión de agua potable (Tesis de pregrado para optar título de Ingeniero de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile). Recuperado de https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/49335/3560901068839UTFSM.pdf?sequence=1
Palabras claves:	Control automático Sistema SCADA Telecontrol Telemando
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La tesis considera: "Se mencionan topologías y protocolos para crear funciones de telemando y telecontrol, otorgándoles a los operarios el control completo a través de SCADA, manejando el sistema que prácticamente es autónomo." (p.3) "Planta reelevadora y reguladora de presión, cuenta con 3 bombas en funcionamiento permanente y una de reserva. Dichas bombas están conectadas en paralelo, siendo activadas a través de un presóstato, a su vez se encuentran instalados los instrumentos que efectúan las mediciones de los parámetros más importantes del proceso que son: Presión actual, corriente, voltaje, estado funcionando, advertencias, entre otras. Todos estos parámetros son monitoreados a través del Sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) y enlazados a un controlador lógico programable (PLC)." (p.4) "Es necesario un método de visualización de las operaciones y variables del proceso dentro de la planta y de manera remota, (…). Es necesario implementar un sistema de comunicación industrial compatible al equipamiento que se tiene y amigable para el operador del sistema." "Propuesta de mejora tecnológica y proceso en planta reelevadora y reguladora de presión de agua potable. Esta alternativa permitirá contar con un sistema de monitorio de bombas y cambio de consigna a distancia, a través de dos sistemas SCADA (SCADA central y HMI local). (…) También serán añadidas 5 bombas (…). Un PLC 1200 será el intermediario entre las comunicaciones Modbus TCP/IP, ocupada por los dos sistemas SCADA y la comunicación Modbus RTU RS-485, Creando así una nueva planta con tecnología actual." (p.10)

	“Permitirá tener un mayor control sobre la presión requerida y distribución a la ciudad, monitoreando el efectivo funcionamiento de las bombas de manera autónoma, por medio de señales enlazadas a un programa del PLC y los otros componentes del sistema con sus respectivos tipos de comunicación. Con esto se espera reducir el tiempo requerido para la actuación de las bombas, reducir la operación basada en el criterio visual del obrero, pero a la vez aumentar la capacidad de control del sistema mediante la pantalla HMI y el SCADA.” (p.12) “El valor agregado se ve reflejado de más de una forma, al efectuar la modificación de lo propuesto los operarios tendrán la facilidad de manejar la consigna de control desde más de un punto de la planta. Se reducirá el grado de mantenimiento a un valor despreciable, el costo beneficio asociado a esto es elevado. Se dará un servicio eficaz, con posibilidad de fallas reducida, entregando tranquilidad y confianza a sus clientes.” (p.17) “SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y adquisición de datos) es un concepto que se emplea para un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.” (p.40) El desarrollo de esta propuesta está enfocado al aumento de tecnología y disminución de sobreconsumo de potencia por parte de la activación de los equipos de bombeo. REDACCIONES PROPIAS Dentro de los requerimientos se buscó utilizar o dar utilidad a los equipos que se encontraban instalados, situación que se busca con el presente estudio; la optimización de la infraestructura. La propuesta se enfoca a la disminución de los costos por consumos energéticos que se incurren en este tipo de infraestructura.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	COMPARAR: La metodología propuesta y los resultados obtenidos con la infraestructura que será propia de análisis del presente estudio. ORIENTAR: Respecto a un panel de control operacional en línea.

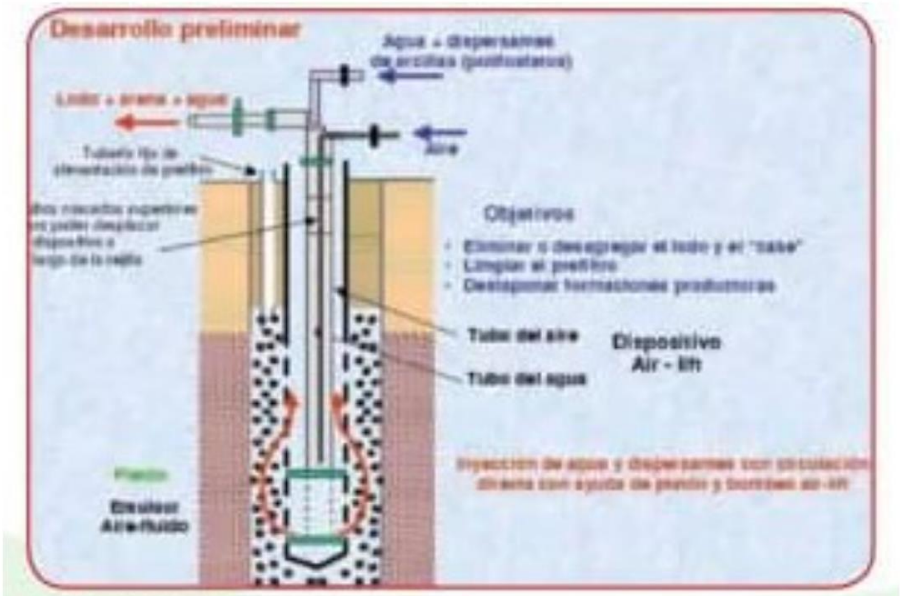
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 Fuente: https://www.aguasdecima.cl/ Figura 1-2. SCADA Aguas Décima, Planta Picarte.  Fuente: imagen elaboración propia. Figura 1-4. Esquema funcional de la solución

Fuente: *Elaboración propia*

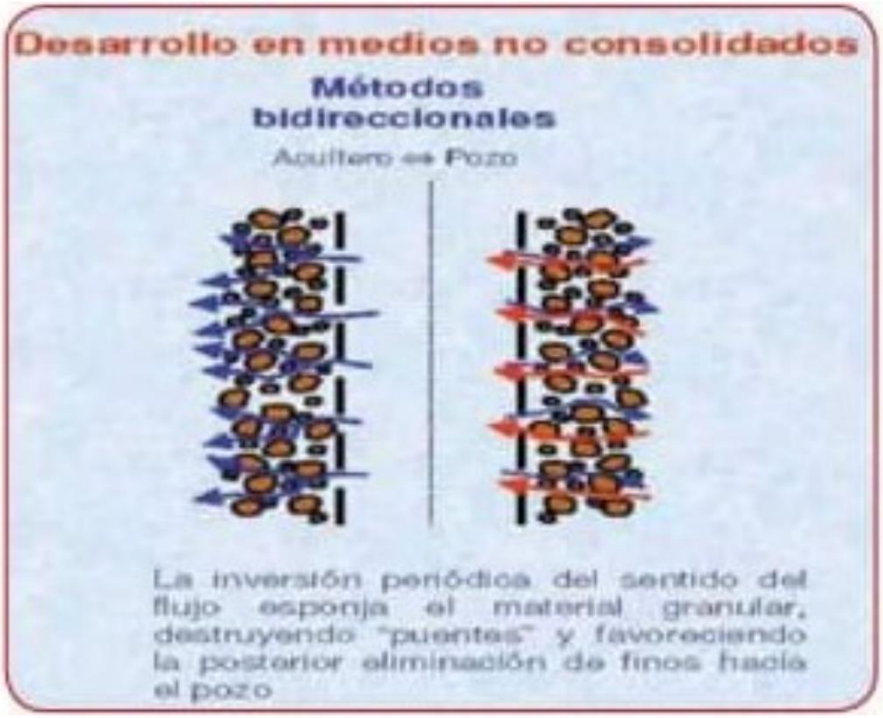
FICHA N°34	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Monsalve, M. (2021). Mantenimiento y Rehabilitación de los Pozos de Agua [Mensaje en un blog]. Recuperado de https://www.asoperfora.com/post/mantenimiento-y-rehabilitaci%C3%B3n-de-los-pozos-de-agua-1
Palabras claves:	Rehabilitación de sondaje de agua Mantención eficiente Limpieza Mecánica con aire Limpieza Química Bloqueo Mineral - Bloqueo Físico - Bloqueo Biológico
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El post indica: "Para ejecutar un eficiente mantenimiento en un pozo de agua en operación o con largo periodo de inactividad, debemos conseguir la mayor cantidad de información de este, ya que ayudará a estructurar el procedimiento para que su mantenimiento sea eficaz, disminuyendo el tiempo y los costos de este" "Contar con datos, tales como: diseño, registro eléctrico, análisis físico-químico del agua y parámetros físicos e hidráulicos (diámetro, profundidad, material, nivel estático, caudal y nivel dinámico); de no disponer de esta información, es imperante hacer una video filmación del pozo, para ubicar las zonas de captación: rejillas o tubería ranurada, estado de las misma, el tipo de oclusión o nivel de incrustación y de paso observar las condiciones en general de la tubería de encamisado del pozo." "La práctica de impulsar y bombear aire alternativamente es una técnica de limpieza y desarrollo. Consiste en inyectar aire en el pozo para elevar la columna de agua hacia la superficie, cerrar el suministro de aire cuando el agua llega a la parte superior del revestidor, lo que permite que la columna de agua aireada vuelva a entrar al pozo. Esto crea una corriente hidráulica hacia el exterior a través de la pared del pozo, que ayuda a remover las partículas finas de arena y arcilla. La instalación de una línea de aire dentro de un tubo permite que el bombeo de aire se utilice periódicamente durante la limpieza para eliminar el sedimento de la pared" "Capacidad del compresor (volumen y presión) lo define el diámetro, la profundidad y el nivel estático del pozo."

	"En sitios donde la columna de agua supera los 140 metros hay que trabajar con compresores con rangos de presión entre 230 y 275 psi." "El tipo de incrustaciones y bloqueo del flujo de agua toma muchas formas, siendo el Bloqueo Mineral (incrustaciones) las más comunes, el Bloqueo Físico (obstrucciones) y el Bloqueo Biológico (oclusión)." "Bloqueo Mineral: Los pozos con alto contenido de sales de calcio, óxidos de hierro y óxidos de manganeso, se van precipitando y terminan formando incrustaciones, las mismas van tapando las secciones de captación del pozo y en consecuencia terminamos reduciendo el área abierta en las tuberías y al perder área, se disminuye la capacidad de captación, se aumenta la velocidad de entrada del agua al pozo y se termina acelerando la corrosión del encamisado del pozo. Mecánicamente desprender este tipo de incrustaciones con un cepillo de cerdas de nylon y aire comprimido, no es sencillo, rápido ni eficiente. Para ello se debe acompañar con un producto química desincrustante, que contribuya al ablandamiento y desprendimiento de las mismas. Los agentes químicos más utilizados para esta operación son las soluciones en base a ácido clorhídrico, sulfámico y fosfórico; sin embargo, al utilizar estos ácidos hay que tomar todas las precauciones posibles en su manejo (guantes, máscaras, lentes, etc.) y colocar un agente inhibidor después de cierto tiempo (no mayor a 24 horas), ya que son soluciones altamente corrosivas. Para esta aplicación, Baroid nos presenta un polímero denominado el Aquaclear MGA y Johnson Screens por su parte tiene el Nu-Well 100 los cuales tienen un muy buen rendimiento en obra." "Bloqueo Físico: Se refiere al depósito de compuestos de partículas (arenas y arcillas) provenientes de la formación llevadas al pozo a través del bombeo o de las corrientes subterráneas del acuífero, con el tiempo, se van acumulado en el empaque de grava haciendo que se pierda transmisibilidad; para aflojar y sacar estas partículas del empaque, se recomienda utilizar un agente dispersante de arcillas y lodos bentoníticos. Se puede recurrir a una solución de polifosfatos o trípolifosfato para desarticular las arcillas y ayudando rápidamente a mover estas partículas del empaque de grava. En el mercado existen productos comerciales como el Aquaclear PFD de Baroid y el Nu-Well 220 de Johnson Screens." "Bloqueo Biológico: Es producto del crecimiento bacteriano las cuales son anaeróbicas, ellas forman una especie de biomasa que también ocasiona taponamientos o bloqueos en las tuberías de captación. Para su desarticulación pueden ser tratadas con los mismos ácidos que se tratan los bloqueos minerales, sin embargo, en el mercado existen productos específicamente diseñados para atacar estas bacterias. Con Baroid se utiliza un polímero denominado Aquaclear AE y en Johnson Screens el Nu- Well 310."

	REDACCIONES PROPIAS La toma de datos del sondaje, es decir, los datos de diseño, calidad de agua, desarrollo, niveles son la base para la determinación del tipo de limpieza a ejecutar. El blog indica los diferentes tipos de “bloqueos” que se pueden presentar, sin embargo, guarda relevancia la remoción o limpieza indirecta del material colindante a las cribas en la parte exterior del tubo, que posiblemente, puedan presentar, como consecuencia, bloqueos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: En base a la experiencia, de manera práctica, a los diferentes tipos de limpiezas y, además, de las alternativas en el mercado para su limpieza y mantención.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	



Limpieza Mecánica con aire



MODELO DE LIMPIEZA DE UN POZO

A continuación, describiremos el "paso a paso" de cómo hacer el mantenimiento de un pozo con bloqueo mineral y bloqueo físico.

• Se realiza el desmontaje del equipo de bombeo.

• Se filma un video del interior del pozo. Mediante este procedimiento podremos confirmar el estado del pozo, ubicación de las zonas de captación, tipo de bloqueo, nivel estático, profundidad, etc.

• Instalar la tubería de limpieza y aire con un juego de cepillos de nylon acorde al diámetro del pozo (aproximadamente 1 pulgada mayor al diámetro del pozo), ir hasta el fondo del pozo.

• Calcular el volumen de agua contenido en el pozo partiendo desde el nivel estático y hasta el fondo del pozo, preparar la solución desincrustante de carbonatos de calcio, óxidos de hierro y de manganeso, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Verter el producto por la tubería de inyección de aire, luego colocar el dispositivo para limpiar con compresor (tee con la tubería de limpieza y aire por dentro), cerrar la válvula de la tubería de limpieza e iniciar la circulación de aire comprimido adosado a la solución química desincrustante, siempre con la válvula de descarga cerrada, para impedir sacar o botar el producto. Cuando se sienta que el agua con el aire está llegando a la boca del pozo, cortar el suministro de aire por 10 minutos y luego volver a agitar de la manera que se hizo anteriormente y así repetir este procedimiento unas 8 veces, luego dejar reposar toda la noche. En la mañana volver agitar unas 4 veces más.

• El desincrustante debió actuar durante la noche y haber realizado su trabajo (ayudar a desprender o disolver las incrustaciones). Al conocer las ubicaciones de las rejillas o tuberías ranuradas, procedemos a cepillar esas secciones, quitando la tubería de limpieza necesaria para quedar en la ubicación exacta y luego subimos y bajamos de 6 a 8 veces la tubería de limpieza para que los cepillos actúen como un "baqueteo" (cepillado) y de esta manera remover las impurezas adheridas a las tuberías de captación, agitar con el compresor (inyectar aire siempre sin botar producto). Esta operación se debe repetir para todas y cada una las secciones de captación del pozo.

• Concluido el paso anterior, se procede a sacar toda la tubería para quitar los cepillos y colocar solamente la tubería de limpieza y aire. El siguiente método es conocido como AIR-LIFT. Nos vamos nuevamente al fondo y se comienza a bombear para sacar todo el material removido y el desincrustante hasta que el pozo aclare con bastante rapidez.

• Procedemos a aplicar el producto removedor de arcillas y lodos (bloqueo físico) siempre respetando las dosificaciones del fabricante. Esta solución se agitará, mediante el bombeo de aire comprimido, sometiendo al pozo mediante la colocación de una herramienta en superficie denominada cono de compresión, que permite que la solución se expanda por todo el revestidor y empaque de grava desde el fondo del mismo hasta la última captación sumergida. De igual forma se procederá al bombeo continuo con aire comprimido, para lograr la interacción de la inyección de la solución dispersante de arcillas y lodos en las ranuras y el empaque de grava. Después de repetir por varias horas esta técnica, se procederá a desalojar todo el material removido y agitado durante el proceso de aplicación del dispersante, abriendo la válvula de descarga de la línea de limpieza.

Durante el bombeo con compresor se crearon flujos bidireccionales para provocar la salida de materiales finos desde el empaque de grava al revestidor del pozo, liberando de material fino las rejillas y ranuras de la tubería.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°35	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Kee, S. (2023). Optimizing Water Utility Operations Through Data-Driven Insights. Recuperado de https://www.wateronline.com/doc/optimizing-water-utility-operations-through-data-driven-insights-0001
Palabras claves:	Información basada en datos Gestión eficiente Soluciones automatizadas Cambio tecnológico y cultural
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES El artículo, cita: "Para la mayoría de las empresas de servicios de agua, la gestión eficiente de las redes de distribución de agua se ve obstaculizada por la falta de visibilidad de la infraestructura crítica." "Las tuberías subterráneas dificultan la detección de problemas como fugas. Las lecturas poco frecuentes de los medidores pueden generar imprecisiones en la evaluación de las discrepancias en la facturación. Cuando el volumen de agua facturado no coincide con el volumen bombeado, muchas empresas de servicios públicos simplemente no tienen los datos para identificar la fuente del problema. Y aquellos que lo hacen a menudo se ven obligados a realizar cálculos manuales utilizando hojas de cálculo." "(…) software de análisis permite el monitoreo continuo y análisis, ayudando a las empresas de servicios públicos a detectar anomalías y priorizar acciones de manera efectiva." "Las soluciones automatizadas pueden provenir de una variedad de fuentes, incluida la gestión de datos de medidores, GIS, modelos hidráulicos y sistemas de información del cliente, así como muchos sistemas SCADA." "Mejorar las operaciones de los servicios públicos de agua mediante el análisis de datos automatizados es un cambio tanto tecnológico como cultural. Implica aprovechar herramientas y algoritmos avanzados para descubrir información oculta dentro de los datos. Además, exige un cambio de mentalidad, donde se reconozca plenamente la importancia de los ANR y la conservación del agua" REDACCIONES PROPIAS

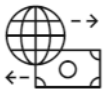
	Menciona, efectivamente, cuáles son las problemáticas más recurrentes dentro del servicio de agua potable respecto a la impresión del dato. Cabe señalar que la automatización de datos no sólo es un desafío tecnológico dentro del rubro, sino, también es cultural.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	COMPLEMENTAR: Los beneficios de la recolección de datos de manera automática.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	No Aplica.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°36	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	IBM (2024). ¿Qué son los medidores inteligentes? Recuperado de https://www.ibm.com/mx-es/topics/smart-meter
Palabras claves:	Consumo de energía Eficiencia energética Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES En la página Web se indica: "Los medidores inteligentes son dispositivos digitales que miden y registran el consumo de electricidad, gas o agua en tiempo real y transmiten la información a las empresas de servicios públicos" "Los medidores inteligentes son esenciales para construir una infraestructura de red inteligente: un sistema de red eléctrica modernizado que utiliza tecnología digital para mejorar la confiabilidad, la eficiencia y la sostenibilidad de la distribución del uso de electricidad." "El dispositivo de medición dentro de un medidor inteligente está diseñado para medir con precisión el consumo de energía utilizando tecnología digital. Sin embargo, los sensores y las técnicas de medición que utilizará dependen del tipo de energía que se esté midiendo." "Para los medidores ***de electricidad***, los sensores miden el voltaje y la corriente que fluyen a través de los circuitos eléctricos. Estos valores se multiplican para calcular el consumo de energía (medidos en watts). Al integrar el consumo de energía a lo largo del tiempo, el medidor puede determinar el consumo total de electricidad (medido en kilowatts-hora)." "Los medidores de gas natural y de agua utilizan sensores de flujo para medir el volumen de gas o agua que pasa por el medidor. Estos sensores pueden utilizar diversas tecnologías, como medidores ultrasónicos, de turbina o de diafragma. Luego, el medidor inteligente calcula el consumo de energía en función del volumen de gas o agua utilizado y el contenido de energía del recurso respectivo." "Una vez que el medidor inteligente ha medido y registrado los datos de consumo de energía, el módulo de comunicaciones es responsable de transmitir información sobre el uso a la compañía de agua, gas o electricidad utilizando uno de los siguientes métodos:

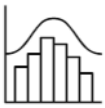
	Señales de radiofrecuencia (RF): muchos medidores inteligentes utilizan señales de RF inalámbricas para transmitir datos. Este método es rentable y permite una comunicación de largo alcance, lo que lo hace adecuado para despliegues a gran escala. Sin embargo, las señales de RF pueden ser susceptibles a la interferencia de otros dispositivos inalámbricos y pueden requerir infraestructura adicional, como repetidores o puertas de enlace, para garantizar una comunicación confiable. Redes celulares: algunos medidores inteligentes dependen de redes celulares existentes (por ejemplo, 4G o 5G) para transmitir datos. Este enfoque ofrece una cobertura generalizada y puede ser más resistente a la interferencia que las señales de RF. Sin embargo, el uso de redes celulares puede generar costos de transmisión de datos adicionales y puede no ser adecuado para áreas con cobertura celular limitada o poco confiable. Conexiones de banda ancha: Otra opción para la comunicación de medidores inteligentes son las conexiones de banda ancha, como DSL y redes de fibra óptica. Este método puede proporcionar una transmisión de datos rápida y fiable, pero puede requerir importantes inversiones en infraestructura, especialmente en zonas rurales o remotas donde la cobertura de banda ancha puede ser limitada. Comunicación por línea eléctrica (PLC): La tecnología PLC permite que los medidores inteligentes transmitan datos a través de líneas eléctricas existentes, eliminando la necesidad de infraestructura de comunicación adicional. Este método puede ser rentable y proporcionar una comunicación confiable, pero su rendimiento puede verse afectado por el ruido eléctrico y la distancia desde la subestación." "La transmisión de datos generalmente ocurre a intervalos regulares (cada 15 minutos, 30 minutos o cada hora). "Altos **costos iniciales:** el costo inicial de la instalación de medidores inteligentes puede ser sustancial, ya que implica reemplazar los medidores analógicos existentes y actualizar la infraestructura de comunicación de la red de energía. Aunque la inversión puede ser una barrera para algunas compañías de servicios públicos, los beneficios a largo plazo de los medidores inteligentes (es decir, la reducción de los costos operativos y el aumento de la eficiencia energética) tienden a superar los costos iniciales." "Facturación precisa: una de las principales ventajas de los medidores inteligentes es su capacidad para proporcionar información de facturación precisa. Los medidores analógicos tradicionales requieren lecturas manuales, lo que puede resultar en errores de estimación y lecturas erróneas. Los medidores inteligentes eliminan estas imprecisiones al transmitir automáticamente datos de consumo precisos a la compañía de servicios públicos, asegurando que los clientes reciban una factura justa y precisa por su uso."

	“Eficiencia energética mejorada: los medidores inteligentes permiten a los consumidores tomar decisiones informadas sobre la conservación y la cantidad de energía que utilizan.” “Apoyo a las energías renovables: los medidores inteligentes facilitan la integración de fuentes de energía renovables en la red al proporcionar datos en tiempo real sobre la producción y el consumo de energía. Esta información ayuda a las empresas de servicios públicos a gestionar mejor el suministro fluctuante de fuentes renovables, asegurando un sistema de distribución de energía más estable y confiable.” REDACCIONES PROPIAS Para mejorar la confiabilidad y eficiencia de datos, los medidores inteligentes son una alternativa concreta para lograr esos objetivos. Dentro de los métodos de envío de datos la comunicación mediante línea eléctrica (PLC) resulta ser rentable y confiable en comparación a los otros métodos propuestos, ya que algunos requieren mayor inversión o infraestructura adicional. En la página Web adicionalmente señalan cómo es su funcionamiento para tanto para electricidad como para agua, parámetros que se busca medir y optimizar.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Funcionamiento, beneficios, ventajas y utilidades de los medidores inteligentes.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	Utilidad



Facturación

Debido a que los medidores inteligentes transmiten datos de consumo en tiempo real, las compañías de servicios públicos pueden cobrar a los clientes en función de su uso real en lugar de confiar en estimaciones o lecturas manuales de medidores.



Respuesta a la demanda

Los datos de los medidores inteligentes pueden ayudar a las empresas de servicios públicos a comprender y gestionar mejor la demanda de la red. Al analizar los patrones de consumo, las empresas de servicios públicos pueden identificar los periodos de demanda máxima e implementar programas de respuesta a la demanda (por ejemplo, ofreciendo incentivos para que los clientes reduzcan el uso de energía durante las horas pico).



Gestión de la red

Las empresas de servicios públicos pueden utilizar los datos de medidores inteligentes para optimizar la distribución de los recursos energéticos, predecir y prevenir cortes de energía e integrar las fuentes de energía renovables de manera más efectiva.

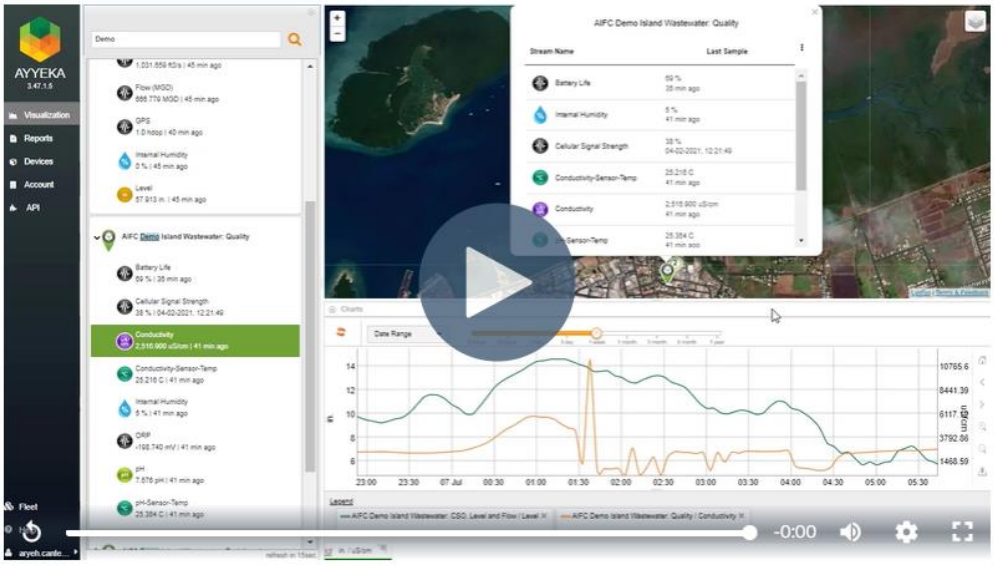


Compromiso con el cliente

Muchas empresas de servicios públicos brindan a los consumidores acceso a sus datos de medidores inteligentes en teléfonos celulares y computadoras con portales en línea o aplicaciones móviles, facilitando la comunicación bidireccional y ayudando a los clientes a monitorear su uso de energía en tiempo real.

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°37	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Ayyeka. (2024). Inteligencia de activos de campo. Recuperado de https://www.ayyeka.com/fai?hsCtaTracking=0b42978e-d3e7-46b6-b793-f21604924313%7Cdb385415-e093-4182-98f9-551e918556f2
Palabras claves:	Monitoreo de activos Plataforma FAI Administración de datos remotos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES A través de la página Web, se indica: "Monitoree sus activos: Si está buscando una manera de visualizar mejor los datos de sitios de campo remotos, FAI es la herramienta perfecta para usted. Con FAI, puede trazar datos en un mapa para explorar eventos, relaciones y patrones. El diseño geográfico facilita la comprensión de las condiciones y eventos cambiantes del campo." "Alertas en tiempo real: Si administra activos críticos, no puede permitirse el lujo de pasar por alto una fuga, rotura, desbordamiento o contaminación. Con la FAI, tendrás alertas en tiempo real para que puedas tomar medidas de inmediato. La intuitiva interfaz de usuario facilita la configuración de alertas y su gestión como desee: SMS, correo electrónico o incluso una llamada de voz. También puede controlar la gravedad de las alertas, para tener siempre la información que necesita para mantener sus activos sanos y salvos." "Integración SCADA y BI: FAI es la solución perfecta para conectar sus activos de campo remotos a su SCADA o sistemas de inteligencia empresarial. Con soporte para protocolos estándar como DNP3 y OPC, FAI es fácil de usar y puede integrarse rápidamente en su infraestructura existente. Además, la API rest de FAI simplifica la conexión a sus datos independientemente de dónde se encuentren. Con la FAI, puede estar seguro de que sus datos siempre estarán accesibles y actualizados." "Gestión remota de dispositivos: FAI es una herramienta poderosa que le permite administrar de forma remota sus dispositivos de borde Ayyeka. Cambie la configuración, actualice la versión del firmware y obtenga supervisión instantánea de su flota, todo desde la palma de su mano. Con FAI, tendrá la tranquilidad de saber que sus dispositivos perimetrales están siempre actualizados y funcionando al máximo rendimiento."

	“La solución FAI Lite permite enviar datos sin procesar del sensor directamente desde el Wavelet a la red del cliente o la aplicación compatible (por ejemplo, SCADA) a través de la comunicación MQTT.” REDACCIONES PROPIAS Existe implementado en la empresa una plataforma de esta empresa, sin embargo, se deberá revisar el uso correcto a los servicios o herramientas que presta.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Conocer los alcances de la plataforma.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°38	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	TaKaDu. (2024). TaKaDu Central Event Management (CEM) para empresas de agua. Recuperado de https://www.takadu.com/solution/
Palabras claves:	Gestión de activos Panel Integral Herramienta de análisis de datos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES En la página Web indica: TaKaDu CEM le permite gestionar su red de forma más eficiente e inteligente. Analiza los datos de su red y la información de otras soluciones las 24 horas del día, los 7 días de la semana, y detecta automáticamente eventos de la red (fugas y otras fallas). Su equipo puede gestionar y priorizar eventos de manera eficiente hasta su resolución, y reducir la pérdida de agua, mejorar la eficiencia operativa y optimizar la experiencia de sus clientes. "Emplea técnicas estadísticas avanzadas y aprendizaje automático para detectar y gestionar fallos, como fugas, en las primeras etapas de su evolución, a menudo cuando no hay otras indicaciones disponibles. Además, a través de una fácil integración con otras soluciones que las utilidades usan comúnmente, como los sistemas Enterprise Asset Management (EAM), registradores acústicos y otros, TaKaDu proporciona un panel integral y centralizado, que le permite usar una sola herramienta para ver, desglosar y comprender. todo lo que sucede en tu red de agua. Con TaKaDu, obtienes visibilidad total de la red." "TaKaDu proporciona toda la información que su personal necesita para administrar de manera eficiente todo el ciclo de vida del evento, priorizar acciones, comunicarse con otros en la organización, rastrear el progreso de la actividad operativa en el campo y verificar la reparación." "Los eventos comunes que detecta el sistema incluyen fugas, brechas de agua entre zonas adyacentes, desviaciones de presión, fallas de la válvula reductora de presión (PRV), calidad del agua (turbidez, cloro, PH), medidores rotos, fallas de comunicación del medidor, desviaciones del nivel del depósito y suministro negativo." "Herramienta de toma de decisiones estratégicas que impulsa una mejor planificación y gestión de activos y un mejor cumplimiento normativo."

	"Mientras que los sistemas SCADA proporcionan datos enriquecidos y permiten el monitoreo y control de activos remotos en tiempo real, TaKaDu ofrece herramientas avanzadas de análisis de datos, con un proceso de soporte de decisiones para la gestión de eventos. Como sistema de gestión y detección de eventos basado en análisis, CEM aprovecha los datos SCADA y proporciona visibilidad detallada, información de 360°, priorización para una resolución eficiente de eventos y herramientas estratégicas para la toma de decisiones." A medida que las empresas de servicios públicos instalan más y más sensores y otros dispositivos digitales en su red, casi siempre se enfrentan a un tsunami de datos. No basta con recopilar los datos en una base de datos. Para obtener valor de todos esos datos, es vital integrarlos para su procesamiento y análisis. La integración es lo que convierte la gestión del agua en una gestión inteligente del agua, para lograr una mayor eficiencia y productividad en toda la red y la organización. TaKaDu le permite avanzar hacia la gestión inteligente del agua integrando datos, información y conocimientos de sus diversos dispositivos y sistemas de detección, soluciones externas y otros sistemas de TI en un panel integral. REDACCIONES PROPIAS Como se indica, permite general un panel integral convirtiéndose en una herramienta de análisis de datos. Como se indica; permite detectar fugas, brechas de agua entre zonas adyacentes, desviaciones de presión, fallas de la válvula reductora de presión (PRV), calidad del agua (turbidez, cloro, PH), medidores rotos, fallas de comunicación del medidor, desviaciones del nivel del depósito y suministro negativo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Diferentes plataformas de análisis de datos.

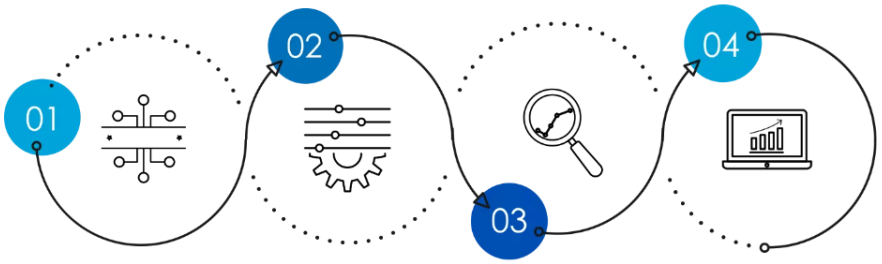
Materiales más significantes:
Tablas
Gráficos
Ejemplos
Fotografías
Mapas
Otros

Beneficios clave

Ya no tendrá que trabajar en modo reactivo de "extinción de incendios". Con TaKaDu CEM, puede administrar su red de manera proactiva y eficiente, y mejorar el rendimiento en todos los aspectos de sus operaciones:

- ARS reducidos
- Menores costos operativos
- Servicio al cliente mejorado
- Continuidad operativa
- Gestión proactiva de activos
- Cumplimiento mejorado
- Mayor retención del conocimiento organizacional.

Proceso de detección de fugas inteligente y automatizado



Los datos en tiempo real están integrados

datos SCADA

Medidores y sensores

TaKaDu aprende el comportamiento de la oferta

Limpia datos

Emplea el aprendizaje automático para crear predicciones.

Rellena de forma inteligente pequeñas lagunas de datos

Análisis de datos: TaKaDu detecta anomalías

Compara el patrón de datos en tiempo real con datos históricos y patrones de predicción de red.

Identifica tendencias (fugas de desarrollo lento)

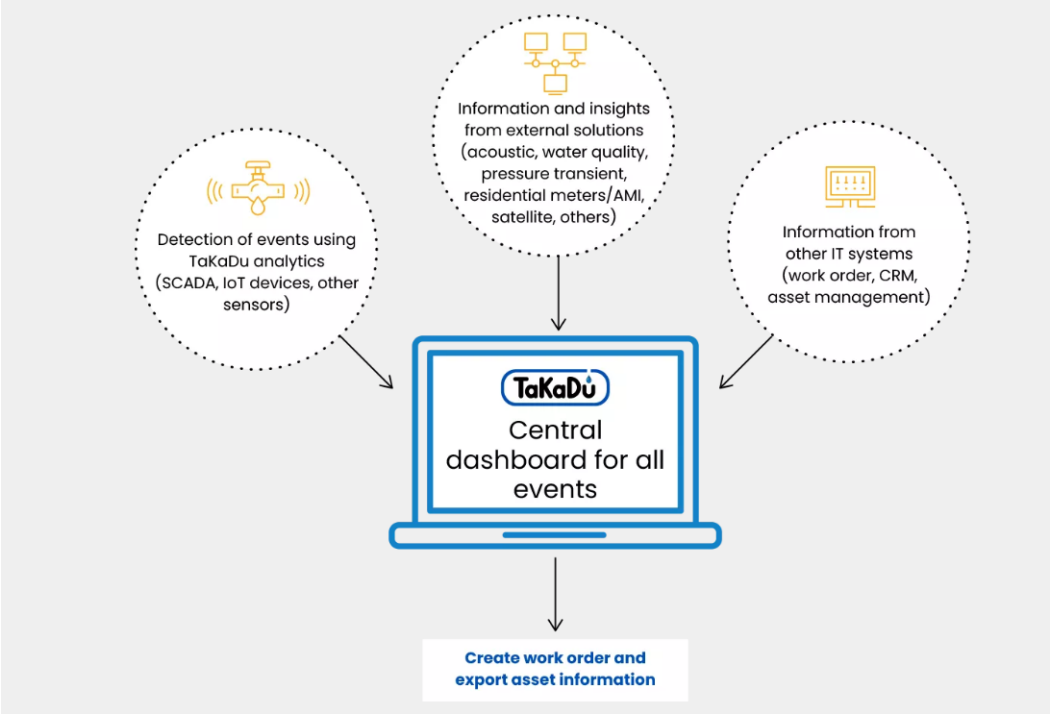
Gestión del ciclo de vida de eventos: todo en una sola plataforma

Monitoreo de red 24 horas al día, 7 días a la semana

La detección de fugas se basa en la desviación del patrón histórico y las predicciones de la red.

Cuando una anomalía es significativa, el sistema la declara inmediatamente como "evento" (normalmente en el plazo de 1 hora)





Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°39	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Aguas Antofagasta. (2024). Gestión Inteligente de la Red de Agua. Recuperado de http://www3.aguasantofagasta.cl/empresa/calidad-del-agua/takadu.html
Palabras claves:	Gestión Inteligente TaKaDu Alerta en tiempo real Supervisión y gestión de redes
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES La página Web de la sanitaria señala: "TaKaDu es un servicio de software utilizado por las empresas de suministro de agua de todo el mundo para supervisar y gestionar sus redes de distribución de agua en tiempo real. TaKaDu envía alertas sobre fugas, roturas y anomalías, así como también proporciona información de la ubicación de éstas, permitiendo que los equipos de detección y reparación localicen y reparen rápidamente los problemas." "El servicio de TaKaDu no necesita instalar sensores ni medidores, ya que analiza los datos existentes recogidos por la empresa de suministro, utilizando algoritmos matemáticos y estadísticos avanzados, que se ejecutan en una potente infraestructura informática en nube." "El sistema está basado en los datos existentes y no necesita de ninguna investigación adicional o de ninguna habilidad analítica; simplemente envía alertas sobre eventos, conforme éstos ocurren." "No hay necesidad de tratar con modelos hidráulicos o cálculos complejos. El sistema comunica al usuario cuál es el problema, la ubicación, hora de inicio y magnitud, e incluso lo asigna a la persona relevante en la empresa, quien puede recibir una alerta en tiempo real por correo electrónico o SMS." "La implementación es corta, sencilla y se realiza de forma remota utilizando una conexión de Internet segura. El servicio continuo sólo requiere de un navegador de Internet, por lo que no es necesario instalar ningún hardware o programa informático." REDACCIONES PROPIAS Aguas Antofagasta comentar, desde el punto de vista de empresa sanitaria, la aplicación del servicio.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	COMPLEMENTAR**:** ALCANCE Y BENEFICIOS DEL SOFTWARE EN LA INDUSTRIA SANITARIA.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Fuente: *Elaboración propia*

FICHA N°40	TIPO DE LECTURA: COMPLEMENTARIA
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Hydraleak (2024). Gas Trazador para detectar fugas de agua. Recuperado de https://hydraleak.com/gas-trazador-para-detectar-fugas-de-agua/
Palabras claves:	Localización de Fugas Gas Trazador
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES En la página Web se indica: "La mayoría de los sistemas de localización de fugas son acústicos, pero hay determinadas ocasiones en que las fugas no emiten sonido alguno, bien sea por baja presión, demasiada profundidad de la tubería, dificultad de transmisión del terreno o simplemente porque la rotura sea extremadamente pequeña no emitiendo sonido alguno." "Consiste en inyectar en la tubería una mezcla de gases completamente inocuos compuestos por un 95% de nitrógeno (gas portador), y un 5% de hidrógeno (gas trazador)." "El hidrógeno se escapa por la fuga atravesando cualquier tipo de terreno o cobertura, asfalto, cemento, incluso materiales de sellado, hasta llegar a la superficie donde es detectado por un sensor especializado y altamente sensible de nuestro equipo Sewerin Variotec 460." "Este método no implica riesgo alguno debido a la baja concentración de hidrógeno, tan solo un 5%. Como indica la norma ISO 10156, el gas es incombustible gracias a la aplicación del nitrógeno que actúa como gas portador. No es tóxico ni corrosivo, y por consiguiente está permitida su utilización en redes de agua potable." REDACCIONES PROPIAS Existe en ejecución un programa de detección de fugas, sin embargo, está operando de manera independiente a un sistema integrado de gestión de pérdidas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar**	COMPLEMENTAR: Alcances de la técnica.

Complementar **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 Procedimiento • Determinar el circuito con pérdida mediante prueba de estanqueidad. – Inyectar Formingas 5 en la red a la presión adecuada. • Reemplazar toda el agua del circuito por el gas, drenando este cuanto sea necesario. • Cuando apreciamos que el gas salga por la rotura procederemos a su detección. • Localización del punto exacto de la rotura mediante nuestro equipo Sewerin Variotec 460.

Fuente: *Elaboración propia*

13.1.2 Referencias de MWM

A continuación, se encuentran las principales clases que tienen relación o impacto en el desarrollo del estudio. En la tabla Review del Capítulo IV, se encuentran clasificadas como fundamentales, específicas y complementarias.

REFERENCIA DE CLASE N°1	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.9: Sistemas de Gestión, MWM 530 Oscar Viera Villegas Gestión de Activos Industria Sanitaria
Palabras claves:	Gestión de activos Servicio continuo y de calidad Nueva Infraestructura Renovación y Mantenimiento Herramientas de Gestión
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Oscar Viera Villegas (2023) indica: "La práctica de gestionar todo el ciclo de vida (creación, mantenimiento, renovación, expansión, desmantelamiento total/parcial) de un sistema físico que brinda algunos servicios" (p.3). "Las empresas sanitarias están obligadas por ley a entregar un servicio continuo y de calidad, de acuerdo a la normativa vigente, leyes del estado y exigencias del regulador" (p.16). "La proyección de consumo de agua potable en base a series de tiempo admite distintos enfoques econométricos. Desde un enfoque univariado, incluyendo modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average Models), a modelos que buscan identificar sus principales determinantes en un contexto multivariado" (p.23). Respecto a los Sectores De Estanques indica que "Permiten hacer la red más resiliente y otorgar servicio a clientes según las diferentes necesidades. Puede ser un estanque elevado para abastecer de manera gravitacional o puede ser estanque SE con planta elevadora para otorgar servicio de manera presurizada. Además, permite generar un efecto amortiguador de la demanda en la red, como también hacer la más eficiente" (p.31). El programa de mantenimiento en el desarrollo de pozos "Evitar el deterioro acumulativo, permitiendo aumentar la vida útil de las captaciones, recuperar caudal y aumentar la eficiencia en los sistemas" (p.51). Respecto a la reposición de equipos, Overhaull equipos e infraestructura, señala que "Equipos que requieren de un Overhaul y que no están contemplados en plan de reposición y reacondicionamiento debido a alta tasa de fallas, alto gasto en OPEX acumulado en un periodo de tiempo, en especial equipos únicos con alto impacto en el proceso" (p.51).

	Plan de Continuidad, describe “El objetivo es reducir la reiteración de discontinuidades en los cuarteles de la red de distribución de agua potable y mejorar la calidad de servicio a nuestros clientes. Para lograrlo se analizan y se diagnostican los cuarteles que presentan reiteración de cortes no programados de responsabilidad de la empresa. Identificando motivos y causas raíz de los cortes” (p.53) Reposición de redes AP, describe “El objetivo es renovar las matrices de AC para evitar roturas y aumentar capacidad en los casos que lo requiere. La metodología para seleccionar los tramos nace del diagnóstico realizado en el protocolo PR-048 de los tramos con 2 o más discontinuidades” (p.53). REDACCIONES PROPIAS El módulo da a conocer procedimientos o metodologías utilizadas con el sector sanitario. Dentro de ellas y en base a los objetivos de la tesis los que más resaltan son metodologías de optimización, planes de mantenimiento y reposición de infraestructura, además de proyección de capacidad a mediano y largo plazo de las fuentes subterráneas. Debido a que el sistema de producción del sector a estudiar corresponde a un 100% de fuentes subterráneas, aplicar la metodología indicada en la clase sería como guía y, además el enfoque de la presentación es principalmente a optimización que inversión, busca establecer programas de mantención preventiva a los activos para mantener y alargar la vida útil de estos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a las metodologías o procedimientos que se pueden implementar en el desarrollo del trabajo, ya sea estableciendo proyecciones o utilizar procedimientos de mantención o reposición. COMPLEMENTAR: Complementar a través de la experiencia cuales metodologías o procedimientos son más certeros o utilizados dentro de los que se encuentran en la literatura. OTROS: La gráfica y ejemplos indicados son una guía para ver si estos se adecuan o clasifican para el caso a desarrollar.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	<u>Variabilidad de Fuentes – Proyecciones</u> “La aplicabilidad del modelo físico” (p.39)

1. CONFECCIÓN DE BASE DE DATOS

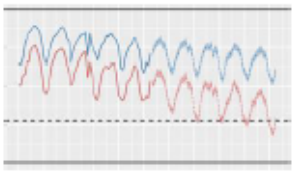
- Compilado de información:
- Caudales de explotación (PR18)
- Niveles dinámicos (PR18)
- Niveles estáticos (PR18)
- Profundidad de equipos de bombeo (NBI, zona)

- Filtrado, corrección y relleno de datos
- Revisión de datos
- Filtrado de datos erróneos.
- Corrección de datos erróneos (manual, estadística, datos SIPT)
- Relleno de datos faltantes (relleno estadístico)
- Test de validación estadística.

EJECUCIÓN DE SERIES HISTÓRICAS DE NIVELES ESTÁTICOS (NE), NIVELES DINÁMICOS (ND) Y CAUDALES ESPERADOS (Q).

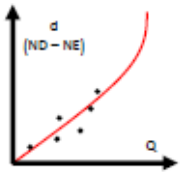
2. PROYECCIÓN DE NIVELES ESTÁTICOS

- Determinación de comportamiento futuro de niveles estáticos mediante aplicación de modelos estadísticos de proyección de series de tiempo.

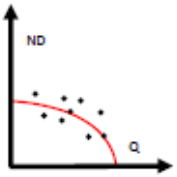


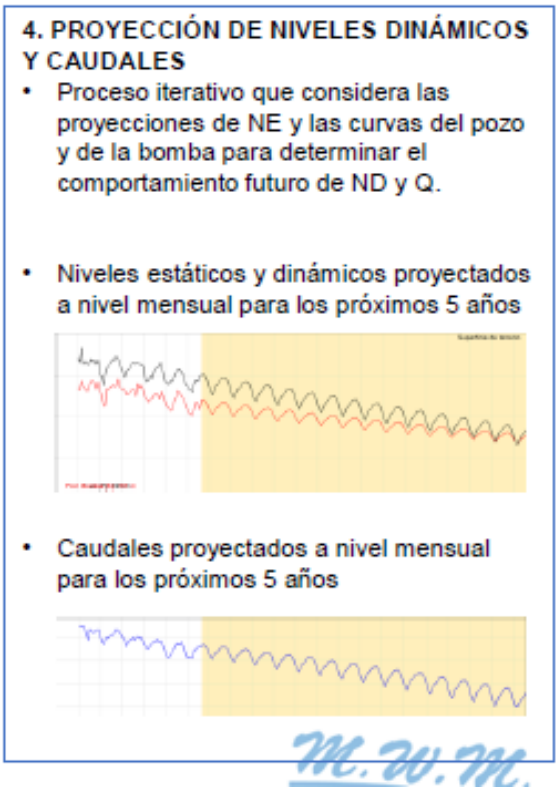
3. CONFECCIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS

Curva del pozo
(descenso vs caudal)



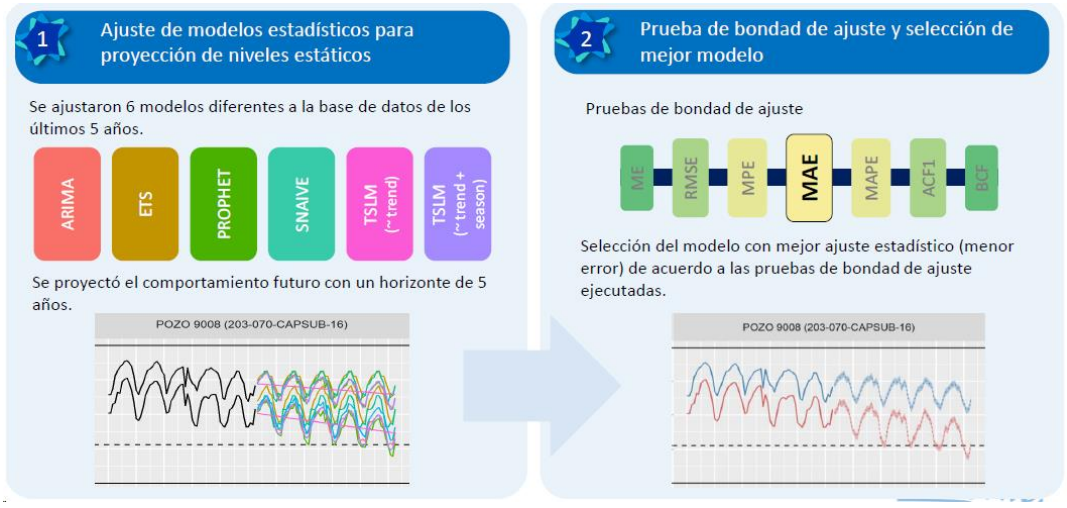
Curva de la bomba
(nivel vs caudal)





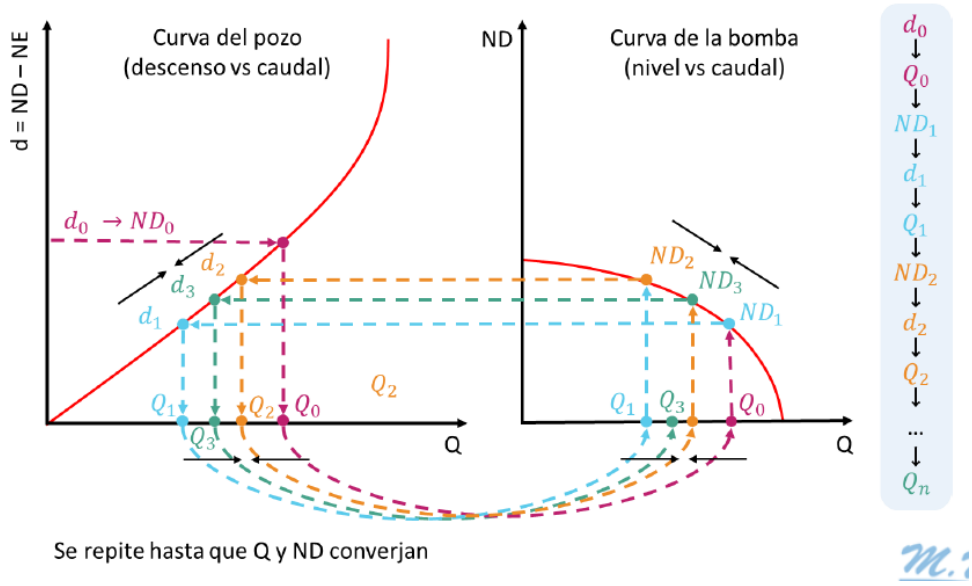
Proyección de Niveles Estáticos

“Confección de una metodología que permita la estimación de un caudal de explotación mensual para los próximos 5 años” (p.40).



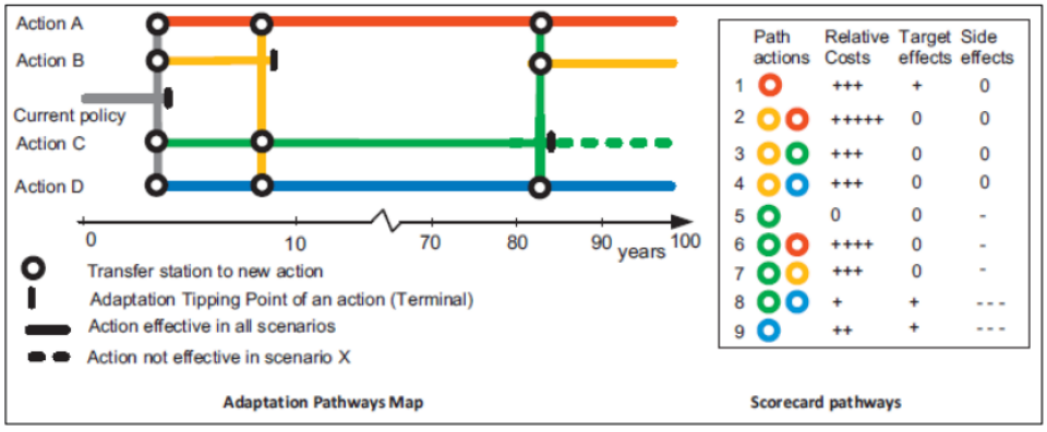
Proyección de Niveles Dinámico y Caudal

“Proceso iterativo para definir nivel dinámico y caudal en cada pozo y paso de tiempo (mes)” (p.41).



<u>Planificación Adaptativa</u>

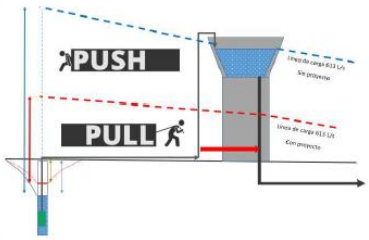
Establece que una planificación debe ser adaptativa, es decir, flexible (Viera, 2023, p.45)

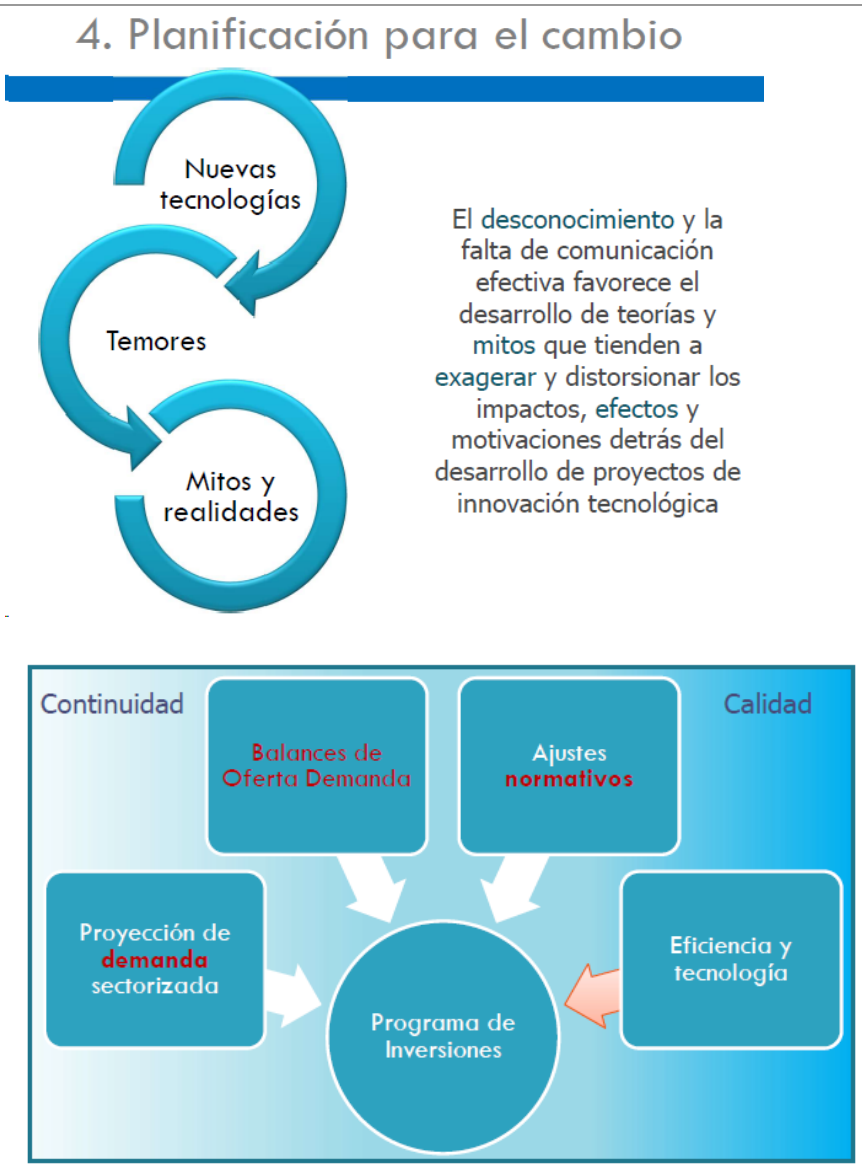


igure 4: An example of an Adaptation Pathways map and a scorecard presenting the outcomes of nine different defined pathways under the combination of four different actions (Haasnoot et al. 2011).

Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°2	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.5: Planificación y Dirección Estratégica, MWM 510 Alberto Kresse Zamorano Planificación en la Industria Sanitaria
Palabra Clave:	Planificación Estratégica Eficiencia y OPEX Estandarización e Innovación CAPEX y Seguridad
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Alberto Kresse (2023), señala: La planificación estratégica desde el punto de vista de la operación se establece: "Cambio climático, Ajuste de normas técnicas, Calidad y continuidad; Satisfacción de clientes y Riesgos ambientales" (p.27). Planificación estratégica del CAPEX: "Los programas de inversiones se construyen con el objetivo de asegurar la calidad y continuidad de las distintas etapas de servicio" (p.29). Planificación estratégica del OPEX: "Programa de mantenimiento (OPEX)" y "Renovación de equipos de infraestructura (CAPEX)" (p.30). La Estandarización en la Gerencia de Ingeniería busca "Control de diseños y especificaciones aplicación de criterios comunes evaluación de proyectos transversal" (p.38). Planificación para el cambio: "El desconocimiento y la falta de comunicación efectiva favorece el desarrollo de teorías y mitos que tienden a exagerar y distorsionar los impactos, efectos y motivaciones detrás del desarrollo de proyectos de innovación tecnológica" (p.44). REDACCIONES PROPIAS La planificación estratégica en la empresa sanitaria se desarrolla con una mirada a corto, mediano y largo plazo: <u>Corto Plazo</u> a través de la Planificación Operacional busca la eficiencia y OPEX por medio de la estandarización e innovación. <u>Mediano – Largo Plazo</u> a través de la Planificación Operacional busaca la continuidad y calidad del servicio por medio del CAPEX y seguridad y, además con la revisión del Cambio Climático. Apunta directamente a la evaluación de alternativas de gestión ambiental, tecnología e información.

	El estudio busca dar soluciones en el corto plazo y, con posibilidad de evolución a mejoras e implementación de tecnologías en un mediano plazo, es por ello, la planificación estratégica del OPEX es base para ello.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a las diferentes metodologías utilizadas en el sector sanitario, lo que permitirá complementar con la literatura, manuales, entre otros. COMPLEMENTAR: Ideas respecto a que puntos específicos a revisar y, además, a complementar con presentaciones de gestión de activos. OTROS APORTES: En la última parte de la presentación se comentó de nuevas investigaciones o estudios que se encuentran realizando estudiantes de pregrado que podrían ser de utilidad o guía para el desarrollo del estudio.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	<u>Tesis</u> María José Fernández — EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA MODULACIÓN DE LA DEMANDA DE GRANDES CONSUMIDORES EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE — Construcción de piloto para determinar la factibilidad de modular la demanda en condominios y mejorar las condiciones de presión y caudales en los sistemas de distribución de Iquique.  Po-Cheng Su — OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON BATERÍAS DE SONDAJES: ANÁLISIS DEL CASO CARMELO — Evaluación y optimización de la producción del sistema Carmelo mediante la incorporación de VdF y control de la producción con sistemas automatizados. Desarrollo de filosofía de operación y cuantificación de ahorros esperados.  Lorena Quezada — PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CALIBRACIÓN EFICIENTE DE MODELOS DE REDES DE AGUA POTABLE — Construcción de modelos de redes para Huasco y Caldera y calibración a partir de mediciones de terreno. Elaboración de propuesta metodológica para acciones de calibración en sistemas con poca información.  <u>Planificación de CAPEX y OPEX</u>



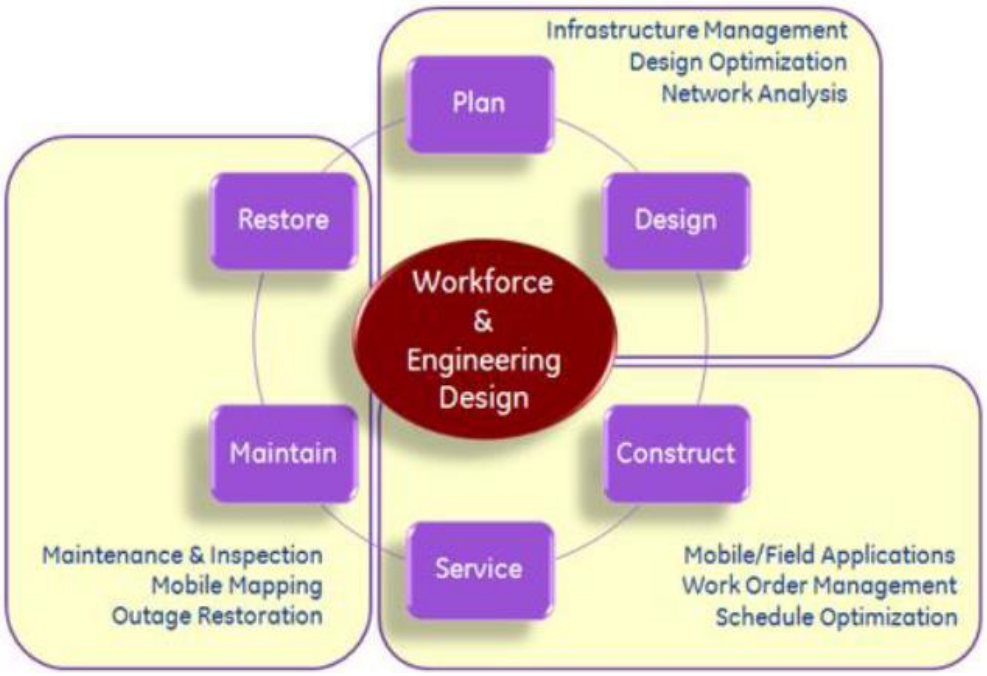
Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°3	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.8: Gestión de Redes, MWM 400 Francisco Ottone Empresas Sanitarias - Gestión de redes
Palabra Clave:	Gestión y control de redes Sistemas de información (SIG) Planificación y Modernización de redes Desafíos en la Planificación de redes
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Francisco Ottone (2023), indica: Obras por reposición: "(…) Obras que han cumplido su vida útil o presentan deficiencias en su operación" (p.25). Obras por reposición: "Tuberías, equipos, conexiones domiciliarias, principalmente" (p.25). Obras de seguridad: "Obras por sequía: nuevas fuentes, estanques de acumulación" y "Respaldo eléctrico" (p.25). Los sistemas de información geográfica (SIG) son utilizados por las empresas sanitarias para la administración de la información espacial y no espacial, relacionada con la operación de una red de distribución de agua potable, para permitir· gestionar, evaluar y distribuir el agua potable a la población y de lograr una automatizar en la operación de esta" (p.62). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están llamados a ser los sistemas de gestión de toda la información relacionada con la operación de las redes de suministro de agua potable La unión de la información alfanumérica con la información geográfica dentro de un SIG permite llevar a cabo un buen número de aplicaciones como son las tareas de inventario, obtención de planos, gestión de averías o roturas, gestión de la demanda, actuaciones de mantenimiento, etc." (P.62). La gestión de la red incluye planificar las posibles extensiones de la red, dar mantenimiento a la misma, determinar el valor del activo fijo asociado a esta infraestructura, determinar y proyectar las inversiones futuras en extensiones de la red, generar información para la proyección de la demanda de los clientes y para la regulación tarifaria, definir sectores de corte clientes afectados, reasignación de clientes temporalmente a otra alimentación, etc." (p.63).

	El uso de una tecnología de información como el SIG permite representar la realidad de manera visual, ayudar a mantener, generar y usar información mediante bases de datos para planificar y lograr un análisis temporal de las situaciones futuras" (P.63) Integración de SCADA y SAP permite "Acceso y análisis de la información sin redundancia de los datos" (p.74) "Las empresas sanitarias requieren de un sistema de telemetría y telecontrol. La necesidad de este se torna mucho más evidente cuando se desea controlar pérdidas y hacer una gestión eficiente de los sistemas productivos, en cuanto a las labores de operación y mantenimiento" (p.80). Se plantean diferentes problemáticas que enfrentan las sanitarias como son: "Conocimiento de las variables que determinan el estado del sistema de suministro en tiempo real, Control rápido y eficiente de los equipos de bombeo, Conocimiento del consumo de energía, Registro de las horas de trabajo de los equipos de bombeo y Control remoto de las válvulas de la red de distribución" (p.83). "Colocar equipos electrónicos especializado en todos los puntos de la red de suministro que se deseen monitorear y/o controlar, se integran a una red de comunicación vía radio, celular o satélite. Una aplicación procesa toda la información recibida y se la presenta a un operador para que con ésta tome las decisiones pertinentes" (p.83). Plan de reducción de pérdidas: "La disminución de la disponibilidad hídrica por la sequía, agravada por el climático, ha aumentado los costos de producción (…)" (p.94). "Alcanzar el nivel óptimo económico de pérdidas de agua potable y así contribuir en la disponibilidad de recursos hídricos considerando factores de rentabilidad en inversiones en corto y mediano plazo" (p.94). "Agua No contabiliza: Pérdidas físicas + Pérdidas Aparentes" (p.102). "Uno de los aspectos relevantes para asegurar un Balance de Agua confiable es contar con un amplio sistema de macromedición en los diferentes procesos de Producción y Distribución" (p.111). "El plan de pérdidas permite postergar obras y aumento de capacidad por incremento de la demanda" (p.126). "El plan de micromedición presenta alta rentabilidad, porque permite un directo aumento de los ingresos" (p.126).

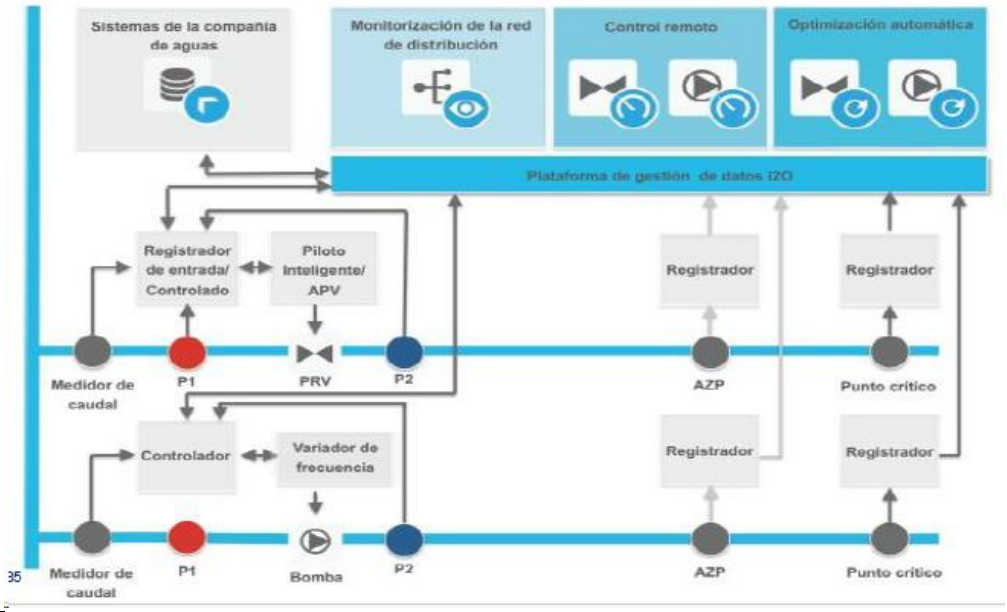
	REDACCIONES PROPIAS Se entrega la clasificación del desempeño respecto al % ANC. Donde se indica que ANC menos a un 25% es aceptable, menor a este valor son clasificadas como buen y muy bueno, por el contrario, mayores a este valor son consideradas como bajo hasta crítico con %ANC mayores a 50. Dentro de los aspectos relevantes por abordar se indica tener un amplio sistema de macromedición, profundizar en un adecuado sistema metodológico para la determinación del ILI. Dentro del sector a analizar parte de la infraestructura carece de macromedición que permita sectorizar de manera eficiente la zona y tener valores representativos. Dentro de los aspectos relevantes por abordar se indica tener un amplio sistema de macromedición, profundizar en un adecuado sistema metodológico para la determinación del ILI. Dentro del sector a analizar parte de la infraestructura carece de macromedición que permita sectorizar de manera eficiente la zona y tener valores representativos. Categoriza cuales son las áreas o subáreas para dar prioridad en el plan de trabajo respecto al %ANC, aborda un modelo de gestión integral de redes los cual están definidos por planes de pérdida, micromedición y mejoramiento de las redes de agua potable, considerada a esta última con la solución de menor rentabilidad debido a los altos costos. Los Proyecto para abordar son: Pérdidas Físicas; Pérdidas Comerciales y Mejoramiento de Redes Adicionalmente se establecen los 5 mayores riesgos en las redes de agua potable estableciendo una categorización con sus respectivos indicadores. El implementar sistemas SCADA permitirá tener un dato certero y en línea, el cual permitirá tener conocimiento de presiones, gastos, equipos, aperturas de válvula, entre otros en tiempo real. Además, entrega relación de agua/consumo energía por pozo, punto importante y de base para establecer el tema de tesis. LA PRESENTACIÓN ABORDA TODOS LOS TEMAS QUE SE NECESITAN ANALIZAR Y, ADEMÁS DE GUIAR EN LA TESIS.

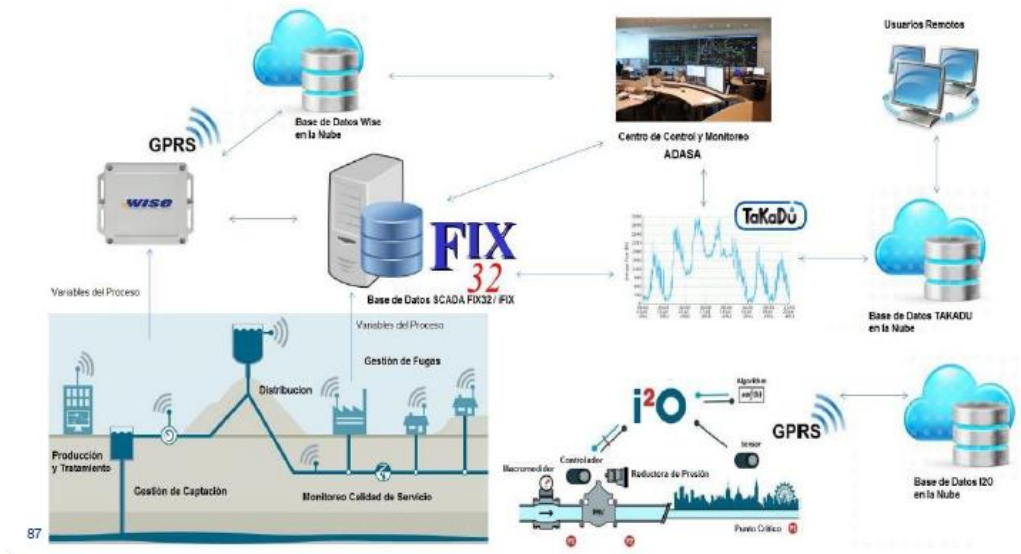
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	Esta presentación aborda todos los temas que se necesitan tener presente para poder desarrollar el estudio de Tesina, considera una Metodología integral, determina brechas propias del sector a subsanar y, además ejemplifica las metodologías. Por ende, sirve para orientar, complementar, definir, guiar, etc.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	<u>Aplicaciones SIG</u>  <u>Permiten controlar el ciclo integral del activo</u>

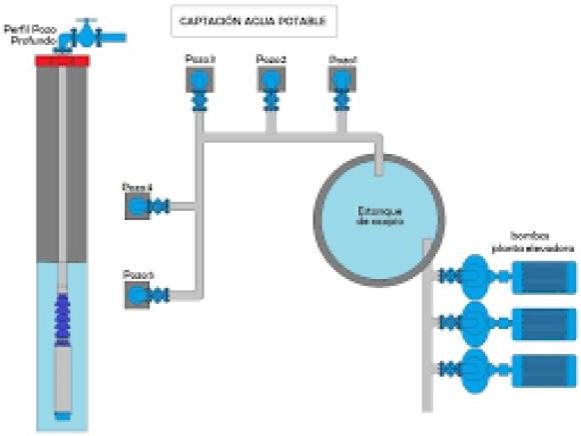


Telemetría

Generalmente, los datos son monitorizados por medio sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA). Los más utilizados son SISTEMA FIX O IFIX, SISTEMA WISEBOX, SISTEMA I2O y TAKADU.







Pérdida de Agua

Metodología para la reducción de ANF y resultados

Metodología

Pérdida física:
- Priorización por impacto en inversiones e indicadores de desempeño de la red.
- Gestión de presiones
- Control de reboses en estanques mediante automatización
- Modelación hidráulica detallada.
- Intensificar el control de presiones y el monitoreo permanente de caudales en la red.
- Mejorar el cumplimiento normativo en los casos de bajas presiones.

Pérdidas comerciales:
- Revisión del plan de medidores de grandes consumidores.
- Recambio hacia medidores con mayor precisión metrológica.
- Modelo de detección de ilícitos para revisar mensualmente el 100% de los clientes

Pérdida de Agua Potable

¿Qué es la pérdida de agua potable?

Es la diferencia entre el volumen de agua producido y el volumen de agua suministrado a los clientes, se presenta en los procesos de producción y distribución, difiriendo entre sí en volumen y características.

El control de las pérdidas, se centra principalmente en el sistema de distribución en donde la generación de éstas tiene diferentes orígenes y su existencia afecta de manera directa la calidad del servicio que se entrega.

¿Cómo se divide el agua producida ?

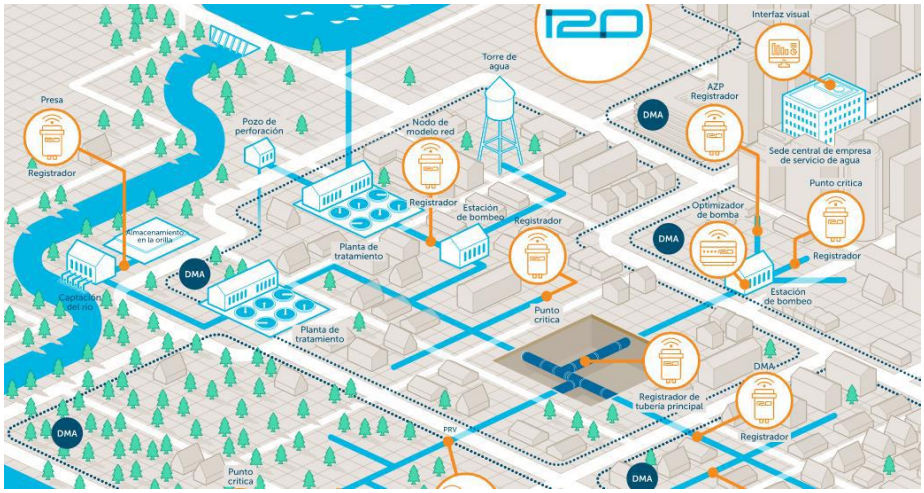
El agua producida se divide en **Agua Facturada** y **Agua no Factura**, la última representa las pérdidas existentes la cual se subdivide en dos categorías las **Pérdidas Físicas** y las **Pérdidas Comerciales**.

¿Cómo se calcula el Agua No Contabilizada?

- El agua no contabilizada se determina utilizando el **Balance Hídrico**, metodología implementada por la IWA (International Water Association).
- Esta metodología permite distinguir y calcular los diferentes componentes del Agua Facturada y Agua No Facturada.
- El ANF (Agua No Facturada) a diferencia de la ANC (Agua No Contabilizada) incluye dentro de sus cálculos las aguas de mantenimiento.
- Las aguas de mantenimiento corresponden a consumos facturados tanto medidos como no medidos, dentro de los cuales se encuentran: Incendios, tomas, aljibe suministro alternativo, lavados de red, lavado de estanques, pruebas de presión, desagües, lavado de red AS.
- **Las actividades que influyen en las pérdidas físicas son:** Gestión de presión, detección de fugas, renovación de redes y arranques y tiempos de reparación; actividades las cuales se ven reflejadas en pérdidas de conducciones y redes, pérdidas y rebases de estanques y pérdidas en arranques.
- **Las actividades y factores que influyen en las pérdidas comerciales son:** Errores en la facturación, consumos fraudulentos, inexactitud de los medidores y errores en los procesos de lecturas; estos se ven reflejados en los consumos no autorizados e imprecisión en la medición.

<table>
<tr><td rowspan="8">Volumen de Entrada al Sistema [m³/año]</td><td rowspan="4">Consumos Autorizados [m³/año]</td><td rowspan="2">Consumos Autorizados Facturados</td><td>Agua exportada facturada</td><td rowspan="3">Agua Facturada [m³/año]</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>Consumos facturados medidos</td></tr>
<tr><td>Consumos facturados no medidos</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Consumos Autorizados No Facturados</td><td>Consumos no facturados medidos</td></tr>
<tr><td>Consumos no facturados no medidos</td><td>Aguas de mantenimiento</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Pérdidas [m³/año]</td><td rowspan="2">Pérdidas Aparentes</td><td>Consumos no autorizados</td><td rowspan="4">Agua No Facturada [m³/año]</td><td rowspan="4">Agua No Contabilizada [m³/año]</td></tr>
<tr><td>Imprecisión en la medición</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Pérdidas Reales</td><td>Pérdidas en conducciones y redes</td></tr>
<tr><td>Pérdidas y reboses de estanques</td></tr>
<tr><td>Pérdidas en arranques (matriz – MAP)</td></tr>
</table>

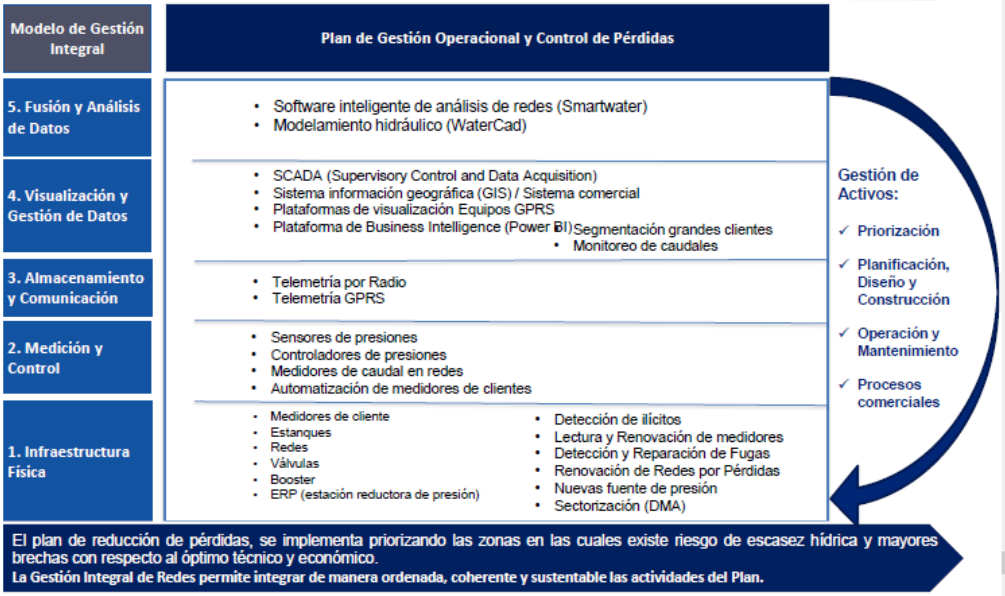
Modelo de Gestión Integral



Modelo de Gestión Integral

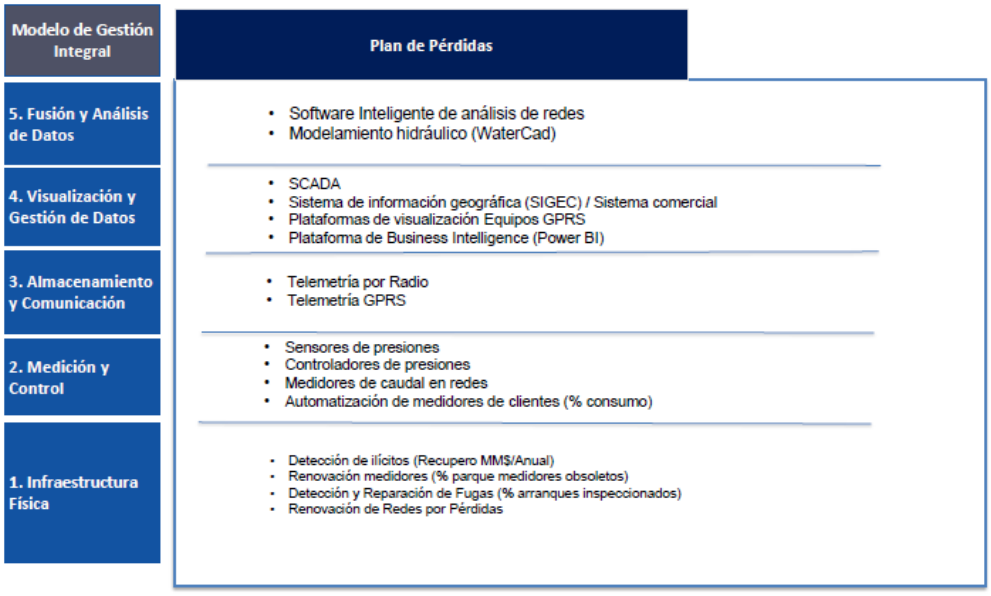
Modelo 5 capas

La metodología de desarrollo de las actividades, se basa en el modelo de 5 capas, estructurando una visión Smartwater a distintos niveles, priorizando desde la infraestructura hasta la fusión y análisis de datos. Este modelo es utilizado para la confección del Plan de Pérdidas.



El plan de reducción de pérdidas, se implementa priorizando las zonas en las cuales existe riesgo de escasez hídrica y mayores brechas con respecto al óptimo técnico y económico.
La Gestión Integral de Redes permite integrar de manera ordenada, coherente y sustentable las actividades del Plan.

Principales actividades



El Plan debe establecer metas de corto , mediano y largo plazo.

Incorporar tecnología

Soluciones innovadoras

Para continuar disminuyendo las pérdidas se requiere de esfuerzos cada vez mayores.
Por este motivo, es necesario mantener en forma constante el ciclo de innovación, explorando nuevas tecnologías, con la finalidad de aumentar la eficiencia de las actividades de reducción de pérdidas

Modelo de Gestión Integral	Plan de Disminución de Fugas en la Red	Soluciones innovadoras
5. Fusión y Análisis de Datos	• Software Inteligente de análisis de redes • Modelamiento hidráulico (WaterCad)	TaKaDu, INFOSAN, iNet, visenti
4. Visualización y Gestión de Datos	• SCADA • Sistema de información geográfica (SIGEC) / Sistema comercial • Plataformas de visualización Equipos GPRS • Plataforma de Business Intelligence (Power BI)	Integración de equipos GPRS a SCADA Balances hidráulicos en tiempo real
3. Almacenamiento y Comunicación	• Telemetría por Radio • Telemetría GPRS	Telemetría con Simcards Roaming sigfox
2. Medición y Control	• Sensores de presiones • Optimización de presiones • Medidores de caudal en redes • Medidores de caudal de clientes	Watermind, Iperl Itrón, SENSUS
1. Infraestructura Física	• Medidores • Redes • Válvulas • Booster • ERP	cicasa Idroloc, Utilis idroloc, UTILIS

Dentro de las soluciones innovadoras se destaca Utilis: Servicio de pre-localización de fugas no visibles mediante imágenes satelitales, Como también usando gas helio y de i2O mediante el desarrollo de plataformas de inteligencia operacional para redes de agua potable

Plan de trabajo

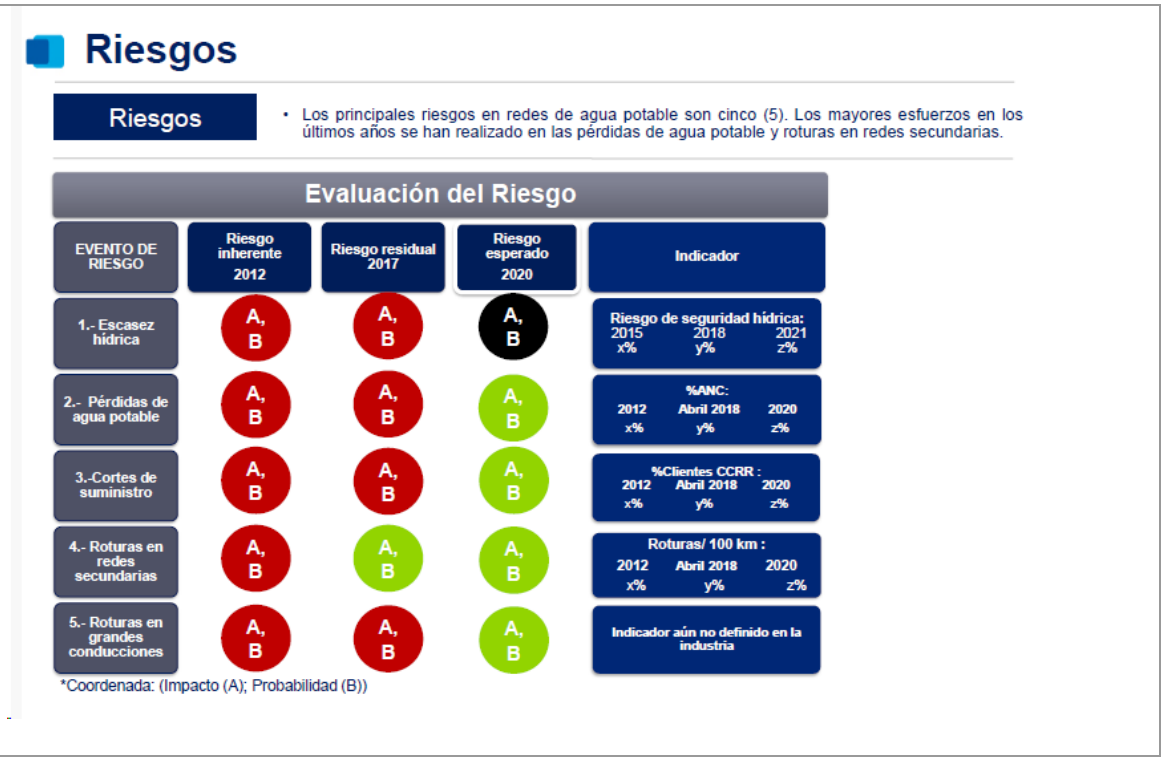
Plan de trabajo

- Los planes enfocados en la eficiencia del modelo de gestión integral de redes son los Planes de Pérdidas, micromedición y Mejoramiento de Redes de Agua Potable.

Presupuestos Planes de trabajo en MM$

COMPAÑÍA	Tipo	Proyectado (MM$)					2017-2030	
		2017	2018	2019	2020	Total	VAN	TIR
Proyecto de Pérdidas Físicas	Capex							
	Opex							
	Beneficio							
Proyecto de Pérdidas Comerciales	Capex							
	Opex							
	Beneficio							
Proyecto Mejoramiento de Redes	Capex							
	Opex							
	Beneficio							

- El plan de pérdidas valoriza los beneficios en reducción de producción con costos promedios por metro cúbico.
- Permite postergar obras de aumento de capacidad por incrementos de la demanda.
- El plan de micromedición presenta alta rentabilidad, porque permite un directo aumento de los ingresos
- El mejoramiento de redes de agua potable generalmente aparece con una menor rentabilidad, por la alta inversión que conlleva.



Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°4	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.11: Eficiencia Hídrica, MWM 130 Cristian Carvallo González Gestión de calidad total (TQM) y excelencia operacional (Lean Thinking)
Palabra Clave:	Gestión de calidad Herramientas para la calidad Costos de calidad y no calidad Costos de prevención Diagrama de Ishikawa Sistemas de gestión Políticas de calidad Planificación y control operacional Mejora continua
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES C. Carvallo (2023), señala: "Calidad Total es un sistema de dirección enfocado en las personas que busca el continuo incremento de la satisfacción del consumidor a un costo real continuamente menor" (p.5). "Costos de obtención de la calidad, se originan a consecuencia de las actividades de prevención y de evaluación que la empresa debe de acometer en un plan de calidad" (p.14). "Los costos en que incurre la empresa al intentar reducir o evitar las fallas" (p.15). Los costos de prevención corresponden a "Costos de todas las actividades tendientes específicamente a evitar una calidad deficiente de productos o servicios" (p.15). Los costos de evaluación corresponden a "Costos relacionados con la medición, evaluación o auditoría de productos o servicios para asegurarse que se ajustan a las normas de calidad y a los requisitos de desempeño" (p.17) Los costos de no calidad corresponden a "Gastos asociados a las no conformidades de los productos (bienes y servicios) que no cumplen los requisitos acordados con los clientes" (p.20)

	"La organización debe determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria para cumplir los requisitos del cliente y aumentar la satisfacción del cliente" (p.92). "La organización debe mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad" (p.95) REDACCIONES PROPIAS A través de los costos o formas de identificarlos por deficiencias en el servicio, es la base para demostrar la necesidad de implementar procedimientos y análisis del sistema operativo de producción y distribución de agua potable. A través del ejemplo del ciclo Deming parea un sistema de Gestión de Eficiencia Hídrica entrega una guía para poder implementar dicho modelo en la gestión del diferentes procesos o áreas de la cadena de valor del agua. Identifica de manera conceptual el diagrama del proceso de planificación de la gestión eficiente del agua. Se indica que la información documentada es de vital importancia en la calidad y excelencia operacional.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a las diferentes metodologías utilizadas en el sector sanitario, lo que permitirá complementar con la literatura, manuales, entre otros. COMPLEMENTAR: Ideas respecto a que puntos específicos a revisar y, además, a complementar con presentaciones de gestión de activos.

Materiales más significantes:
Tablas
Gráficos
Ejemplos
Fotografías
Mapas
Otros

Justificación de medir los costos de calidad:

- Apreciar ventajas de la Gestión de Calidad en unidades monetarias.
- Sacar a la calidad de lo abstracto y convertirlo en una realidad.
- Concientizar a la gerencia del impacto financiero de la mala de calidad.
- Conocer los costos estimula a directivos y trabajadores para mejorar sus actuaciones.
- Permite identificar problemas y facilita la búsqueda de soluciones.
- Los costos de calidad pueden representar porcentajes superiores al 20% de las ventas.
- Son de naturaleza improductiva.

Categoría de los Costos de Calidad y no Calidad



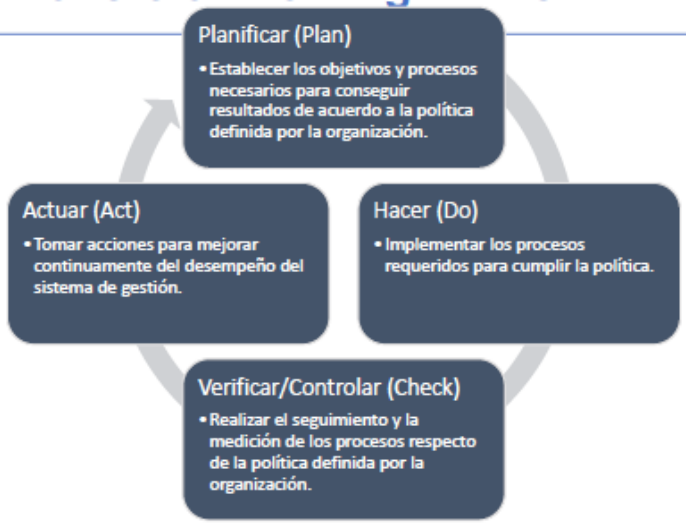
COSTOS DE EVALUACIÓN	COSTOS DE PREVENCIÓN
COSTOS DE FALLAS INTERNAS (Cliente interno)	COSTOS DE FALLAS EXTERNAS (Cliente externo)

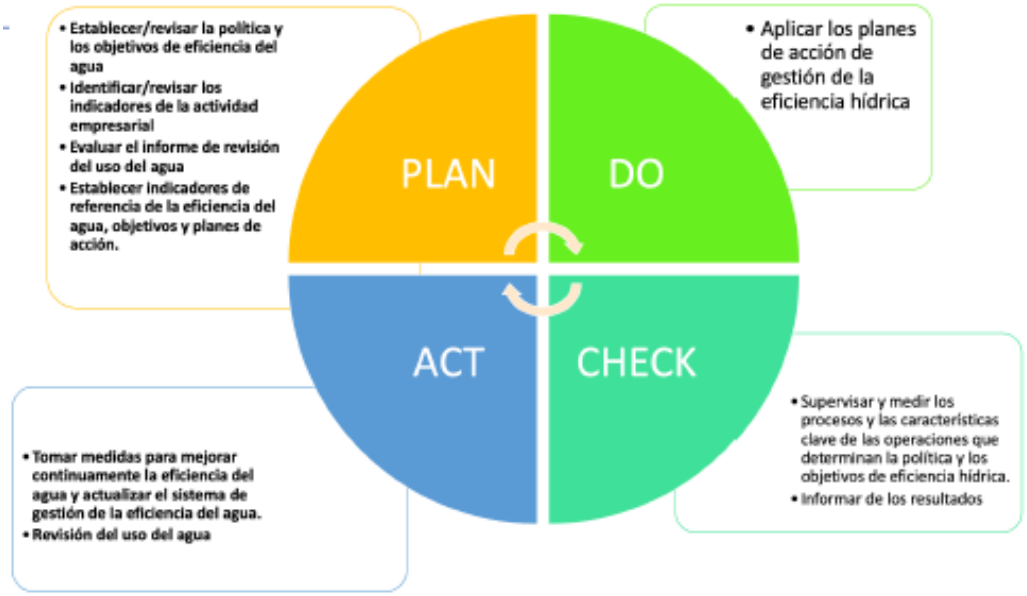
Sistema de Gestión

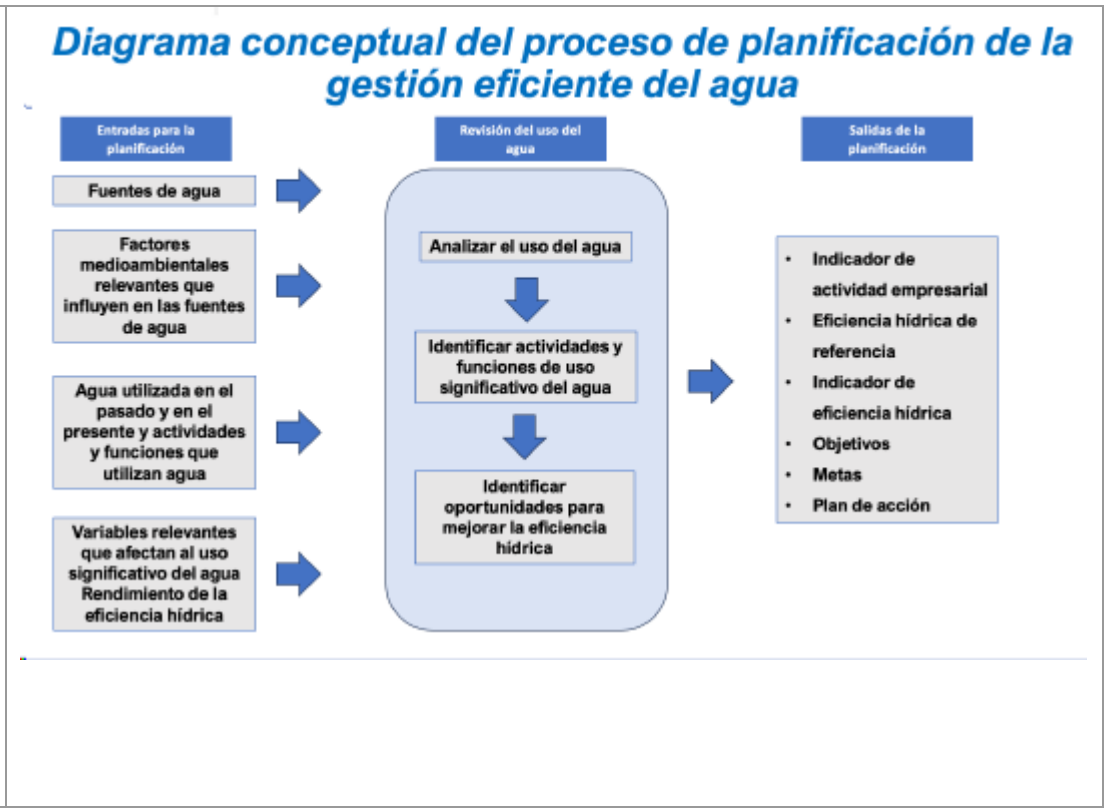
Sistema de Gestión. Elementos comunes

- Política.
  - Intención de la Organización, desde el nivel estratégico.
- Objetivos.
  - ¿Qué queremos lograr? Se toma como base la política.
- Recursos.
  - ¿Qué tiene la organización para llevar a cabo sus objetivos?
- Procesos, procedimientos, responsables (involucrados), planes de acción para lograr los objetivos.
- Manuales.
- Instructivos y/o documentos internos de la organización.
- Acciones preventivas, correctivas, de mejoramiento.
- Auditorías.
- Indicadores.

Se basan en el Ciclo "Deming": PDCA

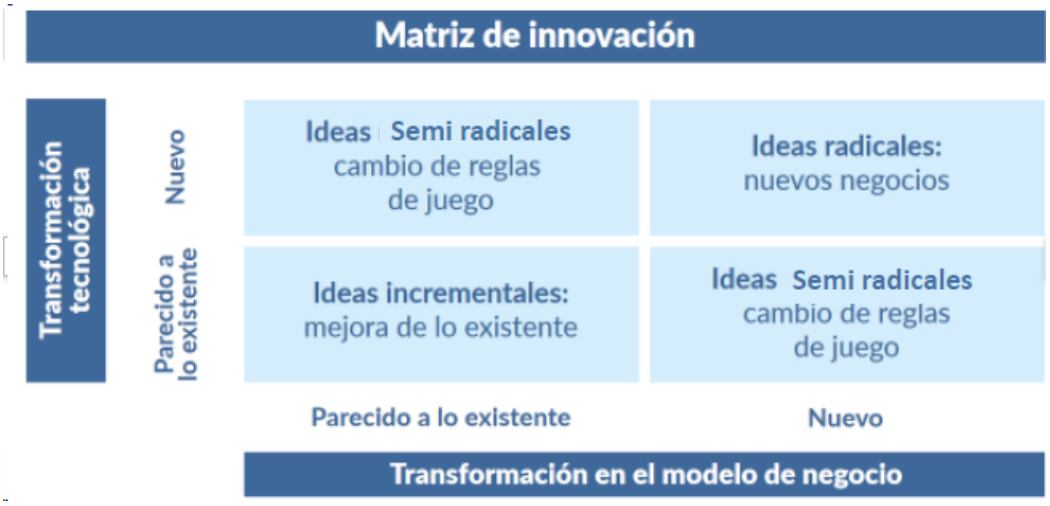






Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°5	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.14: Innovación y Gestión de Proyectos, MWM 550 Marcelo Bravo Fortune Innovación
Palabra Clave:	Identificación del problema e instrumentos Innovación de procesos de negocio Palancas de innovación Transformación del modelo de negocio Fuentes de oportunidad de innovación
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Marcelo Bravo (2023), presenta: "Innovación de procesos de negocio: Proceso de negocio nuevo o mejorado para una o más funciones comerciales que difiere significativamente de los procesos de negocios anteriores de la empresa y que ha sido implementado en la misma" (p.4). "Reconocer que los pilares fundamentales de la innovación son las redes que incluyen personas y conocimientos tanto dentro como fuera de la organización" (p.8). REDACCIONES PROPIAS Se establece que la manera de innovar determinará cómo y que se innovará. Además, que es un proceso colectivo, lo cual se aplica directamente en la cadena de valor del agua donde múltiples equipos están involucrados en los diferentes procesos. La identificación de un problema o brecha serán fuentes de oportunidades de innovación, considerando lo anterior y el cambio climático existen diversas aristas.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a las diferentes metodologías utilizadas en el sector sanitario, lo que permitirá complementar con la literatura, manuales, entre otros. COMPLEMENTAR: Ideas respecto a que puntos específicos a revisar y, además, a complementar con presentaciones de gestión de activos.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	☑ Hay seis palancas que influyen en la innovación estratégica para el modelo de negocio y la tecnología **Modelo de negocio** 1. Propuesta de valor: lo que se vende y se entrega al mercado 2. Cadena de suministro: cómo se crea y se entrega al mercado 3. Cliente objetivo: a quién se entrega **Tecnología** 4. Ofertas de productos y servicios 5. Tecnologías de proceso 6. Tecnologías habilitadoras *Ayudan a ejecutar la estrategia de forma más rápida, como fuente de ventaja competitiva* 

Identificación del problema

UTFSM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Phoenix Checklist

La Lista de verificación consta de dos componentes:

EL PROBLEMA

EL PLAN

1. ¿Por qué es necesario resolver el problema?
2. ¿Qué beneficios obtendrás al resolver el problema?
3. ¿Qué es lo desconocido?
4. ¿Qué es lo que no entiendes?
5. ¿Cuál es la información que tienes?
6. ¿Es la información suficiente? ¿O es insuficiente? o redundante? o contradictorio?
7. ¿Dónde están los límites del problema?
8. ¿Cuál no es el problema?
9. ¿Puedes dibujar un diagrama del problema? ¿una figura?
10. ¿Puedes separar las diversas partes del problema? ¿puedes escribirlos? ¿Cuáles son las relaciones de las partes del problema? ¿Cuáles son las constantes (cosas que no se pueden cambiar) del problema?
11. ¿Has visto este problema antes?
12. ¿Has visto este problema en una forma ligeramente diferente? ¿Conoces algún problema relacionado?
13. Trate de pensar en un problema familiar que tenga el mismo o similar desconocido.
14. Supongamos que encuentra un problema relacionado con el suyo que ya se ha resuelto. ¿Puedes verlo? ¿Puedes usar su método?
15. ¿Puedes repetir tu problema? ¿De cuántas maneras diferentes puedes repetirlo? ¿mas general? ¿mas especifico? ¿Se pueden cambiar las reglas?
16. ¿Cuáles son los mejores, peores y más probables casos que puedas imaginar?

M.W.M. Magíster en Gestión del Agua Master of Water Management

Empresa

ORGANIZACIÓN





Fuentes de oportunidades de innovación

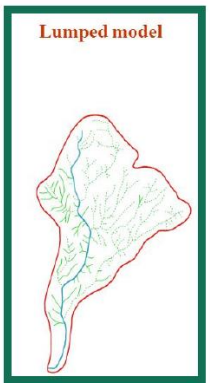
Consideradas

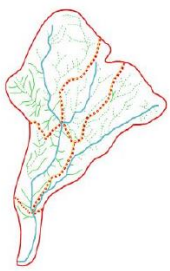
Ámbitos / Áreas

- ✓ Hechos inesperados
- ✓ Incongruencias
- ✓ Necesidades de los procesos
- ✓ Cambios en la industria y el mercado
- ✓ Cambios demográficos
- ✓ Cambios en la percepción
- ✓ Nuevo conocimiento

Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°6	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.2: Evaluación de los Recursos, MWM 110 Raúl Flores Audibert Introducción a la modelación hidrológica
Palabra Clave:	Modelación Hidrológica Aplicación de modelos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Raúl Flores Audibert (2022), presenta: Métodos matemáticos y estadísticos son usados para obtener relaciones entre input y output. Sistema integrado de monitoreo y modelo hidrológico-químico para la gestión de recursos hídricos aplicable a la prevención de desastres naturales y adaptación al cambio climático. REDACCIONES PROPIAS Sistemas de modelación hidrológica respecto al impacto del estrés hídrico en las fuentes subterráneas son referentes para estimar el comportamiento de los niveles de los acuíferos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a las tecnologías de modelación hidrológica.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	





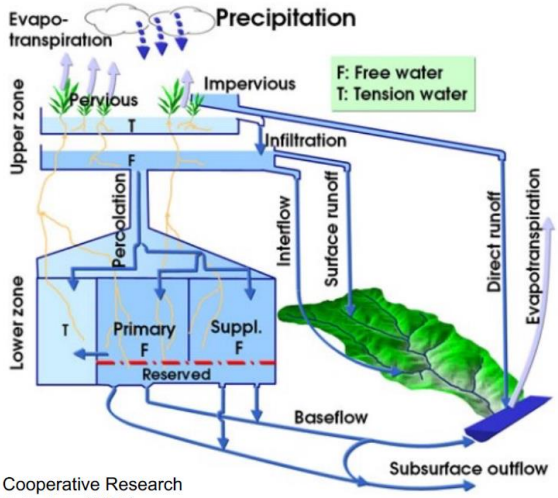


- ***Spatially lumped***: Representan el dominio como una sola entidad, sin mayor discretización especial. Describen los efectos a gran escala de procesos resultantes de heterogeneidad a escala pequeña

Modelación hidrológica

Magíster en Gestión del Agua
Master of Water Management

- Modelos conceptuales
  - Modelos tipo "bucket"

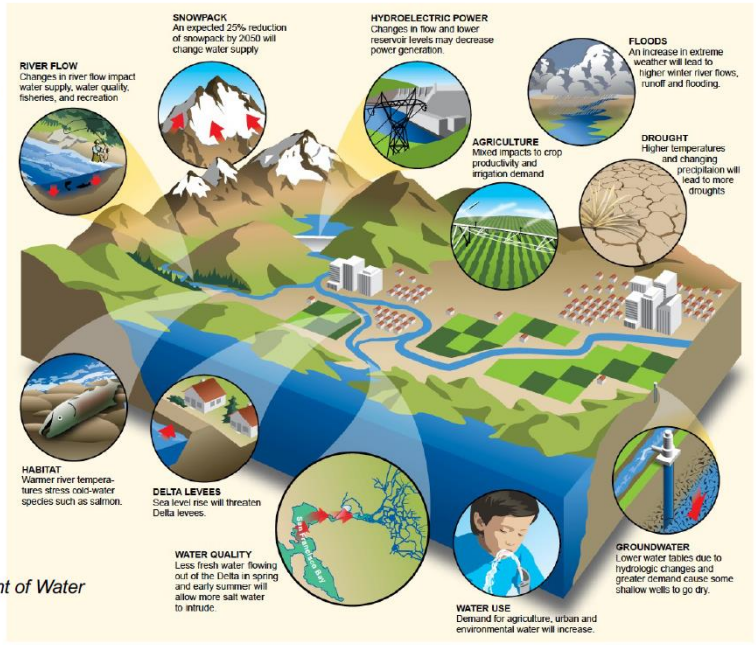


Modelo Sacramento, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology (USA)

Modelación hidrológica

Magíster en Gestión del Agua
Master of Water Management

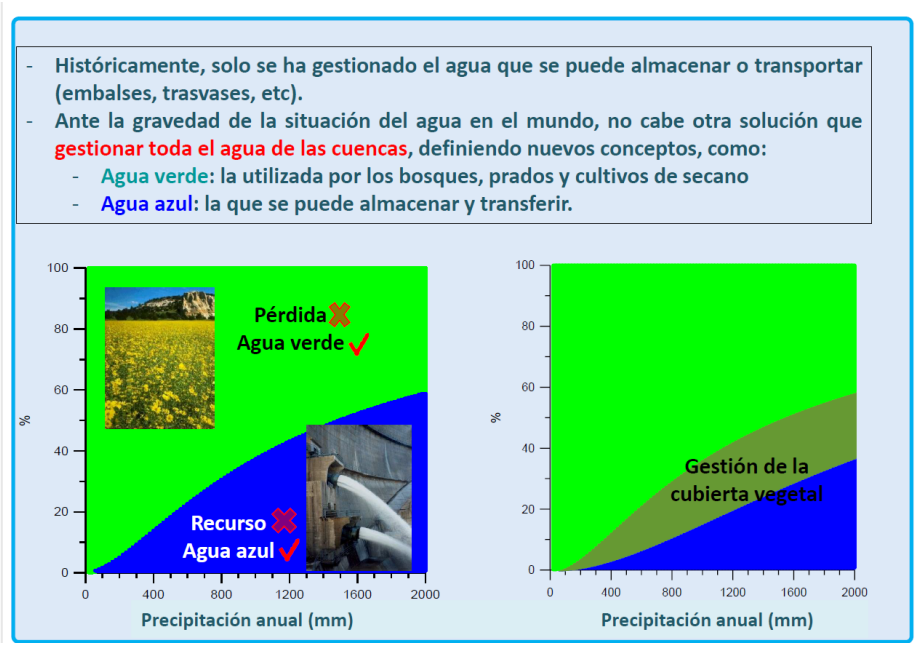
- Impacto cambio climático
  - Probablemente la aplicación más contingente



California Department of Water Resources, 2008

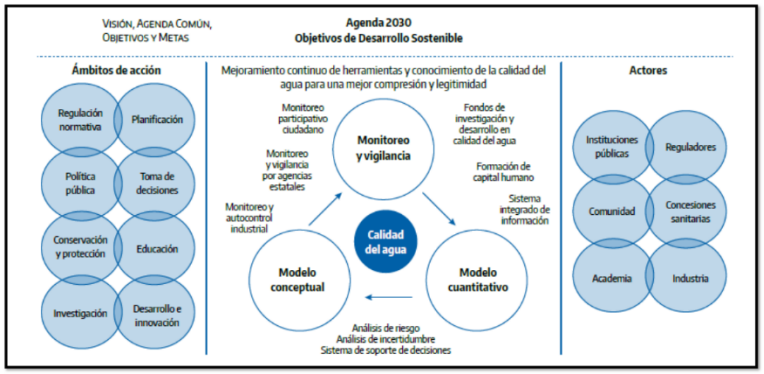
Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°7	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 Javier Martín Vide Manejo sostenible/sustentable de cuencas
Palabra Clave:	Cambio climático Reducción de recurso hídrico Ahorro y eficiencia hídrica Gestión Integrada
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Javier Martín Vide (2022), presenta: Las proyecciones de cambio climático indican que la temperatura seguirá aumentando durante décadas, y, por ende, la evapotranspiración potencial. La precipitación aumentará en el conjunto del planeta, pero en regiones de clima mediterráneo y en otras subtropicales y tropicales será igual o inferior a la actual. Como consecuencia de lo anterior, se producirá una reducción de los recursos hídricos superficiales y subterráneo s y un mayor estrés hídrico en la vegetación. Los incendios forestales aumentarán en frecuencia y extensión Un aumento de la temperatura, aun con precipitación estable, implica un incremento de la evaporación y la transpiración vegetal (evapotranspiración). El incremento de la evapotranspiración (y, en su caso, la disminución pluviométrica y/o el aumento de su irregularidad) puede comportar un aumento de los requerimientos de agua de riego. La recuperación de la superficie forestal implica un descenso del caudal de los ríos, por aumento del 'agua verde'. Necesidad de una gestión del agua y de una planificación hidrológica e hidráulica sostenibles y adaptadas al nuevo contexto climático. Ahorro y eficiencia hídrica en todos los sectores. Reducción de las pérdidas en las redes de distribución Gestión integrada del agua y del territorio La planificación territorial como la mejor y más barata herramienta para disminuir los riesgos

	hídricos. REDACCIONES PROPIAS Considerar lo indicado respecto a la planificación y acciones para mitigar efectos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: La situación hídrica.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°8	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.4: Gestión de la Captación y Tratamientos del agua, MWM 120 Ximena Molina Paredes Evaluación de la Calidad del agua del recurso hídrico
Palabra Clave:	Cuencas Calidad de las aguas Contaminantes Físicos, Químicos y Biológicos Contaminantes emergentes Efecto cambio climático
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Ximena Molina Paredes (2023), presenta: Cuenca: Área geográfica, cuyas aguas superficiales y subterráneas drenan a una red hidrográfica común, hacia curso mayor o principal que desemboca en el mar o lago (MOP/DGA, 2014). Cuenca hidrográfica: aguas superficiales Cuenca hidrológica: aguas superficiales y acuíferos Seguridad hídrica: "Acceso al agua en un nivel de cantidad y calidad adecuada, por cuenca, para: sustento y aprovechamiento en el tiempo, tanto para salud, subsistencia, desarrollo socioeconómico y conservación de ecosistemas, mantener una alta resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y contaminación. Escasez hídrica: resultado de una interacción compleja entre anomalías meteorológicas, procesos hidrológicos y cambios en el uso que el hombre hace del recurso. Importancia Principio Precautorio: Condiciones • daño grave irreversible de deterioro ambiental • desafío, dar seguridad a partir de hechos inciertos, controvertidos. • actuar sin esperar resultados, incertezas, carencia de sustento científico. Tipos de Contaminación: Física ▪ Química ▪ Biológica Indicadores Físicos: pH, turbiedad, luz solar, temperatura, presión hidrostática, color, Conductividad eléctrica, Sólidos, Indicadores Químicos: oxígeno disuelto, sales y nutrientes orgánicos e inorgánicos.

	Indicadores Biológicos: microorganismos de origen fecal (aguas residuales, origen doméstico. pH controla procesos químicos y biológicos en sistema natural, Equilibrio carbónico (balance CO2 /CO3 2-/HCO3 - y actividad vital de microorganismos acuáticos. Contaminantes emergentes: Ejemplo productos farmacéuticos, plásticos, pesticidas, etc.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	COMPLEMENTAR: La normativa vigente respecto al cumplimiento de la calidad del agua.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 Enfoque para la toma de decisiones y políticas públicas orientadas a mejorar y proteger la calidad del agua. Fuente: Pastén, Vega, Guerra, Pizarro, & Lizama (2019).



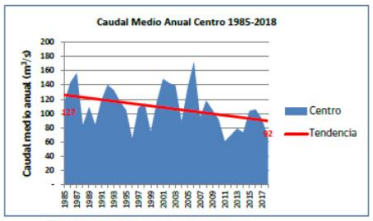
Cuencas prioritarias por tamaño (15)

Macrozona	Región	Nº Mapa	Nombre	Superficie [km²] (1)
Norte	I	1	Pampa del Tamarugal	17.353
	II	2	Río Loa	33.081
	II	3	Salar de Atacama	15.576
	III	4	Río Copiapó	18.703
	IV	5	Río Limarí	11.696
Centro	RM	6	Río Maipo	15.273
	VI	7	Río Rapel	13.766
	VII	8	Río Maule	21.052
Sur	VIII	9	Río Itata	11.326
	VIII	10	Río Biobío	24.369
	IX	11	Río Imperial	12.668
	XIV	12	Río Valdivia	10.244
	XIV	13	Río Bueno	15.366
Austral	XI	14	Río Aysén	11.456
	XI	15	Río Baker	20.945

(1) Según información del BNA

Fuente: Unidad SIG, División de Estudios y Planificación DGA, agosto 2015

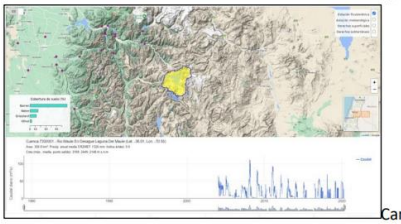
Macro Zona Centro



Fuente: MOP/DGA, 2016. Atlas del Agua

16 cuencas hidrográficas. Aconcagua a Maule Clima mediterráneo: precipitaciones moderadas prom. anual 943 mm/año (invierno) y estación seca prolongada (7 a 8 meses), escorrentía un 3,8 % de nivel nacional.	**Regiones:** -Valparaíso, Metropolitana de Santiago, -Libertador General Bernardo O'Higgins, -Maule Superficie total 78.482 km2
20 áreas silvestres protegidas	Régimen pluvio nival. Uno de los suelos más fértiles de Chile cultivos de frutas, hortalizas y flores destinadas a la exportación.
Principales actividades -Agropecuario 389 m^3/s -Industrial 20,23 m^3/s - Minería, 4,03 m^3/s.	-Minerales principales cobre, oro, plata.

Cuenca río Maule, año 2020, marzo 26,78 m^3/s



Camels (CR)[2]



Cuenca río Maule

Normas de Calidad

documento, establecido por consenso, aprobado por un organismo reconocido, que proporciona para un uso común y repetido, una serie de reglas, directrices para las actividades de calidad, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en el contexto de la calidad.

NORMAS TÉCNICAS

Normas producto

NCh 409/1, 2015 : Calidad de Agua Potable
NCh 409/2, 2004: Muestreo
DS MIN. Salud. N° 446/2006

NCh 1333/1978: Requisitos de calidad para diferentes usos:
Riego; Recreación; Estética; Con contacto directo; Sin contacto directo; Vida acuática

Normas protección de fuentes

NCh777/1, 2008: Fuentes de abastecimiento y obras de captación-Parte 1: captación de aguas superficiales.

NCh 777/2: Agua Potable: Fuentes de abastecimiento y obras de captación-Parte 2: captación de aguas subterráneas.

FISCALIZA

SISS Superintendencia de Servicios Sanitarios

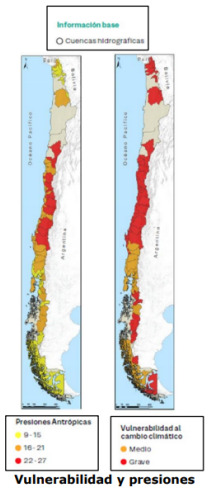
SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

SISS Superintendencia de Servicios Sanitarios

INN - CHILE

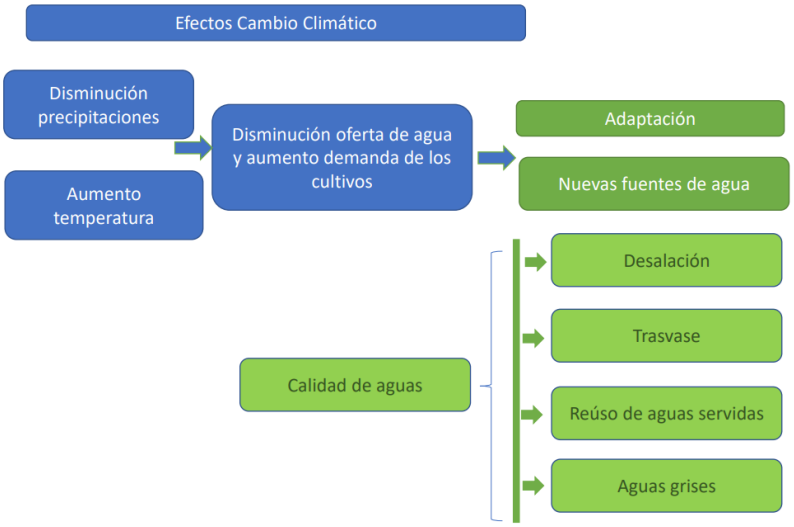
Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) es el organismo normativo y fiscalizador de las empresas concesionarias servicios de agua potable y alcantarillado. Controlar y fiscalizar los RiLES de industrias y los vertidos de PTAS.

DESAFIOS



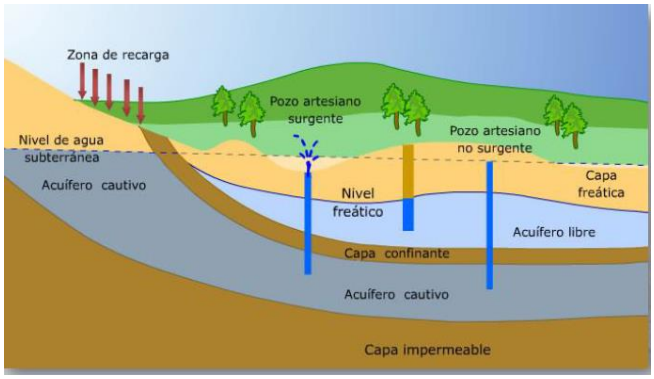
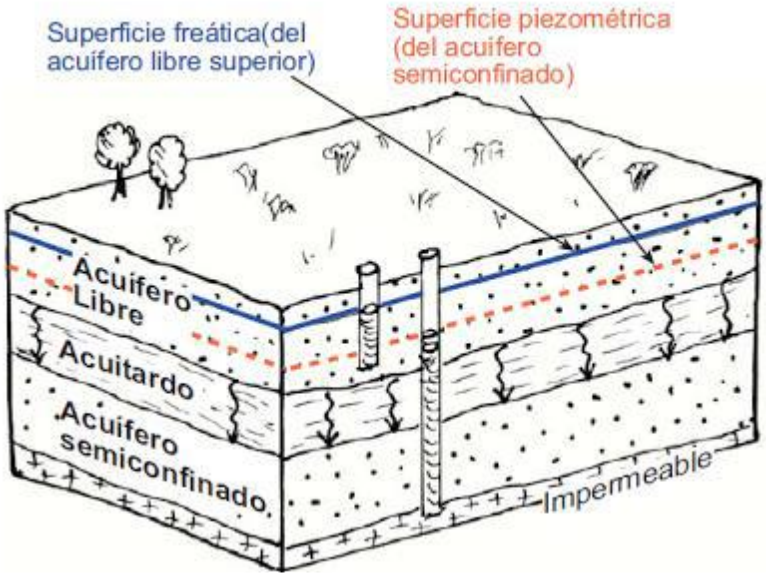
Vulnerabilidad y presiones

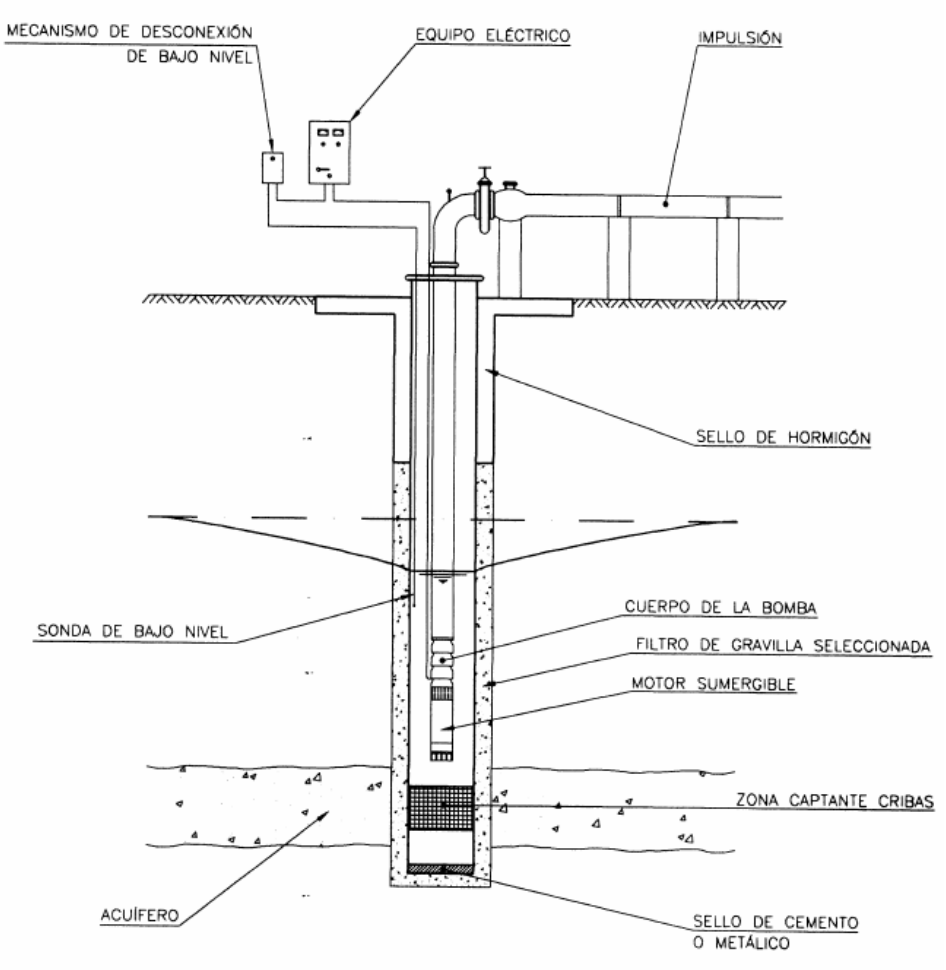
Fuente. Marquet et al., (eds.) (2019). *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones*. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.



Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°9	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.4: Gestión de la Captación y Tratamientos del agua, MWM 120 Pedro Kamann Obras de Captación de Aguas Subterráneas
Palabra Clave:	Sondajes profundos Acuíferos Métodos constructivos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Pedro Kamann (2023), presenta: Acuífero libre: Cercanos a la superficie terrestre, el agua subterránea tiene superficie abierta a la atmósfera. Acuífero artesiano o confinado: Confinados entre estratos impermeables, por ende, bajo presión. Percusión: Es un proceso más lento y se usa en suelos blandos desde una estructura un trépano excava a golpes. Se debe instalar tubos para que no se desmorone. Rotopercusión: El sistema golpea y rota al mismo tiempo. Tiene buena velocidad de avance. Rotación: Hidráulica Directa con un trépano de cabeza de diamante se va perforando. El agua de perforación arrastra el material de molienda para hacer más efectivo el arrastre del material se le agrega al agua bentonita, que además cumple la función de revestir las paredes del pozo (no se necesita colocar tubos). El problema de esto es que también impermeabiliza al pozo. Luego, una vez terminado, hay que "desarrollar el pozo", es decir, limpiar y sacar todo el material fino en el filtro y dejar operacional el pozo sacando.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTER y COMPLEMENTAR: Antecedentes sobre fuentes subterráneas.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 


MECANISMO DE DESCONEXIÓN
DE BAJO NIVEL
EQUIPO ELÉCTRICO
IMPULSIÓN
SELLO DE HORMIGÓN
SONDA DE BAJO NIVEL
CUERPO DE LA BOMBA
FILTRO DE GRAVILLA SELECCIONADA
MOTOR SUMERGIBLE
ZONA CAPTANTE CRIBAS
ACUÍFERO
SELLO DE CEMENTO
O METÁLICO

Captación desde Pozos profundos o sondajes

Métodos constructivos

- Percusión
- Rotopercusión
- Rotación Hidráulica Directa
- Rotación Hidráulica Inversa



Trépanos





Desarrollo del pozo

Significa limpiar y sacar todo el material fino en el filtro y dejar operacional el pozo, sacando especialmente la bentonita.

Métodos de Desarrollo:

1. Desarrollo por sobrebombeo.
2. Desarrollo por lavado a contracorriente (*backwashing)*. Bombeo intermitente y cuchareo.
3. Desarrollo mediante aire comprimido.
4. Desarrollo con pistón o émbolo.
5. Desarrollo mediante chorros de agua horizontales a alta velocidad.

Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°10	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.8: Gestión de Redes, MWM 400 Milo Millán Gestión de Redes: Una mirada desde la gestión pública del MOP
Palabra Clave:	MOP DGA SISS Consejo de cuencas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Milo Millán (2023), señala: RESOLUCIÓN DGA N°135 (31ENE2020) Exceptúa tramitar ante DGA permisos de modificaciones de cauces naturales o artificiales, entre otros a: •Servicios del MOP (sólo informara DGA) •Proyectos financiados por Servicios Públicos (sólo aprobación DOH) •ProyectosenRedPrimariadeAguasLluviasyExtraccionesdeÁridos(sóloaprobaciónDOH) •Proyectos Ley18.450de Fomento al Riego (inspección DOH) •Laboresdemantenciónoconservaciónyobrasprovisorias(responsabilidaddelTitular) •Reparaciones de emergencia de cauces artificiales •Obras de reconstrucción en cauces, en zonas declaradas de catástrofe o emergencia. Principales Funciones de Servicios MOP relacionados con el agua DGA: derechos de aguas, modificaciones de cauces naturales y artificiales, fiscalización. SISS: servicios sanitarios en zonas urbanas. DOH: infraestructura hidráulica de riego, servicios sanitarios rurales, aguas lluvias, obras fluviales y de control aluvional, extracción de áridos.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Rol y alcance de las diferentes entidades públicas.

Materiales más significantes:
Tablas
Gráficos
Ejemplos
Fotografías
Mapas
Otros

4. FUNCIONES DEL MOP



11

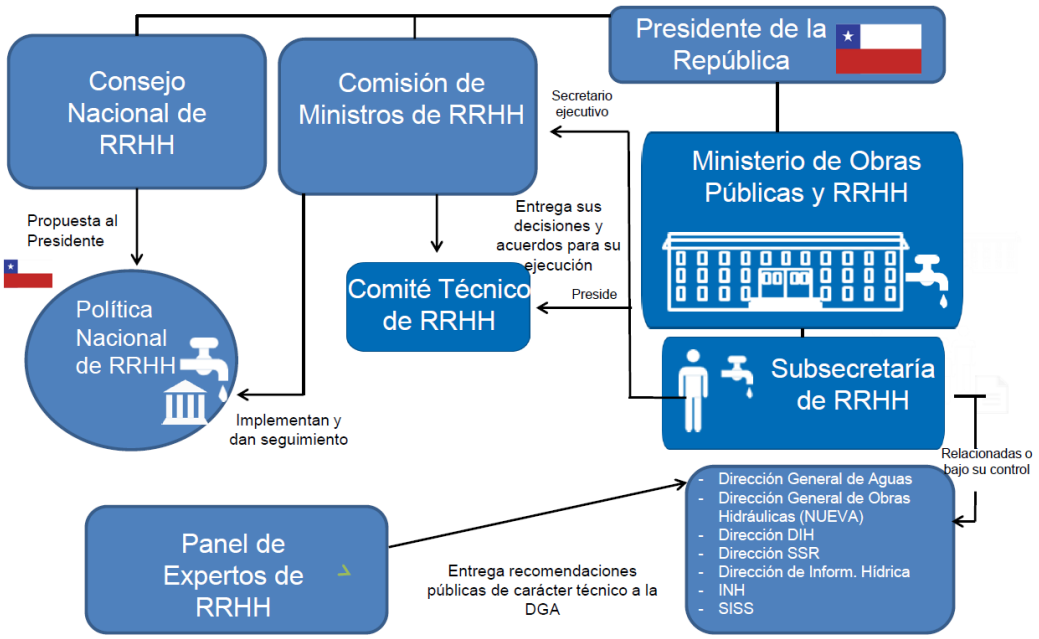
4. FUNCIONES DEL MOP

Funciones DGA

- Planificar el desarrollo del recurso hídrico en las fuentes naturales.
- Constituir derechos de aprovechamiento de aguas.
- Investigar y medir el recurso hídrico.
- Mantener y operar la red hidrométrica nacional y publicar la información correspondiente.
- Coordinación de los programas de investigación del sector público y privado.
- Ejercer la labor de policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales e impedir que se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización correspondiente.
- Supervigilar el funcionamiento de las Organizaciones de Usuarios, de acuerdo al Código de Aguas.

14

5. PROPUESTA NUEVA INSTITUCIONALIDAD PÚBLICA DE RECURSOS HÍDRICOS



7. CONSEJOS DE CUENCA

Los Consejos de Cuenca son organismos para la gestión hídrica, de conformación público – privada - comunitaria, con representantes de los distintos actores de la cuenca.

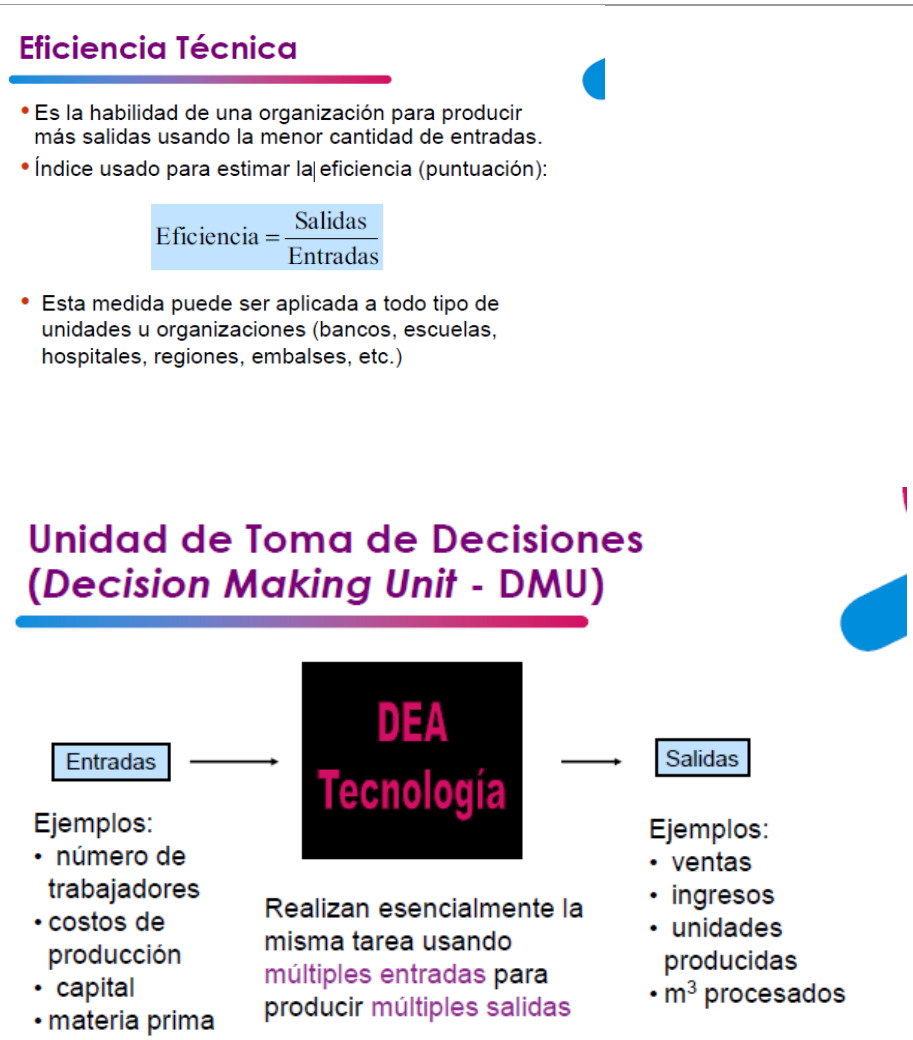
Los consejos buscan establecer una visión y planificación de la cuenca y, de forma vinculante, generar y promover las coordinaciones para implementar medidas de **gestión integrada de los recursos hídricos**.

La DGA trabaja en la implementación de los consejos en **16 cuencas piloto**, una por región

Los pilotos permitirán retroalimentar el modelo de gobernanza de las cuencas, que quedará consagrado en un proyecto de ley en preparación.

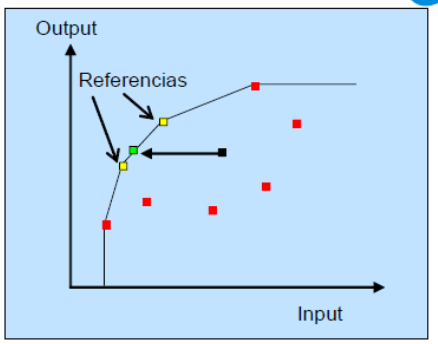
Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°11	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.9: Sistemas de Gestión, MWM 530 Marcela González Análisis de Eficiencia
Palabra Clave:	Eficiencia Data Envelopment Analyisis (DEA)
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Marcela González (2023), señala: Frontera de eficiencia o producción: Representa el nivel máximo de producción (salidas) que es posible alcanzar con un dado nivel de recursos (entradas). Eficiencia Técnica: Es la habilidad de una organización para producir más salidas usando la menor cantidad de entradas. Data Envelopment Analyisis (DEA): Es un método de apoyo a las decisiones basado en programación lineal para identificar funciones de producción empíricas. DEA entrega: •Puntuación de eficiencia relativa para un conjunto de unidades comparables. •Unidades de referencia para las unidades ineficientes. •Una frontera de eficiencia desde el punto de vista de las mejores prácticas observadas. Ventajas •Permite trabajar con múltiples entradas y múltiples salidas. •No se necesita establecer hipótesis sobre la forma de la frontera eficiente o de producción. •Entrega una puntuación de eficiencia para cada unidad evaluada. •Las entradas y las salidas pueden ser medidas en diferentes unidades. •Compara todas las unidades con aquellas que presentan las mejores prácticas observadas. •Permite establecer metas para las unidades ineficientes. •Entrega una visión general sobre aspectos administrativos y operacionales de las unidades.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto al tipo de eficiencias y sus aplicaciones.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

Análisis de Eficiencia Orientado a las Entradas

- El análisis de eficiencia orientado a las entradas tiene por objetivo minimizar el nivel de entradas, manteniendo constante el nivel de salidas.



9

Puntuación de Eficiencia para una Dada Unidad (*DMU*) en la Orientación a las Entradas

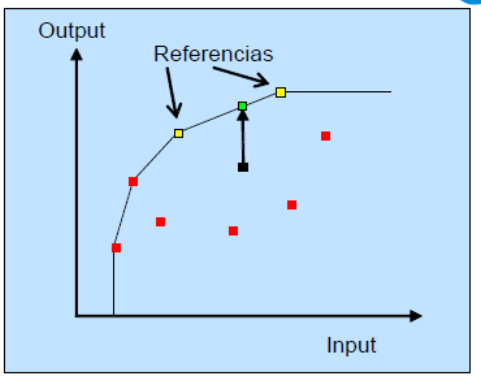
- Si la puntuación de eficiencia es menor que 1, la unidad evaluada no es eficiente en relación al conjunto de unidades observadas.
- Si esta puntuación es igual a 1 la unidad evaluada es eficiente.



10

Análisis de Eficiencia Orientado a las Salidas

- El análisis de eficiencia orientado a las salidas tiene por objetivo maximizar el nivel de salidas, manteniendo constante el nivel de entradas.



11

Puntuación de Eficiencia para una Dada Unidad (*DMU*) en la Orientación a las Salidas

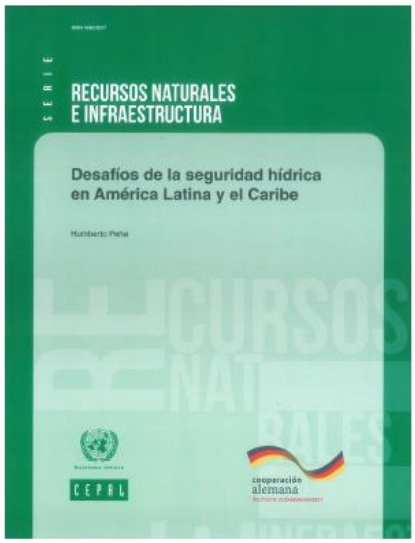
- Si la puntuación de eficiencia es mayor que 1, la unidad evaluada no es eficiente en relación al conjunto de unidades observadas.
- Si la puntuación de eficiencia es igual a 1, la unidad evaluada es eficiente.



12

Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°12	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.12: Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos, MWM 140 Humberto Peña Seguridad Hídrica: El Concepto, Su Aplicación Y Los Desafíos En El Caso De Chile
Palabra Clave:	Seguridad Hídrica Dificultades para su medición a nivel nacional
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Humberto Peña (2023), señala: Definición de la Seguridad Hídrica: Caso Latinoamérica Una disponibilidad de agua que sea adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción La capacidad --institucional, financiera y de infraestructura-- para acceder y aprovechar dicha agua de forma sustentable y manejar las interrelaciones entre los diferentes usos y sectores Un nivel aceptable de riesgos asociados al agua, para la población, el medio ambiente y la economía
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a la seguridad hídrica y su visión a nivel nacional.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	



Referencias sobre el concepto de Seguridad Hídrica

- Abril de 2016: "**Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe**" por Humberto Peña.
- CEPAL Serie de Recursos Naturales e Infraestructura. N°178. (LC/L.419)

Elementos centrales considerados en el concepto de Seguridad Hídrica.

- Establece un objetivo estratégico focalizado en lo que importa a las personas y la sociedad.
- Aproximación multidimensional a la relación agua – sociedad (salud, producción, medioambiente, etc.)
- Importa la capacidad efectiva de acceder a los servicios.
- Enfatiza el tema de riesgo ("seguridad").
- Supone conocer el nivel de servicio o riesgo aceptable (o tolerable).

Medición de la seguridad hídrica a nivel nacional

- Las principales dificultades y limitaciones de los intentos de medir la seguridad hídrica se han relacionado con la **disponibilidad de indicadores**:
  - Se utilizan los **indicadores disponibles a partir de las bases de datos existentes a nivel nacional e internacional** (como porcentaje de la población con acceso a agua potable o incidencia de enfermedades relacionadas con el agua en la pérdida de años de vida saludable).
  - En algunos casos, se recurre además a los **indicadores definidos sobre la base de opiniones de expertos** (por ejemplo, sobre la efectividad de los sistemas o instrumentos de gestión).
  - Sin embargo, estos **enfoques significan una simplificación** de la situación real y carecen de mayor utilidad como guía de políticas públicas de seguridad hídrica en la mayoría de los casos:
    - Se requieren **indicadores desagregados por cuencas** o por otras zonas de dimensiones acordes a la escala de los problemas detectados.
    - Más importantemente, es necesario **desarrollar indicadores nuevos más avanzados**, lo que supone un considerable trabajo de investigación y generación de datos.

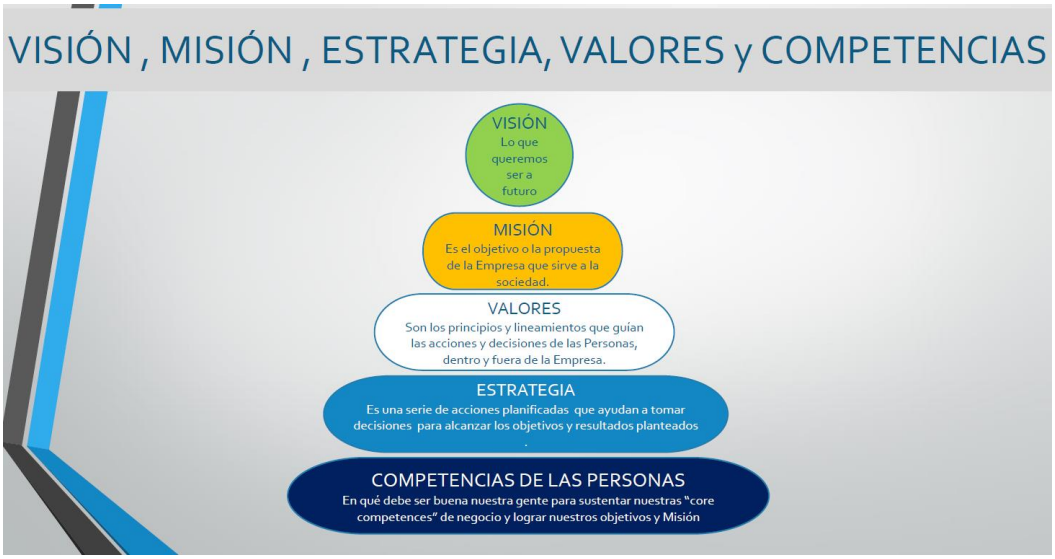
Escala de análisis

- Nivel Nacional: orientado a su incorporación en el Plan Nacional de Recursos Hídricos (grandes proyectos/ programas sectoriales, trasvases, etc.)
- Nivel de Cuenca: orientado a su incorporación en los planes de las cuencas.
- Nivel local/ municipal
- Nivel de Proyectos de Inversión: orientado a incorporar al proceso regular de decisión presupuestaria del Estado.



Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°13	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.12: Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos, MWM 140 Mario Elgueta González Gestión de las Personas: aciertos, riesgos y conflictos
Palabra Clave:	Gestión de personas Visión empresa Misión empresa Administración estratégica Valores de una organización Matriz de gestión de talento
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Mario Elgueta González (2023), señala: Visión de la Empresa: es una declaración o manifestación que indica hacia dónde se dirige una Empresa o qué es aquello en lo que pretende convertirse en el largo plazo. La Visión es una meta de plazo amplio donde se establece la aspiración sobre los logros de una empresa y lo que se pretende acerca de su estado futuro. Así, define la ruta a seguir tanto para los directivos como para los empleados Misión de la Empresa: La Misión es una declaración estratégica que sintetiza el propósito de una empresa. Es el objetivo o la propuesta de la compañía que sirve a la sociedad, al mismo tiempo que es la base del plan de negocios y de las estrategias definidas por la Empresa. Los Valores Corporativos son los principios que orientan las acciones y decisiones y comportamiento de las personas dentro y fuera de la Empresa, definiendo el estándar de conductas que, como Empresa, queremos que tengan nuestros trabajadores. Tienen implicaciones sociales, de desarrollo, en las dinámicas de trabajo y en el servicio al cliente. Desde el punto de vista organizacional la ética es la ciencia del comportamiento moral de los individuos, que tiene por finalidad definir lo que es bueno o permitido, versus lo que es malo o prohibido, respecto de una acción o una decisión tomada por el ser humano.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a la gestión de personas en una empresa.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

AGUAS

ARAUCANÍA

Visión

En Aguas Araucanía aspiramos a ser reconocidos como una empresa que contribuye a mejorar la calidad de vida de nuestros clientes.

Misión

Entregamos servicios sanitarios a los clientes satisfaciendo en cada momento sus necesidades, contribuyendo a la mejora del medio ambiente y al desarrollo de las ciudades donde operamos.

Entendemos que la participación de nuestros trabajadores es imprescindible, por lo que estamos comprometidos con su desarrollo personal y profesional.

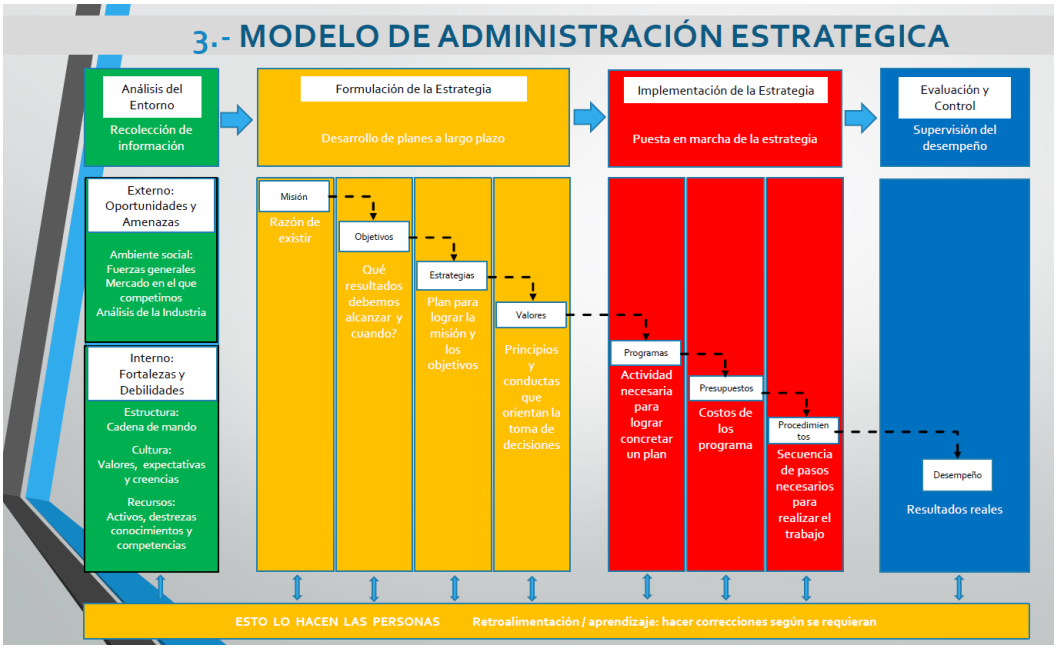
Debemos garantizar que nuestros accionistas perciban una rentabilidad atractiva dentro de la industria, en un proyecto de largo plazo y crecimiento sostenido.

Somos sensibles a la diversidad geográfica y cultural de las distintas regiones en las que estamos presentes, por lo que nos preocupamos de generar una única identidad que respete y cuide la diversidad que nos enriquece.

Valores

En Aguas Araucanía creemos firmemente que las cosas no pueden hacerse de cualquier manera, por lo que compartimos sólidos valores que nos identifican y nos distinguen. Amabilidad, Esfuerzo y Honestidad.

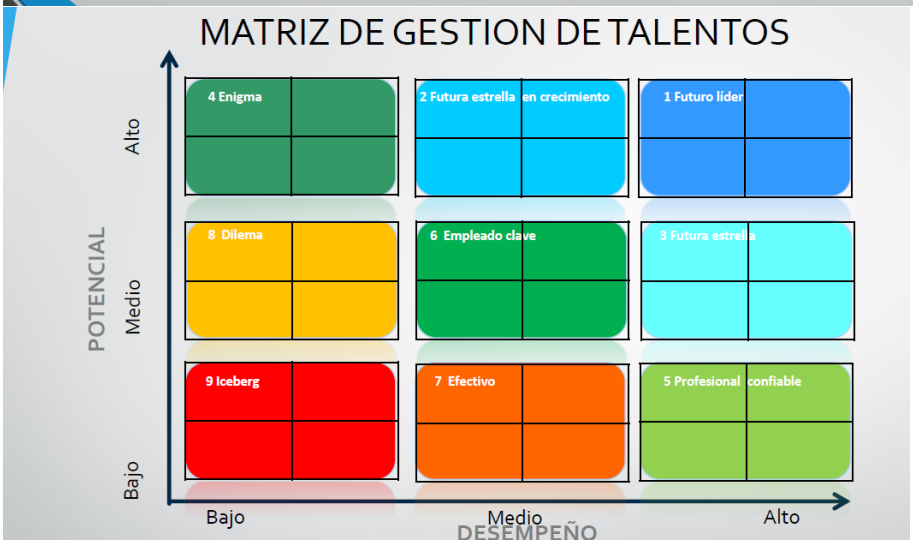
8



Clasificación de los Valores de una Organización

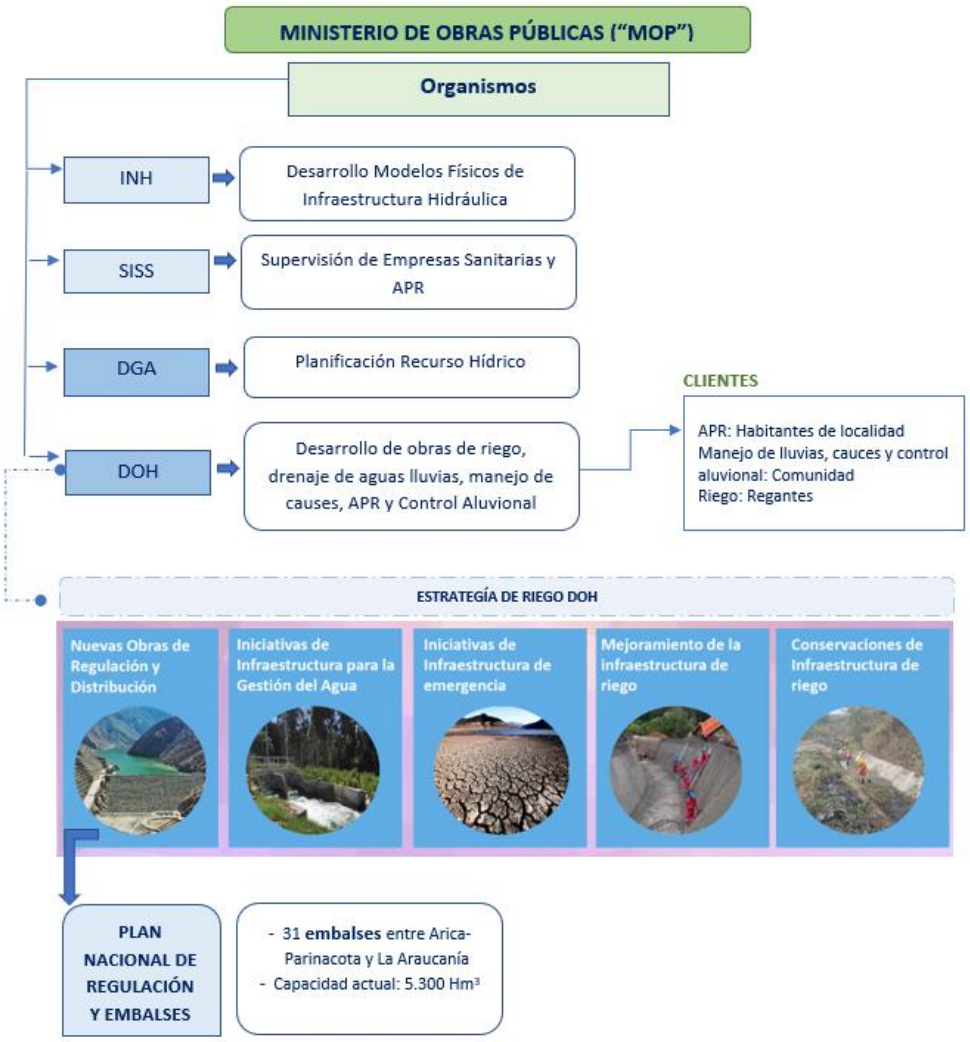
Clasificación de Valores Corporativos, de acuerdo con su alcance:

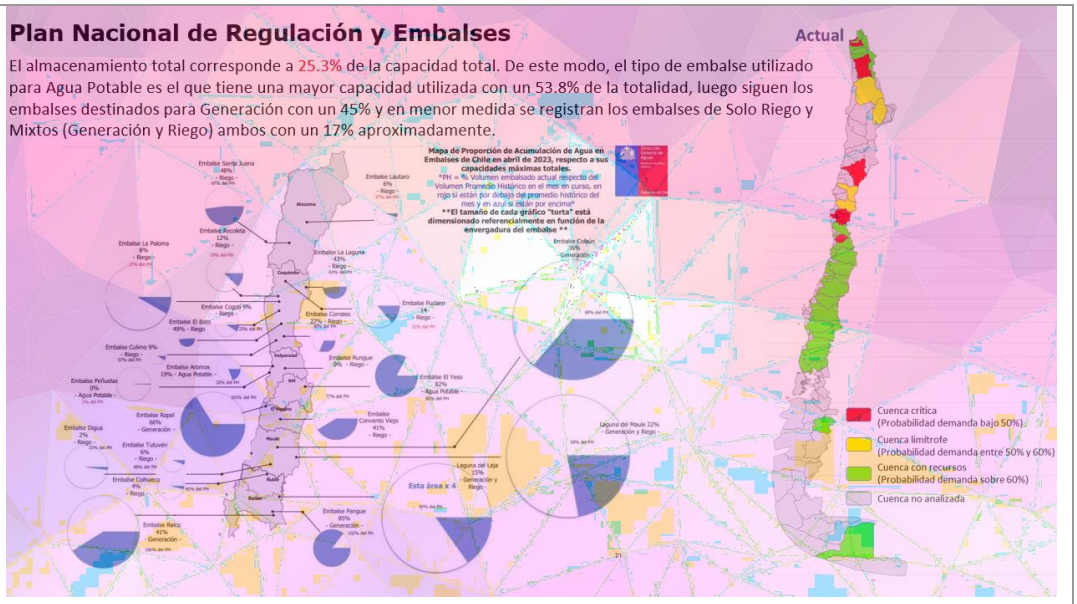
- **Valores Sociales:** hablan sobre la responsabilidad social o la contribución al medio ambiente y comunidad; acerca de una dinámica de trabajo o incluso de la felicidad, por ejemplo: Sustentabilidad, Sostenibilidad y Cooperación.
- **Valores de Desarrollo:** dictan la pauta de la mejora continua, además del impacto en la optimización de los procesos de la Empresa; entre estos está la Innovación.
- **Valores en las dinámicas de trabajo:** refieren a la actividad interna, como la Eficiencia, la Excelencia, el Trabajo en Equipo.
- **Valores del servicio al cliente:** indican una satisfacción inigualable; algunos ejemplos son la Actitud de Servicio, el Respeto y Valoración de las Personas, la Escucha Activa, etc.
- **Valores de comportamiento individual**: son aquellos propios de la persona que fueron formados desde su formación; algunos ejemplos son la Integridad, la Honradez, el respeto hacia los otros.

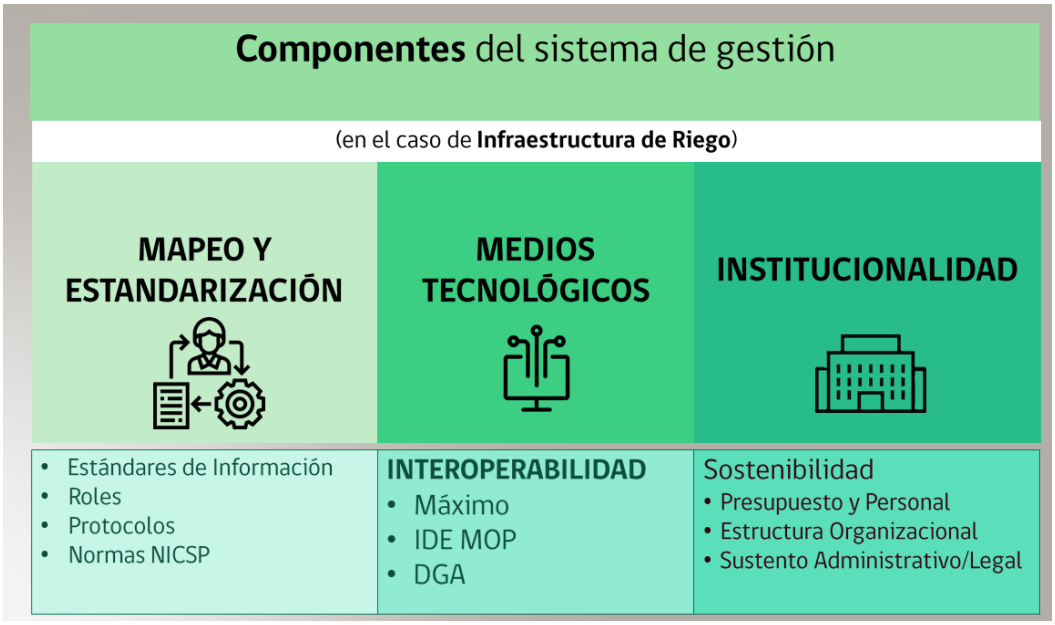


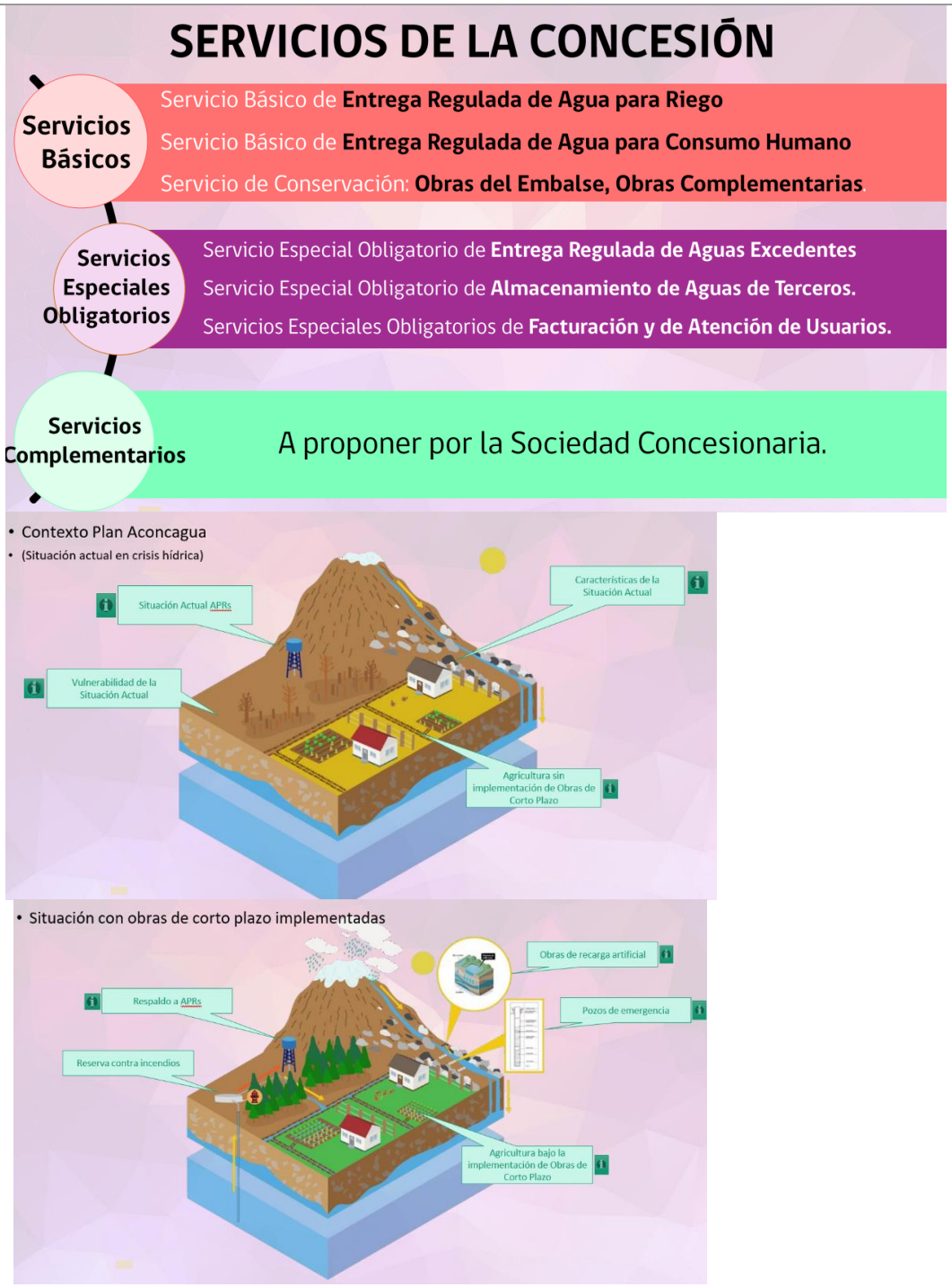
Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°14	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.13: Gestión de Clientes, MWM 540 Iván Rojas Choque Aplicación Grandes Obras Públicas
Palabra Clave:	Gestión de Clientes Estrategia de riego Embalses Plan de sistema de gestión
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Iván Rojas Choque (2023), señala: Productos Estratégicos de Riego de la Dirección de Obras Hidráulicas Plan Nacional de Regulación de Embalses Plan de Conservación de Obras de Riego Plan de Conservación Obras Paliativas y Temporales en escenarios de escasez Hídrica. Plan de Rehabilitación de Embalses Menores, Tranques y Canales. Plan de Conservación, Automatización, Monitoreo y Control - Canales de Riego Privados. El MOP cuenta con una cartera de 31 grandes embalses, entre la Región de Arica-Parinacota y La Araucanía
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Ley multipropósito, respecto a los embalses.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	


MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS ("MOP")
Organismos
INH
Desarrollo Modelos Físicos de Infraestructura Hidráulica
SISS
Supervisión de Empresas Sanitarias y APR
DGA
Planificación Recurso Hídrico
DOH
Desarrollo de obras de riego, drenaje de aguas lluvias, manejo de causes, APR y Control Aluvional
CLIENTES
APR: Habitantes de localidad
Manejo de lluvias, cauces y control aluvional: Comunidad
Riego: Regantes
ESTRATEGÍA DE RIEGO DOH
Nuevas Obras de Regulación y Distribución
Iniciativas de Infraestructura para la Gestión del Agua
Iniciativas de Infraestructura de emergencia
Mejoramiento de la infraestructura de riego
Conservaciones de Infraestructura de riego
PLAN NACIONAL DE REGULACIÓN Y EMBALSES
- 31 embalses entre Arica-Parinacota y La Araucanía
- Capacidad actual: 5.300 Hm³

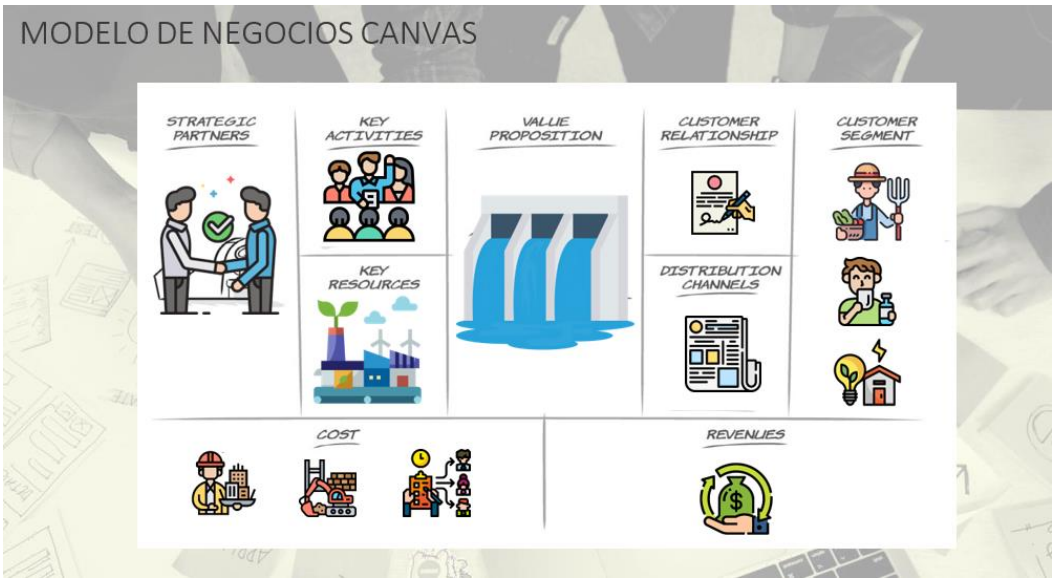

Plan Nacional de Regulación y Embalses
El almacenamiento total corresponde a 25.3% de la capacidad total. De este modo, el tipo de embalse utilizado para Agua Potable es el que tiene una mayor capacidad utilizada con un 53.8% de la totalidad, luego siguen los embalses destinados para Generación con un 45% y en menor medida se registran los embalses de Solo Riego y Mixtos (Generación y Riego) ambos con un 17% aproximadamente.
Actual
Mapa de Proporción de Acumulación de Agua en Embalses de Chile en abril de 2023, respecto a sus capacidades máximas totales.
**El tamaño de cada gráfico "torta" está dimensionado referencialmente en función de la envergadura del embalse **
Cuenca crítica (Probabilidad demanda bajo 50%)
Cuenca limítrofe (Probabilidad demanda entre 50% y 60%)
Cuenca con recursos (Probabilidad demanda sobre 60%)
Cuenca no analizada


Componentes del sistema de gestión
(en el caso de Infraestructura de Riego)
MAPEO Y ESTANDARIZACIÓN
MEDIOS TECNOLÓGICOS
INSTITUCIONALIDAD
• Estándares de Información
• Roles
• Protocolos
• Normas NICSP
INTEROPERABILIDAD
• Máximo
• IDE MOP
• DGA
Sostenibilidad
• Presupuesto y Personal
• Estructura Organizacional
• Sustento Administrativo/Legal



Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°15	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.13: Gestión de Clientes, MWM 540 Iván Rojas Choque Experiencia de Usuario
Palabra Clave:	Cliente- usuario Objetivo Innovación El método Design Thinking Plan Aconcagua
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Iván Rojas Choque (2023), señala: La experiencia del usuario se centra en lo que encuentra el usuario final, mientras que el diseño del servicio se centra en cómo se crea internamente esa experiencia del usuario. El método Design Thinking (pensamiento de diseño) sirve para generar ideas innovadoras centradas en el usuario, y fue usado en su origen por los diseñadores de producto. Actualmente las empresas entienden las ventajas de usar metodologías ágiles en sus proyectos y se practica design thinking en muchos ámbitos, pero nosotros nos centramos en lo nuestro: el diseño de experiencia de usuario.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Experiencia usuario.

Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 

CONTEXTO PLAN ACONCAGUA



El Valle del Aconcagua, actualmente tiene una infraestructura de riego que permite regar **66.748 ha**, con seguridades de riego que han disminuido en los últimos años producto de la sequía, llegando a aprox. **39% (*)**

Nota (*): Seguridad de riego para hectáreas de riego mejoradas y nuevas hectáreas de riego.

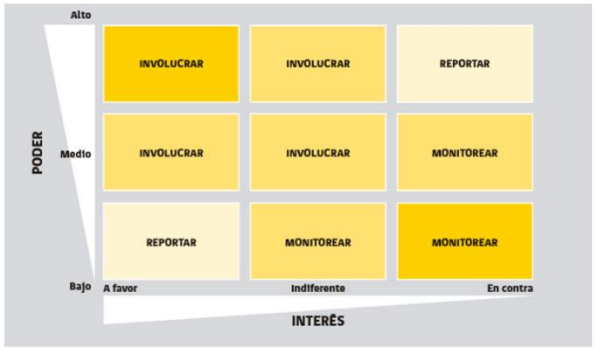
- En la figura se incluye la división político – administrativa

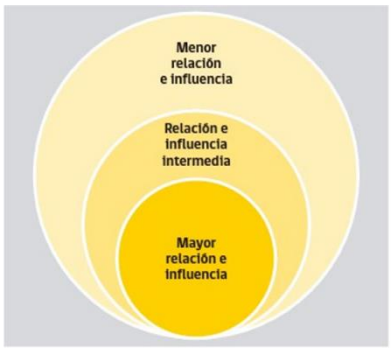
Notas:
(1) Considera pozos existentes y nuevos.
(2) Se considera mejorar la baja seguridad en la actual superficie de riego, para lograr un 85%.

Zona	Ha Mejoradas con Pozos (1)	Ha Mejoradas con Embalses	Superficie Potencial a Mejorar (2) (ha)
Sección 1	15.809	8.638	24.447
Sección 2	11.902	6.502	18.404
Sección 3	10.779	11.223	22.002
Sección 4	928	967	1.895
Total	**39.418**	**27.330**	**66.748**

Teniendo en consideración las iniciativas de corto plazo incluidas en el Plan Aconcagua, principalmente la explotación de acuíferos por medio de pozos y su recarga a través de piscinas de infiltración, se podría mejorar la seguridad de riego de **39.418 ha** y luego, con el **Plan de Embalses**, mejorar la seguridad de riego de **27.330 ha.**

ESQUEMA DE CLASIFICACION DE ACTORES





Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°16	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.14: Innovación y Gestión de Proyectos, MWM 550 Marcelo Bravo Modelo de entrega de proyectos y formas de contrato
Palabra Clave:	Modelos de contrato Precio Unitario Suma Alzada Administración delegada
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Marcelo Bravo (2023), señala: A suma alzada: "…oferta a precio fijo, en la que las cantidades de obras se entienden inamovibles, salvo aquellas partidas especificadas en los documentos de licitación cuya cubicación se establezca a serie de precios unitarios…" Series de Precios Unitarios "…precios unitarios fijos aplicados a cubicaciones provisionales de obras establecidas por el MOP…Los precios unitarios se entenderán inamovibles y las cubicaciones se ajustarán a las obras efectivamente realizadas Administración delegada Forma de contratar en virtud de la cual un contratista toma a su cargo la ejecución de una obra, reintegrándosele, previa comprobación, el desembolso en que incurrió en su realización, más el honorario pactado por sus servicios.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Tipología de contrato

Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	 Contratos Preocupación de la industria Permisos prioritarios para la inversión Productividad Conflictividad mandante contratista Miradas del sector Contratos Colaborativos Ideas generales Ejemplos  **Contrato de Obra Pública:** DTO 75 (2004) "Es un acto por el cual el Ministerio encarga a un tercero la ejecución, reparación o conservación de una obra pública, la cual debe efectuarse conforme a lo que determinan los antecedentes de la adjudicación, incluyendo la restauración de edificios patrimoniales"(p. 3) .

③ Conflictividad mandante y contratista

Fuente: Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (2020). Productividad en el sector de la construcción

UTFSM MASTER OF WATER MANAGEM

tasa de ocurrencia de sobrecostos y orden de magnitud de retrasos

- A nivel nacional como internacional los proyectos de infraestructura presenta sobrecostos y retrasos en su ejecución
  - 50% — 10% — Sobrecostos
  - 50% Duplica el plazo — 19% Respecto de lo estimado — Plazos — 80% proy. con retrasos
- Las obras constructivas se someten a plazos y condiciones determinadas anticipadamente con base en la información disponible al momento de suscribir el respectivo contrato
- En ocasiones, los antecedentes de referencia que acompañan las bases de licitación se presentan de manera tardía
  - potenciales
    - Extensiones en la programación de la obra (tanto de la licitación como su ejecución
    - Aumentos de costos frente a correcciones relevantes
- Proporción relevante de consultas a las bases de licitaciones que dan cuenta de errores u omisiones que deben ser posteriormente corregidos de manera formal en circulares aclaratorias
  - Caso de concesiones, un 61% de las 411 circulares aclaratorias emitidas en la historia de esta modalidad modificaron las bases de licitación. Incluyendo 6 casos en donde incluso se modificó un antecedente tan relevante como el presupuesto de la obra.
  - El proceso aclaratorio no necesariamente otorga respuestas completas, lo que en algunos casos deriva en alta incertidumbre en torno al proceso, e incluso en controversias en el contrato

Contratos Colaborativos



UTFSM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Tipos de contratos



Contrato de Colaboración
Alliancing Contract (Alliancing)

Construir Operar y Transferir
Build Operate Transfer (BOT)

Entrega Integrada de Proyecto
Integrated Project Delivery (IPD)

Set de contratos modulares

Modelos de entrega

Colaborativos

Integración temprana

Flexibles



Modelos de Contratos de la Federación Internacional de Ingenieros Consultores
Fédération Internationale Des Ingénierus-Conseils (FIDIC)

Asociación Público-Privada (APP)
Public-Private Partnership (PPP)

Contrato Marco de Colaboración
Framework Alliance Contract (FAC-1)

Nuevos Contratos de Ingeniería
New Engiennering Contracts (NEC)



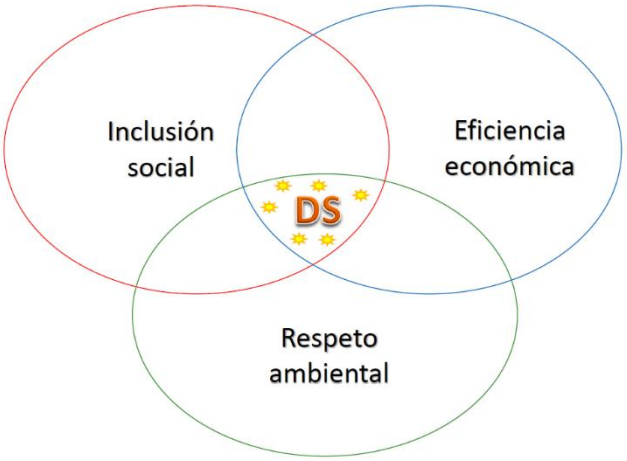
Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°17	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.14: Innovación y Gestión de Proyectos, MWM 550 Jorge Araya Mena Intervenciones en Antofagasta
Palabra Clave:	Obras Antofagasta Plan Maestro Emisario Submarino
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Jorge Araya (2023), señala: Plan Maestro y Calendario Referencial de Inversiones - 1999 El Plan Maestro considera la caracterización del Puerto y su capacidad de transferencia, además de un análisis de demanda y el establecimiento de requerimientos de área para los horizontes de 5 y 20 años, así como de capacidad de transferencia potencial. El Calendario Referencial de Inversiones caracteriza cada una de las inversiones identificadas para el período analizado.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	OTROS APORTES: Obras a implementar en zonas de máxima escasez hídrica
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	



Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°18	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 Javier Martín-Vide El Agua en los Objetivos del Desarrollo Sostenible
Palabra Clave:	ODS Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Javier Martín-Vide (2022), señala: Día de la sobrecapacidad del planeta el día 28 de julio. Lo que quiere decir que en estos momentos necesitamos la capacidad de 1,7 planetas Tierra para satisfacer nuestras necesidades como especie. METAS: Aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce. Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles. Ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Respecto a la visión internacional sobre las metas y desafíos de la ODS

Materiales más significantes: Tablas Gráficos Ejemplos Fotografías Mapas Otros	**METAS** **6.1** Lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible. **6.2** Lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad **6.3** Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertido y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial **6.4** Aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce. **6.5** Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles. **6.6** Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua. **6.a** Ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización **6.b** Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento El Desarrollo Sostenible 

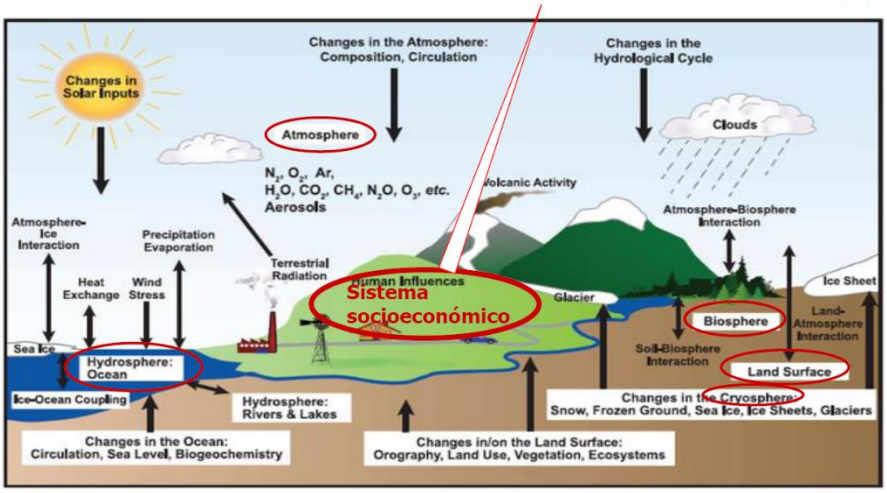
Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°19	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 Javier Martín-Vide Las Teleconexiones
Palabra Clave:	ENSO/El Niño Teleconexión
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Javier Martín-Vide (2022), señala: Teleconexiones (atmosféricas) = conexiones a distancia (mediante dipolo) El Niño: Fenómeno natural Recurrente, pero sin periodicidad fija Relación íntima entre atmósfera y océano Modelo global de variabilidad climática Modelo de teleconexión No es causa ni consecuencia del cambio climático No es el origen de todas las catástrofes climáticas
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR: Fenómenos naturales que afectan o generan variaciones en los modelos.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	

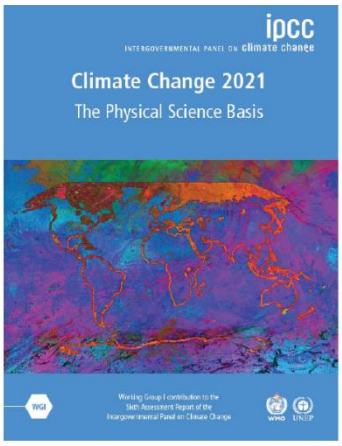


Fuente: *Elaboración propia*

REFERENCIA DE CLASE N°20	
Nombre del Módulo **Profesor** **Lectura**	Mod.3: Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos, MWM 100 Javier Martín-Vide Cambio Climático y Water Management
Palabra Clave:	Cambio Climático Mitigación Adaptación Riesgo Cambio régimen pluviométrico
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **1. "Citas textuales"** **2. Redacciones propias**	CITAS TEXTUALES Javier Martín-Vide (2022), señala: El cambio climático no es una mera cuestión ambiental, sino que es un problema económico (de modelo económico y energético), social (de equidad y justicia social) y de salud. El año más lluvioso es 11.5 veces más lluvioso que el más seco "Los cambios en el régimen hídrico de Chile se reconocen como un riesgo importante para el desarrollo futuro del país El análisis de observaciones en el período entre 1960 y 2016 confirma una tendencia significativa hacia un régimen de menor precipitación en el centro y sur del país Se estima que esta señal de cambio climático regional emergió por sobre la variabilidad natural durante la última década De hecho, el comportamiento estacional en la disminución de las precipitaciones en esta región es coherente con la respuesta modelada bajo múltiples forzamientos antropogénicos Por lo tanto, concluimos que la señal de secamiento de largo plazo observada en Chile es, en gran medida, atribuible al forzamiento antropogénico Evolución reciente de la precipitación en Chile." Autores: Autores: Juan P. Boisier, Camila Álvarez-Garretón, Raúl R. Cordero, Alessandro Damiani, Laura Gallardo, René D. Garreaud, FabriceLambert, Cinthya Ramallo, MaisaRojas, Roberto RondanelliPublicado en: http://doi.org/10.1525/elementa.328(En (CR)2, El Antropoceno en Chile: evidencias y formas de avanzar. Un aumento de la temperatura, aun con precipitación estable, implica un incremento de la evaporación y la transpiración vegetal. El incremento de la evapotranspiración (y, en su caso, la disminución pluviométrica y/o el aumento de su irregularidad) puede comportar un aumento de los requerimientos de agua de riego.

Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar** **Avalar** **Complementar** **Definir** **Contrapropuesta** **Otros aportes**	ORIENTAR Y DEFINIR: Características principales del cambio climático y como afecta directamente a la gestión del agua potable.
Materiales más significantes: **Tablas** **Gráficos** **Ejemplos** **Fotografías** **Mapas** **Otros**	El sistema climático SOMOS LA 6ª COMPONENTE DEL SISTEMA CLIMÁTICO (!)  AR4

6º IPCC (2021)



"Es indiscutible que las actividades humanas están provocando el cambio climático, haciendo que los eventos climáticos extremos, como olas de calor, lluvias torrenciales y sequías, sean más frecuentes y severos"

"La escala de los cambios recientes en todo el sistema climático y el estado actual de muchos aspectos del sistema climático[…] no tienen precedentes en muchos siglos o miles de años"

El triángulo del riesgo



Dos acciones clave “globales”:

- **Mitigación**: Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para que el calentamiento sea el mínimo posible.

- **Adaptación**: Ajustarse a las nuevas condiciones ambientales reduciendo el efecto de los impactos y aprovechando las nuevas oportunidades.

La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias para reducir los riesgos del cambio climático

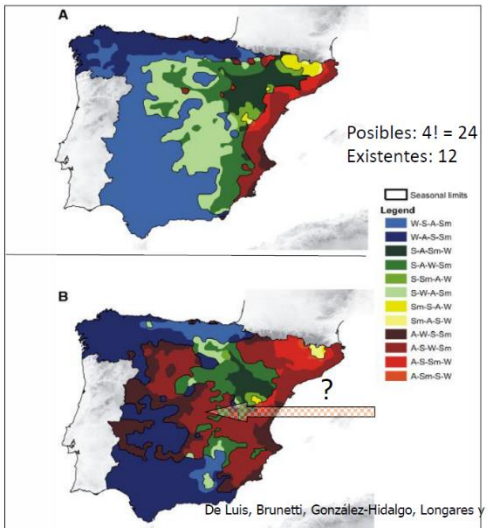
Cambios en el régimen pluviométrico estacional

2670 observatorios

MOPREDAS

1946-1975

1976-2005



Notable expansión hacia el W de los regímenes con máximo **otoñal**, en detrimento de los primaverales.

De Luis, Brunetti, González-Hidalgo, Longares y Martin- Vide (2010)

	COROLARIO - **No parece aconsejable aumentar sin contención la superficie regada, aun siendo los regadíos más eficientes, porque: (1) los recursos hídricos serán cada vez más escasos y (2) los regadíos existentes demandarán más agua bajo unas condiciones progresivamente más cálidas.** - **No parece lógico aumentar la capacidad de agua embalsada o el número de presas, porque los recursos hídricos disponibles van a reducirse (pantanos semivacíos), aparte del impacto socioambiental.** - **En algunos casos, en contraposición con la necesidad de incrementar la superficie arbolada para la captura de carbono, una gestión forestal que reduzca la densidad de árboles puede aumentar los recursos de agua (agua azul) y disminuir el riesgo de incendios.** HACIA UNA **NUEVA CULTURA DEL AGUA** - **Necesidad de una gestión del agua y de una planificación hidrológica e hidráulica sostenibles y adaptadas al nuevo contexto climático.** - **Por encima de todo, la garantía del suministro de agua a toda la población a un precio razonable.** - **Ahorro y eficiencia hídrica en todos los sectores.** - **Uso doméstico de las aguas grises; aprovechamiento de las aguas pluviales.** - **Reducción de las pérdidas en las redes de distribución.** - **Regeneración y reutilización de aguas grises.** - **Gestión de la demanda de agua.** - **Asumir el principio del agua como activo ecosocial** - **Gestión integrada del agua y del territorio. La planificación territorial como la mejor y más barata herramienta para disminuir los riesgos hídricos.**

Fuente: *Elaboración propia*

13.2 PALABRAS CLAVES Y/O CONCEPTOS

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
Tablero de Control Operacional	Sánchez, E. 2021.			Implementación de tecnología que permita la **recolección de datos de manera remota y automatizado**.	Implementar sincronización automática del tablero con las distintas fuentes de información requeridas.
	Montes, A. 2020.	Para la mejora de una PEAP: **Sistemas SCADA y la comunicación Modbus RTU RS-485**.			
	NCh691. Of2015	Parámetros mínimos en el diseño y prestación de servicio de: **Presión, Caudal, Cuarteles**.			
	Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021.	Guía que permite determinar las pérdidas Energéticas en los sistemas de agua potable. Recomendaciones sobre la **Caracterización Energética y Diagnóstico del Desempeño Energético y para el elemento de Monitoreo Medición y Análisis con** objeto de optimizar la eficiencia energética del sistema.			

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	AVK Válvulas. 2019.	Da a conocer las **APP disponibles** para: Medición de caudal, cálculo de fuga de agua, pérdida de carga, consumo energético. Además da a conocer su **localizador para la gestión del activo** que permite realizar una trazabilidad completa de los activos en la red.			
	Aguas Antofagasta. 2024.			El servicio de TaKaDu no necesita instalar sensores ni medidores, ya que a**naliza los datos existentes recogidos por la empresa** de suministro, utilizando algoritmos matemáticos y estadísticos avanzados, que se ejecutan en una potente infraestructura informática en nube.	La implementación es corta, sencilla y se realiza de forma remota utilizando una conexión de Internet segura.

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	IBM. 2024.			Medidores Inteligentes: **comunicación por línea eléctrica (PLC);** transmiten datos a través de líneas eléctricas existentes, eliminando la necesidad de infraestructura de comunicación adicional. Este método puede ser rentable y proporcionar una comunicación confiable.	
	TaKaDu. 2024.	Software que permite detectar, analizar y administrar.			
	Ayyeka. 2024.	Monitoreo de activos. (Ubicación - Alarmas - Integración SCADA y BI, Gestión remota).			

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	Itron. 2023.				**TEMETRA ANALYSIS:** “es una solución integral diseñada para abordar las pérdidas de agua no contabilizadas dentro de los sistemas de distribución de agua. Esta solución tiene como objetivo ofrecer resultados mensurables mejorando la eficiencia operativa, reduciendo los costos operativos, mejorando la confiabilidad y aumentando la resiliencia"
	Kee, S. 2023.				"el análisis de datos automatizados es un **cambio tanto tecnológico como cultural**" - Personal

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	AWWA, 2020.				**Software que cronometra** la actividad de bombeo con precios de energía más bajos para que los tanques se llenen cuando los precios de la energía son más bajos día a día
Fuentes Subterráneas	Sánchez, E. 2021.	Análisis de los principales factores que afectan el consumo de energía e incrementan las pérdidas de bombeo	Entender la secuencia energética, es decir, el conjunto de etapas que van desde el suministro de energía eléctrica hasta convertirla en energía útil	Eficiencia electromecánica ésta resulte **menor o igual al 40% en forma combinada** (bomba-motor) deben efectuarse acciones de rehabilitación o sustitución de los equipos electromecánicos	

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021.	Elementos que influyen en el mayor consumo energético desde el punto de vista del diseño son: 1-Distancia desde el punto de captación al usuario 2-Topografía del sector 3-Demanda de usuarios			Considerar demás medidas de eficiencia energética de manera global en el sistema, como lo es: mejoras operaciones con la infraestructura existente, reducción de pérdidas mecánicas, optimizar componentes hidráulicas
	AWWA, 2020.			Mediante la **Gestión de Presión**: Disminuye el gasto energético en los sistemas con infraestructura de bombeo al apuntar a la reducción de la presión y, por lo tanto, de los costes energéticos asociados al suministro de presión.	

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	Monsalve, M. 2021.	**Asociación de Perforadores de Agua en Venezuela** Los **pozos con alto contenido de sales de calcio, óxidos de hierro y óxidos de manganeso**, se van precipitando y terminan formando incrustaciones. **Acumulación** en el empaque de grava. **Crecimiento bacteriano** las cuales son anaeróbicas, ellas forman una especie de biomasa que también ocasiona taponamientos o bloqueos en las tuberías de captación.	**Incrustaciones:** Mecánicamente desprender este tipo de incrustaciones con un cepillo de cerdas de nylon y aire comprimido, no es sencillo, rápido ni eficiente. Para ello se debe acompañar con un producto química desincrustante **Acumulación:** utilizar un agente dispersante de arcillas y lodos bentoníticos. **Crecimiento Bacteriano:** Para su desarticulación pueden ser tratadas con los mismos ácidos que se tratan los bloqueos	Pasos para la **mantención y rehabilitación de sondajes**: - Obtención de datos del sondaje, de no contar con ellos realizar filmación -Inyección de aire: permite remover partículas finas de arena y arcilla; y, además, eliminar sedimento de la pared -El tipo de incrustaciones y bloqueo del flujo de agua toma muchas formas, siendo el Bloqueo Mineral (incrustaciones) las más comunes, el Bloqueo Físico (obstrucciones) y el Bloqueo Biológico (oclusión)	**Incrustaciones:** Para esta aplicación, Baroid nos presenta un polímero denominado el Aquaclear MGA y Johnson Screens por su parte tiene el Nu-Well 100 los cuales tienen un muy buen rendimiento en obra. **Acumulación:** En el mercado existen productos comerciales como el Aquaclear PFD de Baroid y el Nu-Well 220 de Johnson Screens. **Bacteriano**: Con Baroid se utiliza un polímero denominado Aquaclear AE y en Johnson Screens el Nu- Well 310.”

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
			minerales o polímeros.		
	NCh777/2. Of2000	Permitirá realizar un catastro respecto al correcto diseño, desarrollo y operación de las fuentes subterráneas.			Cumplimiento Normativo
	NCh409/1 Of.2005			Cumplimiento normativo respecto a la calidad del agua potable.	
	DGA. 2023.			**Cumplimiento normativo a MEE**: Sistema de medición general, Sensores de Nivel, Flujómetro, Sistema de Transmisión.	
	Cruzat Ingeniería. 2024.	Uso de **motores trifásicos** debido a su mayor eficiencia. “Marcas Franklin Electric, Grundfos y Pedrollo”		Determinación y caracterización de los diferentes componentes en la habilitación de pozos profundos	Establecer los diferentes tipos de control para bombeo: Partida directa Partida estrella-triángulo Variador de frecuencia Partidor suave

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	Araneda C., M., Avendaño R., M. S., & Díaz Del Río, G. 2019.	**Antecedentes del sistema hidrogeológico** respecto a la ubicación de las fuentes subterráneas. (Consideraciones para recuperación de caudal) El abanico del estero Colina también en la zona norte de la cuenca, **está constituido por gravas y arenas gruesas de origen fluvial las que gradan a arenas medias a gruesas en los sectores más distales.**			
	Alvarez-Garreton, C., Boisier, J.P., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillet, A., Aldunce, P., Urrutia-Jalabert, R., Zambrano-Bigiarini, M., Guevara, G., Galleguillos, M., Muñoz, A., Christie, D., Marinao,				Informa de la **situación hídrica en Chile,** colocando de manifiesto los cambios en las fuentes subterráneas. Frente a un caso pesimistas, respecto a la megasequía, entrega alternativas de incrementar la disponibilidad hídrica: transferencia entre cuencas y desalación.

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	R., & Garreaud, R. (2023).				
	AQUATEC, 2021.	Implementación de Plan de Mantención: Tratamiento de **limpieza y desincrustación mediante la inyección de CO2**			En base a los resultados de mantención, asociados a limpieza, permite una priorización asertiva respecto a su capacidad de producción.
Gestión de Presión	AWWA, 2020.	Monitoreo de presiones en tiempo real utilizando **SCADA o herramientas comparables** para que fallas en el suministro de presión.			

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	Garzón, F. 2006.	El estudio de la relación entre la frecuencia de aparición de nuevas **fugas y la presión de operación del sistema requiere que se conozca**: la historia de roturas antes y después de la implementación del control de presiones por espacio de varios años; la edad, dimensiones, materiales y condiciones de operación de las tuberías en el tiempo; adicionalmente, la distribución espacial de las roturas, la clasificación de las roturas en los componentes del sistema (redes matrices, redes de distribución, conexiones domiciliarias), y la clasificación de las roturas de acuerdo a sus posible causas			
	NCh692. Of2000	Requerimientos mínimos de los sistemas de bombeos.			
	AVK Válvulas. 2019.	“El control de presión presenta beneficios dobles reduciendo fugas y estabilizando las presiones del sistema, que aumentan la vida de los activos.”			

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	Grundfos, 2020.	Sistema de Distribución Basado en la Demanda (DDD): **cuatro bombas centrífugas multietapa verticales CRE90** que funcionan en paralelo, gracias a un **controlador CU352**. (…) A la salida se encuentra **un caudalímetro.** (…) Los sensores miden la presión del agua en tiempo real en dos puntos críticos de la red y envían la información de forma inalámbrica a la unidad de control CU352.			Waterworks reduce la energía en un tercio con ajustes de presión en tiempo real
DMA	González, F. 2017.	El tamaño de la DMA en última instancia depende del nivel económico de fugas	Si los análisis económicos han demostrado que es conveniente identificar y reparar nuevas fugas, entonces el **tamaño DMA tiene que ser de 1000 conexiones de servicio**. Sin embargo, en la mayoría de los casos el **tamaño DMA debe estar entre 3000 y**		Permita implementar sistemas de monitoreo y control, para comprender y analizar los perfiles de presión y caudal, identificar las áreas prioritarias, para mejorar la eficacia en la detección activa de fugas

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
			5000 conexiones de servicio.		
	González, F. 2017.	El dibujo provisorio de las fronteras del DMA debe prepararse **utilizando GIS y la modelación hidráulica**.			Discutir la definición del DMA con todas las áreas involucradas en el proceso para prever el cierre efectivo
	AVK Válvulas. 2019.	Ejemplifica gráficamente, que equipos deben considerarse en el DMA. Cómo son: Válvulas, Bocas de llave, eje de extensión, caudalímetros. Las VRP generalmente **se ubican en la entrada de una zona de presión,** junto al caudalímetro. **La VRP debe estar aguas abajo del caudalímetro** para que la turbulencia de la válvula no afecte la precisión del medidor. Es aconsejable instalar la VRP con un bypass para permitir futuros trabajos de mantenimiento.		Elaboración de un manual de operaciones el cual debe contener: un esquema de la red de tuberías; planos de ubicación de los caudalímetros, válvulas de control de presión, válvulas limitadoras; y una copia de la base de datos de facturación para el DMA.	Mejora la condición de los activos y el servicio al cliente al: • Aumentar la vida de la red a través de la gestión de la presión (menos averías) • Salvaguardar la calidad del agua • Permitir el suministro continuo de agua

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	AVK Válvulas. 2017.		Inicialmente establecer zonas más grandes de **5.000 o más conexiones**. Posteriormente, puede subdividirlos en DMA y sub-DMA de **1000 o menos conexiones para aquellas DMA con alto NRW y grandes longitudes de tuberías.**		
	AVK Válvulas. 2020.				Características de las válvulas de control inteligentes - Caudales nocturnos.
	Savic, D., Ferrari, G. 2014.	DMA pequeños **implican costos más altos**, porque se requieren más válvulas y medidores de flujo y también aumenta el costo de mantenimiento.			**Factores en la evaluación del desempeño** de diferentes redes rediseñadas: costo, confiabilidad y calidad del agua.

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
Balance Hidráulico	ANDESS, 2023.	**Volumen suministrado al sistema = Agua NO Facturada + Agua Facturada (IWA)** Dependiendo del origen de la pérdida en las conducciones, se deberá determinar su tratamiento para efecto de los balances.	Determinación de las pérdidas a partir de los balances hidráulicos Top-Down Balance Hidráulico Top-Down - **Estándar IWA**		Las **"pérdidas"** están directamente asociadas a la eficiencia y gestión operacional de la compañía. El **"aguas no facturadas"** incorporan componentes del volumen suministrado al sistema que muchas veces escapan de su control y pasan a formar parte de un consumo denominado "autorizado", el que no necesariamente está debidamente facturado.
	Water Online. (2023).			El modelo hidráulico permite: • Mejorar la experiencia del cliente • Mejora el rendimiento del sistema • Pre-localización de	

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
				fugas • Planificación de reposición de infraestructura • Crecimiento demográfico • Visibilidad de las desviaciones del pronóstico	
	NCh691. Of2015	Determinación de **caudales de consumo mínimos requeridos**	Orientación en el diseño de balance hidráulico		
Control y Gestión de Pérdidas	AWWA, 2018.				**Auditoría de pérdidas de agua** creadas por la Asociación Internacional del Agua (IWA) y AWWA ahora cuantifican varios indicadores clave de rendimiento.
	Garzón, F. 2006.	La **gestión de presione**s es la actividad más importante en el control de pérdidas de agua en redes de distribución			Metodologías para balance utilizadas para cuantificar el volumen de pérdidas de agua. (1) La metodología estandarizada de **balance hídrico IWA/AWWA** y (2)

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
					La metodología del balance hídrico de Reino Unido.
	ANDESS, 2023.	Relación entre el volumen de pérdidas reales actual de un sistema y el volumen de "pérdidas reales inevitables" (teórico).			
	AVK Válvulas. 2019.	**La gestión activa de ANR solo es posible utilizando zonas**, donde el sistema en su conjunto se divide en una serie de subsistemas más pequeños para los cuales se puede calcular ANR de forma individual.		Directamente relacionado con DMA: "Estos subsistemas más pequeños, a menudo denominados **Áreas de Medición de Distrito (AMD)** deben aislarse hidráulicamente para que los administradores de servicios puedan calcular el volumen de agua perdida dentro de la AMD."	Entrega alternativas de control de fugas activas en la red: Uso de registradores de ruidos integrados.
	Hydraleak. 2024.			Técnica de detección: Gas Trazador para detectar fugas de agua.	

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	Itron. 2023.	Adopción de Tecnología: • Infraestructura de medición avanzada (AMI) • Sistema de monitoreo y control remoto • Medidores de flujo • Análisis de datos • Gestión de presión • Tecnologías de presión de fugas		Metrología de Medición: • Tipos de medidores de agua • Tamaños y condiciones de instalación • Desempeño • Curvas de envejecimiento • Errores de lectura y manejo	Beneficios de Abordar NWR 1. Ahorro de costos 2. Aumento de ingresos 3. Confiabilidad del servicio 4. Conservación de los recursos 5. Resiliencia de la infraestructura 6. Satisfacción del cliente 7. Beneficios ambientales: Protección de los recursos hídricos Ahorro de energía 8. Eficiencia Operativa 9. Sostenibilidad y viabilidad a largo plazo 10. Cumplimiento de requisitos regulatorios 11. Bienestar comunitario 12. Distribución equitativa del agua 13. Resiliencia climática

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
	ANDESS, 2023.	Relación entre el volumen de pérdidas aparentes y un factor equivalente al 5% del volumen micromedido en la ciudad o región (base anual), denominado "pérdida aparente de referencia.”			
Gestión de Activo	Fontana, M. E., & Costa Morais, D. 2015.			**Sectorización:** medir la intensidad del impacto de la falta de agua en cada tramo de tubería y, así, ayudar en la toma de decisiones sobre la ubicación idónea de las válvulas de cierre, con el mínimo uso posible de las mismas.	
	TaKaDu. 2024.				TaKaDu le permite avanzar hacia la gestión inteligente del agua **integrando datos, información y conocimientos de sus diversos dispositivos y sistemas de detección, soluciones**

PALABRA CLAVE	AUTOR	IDEAS PARA LA CONSTRUCCIÓN	IDEAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	IDEAS PARA LA GESTIÓN	OTRAS IDEAS
					externas y otros sistemas de TI en un panel integral.
	SISS. 2019.				Plan de acción por cortes reiterados [redes de distribución].
	Itron. 2023.			"**AMI Essentials** para el agua incluye opciones de conectividad y otros servicios para optimizar la planificación, la implementación y las operaciones, y evaluar los riesgos de conectividad, entre muchos otros. Esto ayuda a mejorar la calidad del servicio y extender la vida útil de la solución."	

Fuente: *Elaboración propia*