

EVALUACIÓN

TALLER INTEGRACIÓN EN
ANÁLISIS DE DATOS
Semana 4

Jorge Cárdenas Yañez
26-01-2026
TNS en Análisis de Datos

DESARROLLO DE UN DASHBOARD ANALÍTICO PARA LA
GESTIÓN ADMINISTRATIVA Y OPTIMIZACIÓN OPERATIVA
DEL SERVICIO SANITARIO RURAL PAMPA ALGODONAL,
VALLE DE AZAPA.

EL PROBLEMA¹

La gestión eficiente de los recursos hídricos es fundamental para el desarrollo sostenible de las comunidades rurales, especialmente en zonas con estrés hídrico como el norte de Chile. En el contexto de la implementación de la Ley 20.998, los Servicios Sanitarios Rurales (SSR²) enfrentan el desafío de transitar desde administraciones manuales hacia sistemas digitalizados que exigen reportabilidad ante la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

En el SSR Pampa Algodonal, ubicado en el kilómetro 35 del Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota, este desafío se manifiesta de manera crítica. El servicio, que abastece a aproximadamente 300 parcelas y 1.000 personas, incluida la moderna Escuela Pampa Algodonal, opera en un acuífero con balance hídrico negativo histórico y con agua vulnerable a contaminantes como arsénico y boro, en un contexto de ruralidad.

El núcleo del problema radica en una gestión de datos fragmentada e ineficiente, basada en registros manuales (papel y lápiz) y planillas digitales aisladas. Esta realidad se debe a una brecha digital operativa, falta de software especializado y la presión regulatoria de una normativa para la cual la entidad no está tecnológicamente preparada.

Las consecuencias de esta situación son diversas: falta de transparencia en los cobros a los usuarios, riesgo de multas por incumplimiento ante la SISS, incertidumbre financiera para cubrir los altos costos energéticos del bombeo y, lo más grave, una amenaza latente a la continuidad del suministro para la comunidad y la escuela que depende de él.

Frente a esta problemática, se propone el desarrollo e implementación de un dashboard analítico que permita visualizar elementos que sean relevantes para su toma de decisiones informada. Esta herramienta pretende centralizar y visualizar los datos administrativos, financieros y operativos del SSR, sentando las bases para una futura integración con sensores IoT que optimicen el bombeo y monitoreen la calidad del agua en tiempo real, transformando la gestión actual hacia un modelo basado en datos.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN³

¿Cómo el desarrollo e implementación de un dashboard analítico integral puede optimizar la gestión administrativa-financiera y sentar las bases para la eficiencia operativa del SSR Pampa Algodonal, asegurando su *compliance*⁴ regulatorio y la sostenibilidad del servicio de agua potable rural?

¹ El reactivo indicaba: 'Elabora el planteamiento del problema de tu investigación, comenzando de lo general a lo específico e incorporando las respuestas a las preguntas de contextualización tratadas en la semana 1, como la ubicación, descripción, origen, causas, consecuencias y posible solución del problema.'

² Se utiliza el acrónimo SSR (Servicio Sanitario Rural) en equivalencia con el de APR (Agua Potable Rural), no obstante diferencias técnicas en relación con que un SSR es un servicio que incorpora el tratamiento de las aguas grises, a diferencia de un APR.

³ El reactivo indicaba: 'Plantea la pregunta de investigación (formulación del problema) en función de la posible solución.'

⁴ Anglicismo de común uso para referirse a 'cumplimiento normativo'. Traducción libre del escritor.

PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un dashboard analítico que centralice y visualice los datos administrativos, financieros y de gestión del SSR Pampa Algodonal, con el fin de optimizar sus procesos, cumplir con los reportes exigidos por la Ley 20.998 y establecer la base tecnológica para una futura mejora en la eficiencia operativa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS⁵.

Diagnosticar el flujo actual de datos administrativos y financieros del SSR Pampa Algodonal, identificando puntos críticos, duplicidades y requerimientos de información clave para usuarios internos y la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Diseñar la arquitectura de datos y la interfaz de usuario (UI/UX) del dashboard, priorizando la claridad, usabilidad y la visualización de indicadores clave de desempeño (KPI) relacionados con recaudación, morosidad, costos operativos y volúmenes de agua.

Construir el dashboard analítico utilizando herramientas de *Business Intelligence* ⁶(BI), integrando las fuentes de datos existentes y asegurando la generación automatizada de reportes alineados con los manuales de fiscalización de la SISS.

Validar la funcionalidad y utilidad del dashboard mediante un piloto controlado con la administración del SSR, evaluando su impacto en la reducción de tiempos de procesamiento de información, la precisión de los reportes y la satisfacción del usuario final.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Desde un enfoque práctico, esta investigación aborda una necesidad urgente y concreta. La implementación del *dashboard*⁷ proporcionará a la administradora del SSR una herramienta inmediata para ordenar su gestión, reducir errores manuales, transparentar la información ante los socios y, crucialmente, cumplir con las obligaciones digitales de la Ley 20.998, evitando sanciones. Sentará las bases técnicas para futuras optimizaciones, como la sensorización para reducir pérdidas de agua y costos de energía.

⁵ Puede verse el carácter incremental (similar a una cascada) de los objetivos planteados. El propósito de ello es clarificar su encadenamiento para el logro del objetivo general como una meta.

⁶ Anglicismo que hace referencia a la Inteligencia de Negocios. Entiéndase ésta como una capa superior del manejo de bases de datos, con un fuerte énfasis en el uso de la información generada por la organización.

⁷ Para propósitos del presente informe, entiéndase el anglicismo como '*Reportería*', a sabiendas que el producto aún está en fase de prospección o ideación. Fase previa a la de desarrollo.

En el ámbito teórico, el proyecto contribuye al campo del análisis de datos aplicado a la gobernanza hídrica y la gestión de servicios públicos rurales. Profundiza en cómo las herramientas de visualización de datos pueden cerrar brechas digitales en contextos de limitada infraestructura tecnológica, un área de estudio con amplia relevancia en países en desarrollo. Los hallazgos podrán extrapolarse a otros SSR que enfrenten desafíos similares.

Metodológicamente, la investigación ofrecerá un modelo replicable para el diagnóstico y desarrollo de soluciones de datos en organizaciones comunitarias. El proceso, que integra análisis de requerimientos en entornos reales, diseño centrado en el usuario con bajas capacidades técnicas iniciales, e implementación escalable, constituye un aporte a las metodologías de intervención tecnológica en el sector rural.

Finalmente, se considera que el impacto social es profundo y directo ya que un SSR mejor gestionado garantiza la continuidad y transparencia de un servicio tan esencial como el agua potable para más de 1.000 personas y una escuela modelo en contextos de ruralidad en uno de los oasis de la región de Arica y Parinacota. Así, se espera fortalecer la capacidad de la organización comunitaria para poder participar en la gobernanza del acuífero del Valle de Azapa, defendiendo el derecho humano al agua frente a otros usos productivos demandantes. En esencia, entendemos que el proyecto utiliza el análisis de datos como un puente hacia la sostenibilidad hídrica y la resiliencia comunitaria.

MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

Introducción

La gestión de los recursos hídricos en el siglo de la cuarta revolución industrial y el cambio climático se ha transformado en un desafío multidimensional que trasciende la mera ingeniería hidráulica para situarse en la intersección de la gobernanza, la sostenibilidad ambiental y la justicia social. En el contexto de la zona norte de Chile, caracterizada por una hiperaridez estructural y una presión antrópica creciente sobre los acuíferos, la administración eficiente del agua potable rural es tanto cuestión operativa como también un imperativo de supervivencia y equidad territorial. La Región de Arica y Parinacota, y específicamente el Valle de Azapa, representa un ecosistema en el cual convergen tensiones críticas: la escasez física del recurso, la presencia natural de contaminantes metaloides como el arsénico y el boro, y un cambio de paradigma regulatorio impulsado por la Ley 20.998.

El presente informe de investigación despliega un análisis exhaustivo diseñado para fundamentar teórica y metodológicamente el desarrollo de un *dashboard* analítico integral para el Servicio Sanitario Rural (SSR) de Pampa Algodonal. Esta localidad, situada en el kilómetro 35 del valle, enfrenta la difícil tarea de modernizar su gestión para asegurar el suministro a más de 1.000 habitantes y a la comunidad escolar local, en un entorno donde la brecha digital y la precariedad administrativa amenazan la continuidad del servicio.

A diferencia de las grandes empresas sanitarias urbanas, que cuentan con departamentos de ingeniería y sistemas SCADA⁸ avanzados, los SSR operan bajo una lógica comunitaria que, si bien es rica en capital social,

⁸ Un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) para el agua es una tecnología que permite la supervisión, control y automatización remota de infraestructuras hídricas como plantas de tratamiento (PTAP/PTAR), estaciones de bombeo, depósitos y

a menudo carece de las herramientas tecnológicas para responder a las exigencias de fiscalización de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). La transición desde registros manuales en papel hacia una inteligencia de negocios basada en datos (*data-driven*) es sino una necesidad urgente para evitar sanciones, optimizar costos energéticos y gobernar recurso hídrico a través de una administración que incorpore elementos de la cuarta revolución industrial.

A lo largo de este documento, se desglosan los factores técnicos que originan la problemática, se revisan los antecedentes académicos más recientes en la materia y se establece un marco metodológico riguroso. Este marco guía la recolección de datos mediante técnicas cualitativas y cuantitativas, como también estructura el desarrollo de la solución tecnológica bajo estándares mínimos de la industria del software, asegurando que la intervención sea sostenible, replicable y profundamente arraigada en las necesidades de la comunidad de Pampa Algodonal.

Marco Teórico

El marco teórico presentado a continuación se ha desarrollado como una arquitectura conceptual que integra elementos de hidrogeología, normativa pública, teoría de la información y gestión organizacional. Este enfoque holístico es necesario para comprender por qué la falta de un sistema de datos en Pampa Algodonal no es un problema administrativo menor, sino una vulnerabilidad sistémica.

Profundización en los Factores Técnicos y Contextuales del Problema

La problemática del SSR Pampa Algodonal es el resultado de la superposición de tres capas de complejidad: la vulnerabilidad hidrogeológica, la presión regulatoria disruptiva y la brecha digital operativa.

Vulnerabilidad Hidrogeológica y Calidad del Agua en el Valle de Azapa

El Valle de Azapa funciona como un oasis lineal en medio del desierto más árido del mundo. Su acuífero, fuente primaria para la agricultura y el consumo humano, mantiene un equilibrio precario. Los datos de la Dirección General de Aguas (DGA) y estudios académicos indican que el acuífero del río San José presenta un balance hídrico históricamente negativo, exacerbado por la sobreexplotación agrícola y la variabilidad climática. Sin embargo, para el consumo humano, el desafío más inmediato y técnicamente complejo es la hidroquímica del agua.

Las fuentes de agua en esta zona están naturalmente enriquecidas con metaloides debido a la actividad volcánica y geotermal de la cuenca alta, específicamente de afluentes como el río Colpitas y el río Azufre. Dos elementos son críticos:

1. **Arsénico (As):** Clasificado como un contaminante de alta prioridad para la salud pública. La Norma Chilena NCh 409/1.Of2005 establece un límite máximo de 0,01 mg/L para el agua potable. La exposición crónica, incluso a niveles bajos, está asociada a patologías graves. En Pampa Algodonal, el cumplimiento de este estándar requiere, además de una infraestructura de tratamiento (filtros de abatimiento), un monitoreo constante de la eficiencia de dichos filtros. La gestión manual actual

redes de distribución, optimizando la gestión, detectando fugas, controlando la calidad del agua (pH, turbidez) y mejorando la eficiencia operativa mediante la recolección de datos en tiempo real, reduciendo costos y mejorando la respuesta a incidentes.

impide detectar saturaciones en los filtros en tiempo real, creando ventanas de riesgo sanitario no documentadas.

2. **Boro (B):** Aunque su toxicidad humana es menor comparada con el arsénico, el boro es un limitante severo para la agricultura y un indicador de la calidad general del agua. Su presencia en concentraciones elevadas en el Valle de Azapa obliga a una gestión diferenciada del recurso.

La ausencia de una base de datos histórica digitalizada sobre los parámetros de calidad del agua impide a la administración del SSR identificar patrones estacionales de contaminación (por ejemplo, aumentos de concentración durante los meses de estiaje o tras eventos de la 'Alta Boliviana'⁹). Esta falta de gobernanza técnica compromete la capacidad de respuesta ante eventos de contaminación aguda.

La Disrupción Regulatoria de la Ley 20.998

La implementación de la Ley 20.998 ha generado un sismo institucional en las organizaciones de agua potable rural. Esta normativa transforma la naturaleza jurídica y operativa de los comités: dejan de ser organizaciones comunitarias con supervisión técnica de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) para convertirse en "licenciarios" regulados y fiscalizados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Este cambio implica obligaciones técnicas que exceden las capacidades actuales del SSR Pampa Algodonal:

- **Contabilidad Regulatoria:** Se exige la adopción de un "Plan de Cuentas" estandarizado que segrega costos por centros de actividad (producción, distribución, administración). Esto requiere que cada gasto (casos de uso tales como compras de cloro, pagos de electricidad, reparaciones de roturas, petróleo, etc.) sea clasificado con un código específico al momento de su registro. Hacer esto en cuadernos o planillas Excel no integradas aumenta exponencialmente la probabilidad de error y la carga laboral.
- **Fiscalización de Calidad de Servicio:** Los SSR deben reportar indicadores de continuidad (cortes de servicio), presiones de red y atención de reclamos con una periodicidad y formato rígidos. La falta de reporte o la inconsistencia en los datos conlleva multas que pueden desfinanciar el servicio.
- **Fijación Tarifaria:** Las tarifas ya no se deciden en asamblea por "intuición" o necesidad de caja inmediata, sino que son calculadas por la SISS basándose en los costos eficientes reportados. Si el SSR no tiene sus datos de costos ordenados y respaldados, se le asignará una tarifa que podría no cubrir sus gastos reales de operación, llevándolo a la quiebra técnica.

Brecha Digital Operativa

Si bien las estadísticas nacionales muestran una alta penetración de internet en Chile (cercana al 94% de los hogares), existe una profunda "brecha digital de segundo nivel" en el mundo rural. Esta no se refiere al acceso a la conectividad, sino a la capacidad de uso productivo de las tecnologías de información.

En el SSR Pampa Algodonal, la gestión se realiza mediante procesos manuales fragmentados. La lectura del medidor se anota en una libreta, se transcribe a un Excel (a menudo por una sola persona), se calcula el consumo en una planilla electrónica, y se imprimen las boletas. Este flujo tiene múltiples potenciales puntos de falla:

- **Integridad de Datos:** Errores de digitación son comunes y difíciles de rastrear.

⁹ Hace referencia al fenómeno atmosférico denominado coloquialmente como "Invierno Altiplánico", que corresponde a las condiciones que generan las lluvias estivales en esta zona del país.

- **Silos de Información**¹⁰: Los datos de consumo (metros cúbicos) no se cruzan automáticamente con los datos de facturación de energía eléctrica (kWh), impidiendo calcular la eficiencia energética del bombeo (kWh/m³), que es el principal costo operativo.
- **Pérdida de Información**: Tanto la falta de formación contable y financiera, así como la rotación de dirigentes o administradores suele conllevar arbitrariedad en la ejecución de procedimientos, así como una *pérdida* de la "memoria institucional", en especial en casos que ésta reside en cuadernos personales o archivos locales no respaldados en la nube, sea en una carpeta compartida o en un ERP.

¹⁰ Los Silos de Datos o de Información son colecciones de datos aisladas no integradas con otros departamentos organizacionales, los cuales, por ello, pierden su capacidad de aportar a la toma de decisiones organizacional.

Antecedentes de la Investigación

La revisión de la literatura reciente (últimos cinco años) permite identificar cómo se ha abordado la problemática de la gestión hídrica rural y el uso de dashboards en contextos similares.

Para fundamentar el proyecto, se han considerado diversos antecedentes académicos que aportan validación técnica, metodológica y estratégica. En primer lugar, el estudio de Alcívar Giler (2023) sobre monitoreo hídrico rural en Latinoamérica desarrolla un sistema de bajo costo basado en microcontroladores y un dashboard web para supervisar variables como flujo y humedad en zonas agrícolas; este trabajo valida que la visualización en tiempo real mejora la toma de decisiones en entornos rurales y demuestra que sus principios son transferibles a contextos como Pampa Algodonal, sin necesidad de recurrir a soluciones industriales costosas. En segundo término, la investigación de Granados Ostolaza (2023) sobre inteligencia de negocios aplicada a la gestión comercial utiliza dashboards en Power BI para optimizar el análisis de ventas, lo que proporciona una base metodológica y de diseño de interfaz para definir KPIs orientados a la recaudación y el control de morosidad en el SSR, ayudando así a resolver el problema de datos dispersos. Por último, el análisis de Chacón Zenteno (2022) sobre la gestión de crisis en APRs chilenos identifica que la falta de sistematización dificulta anticipar emergencias de abastecimiento, lo que brinda una justificación estratégica al posicionar el dashboard no sólo como una herramienta administrativa, sino como un instrumento clave para fortalecer la resiliencia, la gobernanza y la sostenibilidad del servicio.

Identificación y Descripción de las Variables de Estudio

La investigación se estructura en torno a la relación entre una intervención tecnológica y sus efectos en la organización.

Variable Independiente (Causa):

- **Implementación del Dashboard Analítico Integral:** Se define operativamente como el desarrollo, despliegue y adopción de un sistema de software de Inteligencia de Negocios (BI). Sus dimensiones constitutivas son:
 - *Centralización:* Capacidad de reunir datos financieros, operativos y comerciales en un repositorio único.
 - *Visualización:* Representación gráfica de la información que facilita la interpretación cognitiva por parte de usuarios no expertos.
 - *Automatización:* Generación de reportes regulatorios sin intervención manual directa en el cálculo.

Variables Dependientes (Efecto):

- **Eficiencia en la Gestión Administrativa-Financiera:** Medida cuantitativamente a través de la reducción de horas-hombre dedicadas al procesamiento de datos, la disminución del porcentaje de error en la facturación y la reducción de los tiempos de conciliación bancaria.
- **Cumplimiento Normativo (Compliance SISS):** Grado de adhesión a los requerimientos de la Ley 20.998. Se operacionaliza mediante la capacidad de generar el "Informe Mensual" y el "Plan de Cuentas" en el formato exacto exigido por la SISS, sin retrasos ni observaciones de calidad.
- **Sostenibilidad Operativa:** Capacidad de la organización para cubrir sus costos operativos mediante una recaudación eficiente y un control de gastos (especialmente energía) basado en datos reales.

Bases Teóricas

El proyecto se sustenta en cinco pilares teóricos que vinculan la tecnología con la gestión social y pública.

Teoría de la Inteligencia de Negocios (Business Intelligence - BI)

La Inteligencia de Negocios se define como el conjunto de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten reunir, depurar y transformar datos de los sistemas transaccionales en información estructurada para su explotación directa o para el análisis y conversión en conocimiento. En el contexto de Pampa Algodonal, aplicamos la teoría de BI para "democratizar el acceso y uso organizacional de los datos generados". El modelo ETL (Extract, Transform, Load, o Extraer, Transformar y Carga) es fundamental aquí: extraer datos de papeles y Excels dispersos, transformarlos (limpiarlos y estandarizarlos) y cargarlos en un modelo de datos unificado. La teoría sugiere que al reducir la latencia de la información (el tiempo entre que ocurre un evento y se toma una decisión), la organización gana agilidad y reduce riesgos.

Gobernanza Hídrica y Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

La GIRH es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa. La teoría de la gobernanza postula que la información es un recurso de poder. Un SSR que "conoce" sus datos (cuánta agua extrae, cuánta pierde, cuánto gasta) tiene mayor capacidad de agencia para participar en las mesas de agua de la cuenca, defender sus derechos de aprovechamiento y negociar con autoridades o empresas mineras/agrícolas. El dashboard es, teóricamente, un instrumento de empoderamiento comunitario.

Transformación Digital y Brecha Digital en el Sector Público

La transformación digital incluye tanto la adopción de tecnología de la mano de un profundo cambio cultural y organizativo. La literatura sobre brecha digital rural distingue entre acceso (tener internet) y uso significativo (capacidad de mejorar la vida mediante la tecnología). Este proyecto se basa en la teoría del "Diseño Centrado en el Usuario" para superar la brecha de uso: el dashboard no debe ser una herramienta técnica compleja y abstracta, sino una interfaz intuitiva que se adapte a las capacidades digitales de los dirigentes rurales, actuando como un puente cognitivo hacia la tecnología avanzada.

Teoría del Cumplimiento (*Compliance*) y Costos de Transacción

Desde la economía institucional, el cumplimiento de una norma (como la Ley 20.998) depende de los costos de transacción asociados. Si cumplir con la SISS requiere contratar contadores externos costosos o dedicar semanas de trabajo manual, el incentivo al incumplimiento (o cumplimiento "maquillado") es alto. La automatización reduce drásticamente estos costos de transacción, facilitando un cumplimiento normativo genuino y sostenible. La transparencia resultante fortalece la confianza (trust) entre los socios y la directiva, un activo clave en la gestión de bienes comunes.

Gestión de la Calidad Total (TQM) en Servicios Esenciales

Los principios de TQM (Total Quality Management) aplicados a servicios sanitarios enfatizan la medición continua y la satisfacción del usuario. En un SSR, la calidad es más que un agua clara en un grifo, sino la continuidad, la presión adecuada y la atención oportuna, entre otros factores que pueden incidir en la calidad efectiva como en su percepción usuaria. El dashboard permite implementar ciclos de mejora continua (PDCA: Plan-Do-Check-Act) al visibilizar desviaciones. Por ejemplo, detectar una tendencia al alza en los niveles de arsénico o una caída en la presión de red antes de que los usuarios reclamen permite una gestión proactiva en lugar de reactiva.

Definición de Términos Básicos

Para asegurar la precisión conceptual en el desarrollo del proyecto, se definen los siguientes términos:

1. **Acuífero:** Formación geológica subterránea que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas. Es la fuente única de Pampa Algodonal.
2. **Agua No Facturada (ANF):** Volumen de agua producido menos el volumen de agua facturado a los clientes. Indicador clave de pérdidas físicas (fugas) o comerciales (robos, errores de medición).
3. **Arranque:** Conjunto de tuberías y accesorios que permiten conectar la instalación interior de un inmueble a la red pública de distribución.
4. **Arsénico (As):** Elemento químico semimetálico, natural en el norte de Chile, tóxico y cancerígeno, regulado estrictamente en agua potable.
5. **Boro (B):** Metaloides presente en aguas de origen volcánico; en altas concentraciones afecta cultivos y la salud humana a largo plazo.
6. **Caudal:** Volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado, usualmente medido en litros por segundo (l/s).
7. **Ciclo de Facturación:** Periodo recurrente que comprende la lectura, emisión, reparto y cobro de boletas.
8. **Digitalización:** Conversión de información analógica (papel) a formato digital, paso previo a la transformación digital.

9. **ETL (Extract, Transform, Load):** Procesos de extracción de datos de fuentes de origen, limpieza y transformación, y carga en un destino final para análisis.
10. **Fiscalización:** Procedimiento mediante el cual la SISS verifica el cumplimiento de la ley y reglamentos por parte de los operadores.
11. **Indicador Clave de Desempeño (KPI):** Métrica cuantificable que refleja el rendimiento de una organización frente a sus objetivos estratégicos.
12. **Interoperabilidad:** Capacidad de sistemas de información diversos para intercambiar datos y utilizar la información intercambiada.
13. **Internet de las Cosas (IoT):** Interconexión digital de objetos cotidianos con internet, permitiendo el envío y recepción de datos (sensores, medidores inteligentes).
14. **Licencia:** Acto administrativo por el cual el MOP otorga a un operador el derecho y la obligación de prestar servicios sanitarios en un territorio.
15. **Morosidad:** Retraso en el cumplimiento de la obligación de pago por parte de los usuarios.
16. **Plan de Cuentas SISS:** Estructura de clasificación contable obligatoria para los SSR, diseñada para separar costos y facilitar la fijación de tarifas.
17. **Reportabilidad:** Capacidad de un sistema para producir informes que cumplan con requisitos específicos de contenido y formato.
18. **Subsidio al Consumo:** Ayuda estatal (Ley 18.778) que cubre un porcentaje del consumo de agua potable y alcantarillado para familias de menores recursos.
19. **Tarifa:** Valor monetario que debe pagar el usuario por los servicios, calculado para autofinanciar la operación eficiente.
20. **Trazabilidad:** Capacidad de seguir el rastro de la información a través de todas sus etapas de procesamiento, garantizando su integridad.

Marco Metodológico

El diseño metodológico de esta investigación no es un mero formalismo, sino la estrategia operativa que garantiza la validez, confiabilidad y rigor científico de la solución propuesta. Dada la naturaleza dual del proyecto —investigación académica e intervención tecnológica práctica—, se ha seleccionado un enfoque que integra métodos de las ciencias sociales con prácticas de ingeniería de software.

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

La investigación se define como **Aplicada y Tecnológica**. Según Lozada (2014), la investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a problemas de la sociedad o el sector productivo. En este caso, se busca específicamente aplicar conocimientos técnicos existentes de ciencia de datos para ayudar a mejorar el control administrativo del recurso hídrico por parte del SSR Pampa Algodonal.

Asimismo, el estudio tiene un alcance **Descriptivo y Explicativo**. Es descriptivo en su fase de diagnóstico, ya que busca caracterizar con precisión los flujos de información, los cuellos de botella y los tipos de errores actuales (Hernández-Sampieri et al., 2014). Es explicativo en su fase final, pues busca demostrar la relación causal entre la implementación del dashboard (variable independiente) y la mejora en la eficiencia y cumplimiento (variables dependientes).

Diseño de Investigación

Se emplea un **Diseño No Experimental Transversal** con un componente de **Investigación-Acción**.

- **No Experimental:** Las variables no se manipulan en un entorno de laboratorio artificial. Se observa y analiza el fenómeno (la gestión del SSR) en su contexto natural y real (Arias, 2012).
- **Transversal:** La recolección de datos para el diagnóstico inicial se realiza en un momento único en el tiempo para establecer una línea base clara sobre la cual medir mejoras futuras.
- **Investigación-Acción:** Este diseño es propio de intervenciones donde el investigador no es un observador pasivo, sino que participa en la implementación de una solución (el dashboard) y evalúa sus efectos transformadores en la comunidad. Esto es coherente con el objetivo de empoderamiento comunitario del proyecto.

Población y Muestra

Para garantizar la representatividad y profundidad del análisis, se ha definido rigurosamente la población y la estrategia de muestreo.

Población (Universo)

La población objetivo abarca la totalidad del ecosistema de datos y actores del SSR Pampa Algodonal:

1. **Sujetos:**
 - Equipo Directivo y Administrativo (Presidente, Tesorero, Secretaria, Administradora y Operador).
 - Usuarios finales: 300 arranques, con aproximadamente 1.000 habitantes distribuidos en (incluyendo viviendas y la Escuela Pampa Algodonal).
2. **Objetos (Datos):**
 - Totalidad de registros históricos de lectura de medidores (libros y planillas).
 - Totalidad de facturas de gastos (energía, insumos, reparaciones) de los últimos 5 años.
 - Informes enviados previamente a la SISS o DOH.

Muestra

Se utilizará un **Muestreo No Probabilístico Intencional** (o por juicio), justificado por la necesidad de obtener información de calidad de los actores que poseen el conocimiento técnico y administrativo específico (Niño Rojas, 2019).

- **Muestra de Sujetos (Cualitativa):** Se trabajará con el **100% del personal administrativo y directivo** (Censo del equipo de gestión, aprox. 3 a 5 personas). Ellos son la fuente primaria de información sobre los procesos y los usuarios directos del dashboard. Al tener el producto un carácter administrativo, se seleccionará una sub-muestra por conveniencia o disponibilidad de 5 stakeholders: asesores técnicos, personal SISS, DGA u otros intervinientes disponibles al momento de validar tanto el prototipo como futuros avances obtenidos en los *sprints* de desarrollo.
- **Muestra de Datos (Cuantitativa):** Para la carga inicial y pruebas del dashboard, se seleccionarán los datos correspondientes a los **últimos 24 meses (2 años móviles)**. Este periodo es estadísticamente suficiente para identificar patrones estacionales de consumo y gasto (ciclos anuales de riego y consumo escolar) sin sobrecargar el proceso de digitalización inicial¹¹.

¹¹ Es relevante mencionar que la Administradora de APR Pampa Algodonal expresa que dicha información se facilitará a través del acceso a carpeta compartida.

Técnicas de Investigación

La complejidad del problema requiere una triangulación metodológica que combine técnicas cualitativas y cuantitativas para capturar tanto los datos "duros" como la experiencia humana.

1. **Análisis Documental:** Técnica fundamental para la "minería de procesos". Consistirá en la revisión sistemática de los libros de actas, planillas de cálculo dispersas, talonares de boletas y archivadores de facturas. El objetivo es descifrar la estructura de datos implícita ("cómo organizan la información hoy") para poder replicarla y mejorarla digitalmente.
2. **Entrevista Semiestructurada:** Dirigida a la administración. Permite profundizar en los "dolores" de la gestión diaria que no aparecen en los documentos. Es flexible para explorar temas como el estrés que genera la fiscalización de la SISS o las dificultades específicas con ciertos tipos de usuarios (morosos crónicos), entre otros potenciales.
3. **Observación No Participante:** El investigador acompañará al operador en la toma de lecturas y a la administrativa en el proceso de facturación mensual. Esta técnica es crucial para identificar "errores invisibles" (e.g., errores de transcripción del medidor al papel) y medir tiempos reales de ejecución de tareas (Time-Motion study).
4. **Encuesta (Cuestionario):** Aplicada a una muestra de socios para evaluar la percepción de transparencia. Servirá para establecer una línea base de satisfacción del cliente ("¿Entiende usted su boleta?", "¿Confía en el cobro?").

Instrumentos de Recolección de Datos

Se han diseñado instrumentos específicos alineados con las variables del estudio. A continuación, se presentan los formatos detallados.

Guía de Entrevista Semiestructurada o Cuestionario Web (Para Directiva y Administración)

Objetivo: Diagnosticar el flujo de datos y levantar requerimientos funcionales para el dashboard.

- **Bloque 1: Gestión Operativa Actual**

- 1.1. ¿Podría describir paso a paso el proceso desde que se lee el medidor hasta que se entrega la boleta al socio?

- 1.2. ¿Qué herramientas utiliza actualmente (cuaderno, Excel, software)? ¿Están integradas entre sí?

- 1.3. ¿Cuáles son los errores más frecuentes que ocurren durante este proceso? (e.g., lecturas mal anotadas, cálculos erróneos).

- **Bloque 2: Cumplimiento Ley 20.998**

- 2.1. ¿Qué dificultades específicas enfrenta para completar el "Informe Mensual" y el "Plan de Cuentas" exigidos por la SISS?

- 2.2. ¿Cuánto tiempo (horas/días) dedica mensualmente a preparar estos reportes?

- 2.3. ¿Ha recibido observaciones o multas por inconsistencias en la información entregada?

- **Bloque 3: Necesidades de Información (Requerimientos BI)**

- 3.1. Si tuviera una pantalla con información en tiempo real, ¿qué tres datos necesitaría ver primero para tomar decisiones? (e.g., dinero en caja, nivel de estanque, deuda total).

- 3.2. ¿Cómo prefiere visualizar la información? (Tablas, gráficos de barra, indicadores tipo semáforo).

Lista de Cotejo (Checklist) para Observación de Procesos

Objetivo: Auditar objetivamente la calidad y seguridad del manejo de datos actual.

Ítem de Observación	Cumple (Sí/No)	Observaciones / Evidencia (Tiempo, Formato)
Seguridad de Datos		
¿Existe respaldo digital (backup) de los registros históricos?		
¿El acceso a las planillas de cálculo tiene contraseña?		
Integridad de Datos		
¿Se validan las lecturas al ingresarlas (ej. alerta de consumo negativo)?		
¿Existe un padrón de socios único y actualizado (sin duplicados)?		
Integridad Financiera		
¿Los gastos de energía se vinculan al volumen producido en el mismo mes?		
¿La recaudación diaria se cuadra con el sistema contable al final del día?		
Cumplimiento Normativo		
¿Se utiliza el clasificador de cuentas oficial de la SISS para los gastos?		

Metodología de Desarrollo del Proyecto (CRISP-DM)

Para la construcción del dashboard, se adoptará la metodología **CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining)**. Esta es la metodología estándar *de facto* para proyectos de minería de datos y analítica, elegida por su enfoque iterativo y centrado en el negocio, lo que asegura que el desarrollo técnico no se desconecte de la realidad operativa del SSR.

El ciclo de vida del proyecto se estructurará en las siguientes 6 fases:

- 1. Comprensión del Negocio (Business Understanding):**
 - *Objetivo:* Traducir los problemas del SSR en objetivos técnicos de minería de datos.
 - *Tareas:* Reuniones con la directiva para definir qué significa "éxito" (a modo de ejemplo, se menciona el reducir el tiempo de reporte a la SISS de 3 días a 2 horas). Estudio profundo de los manuales de fiscalización SISS para mapear cada requerimiento legal a una métrica de datos.
- 2. Comprensión de los Datos (Data Understanding):**
 - *Objetivo:* Familiarizarse con los datos brutos disponibles.
 - *Tareas:* Recolección física de planillas y libros. Auditoría de calidad de datos (Data Profiling) para detectar problemas como RUTs inválidos, fechas en formatos mixtos o lecturas de medidor inverosímiles (outliers) que ensuciarían el análisis.
- 3. Preparación de los Datos (Data Preparation):**
 - *Objetivo:* Crear el conjunto de datos final que alimentará el dashboard. Esta es la fase más intensiva (consume ~80% del tiempo).
 - *Tareas (ETL):*
 - **Limpieza:** Corregir errores tipográficos en nombres, estandarizar direcciones.
 - **Integración:** Unir la tabla de "Consumos" con la tabla de "Gastos de Energía" y "Pagos de Socios".
 - **Ingeniería de Características:** Crear nuevas variables calculadas, como "Consumo per cápita", "Eficiencia Energética (kWh/m³)" o "Índice de Morosidad".
- 4. Modelado (Modeling - Construcción del Dashboard):**
 - *Objetivo:* Crear las visualizaciones y la lógica de negocio.
 - *Tareas:* Selección de la herramienta BI (se priorizará Power BI o, en su defecto, una solución Open Source como Grafana/Superset por costos). Diseño de la arquitectura de información y Mockups (prototipos visuales). Desarrollo de las vistas:
 - *Panel Ejecutivo:* Estado financiero, caja, deuda total.
 - *Panel Operativo:* Producción de agua, calidad (As/B), alertas de consumo.
 - *Panel Regulatorio:* Generación automática de tablas en formato SISS.
- 5. Evaluación (Evaluation):**
 - *Objetivo:* Verificar que el modelo cumple los objetivos de negocio antes del despliegue real.
 - *Tareas:* Piloto controlado con la administradora ("Marcha Blanca"). Comparación de los reportes generados por el dashboard vs. los reportes manuales antiguos para verificar exactitud matemática. Evaluación de usabilidad (*User Acceptance Testing*).
- 6. Despliegue (Deployment):**
 - *Objetivo:* Poner el sistema en producción y asegurar su uso continuo.
 - *Tareas:* Instalación del software en el computador del SSR. Capacitación intensiva al personal ("Alfabetización de datos"). Entrega de manuales de usuario y establecimiento de un plan de mantenimiento y respaldo de datos.

Definición de las especificaciones.

La organización recoge o construye la siguiente información:

Obtenidos desde sensores o registros directos

DATO	LUGAR DE TOMA DE DATO	DISPOSITIVO-MÉTODO DE REGISTRO	DUEÑO \ RESPONSABLE	FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN	OTROS CON ACCESO	ES INSUMO DE:
Lectura consumo	Arranque	Manual (papel y lápiz)	Operador	Cada 30 días	Administradora Cajera y	Aviso de cobranza
Lectura de cloro	Estanque principal y arranques	Clorímetro. Se vuelca a Papel lápiz	Operador	Diaria	Administradora Cajera y	Informe fiscalizadores (SISS y DGA)
Lectura de PH	Estanque principal y arranques	PH-ímetro. Se vuelca a Papel lápiz	Operador	Diaria	Administradora Secretaria y	Informe fiscalizadores (SISS y DGA)
Registro de Pagos	Oficina Administrativa	Planilla electrónica en Carpeta Online.	Cajera	Diario	Administradora, Secretaria y Usuario	Aviso de cobranza, Reportes de flujo de caja.
Extracción de Agua desde acuífero	Estanque principal	Lectura de flujómetro. Se vuelca en Papel y lápiz	Operador	Diario	Directiva organizacional, Administradora y Secretaria	Controles Internos, Informe fiscalizadores (SISS y DGA)

Construidos desde registros administrativos

DATO	LUGAR DE TOMA DE DATO	DISPOSITIVO-MÉTODO DE REGISTRO	DUEÑO RESPONSABLE \	FRECUENCIA ACTUALIZACIÓN DE	OTROS CON ACCESO	ES INSUMO DE:
Aviso de cortes por no pago	Obtenido desde lecturas (deuda acumulada)	Planilla electrónica en Carpeta Online.	Administradora	Cada 30 días	Directiva organizacional, Administradora y Secretaria	Operación
Estado de Cuentas	Obtenido desde registro de Pagos	Planilla electrónica en Carpeta Online.	Administradora	Cada 30 días	Socios o Usuario, Administradora y Secretaria	Reportes de flujo de caja

ANEXO RESPUESTA A CUESTIONARIOS (ADMINISTRADORA APR)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IACC. (2025). *Taller de integración en análisis de datos: Semana 2 - Planteamiento del problema*.
- IACC. (2025). *Sinteticemos sobre el planteamiento del problema*.
- IACC. (2025). *Taller de integración en análisis de datos: Objetivos de la investigación*.
- IACC. (2025). *Taller de integración en análisis de datos: Comencemos con el planteamiento del problema*.
- IACC. (2025). *Fundamentación teórica y metodológica*. Taller de Integración en Análisis de Datos. Semana 3.
- IACC. (2025). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Taller de Integración en Análisis de Datos. Semana 3.
- IACC. (2025). *Podcast de inicio*. Taller de Integración en Análisis de Datos. Semana 3.
- IACC. (2025). *Notas de inicio*. Taller de Integración en Análisis de Datos. Semana 4.
- IACC. (2025). *Elaboración de la propuesta de mejora*. Taller de Integración en Análisis de Datos. Semana 4.
- IACC. (2025). *Infografía de cierre*. Taller de Integración en Análisis de Datos. Semana 4.
- IACC. (2025). *Interactivo de profundización*. Taller de Integración en Análisis de Datos. Semana 4
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.
- Procetradi. (4 de octubre de 2022). *Sistemas SCADA agua para la operación de plantas de tratamiento PTAP y PTAR*. <https://procetradi.com/blog/scada-agua-plantas-de-tratamiento/>
- BOLETÍN N° 561 MES: ENERO AÑO 2025 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA, FLUVIOMÉTRICA, ESTADO DE EMBALSES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS. - DGA, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://dga.mop.gob.cl/uploads/sites/13/2025/01/Boletin-Hidrologico-DGA-Enero-2025.pdf>
- PLAN ARICA – PARINACOTA - Dirección de Planeamiento |, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://planeamiento.mop.gob.cl/uploads/sites/12/2023/05/Plan_Arica_Sep_2008.pdf
- MOP realizará estudio para mejorar la calidad de las aguas del río Lluta, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://aricayparinacota.mop.gob.cl/mop-realizara-estudio-para-mejorar-la-calidad-de-las-aguas-del-rio-lluta/>
- DIAGNÓSTICO EPIDEMIOLÓGICO AMBIENTAL, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA 2015, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.seremisalud15.cl/docs/diagnosticosRegionales/DRS_2015.pdf
- Norma Chilena 409 Agua potable - Parte 1: Requisitos, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_1/modulo1/nch409.html
- Sobreingesta de boro durante la época precolombina en las poblaciones de Arica: implicancias biológicas y culturales - ResearchGate, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.researchgate.net/publication/364236283_Sobreingesta_de_boro_durante_la_epoca_precolombina_en_las_poblaciones_de_Arica_implicancias_biologicas_y_culturales
- mopadmin - Seremi de Obras Públicas Región de Arica y Parinacota |, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://aricayparinacota.mop.gob.cl/author/mopadmin/page/87/>
- REPUBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION GENERAL DE AGUAS - CSIRO Research, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Calidad-de-las-aguas-1993.pdf>
- Ley 20.998 - Servicios Sanitarios Rurales | - Ministerio de Obras Públicas, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://ssr.mop.gob.cl/ley-20-998/>
- Regulación y naturaleza jurídica de los bienes indispensables consagrados en la Ley 20.998 de Servicios Sanitarios Rurales - Revista de Derecho Público, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://revistaderechopublico.uchile.cl/index.php/RDPU/article/download/76387/78421/302667>
- Estudio Determinación de Tarifas Preliminares SSR - Ficha Licitación, fecha de acceso: enero 19, 2026, <http://www.mercadopublico.cl/Procurement/Modules/RFB/DetailsAcquisition.aspx?idlicitacion=1593-40-CO24>

Anexo AA N° 9 PLAN DE CUENTAS SISS REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN DE INGRESOS, COSTOS, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://ssreltambo.cl/images/document/21667238/AnexoAAN9PlandeCuentasSISS-i7hmE-92WPv1cpuuxtBEfw.pdf>

CONTINUIDAD AGUA POTABLE, SERVICIOS SANITARIOS RURALES DEL SEGMENTO MAYOR - SSR Chile, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://ssrchile.cl/cliente/biblioteca/manuales/2%C2%B0%20Edici%C3%B3n%20Manual%20de%20continuidad%20de%20agua%20potable%20SSR.pdf>

proyecto de ley que modifica la ley 20.998 DE SERVICIOS SANITARIOS RURALES (BOLETÍN 17.877-33) - Senado, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://microservicio-documentos.senado.cl/v1/archivos/3e485ba9-2737-47fb-b3a2-4e3fd7e770a8?includeContent=true>

Rol de la SISS en la Aplicación de la ley N°20.998, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://derechoygestionaguas.uc.cl/es/documentos/new/259-ppt-juan-c-gonzalez/file>

Ley Chile - Ley 20998 - Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - BCN, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1100197>

El 94,3% de los hogares en Chile declara tener acceso propio y pagado a Internet según datos de la SUBTEL, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.subtel.gob.cl/el-943-de-los-hogares-en-chile-declara-tener-acceso-propio-y-pagado-a-internet-segun-datos-de-la-subtel/>

sindy nicole alcivar giler - UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/8393/1/ALCIVAR%20GILER%20SINDY%20NICOLE.pdf>
S3_CONTENIDO_TALID1301.pdf

PROGRAMA DE AGUA POTABLE RURAL: ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ANTE PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO EN BAHÍA MANSA, ZONA SU, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/191478/Programa-de-agua-potable-rural-analisis-de-la-gestion-ante-problemas-de-abastecimiento-y.pdf?sequence=1>

Programa de agua potable rural: análisis de la gestión ante problemas de abastecimiento y saneamiento en Bahía Mansa, zona Sur de Chile, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191478>

Business Intelligence and Strategic Planning in a peruvian commercial company, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.researchgate.net/publication/394900029_Business_Intelligence_and_Strategic_Planning_in_a_peruvian_commercial_company

Inteligencia de negocios para gestión de inventarios en las empresas importadoras de estructurales de calzado - ResearchGate, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.researchgate.net/publication/390688450_Inteligencia_de_negocios_para_gestion_de_inventarios_en_las_empresas_importadoras_de_estructurales_de_calzado

comuna de la estrella - ASCC, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.ascc.cl/resources/uploads/documentos/ehl_comuna_de_la_estrella.pdf

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA CENTRO INTERAMERICANO DE RECURSOS DEL AGUA "EL CUADRO DE M - RI UAEMex, fecha de acceso: enero 19, 2026, <http://ri.uaemex.mx/bitstream/20.500.11799/67760/3/Tesis+del+Doctorado+de+Francisco+Zepeda+Mondrag%C3%B3n.pdf>

La eficiencia en el uso del agua y la energía en los procesos mineros: casos de buenas prácticas en Chile y el Perú - MINSUS, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://minsus.net/mineria-sustentable/wp-content/uploads/2019/01/la-eficiencia-en-el-uso-del-agua-y-la-energia-en-los-procesos-mineros.pdf>

Paradoja en la implementación de la Ley 21.180 de transformación digital: entre el desarrollo y desigualdad en las administrac - Repositorio Académico - Universidad de Chile, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/198329/Afe_Luciano%20Badilla_13_marzo_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Transformación digital en las mypes: Una revisión sistemática de literatura 2021 al 2025 Digital transformation in micro and small enterprises - ResearchGate, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.researchgate.net/publication/395437115_Transformacion_digital_en_las_mypes_Una_revision_sistemica_de_literatura_2021_al_2025_Digital_transformation_in_micro_and_small_enterprises_A_systematic_review_of_literature_from_2021_to_2025_Digital

Transformación Digital en Zonas Rurales: Gobierno de Chile y ONU lanzan innovador proyecto de conectividad - ODEPA, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/noticias/noticias-institucionales/plan-de-conectividad-digital-rural>

Diagnóstico sobre las brechas de inclusión digital en Chile - Subtel, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.subtel.gob.cl/plansocial/img/Diagnostico_inclusion_digital_vf.pdf

Ley 20998: explicación de la nueva ley de agua potable rural - Sistema Nacional APR, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.sistemanacionalapr.com/blog/ley-20998-explicacion-apr>

Mejora en la calidad de servicio de sitio web interno. Caso: empresa de soluciones digitales de Chile | AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/4979>

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN PROYECTOS DE COOPERACIÓN AL DESARROLLO GMAO e IA - Universidad Europea, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/13957/TFM_Pedro_RODRIGUEZ_M_ALAGON.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GLOSARIO DE TÉRMINOS - Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/Glosario_tcm30-215377.pdf

Memoria Aguas Magallanes 2023, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.aguasmagallanes.cl/recursos-ama/Memorias/Memoria%20AMA%202023_6-5-24_VF.pdf

Ley 20.998 que regula los Servicios Sanitarios Rurales - BCN, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/25152/2/Informe_Ley_20.998.pdf

Arsenic in water resources of the southern Pampa Plains, Argentina - PubMed, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19936127/>

ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES - Ciren, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32717/DGA_2016_diagnostico_disponibilidad_hidrica_Rio_Camarones.pdf?sequence=1

Ley 20.998 y Reglamento que Regula los Servicios Sanitarios Rurales FISCALIZACIÓN Y SANCIONES - Ministerio de Obras Públicas, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.mop.gob.cl/archivos/2023/12/Presentacion-Fiscalizacion-10-11-23.pdf>

INDICADORES DE DESEMPEÑO AÑO 2022 - Dipres, fecha de acceso: enero 19, 2026, https://www.dipres.gob.cl/597/articles-261109_doc_pdf.pdf

Transformación estructural de los sistemas de información en salud en América Latina, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.grin.com/document/1591786>

Development of Real-Time Water-Level Monitoring System for Agriculture - MDPI, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/17/5564>

Tipo Norma :Ley 20998 Fecha Publicación, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://faolex.fao.org/docs/pdf/chi164968.pdf>

Business Intelligence como herramienta para la visualización de indicadores de eficiencia y análisis de incidencia en la dotación del servicio de agua - UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/17643/2/04%20SOF%20111%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

La metodología CRISP-DM: desarrollo de modelos de machine learning, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.mytaskpanel.com/la-metodologia-crisp-dm-desarrollo-de-modelos-de-machine-learning/>

What is CRISP DM? - Data Science PM, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.datascience-pm.com/crisp-dm-2/>

Conceptos básicos de ayuda de CRISP-DM - IBM, fecha de acceso: enero 19, 2026, <https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/saas?topic=dm-crisp-help-overview>