



PROYECTO DE TITULACIÓN:

**IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS TELEMÉTRICAS PARA EL
PROCESO DE FACTURACIÓN EN SITIO, EN PREDIOS CON MEDIDORES
CENTRALES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Previa la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN ECONOMÍA Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

Presentado por:

**MARTRUS OLIVEROS WILLIAM ANTHONY Y MATA VALENZUELA NELSON
EDUARDO**

Guayaquil – Ecuador

2024

AGRADECIMIENTO

Antes de sumergirme en este caso de negocio, quiero tomarme un momento para agradecer a quienes han hecho posible este viaje:

A la ESPOL, por brindarme las herramientas y conocimientos para llegar hasta aquí.

A VEOLIA, por su apoyo constante, por confiar en mí y permitirme desarrollarme de mejor manera cada día.

Y por supuesto a mis padres, que, con su amor incondicional, palabras de aliento y comprensión por mi ausencia, han sido muy importantes para este logro.

A todas las personas, que debido a la fragilidad de la mente podría estar omitiendo, pero que de una u otra manera me impulsaron para lograr este objetivo.

Martrus Oliveros William Anthony

A Dios, por brindarme la sabiduría y la fortaleza necesarias para superar cada obstáculo. A mis padres, quienes me inculcaron el valor del estudio. A mi esposa, mi compañera de vida, cuyo amor y apoyo han sido fundamentales para alcanzar este logro. A mis hijas, por llenarme de alegría y ser el motor que me impulsa a seguir adelante. A todos ellos, mi eterno agradecimiento por su amor y confianza.

Mata Valenzuela Nelson Eduardo

DEDICATORIA

Dedico este caso de negocio y lo que este representa a:

A mi amada esposa, Mónica, mi compañera de vida y apoyo incondicional. Sin tu amor, paciencia y sacrificio no habría sido posible este logro.

A mis tres pequeños tesoros, a los cuales he sacrificado el tiempo de mi compañía:

Maia, mi primogénita, que me recuerda cada día la importancia de la bondad.

William, mi valiente y alegre niño, que con su sonrisa latente me enseña a disfrutar de la vida.

Mónica Sofia, mi pequeñita y dulce inspiración, que me llena de besos alegrando mis días.

Ustedes cuatro son mi motivación para ser mejor cada día. Este trabajo es el esfuerzo de nuestro esfuerzo, de las horas de sacrificio y del amor que me demuestran.

Cada página está impregnada de su cariño y apoyo. Este logro es por y para ustedes. Los amo con todo mi corazón. Mis vidas, mis amores y mis tesoros.

Martrus Oliveros William Anthony

A Dios, mi creador y redentor, por su amor inagotable y su gracia transformadora. Gracias por iluminar mi mente con tu sabiduría y por fortalecer mi espíritu con tu amor. A Mixi, la mujer que ha sido testigo de mi crecimiento y que me ha ayudado a convertirme en la persona que soy hoy. Desde nuestros primeros días juntos, hemos compartido sueños, risas y desafíos. Tu amor incondicional me ha dado la fuerza para superar cualquier obstáculo. A Valentina y Luciana, mis niñas, por ser la luz que ilumina mis días y la razón de mi lucha. Este logro es un testimonio de nuestro amor y un reflejo de la perseverancia que hemos demostrado como familia.

Mata Valenzuela Nelson Eduardo

COMITÉ DE EVALUACIÓN

Ronald Campoverde Aguirre
Tutor del Proyecto

Christian Vera Alcívar
Evaluador 1

Mary Jovanna Rivadeneira Morales
Evaluador 2

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo/Nosotros MARTRUS OLIVEROS WILLIAM ANTHONY y MATA VALENZUELA NELSON EDUARDO acuerdo/acordamos y reconozco/reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 17 de Marzo del 2025.

Autor 1

Autor 2

Implementación de alternativas telemétricas para el proceso facturación en sitio, en predios con medidores centrales en la ciudad de Guayaquil

William Anthony MARTRUS OLIVEROS^a y Nelson Eduardo MATA VALENZUELA^b

Palabras clave:

Interagua, servicio de agua potable, objetivos estratégicos, telemetría, medidor ultrasónico, flujo de caja, matriz de riesgo, planificación.

Resumen: El propósito de este caso de negocio es identificar la mejor alternativa de medición telemétrica para el proceso de facturación en sitio de la ciudad de Guayaquil en condominios, edificios y urbanizaciones, para la optimización de las eficiencias, calidad de servicio, sostenibilidad y experiencia del usuario. Para lo cual, se utilizó la metodología del caso de negocio de Harvard, mediante la evaluación técnica, financiera y estratégica de tres alternativas. Luego del análisis se concluyó, que la mejor alternativa es adquirir medidores ultrasónicos modelo 213E-DN25 para la transmisión de datos de lectura de forma remota. Además, se presenta un plan de mitigación de riesgos para la alternativa ganadora y un plan de implementación considerando la gestión de compra, instalación de equipos, capacitación del personal administrativo y operativo y la puesta en producción.

Códigos JEL: L86, D24

Key words

Interagua, water supply service, strategic objectives, telemetry, ultrasonic meter, cash flow, risk matrix, planning.

Abstract: The purpose of this business case is to identify the best telemetric measurement alternative for the on-site billing process in the city of Guayaquil for condominiums, buildings, and housing developments, aimed at optimizing efficiencies, service quality, sustainability, and user experience. To achieve this, the Harvard business case methodology was used, involving a technical, financial, and strategic evaluation of three alternatives. After the analysis, it was concluded that the best alternative is to acquire ultrasonic meters model 213E-DN25 for remote data transmission of readings. Additionally, a risk mitigation plan for the winning alternative is presented, along with an implementation plan that considers the management of procurement, equipment installation, training of administrative and operational staff, and the start of production.

Codes JEL: L86, D24

1. Definición de oportunidad

Interagua, empresa concesionaria del servicio de agua potable en Guayaquil desde 2001, es responsable de garantizar el abastecimiento de este recurso esencial a más de 2 millones de habitantes, cubriendo un área de 5.200 km² que incluye tanto la zona urbana de la ciudad como cinco parroquias rurales. A lo largo de su gestión, Interagua ha implementado mejoras significativas en la calidad y cobertura del servicio, enfrentando diversos retos derivados del crecimiento urbano y las demandas de una población en expansión. Su equipo técnico especializado mantiene un monitoreo constante de la red de distribución, asegurando su óptimo funcionamiento y respuesta ante emergencias. La labor de Interagua ha contribuido no solo al bienestar de la comunidad guayaquileña, sino también al desarrollo económico y social de la región, evidenciando un firme compromiso con la sostenibilidad y el manejo responsable del agua, recurso fundamental para la vida y el desarrollo (Interagua, 2001).

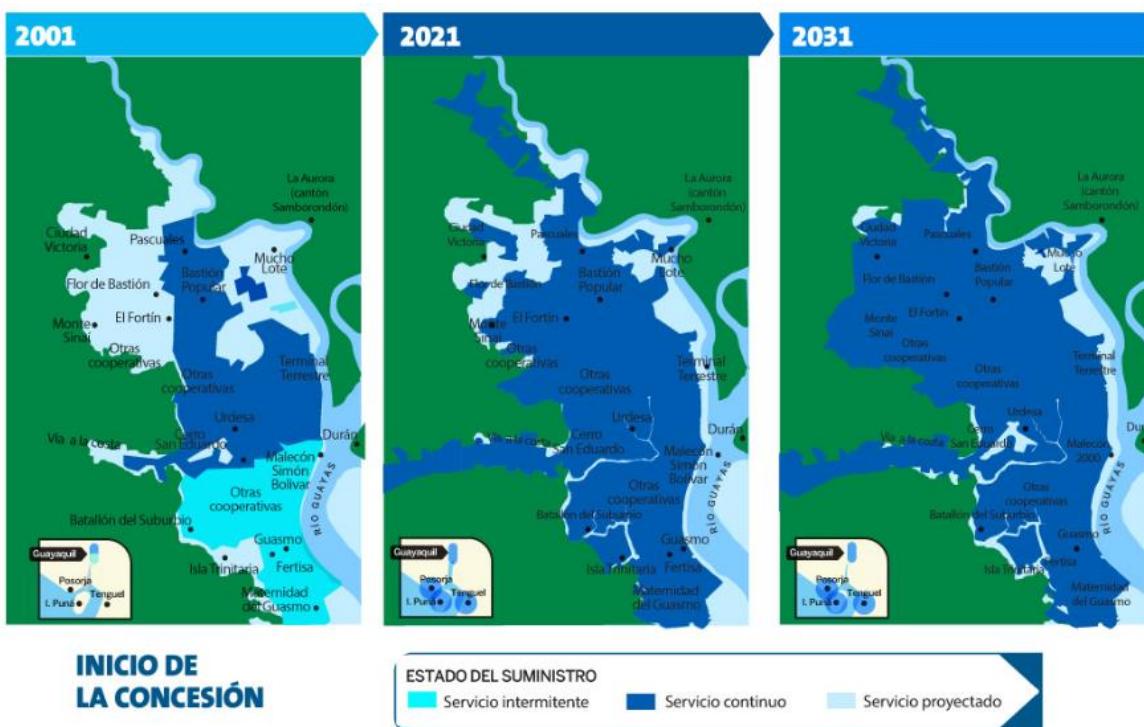


Figura 1. Dotación de agua potable a Guayaquil y sus parroquias rurales
Nota: Tomado de página web de INTERAGUA C. LTDA.

La figura presentada ilustra la evolución del abastecimiento de agua potable en la ciudad de Guayaquil, mostrando cómo el servicio ha crecido en respuesta al incremento poblacional y la expansión urbana. Este crecimiento ha sido acompañado por mejoras en la infraestructura y la cobertura del suministro, lo que refleja los esfuerzos de Interagua por adaptarse a las demandas de una ciudad en constante desarrollo. Asimismo, las proyecciones de expansión hasta el año 2031, fecha en que finaliza el contrato de concesión, evidencian el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la ampliación del acceso a este recurso vital, en línea con las necesidades futuras de la población.

Tabla 1
Evolución del servicio

Descripción	2001	2023
Población servida	1.070.602	2.620.000
Cobertura	53%	90%
Redes	2.563 KM	6.259 KM
Conexiones	242.116	588.358
Continuidad del servicio	30%	100%
Clientes medidos	33%	100%

Fuente: Interagua C.Ltda. (2024). *Sistema de agua potable*.

Interagua produce anualmente 386 millones de metros cúbicos de agua potable, atendiendo las necesidades de aproximadamente 2.6 millones de habitantes de Guayaquil y sus alrededores. La distribución se realiza a través de una red de 6.259 kilómetros de tuberías, conectada a siete plantas potabilizadoras ubicadas tanto en la ciudad como en sus parroquias rurales. Estas plantas operan bajo estrictos controles de calidad, cumpliendo con los parámetros de la norma INEN 1108 y las exigencias del contrato de concesión (Interagua, 2001).

Para asegurar una distribución eficiente y continua, Interagua ha desarrollado una infraestructura robusta que incluye:

- 4 acueductos principales, que transportan el agua potable desde las plantas hasta los distintos sectores de la ciudad.
- 72 estaciones de bombeo, encargadas de incrementar la presión del agua para su distribución en zonas elevadas.
- 15 estaciones de re-cloración, que aseguran la desinfección del agua durante su recorrido por la red.
- 42 reservorios, que permiten el almacenamiento de agua potable, garantizando su disponibilidad ante interrupciones en el suministro.
- 182 estaciones reguladoras de presión, las cuales controlan la presión en la red, previniendo daños y fugas.
- 890 equipos de medición de caudal, que monitorizan el flujo de agua para identificar y corregir posibles anomalías.
- 1.800 análisis mensuales de calidad, destinados a verificar que el agua cumpla con los estándares normativos.
- 253 distritos de medición continua, que permiten un control detallado del consumo en diferentes sectores de la ciudad.
- 1.037 sectores hidráulicos, los cuales dividen la ciudad en zonas para una gestión más eficiente del recurso.

Los servicios de abastecimiento de agua potable, tratamiento de alcantarillado sanitario y pluvial abarcan todas las etapas del ciclo, desde la captación, tratamiento y distribución del agua, hasta el bombeo, mantenimiento, medición de consumos, facturación y gestión de cobros. Sin embargo, en el proceso de medición del consumo, se presentan dificultades relacionadas con el acceso restringido a medidores en edificios, condominios y urbanizaciones, este impedimento puede afectar a 115.570 usuarios que cuentan con macro y micromedición. Este problema impide una lectura precisa de los consumos y, en consecuencia, dificulta una correcta facturación.

Un referente para Interagua en Ecuador es la empresa Aguas Andinas de Chile, que también opera bajo un modelo de concesión. En el caso de Aguas Andinas, la concesión tiene una duración de 30 años, con posibilidad de renovación por 15 años, y está en funcionamiento desde 1999. De manera similar, Interagua opera bajo una concesión de 30 años, con opción de extensión por 10 años adicionales, vigente desde 2001. Ambas empresas enfrentan problemas comunes en cuanto a la medición de consumos en inmuebles colectivos, como edificios y urbanizaciones.

Dada esta problemática compartida, resulta esencial realizar una investigación profunda para identificar las causas subyacentes, evaluar posibles soluciones y desarrollar estrategias que optimicen la toma de lecturas de medidores. Esto permitirá mejorar la eficiencia operativa, la calidad del servicio y promover la sostenibilidad en el sector de agua potable, tanto en Ecuador como en Chile (Aguas Andinas, 2024).

Con el fin de comprender en profundidad la situación, se realizó una visita de campo (Figura 2) para observar las actividades operativas del personal encargado de la toma de lecturas de medidores de agua potable. La visita tuvo lugar en el condominio Vizcaya Gardens, ubicado en la ciudadela Ceibos Norte. Durante la inspección, se observó que el lector debe solicitar acceso al personal de seguridad del condominio, presentando su identificación y explicando los motivos de su visita. Una vez que la administración autoriza el ingreso, el lector procede a acceder a cada piso para registrar las lecturas de los medidores correspondientes a cada departamento, lo cual permite posteriormente la facturación de los consumos de los usuarios.

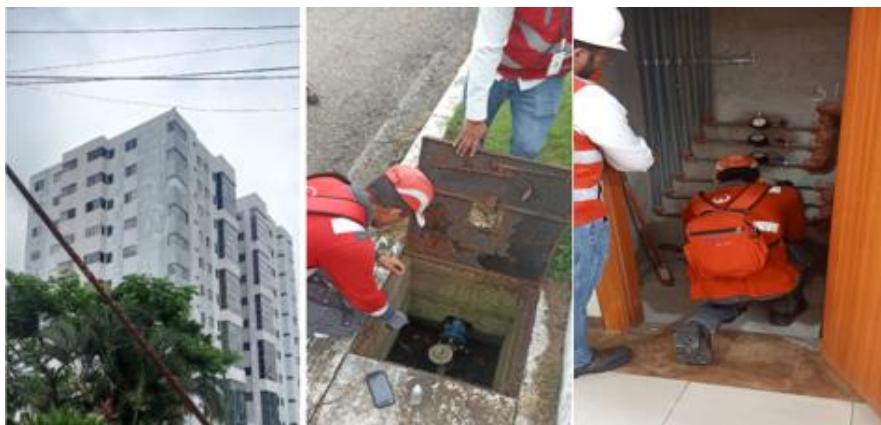


Figura 2. Observación del proceso de toma de lecturas de medidores de agua
Nota: Tomada de visita técnica al condominio Vizcaya Gardens

Se realizó una visita al Laboratorio de Medidores de Agua Potable, el cual es responsable de la verificación y calibración de medidores, ensayos y pruebas especializadas, control de calidad, aseguramiento de la metrología, soporte técnico y asesoría. Todos estos procesos están orientados a garantizar la precisión en la medición y facturación del consumo de agua, la protección de los recursos hídricos y la satisfacción de los usuarios.

Durante la entrevista con el jefe del Laboratorio de Medidores de Interagua, se discutieron aspectos clave relacionados con la dificultad de acceso a los predios para la toma de lecturas, los retrasos en el cumplimiento del cronograma de facturación y los reprocesos generados en las órdenes de trabajo. La entrevista brindó una visión profunda de la problemática, permitiendo identificar las principales causas, los actores involucrados, los objetivos de la empresa y las soluciones alternativas que se están evaluando. El laboratorio desempeña un papel crucial en la evaluación y selección de tecnologías adecuadas para abordar este desafío de manera eficiente y sostenible (ver apéndice A).

La dificultad de acceso a edificios, condominios y urbanizaciones para realizar la lectura de los medidores de agua potable es un problema recurrente que enfrenta Interagua. Este obstáculo genera una serie de inconvenientes tanto para la empresa como para los usuarios del servicio. Los residentes en estas propiedades a menudo expresan que los lectores de medidores no logran acceder a los predios en los horarios establecidos, ya sea porque los ocupantes no se encuentran presentes o porque quienes están en las viviendas no están autorizados para permitir el acceso (por ejemplo, menores de edad, personas de la tercera edad o empleados domésticos).

El usuario señala la necesidad de que Interagua implemente soluciones más eficientes y ágiles que faciliten la toma de lecturas en su predio, manifestando que se percibe una falta de coordinación adecuada entre la empresa y la administración de edificio. El cliente destaca la importancia de que Interagua desarrolle estrategias integrales para mejorar la eficiencia, calidad y sostenibilidad del servicio de agua potable. Además, demandan soluciones innovadoras que aborden eficazmente las dificultades de acceso a los predios y optimicen el proceso de toma de lecturas de los medidores (ver apéndice B).

La medición mecánica tradicional de los medidores de agua potable presenta diversas limitaciones que pueden ser superadas mediante la implementación de sistemas de telemetría inteligentes. Los beneficios de la medición a través de telemetría son notables e incluyen una mayor eficiencia y precisión en el proceso de facturación, así como una reducción significativa de los costos operativos. Además, estos sistemas permiten la detección temprana de fugas y desperdicios, mejoran la atención al cliente, optimizan la gestión de la red de distribución de agua y contribuyen a la sostenibilidad ambiental. La transición de la medición mecánica a sistemas de telemetría no solo proporciona ventajas operativas, sino que también se alinea con las necesidades emergentes de las empresas de agua potable en su búsqueda por mejorar la gestión y satisfacer las demandas actuales y futuras.

Con base en el contexto anteriormente descrito, se plantea la siguiente pregunta para el caso de negocio: ¿Cuál es la mejor alternativa de lectura de medidores de agua potable en predios ubicados en edificios, condominios y urbanizaciones para optimizar la eficiencia, calidad del servicio, sostenibilidad y experiencia del usuario?

Identificación de objetivos y métricas.

Los objetivos e indicadores de gestión comercial, comúnmente conocidos como KPIs (*Key Performance Indicators*), constituyen métricas fundamentales para medir y evaluar el rendimiento de las actividades técnicas y comerciales dentro de una organización. Estos indicadores son esenciales en el proceso de toma de decisiones, ya que proporcionan información precisa y valiosa sobre el desempeño del equipo comercial, el estado de las ventas y el nivel de satisfacción de los clientes. Además, permiten identificar áreas de mejora y optimizar la eficiencia operativa y estratégica (Universidad de Navarra [UNAV], 2021).

En relación con la problemática planteada, los principales objetivos financieros y estratégicos de la organización son los siguientes:

1. Cumplir el presupuesto de ventas comercial
2. Reducir los clientes con impedimentos de lectura
3. Incrementar telemetría en edificios
4. Disminuir tiempos de reclamaciones asociados a la facturación

La tabla 2 muestra una serie de objetivos estratégicos junto con las métricas correspondientes para medir su progreso. Estos objetivos abarcan diversas áreas clave del negocio, tales como ventas, cobranzas, eficiencia operativa y atención al cliente. El conjunto de objetivos y métricas permite a la empresa monitorear su desempeño en múltiples dimensiones esenciales. A través de estos indicadores, la organización busca optimizar su eficiencia operativa, incrementar los ingresos, reducir costos y mejorar la satisfacción del cliente (Interagua, 2024).

Tabla 2
Objetivos y métricas

Objetivos	Métricas
Cumplir el presupuesto de ventas comercial	Cumplimiento de presupuesto de ventas Total (\$) - ingresos operacionales (\$)
Reducir los clientes con impedimentos de lectura	Predios con registros de lecturas (#) / predios con medidor (#)
Incrementar telemetría en edificios	Número de sistemas con lectura y corte remoto instalados (#)
Disminuir tiempos de reclamaciones asociados a la facturación	Suma de días de atención (#) / número de casos atendidos hasta la legalización del reclamo (#)

La tabla presenta objetivos estratégicos y sus métricas asociadas. El cumplimiento del presupuesto de ventas se mide a través de los ingresos operacionales, mientras que la reducción de clientes con impedimentos de lectura se evalúa comparando predios con registros de lectura versus predios con medidor. El incremento de la telemetría en edificios y la disminución de los tiempos de reclamaciones se controlan mediante la instalación de sistemas de lectura y corte remoto y el seguimiento de los tiempos de atención por reclamo.

2. Generación de Alternativas

En este capítulo se emplearon diversas técnicas analíticas, tales como la evaluación de costos, análisis de beneficios, análisis de riesgos y garantías, y el análisis de tecnología y comunicación, con el fin de abordar de manera integral la problemática relacionada con la toma de lectura de medidores de agua potable en predios con medidores centrales. El proceso comenzó con una clara definición del problema, identificando a los grupos de interés, entre ellos los usuarios del servicio, lectores de medidores, jefe de lecturas, jefe de laboratorio de medidores y gerente de facturación. Se consideraron diferentes enfoques, tecnologías y estrategias para resolver la situación (EALDE Business School, 2023).

Se conformó un equipo multidisciplinario, integrado por especialistas del área técnica, laboratorio de medidores y facturación, con el fin de obtener diversas perspectivas y ampliar las posibilidades de solución. Los criterios de evaluación incluyeron la tecnología utilizada, plan de datos móviles, costos asociados a medidores, instalación y mano de obra, ubicación de los equipos, alineación con los objetivos estratégicos de la empresa y los riesgos.

A continuación, se realizó un análisis comparativo de las alternativas, evaluando la precisión en el envío de la información y los costos de los equipos, software e instalación. Basándose en la información proporcionada por el jefe del laboratorio de medidores, así como en reuniones con el jefe de lecturas y gerente de facturación, se analizaron las siguientes alternativas para mejorar el proceso de lectura de medidores.

Tabla 3

Especificaciones técnicas de equipos telemétricos evaluados para el caso de negocio

Medidor telemétrico	Tipo de tecnología	Tipo de comunicación	Costo	Número de beneficiarios	Garantía técnica
Modelo 213E-DN25	Ultrasónica lectura remota	GPRS con chip	\$120,18	115.569	Los medidores de agua telemétricos cuentan con una garantía de 1 a 2 años contra defectos de fabricación y funcionamiento.
Modelo 214C-DN20	Ultrasónico lectura y corte remoto	GPRS con chip	111,30	115.569	Los medidores de agua telemétricos cuentan con una garantía de 1 a 2 años contra defectos de fabricación y funcionamiento.
Marca Suntront Tech	Chorro múltiple	GPRS con chip	130,46	115.569	Suntront Tech ofrece una garantía de 2 años en sus medidores de agua telemétricos, cubriendo defectos de fabricación y funcionamiento.
Marca Suntront Tech	Chorro múltiple	LoRa (Red inalámbrica de largo alcance)	120,23	115.569	Suntront Tech ofrece una garantía de 2 años en sus medidores de agua telemétricos, cubriendo defectos de fabricación y funcionamiento.
Marca DIEHL metering modelo Hydrus / OMS (Open Metering Standard)	Ultrasónico	Radio frecuencia	111,44	115.569	DIEHL Metering ofrece una garantía de 2 años en sus medidores de agua telemétricos Hydrus, cubriendo defectos de fabricación y funcionamiento.
Modelo LXSW	Ultrasónico	Radio frecuencia a corta distancia	172,27	115.569	Los medidores de agua telemétricos modelo LXSW cuentan con una garantía de 1 año contra defectos de fabricación y funcionamiento.
Marca DIEHL metering modelos Izar Pulse versión 1	Cabezal optoeléctrico	Radio frecuencia	\$25,12	115.569	DIEHL Metering ofrece una garantía de 2 años en sus medidores de agua telemétricos Izar Pulse versión 1, cubriendo defectos de fabricación y funcionamiento.

Nota: Made in China (2024). DIEHL metering (2024.). Wasion meter (2024). DIEHL metering Izar Pulse I (2024).

Se realizó un análisis técnico mediante una tabla de ponderación para evaluar diversas especificaciones de equipos telemétricos propuestos para el caso de negocio. Este análisis incluyó modelos como el 213E-DN25 y el 214C-DN20, ambos de tecnología ultrasónica con comunicación GPRS, además de alternativas de la marca Suntront Tech y DIEHL Metering. Cada opción fue evaluada considerando el costo, el número de beneficiarios y la garantía técnica, la cual oscila entre uno y dos años, asegurando así la calidad y funcionalidad de los dispositivos seleccionados.

De las alternativas evaluadas, se llevó a cabo un proceso de refinamiento, eligiendo las siguientes opciones para su estudio, basándose en criterios de precisión, comunicación remota y costo, asegurando así la idoneidad de los medidores en la implementación propuesta.

Alternativa 1: Medidor ultrasónico modelo 213E-DN25 (toma de lectura remota de $\frac{1}{2}$ " y 1"). Este medidor destaca por su alta precisión en la medición del consumo de agua, así como por la conveniencia que ofrece la lectura remota. A pesar de requerir una inversión inicial y un mantenimiento periódico, su eficiencia en la recolección de datos justifica su consideración (Laboratorio de ensayo de medidores [LEM], 2024).

Alternativa 2: Medidor ultrasónico marca Suntront Tech con chip y comunicación GPRS. Esta opción se caracteriza por su elevada precisión y la capacidad de comunicación remota, eliminando la necesidad de infraestructura adicional. Además, su buena cobertura en la red celular lo convierte en una opción viable para asegurar la continuidad en la recolección de datos (LEM, 2024).

Alternativa 3: Medidor mecánico chorro múltiple marca Suntront Tech con comunicación LoRa (Statu Quo). Este medidor es una solución común y recomendable por su coste reducido. Al igual que las opciones anteriores, permite la comunicación remota sin requerir infraestructura adicional. No obstante, su cobertura de red celular es limitada, lo que podría afectar su efectividad en algunas áreas (LEM, 2024).

3. Análisis de Alternativas

En este capítulo se aborda la problemática relacionada con la toma de lecturas de medidores en un conjunto de 921 usuarios, distribuidos en 39 edificios y condominios. Se observa que, de manera recurrente, el personal encargado de la recolección de datos enfrenta dificultades de acceso a los predios, lo que ha resultado en un promedio mensual de 62 reclamos vinculados a los impedimentos en la toma de lecturas de los medidores. Esta problemática de acceso a los predios ha provocado retrasos significativos en los procesos de facturación, insatisfacción de los usuarios reflejada en reclamaciones recurrentes y pérdidas económicas para Interagua. La falta de lecturas precisas y puntuales afecta tanto a la empresa como a los usuarios, generando inconsistencias en la facturación que impactan en la calidad del servicio (Interagua, 2022).

En este contexto, y con base en la información proporcionada sobre la situación operativa actual de Interagua, se ha procedido a evaluar diversas alternativas tecnológicas que buscan optimizar el proceso de toma de lecturas en edificios, condominios y urbanizaciones. Estas alternativas tienen como objetivo mejorar la precisión en la medición del consumo, reducir los tiempos de respuesta y minimizar los costos operativos. A continuación, se presenta un

análisis detallado de las tres principales opciones evaluadas, teniendo en cuenta su viabilidad técnica, económica y su alineación con los objetivos estratégicos de la empresa.

Alternativa 1: Medidor ultrasónico modelo 213E-DN25

El medidor de agua ultrasónico modelo 213E-DN25 es un dispositivo avanzado que utiliza tecnología ultrasónica para medir el consumo de agua con alta precisión y fiabilidad. Fabricado por Hangzhou Zhongpei Electronics Co. Ltd., este equipo está diseñado para su uso tanto en hogares como en pequeñas empresas, proporcionando una solución eficiente y moderna para la gestión del consumo de agua. Su tecnología ultrasónica permite la medición sin partes móviles, lo que reduce el desgaste y la necesidad de mantenimiento, mejorando la durabilidad y el rendimiento a largo plazo (Zhongpei Electronics, 2024).

Tabla 4

Especificaciones técnicas medidor ultrasónico modelo 213E-DN25

Características	Descripción
Tipo de Medidor	Medidor ultrasónico de flujo de agua
Marca	Hangzhou Zhongpei Electronics Co. Ltd
Modelo	213E-DN25
Diámetro de tubería	½" y 1"
Rango de flujo	Hasta 2.5 m3/h
Precisión de medición	±1% de la lectura, sujeto a condiciones específicas de instalación y ambiente
Tecnología	Comunicación GPRS para transmisión de datos en tiempo real
Protocolo	Soporte para protocolos como MQTT, TCP/IP, y HTTP
Interfaz	Puede incluir salida analógica 4-20 mA y RS485
Voltaje de Operación	3.6V Lithium, battery
Consumo de energía	Menor a 0.2mW; mayor a 8 años de uso
Temperatura de operación	-20 °C a 60 °C
Clasificación IP	IP67/IP68

Características	Descripción
Materiales	Cuerpo de aleación de aluminio o plástico ABS, dependiendo del modelo
Conexiones	Roscas estándar de $\frac{1}{2}$ " o 1" para fácil instalación en tuberías
Almacenamiento de datos	Capacidad de almacenar datos antes de enviarlos
Configuración	Configuración a través de software dedicado o aplicación móvil

El medidor ultrasónico modelo 213E-DN25 de Hangzhou Zhongpei Electronics Co. Ltd. ofrece alta precisión ($\pm 1\%$) en rangos de flujo de hasta 2.5 m³/h. Incorpora tecnología GPRS para transmisión en tiempo real, soporta protocolos como MQTT y TCP/IP, y opera con bajo consumo de energía (menos de 0.2 mW).



Figura 3. Medidor ultrasónico con toma de lectura remota modelo 213E-DN25

En el análisis del caso de negocio del medidor ultrasónico modelo 213E-DN25, se establecen los siguientes supuestos clave:

- Se proyecta una inversión de \$120,18 por unidad, que incluye tanto el costo del equipo como los gastos asociados a su instalación.
- Al no contar con partes móviles, se prevé un bajo costo de mantenimiento y una vida útil estimada de 8 años, sin necesidad de reemplazos frecuentes.
- La implementación del protocolo GPRS permitirá la recolección remota de datos, eliminando la necesidad de visitas presenciales para la lectura de los medidores, lo que optimizará la gestión operativa.

- El dispositivo está diseñado para operar en un amplio rango de temperaturas, de -20 °C a 60 °C, garantizando su funcionalidad en diversas condiciones climáticas y reduciendo el riesgo de fallas.
- La automatización del proceso de toma de lecturas mediante tecnología ultrasónica y GPRS reducirá los costos operativos relacionados con el personal y el tiempo requerido para lecturas manuales.
- Este medidor contribuirá a la precisión en la facturación, disminuyendo las quejas de los usuarios por inconsistencias en los registros de consumo y mejorando la percepción del servicio prestado.

Con base en los supuestos previamente expuestos y la información detallada, se procedió a elaborar un flujo de efectivo que permite realizar un análisis financiero de la Alternativa 1. A partir de este análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5

Flujo de efectivo alternativa 1: Medidor ultrasónico con toma de lectura remota modelo 213E-DN25

Flujo del proyecto	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029	Total 5 años
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Ahorro Opex de nómina		\$95.662,91	\$97.097,83	\$98.498,15	\$99.970,49	\$101.464,91	\$492.694,30
Opex IA		\$27.630,00	\$28.072,08	\$28.465,09	\$28.892,07	\$29.325,45	\$142.384,68
Utilidad operativa		\$68.032,91	\$69.025,75	\$70.033,06	\$71.078,42	\$72.139,46	\$350.309,62
Mas depreciaciones		\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$63.142,89
EBITDA		\$80.661,49	\$81.654,33	\$82.661,64	\$83.707,00	\$84.768,04	\$413.452,51
Menos impuestos normativo y participación		\$24.661,93	\$25.021,84	\$25.386,98	\$25.765,93	\$26.150,56	\$126.987,24
EBIT		\$55.999,56	\$56.632,50	\$57.274,65	\$57.941,07	\$58.617,49	\$286.465,27
Capex	\$-161.926,65	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo final	\$-161.926,65	\$55.999,56	\$56.632,50	\$57.274,65	\$57.941,07	\$58.617,49	\$286.465,27
Flujo acumulado		\$55.999,56	\$112.632,06	\$169.906,71	\$227.847,78	\$286.465,27	
WACC + 4%	15,60%						
TIR	22,40%						
VNA	\$26.810,78						
PAYBACK (AÑO/MES)	2,9						

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de los resultados financieros del proyecto de implementación del medidor ultrasónico modelo 213E-DN25 proporciona información relevante en relación con los objetivos y métricas establecidos. A continuación, se presentan las interpretaciones correspondientes:

Cumplimiento del presupuesto de ventas comercial: El análisis financiero indica un flujo de caja de \$57.941,07 en el año 4 (2028) y un flujo acumulado de \$286.465,27 en el año 5 (2029). Estos resultados contribuyen significativamente al cumplimiento de las metas establecidas en el presupuesto de ventas, evidenciando un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo.

Reducción de clientes con impedimentos de lectura: Aunque no se presentan cifras específicas en el flujo de efectivo, se anticipa que el aumento en el número de predios con registros de lecturas contribuirá a la disminución de impedimentos en la toma de lecturas. Esta mejora en la eficiencia del servicio permitirá, a su vez, reducir los costos logísticos y operativos asociados al proceso de facturación.

Incremento de telemetría en edificios: La implementación de sistemas con lectura remota se traduce en un aumento significativo en la eficiencia de la recolección de datos, lo que se refleja en un ahorro operativo considerable. Al finalizar el quinto año, se observa un flujo acumulado de \$286.465,27, lo que evidencia un aumento en la telemetría y un rendimiento positivo del proyecto.

Disminución de tiempos de reclamaciones asociados a la facturación: El objetivo y las métricas relacionados con los reclamos atendidos de facturación está directamente relacionada a la instalación del sistema de lectura remota, con esta implementación se espera reducir los 62 reclamos promedio por mes y mejorar la experiencia del cliente en cuanto a la prestación del servicio.

Los resultados financieros del proyecto de implementación del medidor ultrasónico modelo 213E-DN25 muestran un flujo acumulado positivo de \$286,465.27 al final del quinto año, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 22.40% y un período de recuperación (payback) de 2.9 años. Estos indicadores evidencian la viabilidad y rentabilidad del proyecto, justificando la inversión inicial de \$161,926.65, destacando su potencial para generar ahorros operativos y optimizar la gestión del servicio.

Alternativa 2: Medidor ultrasónico marca Suntront Tech con comunicación GPRS

El medidor ultrasónico de la marca Suntront Tech incorpora tecnología GPRS para la transmisión de datos, lo que facilita la lectura remota y la gestión de información en tiempo real. Este dispositivo es especialmente adecuado para zonas con una cobertura celular robusta, garantizando así una comunicación efectiva y continua. Su diseño eficiente permite optimizar la recolección de datos y mejora la experiencia del usuario al eliminar la necesidad de lecturas manuales, lo que se traduce en una gestión más precisa y oportuna del consumo de agua (Suntront Tech, 2000).

Tabla 6

Especificaciones técnicas del medidor ultrasónico marca Suntront Tech con GPRS

Características	Descripción
Tipo de Medidor	Medidor ultrasónico de flujo de agua
Marca	Suntront Tech
Modelo	NB-IoT Ultrasonic Water meter
Diámetro de tubería	½”.
Rango de flujo	Hasta 4 m3/h
Precisión de medición	±1% a ±2% de la lectura, sujeto a condiciones de instalación y tipo de líquido
Tecnología	GPRS, para transmisión de datos en tiempo real
Protocolo	Soporte para MQTT, TCP/IP y otros protocolos de comunicación de red
Interfaz	Puede incluir salida analógica 4-20 mA y RS485
Voltaje de Operación	3.6V Lithium, battery
Consumo de energía	Menor a 0.2mW; mayor a 10 años de uso
Temperatura de operación	-20 °C a 60 °C
Clasificación IP	IP67/IP68
Materiales	Cuerpo de aleación de aluminio o plástico ABS, dependiendo del modelo.
Conexiones	Roscas estándar de ½” o 1” para fácil instalación en tuberías
Almacenamiento de datos	Capacidad de almacenar datos antes de enviarlos
Configuración	Configuración a través de software dedicado o aplicación móvil

El medidor ultrasónico de agua NB-IoT de Suntront Tech presenta un diámetro de tubería de ½”, con un rango de flujo de hasta 4 m³/h y una precisión de medición de ±1% a ±2%. Utiliza tecnología GPRS para la transmisión de datos, operando en un rango de temperatura de -20

°C a 60 °C, con clasificación IP67/IP68. Su configuración puede realizarse a través de software dedicado o aplicación móvil, y ofrece almacenamiento de datos antes de la transmisión.



Figura 4. Medidor ultrasónico marca Suntron Tech con comunicación GPRS

Para el análisis del medidor ultrasónico de la marca Suntron Tech con comunicación GPRS, se establecen los siguientes supuestos:

- Se estima que el costo de adquisición por unidad del medidor será de \$130,46, incluyendo tanto el equipo como los costos de instalación.
- Se asume que, dado su diseño sin partes móviles, el medidor tendrá una vida útil aproximada de 10 años, con costos de mantenimiento mínimos.
- La tecnología GPRS facilitará la transmisión continua de datos, optimizando la recolección de información y eliminando la necesidad de lecturas manuales.
- Se considera que el medidor funcionará adecuadamente en temperaturas que oscilen entre -20 °C y 60 °C, garantizando su operatividad en diversas condiciones climáticas.
- Se espera que la automatización del proceso de lectura, junto con la eliminación de visitas físicas para lecturas manuales, reduzca significativamente los costos asociados al personal.
- Se anticipa que la implementación de este sistema mejorará la experiencia del usuario, minimizando las quejas relacionadas con la facturación y las lecturas inexactas.

Con base en los supuestos presentados y la información detallada, se procedió a elaborar un flujo de efectivo que permite realizar un análisis financiero de la Alternativa 2. A partir de este análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7

Flujo de efectivo alternativa 2: medidor ultrasónico marca Suntront Tech con GPRS

Flujo del proyecto	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029	Total 5 años
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Ahorro Opex de nómina		\$95.662,91	\$97.097,83	\$98.498,15	\$99.970,49	\$101.464,91	\$492.694,30
Opex IA		\$27.630,00	\$28.072,08	\$28.465,09	\$28.892,07	\$29.325,45	\$142.384,68
Utilidad operativa		<u>\$68.032,91</u>	<u>\$69.025,75</u>	<u>\$70.033,06</u>	<u>\$71.078,42</u>	<u>\$72.139,46</u>	<u>\$350.309,62</u>
Mas depreciaciones		\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$63.142,89
EBITDA		<u>\$80.661,49</u>	<u>\$81.654,33</u>	<u>\$82.661,64</u>	<u>\$83.707,00</u>	<u>\$84.768,04</u>	<u>\$413.452,51</u>
Menos impuestos normativo y participación		\$24.661,93	\$25.021,84	\$25.386,98	\$25.765,93	\$26.150,56	\$126.987,24
EBIT		<u>\$55.999,56</u>	<u>\$56.632,50</u>	<u>\$57.274,65</u>	<u>\$57.941,07</u>	<u>\$58.617,49</u>	<u>\$286.465,27</u>
Capex	\$-181.536,31	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo final	<u>\$-181.536,31</u>	<u>\$55.999,56</u>	<u>\$56.632,50</u>	<u>\$57.274,65</u>	<u>\$57.941,07</u>	<u>\$58.617,49</u>	<u>\$286.465,27</u>
Flujo acumulado		<u>\$55.999,56</u>	<u>\$112.632,06</u>	<u>\$169.906,71</u>	<u>227.847,78</u>	<u>\$286.465,27</u>	
WACC + 4%	15,60%						
TIR	17,60%						
VNA	\$7.201,12						
PAYBACK (AÑO/MES)	3,2						

Fuente: Elaboración propia

El análisis financiero del proyecto para la implementación del medidor ultrasónico Suntront Tech con tecnología GPRS ofrece información clave en función de los objetivos y métricas establecidos. A continuación, se presentan las interpretaciones correspondientes:

Cumplimiento del presupuesto de ventas comercial: En relación con el cumplimiento del presupuesto de ventas, se observa un flujo de caja de \$57.941,07 en el año 4 (2028) y un flujo acumulado de \$286.465,27 al finalizar el año 5 (2029). Estos valores reflejan un crecimiento constante, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos financieros y operacionales, y evidencian una evolución favorable del proyecto en términos de ingresos y sostenibilidad.

Reducción de clientes con impedimentos de lectura: Si bien no se presentan cifras específicas en el flujo de efectivo, se prevé que el incremento en los predios con registros de lectura reducirá significativamente los problemas relacionados con la obtención de datos. Esta mejora en la eficiencia operativa permitirá disminuir los costos logísticos y administrativos vinculados al proceso de facturación, generando una optimización en los recursos y una mayor precisión en la medición del consumo.

Incremento de telemetría en edificios: La implementación de sistemas de lectura remota con tecnología avanzada representa una mejora considerable en la eficiencia de la gestión de datos, lo que conlleva a una reducción significativa de costos operativos. Al final del quinto año, el flujo de caja acumulado alcanza los \$286.465,27, lo que demuestra un aumento progresivo en la adopción de telemetría y confirma la viabilidad económica del proyecto, con resultados positivos y un retorno sostenido sobre la inversión realizada.

Disminución de tiempos de reclamaciones asociados a la facturación: El objetivo y las métricas relacionadas con los reclamos de facturación están estrechamente vinculados a la implementación del sistema de lectura remota. Se proyecta que esta tecnología permitirá reducir significativamente los 62 reclamos promedio mensuales, optimizando la precisión de las lecturas y mejorando la experiencia del cliente en cuanto a la prestación del servicio. A través de la automatización de las lecturas, se espera no solo minimizar errores en la facturación, sino también incrementar la eficiencia en la atención de los usuarios, lo que resultará en una mayor satisfacción.

Los resultados financieros del proyecto para la implementación del medidor ultrasónico Suntront Tech con tecnología GPRS indican un flujo acumulado positivo de \$286,465.27 al final del quinto año. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es del 17.60% y el período de recuperación de la inversión (payback) es de 3.2 años. Estos indicadores reflejan la viabilidad y rentabilidad del proyecto, justificando plenamente la inversión inicial de \$181,536.31.

Alternativa 3: Medidor mecánico chorro múltiple marca Suntront Tech con comunicación LoRa (*Statu Quo*)

El medidor mecánico de chorro múltiple de la marca Suntront Tech, con comunicación LoRa, está diseñado para medir el flujo de agua con alta precisión en diversas aplicaciones. Este medidor combina la tecnología mecánica tradicional con la transmisión de datos inalámbrica LoRa, lo que permite una monitorización a larga distancia sin necesidad de lecturas manuales frecuentes. Su diseño lo hace ideal para áreas con baja cobertura de red celular, ofreciendo una solución económica y confiable para la recolección de datos en redes de distribución de agua, optimizando el control del consumo (LEM, 2024).

Tabla 8

Especificaciones técnicas del medidor Suntront Tech con comunicación LoRa (Status Quo)

Características	Descripción
Tipo de Medidor	Medidor mecánico de chorro múltiple
Marca	Suntront Tech
Modelo	NB-IoT Water Meter
Diámetro de tubería	½”.
Rango de flujo	Hasta 3 m3/h
Precisión de medición	+/- 2% de error para medidores nuevos
Tecnología	LoRa (Long Range), para transmisión de datos a larga distancia
Protocolo	Soporte para protocolos de red LoRaWAN, permitiendo una conectividad eficiente en áreas extensas
Interfaz	Puede incluir salidas analógicas o digitales
Voltaje de Operación	3 pilas AAA
Consumo de energía	Menor a 0.2mW; mayor a 10 años de uso
Temperatura de operación	-10 °C a 50 °C
Clasificación IP	IP65
Materiales	Cuerpo de acero inoxidable o plástico resistente a la corrosión
Conexiones	Roscas estándar de ½” o 1” para fácil instalación en tuberías
Almacenamiento de datos	Capacidad de almacenar datos antes de enviarlos
Configuración	Configuración a través de software dedicado o aplicación móvil

El medidor ultrasónico Suntront Tech con GPRS es un dispositivo eficiente para la medición de agua, diseñado con tecnología LoRa para transmitir datos a larga distancia. Con un diámetro de tubería de $\frac{1}{2}$ " y un rango de flujo de hasta $3 \text{ m}^3/\text{h}$, ofrece una precisión de +/- 2%. Su clasificación IP65 garantiza resistencia a entornos adversos, operando entre -10°C y 50°C . Funciona con tres pilas AAA, con una duración de hasta 10 años, y su configuración se realiza mediante software dedicado o una aplicación móvil.



Figura 5. Medidor mecánico Suntront Tech con comunicación LoRa (*Statu Quo*)

Para el análisis del medidor mecánico de chorro múltiple de la marca Suntront Tech con comunicación LoRa, se establecen los siguientes supuestos:

- Se estima que el costo de adquisición por unidad del medidor será de \$120,23, lo que incluye tanto el equipo como los costos de instalación.
- Se asume que, dada su estructura mecánica, el medidor tendrá una vida útil aproximada de 10 años, con mínimos requerimientos de mantenimiento.
- La tecnología LoRa optimizará la transmisión continua de datos, eliminando la necesidad de lecturas manuales.
- Se establece que, debido a la falta de protección IP68 en las conexiones del medidor mecánico de chorro múltiple de Suntront Tech, su instalación debe restringirse a entornos con baja probabilidad de inundación, como edificios y condominios. Esta limitación sugiere que su uso en áreas propensas a condiciones climáticas adversas podría comprometer su operatividad y la precisión de las lecturas.
- Se prevé que la automatización del proceso de lectura reducirá significativamente los costos relacionados con el personal al eliminar las visitas físicas.
- Se anticipa que la implementación de este sistema mejorará la experiencia del usuario, minimizando las quejas sobre la facturación y las lecturas imprecisas.

Conforme a los supuestos planteados y la información recopilada, se procedió a desarrollar un flujo de efectivo que facilita el análisis financiero correspondiente a la Alternativa 3. De este análisis, se derivaron los resultados siguientes:

Tabla 9

Flujo de efectivo alternativa 3: medidor mecánico Suntront Tech con comunicación LoRa (Status Quo)

Flujo del proyecto	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029	Total 5 años
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Ahorro Opex de nómina		\$95.662,91	\$97.097,83	\$98.498,15	\$99.970,49	\$101.464,91	\$492.694,30
Opex IA		\$27.630,00	\$28.072,08	\$28.465,09	\$28.892,07	\$29.325,45	\$142.384,68
Utilidad operativa		\$68.032,91	\$69.025,75	\$70.033,06	\$71.078,42	\$72.139,46	\$350.309,62
Mas depreciaciones		\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$12.628,58	\$63.142,89
EBITDA		\$80.661,49	\$81.654,33	\$82.661,64	\$83.707,00	\$84.768,04	\$413.452,51
Menos impuestos normativo y participación		\$24.661,93	\$25.021,84	\$25.386,98	\$25.765,93	\$26.150,56	\$126.987,24
EBIT		\$55.999,56	\$56.632,50	\$57.274,65	\$57.941,07	\$58.617,49	\$286.465,27
Capex	\$-170.701,20	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo final	\$-170.701,20	\$55.999,56	\$56.632,50	\$57.274,65	\$57.941,07	\$58.617,49	\$286.465,27
Flujo acumulado		\$55.999,56	\$112.632,06	\$169.906,71	\$227.847,78	\$286.465,27	
WACC + 4%	15,60%						
TIR	19,98%						
VNA	\$18.036,23						
PAYBACK (AÑO/MES)	3,0						

Fuente: Elaboración propia

El análisis financiero del proyecto de implementación del medidor mecánico Suntront Tech con comunicación LoRa (Status Quo) proporciona información esencial en función de los objetivos y métricas previamente establecidos. A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos en relación con los objetivos establecidos por la empresa:

Cumplimiento del presupuesto de ventas comercial: En lo que respecta al cumplimiento del presupuesto de ventas, se ha proyectado un flujo de caja de \$57,941.07 en el año 4 (2028) y un flujo acumulado de \$286,465.27 al finalizar el año 5 (2029). Estos resultados reflejan un crecimiento sostenido, contribuyendo al logro de los objetivos financieros y operacionales de la empresa, y evidencian una evolución positiva del proyecto en términos de ingresos y sostenibilidad.

Reducción de clientes con impedimentos de lectura: Aunque no se presentan cifras específicas, se anticipa que el aumento en los predios con registros de lectura mejorará la obtención de datos. Esta eficiencia operativa disminuirá los costos logísticos y administrativos relacionados con la facturación, optimizando recursos y mejorando la precisión en la medición del consumo.

Incremento de telemetría en edificios: La implementación de sistemas de lectura remota con tecnología avanzada mejora significativamente la eficiencia en la gestión de datos y reduce costos operativos. Al finalizar el quinto año, el flujo de caja acumulado alcanza los \$286,465.27, evidenciando la viabilidad económica del proyecto y un retorno sostenido sobre la inversión.

Disminución de tiempos de reclamaciones asociados a la facturación: La implementación del sistema de lectura remota tiene como objetivo reducir significativamente los 62 reclamos promedio mensuales relacionados con la facturación. Esta tecnología mejorará la precisión de las lecturas y la experiencia del cliente, al automatizar el proceso y minimizar errores, lo que incrementará la eficiencia y la satisfacción del usuario.

Los resultados financieros del proyecto de implementación del medidor mecánico Suntront Tech con tecnología LoRa (Status Quo) muestran un flujo acumulado positivo de \$286,465.27 al finalizar el quinto año. La Tasa Interna de Retorno (TIR) se sitúa en un 19.98%, mientras que el período de recuperación de la inversión es de 3.0 años. Estos indicadores evidencian la viabilidad y rentabilidad del proyecto, lo que justifica la inversión inicial de \$170,701.20.

A continuación, se presenta una tabla que resume los pros y contras de las alternativas analizadas, permitiendo una evaluación clara de sus ventajas y desventajas.

Tabla 10

Tabla de pros y contras de las alternativas evaluadas

Alternativas	Pros	Contras
Medidor 213E-DN25	<ul style="list-style-type: none">• Alta precisión• Lectura remota• Sostenible	Costo de inversión alta
Medidor Suntront Tech GPRS	<ul style="list-style-type: none">• Buena eficiencia• Datos en tiempo real	Dependencia de red celular Costo de inversión alta
Medidor mecánico con LoRa	<ul style="list-style-type: none">• Costo de inversión bajo• Fácil instalación	<ul style="list-style-type: none">• Precisión limitada• Menor durabilidad y resistencia

La selección del medidor ultrasónico modelo 213E-DN25 se fundamenta en su tecnología de vanguardia y sus características operativas, que optimizan la gestión del consumo de agua. Este dispositivo, al carecer de partes móviles, minimiza el desgaste y la necesidad de mantenimiento, asegurando así una durabilidad sobresaliente. Su implementación generará un flujo de caja acumulado positivo de \$286,465.27 al término del quinto año, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 22.40% y un período de recuperación de 2.9 años. Estos indicadores financieros, junto con la reducción de reclamos relacionados con la facturación y el aumento de la telemetría, demuestran la viabilidad y rentabilidad del proyecto, justificando la inversión inicial. Además, su capacidad para mejorar la precisión en la medición del consumo y la eficiencia operativa contribuyen a una experiencia más satisfactoria para el usuario. En conjunto, estos elementos posicionan al modelo 213E-DN25 como una solución eficaz y sostenible para la transmisión datos y monitoreo del consumo de agua de los usuarios del servicio.

4. Evaluación de Riesgos

Se ha realizado un análisis exhaustivo de los posibles inconvenientes asociados al uso del medidor ultrasónico 213E-DN25, abordando desde fallas técnicas hasta desafíos en su implementación. Para cada riesgo identificado, se han propuesto soluciones específicas, como el fortalecimiento de los sistemas de protección contra hackeos y el desarrollo de estrategias para facilitar la adaptación de los usuarios a esta nueva tecnología. Este enfoque integral proporciona una guía efectiva para asegurar el correcto funcionamiento del medidor, minimizando interrupciones y mejorando la eficiencia operativa a largo plazo.

La evaluación de los riesgos y sus planes de mitigación se desarrollará de acuerdo con los siguientes pasos:

- Identificación y ponderación de los escenarios que podrían obstaculizar el éxito en la implementación de la alternativa seleccionada.
- Definición de los niveles de riesgo, evaluados de manera cualitativa, cuantitativa y probabilística.
- Elaboración de una matriz de riesgos de cinco por cinco, utilizando un sistema de codificación por colores para representar el impacto de los riesgos (SafetyCulture, 2024).

Significado del semáforo:

- Menor: Riesgo controlado, bajo impacto, menor atención prioritaria.
- Significativo: Riesgo moderado, debe ser monitoreado y gestionado.
- Mayor: Riesgo elevado, requiere atención y gestión activa.
- Severo: Riesgo crítico, requiere atención inmediata.

Tabla 11

Matriz de riesgo 5x5 del medidor ultrasónico 213E-DN25

		Severidad				
		Insignificante 1	Menor 2	Significativo 3	Mayor 4	Severo 5
Probabilidad	5 Casi seguro					
	4 Probable					
	3 Moderado			9 Falla de comunicación	12 Problemas de instalación	15 Vulnerabilidad a ciberataques
	2 Poco probable		4 Interferencia en la señal ultrasónica	6 Vida útil de la batería		
	1 Raro		2 Resistencia al cambio de los usuarios			

A continuación, se presenta la tabla con la identificación de los riesgos y planes de mitigación se alternativa ganadora:

Tabla 12
Plan de riesgos y mitigación del medidor ultrasónico 213E-DN25

Riesgo	Impacto	Planes de mitigación	Severidad
Falla de comunicación: Pérdida de señal, interferencia, problemas de conectividad con la red (GPRS).	Pérdida de datos, incapacidad de realizar lecturas remotas, retrasos en la facturación.	Implementar redundancia en comunicación (múltiples protocolos), monitoreo constante de la señal, elegir operadores con buena cobertura.	Significativo
Interferencia en la señal ultrasónica: Burbujas de aire, sedimentos, cambios en la calidad del agua.	Mediciones incorrectas, subestimación o sobreestimación del consumo.	Instalación en tramos rectos de tubería, filtros de agua para reducir sedimentos, calibración periódica del medidor.	Menor
Vida útil de la batería inferior a lo esperado: Condiciones ambientales adversas, mayor frecuencia de lecturas.	Costos de reemplazo prematuro, interrupción del servicio.	Utilizar baterías de alta calidad, optimizar el consumo energético, alertas tempranas de bajo nivel, reemplazos preventivos.	Significativo
Vulnerabilidad a ciberataques: Vulnerabilidades en protocolos o firmware.	Acceso no autorizado a los datos, manipulación de lecturas, interrupción del servicio.	Uso de protocolos encriptados, actualizaciones periódicas del firmware, segmentación de redes, políticas de seguridad.	Severo
Problemas de instalación: Errores en la instalación, calibración incorrecta o daños físicos al dispositivo.	Mediciones incorrectas, fugas, daños al medidor.	Capacitación exhaustiva de los instaladores, guías de instalación detalladas, verificación de la instalación y calibración por personal cualificado.	Mayor
Resistencia al cambio de los usuarios: Dificultad en la adaptación a la tecnología.	Retrasos en la implementación, errores en la lectura manual.	Campañas de sensibilización sobre beneficios, capacitación a usuarios, soporte técnico continuo.	Menor

La evaluación de riesgos del medidor ultrasónico 213E-DN25 ha permitido identificar y analizar de manera sistemática los posibles inconvenientes que podrían afectar su implementación y funcionamiento. Las soluciones propuestas, como el fortalecimiento de la seguridad cibernética y la capacitación de usuarios, son esenciales para mitigar estos riesgos. Este enfoque metodológico no solo garantiza la operatividad del dispositivo, sino que

también fomenta una transición más fluida hacia su adopción, mejorando la eficiencia y confiabilidad en las mediciones a largo plazo.

5. Plan de Implementación

Este plan de implementación se centra en la adopción del medidor ultrasónico modelo 213E-DN25, seleccionado como la alternativa ganadora para optimizar el proceso de facturación en sitio en predios con medidores centrales que reciben el servicio de agua potable. La elección de este dispositivo se fundamenta en su precisión, eficiencia y viabilidad financiera. El proyecto contempla un análisis exhaustivo de riesgos, así como la formulación de estrategias de mitigación, con el propósito de garantizar una transición exitosa hacia esta tecnología innovadora (Google Charts, 2024).

A continuación, se detallan las fases de implementación del proyecto:

Fase uno gestión de compra: En el marco de la gestión de compra, se llevará a cabo la solicitud de proveedores y cotizaciones para la adquisición de medidores ultrasónicos 213E-DN25 y el servicio de datos móviles del 2 al 4 de enero de 2025. Posteriormente, se realizarán validaciones técnicas y se ingresarán las requisiciones de compra para Capex y Opex entre el 6 y el 17 de enero de 2025. Finalmente, se coordinará la recepción y despacho de equipos de bodega del 20 al 31 de enero de 2025.

Fase dos instalaciones de equipos tecnológicos: Se llevarán a cabo diversas tareas, incluyendo la inspección de 960 puntos de medición y la instalación de medidores, antenas y concentradores. Estas actividades, programadas del 3 al 17 de marzo de 2025, garantizan la correcta implementación del sistema telemétrico (Facturación Interagua, 2024).

Fase tres capacitaciones del personal operativo y puesta en producción: Se llevarán a cabo diversas tareas de capacitación e inducción para el personal operativo y administrativo entre el 18 y el 28 de marzo de 2025. Posteriormente, se socializará la puesta en producción del proyecto, seguida de inspecciones y validaciones de lecturas del sistema telemétrico del 31 de marzo al 11 de abril de 2025 (ver apéndice C).

6. Conclusiones y Recomendaciones

- La metodología del caso de Harvard fomenta una cultura de aprendizaje continuo y colaboración, al estimular el debate, el pensamiento crítico y la generación de ideas innovadoras. Al aplicar este enfoque, las organizaciones pueden fortalecer sus capacidades de análisis y resolución de problemas, promoviendo una toma de decisiones más informada y consensuada. Se recomienda integrar este método en los procesos de gestión de proyectos para cultivar una mentalidad estratégica y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas.
- A partir del análisis técnico, estratégico y financiero realizado, se concluye que la implementación del medidor ultrasónico modelo 213E-DN25 constituye la alternativa más idónea para optimizar el proceso de lectura de medidores de agua potable. Esta decisión se sustenta en la elevada precisión de la tecnología ultrasónica, la fiabilidad de la comunicación GPRS, la experiencia del usuario y el retorno de inversión a mediano plazo. Además, la adopción de este sistema

mejorará la satisfacción del cliente, reducirá los costos operativos y aumentará la eficiencia en la gestión del agua. Se recomienda llevar a cabo un seguimiento continuo del desempeño del sistema y realizar evaluaciones periódicas para determinar la necesidad de ajustes o actualizaciones que aseguren su óptimo funcionamiento.

- La elaboración de un plan de implementación es crucial para asegurar el éxito de cualquier estrategia organizacional, ya que provee una estructura clara que guía la asignación de recursos y la consecución de los objetivos. Un plan bien diseñado, basado en un análisis profundo del contexto, la identificación de actores clave y la inclusión de mecanismos de control, reduce los riesgos y aumenta la probabilidad de alcanzar los resultados esperados. Se recomienda un enfoque integral que incorpore indicadores de desempeño tanto cuantitativos como cualitativos, junto con un sistema de seguimiento y evaluación continua. La comunicación efectiva entre los actores involucrados es esencial para coordinar esfuerzos y garantizar la colaboración. Además, la creación de un comité de seguimiento permitirá supervisar la ejecución y ajustar el plan según las necesidades que surjan durante el proceso.
- Para Interagua, se recomienda la adopción de la metodología del caso de Harvard como herramienta para fomentar una cultura de aprendizaje continuo y colaboración, lo que les permitirá identificar problemas y oportunidades a través del debate y el pensamiento crítico. Esta metodología tiene el potencial de fortalecer sus capacidades de análisis y resolución de problemas, facilitando una toma de decisiones más informada y consensuada. Para otras empresas, aplicar este enfoque metodológico puede resultar fundamental en la identificación de áreas de mejora y oportunidades de innovación, promoviendo una mentalidad estratégica que garantice la sostenibilidad a largo plazo de sus iniciativas. Se recomienda a las empresas integrar indicadores de desempeño y establecer un sistema de seguimiento continuo, así como fomentar una comunicación efectiva entre todos los actores involucrados.

Referencia

International Water Services, Interagua C.Ltda., Guayaquil, Ecuador (2024).
<https://www.interagua.com.ec/servicios/sistema-de-agua-potable>

International Water Services, Interagua C.Ltda., Guayaquil, Ecuador (11 de abril del 2001).
<https://www.latinoamerica.veolia.com/es/casos-estudio/interagua>

Aguas Andinas, Santiago, Chile (2024).
<https://www.aguasandinasinversionistas.cl/es>

Universidad de Navarra, UNAV. (2021). *Un nuevo, curioso y necesario KPI (Key Performance Indicators) [Archivo PDF]*.
<https://revistas.unav.edu/index.php/nuevas-tendencias/article/view/41526/35174>

Interagua C.Ltda., Guayaquil, Ecuador (2024). *Planes estratégicos*.
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1L_Hey0tSfSCCJH3BWGQoqLFSaFqe3QhfqwhZpEoIWMc/edit?gid=1002065083#gid=1002065083

EALDE Business School, Madrid, España (2023). *Método del caso de Harvard*.
<https://www.ealde.es/metodo-del-caso-harvard/>

Interagua C.Ltda., Laboratorio de ensayo de medidores, Guayaquil, Ecuador (2024). *Medidor ultrasónico lectura y corte remoto modelo 214C-DN20*.
https://es.made-in-china.com/co_zpmeter/product_Smart-Ultrasonic-Water-Meter-with-Tuya-APP-Control-Using-Wi-Fi-for-Connection-Water-Flow-Meter_ysnnnerihg.html

Interagua C.Ltda., Laboratorio de ensayo de medidores, Guayaquil, Ecuador (2024). *Medidor marca DIEHL metering modelo Hydrus / OMS (Open Metering Standard) ultrasónico*.
<https://www.diehl.com/metering/es/productos-y-soluciones/productos-servicios/medicion-de-agua/hydrus-13-fr/>

Interagua C.Ltda., Laboratorio de ensayo de medidores, Guayaquil, Ecuador (2024). *Medidor modelo LXSW ultrasónico con radio frecuencia a corta distancia*.
<http://wasion-meter.com/2-2-wireless-cold-water-meter/174149/>

Interagua C.Ltda., Laboratorio de ensayo de medidores, Guayaquil, Ecuador (2024). *Medidor marca DIEHL metering modelos Izar Pulse versión 1 con cabezal optoeléctrico y radio frecuencia*.
<https://www.diehl.com/metering/es/productos-y-soluciones/productos-servicios/software-y-componentes-de-sistema/izar-pulse-i-fr/>

Interagua C.Ltda., Laboratorio de ensayo de medidores, Guayaquil, Ecuador (2024). *Medidor de agua ultrasónico Lora GPRS NB-Iot, DN15,DN20,DN25,DN32,DN40 inalámbrico 213E*.
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Ultrasonic-water-meter-Lora-GPRS-NB-60824607752.html>

Laboratorio de ensayo de medidores, LEM. (2024). *Medidor ultrasónico marca Suntront Tech comunicación GPRS* [Archivo PDF].

C:\Users\User\Documents\Maestría en Economía y Dirección de Empresas\Business case final\INFORMACION TECNICA\Alt.2 Medidor ultrasonico marca Suntront Tech con chip y comunicación GPRS.pdf

Laboratorio de ensayo de medidores, LEM. (2024). *Medidor mecánico chorro múltiple marca Suntront Tech comunicación LoRa* [Archivo PDF].

C:\Users\User\Documents\Maestría en Economía y Dirección de Empresas\Business case final\INFORMACION TECNICA\Alt. 3 INFORME TECNICO medidor SUNTRONT LORA.pdf

Interagua C.Ltda., Guayaquil, Ecuador (2022). *Reportes indicadores comerciales, datalake reclamos por proceso de lectura.*

https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/5e67594f-7cf7-434e-8e5d-d492d21788e6/page/p_paf4be1v0c

Hangzhou Zhongpei Electronics Co. Ltd., Zhejiang, China. (2009). *Medidor de agua ultrasónico 213E-DN25.*

<http://www.zpmeter.com/>

Suntront Tech Co., Ltd, Zhengzhou, China. (2000). *Medidor ultrasónico marca Suntront Tech con comunicación GPRS.*

<http://www.suntront.net/WATERMETER/957.html##>

Laboratorio de medidores Interagua, LEM. (2024). *Medidor mecánico marca Suntront Tech comunicación LoRa* [Archivo PDF].

C:\Users\User\Documents\Maestría en Economía y Dirección de Empresas\Business case final\INFORMACION TECNICA\Alt. 3 INFORME TECNICO medidor SUNTRONT LORA.pdf

SafetyCulture, Sidney, Australia (2024). *Guía para entender la matriz de riesgo 5x5.*

<https://safetyculture.com/es/temas/evaluacion-de-riesgos/matriz-de-riesgo/>

Google Charts, California, Estados Unidos (2024). *Diagramas de Gantt.*

<https://developers.google.com/chart/interactive/docs/gallery/ganttchart?hl=es-419>

Facturación Interagua, Guayaquil, Ecuador (2024). *Diagrama de Gantt plan de implementación del medidor ultrasónico Modelo 213E-DN25.*

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1KF4VAJ25iTZfrVwFEEcuDwWV0fDKJGpT7OUuB_BHWy0/edit?gid=1115838130#gid=1115838130

Interagua C.Ltda., Guayaquil, Ecuador (2024). *Diagrama de Gantt del proyecto.*

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1KF4VAJ25iTZfrVwFEEcuDwWV0fDKJGpT7OUuB_BHWy0/edit?pli=1&gid=1115838130#gid=1115838130

Apéndices

Apéndice A.

Durante la visita, se entrevistó al jefe del laboratorio, especialista en metrología, electricidad y electrónica, quien brindó información clave para entender la problemática en torno a la precisión de los medidores y los desafíos en la recolección de datos. Se abordaron las dificultades operativas derivadas del acceso limitado a los predios, lo que resulta esencial para analizar e implementar soluciones que optimicen la toma de lecturas y mejoren la eficiencia en la gestión del servicio de agua potable.

Visita al laboratorio de medidores de Interagua por entrevista al jefe de departamento

Nº	Preguntas
	Presentación de los entrevistadores (objetivo de la entrevista y tratamiento de la información) 1. William Martrus, Nelson Mata estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) de la maestría de Economía y Dirección de Empresa.
2.	Presentación del caso del negocio Implementación de alternativas telemétricas para el proceso facturación en sitio, en predios con medidores centrales en la ciudad de Guayaquil.
3.	Presentación del entrevistado 2.1. Información general: 23 años de experiencia en procesos hidrosanitarios y metrología. 2.2. Cargo: jefe de laboratorio de medidores. 2.3. Funciones: Responsable de la verificación, calibración de medidores, ensayos, pruebas especializadas, control de calidad, aseguramiento de la metrología, soporte técnico y asesoría.
4.	¿Cuál es su percepción de la problemática en relación con el caso de negocio? Como responsable de la medición de agua potable en la ciudad de Guayaquil, he identificado varias problemáticas significativas. La principal es la dificultad de acceso a los predios domiciliarios para la toma de lecturas. Esta situación genera retrasos en los cronogramas de facturación y reprocesos en las órdenes de trabajo debido a los impedimentos. Como resultado, no se pueden realizar cortes de servicio ni llevar a cabo una cobranza adecuada, afectando tanto a la empresa como a los usuarios en términos de calidad y confiabilidad en el suministro de agua potable.
5.	¿Desde el punto de vista de su proceso, como gestiona la problemática en la actualidad? Hoy no se maneja una solución efectiva, hay que hablar con administradores, pedir permisos, que a veces no se dan, y lo que manejamos son sistemas mecánicos que deben tener una toma de lectura manual y eso nos afecta a nuestro proceso.

6. ¿Qué actores intervienen en atención de la problemática?

En la Dirección Comercial intervenimos en la problemática el departamento de Facturación, los gestores de las lecturas, los departamentos comerciales que buscan soluciones a estos problemas, los contratistas que trabajan para Interagua, departamento de cobranzas, atención al cliente donde las personas acuden y socializamos el problema y por ende el laboratorio de medidores que dentro de su gestión es poder analizar la correcta medición.

7. ¿Existen objetivos definidos dentro de la empresa para tratar la problemática, indique cuáles son?

Hay una solución a corto plazo basada en identificar estas zonas con problemas en la ciudad norte, centro y sur, para que a futuro tengamos una solución definitiva de tratamiento a cada zona.

8. ¿Se han evaluados alternativas se solución a la problemática, indique cuáles son?

Si, al momento se han evaluado medidores pre-equipados de tal manera que puedan ser colocados en algún momento módulos de transmisión de datos, módulos que censan pulsos que medirían litros, tenemos también soluciones estáticas como medidores ultrasónicos con tecnologías integradas para poder transmitir, uso de GPRS, uso de antenas, transmisiones lora, trasmisiones GSM, datos y mensajes, tecnologías inalámbricas para corte y lectura remota a través de radio frecuencia, tecnologías a través de IOT de redes, en fin las tecnologías actuales que existen en el mercado y que pueden ser consideradas como soluciones para las mediciones de agua potable.

9. ¿Hay algo más que le gustaría comentar?

Para el Laboratorio es importante antes que el medidor transmita que mida adecuadamente, los medidores inteligentes deben pasar por un proceso de laboratorio de hacer sus ensayos, sus pruebas, y una vez identificada que el medidor es el ideal manteniendo un eficiencia adecuada procedemos a escoger cualquier de las tecnologías OMS - Open Metering Systems que son sistemas abiertos que se puedan implementar en cada una de las zonas identificadas con el problema asegurando la transmisión, asegurando la cobertura, que llegue el dato de forma remota sin interferencia.

10. Agradecimiento y cierre de entrevistas

Muchas gracias por su tiempo y apertura.

Apéndice B.

La entrevista abordó la problemática del acceso a medidores de agua potable en Guayaquil desde la perspectiva de un usuario del servicio. Se identificaron dificultades para realizar lecturas precisas debido a la ausencia de residentes durante las mañanas, lo que afecta la facturación. El usuario sugiere que Interagua implemente un sistema más eficiente de coordinación de visitas y proponga soluciones tecnológicas para mejorar la precisión y comunicación del servicio.

Entrevista a usuario del servicio del contrato 78646

Nº	Preguntas
1.	Presentación de los entrevistadores (objetivo de la entrevista y tratamiento de la información) William Martrus, Nelson Mata estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) de la maestría de Economía y Dirección de Empresa.
2.	Presentación del caso del negocio Implementación de alternativas telemétricas para el proceso facturación en sitio, en predios con medidores centrales en la ciudad de Guayaquil.
3.	Presentación del entrevistado 2.1. Información general: usuario del servicio del contrato 78646 2.2. Nombre del usuario: Edificio valdra ochenta 2.3. Dirección del predio: Calle 6 SE MZ. 0006 – 5 DP. 001
4.	¿Cuál es su percepción como usuario del servicio respecto a la problemática actual? Como usuario, he observado que los lectores de medidores no acceden al edificio para realizar las lecturas. Esto se debe principalmente a que, por lo general, no estamos en casa durante las mañanas debido a nuestras responsabilidades laborales. Esta situación afecta la precisión de la facturación y la calidad del servicio que recibimos.
5.	¿Desde el punto de vista de usuario, como gestiona la problemática en la actualidad? Cuando los lectores de medidores no pueden ingresar al edificio, me comunico servicio al cliente para expresar mi malestar, por la facturación del promedio histórico y no con la lectura real.
6.	¿Qué actores intervienen en atención de la problemática?

Yo como usuario, la empresa Interagua y los encargados de las lecturas. También participa servicio al cliente, donde emito mis reclamos.

7. ¿Cómo le afecta a usted la falta de acceso a los medidores en términos de facturación y servicio??

La falta de acceso al medidor impacta a mi facturación. Cuando no se realizan lecturas precisas, las facturas pueden ser mucho más altas de lo que realmente debería pagar. Esto me obliga a estar pendiente de cada recibo para asegurarme de que estoy pagando por el consumo real.

8. ¿Qué medidas cree que debería tomar Interagua para mejorar el acceso a los medidores y la experiencia del servicio que le brinda?

Considero que Interagua debería implementar un sistema más eficiente para coordinar las visitas de los lectores al edificio. Establecer horarios fijos para las lecturas facilitaría la disponibilidad de los residentes, mientras que notificar a los administradores con antelación garantizaría un mejor acceso a los medidores. Además, sería beneficioso explorar soluciones tecnológicas que mejoren la precisión de la facturación.

9. ¿Qué cambios le gustaría ver en la comunicación entre usted e Interagua respecto a la toma de lecturas de medidores?

Me gustaría ver una comunicación más proactiva y transparente por parte de Interagua. Sería útil que la empresa enviara notificaciones con información sobre cuándo se realizarán las lecturas y cualquier inconveniente que pudiera surgir, como el acceso a los edificios. También considero que establecer un canal directo, como una aplicación o un número de contacto específico, facilitaría que los usuarios pudiéramos informar sobre problemas de acceso o cualquier otra inquietud relacionada con el servicio.

10. Agradecimiento y cierre de la entrevista

Muchas gracias por su tiempo y apertura.

Apéndice C.

Se procedió a la elaboración de un diagrama de Gantt que describe de manera detallada el plan de implementación del medidor ultrasónico modelo 213E-DN25, especificando las fases, plazos y actividades necesarias para su correcta ejecución y monitoreo.

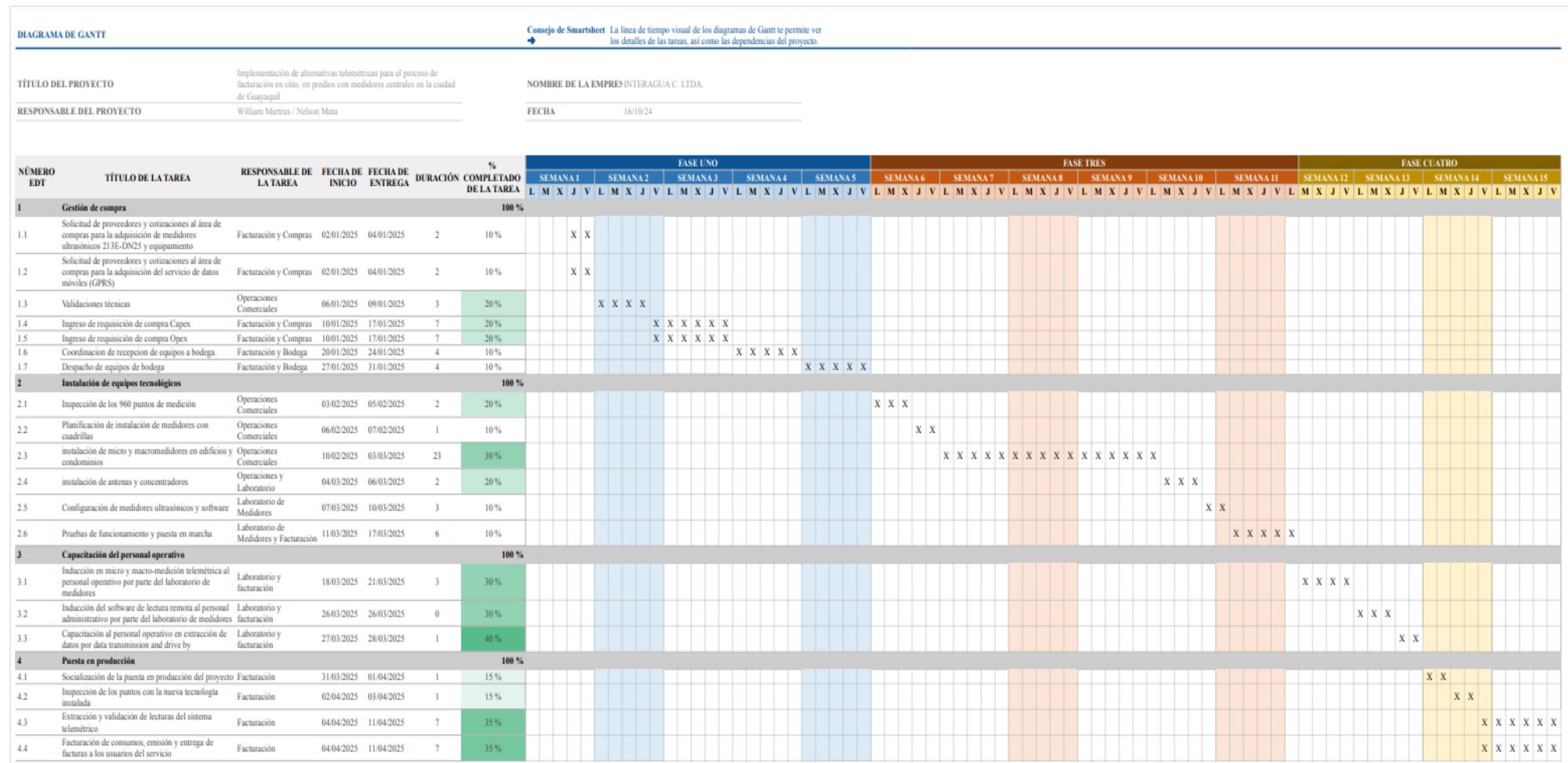


Figura 6. Diagrama de Gantt por implementación del medidor ultrasónico Modelo 213E-DN25