

**ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA PARA BOMBAS DE DRENAJE
EN MINERÍA (AEBM)**

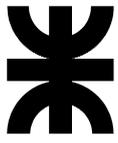
PROYECTO

Versión <1.1>

14/05/2024

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

| Autores | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Nombre del integrante 1 | Enzo Raul Crespillo |
| Legajo | 39028 |
| e-mail | enzocrespillo@gmail.com |
| Nombre del integrante 2 | Sebastián Ezequiel reynoso |
| Legajo | 38449 |
| e-mail | sebareynoso125@gmail.com |
| Tutor | Nombre completo y titulación |
| Director | Ing. Yael Tari |
| Jurado | Nombre completo y titulación |
| Año del Anteproyecto | 2023 |
| Responsable de la cátedra | Ing. Antonio Álvarez |
| Empresa / Cliente / Laboratorio | Argenteo Mining |
| Patrocinador (Sponsor) | MYT |

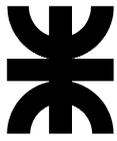


AEBM

ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA

MODELO: ACE-100-T





RESUMEN DEL PROYECTO

1.1 RESUMEN

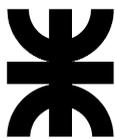
El proyecto propone una solución integral para el monitoreo de bombas de agua electrosumergibles en la industria minera, enfocándose en resolver el problema crítico de la falta de supervisión adecuada en condiciones hostiles. Esta carencia puede llevar a un uso ineficiente y no supervisado de los equipos, incrementando el riesgo de fallos y pérdidas económicas significativas. Para abordar esta necesidad, el proyecto incluye el desarrollo de un dispositivo de medición robusto (ACE-100), un sistema de extracción de datos inalámbrico y una plataforma web en la nube para almacenar y visualizar los datos.

Los proveedores de estas bombas electrosumergibles enfrentan la incertidumbre sobre el uso que las minas dan a sus bombas. Sin un sistema de monitoreo, es imposible determinar si los fallos son debido a un uso inapropiado, defectos de fabricación o falta de mantenimiento preventivo. El sistema de monitoreo que proponemos permitirá registrar datos críticos de operación y registrar alertas en caso de mal funcionamiento o uso indebido. Esto no solo permite cobrar a las minas por el mal uso de los equipos, sino también implementar un programa de mantenimiento predictivo para mejorar la longevidad y el rendimiento de las bombas.

El dispositivo ACE-100 está diseñado para medir, almacenar y transmitir de forma inalámbrica información vital sobre horas de funcionamiento y monitoreo de parámetros de calidad de energía sugeridos por el fabricante de las bombas. Los datos recolectados pueden ser accedidos a través de un teléfono móvil y sincronizados con un servidor en la nube para su visualización y análisis.

Esta innovadora solución beneficiará tanto a los proveedores de bombas como a las empresas mineras al permitir un monitoreo confiable y eficiente, mejorando la vida útil de las bombas, optimizando la inversión en equipos y evitando interrupciones en la extracción que generen pérdidas económicas.

El proyecto tiene un fuerte impacto social y económico, impulsando la adopción de tecnologías avanzadas en la industria minera incorporando al sector y a los actores locales del sector en la industria 4.0, como el representante latinoamericano de Bombas Grindex. La solución también tiene el potencial de adaptarse a otros entornos mineros, como la minería a cielo abierto y la extracción de litio.



1.2 SUMMARY

The project proposes an integrated solution for monitoring submersible water pumps in the mining industry, focusing on addressing the critical problem of inadequate supervision under harsh conditions. This lack can lead to inefficient and unsupervised use of equipment, increasing the risk of failures and significant economic losses. To address this need, the project includes the development of a robust measurement device (ACE-100), a wireless data extraction system, and a cloud-based web platform for data storage and visualization.

Suppliers of these submersible pumps face uncertainty about how the mines use their pumps. Without a monitoring system, it is impossible to determine whether failures are due to improper use, manufacturing defects, or lack of preventive maintenance. The proposed monitoring system will enable the recording of critical operational data and issue alerts in case of malfunction or misuse. This not only allows charging mines for the misuse of equipment but also enables the implementation of a predictive maintenance program to improve the longevity and performance of the pumps.

The ACE-100 device is designed to measure, store, and wirelessly transmit vital information about operating hours and monitoring of energy quality parameters suggested by the pump manufacturer. The collected data can be accessed via a mobile phone and synchronized with a cloud server for visualization and analysis.

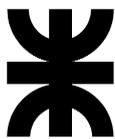
This innovative solution will benefit both pump suppliers and mining companies by enabling reliable and efficient monitoring, improving the lifespan of pumps, optimizing equipment investment, and preventing interruptions in extraction that lead to economic losses.

The project has a strong social and economic impact, promoting the adoption of advanced technologies in the mining industry by incorporating the sector and local industry actors into Industry 4.0, such as the Latin American representative of Grindex Pumps. The solution also has the potential to adapt to other mining environments, such as open-pit mining and lithium extraction.

PALABRAS CLAVES

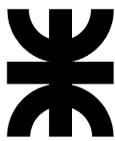
AFE, Trifásico, Energía, Wireless, Horómetro, Tablero Inteligente, Bombas

Electrosumergibles, Microcontrolador, Servicios en la nube, AWS

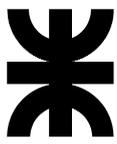


ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN DEL PROYECTO | 2 |
| 1.1 <i>Resumen</i> | 3 |
| 1.2 <i>Summary</i> | 4 |
| PALABRAS CLAVES | 4 |
| ÍNDICE | 4 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1.3 <i>Idea y Descripción del Proyecto</i> | 7 |
| 1.3.1 <i>Objetivo general</i> | 8 |
| 1.3.2 <i>Objetivo particular</i> | 8 |
| 1.4 <i>Justificación del proyecto</i> | 9 |
| 1.4.1 <i>Antecedentes del proyecto</i> | 9 |
| 1.4.2 <i>Estado actual</i> | 9 |
| 1.4.3 <i>Necesidad del negocio y definición del problema</i> | 10 |
| 1.4.4 <i>Beneficios del proyecto</i> | 10 |
| 1.5 <i>Alcance</i> | 12 |
| 1.5.2 <i>Límites o fuera de alcance</i> | 13 |
| 1.5.3 <i>Soluciones y entregables principales</i> | 15 |
| 1.6 <i>Planificación del proyecto</i> | 16 |
| 1.6.1 <i>Cronograma</i> | 17 |
| 1.6.2 <i>Hitos</i> | 18 |
| 1.7 <i>Riesgo</i> | 19 |
| DESARROLLO DEL PROYECTO | 21 |
| 1.8 <i>DESARROLLO TÉCNICO</i> | 22 |
| 1.8.1 <i>Requerimientos técnicos</i> | 22 |
| 1.8.2 <i>Desarrollo</i> | 23 |
| 1.8.2.1 <i>Dispositivo de medición</i> | 23 |
| 1.8.2.1.1 <i>Esquema general de funcionamiento</i> | 24 |
| 1.8.2.1.2 <i>Microcontrolador</i> | 24 |
| 1.8.2.1.3 <i>Adaptaciones de Señal de tensión y corriente</i> | 26 |
| 1.8.2.1.4 <i>Medición de Potencia</i> | 26 |
| 1.8.2.1.5 <i>Medición de parámetros eléctricos</i> | 28 |
| 1.8.2.1.6 <i>Protecciones del equipo por sobre intensidades</i> | 29 |
| 1.8.2.2 <i>Gabinete</i> | 31 |
| 1.8.2.2.1 <i>Dimensiones</i> | 31 |
| 1.8.2.2.2 <i>Características y Componentes del Gabinete</i> | 33 |
| 1.8.2.2.3 <i>Apertura y cierre del ACE-100</i> | 34 |
| 1.8.2.3 <i>Extracción de datos del equipo</i> | 36 |
| 1.8.2.3.1 <i>Introducción</i> | 36 |
| 1.8.2.3.2 <i>Activación de equipo como AP (Access Point)</i> | 36 |
| 1.8.2.4 <i>Aplicación Web</i> | 39 |
| 1.8.2.4.1 <i>Carga de datos al servidor web</i> | 39 |
| 1.8.2.4.2 <i>Visualización de los datos</i> | 41 |
| 1.8.2.4.3 <i>Estructura del servicio</i> | 42 |
| 1.8.3 <i>Conexionado e instalación</i> | 46 |



| | | |
|---|---|-----------|
| 1.8.3.1 | <i>Conexionado</i> | 46 |
| 1.8.3.2 | <i>Verificación de calibración de mediciones</i> | 48 |
| 1.8.3.3 | <i>Conexión batería externa</i> | 51 |
| 1.8.4 | <i>Ensayos</i> | 52 |
| 1.8.4.1 | <i>Certificación de mediciones</i> | 54 |
| 1.8.4.1.1 | <i>Procedimiento de Certificación</i> | 54 |
| 1.8.4.1.2 | <i>Elementos Utilizados</i> | 55 |
| 1.8.4.1.3 | <i>Resultados de los Ensayos</i> | 56 |
| 1.8.4.1.4 | <i>Conclusión y próximos pasos</i> | 57 |
| 1.8.4.2 | <i>Certificación de protecciones</i> | 57 |
| 1.8.4.2.1 | <i>Objetivo del Ensayo</i> | 57 |
| 1.8.4.2.2 | <i>Elementos y Metodología</i> | 58 |
| 1.8.4.2.3 | <i>Desarrollo del Ensayo</i> | 59 |
| 1.8.4.2.4 | <i>Conclusiones y Consideraciones Finales</i> | 60 |
| 1.8.4.3 | <i>Pruebas de gabinete</i> | 60 |
| 1.8.4.3.1 | <i>IP65</i> | 60 |
| 1.8.4.3.2 | <i>IK10</i> | 62 |
| 1.8.4.3.3 | <i>Vibraciones</i> | 65 |
| 1.8.4.3.4 | <i>Temperatura</i> | 66 |
| 1.8.4.3.5 | <i>Caída Libre</i> | 67 |
| 1.9 | <i>FACTIBILIDAD ECONÓMICA</i> | 70 |
| 1.9.1 | <i>Aproximación al valor actual neto</i> | 77 |
| 1.9.2 | <i>Tasa interna de retorno</i> | 78 |
| 1.9.3 | <i>Payback o plazo de recuperación</i> | 78 |
| 1.9.4 | <i>Productos y servicios de otros fabricantes</i> | 79 |
| CONCLUSIONES Y ANEXOS | | 80 |
| 1.10 | <i>Conclusiones</i> | 80 |
| 1.11 | <i>Anexos</i> | 82 |
| 1.11.1 | <i>Certificación de mediciones</i> | 82 |
| 1.11.2 | <i>Certificación de protecciones</i> | 82 |
| 1.11.3 | <i>Manual de usuario</i> | 82 |
| BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 82 |

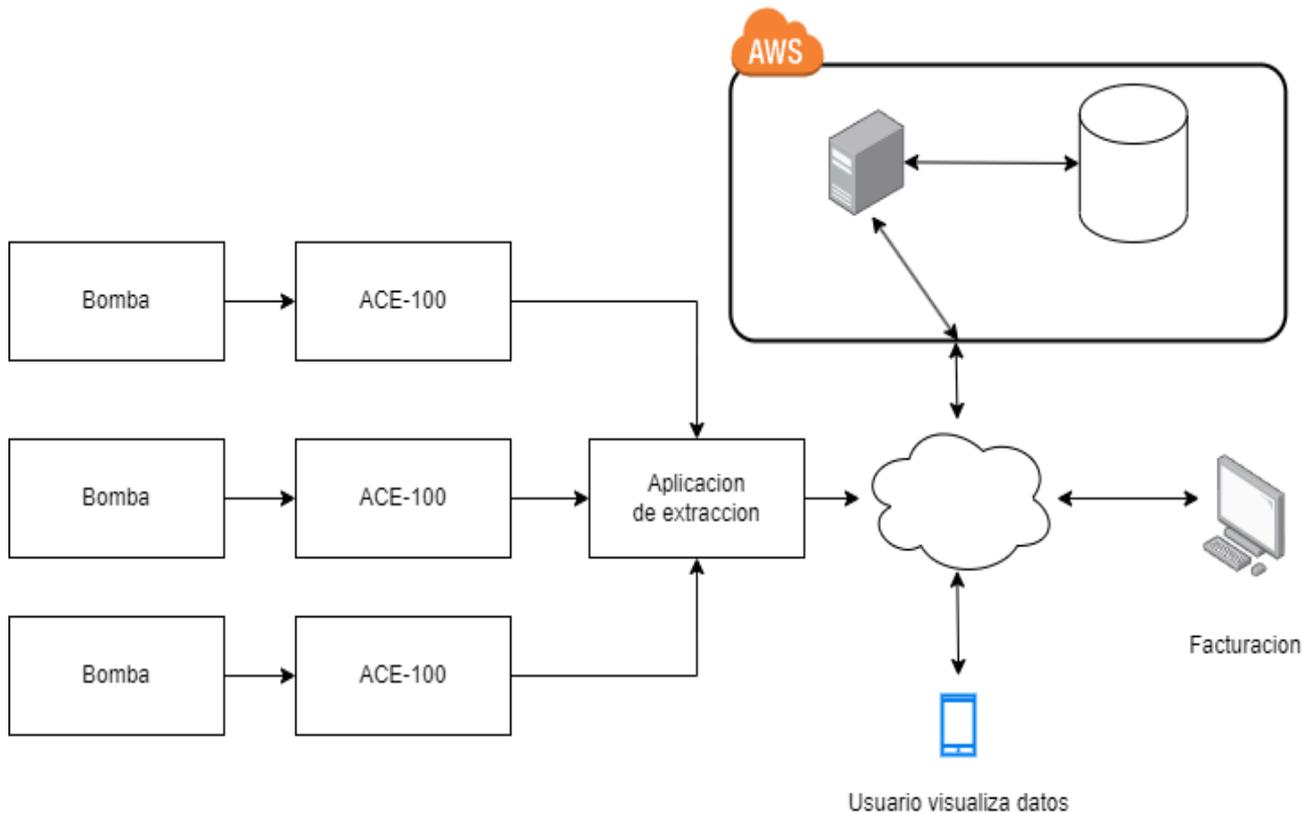


INTRODUCCIÓN

1.3 IDEA Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

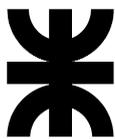
Este proyecto se centra en el desarrollo y aplicación de una solución integral y robusta para el monitoreo de bombas de agua en la industria minera. Esta idea surge ante la necesidad de mejorar la eficiencia y seguridad de las operaciones mineras, enfrentando los retos que implica la supervisión de estas bombas en condiciones extremas y la falta de sistemas adecuados existentes para este fin.

El proyecto consiste en tres componentes fundamentales: un dispositivo de medición especializado llamado ACE-100, un sistema de extracción de datos inalámbrico, y una plataforma de almacenamiento y visualización de datos en la nube.



El ACE-100 está diseñado para resistir las condiciones hostiles de las minas y será capaz de medir, almacenar y transmitir de forma inalámbrica parámetros relevantes sobre el funcionamiento y la calidad de energía de las bombas, como son las horas de funcionamiento, la tensión, la corriente y la potencia. Este dispositivo permitirá la recolección de datos mediante un teléfono móvil que se conecte a una red wifi local generada por el propio dispositivo de medición.

Los datos recolectados están sincronizados con un servidor en la nube a través de una interfaz de usuario amigable y accesible. Una vez almacenada en la nube, la información estará disponible para su visualización y análisis a través de cualquier dispositivo con acceso



a internet y autorizado para su uso, brindando a los proveedores de bombas y las empresas mineras la capacidad de tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y gestión de las bombas.

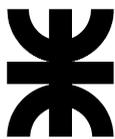
Los productos entregables más relevantes de este proyecto son el dispositivo de medición ACE-100, la implementación del sistema de extracción de datos inalámbrico y la plataforma en la nube para visualizar y analizar la información recolectada. A través de estos entregables, se espera que el proyecto proporcione una solución efectiva y segura para el monitoreo y mantenimiento de las bombas de agua en la industria minera.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema robusto de medición y monitoreo para bombas de agua utilizadas en la industria minera, capaz de recolectar y analizar datos sobre su uso y funcionamiento. Esta información permitirá determinar la necesidad de mantenimiento preventivo, así como identificar las causas de posibles fallas provocadas por su uso incorrecto o sistema de alimentación ineficiente y alertar tanto al proveedor de las bombas como al encargado de mantenimiento de la mina sobre la calidad de energía del servicio in situ, mejorando la gestión de los recursos y el rendimiento de las operaciones mineras.

1.3.2 Objetivo particular

- Diseño y desarrollo de un dispositivo de medición robusto y confiable, capaz de medir los parámetros críticos del funcionamiento de las bombas de agua en condiciones extremas de la industria minera.
- Implementación de firmware para la medición, encriptación y extracción inalámbrica de los datos medidos por el dispositivo ACE100, permitiendo un monitoreo del funcionamiento de las bombas.
- Desarrollo de un servicio web completo que permita el acceso remoto a los datos y análisis, facilitando la gestión y mantenimiento de las bombas de agua a los operadores de la mina y a los proveedores de los equipos.
- Diseño y construcción de un gabinete que albergará al equipo de medición, proporcionando las protecciones necesarias para su operación en el entorno minero.
- Implementación de protecciones de sobrecorriente para garantizar la seguridad de las bombas de agua y del sistema de monitoreo.
- Realización de pruebas controladas en laboratorio y en campo para la realización de ajustes necesarios en base al feedback recibido y la información obtenida para mejorar el sistema antes de su implementación final.



1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.4.1 Antecedentes del proyecto

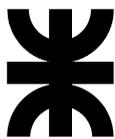
Este proyecto tiene su origen en la demanda específica de nuestro cliente, una empresa que alquila bombas electro sumergibles con alimentación trifásica en configuración delta sin neutro a la industria minera. El cliente se enfrentaba a un problema de transparencia y control sobre el uso de estas bombas. Por tanto, nos planteó el desafío de diseñar un dispositivo que pudiera resistir las condiciones extremas de las minas y proporcionar datos precisos sobre las horas de funcionamiento de las bombas y las condiciones de calidad de la energía a las que son sometidas en operación. Este proyecto también incluye el diseño de un sistema de extracción de datos inalámbrico y una solución en la nube para el almacenamiento y visualización de datos para que una persona que no tenga acceso al tablero principal de energía pueda recolectar los datos sin riesgo y sin un dispositivo específico para tal fin.

1.4.2 Estado actual

Actualmente, nuestro cliente se encuentra en una situación de incertidumbre con respecto al uso y funcionamiento de las bombas electrosumergibles que alquila a las minas. Al no contar con un sistema de monitoreo y medición que registre su funcionamiento, no es posible determinar con precisión cómo se están utilizando las bombas en el día a día ni cómo es su rendimiento en las duras condiciones de la industria minera.

En caso de que se produzca una falla en alguna de las bombas, el cliente carece de datos que le permitan comprender y analizar qué sucedió, por qué se produjo la falla y si fue causada por un mal uso, por un mal mantenimiento de la bomba antes de ser alquilada y entregada al cliente o por un sistema eléctrico deficiente en el lugar de operación. Esto puede llevar a disputas con las minas a las que se alquilan las bombas, ya que no hay manera de comprobar o desmentir las afirmaciones de mal uso.

Además, al no tener un sistema de monitoreo, el cliente puede no ser consciente de los problemas hasta que ya es demasiado tarde, lo que puede resultar en mayores daños y costos de reparación. La falta de una herramienta de medición y monitoreo efectiva puede incluso poner en peligro la relación comercial entre nuestro cliente y las minas, ya que la confianza y la transparencia pueden verse afectadas y puede provocar fricciones y peleas ya que el costo de las reparaciones y de los reemplazos de los equipos dañados es considerable y puede provocar demoras en la producción que se traducen en grandes pérdidas económicas para la empresa minera.



1.4.3 Necesidad del negocio y definición del problema

La necesidad del negocio se centra en proporcionar al cliente una herramienta que permita controlar y monitorear el uso de las bombas sumergibles que alquila a las minas. El problema principal es la falta de una solución robusta y confiable que pueda resistir las condiciones extremas de la industria minera y proporcionar datos precisos y detallados sobre el uso y el rendimiento de las bombas.

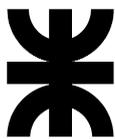
Por tanto, el proyecto se dirige a diseñar un dispositivo de medición robusto, resistente y capaz de transmitir datos de forma inalámbrica para su análisis y monitoreo remoto. Este dispositivo permitirá a nuestro cliente verificar el uso de las bombas en caso de fallos, determinando si se produjo un mal uso y poder realizar mantenimiento preventivo. Además, se requiere una solución en la nube para el almacenamiento y visualización de datos que pueda ser accesible tanto para nuestro cliente como para las minas para poder llevar un control remoto de la situación y tomar decisiones preventivas.

Además, es esencial que estos dispositivos sean autónomos y requieran un mantenimiento mínimo. Deben ser capaces de operar de manera continua sin la necesidad de intervención técnica especializada y resistir condiciones ambientales desafiantes.

1.4.4 Beneficios del proyecto

El desarrollo y la implementación de este proyecto generará una serie de beneficios significativos para todas las partes interesadas:

- **MYT (Nuestra organización):** Al desarrollar una solución innovadora y eficiente, MYT no solo aumentará su reputación y visibilidad en la industria, sino que también podrá abrir nuevas oportunidades de negocio y expandir su cartera de productos y servicios. Se pretende que este proyecto sea la puerta de entrada a la industria minera y el caballo de batalla para la búsqueda de partners en Argentina, países limítrofes y en Europa. Además el know how adquirido nos permite competir en el mercado del desarrollo y la investigación con un mayor capital y experiencia.
- **Cliente (la empresa que alquila las bombas):** Nuestro cliente se beneficia de un sistema de monitoreo mejorado y más eficiente para sus bombas alquiladas. Esto no solo puede llevar a una reducción en los costos de mantenimiento y reparación, sino que también puede mejorar la relación con las minas al proporcionar equipos de mayor calidad y confiabilidad. Además, el cliente podrá tomar decisiones más informadas basadas en los datos proporcionados por nuestro dispositivo, lo que podría resultar en operaciones más eficientes y rentables.
- **Empresas mineras:** Las empresas mineras se beneficiarán en gran medida del proyecto. Primero, el dispositivo de monitoreo proporcionará un mejor control y administración de las bombas que utilizan en sus operaciones. Esto les permitirá optimizar la utilización de las bombas, mejorar la eficiencia operacional y, por ende, aumentar la productividad en las minas. Además, podrán minimizar el riesgo y los costosos tiempos de inactividad asociados a reparaciones o reemplazos. Al tener un mejor entendimiento de su

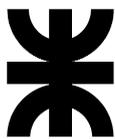


rendimiento, también pueden trabajar en conjunto con nuestro cliente (la empresa que alquila las bombas) para mejorar el mantenimiento preventivo y las prácticas de operación, lo que podría extender la vida útil de las bombas y ahorrar costos a largo plazo.

- **Empleados de la minería:** Los operadores directos de las bombas, se beneficiarán de un sistema de monitoreo preciso y fácil de usar. El diseño intuitivo de la aplicación para la extracción y sincronización de datos con la nube facilitará su trabajo, no requiriendo un alto nivel de capacitación para su uso. Además, la capacidad de monitorear el estado y rendimiento de las bombas puede ayudar a prevenir fallas y mejorar la seguridad en el lugar de trabajo. La simplicidad de la interfaz y la facilidad de operación del sistema les permitirá centrarse más en sus tareas principales sin preocuparse por el monitoreo manual de las bombas.
- **Proveedores de partes y componentes:** Este proyecto también puede beneficiar a los proveedores de partes y componentes que serán utilizados para construir el dispositivo de medición. Esto se traduce en nuevas oportunidades de negocio y posibles relaciones a largo plazo con MYT y nuestro cliente. Un beneficio adicional es que los datos recolectados le permite a la empresa fabricante de bombas conocer las condiciones de las bombas en América Latina, las condiciones de uso, las fallas más frecuentes y los problemas estructurales de las explotaciones logrando de esta manera obtener información crucial para el entendimiento y el desarrollo de mejoras en los equipos, así también como en su comercialización.

Además, nuestro proyecto se alinea con con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- **ODS 4 - Educación de Calidad:** Aunque este objetivo puede parecer menos directamente relacionado, nuestra solución de monitoreo tiene un elemento educativo. Al proporcionar datos de rendimiento precisos y oportunos, los operadores de las bombas pueden aprender a usarlas de manera más eficiente y segura, mejorando continuamente su capacitación y habilidades. Además los encargados de mantenimiento (de nuestro cliente y de las minas) pueden conocer mejor el estado de sus equipos y mejorar la eficiencia de sus intervenciones y operaciones.
- **ODS 8 - Trabajo Decente y Crecimiento Económico:** Nuestro proyecto promueve el crecimiento económico sostenible al permitir un uso más eficiente de las bombas en la industria minera. Además, al diseñar una interfaz de usuario sencilla e intuitiva para los trabajadores mineros, estamos ayudando a mejorar sus condiciones de trabajo y mejorando el entorno de operación al contribuir a alargar la vida útil y eficientar su funcionamiento.
- **ODS 9 - Industria, Innovación e Infraestructura:** Nuestra solución de monitoreo de bombas innovadora y eficiente representa un avance significativo en infraestructuras industriales y tecnología de monitoreo. Esta innovación permitirá una operación más eficiente y confiable en la industria minera. También contribuye a tecnificar la industria



minera en general y la Argentina en particular la cual adolece de innovación tecnológica y capacitación de sus operarios.

- **ODS 10 - Reducción de las desigualdades:** Al desarrollar una aplicación sencilla y fácil de usar para el monitoreo de las bombas, el proyecto fomenta la inclusión y la igualdad de oportunidades. Permite que cualquier trabajador, independientemente de su nivel de educación, pueda contribuir a la eficiencia y seguridad de las operaciones mineras. Uno de los problemas más enfatizados por aquellos que se encargan de operaciones técnicas en las explotaciones mineras es la falta de capacitación y conocimiento tecnológico de los operarios.
- **ODS 12 - Producción y Consumo Responsables:** Al proporcionar una herramienta que permita el seguimiento preciso del uso y desempeño de las bombas, estamos fomentando un consumo responsable de los recursos en las minas, evitando el uso excesivo y el desgaste prematuro de las bombas, lo que conlleva a aumentar su vida útil.
- **ODS 13 - Acción por el Clima:** Aunque indirectamente, nuestro proyecto contribuye a este objetivo al promover un uso más eficiente de los recursos energéticos en las operaciones mineras. Un uso más eficiente de las bombas puede resultar en menos consumo de energía, lo que contribuye a la reducción de las emisiones de carbono y a la mitigación del cambio climático.

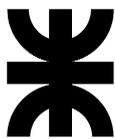
1.5 ALCANCE

1.5.1 Alcance

El alcance del proyecto es desarrollar un dispositivo de medición resistente y fiable para las bombas electrosumergibles, y una solución en la nube para el monitoreo y la gestión remota del rendimiento y estado de las mismas.

El proyecto incluirá las siguientes tareas principales:

- **Diseño y desarrollo del dispositivo de medición:** El dispositivo será resistente a las condiciones extremas de la minería, proporcionará datos precisos sobre el rendimiento y uso de las bombas, y permitirá extraer los datos de forma inalámbrica para su análisis y monitoreo remoto. Se espera que esta fase del proyecto dure alrededor de 4 a 6 meses.
- **Desarrollo de la aplicación para extracción y sincronización de datos:** La aplicación tendrá una interfaz sencilla e intuitiva, permitiendo a los usuarios extraer y sincronizar datos con la nube de manera fácil y eficiente sin la necesidad de conocimientos técnicos específicos y sin requerir de un dispositivo específico para tal fin. Esta tarea está programada para ser completada en un período de 2 a 3 meses.
- **Desarrollo del sistema web para almacenamiento y visualización de datos:** El sistema permitirá a los usuarios monitorear el rendimiento y estado de las bombas de forma remota. También se espera que esta fase dure de 2 a 3 meses.



- **Pruebas y ajustes:** Una vez que todas las partes del proyecto estén completas, se realizarán pruebas intensivas para asegurar que el dispositivo y la solución en la nube funcionen correctamente y satisfagan todas las necesidades y expectativas del cliente. Esta fase final puede llevar de 1 a 2 meses.

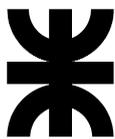
Teniendo en cuenta el nivel de detalle y la complejidad de las tareas del proyecto, y el hecho de que dos personas estaremos trabajando en él, estimamos un marco de tiempo de aproximadamente 6 meses desde el inicio hasta la finalización. Este tiempo incluye las etapas de diseño, desarrollo, pruebas y ajustes. Esta estimación está sujeta a variaciones dependiendo de factores como la disponibilidad de recursos, cambios en los requisitos del cliente, o desafíos imprevistos que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto.

El proyecto no incluirá:

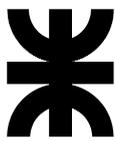
- **La instalación del dispositivo en las bombas:** Se proporcionará una guía de instalación detallada, pero la instalación en sí estará a cargo de la empresa encargada de alquilar y vender las bombas, ya que el conjunto “bomba - phase shifter - Equipo de Medición” debe conformar un “único equipo”.
- **Capacitación en el uso del dispositivo y del sistema web:** Si bien el diseño será intuitivo y fácil de usar, cualquier capacitación requerida para los usuarios finales estará fuera del alcance de este proyecto. Se pretende que el soporte técnico y eventuales consultas si sean respondidas por la empresa sponsor del proyecto, pero la metodología, aplicación y puesta en marcha excede al proyecto.

1.5.2 Límites o fuera de alcance

- **Calibración manual del equipo de medición:** La calibración de cada equipo se realizará manualmente según la potencia de cada motor con el objetivo de medir en régimen permanente a fondo de escala. La automatización de esta tarea se considerará en futuras iteraciones del proyecto.
- **Prototipo ACE-100:** El desarrollo se enfocará en la creación de un prototipo. Queda fuera del alcance del proyecto las tareas relacionadas con la fabricación en masa.
- **Diseño de placa, no fabricación:** El diseño de la placa es parte del proyecto, pero la fabricación se terceriza por las características de los componentes a utilizar.
- **Sin aplicación móvil:** No se creará una aplicación móvil. Usuarios de PC y dispositivos móviles utilizarán el mismo servicio web. Solo será necesario contar con un dispositivo con capacidad de conexión wifi para poder extraer los datos.
- **Facturación no incluida:** La aplicación web servirá para calcular facturas basándose en los datos del motor, pero la emisión de facturas será responsabilidad del área contable correspondiente.

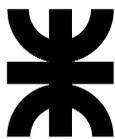


- **Contrastación de Clase 3 parcial:** Se contrastará la Clase 3 solamente para la medición de tensión y corriente.
- **Protecciones eléctricas limitadas:** Se implementarán protecciones eléctricas únicamente por sobrecorriente.
- **Capacitación de operarios no incluida:** Se proporcionarán manuales de uso para el ACE-100 y el servicio web, pero no se brindará capacitación a los operarios.
- **Hosting en la nube:** El servicio se alojará en soluciones en la nube (AWS específicamente), quedando fuera del proyecto el uso de servidores locales y su mantenimiento.
- **Resistencia al agua limitada:** El equipo puede ser rociado con agua, pero no es apto para ser sumergido, limitándose a cumplir con los estándares IP65.
- **Temperatura ambiente máxima:** 45°C, teniendo en cuenta las temperaturas promedio de operación dentro de la mina, por arriba de esta temperatura no se garantiza que el equipo funcione y mida correctamente.
- **No apto para exposición solar prolongada:** El equipo no debe dejarse bajo el sol de forma prolongada.
- **Actualización local de firmware:** En esta etapa de prototipo el firmware del equipo solo podrá ser actualizado de manera local, pero se deja planteado para la fase de producción que la solución final contemple un sistema de actualización remota (OTA).



1.5.3 Soluciones y entregables principales

| Entregables principales | Descripción del entregable |
|---|--|
| Dispositivo de medición | Un dispositivo electrónico diseñado específicamente para medir, almacenar alarmas y transmitir de forma inalámbrica datos sobre el funcionamiento y la calidad de energía de las bombas de agua en condiciones hostiles. |
| Gabinete robusto y resistente | Un diseño de carcasa que cumpla con las normas IP65 e IK10, diseñado para soportar las condiciones hostiles de la mina, como altas temperaturas, vibraciones y la presencia de polvo y humedad. |
| Protecciones eléctricas | Implementación de sistemas de protección eléctrica para asegurar la seguridad del dispositivo y prevenir daños causados por cortocircuitos provocados en las bombas. |
| Interfaz de usuario simple | Una interfaz diseñada para facilitar la recolección y sincronización de datos por parte de operarios sin formación técnica especializada. |
| Aplicación web para extracción de datos | Facilitará la extracción inalámbrica de los datos medidos. |
| Informe de contrastación por parte del laboratorio LEEM de las mediciones del equipo. | Asegurar que el dispositivo de medición cumpla con los requisitos de calidad y seguridad. |
| Documentación técnica del ACE-100 | Manuales de usuario, especificaciones del dispositivo, guías de instalación, mantenimiento y brochure para ventas. |
| Plataforma web de monitoreo | Un sitio web accesible desde diferentes dispositivos que permite visualizar y monitorear los datos de los múltiples motores. |
| Sistema de almacenamiento de datos | Una base de datos segura y escalable que almacena la información recopilada de los motores en la mina. |
| Sistema automatizado de despliegue en la nube | Incluye la configuración de la infraestructura en AWS con Terraform y un pipeline de CI/CD en CircleCI, proporcionando una solución que permite desplegar automáticamente cambios en la aplicación web, agilizando la actualización y mantenimiento del sistema. |
| Documentación del servicio web | Manuales de usuario, especificaciones del dispositivo y guías de instalación y mantenimiento. |
| Sistema de encriptación | Sistema de encriptación de datos para garantizar la extracción segura de información, permitiendo que los datos sean descritos y leídos únicamente a través de la aplicación de desarrollo o la plataforma web. |



1.6 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

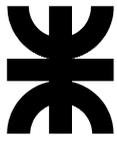
Para la ejecución de este proyecto, adoptaremos **SCRUM**, un marco de trabajo ágil que favorece la colaboración, adaptabilidad y mejora continua. Esta metodología, al permitir un desarrollo flexible y orientado al cliente, se alinea con nuestra estrategia de gestión del proyecto y fomenta la revisión continua del progreso mediante iteraciones regulares.

Nuestro proceso SCRUM constará de las siguientes etapas esenciales:

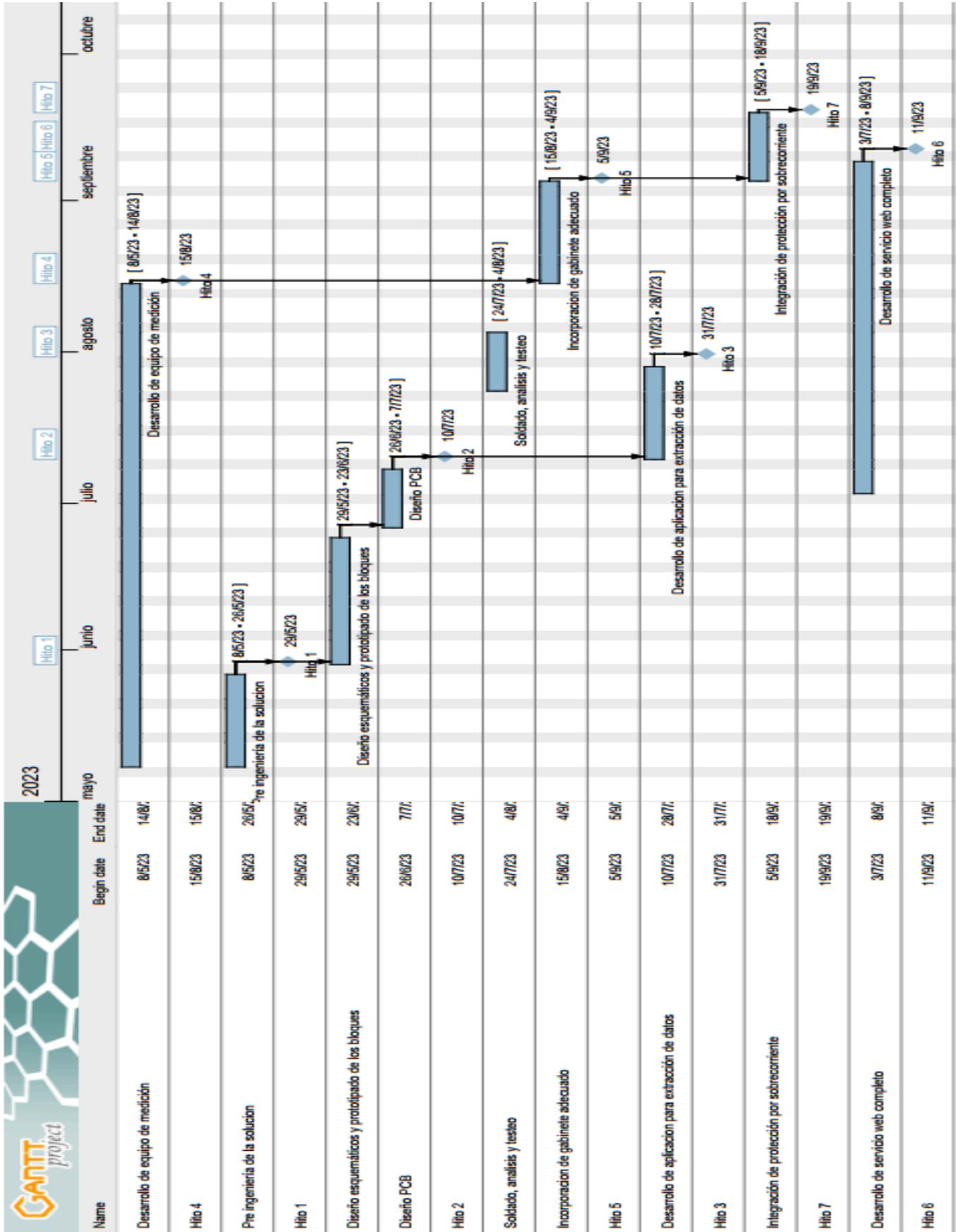
- 1) **Planificación del Sprint:** Al inicio de cada Sprint, que durará dos semanas, estableceremos metas y objetivos claros, seleccionaremos las tareas a realizar y diseñaremos un plan de trabajo. Esta planificación se comunicará mediante mail a los jurados, profesores de la cátedra y a nuestro cliente, Argenteo.
- 2) **Reuniones Diarias de Scrum (Daily Stand-ups):** Realizaremos estas reuniones a diario entre los dos directores del proyecto y nuestro patrocinador, MYT. Estas instancias permitirán discutir el progreso, plantear posibles problemas y coordinar las actividades del día.
- 3) **Revisión del Sprint:** Al final de cada Sprint, nos reuniremos para revisar el trabajo completado, evaluar el logro de objetivos y discutir posibles mejoras. La conclusión del Sprint, junto con los logros alcanzados, se comunicará mediante mail a los jurados, profesores de la cátedra y a Argenteo (junto con la planificación del próximo sprint).
- 4) **Grooming de Backlog:** Mantendremos una revisión y priorización constante de las tareas en el backlog del proyecto. Cuando surja una nueva tarea, crearemos un ticket y documentaremos los criterios de aceptación para considerar la tarea como concluida, garantizando que nuestras tareas estén siempre alineadas con los objetivos y requisitos del proyecto.

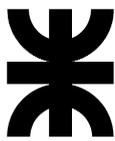
Para implementar la metodología SCRUM, utilizaremos la herramienta JIRA. Esta herramienta nos permitirá gestionar el trabajo de manera eficiente, documentar las tareas, seguir su progreso y mantener una comunicación fluida.

Este enfoque nos permitirá adaptarnos rápidamente a los cambios, mantener una comunicación abierta y efectiva con todas las partes interesadas del proyecto y asegurarnos de trabajar de manera eficiente y conforme a las expectativas del cliente.



1.6.1 Cronograma



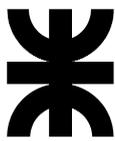


Entre la fecha de inicio del proyecto (08/05/2023) a la fecha de finalización (11/9/2023) hay 88 días laborables, trabajando unas 6 horas diarias, nos da un total de 528 hs/persona, lo cual al ser 2 integrantes, elevan las horas del proyecto a 1056 horas/persona.

1.6.2 Hitos

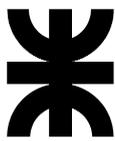
La tabla muestra un listado de hitos generales del proyecto y el cronograma estimado de finalización

| Hitos Ejecutivos | Fecha de finalización |
|---|---|
| <i>Pre ingeniería y estudio de la solución y tecnologías más adecuadas a aplicar finalizado - HITO 1</i> | 29/05/2023 (3 semanas desde arrancado el desarrollo del proyecto) |
| <i>PCB del equipo enviado para fabricación - HITO 2</i> | 10/07/2023 (6 semanas a partir de la finalización del estudio de pre ingeniería) |
| <i>Aplicación para la extracción de datos finalizada - HITO 3</i> | 31/07/2023 (3 semanas a partir del envío de PCB para fabricación) |
| <i>Prototipo de equipo de medición finalizado y listo para realizar pruebas controladas - HITO 4</i> | 15/08/2023 (14 semanas a partir del inicio del proyecto) |
| <i>Equipo de medición colocado en gabinete y listo para pruebas controladas - HITO 5</i> | 11/09/2023 (3 semanas a partir de terminado el prototipo del equipo de medición) |
| <i>Desarrollo del prototipo del servicio web completo - HITO 6</i> | 08/09/2023 (10 semanas) |
| <i>Protección de sobrecorriente - HITO 7</i> | 19/09/2023 (2 semanas a partir de integrado el prototipo del equipo de medición junto con el gabinete) |



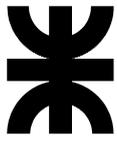
1.7 RIESGO

| Riesgos | | |
|---|---|--|
| Título | Descripción | Mitigación |
| Fiabilidad del sistema de medición y continuidad del servicio | El sistema de medición necesita tener una alta fiabilidad para no interrumpir el funcionamiento de la bomba. Además, dado que nuestro prototipo será probado por un único cliente minero, con otros potenciales clientes observando su desempeño, un fallo podría afectar la percepción de nuestra solución y pérdidas de oportunidades de negocio. | Para asegurar la fiabilidad, implementaremos las normas IP65 e IK10 en la construcción del dispositivo, y realizaremos ensayos de vibración de 5 a 20 Hz para garantizar su resistencia. Adicionalmente, diseñaremos el equipo para que tenga clase 3 en voltaje y corriente, lo cual contribuye a una mayor confiabilidad del servicio. |
| Interrupción del funcionamiento de la bomba debido a un fallo del dispositivo | Si el dispositivo falla, existe el riesgo de que la bomba deje de funcionar, creando un problema adicional en lugar de una solución. | El dispositivo será diseñado de manera que tome las muestras de tensión y corriente en paralelo con el circuito de la bomba de tal manera que, en caso de falla, la bomba siga funcionando independientemente de la condición del dispositivo. |
| Disponibilidad de materiales y búsqueda de alternativas | Podrían surgir dificultades para adquirir ciertos materiales necesarios para el proyecto. | Exploraremos activamente alternativas disponibles en el mercado para garantizar la continuidad del desarrollo del proyecto a pesar de las posibles restricciones en la disponibilidad de materiales. |
| Limitaciones en los conocimientos y la preparación del personal de la mina | El personal de la mina puede tener conocimientos y formación limitados, lo cual puede dificultar su capacidad para adoptar y usar el nuevo sistema. | Diseñaremos interfaces de comunicación sencillas y accesibles para facilitar su adopción y uso. También, proporcionaremos formación y documentación adecuada para apoyar el uso efectivo del sistema. |
| Inexperiencia del cliente con la metodología de trabajo del sector de I+D+i | El cliente puede no tener experiencia en el manejo de proyectos de I+D+i y podría ser necesario invertir un tiempo significativo para sincronizar nuestras metodologías de trabajo. | Trabajaremos en estrecha colaboración con el cliente, proporcionando orientación y claridad sobre el proceso de I+D+i. Además, nos centraremos en mantener una comunicación efectiva y continua para manejar las expectativas y asegurar que estemos en sintonía durante todo el proceso de desarrollo. |
| Retrasos en la comunicación y el feedback del cliente | Una respuesta tardía o feedback demorado por parte del cliente puede retrasar el avance del proyecto, ya que las decisiones y ajustes pueden depender de la información proporcionada por ellos. | Mantendremos una comunicación abierta y regular con el cliente, y estableceremos expectativas claras sobre los tiempos de respuesta para feedback. Además, trataremos de anticipar las necesidades de información y tomaremos medidas proactivas para solicitar feedback cuando sea necesario. |
| Baja de un miembro del equipo | Somos un equipo de dos personas, y la salida de uno de nosotros podría poner una carga adicional sobre el otro, lo que afectaría la eficiencia y los plazos del proyecto. | Vamos a estructurar las tareas del proyecto en etapas de desarrollo bien definidas, claras y concisas. De esta manera, en caso de que uno de nosotros deba abandonar el proyecto, el miembro restante tendrá una visión clara de las tareas pendientes. |
| Cambios en el alcance del proyecto | Podríamos enfrentar cambios en los requerimientos del proyecto, lo que podría llevar a replantear y reevaluar el enfoque, aumentando el tiempo y los recursos necesarios para completar el proyecto. | Establecemos un alcance del proyecto preciso, y fomentaremos la comunicación constante con el cliente, el equipo MYT y la facultad. Cualquier cambio propuesto será evaluado y discutido minuciosamente con todas las partes antes de su incorporación. |

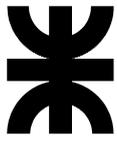


Matriz de riesgo:

| Riesgo | Aparición | Impacto | Valor del Riesgo | Nivel de Riesgo | Medidas |
|---|-----------|---------|------------------|-----------------|--|
| Fiabilidad del sistema de medición y continuidad del servicio | 4 | 4 | 16 | Muy grave | Implementaremos normas y pruebas para garantizar la resistencia y fiabilidad del dispositivo. |
| Interrupción del funcionamiento de la bomba debido a un fallo del dispositivo | 3 | 4 | 12 | Importante | El diseño del dispositivo permitirá la funcionalidad continua de la bomba en caso de fallo. |
| Disponibilidad de materiales y búsqueda de alternativas | 2 | 1 | 2 | Marginal | Anticiparemos restricciones de materiales explorando activamente alternativas en el mercado. |
| Limitaciones en los conocimientos y la preparación del personal de la mina | 5 | 2 | 10 | Importante | Crearemos interfaces y documentación sencillas para facilitar la adopción y uso del sistema. |
| Inexperiencia del cliente con la metodología de trabajo del sector de I+D+i | 4 | 2 | 8 | Apreciable | Trabajaremos estrechamente con el cliente para guiarlo y clarificar el proceso de I+D+i. |
| Retrasos en la comunicación y el feedback del cliente | 2 | 3 | 6 | Apreciable | Estableceremos comunicación y tiempos de respuesta claros para agilizar el feedback del cliente. |
| Baja de un miembro del equipo | 1 | 2 | 2 | Marginal | Dividiremos las tareas del proyecto en etapas claras y concisas para manejar potenciales abandonos. |
| Cambios en el alcance del proyecto | 3 | 2 | 6 | Apreciable | Definiremos el alcance del proyecto desde el principio y lo mantendremos alineado con todas las partes involucradas. |



| | | | Impacto | | | | |
|---------------------------|----------|---|----------|------|-------|------|--|
| | | | Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Probabilidad de aparición | Muy Alta | 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | Alta | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| | Media | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| | Baja | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 12 |
| | Muy baja | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| >14 | | | | | | | Riesgo muy grave. Requiere medidas preventivas urgentes. |
| 9-14 | | | | | | | Riesgo importante. Medidas preventivas obligatorias. |
| 3-8 | | | | | | | Riesgo apreciable. Estudiar económicamente si es posible introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo. |
| 1-2 | | | | | | | Riesgo marginal. Se vigilará aunque no requiere medidas preventivas de partida |



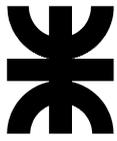
DESARROLLO DEL PROYECTO

1.8 DESARROLLO TÉCNICO

1.8.1 Requerimientos técnicos

El equipo se utiliza en motores (bombas electro sumergibles) trifásicos en conexión triángulo sin neutro de 18kW. No debe interferir de ninguna manera con el funcionamiento y debe resultar totalmente transparente a la bomba.

- Medir los siguientes datos:
 - Tensión en las 3 líneas
 - Corriente en las 3 líneas
 - Potencia activa, reactiva, aparente
- Permitir el monitoreo y la trazabilidad de los siguientes datos:
 - Alarmas por:
 - Máximos y mínimos de corriente
 - Máximos y mínimos de tensión
 - Potencia máxima superada
 - Horas de funcionamiento para su uso en mantenimiento preventivo y/o revisión técnica
- Debe tener una certificación de clase 3.
- Almacenar las mediciones y registros de alarmas en memoria no volátil.
- Se debe implementar un encriptado de los datos a la salida del ACE-100, tal que estos solo puedan ser leídos por la aplicación web.
- Transmitir los datos almacenados de forma inalámbrica, mediante una red wifi generada por el equipo, a un dispositivo móvil (smartphone o notebook).
- Se debe implementar una interfaz simple y ágil, tal que la recolección y sincronización de los datos pueda ser realizada por operarios sin formación
- Tiene la opción de ser alimentado mediante una batería externa, de forma de poder descargar los datos aunque el dispositivo no se encuentre conectado a la alimentación principal.
- La visualización y almacenamiento de datos debe estar en un servicio en la nube.
- La aplicación web debe ser diseñada con una arquitectura autoescalable e implementada utilizando Amazon Web Services (AWS) para garantizar un rendimiento óptimo y adaptarse a las variaciones en la demanda.



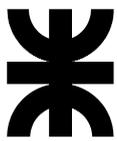
- El equipo se está diseñando específicamente para el uso en la mina, por lo que debe cumplir las siguientes normas:
 - IP65
 - IK10
 - Soportar temperaturas elevadas (50°C sin ventilación)
 - Superar ensayos de vibración de 5 a 20 Hz.

1.8.2 Desarrollo

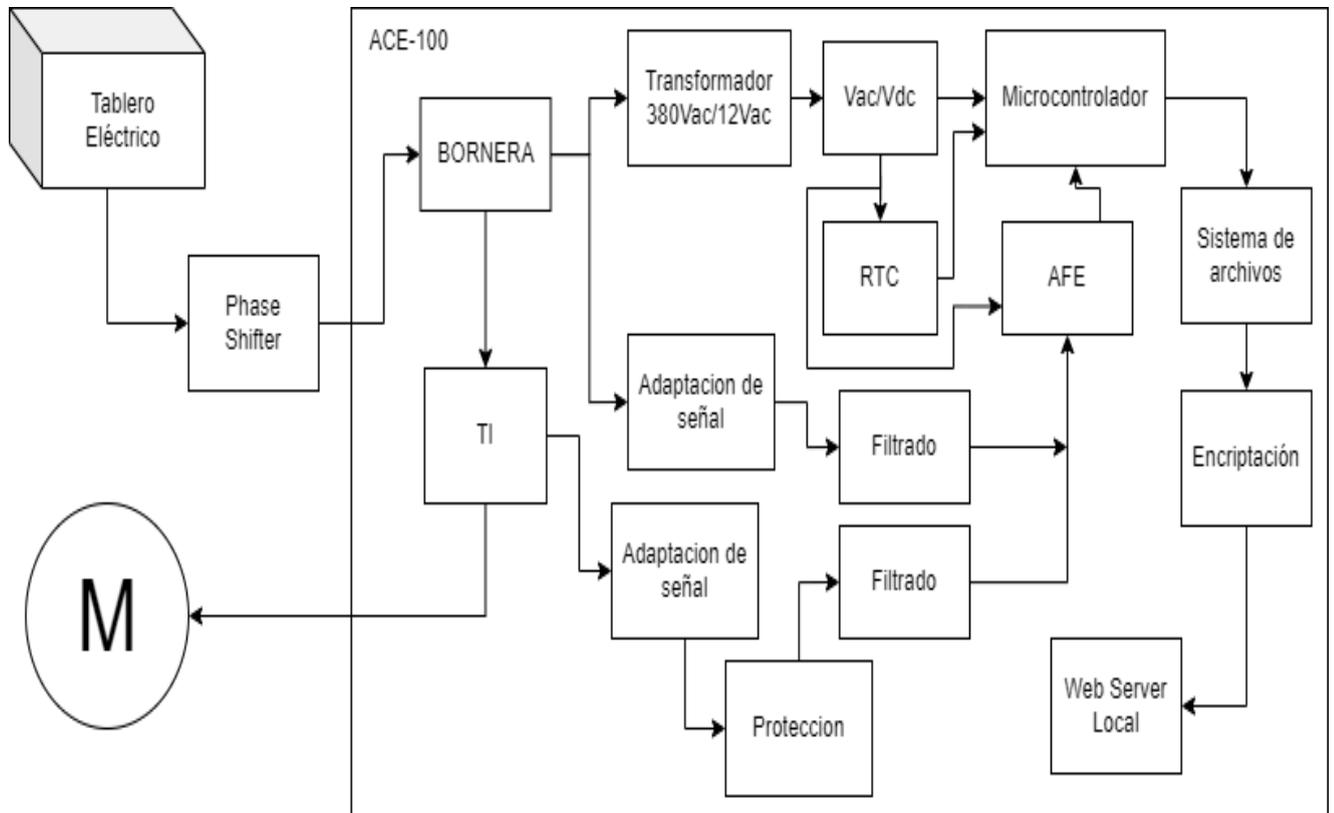
La solución integral de la cual consta el proyecto desarrollado se puede dividir en 4 bloques bien definidos los cuales fueron delimitados y pensados de manera de poder ser trabajados en paralelo para lograr acortar los tiempos de desarrollo y poder ofrecerle al cliente un prototipo viable de manera rápida con el objetivo de generar un vínculo duradero entre la empresa sponsor y el cliente que permita una cooperación a largo plazo con diversos proyectos, ya que este equipo será utilizado a modo de prueba de capacidad para ingresar en la industria minera, a su vez mientras más rápido se tuviera un prototipo, más rápido el cliente podría mostrar su idea a sus propios clientes para generar en el mercado la expectativa necesaria para introducir el equipo en diversas minas para realizar pruebas de campo.

1.8.2.1 Dispositivo de medición

A continuación se procede a la descripción de los componentes fundamentales del dispositivo de medición de manera general, intentando dar la mayor cantidad de detalles cuidando de no divulgar información confidencial para no violar el acuerdo **empresa sponsor - cliente**.



1.8.2.1.1 Esquema general de funcionamiento



1.8.2.1.2 Microcontrolador

Para este proyecto se plantea el uso de un microcontrolador ESP32, cuyas características son:

- **Procesador:**
 - Dual-core Tensilica Xtensa LX6 a 240 MHz.
- **Memoria Flash:**
 - 32MB de memoria Flash.
- **Memoria RAM:**
 - 520KB de SRAM.
- **Conectividad Inalámbrica:**
 - Wi-Fi 802.11 b/g/n.
 - Bluetooth 4.2 BLE.
- **Interfaces de Comunicación:**
 - UART, SPI, I2C, I2S, CAN, PWM.
- **GPIO (Entradas/Salidas de Propósito General):**
 - Varios pines GPIO disponibles para la conexión de sensores y dispositivos externos.
- **Periféricos Adicionales:**
 - 12 bits SAR ADC con hasta 18 canales.

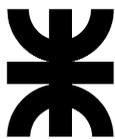


- 2 × 8 bits DAC.
- Controlador de temporizadores y PWM.
- Interfaz de cámara.
- Controlador de pantalla táctil.
- Controlador de infrarrojos.
- RTC (Real-Time Clock).
- Alimentación:
 - Voltaje de alimentación típico: 3.3V.
- Sistemas Operativos Compatibles:
 - FreeRTOS.
 - Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF).
- Entorno de Desarrollo:
 - Amplia comunidad de desarrolladores y soporte.
 - Soporte para programación en C/C++ y Micropython.
- Dimensiones y Factor de Forma:
 - Varía según el fabricante y modelo específico de la placa.
- Periféricos en la Placa (puede variar según el modelo):
 - Botones de reinicio y de usuario.
 - LED indicador de estado.
- Otras Características:
 - Amplia gama de bibliotecas y recursos disponibles.
 - Bajo consumo de energía en modo de reposo.
 - Ideal para proyectos de IoT y aplicaciones embebidas.

Se eligió este controlador, dado que posee la potencia suficiente para realizar todos los procesos necesarios, al igual que una buena cantidad de pines GPIO, que permiten utilizarlos para las distintas funciones que deberá cumplir el dispositivo. El mismo fue programado en lenguaje C, y el firmware es pasado en formato binario al mismo de manera tal que se ejecuta de manera ininterrumpida desde que es energizado y no permite a otras personas tener acceso al código, lo que da una seguridad ante la propiedad intelectual.

Los procesos que ejecuta el microcontrolador son:

- 1) Inicialización de las tareas a ejecutar en bucle infinito
- 2) Toma de datos del módulo RTC encargado de almacenar el tiempo.
- 3) Inicialización, lectura, encriptación y escritura de los archivos encargados de almacenar las alarmas de tensión y corriente.
- 4) Inicialización del servicio de consulta del circuito integrado encargado de las mediciones, temporización y generación de log de alarmas.
- 5) Inicialización del web server local encargado de mostrar los últimos datos recolectados a la hora de activarlo, presentarlos y permitirle al usuario la descarga de archivos.
- 6) Inicialización del modo espera de activación de modo AP (access point).



7) Mantenimiento y monitoreo del loop infinito que mantiene a los servicios corriendo.

1.8.2.1.3 Adaptaciones de Señal de tensión y corriente

Podemos dividir la adaptación de señales en dos grupos, adaptaciones de señales de tensión y adaptación de señales de corriente.

- **Adaptación de Señales de Tensión**

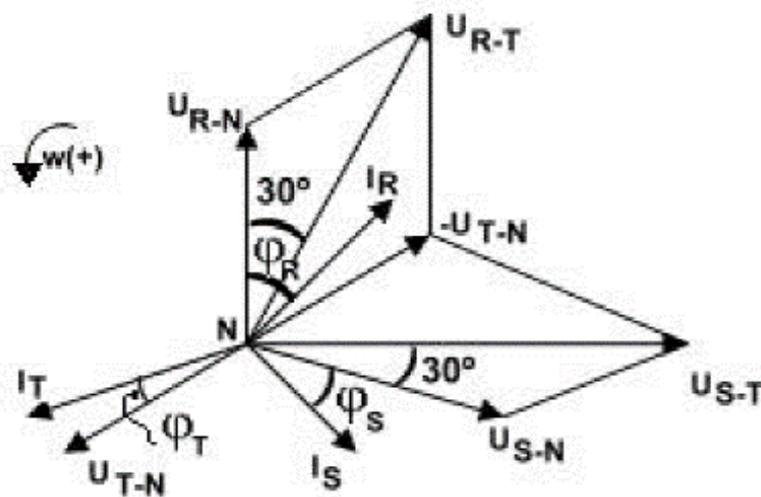
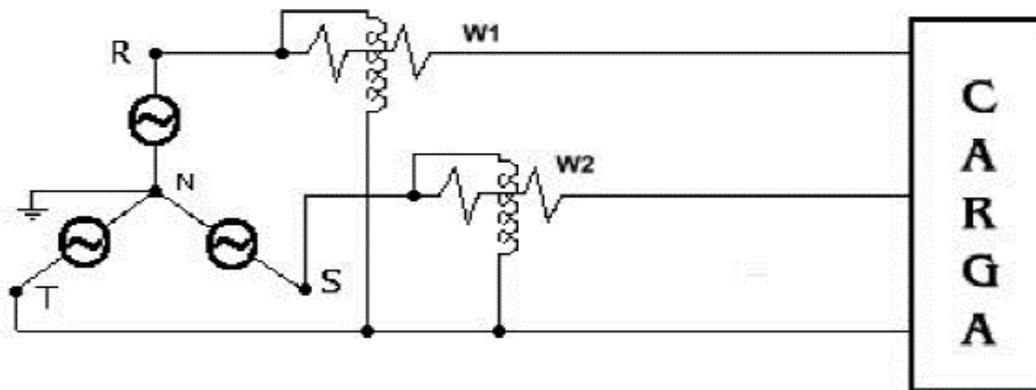
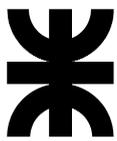
Para este caso el primer elemento del circuito adaptador, consta de un divisor resistivo que reduce la tensión de 380 Vac +/- 20% a 1Vac. Se tuvo en cuenta a la hora del diseño del divisor, un circuito que consta de resistencias de precisión de 0,01% y en valores distribuidos que permitan que la potencia disipada mediante el producto I^2R sea de un valor pequeño para poder utilizar resistencias smd pequeñas y no demasiado costosas. Luego de este divisor la etapa consta de un circuito de protección y un filtro antes de ingresar al integrado. Las señal de tensión de 380 Vac +/- 20% se toma desde la bornera y se ingresa a la placa mediante conectores con trabas para que no se desconecten con movimientos, vibraciones, golpes, etc.

- **Adaptación de Señales de Corriente**

En este caso la primera parte del adaptador difiere de la situación anterior. Lo que se hace en este caso es hacer uso de un Transformador de intensidad de medición con relación de transformación de corriente 1000 a 1. Luego se diseñó un circuito que permita obtener como máximo una tensión de +/- 1 Vac cuando la corriente que circula a través del primario del transformador de intensidad sea de 33 A (ac) +/- 10%, luego si pasa por un circuito de protección y un filtro (diseñado con la misma frecuencia de corte que en el caso de la adaptación de señal de tensión, lo cual es lo indicado por el fabricante del circuito integrado de medición). Al igual que en caso anterior la señal es llevada desde los Transformadores de Intensidad a la placa a través de conectores con trabas.

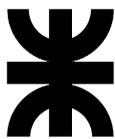
1.8.2.1.4 Medición de Potencia

Para la medición de potencia se hizo uso del método de Aron, más conocido como el método de los dos vatímetros con el objetivo de disminuir la cantidad de elementos necesarios para las adaptaciones de señales de tensión y corriente necesarias en el equipo. El método exige en todo momento saber exactamente la conexión de ambos "vatímetros" en el circuito trifásico a la hora de realizar el cálculo y estos no deben moverse si se pretende utilizar la misma caución para el cálculo de la potencia total, e s por este motivo que el equipo debe conectarse según el gráfico de conexión proporcionado en el gabinetea y debe colocarse siempre luego del phase shifter para poder corregir la secuencia en el caso de una conexión en secuencia negativa en el tablero dentro de la mina.



De esta manera logramos la medición de potencia correcta utilizando solo dos adaptadores de señales de corriente y dos adaptadores de señales de tensión, disminuyendo así el costo y la complejidad en el diseño del pcb de la placa principal.

Es necesario aclarar que es necesario configurar el integrado encargado de la medición para indicarle el modo de conexión de las señales de tensión y corriente, el método utilizado y realizar configuraciones mediante firmware adicionales para que este pueda obtener y calcular de manera correcta los valores de potencia activa y reactiva. La potencia aparente se obtiene mediante pitágoras con los valores de las dos potencias anteriores.



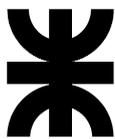
1.8.2.1.5 Medición de parámetros eléctricos

Para la medición de los parámetros de tensión, corriente y potencia en el circuito trifásico sin neutro se utilizó el circuito integrado ADE9078. Este se presenta como un front-end analógico de medición de energía altamente preciso y completamente integrado. Este dispositivo ofrece capacidades avanzadas para mediciones de energía destacando por las siguientes características principales:

Mediciones de Calidad de Potencia:

El ADE9078 destaca por su capacidad para realizar mediciones de calidad de potencia de manera avanzada, proporcionando datos precisos y detallados sobre el comportamiento de la energía eléctrica.

- **Mediciones de Ángulo de Fase:**
 - El integrado incluye funcionalidades para la medición precisa del ángulo de fase, permitiendo un análisis detallado de la relación temporal entre las formas de onda de corriente y voltaje.
- **Detección de Cruce Cero:**
 - El dispositivo incorpora una función de detección de cruce cero, facilitando la sincronización y la toma de medidas en momentos específicos dentro del ciclo de la señal eléctrica.
- **7 ADC de Alto Rendimiento:**
 - Integra siete convertidores analógico-digitales de alto rendimiento, lo que posibilita la adquisición de datos con precisión y rapidez.
- **Núcleo DSP Flexible:**
 - El núcleo de procesamiento digital (DSP) flexible proporciona versatilidad para realizar diversos cálculos y análisis, adaptándose a las necesidades específicas de las aplicaciones de medición de energía.
- **Búfer de Forma de Onda Flexible:**
 - Ofrece un búfer de forma de onda integrado que permite el almacenamiento de muestras a una velocidad de datos fija o variable según la frecuencia de línea, facilitando análisis posteriores.
- **Admite Sensores de Bobina de Rogowski (di/dt) y Transformadores de Corriente (TC):**
 - El ADE9078 es compatible con sensores de bobina de Rogowski para medir tasas de cambio de corriente (di/dt) y transformadores de corriente, ampliando las opciones de configuración.
- **Conjunto de Características de Metrología Avanzada:**
 - Destaca por su capacidad para realizar mediciones avanzadas, como potencia activa total, volt-ampereos reactivos (VAR), volt-ampereos (VA), vatios-hora, VAR-hora y VA-hora.



Fortalezas del ADE9078:

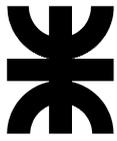
- Alta Precisión:
 - La principal fortaleza del ADE9078 radica en su capacidad para ofrecer mediciones de energía extremadamente precisas, lo que garantiza resultados confiables en diversas aplicaciones.
- Mediciones de Energía Avanzadas:
 - El dispositivo sobresale al permitir mediciones avanzadas de energía, lo que lo convierte en una herramienta ideal para aplicaciones que requieren un alto nivel de detalle y precisión en las mediciones eléctricas.
- Conjunto de Características de Metrología Avanzada:
 - La inclusión de un conjunto completo de características de metrología avanzada amplía su versatilidad y lo posiciona como una solución integral para aplicaciones de medición de energía.

En resumen, el ADE9078 se destaca por su combinación de características avanzadas y su capacidad para ofrecer mediciones de energía altamente precisas, lo que lo convierte en una elección sólida para aplicaciones que requieren un rendimiento excepcional en el ámbito de la medición eléctrica.

1.8.2.1.6 Protecciones del equipo por sobre intensidades

Es muy importante destacar en este punto que el equipo no debe proteger a la bomba por sobreintensidades, ni por sobretensiones ya que la bomba cuenta con protecciones internas, además si estas se rompen también es parte del negocio del cliente encargarse de su reparación y/o reposición por nuevas. Dicho esto, es entonces apropiado aclarar también que las protecciones son en referencia al circuito del equipo ACE-100 ya que si la bomba se rompe el personal de la mina se encargará de agilizar las acciones para arreglar la bomba o reemplazarlas en un breve lapso de tiempo, pero el equipo ACE-100 debe ser capaz de seguir registrando y monitoreando la nueva bomba por lo que no puede llevarse a un taller o enviarse nuevamente a la empresa para su reparación.

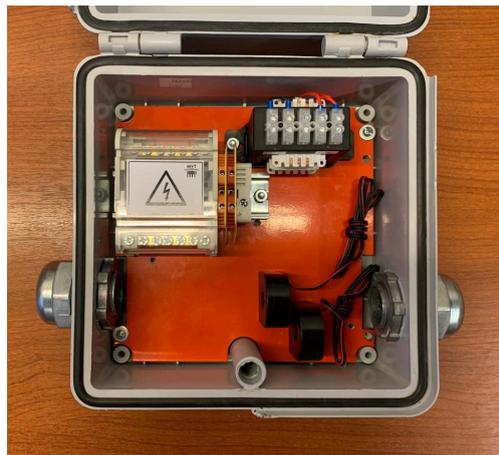
Dicho esto entonces las protecciones que incluye el equipo ACE-100 son por sobre intensidades y protegen principalmente al componente mas delicado del circuito, es decir, al integrado de medición ADE 9078. A este circuito ingresan muestras de tensión y de corriente. Luego de cálculo exhaustivos que tiene en cuenta los valores de **tensión** y **corriente** necesarios en la entrada que provocan en el circuito valores de tensión por encima de la tolerancia del integrado, se llegó a la conclusión que el valor de tensión de entrada que produciría un valor de tensión peligrosa a la entrada del integrado es más de 1000 Vac, se considera en este caso que el tablero es un valor que las condiciones del tablero no permitirían ya sea por las protecciones internas o por la capacidad del generador que entrega energía a estos tablero. Distinta es la situación de los valores de corrientes que

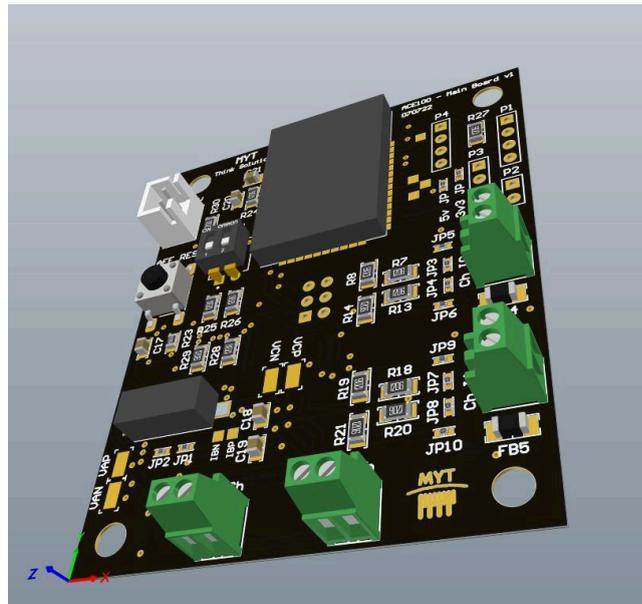
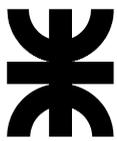


podrían provocar tensiones peligrosas a la entrada del integrado. También es importante tener en cuenta que es deseable que el equipo sea capaz de registrar valores elevados de tensión ya que estos registros pueden ser utilizados para evaluar el uso por parte de la mina de las bombas y llevar al recargo por malos usos, multas, etc por parte del proveedor de las bombas.

Teniendo en cuenta todos estos elementos, se optó por intercalar un fusible “de retardo” entre los transformadores de intensidad y la entrada al adaptador de señal de intensidad. Los fusibles quedan disponibles al exterior para poder cambiarlos en el caso de una falla destructiva en la bomba dentro de la mina y evitar de esta manera el traslado y el servicio técnico del ACE 100.

Los cálculos para la selección del fusible, los ensayos de los mismos y los datasheet de los componentes elegidos se encuentran en las secciones siguientes y en los anexos.

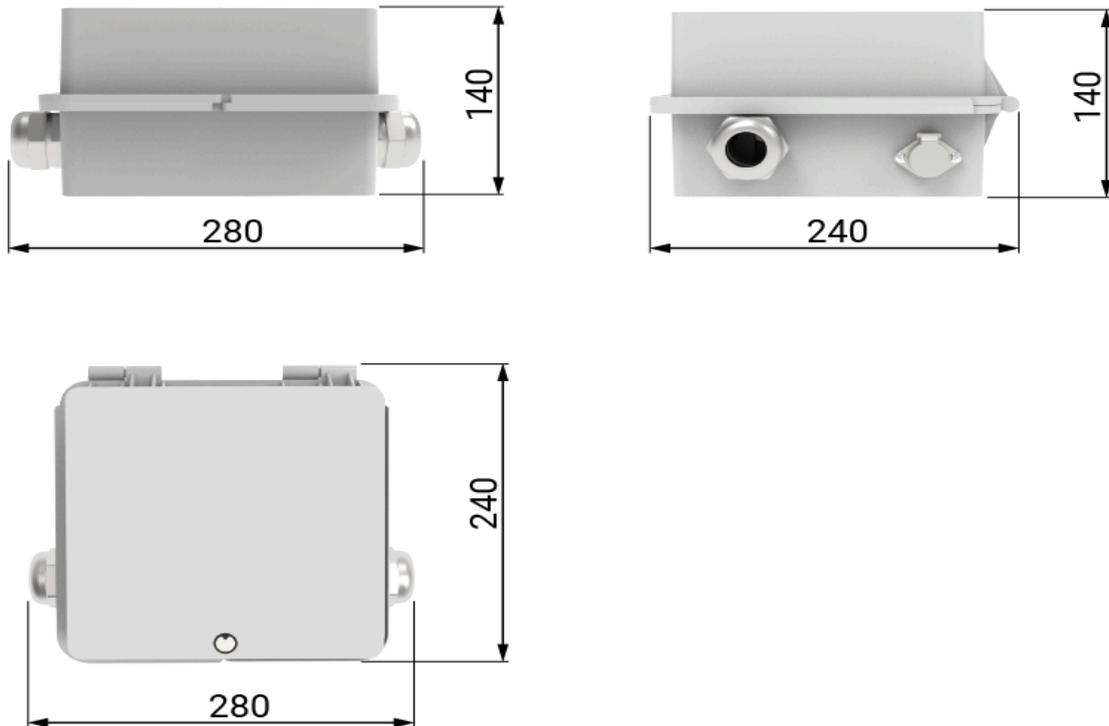
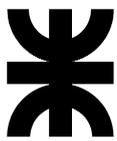




1.8.2.2 Gabinete

1.8.2.2.1 Dimensiones

Con dimensiones de 280 mm de ancho, 240 mm de alto y una profundidad variable de 140 mm para el perfil frontal y 240 mm en su base, proporciona un espacio interno

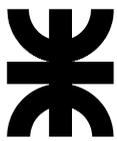


suficiente para albergar todos los componentes electrónicos necesarios para su operación, manteniendo al mismo tiempo un tamaño compacto que facilita su manejo e integración en espacios reducidos.

Cabe aclarar que estas imágenes son ilustrativas de las dimensiones, en la diseño real, hay espacio suficiente para poder girar el prensacable, como se puede ver en las imágenes reales del equipo que hay a lo largo del informe.

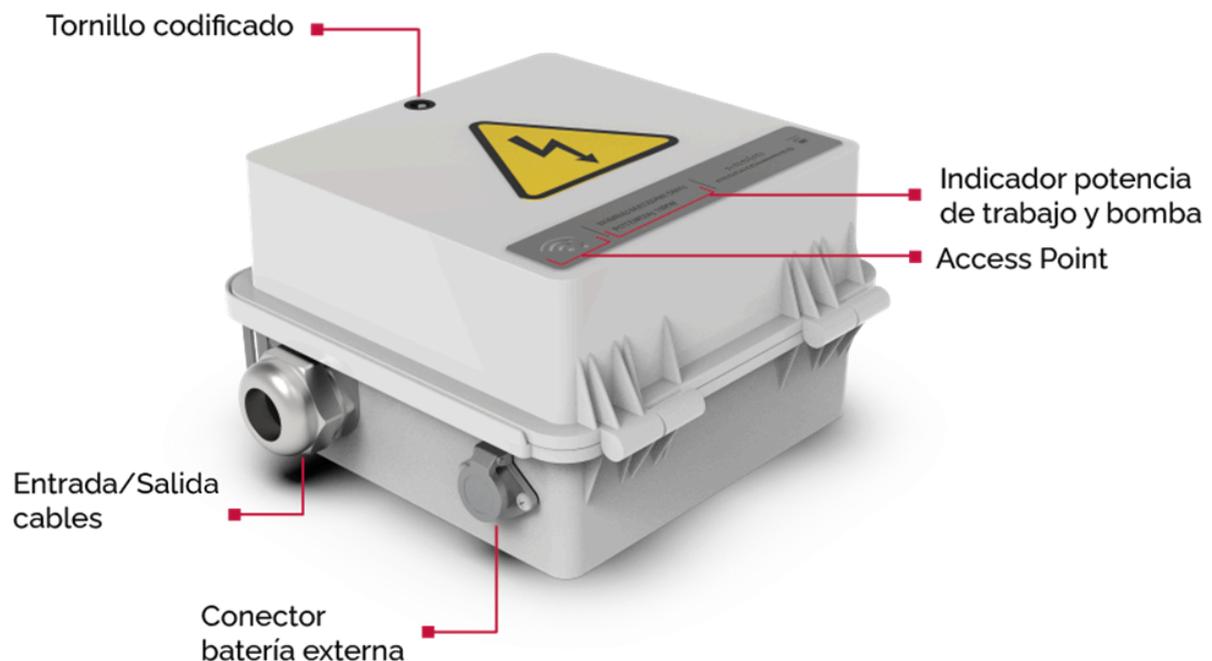
Este diseño robusto asegura que el ACE-100 pueda ser montado de manera segura y estable, permitiendo su uso en entornos extremos sin comprometer la accesibilidad o la funcionalidad del dispositivo. Los materiales seleccionados para su fabricación garantizan la durabilidad y resistencia a las condiciones de humedad, polvo y vibraciones típicas en las operaciones mineras.

El gabinete cuenta con puntos de fijación estratégicamente ubicados para facilitar su instalación en cualquier estructura o superficie, permitiendo una orientación adecuada para la optimización de la señal inalámbrica y accesibilidad para mantenimiento y revisión. La estructura del gabinete ha sido probada para soportar el estrés mecánico y los impactos que se pueden encontrar en el campo, garantizando que el ACE-100 continúe operando de manera fiable bajo las circunstancias más exigentes.

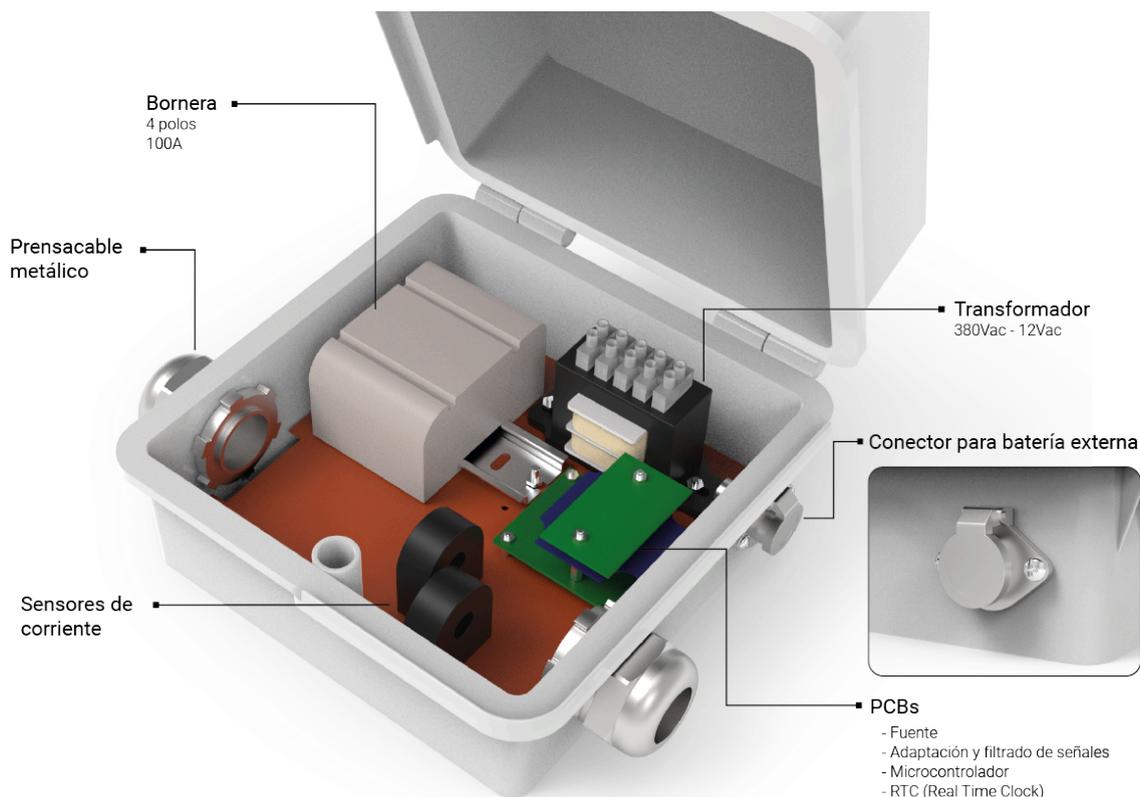
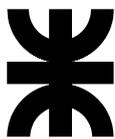


1.8.2.2.2 Características y Componentes del Gabinete

En el exterior, el gabinete cuenta con características distintivas como un tornillo codificado para acceso restringido y seguro, un indicador de potencia que ofrece una lectura rápida del estado operativo, un Access Point para conectividad inalámbrica con dispositivos externos, entradas y salidas de cables diseñadas para preservar la integridad de las conexiones, y un conector para batería externa que asegura la continuidad operativa del dispositivo.



Internamente, el ACE-100 alberga componentes de alta precisión. Bornes de 4 polos con capacidad para 100A facilitan la conexión eléctrica segura. Los prensaestopas metálicos aseguran la entrada y salida de los cables protegiéndolos de las condiciones adversas. El transformador de 380 Vac a 12 Vac adapta los niveles de tensión para los circuitos internos, y los sensores de corriente son fundamentales para la monitorización precisa del consumo energético de las bombas.

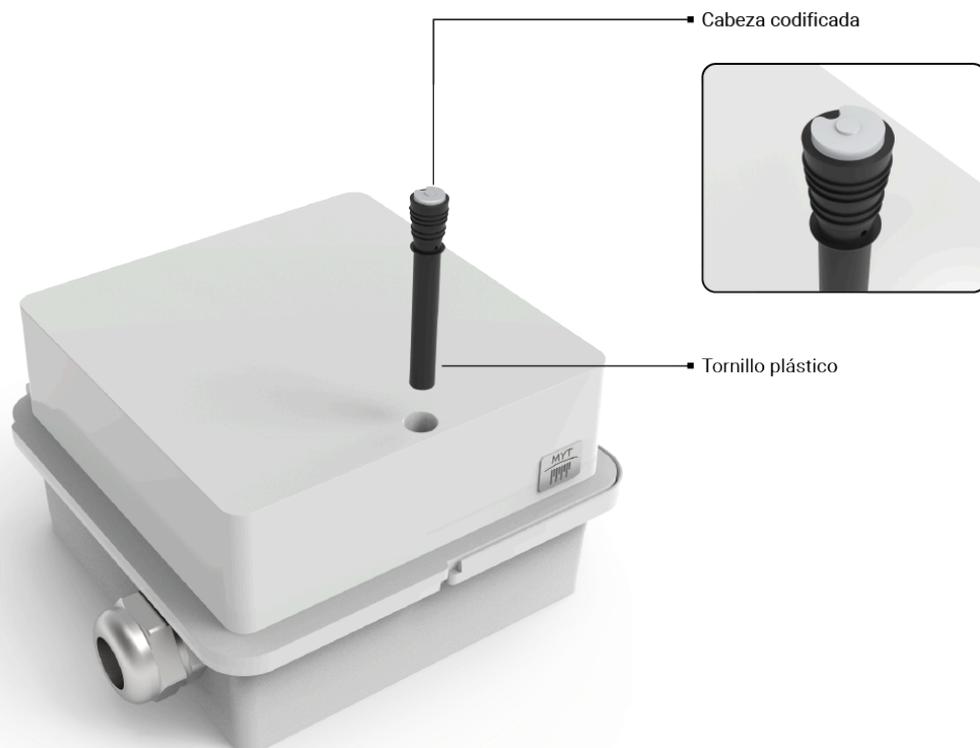
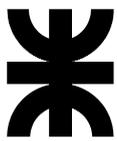


Los PCBs (Placas de Circuito Impreso) constituyen la base operativa del dispositivo, incluyendo una fuente de alimentación estable, circuitos para la adaptación y filtrado de señales, un microcontrolador que procesa los datos y gestiona la comunicación, y un RTC (Reloj en Tiempo Real) que aporta una referencia de tiempo exacta para los registros y mediciones.

Esta combinación de un diseño exterior duradero y componentes internos de vanguardia hace del ACE-100 un equipo indispensable para la supervisión eficaz y segura en la industria minera, proporcionando a los operadores y administradores una herramienta confiable para la toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados.

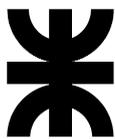
1.8.2.2.3 Apertura y cierre del ACE-100

El sistema de cierre del gabinete del ACE-100 ha sido concebido con un enfoque innovador que responde a las necesidades específicas de seguridad y resistencia ambiental requeridas en la industria minera. La incorporación de un tornillo plástico codificado es central en este diseño, asegurando que el acceso al interior del dispositivo sea exclusivo para personal con las herramientas especiales correspondientes, evitando así intervenciones no autorizadas y posibles daños o alteraciones en los componentes.



El tornillo, que destaca en la parte superior del gabinete, es una pieza clave en el cumplimiento de los estándares de protección IP65 del equipo. Su diseño es inteligente: una cabeza cónica con nervaduras que, al ser ajustadas en el cono receptor, generan un cierre hermético que protege contra la infiltración de agua y barro. Esta solución no solo mejora la estanqueidad del dispositivo sino que también contribuye a su durabilidad y fiabilidad en condiciones extremas.

La elección de mantener el cierre provisto por la fábrica subraya la prioridad dada a la integridad y seguridad del dispositivo. Las modificaciones realizadas para transformar el tornillo estándar en uno codificado reflejan un compromiso con la seguridad sin comprometer la estanqueidad y la confiabilidad del gabinete del ACE-100, garantizando que se mantenga impenetrable ante las duras condiciones a las que estará sujeto en el contexto minero.



1.8.2.3 Extracción de datos del equipo

1.8.2.3.1 Introducción

Para poder extraer los datos obtenidos por el equipo ACE-100 será indispensable que el equipo se encuentre energizado. En este segundo prototipo hay dos maneras de energizar el equipo:

- 1) Conectar la bomba de 18kW de consumo máximo de potencia, al tablero de tensión de 380V. Internamente el equipo toma la energía de alimentación entre sus fases L1 y L2 para el funcionamiento del microcontrolador y los bloques necesarios para la medición de horas de funcionamiento y demás parámetros.
- 2) Energizar el equipo por medio de una batería externa tipo "Power Bank" de 5Vdc y al menos 1.5A, utilizando el conector de alimentación lateral con certificación IP 67. Es importante aclarar en este punto que la condición IP 65 de la caja se mantiene con el conector cerrado, bajando con el conector hembra y su conector macho correspondiente conectado.

Es necesario contar además con un dispositivo capaz de conectarse a redes wifi y que tenga instalado un Navegador Web que permita realizar requests mediante protocolo http (Chrome sirve para este propósito, pero hay que tener cuidado de que el mismo no esté configurado por default para realizar solo solicitudes https, luego navegadores "nativos" de smartphones también suelen contar con la capacidad de realizar solicitudes http).

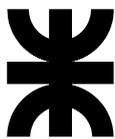
A continuación se detallan los pasos para la visualización de los datos del equipo mediante su web server y la extracción del archivo.

1.8.2.3.2 Activación de equipo como AP (Access Point)

En régimen regular el equipo se encuentra con su red wifi desactivada, por lo que es necesario activarla cuando se requiera visualizar sus datos y/o extraer el archivo de datos.

La activación del ACE-100-T en modo AP se realiza acercando el imán, suministrado junto con el equipo, a la etiqueta con la indicación WiFi.

Para que el equipo genere la red wifi y se active como AP es necesario acercar el imán al logo "wifi" que se encuentra en la parte superior del equipo antes de realizar el proceso de visualización y descarga de datos. De esta manera la red wifi generada por el equipo se activa y permanece disponible por 4 minutos. Transcurrido ese tiempo se deberá volver a acercar el imán al logo para volver a activar la red.



Una vez activada la red se procede de la siguiente manera:

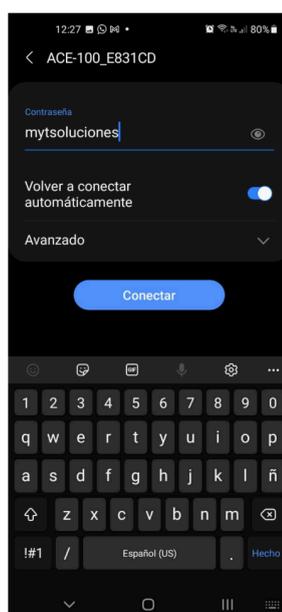
- 1) Activar la detección de redes wifi en el dispositivo a utilizar para visualizar los datos y/o descargar el archivo de datos del equipo. Si el ACE-100-T se activó correctamente como AP se debe visualizar que aparece una nueva red con el nombre ACE-100_XXXXXX (**Imagen a**).

Los últimos caracteres del nombre de la red se utilizan para identificar a cada equipo de manera única y están relacionados al número MAC del microcontrolador.

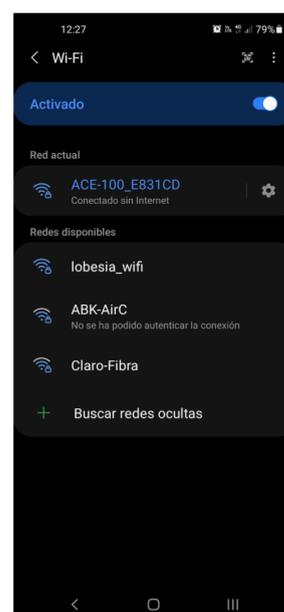
- 2) Seleccionar la red y colocar la contraseña suministrada: mytsoluciones (como se ve en la **Imagen b**).
- 3) Si los pasos fueron realizados correctamente y se pudo conectar al equipo ACE-100-T (deberá verse conectado sin internet o similar **Imagen c**).



(a) Red WiFi generada por ACE-100.



(b) Password.



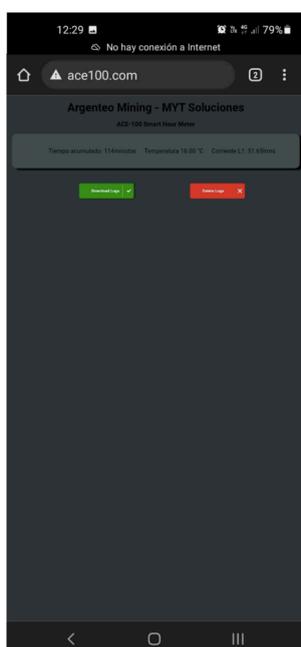
(c) Conexión exitosa.

- 4) Ingresar a un navegador web que permita realizar solicitudes http e ingresar la siguiente url: ace100.com. Se abrirá la siguiente página web en donde se visualizará:

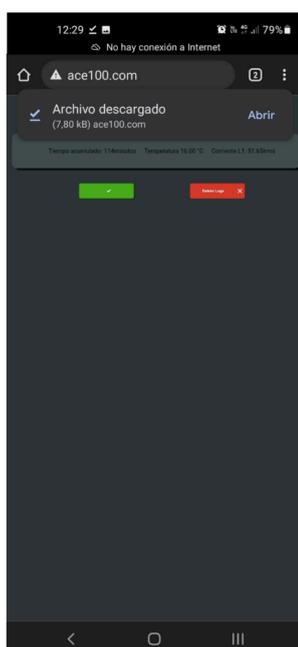
- a) Tiempo Acumulado. Muestra el tiempo acumulado de funcionamiento del motor hasta el momento en que fue activada la red wifi.



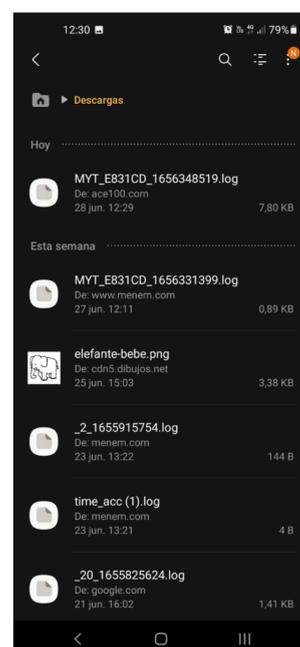
- b) Temperatura. Interna del ACE-100.
- c) Corriente L1. Valor de corriente medida hasta el momento en que fue activada la red wifi.
- d) Download Logs. Al presionar el botón el archivo de datos será descargado automáticamente.
- e) Delete Logs. Al presionar este botón el archivo de datos será eliminado completamente del ACE-100 y a partir de ese momento comenzará a escribirse uno nuevo.



(a) Web Server ACE-100.

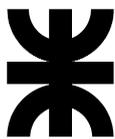


(b) Descarga.



(c) Nombre de archivo.

El archivo extraído no podrá ser leído por aplicaciones de texto convencionales ya que la codificación del mismo no lo permite, por lo que la única manera de observar los datos descargados será mediante la aplicación web.



1.8.2.4 Aplicación Web

Una vez extraídos los datos, estos deben ser subidos a un servidor web. Las funciones principales del servidor incluyen:

- Desencriptar el archivo que contiene las mediciones.
- Almacenar los valores en una base de datos.
- Proveer una interfaz para la visualización y el análisis de alarmas, así como las horas de uso registradas en los motores.

1.8.2.4.1 Carga de datos al servidor web

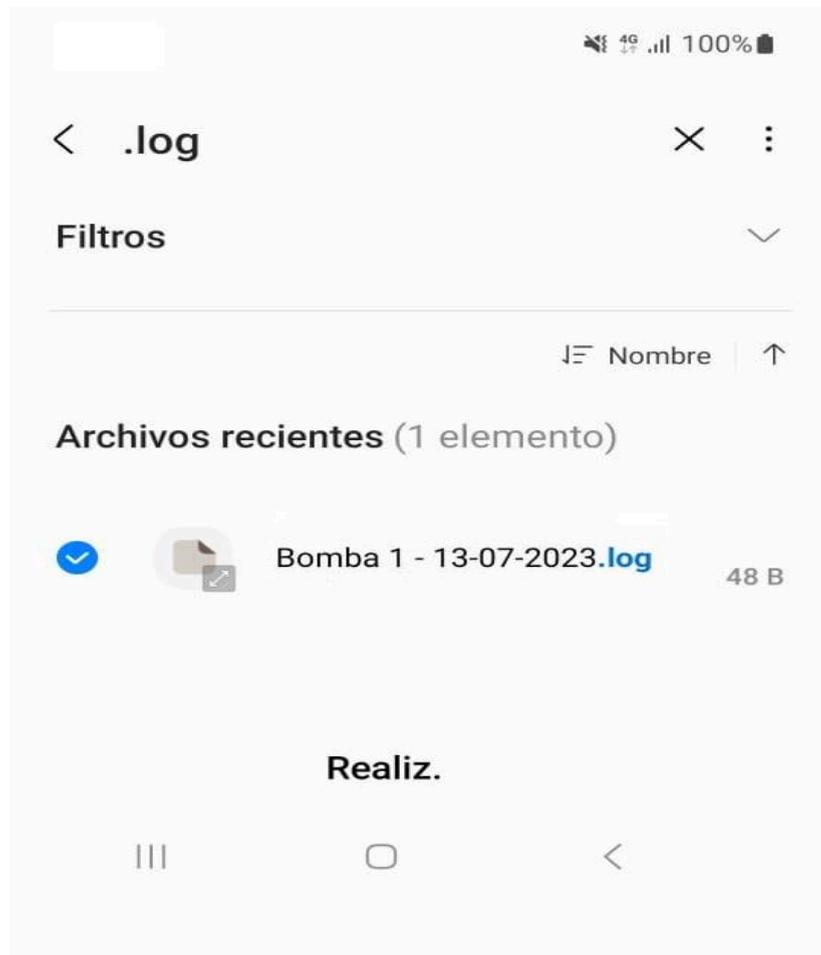
Después de obtener las mediciones del equipo, como se detalla en la Sección **5.1.2.3** - "**Extracción de Datos del Equipo**", el usuario debe conectarse a través de Internet a un servidor web para subir los datos.

Los pasos a seguir son:

1. Iniciar sesión en la página web con las credenciales de usuario proporcionadas junto con el equipo.
2. Seleccionar el botón con el símbolo "+" como se muestra en la imagen.



3. Presionar el botón "Subir", lo cual abrirá el explorador de archivos del dispositivo.
4. Elegir el archivo que se desea subir a la web (se sugiere filtrar por archivos con extensión .log).



5. Tras la carga del archivo, se mostrará un mensaje de confirmación al usuario. En caso de error, se deberá repetir el paso 4.

Como se puede apreciar, los pasos a seguir por el usuario de la mina son sumamente sencillos. Esta simplicidad en el proceso asegura una experiencia de usuario eficiente y libre de complicaciones, permitiendo una gestión rápida y efectiva de los datos.

ACLARACIÓN: El servidor web garantiza la idempotencia en la carga de datos. Esto significa que si se sube el mismo archivo dos veces, o si se cargan dos archivos diferentes del mismo motor pero con mediciones en horarios superpuestos, el servidor eliminará automáticamente las mediciones duplicadas.



1.8.2.4.2 Visualización de los datos

El cliente proveedor de las bombas puede monitorear el funcionamiento de las bombas alquiladas siguiendo estos pasos:

1. Iniciar sesión en la página web utilizando las credenciales propias del usuario.
2. En la barra izquierda, se verá una sección con todas las bombas disponibles, seleccionando la bomba específica a revisar.



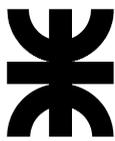
3. Se mostrará un panel con diversas mediciones de la bomba seleccionada.

En la sección superior se puede ver:

- Nombre del motor,
- Horas totales de funcionamiento
- Número de alarmas totales

Mientras que en el centro se puede ver el detalle de cada alarma, donde se indica:

- La fecha de la alarma
- El valor que la disparó
- El tipo de alarma



Cliente: Argenteo Mining
Archivo: upload/Bomba 6.log
Horas de Funcionamiento: 0:51
Alarmas Totales: 16

ACE-100 - MyT SOLUCIONES ?

MENU

CERRAR VISTA EXPORTAR CSV

Horas Por Dia Alarmas

Tamaño ajustable Reordenable Ocultar columnas Sin bordes Sin bordes hasta ajustar tamaño (?)

| Fecha | Valor | Tipo de alarma (Voltaje, Corriente) |
|---------------------|-----------|---|
| 21/11/2023 00:27:41 | 18.5 [A] | Subintensidad (valor de corriente bajo) |
| 21/11/2023 00:29:40 | 402.2 [V] | Sobretension (valor de tension alto) |
| 23/11/2023 00:44:53 | 359.4 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 23/11/2023 00:46:04 | 359.1 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 21/11/2023 00:47:16 | 359.0 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 21/11/2023 00:48:39 | 359.0 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:27:41 | 18.5 [A] | Subintensidad (valor de corriente bajo) |
| 20/11/2023 00:29:40 | 402.2 [V] | Sobretension (valor de tension alto) |
| 20/11/2023 00:44:53 | 359.4 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:46:04 | 359.1 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:47:16 | 359.0 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:48:39 | 359.0 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:55:35 | 359.7 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:56:47 | 359.5 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:58:10 | 359.5 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |
| 20/11/2023 00:59:22 | 359.4 [V] | Subtension (valor de tension bajo) |

A través de esta interfaz, los empleados de Argenteo pueden analizar y determinar si un fallo reportado en alguna bomba es resultado de un uso indebido por parte del cliente de la mina o se debe a un fallo normal de funcionamiento. Esta capacidad de análisis detallado es crucial para el mantenimiento efectivo y la gestión de responsabilidades.

1.8.2.4.3 Estructura del servicio

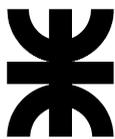
Se tienen 2 repositorios de github para manejar la aplicación:

Repositorio de Backend:

Este lugar almacena el código de la aplicación. Es responsable de tres tareas principales:

- Desencriptar los archivos de datos cargados.
- Cargar estos datos en una base de datos SQL
- Proveer una interfaz para que los usuarios puedan monitorear los datos.

El código está desarrollado usando Python 3.10.



En la siguiente sección describimos cómo es el funcionamiento general del servicio.

Repositorio de Infraestructura:

Aquí se almacena el código que define cómo se construye y se mantiene la estructura técnica de nuestra aplicación. Utilizamos Terraform en conjunto con los servicios web de AWS.

Terraform permite describir la infraestructura necesaria para una aplicación en forma de código. Esto significa que, en lugar de configurar manualmente servidores, redes y otros servicios en la nube, escribimos instrucciones en un archivo que Terraform puede entender y ejecutar.

Al definir la infraestructura como código, Terraform asegura que la configuración sea consistente y reproducible. Esto reduce significativamente el riesgo de errores humanos que pueden ocurrir al configurar servicios manualmente.

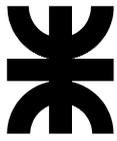
Terraform puede manejar y orquestar todos los recursos de AWS (y otros proveedores de nube) de manera eficiente. Esto incluye la creación, modificación y eliminación de recursos según sea necesario, lo que ayuda a evitar la sobrecarga de recursos y a reducir costos.

Las ventajas de utilizar Terraform en este proyecto son las siguientes:

- La automatización reduce significativamente el tiempo y el esfuerzo necesarios para configurar y mantener la infraestructura.
- Al tener la infraestructura definida como código, es más fácil realizar seguimiento de los cambios y mantener un control de versiones eficiente.
- Terraform permite integrar prácticas de seguridad desde el principio de la configuración, garantizando el cumplimiento de las políticas de seguridad y privacidad.
- Al estar definida en código, la infraestructura puede ser compartida, revisada y modificada por diferentes miembros del equipo, fomentando la colaboración.

Integración y Automatización con CircleCI

CircleCI es una herramienta de integración y despliegue continuos (CI/CD) que juega un papel crucial en la gestión automatizada de nuestro proyecto. Veamos cómo se integra con nuestros repositorios de backend e infraestructura:

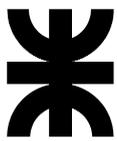


1) Sincronización con el Repositorio de Backend

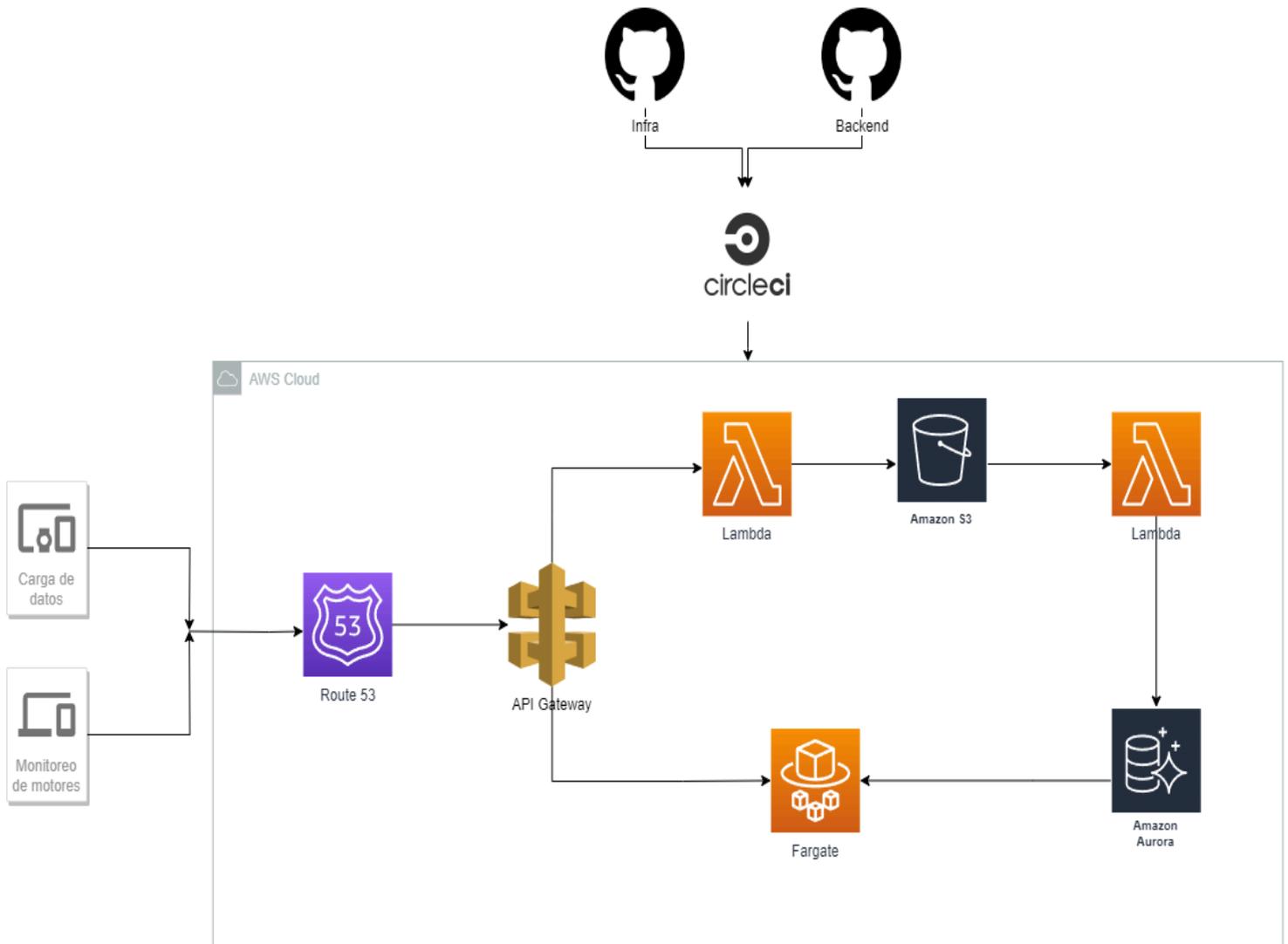
- Cada vez que se realiza un cambio en el código del backend (como un 'merge' o fusión de código en el repositorio), CircleCI se activa automáticamente.
- Realiza una serie de pruebas para asegurarse de que los nuevos cambios no introduzcan errores o problemas en la aplicación.
- Si las pruebas son exitosas, CircleCI procede a actualizar la aplicación con los últimos cambios. Esto asegura que la versión más reciente y probada del código esté siempre en funcionamiento.

2) Sincronización con el Repositorio de Infraestructura

- Cuando se modifica el código en el repositorio de infraestructura (que utiliza Terraform), CircleCI también se encarga de ejecutar estos cambios.
- Esto incluye la actualización de los servicios de AWS (como se explicará más adelante, utilizando Fargate, Lambdas, S3, etc) y como estos se conectan entre sí.
- Al igual que con el backend, CircleCI asegura que estos cambios se apliquen de manera correcta y eficiente en el entorno de AWS.



Funcionamiento general del servicio:



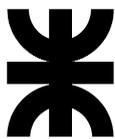
1) Registro de Dominio:

Tenemos un nombre de dominio registrado en un servicio de AWS llamado Route 53. Amazon Route 53 es un servicio web de sistema DNS escalable y de alta disponibilidad.

2) Manejo de Rutas y Archivos:

Cuando alguien utiliza nuestra aplicación, un sistema llamado API Gateway de AWS dirige las solicitudes a los lugares correctos:

- Si se quiere subir un archivo, una función llamada Lambda (es un servicio informático que permite ejecutar código sin aprovisionar ni administrar servidores) toma el archivo, verifica que esté en el formato correcto, lo descripta y lo guarda en un servicio llamado S3, que es un servicio de almacenamiento en la nube.



- Después, otra Lambda sincronizada con el S3 se activa automáticamente con la llegada de un nuevo archivo, lee este archivo y pasa los datos a una base de datos llamada Amazon Aurora, que es una base de datos relacional completamente serverless compatible con MySQL y PostgreSQL (en nuestro caso, la utilizamos con PostgreSQL).

3) Visualización y Monitoreo de Datos:

Para ver y monitorear los datos, como los de los motores, el API Gateway dirige las solicitudes a un servicio de AWS llamado Fargate.

En Fargate, tenemos desplegada una aplicación web que se encarga de mostrar estos datos. Esta aplicación funciona dentro de contenedores proporcionados por Docker, una plataforma que permite empaquetar una aplicación con todas sus dependencias en un contenedor estandarizado.

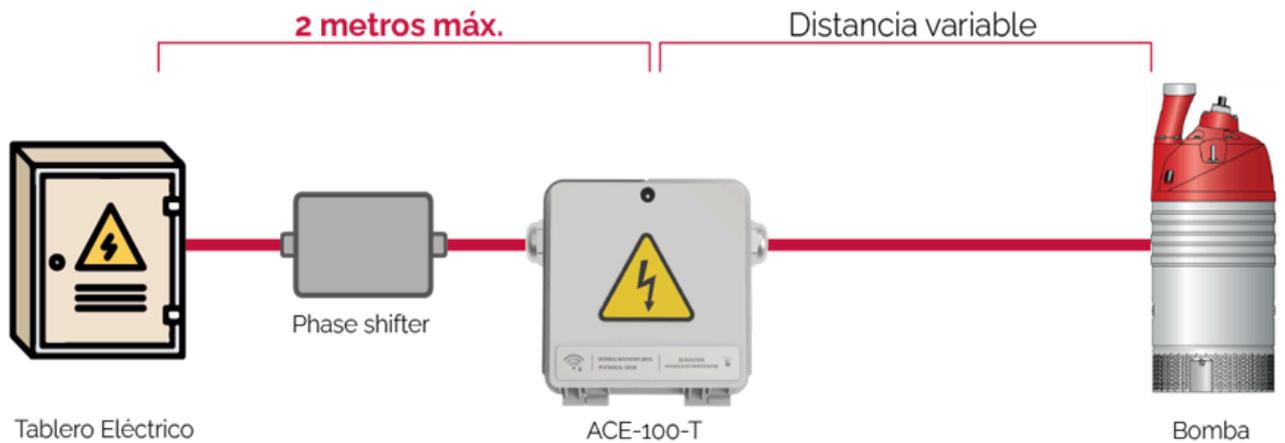
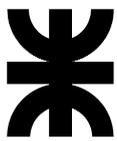
Esta estandarización significa que la aplicación puede ejecutarse de manera consistente en cualquier entorno, eliminando problemas comunes relacionados con las diferencias de los entornos de software. Fargate, al igual que Aurora, es un servicio serverless, lo que implica que no necesitamos gestionar servidores físicos o virtuales.

Los servicios serverless como estos nos permiten enfocarnos en el código y las funcionalidades de la aplicación, mientras AWS se encarga de la infraestructura, la escalabilidad y el mantenimiento. Esto resulta en una mayor eficiencia y flexibilidad, reduciendo la carga operativa y los costos asociados con la gestión de infraestructura.

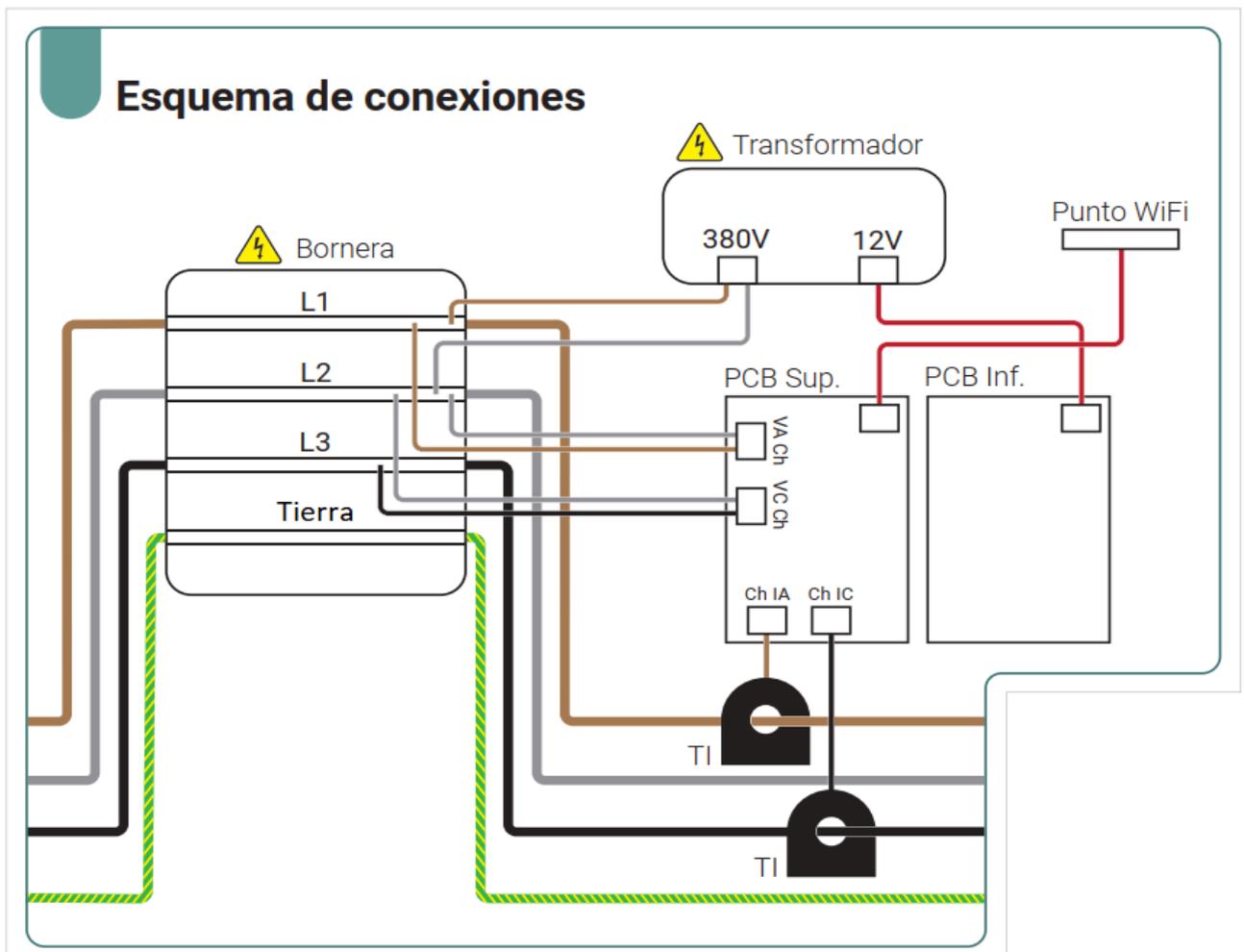
1.8.3 Conexión e instalación

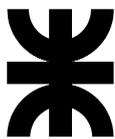
1.8.3.1 Conexión

El ACE-100-T saldrá conectado e instalado desde Argenteo y se encontrará ubicado entre el phase shifter y la bomba electrosumergible. El equipo debe permanecer a una distancia **no mayor de 2 metros** desde el tablero eléctrico al que fue conectado, mientras que la distancia entre el ACE-100-T y la bomba puede variar según el requerimiento. Además, tener en cuenta que el equipo debe ser colocado en un lugar y altura fácilmente accesible a pie.



El equipo funciona bajo la modalidad “plug and play”, por lo que una vez conectado al tablero de alimentación de 380 Vac, empezará a registrar los datos de cantidad de horas de funcionamiento y parámetros de calidad de energía en el momento en que la bomba electrosumergible comience a funcionar, sin la necesidad de realizar ningún otro paso extra.





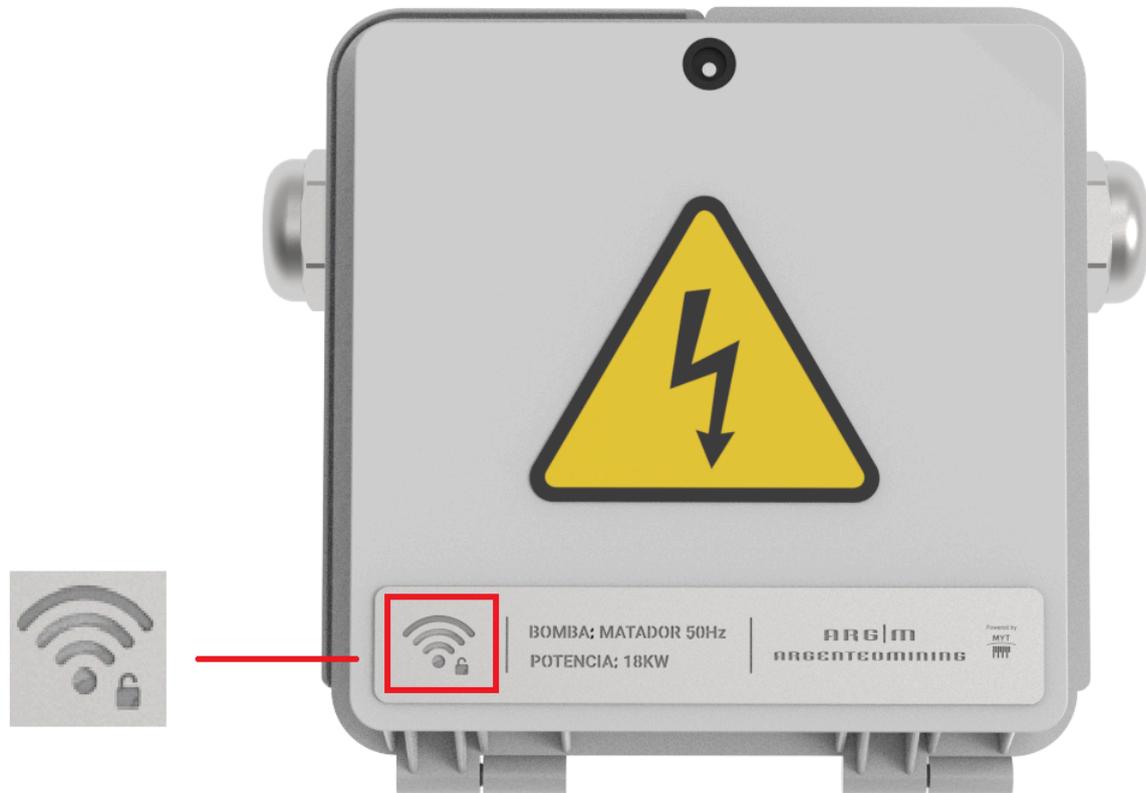
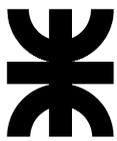
1.8.3.2 Verificación de calibración de mediciones

Para poder constatar que el equipo ACE-100 esté calibrado correctamente y que sus mediciones se condicen con la realidad se necesitará de los siguientes instrumentos de medición (Se da por sentado que estos instrumentos se encuentren calibrados y contrastados según las recomendaciones y especificaciones de los fabricantes de los mismos):

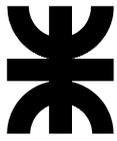
- Voltímetro
- Amperímetro
- Vatímetro

Una vez que se cuente con el instrumental requerido, y que se haya instalado y conectado el equipo ACE-100 según lo especificado en la presente guía/manual, se podrá proceder a la prueba de verificación de calibración, la cual se describe en los siguientes pasos:

- 1) Se procede en el tablero a habilitar la energía que alimentará al phase shifter, ACE-100 y la bomba.
- 2) Se coloca el phase shifter en la posición correspondiente para que la bomba gire en el sentido correcto para extracción.
- 3) Una vez que la bomba se encuentre en funcionamiento correcto (sentido de giro correcto) se debe esperar 1 minuto (60 segundos) para garantizar que el equipo se encuentre en funcionamiento.
- 4) Luego del tiempo indicado en el paso anterior se procede a realizar la medición con los instrumentos antes mencionados. Para realizar esto se deberá medir la tensión entre la línea "Marrón" (cable positivo) con respecto a la línea "Gris" (cable negativo), la corriente en la línea "Marrón" y la potencia en la misma línea.
- 5) Con los instrumentos de medición colocados y realizando cada uno su respectiva medición (según el paso 4), se procede a activar el web server del dispositivo ACE-100-T, para lo cual se acerca el imán a la sección indicada en la caja del equipo (como se puede observar en la siguiente imagen).



- 6) Una vez activado el web server conectarse a la red Wi-Fi generada (con un Smartphone) con las credenciales correspondientes, y acceder a la página para ver los datos.
- 7) Una vez visualizados los valores en la pantalla del Smartphone (Voltaje V1; Corriente V1 y Potencia Activa), comparar con los valores obtenidos en el instrumento.
- 8) Luego de hacer las comparaciones y registrar los valores, retirar el imán de la caja (si es que este continúa allí) y esperar a que se desactive el web server para proseguir, esto quiere decir que la red Wi-Fi del ACE-100 ya no está disponible.
- 9) Terminada la medición anterior y estando seguro que se ha desactivado el web server, se procede a colocar el voltímetro entre la línea “Negra” (cable positivo) y la “Gris” (cable negativo) y el amperímetro en la línea “Negra”.
- 10) Colocados los instrumentos, repetir los pasos 5 y 6.
- 11) Una vez visualizados los valores en la pantalla del Smartphone (Voltaje V2; Corriente V2), comparar con los valores obtenidos en el instrumento.
- 12) Completada la medición y registrados los valores, proceder a repetir el paso 8.



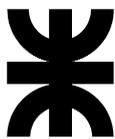
- 13) Terminada la medición anterior y estando seguro que se ha desactivado el web server, conectar el voltímetro entre la línea “Marrón” (cable positivo) y “Negra” (cable negativo) y el amperímetro en línea “Gris”.
- 14) Colocados los instrumentos, repetir los pasos 5 y 6.
- 15) Una vez visualizados los valores en la pantalla del Smartphone (Voltaje V3; Corriente V3), comparar con los valores obtenidos en el instrumento.
- 16) Completada la medición y registrados los valores, proceder a repetir el paso 8.

Terminados estos pasos queda corroborada la calibración de cada línea, ante cualquier valor atípico o incongruente en las mediciones, comunicarse con el servicio técnico de Argenteo. La medición del equipo tiene un margen de precisión de $\pm 5\%$, si los valores de los instrumentos de medición discrepan con el equipo dentro de esta precisión, se considera el equipo como correctamente calibrado.

ACLARACIONES: La medición que el equipo muestra a través del smartphone es la medición realizada al momento de activar el web server (es decir, al acercar al imán al lugar indicado), por lo que, si entre una medición y el acceso al web server se demora demasiado, puede generar una diferencia a causa de algún cambio en la carga, por lo que se recomienda realizar ese paso nuevamente.

Para los pasos 5 y 6 si se tienen dudas, recurrir a la sección correspondiente a “Carga y Visualización de datos” en la presente guía.

Además, cabe aclarar que este proceso es solo para verificar la correcta instalación del equipo, NO para certificar sus mediciones. Las mediciones del equipo ya se encuentran certificadas (como se explica en la sección **6.1 - Certificación de mediciones**).



1.8.3.3 Conexión batería externa



Especificaciones eléctricas de la batería externa:

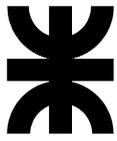
- Tensión de salida: 5Vdc
- Corriente de salida: 1,2A

Luego de verificar que el equipo no se encuentre conectado al tablero de 380Vac, se puede proceder a energizar el equipo mediante una batería externa de las características mencionadas.

Para verificar la alimentación se puede proceder a iniciar el equipo como Acces Point.

IMPORTANTE:

- Nunca conectar la batería mientras el equipo se encuentre conectado al tablero de alimentación de 380 Vac.
- Utilizar solamente el conector proporcionado junto con el equipo.



1.8.4 Ensayos

Para la realización de los ensayos de la solución integral, la puesta a punto, prueba de instalación y calibración, se utilizaron las instalaciones del cliente interesado en la tecnificación de sus bombas y en la modernización de sus sistema de negocios con el objetivo de eficientizar su uso y maximizar su vida útil. En estas instalaciones se pudo realizar la instalación del equipo en una bomba de 18kW real luego de ser verificada y puesta a punto por el personal de la empresa. Se aprovechó además la oportunidad para mostrarle al personal como es la instalación y de esta manera se pudo recolectar información acerca de la experiencia de usuario por parte de los instaladores.

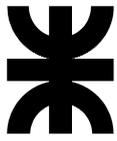
El laboratorio cuenta con un tablero trifásico industrial con las protecciones adecuadas para las intensidades de corriente manejadas por los equipos de la empresa y con medidores de tensión y corriente en las 3 líneas. Si bien esta posibilidad brinda una comodidad considerable a la hora de la calibración se optó por utilizar elementos contrastados (pinzas amperométricas de las marcas Fluke y Tektronix) para mayor fidelidad en las medidas. A su vez el elemento más importante dentro del laboratorio es la pileta que utilizan para el mantenimiento y puesta a punto de las bombas, junto con una grúa ubicada en el techo que nos permitió probar el equipo en funcionamiento bombeando fluido y bombeando en vacío.

En las imágenes siguientes se puede observar el lugar de los ensayos:



Los pasos realizados en este ensayo fueron los siguientes:

- 1) Instalación del equipo en la bomba de 18kW y presentación del procedimiento al personal.
- 2) Monitoreo del funcionamiento del equipo durante todo el ensayo mediante la conexión de una notebook con el objetivo de observar los logs del sistema y poder detectar fallas y lograr la calibración del equipo en las mediciones.
- 3) Calibración del equipo en condiciones normales de funcionamiento, esto es con la bomba sumergida, con alimentación de $380 \pm 10\%$ y con agua como fluido. El procedimiento constó de la observación de los valores registrados por equipo, medición de tensiones y corrientes a través de instrumentos contrastados y posterior corrección en caso de ser necesario de parámetros de ajuste dentro del firmware del equipo.



- 4) Ensayo de la bomba en vacío con el objetivo de obtener alarmas por valores de intensidad elevados y contrastación de las mediciones obtenidas por los instrumentos y el equipo ACE-100.
- 5) Extracción de los datos guardados por el equipo ACE-100 a través del web server local mediante un dispositivo móvil y observación de los datos en app para corroborar la correcta trazabilidad de los datos.
- 6) El proceso se continuó las veces necesarias hasta que se obtuvieron mediciones con una precisión menor a un 4%.

Una vez calibrado el equipo se dejó en las instalaciones para que el cliente pudiese experimentar y poner a prueba el equipo durante largos periodos de tiempo.

1.8.4.1 Certificación de mediciones

La implementación de los ensayos de certificación del ACE-100 se ha llevado a cabo con el objetivo primordial de validar su capacidad para monitorizar y registrar eventos críticos de la operación de bombas en el sector minero, tales como las alarmas de corriente y tensión. La complejidad de estos ensayos radica en replicar con exactitud las condiciones operativas que el dispositivo enfrentará en su aplicación real.

1.8.4.1.1 Procedimiento de Certificación

La metodología empleada en los ensayos consistió en someter al ACE-100 a condiciones controladas de sobre-tensión, sub-tensión, sobre-corriente y sub-corriente, ajustando los parámetros para activar y registrar las alarmas en los umbrales definidos por el cliente. Para ello, se utilizó un conjunto de instrumentos de alta precisión, incluyendo un autotransformador variable, un multímetro digital y una pinza amperométrica, todos con certificaciones vigentes que corroboran su exactitud.



1.8.4.1.2 Elementos Utilizados

La elección de los elementos utilizados en los ensayos fue crítica para garantizar la validez de los resultados. Se emplearon:

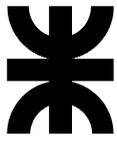
- Autotransformador de salida variable (El Toroide; 0 a 400V)
- Multímetro Digital Kyoritsu - KEW 1051 (Certificado 27/02/2023)
- Pinza amperométrica Kyoritsu - KEW SNAP 2056R (Certificado 24/08/2022)
- Pinza amperometrica Fluke 337 - (Certificado 14/10/2022)
- Transformador (Bobinado/Toroide) a medida (corrientes de 0 a 200A)
- Borneras de múltiples conexionado

- Conectores Banana/Banana y Banana/Coco



1.8.4.1.3 Resultados de los Ensayos

El ACE-100 exhibió un desempeño excepcional al responder a las condiciones de ensayo, activando las alarmas en los intervalos de tiempo previstos. Se observó una concordancia significativa entre los valores medidos por el dispositivo y aquellos obtenidos con los instrumentos certificados, lo cual es testimonio de la precisión del equipo.



1.8.4.1.4 Conclusión y próximos pasos

Las pruebas han demostrado la idoneidad del ACE-100 para ser implementado en entornos operativos exigentes, cumpliendo con los estándares de medición y seguridad requeridos. Este proceso ha proporcionado la confirmación de la capacidad del dispositivo.

Los detalles técnicos completos y el informe de certificación se presentan en el **Anexo 6.2.1 - Certificación de mediciones** de este informe, complementado con evidencia la metodología aplicada y los resultados obtenidos en cada fase de los ensayos.

1.8.4.2 Certificación de protecciones

La integridad operativa del ACE-100 depende crucialmente de su capacidad para manejar condiciones eléctricas anómalas sin comprometer sus componentes internos. Por esta razón, se han realizado ensayos exhaustivos para certificar la eficacia de los fusibles de retardo en su rol como protectores del sistema ante fluctuaciones de corriente.

1.8.4.2.1 Objetivo del Ensayo

El propósito central de estos ensayos fue validar que los fusibles seleccionados para el ACE-100 responden adecuadamente ante picos de corriente generados durante el arranque de las bombas y, a su vez, actúan eficientemente al cortar la corriente para prevenir daños en caso de una falla. Se buscaba asegurar que los tiempos de actuación del fusible coincidieran con los requerimientos operativos, permitiendo el arranque sin interrupción pero proporcionando una respuesta rápida ante condiciones de falla.



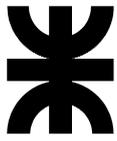
1.8.4.2.2 Elementos y Metodología

Elemento a ensayar:

- **Fusible de retardo** de 63mA y 250VAC, seleccionado por sus características de retardo para cumplir con los requisitos de protección del equipo.

Equipos/Elementos empleados:

- **ACE-100:** Modificado para la incorporación de portafusibles, asegurando la integración y accesibilidad de los fusibles en el diseño.
- **Autotransformador Variable (toroide):** Con un rango de 0 a 400V, utilizado para simular las variaciones de tensión que el equipo podría encontrar en su funcionamiento normal y en condiciones de falla.
- **Transformador a Medida:** Un toroide diseñado específicamente para el ensayo, capaz de generar corrientes de hasta 200A, utilizado para probar la respuesta del fusible bajo diferentes cargas de corriente.



- **Borneras de Múltiples Conexiones:** Facilitan una conexión segura y confiable durante las pruebas, asegurando la integridad de las conexiones y la precisión de las mediciones.
- **Conectores Banana/Banana y Banana/Coco:** Utilizados para establecer conexiones fiables y de fácil manejo entre los equipos de medición y el ACE-100.
- **Multímetro Digital Tektronix:** Proporciona lecturas precisas de tensión y corriente, esencial para verificar los valores aplicados durante los ensayos.
- **Amperímetro Fluke:** Reconocido por su exactitud y confiabilidad, es clave para medir la corriente de forma precisa durante las pruebas de sobrecarga y protección.

Cada uno de estos componentes fue seleccionado por su fiabilidad y precisión, asegurando la validez de los ensayos y la certificación de los fusibles de retardo en su función protectora dentro del ACE-100.

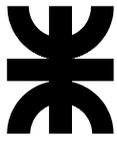
1.8.4.2.3 Desarrollo del Ensayo

La validación de los fusibles de retardo constituye un paso crítico para confirmar la protección efectiva del ACE-100 contra anomalías eléctricas. El ensayo se estructuró en fases sucesivas, comenzando con la configuración precisa del circuito de prueba, que incluía la integración de autotransformadores y bobinados especiales, conectados directamente a los transformadores de corriente (TI) y monitoreados a través de interfaces de consola.

El enfoque inicial fue establecer los parámetros de saturación de los TI, asegurando así la protección del equipo durante las pruebas de sobrecarga. Con este límite definido, se procedió a someter a los fusibles a niveles incrementales de corriente, comenzando con un 150% de su capacidad nominal y escalando hasta condiciones extremas que superan el 400% de dicha capacidad.

Los fusibles se mantuvieron intactos más allá de los tiempos de actuación previstos, una observación que, si bien difiere de las especificaciones estándar, demuestra su idoneidad en el contexto operativo del ACE-100, permitiendo el arranque de las bombas sin activar la protección de forma prematura y respondiendo de manera adecuada en situaciones de falla real.

Cada fase de la prueba fue documentada y los resultados confirmaron que, tras la activación de los fusibles en las condiciones establecidas, el ACE-100 continuaba operando sin alteraciones, validando la selección y la funcionalidad de los fusibles de retardo dentro del diseño del sistema.



1.8.4.2.4 Conclusiones y Consideraciones Finales

Las pruebas arrojaron resultados positivos, confirmando que los fusibles y su implementación en el circuito son adecuados para el funcionamiento previsto del ACE-100. Se comprobó la capacidad de los fusibles para tolerar las condiciones normales de arranque de la bomba sin interrupción y su pronta actuación para proteger el equipo en caso de fallos.

Tras los ensayos de sobrecarga, el ACE-100 retomó su funcionamiento normal sin necesidad de intervenciones adicionales, validando así la resiliencia del sistema y la correcta elección de los componentes de protección.

Los detalles técnicos completos y el informe de certificación se presentan en el **Anexo 6.2.2 - Certificación de protecciones** de este informe, complementado con evidencia la metodología aplicada y los resultados obtenidos en cada fase de los ensayos.

1.8.4.3 Pruebas de gabinete

1.8.4.3.1 IP65

Factor a ensayar

Evaluación del filtrado de agua a través de los prensacables, considerando la inclusión de una chapa soporte correa.

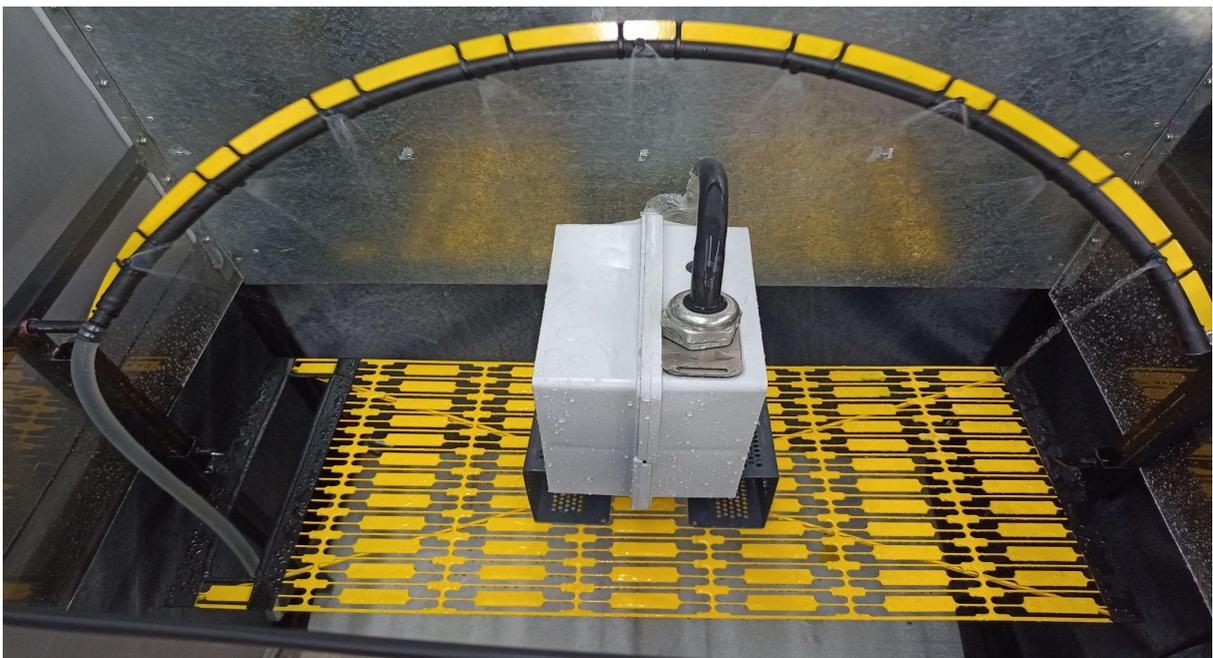
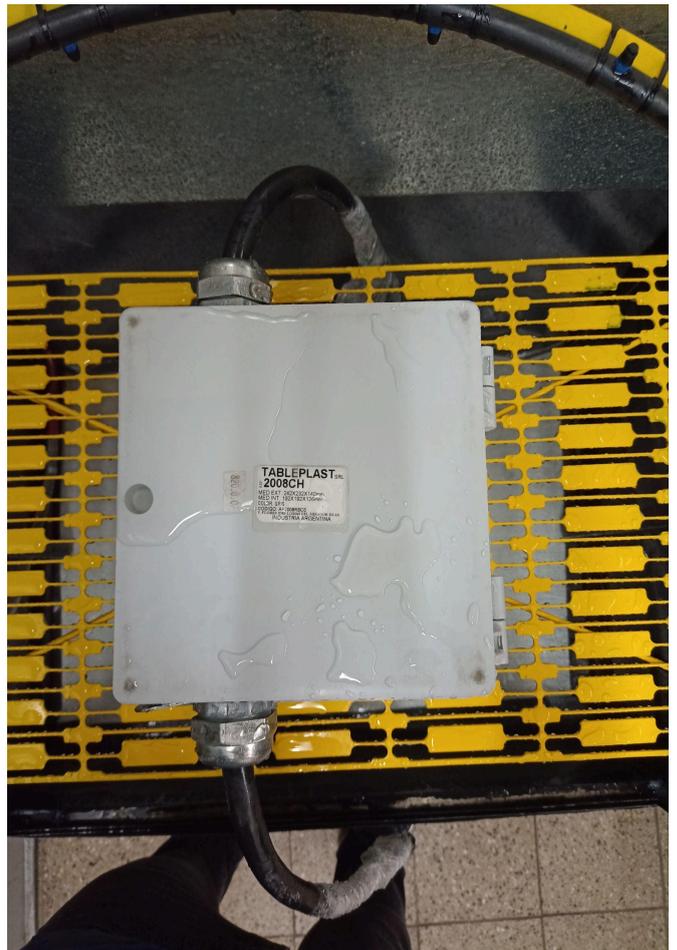
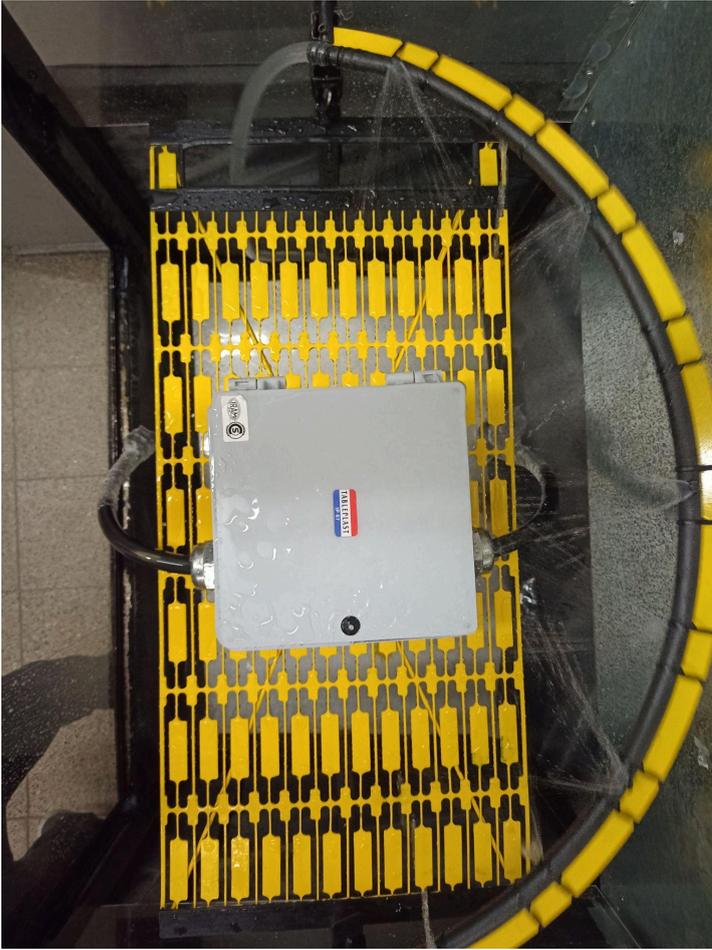
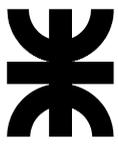
Hipótesis

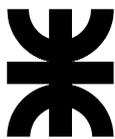
Se anticipa que no habrá filtración de agua a través de los prensacables debido a la presencia de un o-ring entre el prensacable y la chapa soporte de correa.

Norma o Procedimiento

El dispositivo fue sometido a pruebas de estanqueidad en tres posiciones diferentes, cada una durante 5 minutos. Se utilizó una cámara de estanqueidad para simular condiciones de humedad. Las 3 posiciones ensayadas fueron:

- Base hacia abajo
- Base hacia arriba
- Base vertical con prensacables hacia arriba





Cámara de estanqueidad equipada con un sistema de manguera en forma de arco para ensayar el contacto con agua desde varios ángulos.

Condiciones y Resultados

El ensayo se realizó en un case sin componentes electrónicos, utilizando o-rings entre los prensacables y las chapas soporte. Los 3 ensayos no mostraron filtraciones.

Conclusiones y Pasos Siguietes

Los resultados indican que, si bien la mayoría de los prensacables protegen eficazmente contra la entrada de agua, hay vulnerabilidades en ciertas configuraciones. Se recomienda una revisión y ajuste de los prensacables o la incorporación de medidas adicionales de sellado para garantizar la conformidad total con los estándares IP65.

1.8.4.3.2 IK10

Factor a Estudiar

Análisis de la durabilidad de la carcasa plástica del dispositivo ACE-100 y la protección de los componentes electrónicos internos frente a impactos de energía IK10.

Hipótesis

Se propone que el ACE-100, en su conjunto, resistirá golpes de energía IK10 en varios puntos de su estructura sin evidenciar roturas físicas o fallos en su funcionalidad.

Norma o Procedimiento

El dispositivo fue posicionado dentro de una máquina pendular de ensayos IK, ajustada para ejercer impactos de energía equivalente a IK10. Se aplicaron golpes en áreas específicas:

- 5 golpes en la cara superior: uno en el centro y uno en cada esquina.
- 5 golpes en la cara inferior: uno en el centro y uno en cada esquina.
- 4 golpes en los laterales: uno en cada cara lateral.

Entre las etapas de impacto, se realizó una inspección interna detallada para identificar potenciales daños.

Herramental

- Máquina de impacto pendular: Esta será calibrada con la masa correspondiente y la angulación indicada para generar una energía de impacto igual a un IK10.



Se colocó el equipo el equipo en distintas posiciones para las pruebas de IK10 con la máquina de impacto pendular

Condición Inicial

Antes del ensayo, se confirmó que el ACE-100 estaba operativo y su electrónica conectada adecuadamente sin piezas sueltas. El gabinete cerrado se aseguró en la máquina para evitar desplazamientos por la inercia del impacto.

Condición Final

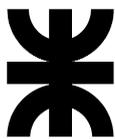
Posterior a los impactos, el gabinete solo mostró marcas leves y una deformación superficial sin generar fisuras. La electrónica se mantuvo intacta y operativa, como se evidenció en las pruebas de funcionamiento realizadas tras el ensayo.



Se pueden observar los impactos de la masa del péndulo en el gabinete, aún con esos golpes, el equipo siguió funcionando en perfectas condiciones

Conclusión Final

El ACE-100 soportó satisfactoriamente el ensayo IK10, evidenciando su alta resistencia a impactos y la eficacia de su diseño para aplicaciones en entornos exigentes. Se verifica así la robustez del dispositivo para su despliegue en condiciones operativas adversas.



1.8.4.3.3 Vibraciones

Factor a Estudiar

Sujeción de los componentes eléctricos y electrónicos a sus soportes respectivos y del soporte de componentes al gabinete.

Hipótesis

Comprobar que la sujeción de los componentes internos del ACE-100 es lo suficientemente resistente para soportar las condiciones normales de uso diario.

Norma o Procedimiento

El procedimiento para el ensayo de vibración consistió en colocar la unidad completa sobre una mesa vibratoria, asegurando el gabinete lateralmente para prevenir su desplazamiento. Se aplicó una frecuencia de vibración de 20Hz. La unidad se sometió a vibraciones seis veces en períodos de 20 minutos, en distintas caras:

- 1) La base del equipo en la mesa y la cara frontal perpendicular al movimiento de la mesa.
- 2) La base del equipo en la mesa, pero la cara frontal paralela al movimiento.
- 3) El equipo en posición vertical, con la cara frontal en la mesa y las bisagras paralelas al movimiento.
- 4) En posición vertical, con la cara frontal en la mesa y las bisagras perpendiculares al movimiento.
- 5) El ACE-100 invertido respecto al primer periodo, con la parte superior en la mesa y la cara frontal perpendicular al movimiento.
- 6) Con la parte superior en la mesa y la cara frontal paralela al movimiento.

Después de cada periodo de 20 minutos a 20 Hz, se enchufó el equipo para verificar su funcionamiento y se realizó una inspección interna.

Herramental

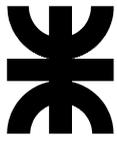
- Máquina vibratoria.

Condición Inicial

El equipo tenía todos sus componentes internos sujetos con tornillos, tuercas y arandelas Grover, y tanto el soporte de la electrónica como los componentes estaban bien afirmados.

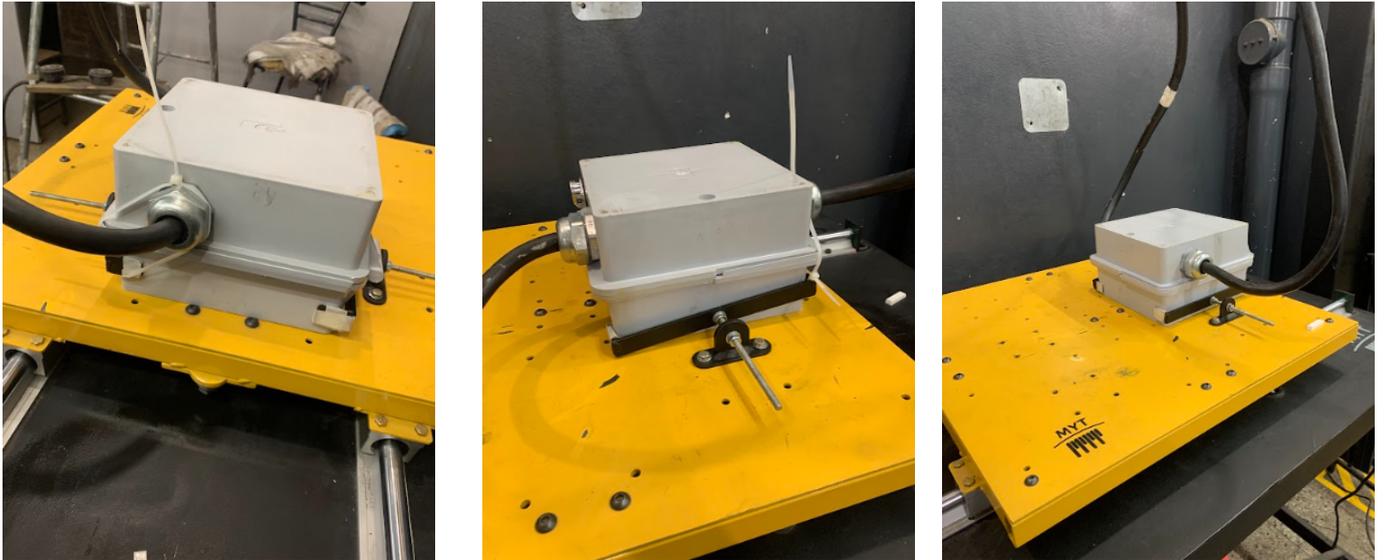
Condición Final

Todos los elementos eléctricos y electrónicos estaban firmemente sujetos al soporte. Se observó un leve aflojamiento en los tornillos de sujeción al soporte del gabinete, necesitando menos de 1/4 de vuelta para reajustarlos.



Conclusión Final

Tras someter el equipo a vibraciones en 6 diferentes posiciones durante un total de 2 horas, se pudo confirmar la hipótesis. Los elementos internos del ACE-100 están adecuadamente sujetos para soportar las vibraciones típicas del uso diario.



1.8.4.3.4 Temperatura

Hipótesis

El diseño del ACE-100, con capacitores de menor tamaño en la fuente de alimentación, busca reducir la altura del PCB para mejorar su resistencia a impactos y asegurar que el regulador de tensión opere dentro de un rango de temperatura óptimo (25° a 30°C).

Procedimiento

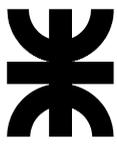
Se realizó un monitoreo de la temperatura del ACE-100, combinando mediciones internas (sensor de temperatura integrado) y externas (termómetro láser) a intervalos regulares durante el funcionamiento normal del equipo.

Elementos Utilizados

- Termómetro láser.

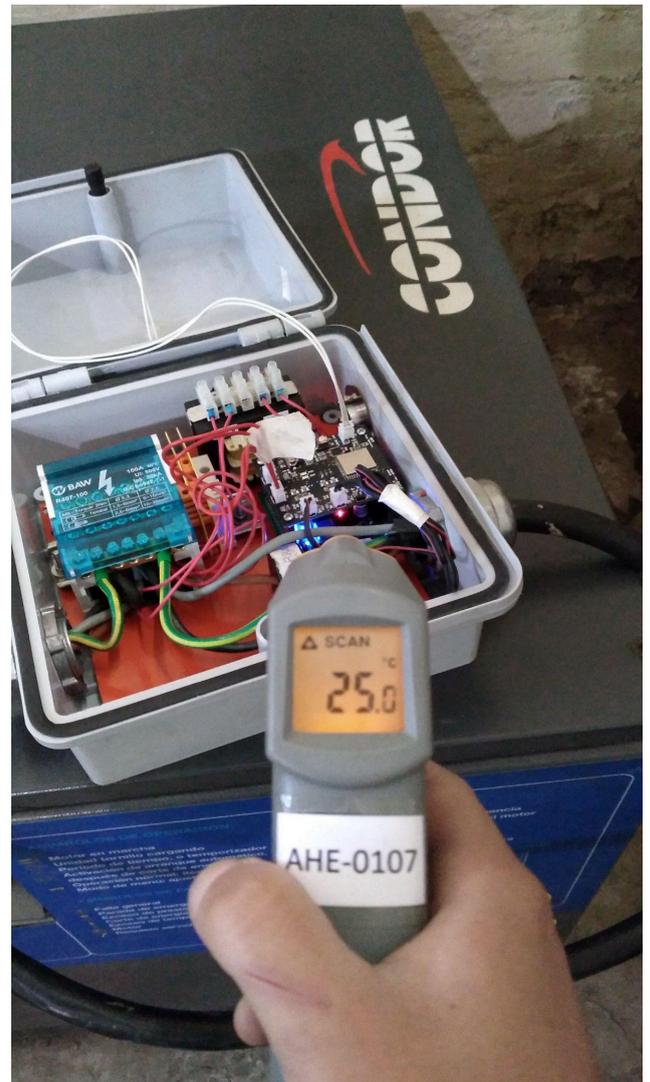
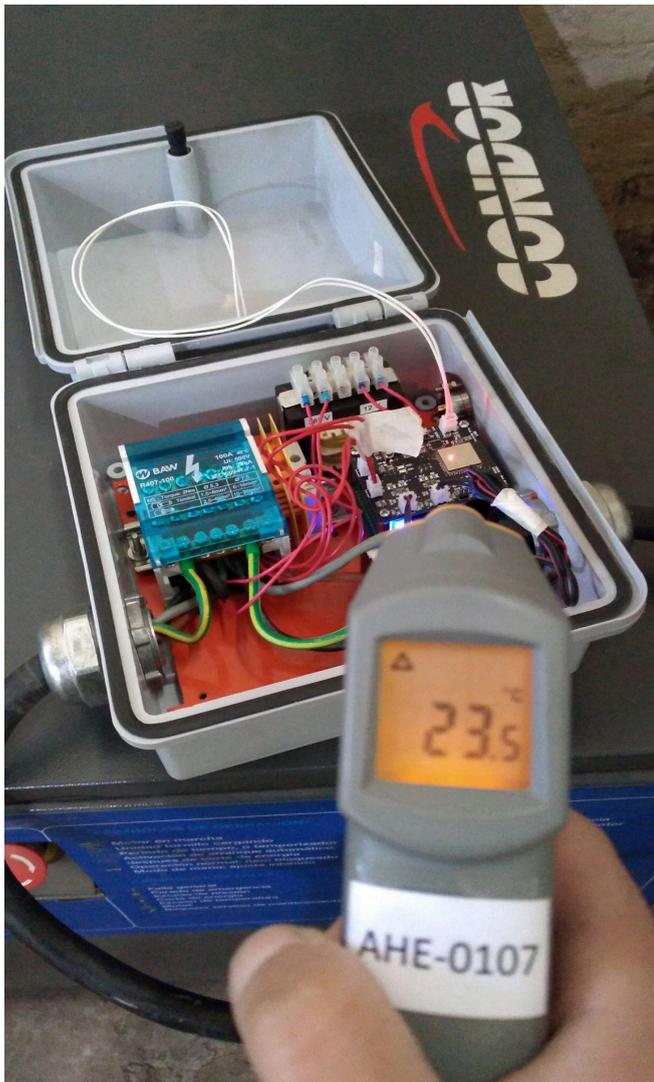
Condiciones y Resultados

El ensayo comenzó con el dispositivo a temperaturas internas y externas de 17°C y 15°C, respectivamente, en un ambiente de 12°C. Las mediciones finales mostraron que la temperatura interna alcanzó un máximo de 29°C y externamente varió entre 23°C y 27°C.



Conclusión Final

Los resultados indican que el capacitor utilizado proporciona una regulación efectiva, manteniendo la temperatura del regulador dentro de los límites establecidos. Se plantea la necesidad de realizar pruebas adicionales en condiciones de mayor demanda eléctrica para verificar completamente la estabilidad térmica del dispositivo.

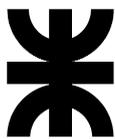


1.8.4.3.5 Caída Libre

Hipótesis

El equipo ACE-100 será utilizado en un sector de la industria minera en el que no será tratado con delicadeza durante el transporte al tablero eléctrico en donde la bomba será conectada, razón por la cual el equipo debe poder soportar caídas de al menos 1 metro en diferentes posiciones considerando una altura promedio del personal que será encargado de transportarlo a al altura de la cintura.

Procedimiento



En MYT se encuentra una plataforma que permite regular su altura con la ayuda de una regla y cuenta con un sistema de gatillo manual que abre la base logrando así que lo que se coloque encima caiga de manera libre al piso. Para este ensayo se ajustó la plataforma a la altura de 100cm y colocando el equipo ACE 100 en todas sus caras se hizo caer, registrando el estado inicial del equipo, la caída y el estado posterior. El funcionamiento del equipo se testeó mediante la conexión del equipo a un motor trifásico con el objetivo de evaluar que el equipo mida, almacene y permita extraer el archivo.

Elementos Utilizados

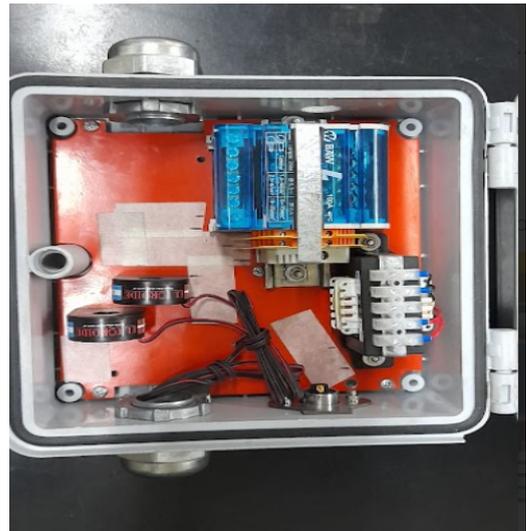
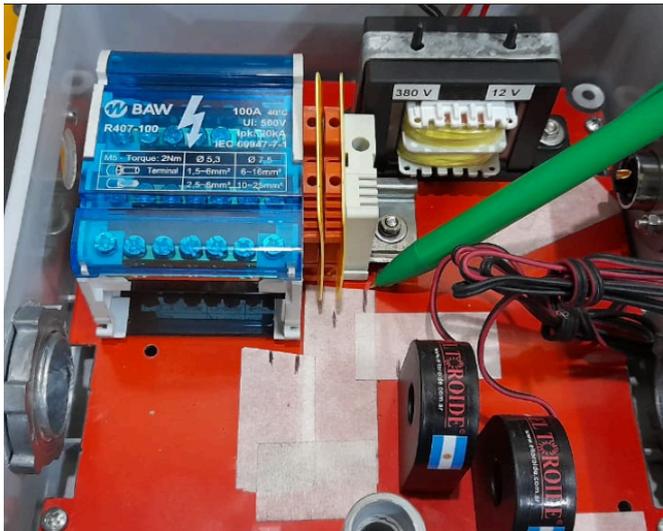
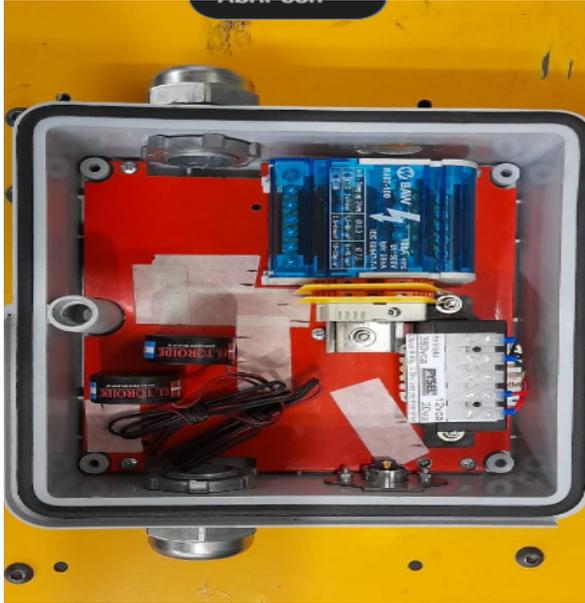
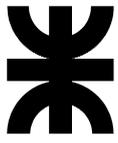
- Plataforma de caída libre.
- Motor trifásico de 2kW.
- Dispositivo móvil.
- Cámara de video para registro.

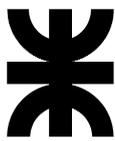
Condiciones y Resultados

El ensayo comenzó colocando marcas dentro del equipo que permiten observar de manera clara la posición inicial de todos los componentes del equipo (bornera, transformador, TI, placa de medición y alimentación). Los elementos de mayor masa dentro del equipo son la bornera y la fuente de alimentación por lo cual son los elementos que mayor cantidad de inercia iban a presentar dentro del ensayo. Luego de las primeras caídas se observó que la bornera sujeta al riel din sufrió una rotura en los encastrados que provocó que la misma se desprendiera. Si bien esto no pasó con el transformador, si se observó una tendencia y un cierto juego de los tornillos encargados de su sujeción, motivo por el cual se procedió a reforzar la sujeción de los mismos mediante la incorporación de zunchos en ambos componentes. El resto de los componentes no presentó ningún desplazamiento ni consecuencia de las caídas, así como tampoco el funcionamiento del equipo se vio afectado en las mediciones, registro y extracción posteriores.

Conclusión Final

Luego de la incorporación de los zunchos en los elementos de mayor masa, el equipo soportó sin problemas las caídas en los distintos ejes y el funcionamiento del mismo no se vio afectado por las caídas, demostrando de esta manera que el equipo es capaz y apto para ser utilizado en condiciones de trabajo hostiles en cuanto al manejo y transporte.





1.9 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El análisis de factibilidad económica se lleva a cabo con el objetivo primordial de verificar la viabilidad y rentabilidad económica del proyecto propuesto. En términos generales, este análisis nos permite entender los beneficios que podemos esperar, considerando los costos de inversión requeridos.

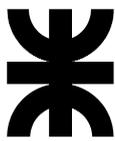
Como parte de este análisis, es importante tomar en cuenta los gastos estimados asociados con el proyecto. En el caso de nuestro proyecto, los costos fijos por equipo y los costos anuales se desglosan de la siguiente manera:

| Costos | | | | |
|------------------------------|--------------|----------------------|-----------------|---------------|
| Por equipo (USD) | | | Mensuales (USD) | Anuales (USD) |
| Item | Costo | Item | Costo | Costo |
| PCB | 100 | Servicios en la nube | 25 | 300 |
| Componentes microcontrolador | 30 | Alquiler inmueble | 300 | 3600 |
| Componentes Sensor | 50 | Servicios inmueble | 200 | 2400 |
| Componentes de Alimentación | 30 | Servicio de venta | 50 | 600 |
| Gabinete | 60 | | | |
| Manufactura | 32,5 | | | |
| Total | 302,5 | | 575 | 6900 |

Como se puede observar, el costo estimado para producir cada equipo es de aproximadamente 300 USD.

Para los costos anuales tenemos en cuenta:

- El mantenimiento del servicio web.
- El alquiler de un inmueble donde se llevará a cabo la fabricación del equipo.
- Servicios del inmueble, que incluyen:
 - Electricidad
 - Internet
 - Agua
 - Gas
 - Impuesto inmobiliario
 - Servicio de limpieza
- Servicio tercerizado para la venta de los equipos.



El costo de manufactura de cada equipo se desglosa en la siguiente tabla:

| Manufactura | | |
|-------------------------|----------------|----------------------------|
| Tarea | Minutos | Costo proceso (USD) |
| Soldadura pcb | 75 | 12,50 |
| Armado equipo | 30 | 5,00 |
| Carga de firmware | 10 | 1,67 |
| Calibración | 20 | 3,33 |
| Testing | 20 | 3,33 |
| Perforación gabinete | 30 | 5,00 |
| Mecanizado caja | 10 | 1,67 |
| Torneado de separadores | 15 | 2,50 |
| Plegado | 10 | 1,67 |
| Total | 195,00 | 32,50 |

Todos los costos de trabajo humano se calculan considerando un costo de 10 USD/h.

Además, también tenemos los siguientes gastos de inversión fija:

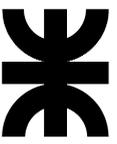
| Inversión fija | |
|--|--------------------|
| Equipo | Costo (USD) |
| Estacion soldadora | 350,00 |
| Laboratorio de pruebas de cumplimiento IK10/IP65 | 1.000,00 |
| Torno | 1300 |
| Taladro de banco | 200 |
| Herramientas varias (martillos, pinzas, etc) | 200 |
| PC | 1000 |
| Total | 4.050,00 |

Con estos datos, podemos elaborar 2 flujos de caja, uno para

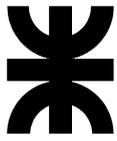
- VAN próximo a 0
- VAN esperado

Ambos flujos de caja van acompañados de una estimación esperada de ventas del primer año para así poder calcular el capital de trabajo necesario.

1) VAN próximo a 0



| Concepto | Meses | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Ingresos | | | | | | | | | | | | | |
| Por Ventas | 0 | 0 | 0 | 2000 | 0 | 2000 | 0 | 2000 | 0 | 2000 | 2000 | 2000 | |
| Egresos | | | | | | | | | | | | | |
| Costos Variables | 907,5 | 907,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Costos Fijos | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | |
| Total Egresos | 1482,5 | 1482,5 | 575 | |
| Flujo de | | | | | | | | | | | | | |
| Efectivo (ventas - costos) | -1482,5 | -1482,5 | -575 | 1425 | -575 | 1425 | -575 | 1425 | -575 | 1425 | 1425 | 1425 | |
| Efectivo Acumulado (Efectivo + Efectivo acumulado anterior) | -1482,5 | -2965 | -3540 | -2115 | -2690 | -1265 | -1840 | -415 | -990 | 435 | 1660 | 3285 | |
| Inversion de capital de trabajo | -3.540,00 | | | | | | | | | | | | |

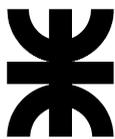


La tasa de descuento que hemos aplicado es del 10%. Además, cada equipo se comercializará a un precio de 2000 USD. Nuestros cálculos indican que vendiendo entre 5 y 6 unidades anualmente durante un período de 10 años, podemos recuperar la inversión inicial. Esta estimación se compara favorablemente con una tasa de retorno del 10%, lo cual es muy positivo en términos de riesgo. De hecho, en la práctica, esperamos vender muchas más unidades que las mínimas previstas.

La amortización de los bienes de uso se calcula tomando el total de los costos fijos y dividiéndolos por el número de años del proyecto. Respecto a la inversión en capital de trabajo, hemos planificado que durante el primer año produciremos los 6 productos previstos para venta en enero y febrero, distribuyéndolos a razón de 3 por mes. Posteriormente, se estima que la venta de los productos se realizará de manera lineal, iniciando un flujo de ingresos a partir de abril y manteniéndose constante cada dos meses (abril, junio, agosto, etc.). Anticipamos ingresos en abril (de al menos una unidad), donde el capital de trabajo se define por el saldo negativo más alto, que en marzo asciende a unos 3450 USD.



| Concepto | Meses | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ingresos | | | | | | | | | | | | |
| Por Ventas | 0 | 0 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 |
| Egresos | | | | | | | | | | | | |
| Costos Variables | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 |
| Costos Fijos | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 | 575 |
| Total Egresos | 3600 |
| Flujo de | | | | | | | | | | | | |
| Efectivo (ventas - costos) | -3600 | -3600 | 20400 | 20400 | 20400 | 20400 | 20400 | 20400 | 20400 | 20400 | 20400 | 20400 |
| Efectivo Acumulado (Efectivo + Efectivo acumulado anterior) | -3600 | -7200 | 13200 | 33600 | 54000 | 74400 | 94800 | 115200 | 135600 | 156000 | 176400 | 196800 |
| Inversion de capital de trabajo | -7200,00 | | | | | | | | | | | |



En términos realistas, se prevé vender aproximadamente 10 equipos por mes a los clientes actuales de MyT, lo cual representa unas 120 unidades anuales. Hemos ajustado los cálculos del flujo de caja y la inversión en capital de trabajo para reflejar estas cifras.

Para la inversión de capital de trabajo, se planifica fabricar y vender las 10 unidades en el primer mes. Sin embargo, las ganancias derivadas de estas ventas se esperan para dos meses después, es decir, en marzo. Los costos para mantener la operación durante estos dos primeros meses ascienden a \$7200.

Es importante mencionar que los costos de producción aumentan proporcionalmente con el número de equipos, dado que cada uno cuesta alrededor de \$300 producir. No obstante, los costos de venta se mantienen constantes, ya que pagamos una tarifa fija a una consultora por los servicios de venta.

En las secciones siguientes, se analizarán detalladamente el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el plazo de recuperación calculados a partir de este flujo de caja.

1.9.1 Aproximación al valor actual neto

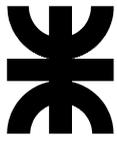
El Valor Actual Neto (VAN) es una métrica financiera crucial que mide la rentabilidad potencial de un proyecto de inversión. Este método implica descifrar el valor presente de los flujos de caja futuros y contrastarlo con la inversión inicial. Un VAN positivo señala un proyecto con potencial de ser rentable, mientras que un VAN negativo podría indicar lo contrario. A pesar de su sencillez, el VAN es un instrumento altamente efectivo para el análisis de factibilidad económica.

El cálculo del VAN se realiza según la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1-k)^t} - I_o$$

Donde:

- V_t representa el flujo de caja en el período t . Este flujo puede ser ingresos o egresos y puede variar de un período a otro.
- k es la tasa de descuento aplicada a los flujos de caja, representando el costo del capital o la tasa de rendimiento requerida por un inversor.
- t es el número de período en el que se recibe el flujo de caja. Comienza en 1 para el primer período después de la inversión inicial y aumenta en 1 para cada período siguiente.
- I_o es la inversión inicial en el proyecto, que se resta del total de los flujos de caja descontados dado que es una salida de efectivo.



Aplicando esta fórmula a nuestros datos, obtenemos:

$$VAN = 744.715,43$$

En base a estos cálculos, se concluye que el proyecto propuesto genera un Valor Actual Neto (VAN) de \$744,715, indicativo de una alta rentabilidad. Con una inversión inicial de \$11,250 y una tasa de descuento del 10% a lo largo de 10 años, el VAN positivo demuestra que el proyecto puede generar un retorno financiero significativo, después de ajustar los flujos de caja futuros al valor presente.

Este resultado sugiere que, basándonos en las proyecciones y suposiciones actuales, el proyecto está en una posición fuerte para proporcionar un rendimiento económico favorable. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta conclusión depende de la precisión de nuestras proyecciones. Si las condiciones cambian o las estimaciones resultan inexactas, los rendimientos reales pueden variar.

1.9.2 Tasa interna de retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero esencial que refleja la tasa de rentabilidad proyectada de una inversión. En otras palabras, es el porcentaje de ganancia o pérdida que se espera de una inversión, teniendo en cuenta los flujos de caja que aún no se han retirado del proyecto.

En términos simples, la TIR es la tasa de descuento que haría que el Valor Actual Neto (VAN) de una serie de flujos de caja sea igual a cero. Es la tasa que iguala el valor presente de los flujos de efectivo de ingresos con el valor presente de los costos.

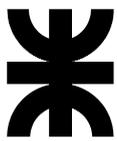
Basándonos en las cifras que se han presentado, la TIR de nuestro proyecto es del 1000,90%. Este es un resultado excepcionalmente alto, y señala que el proyecto tiene una rentabilidad potencialmente elevada. Una TIR del 1000,90% significa que se espera que nuestro proyecto genere un retorno del 1000,90% en cada período sobre las inversiones que aún están dentro del proyecto.

Es importante recordar que una TIR más alta indica un proyecto de inversión más atractivo. Un TIR del 1000,90% sugiere que nuestro proyecto está en una excelente posición para ofrecer un rendimiento significativo sobre la inversión, superando con creces las tasas de retorno que normalmente se esperarían en el mercado.

Sin embargo, a pesar de que este elevado valor de la TIR es un indicador muy positivo de la rentabilidad del proyecto, también debemos ser conscientes de los posibles riesgos y las incertidumbres que pueden afectar a los flujos de caja futuros.

1.9.3 Payback o plazo de recuperación

El concepto de Payback o plazo de recuperación es una medida financiera directa que proporciona a los inversores una estimación de cuánto tiempo les llevará recuperar su



inversión inicial. Aunque es un indicador simple y no tiene en cuenta la desvalorización del dinero, es un criterio comúnmente utilizado para una evaluación inicial de la rentabilidad de un proyecto.

Para calcular el Payback, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Payback} = a + \frac{(I_0 - b)}{F_t}$$

- a: es el número del periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial
- I_0 : es la inversión inicial del proyecto
- b: es la suma de los flujos hasta el final del periodo "a"
- F_t : es el valor del flujo de caja del periodo en que se recupera la inversión

Haciendo uso de expresión y del flujo de caja antes mostrado, calculamos entonces el payback (debido a los altos ingresos esperados, lo calculamos en meses):

$$\text{Payback} = 2 + \frac{(11.250 - (-3600 - 3600))}{20.400}$$

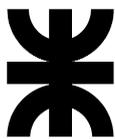
$$\text{Payback} = 2,904$$

El período de recuperación de la inversión, o payback, se estima en aproximadamente 2.9 meses. Esta estimación se basa en la previsión de ventas de 10 unidades mensuales. Sin embargo, es importante señalar que durante los primeros dos meses no recibiremos ingresos debido al retraso en el cobro de las ventas, como se mencionó anteriormente. En esencia, el cálculo del período de recuperación está determinado por el tiempo que tardamos en vender estas 10 unidades mensuales.

Confiamos plenamente en esta estimación, ya que se ajusta a las dinámicas actuales de ventas y a los acuerdos de pago establecidos con nuestros clientes. Este breve período de payback refleja no solo la viabilidad del proyecto, sino también la eficacia de nuestra estrategia comercial.

1.9.4 Productos y servicios de otros fabricantes

Al analizar las alternativas disponibles en el mercado, dos soluciones se destacan en particular: los Tableros Inteligentes y los Horómetros Industriales. Sin embargo, estas soluciones presentan limitaciones significativas que las hacen menos viables para satisfacer las necesidades y requerimientos específicos de nuestro cliente.



- 1) **Tableros Inteligentes:** Aunque sofisticados y capaces de conectar y monitorear bombas, presentan desventajas significativas. En primer lugar, su elevado costo hace que no sean una opción accesible para una implementación a gran escala. Además, debido a su restricción en el número de entradas, se requerirían múltiples unidades para satisfacer la demanda variable de conexión y monitoreo de las bombas, lo que aumentaría aún más el costo total.
- 2) **Horómetros Industriales:** Aunque su función principal es medir el tiempo de funcionamiento de las bombas, su instalación requiere espacio adicional en el tablero, lo que puede ser un problema en entornos con limitaciones de espacio. Además, el acceso a este tablero está limitado a pocas personas las cuales son las únicas autorizadas a manipularlos; estos dispositivos carecen de resistencia para enfrentar las rigurosas condiciones ambientales de la industria minera, lo que pone en riesgo su durabilidad y fiabilidad. Una limitación aún mayor de los horómetros industriales es su falta de capacidad para transmitir datos de forma inalámbrica, requiriendo dispositivos físicos adicionales para la extracción de datos.

Además, ninguna de estas soluciones incluye un sistema web integrado para la sincronización de los datos extraídos, lo que significa que no podrían satisfacer la necesidad de nuestro cliente de realizar un monitoreo remoto fácil y efectivo.

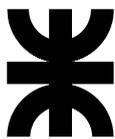
Nuestro proyecto se propone superar estas limitaciones mediante el diseño de un dispositivo robusto y resistente que pueda transmitir datos de forma inalámbrica y un sistema en la nube para el almacenamiento y visualización de datos. Creemos que nuestra propuesta ofrece ventajas sustanciales en comparación con las alternativas existentes, tanto en términos de funcionalidad como de rentabilidad. También se pretende que los datos puedan ser fácilmente extraídos y subidos a la nube por personal que no tenga un conocimiento técnico específico y sin la necesidad de un dispositivo especial.

CONCLUSIONES Y ANEXOS

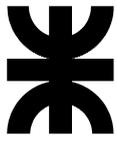
1.10 CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto ACE-100 ha concluido con la presentación de un prototipo funcional capaz de:

- Ser instalado entre el Phase Shifter y una bomba electro-sumergible de 18 kW de potencia (como máximo) de las que trabaja Argenteo Mining. El procedimiento de instalación fue mostrado y recibido de buena manera por parte de los operarios quienes serían los encargados de instalar los equipos en una fase de producción.
- Medir las horas de funcionamiento del equipo y almacenarlas en memoria para ser extraídas de manera inalámbrica. Este prototipo tiene la capacidad de almacenar los datos de 480 horas de funcionamiento (20 días registrando datos las 24hs, considerando el peor escenario posible, es decir, logs permanentes) antes de comenzar a sobrescribir la memoria.



- Crear una red inalámbrica al momento de querer extraer/visualizar datos del equipo y de desactivarse transcurrido 4 minutos desde la activación (desde que se aleja el imán del sector indicado en el gabinete del equipo). Se proporcionó además una visualización de todos los parámetros que mide el equipo para que el operario además de descargar los datos pueda observar el estado actual (en el momento de inicialización el webserver local).
- Permitir la descarga de los datos registrados utilizando un webserver propio y utilizando un smartphone o dispositivo con capacidad de conectarse a redes wifi.
- Permitir la extracción de los datos para su posterior guardado y visualización en un servidor web en la nube de AWS.
- Impedir el ingreso de agua al equipo, cumpliendo con el nivel de estanqueidad IP65 (según ensayos realizados en laboratorios de MYT).
- Impedir la apertura del gabinete con herramientas convencionales. El prototipo entregado cuenta con un tornillo codificado y una llave diseñada especialmente para el cliente por lo que no existen copias llaves comerciales que permitan abrir el gabinete. De esta manera el cliente puede tener la seguridad de que las llaves para abrir los equipos serán fabricadas y entregadas según corresponda a quienes corresponda.
- La evaluación económica del proyecto revela una inversión inicial de \$11,250, que se proyecta generar ingresos significativos de aproximadamente \$744,715 en un período de 10 años. Este impresionante retorno se refleja en una Tasa Interna de Retorno (TIR) de casi 1000%, subrayando la extraordinaria rentabilidad y atractivo del proyecto. Además, el período de recuperación de la inversión es de aproximadamente 3 meses, lo cual es excepcionalmente corto y evidencia la eficacia y la rapidez con la que el proyecto comenzará a generar flujos de caja positivos. Estos indicadores financieros destacan no solo la viabilidad económica del proyecto, sino también su capacidad para ofrecer retornos sustanciales en un corto período de tiempo.



1.11 ANEXOS

Adjunto con este informe final, se encuentran también los siguientes documentos:

1.11.1 Certificación de mediciones

1.11.2 Certificación de protecciones

1.11.3 Manual de usuario

BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ESP32 - Technical Reference Manual](#)
- [AWS Documentation](#)
- [Cloud Design Patterns](#)
- [Terraform About the Docs](#)
- [Docker Docs](#)
- Apuntes de la cátedra Proyecto Final - UTN FRM
- Apuntes de la cátedra Medidas Electrónicas I - UTN FRM