



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
MODALIDAD DUAL

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA UNIDAD DE LECTURA DEL CONSUMO DE GAS
PARA UN HORNO DE PROCESO CERÁMICO.**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Tecnólogo Superior en Electricidad Industrial

AUTOR: JORGE LEONARDO VILLALTA ALTAMIRANO
TUTOR: ING. FLAVIO ALFREDO QUIZHPI PALOMEQUE

Cuenca - Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jorge Leonardo Villalta Altamirano con documento de identificación N° 0106557812 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 07 de febrero del 2025

Atentamente,



Jorge Leonardo Villalta Altamirano

0106557812

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jorge Leonardo Villalta Altamirano con documento de identificación N° 0106557812, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Implementación de una unidad de lectura del consumo de gas para un horno de proceso cerámico.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Tecnólogo Superior en Electricidad Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 07 de febrero del 2025

Atentamente,



Jorge Leonardo Villalta Altamirano

0106557812

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Flavio Alfredo Quizhpi Palomeque con documento de identificación N° 0102257482, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UNA UNIDAD DE LECTURA DEL CONSUMO DE GAS PARA UN HORNO DE PROCESO CERÁMICO., realizado por Jorge Leonardo Villalta Altamirano con documento de identificación N° 0106557812, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 07 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Flavio Alfredo Quizhpi Palomeque

0102257482

IV. Dedicatoria y agradecimiento

Dedicatoria:

Con profunda gratitud, dedico este proyecto a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada etapa de este camino. A mi esposa e hija, por su amor incondicional, su paciencia y su apoyo inquebrantable, que han sido mi mayor motivación para seguir adelante y en especial a mí mismo, como un recordatorio del esfuerzo, la dedicación y la perseverancia que he demostrado en cada etapa de este camino.

Agradecimiento:

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios, por darme la sabiduría y la perseverancia para concluir este proyecto. A mi esposa e hija, por su apoyo incondicional, comprensión y sacrificio durante este proceso.

A mis tutores universitarios y empresariales, por su paciencia, orientación y valiosos consejos, que han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. A mis docentes, por su dedicación y compromiso en mi formación académica.

A la empresa Graitman por su apoyo continuo en mi formación, brindándome la oportunidad de aplicar y ampliar mis conocimientos en un entorno profesional. Su respaldo ha sido fundamental para mi desarrollo, permitiéndome enfrentar nuevos desafíos y crecer tanto personal como profesionalmente.

A toda mi familia y a las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este proyecto, mi más profundo agradecimiento.

V. Resumen.

Introducción:

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la eficiencia y precisión en la medición del consumo de gas en un horno de proceso cerámico. Actualmente, la medición se realiza de forma manual, lo que puede generar errores y retrasos en la toma de decisiones. La implementación de un sistema automatizado permitirá una gestión más eficiente del consumo energético.

Objetivos:

1. Evaluar el estado actual del sistema de medición de gas.
2. Instalar un sistema automatizado de medición y transmisión de datos.
3. Integrar el sistema con el departamento de P.C.P para un monitoreo en tiempo real.
4. Capacitar al personal en el uso del nuevo sistema.
5. Desarrollar estrategias para el mantenimiento del sistema.

Metodología:

- Se analizarán los datos históricos de consumo de gas para identificar patrones y tendencias.
- Se utilizarán los sensores de medición y dispositivos de transmisión de datos disponibles en la planta.
- Se configurará el software LabVIEW para la recepción y procesamiento de datos.
- Se validará la precisión del sistema comparando datos manuales y automáticos.

Resultados Esperados:

- Reducción de errores en la medición del consumo de gas.
- Optimización del uso del gas mediante el análisis de tendencias.
- Mejor toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

VI. Abstract - Keywords

Introduction:

The present project aims to improve the efficiency and accuracy in the measurement of gas consumption in a ceramic process furnace. Currently, the measurement is done manually, which can generate errors and delays in decision making. The implementation of an automated system will allow a more efficient management of energy consumption.

Objectives:

1. Evaluate the current state of the gas metering system.
2. Install an automated metering and data transmission system.
3. Integrate the system with the P.C.P. department for real time monitoring.
4. Train personnel in the use of the new system.
5. Develop strategies for system maintenance.

Methodology:

- Historical gas consumption data will be analyzed to identify patterns and trends.
- Measurement sensors and data transmission devices available in the plant will be used.
- LabVIEW software will be configured for data reception and processing.
- System accuracy will be validated by comparing manual and automatic data.

Expected results:

- Reduction of errors in gas consumption measurement.
- Optimization of gas usage through trend analysis.
- Improved decision making based on real-time data.

VII. Índice de contenido general

Contenido

I.	Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación.....	2
II.	Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana.....	3
III.	Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación.....	4
IV.	Dedicatoria y agradecimiento	5
V.	Resumen.....	6
VI.	Abstract - Keywords	7
VII.	Índice de contenido general	8
VIII.	Introducción.	11
IX.	Problema: Descripción del Problema.....	12
	Antecedentes y justificación.	12
	I. Grupo objetivo.....	13
	II. Delimitación del problema:	16
	Justificación del Cambio de Equipos:.....	18
X.	Objetivos Generales y Específicos.	21
	I. Objetivo general:	21
	II. Objetivos específicos:	21
XI.	Revisión de la literatura o fundamentos teóricos.	22
XII.	Marco Metodológico.	27
	I. METODO DEDUCTIVO:	27
	II. METODO EXPERIMENTAL:	27
	Etapa 1: Diagnóstico Inicial	28
	Etapa 2: Selección y Adquisición de Equipos	28

Etapa 3: Instalación y Configuración	28
Etapa 4: Pruebas y Validación	28
Etapa 5: Capacitación y Entrega	28
XIII. Capítulos.....	29
CAPITULO 1: Evaluar el estado actual del sistema de medición de gas.	29
1.1 Antecedentes:	29
1.2 Qué se pretende:.....	31
1.3 Diagnóstico del Sistema de Medición de Gas:.....	32
CAPITULO 2: Montaje del sistema de medición.	37
2.1 Introducción.....	37
2.2 Selección del Equipo y Tecnología.....	38
2.3 Proceso de Instalación	41
2.4 Consideraciones Técnicas y de Seguridad.....	46
CAPITULO 3: Integración del sistema al departamento de PCP.	47
3.1 Descripción del enlace	47
3.2 Proceso de habilitación del seguimiento en tiempo real.	47
3.4 Veracidad y confiabilidad de los valores:	48
CAPITULO 4: Plan de capacitación al personal involucrado.	49
Objetivo.....	49
4.1 Contenido de la Capacitación:.....	49
4.2 Actividad Práctica.....	49
CAPITULO 5: Estrategias para el mantenimiento del sistema.	50
5.1 Estrategias de mantenimiento preventivo	50
5.2 Estrategias de mantenimiento correctivo.....	51
5.3 Plan de repuestos y suministros.....	51
XIV. Conclusiones.....	52
XV. Recomendaciones.	53

XVI. Bibliografía	54
XVII. Anexos	55
ANEXO 1.	55
Manual Cuantómetro.....	58
DIAGRAMA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO	60
IMAGENES	61

VIII. Introducción.

En el presente proyecto se aborda la “Implementación de una unidad de lectura del consumo de gas para un horno de proceso cerámico”, con el propósito de optimizar los procesos industriales y promover una gestión eficiente de los recursos energéticos.

El consumo de gas representa un factor clave en los costos operativos de la industria cerámica. Actualmente, la falta de un sistema de medición preciso limita la capacidad de la empresa para evaluar y controlar el uso de este recurso de manera efectiva, impactando tanto la rentabilidad como la sostenibilidad de sus operaciones.

El principal objetivo de este proyecto es diseñar e instalar una unidad de lectura del consumo de gas que permita integrar los datos recopilados al departamento de Planeación y Control de la Producción (PCP). Este enfoque garantizará una supervisión continua, mejorará la toma de decisiones estratégicas y contribuirá a la mejora de los procesos productivos.

La implementación del sistema de medición no solo beneficiará la gestión interna, sino que también fortalecerá la competitividad de la empresa al alinearse con estándares de eficiencia energética y responsabilidad ambiental.

IX. Problema: Descripción del Problema.

Antecedentes y justificación.

El horno de proceso cerámico de la empresa es fundamental para la producción de cerámica y utiliza gas como principal fuente de energía. Actualmente, la empresa en la que se aplicará carece de un sistema eficiente para medir el consumo de gas, lo que provoca dificultades para:

- Monitorear el uso del gas en tiempo real.
- Identificar ineficiencias y fugas.
- Realizar ajustes necesarios en los procesos productivos.

La falta de un sistema de medición efectivo también limita la capacidad de la empresa para llevar a cabo un análisis detallado de sus costos operativos, lo que representa una barrera para la optimización y sostenibilidad.

La implementación de una unidad de lectura del consumo de gas en el horno de procesos ofrecerá múltiples beneficios para la empresa, tales como:

Mejora en la eficiencia: Un sistema preciso permitirá identificar patrones de consumo, facilitando ajustes en el proceso de producción.

Reducción de costos: Con un monitoreo efectivo, se podrán minimizar sobrecostos asociados a consumos innecesarios.

Seguridad: Un sistema adecuado puede detectar fugas de gas, garantizando un entorno de trabajo más seguro.

Toma de decisiones informada: El acceso a datos precisos permitirá a los operadores tomar decisiones más fundamentadas en relación con el uso del gas.

I. Grupo objetivo.

La contribución del trabajo de grado " Implementación de una unidad de lectura del consumo de gas para un horno de proceso cerámico " tiene un impacto significativo en varios niveles, lo cual destaca su importancia y relevancia.

¿Por qué es importante?

Optimización de Recursos Energéticos: El consumo de gas representa uno de los principales costos operativos en la industria cerámica. La implementación de una unidad de lectura precisa permitirá monitorear el uso del gas en tiempo real, lo cual es esencial para detectar ineficiencias, sobreconsumos y posibles fugas. Esta optimización del consumo energético no solo reducirá costos, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental. [1]

Mejora en la Eficiencia Operativa: El proyecto permitirá identificar patrones en el uso del gas, lo que facilitará la toma de decisiones más informadas y la optimización de los procesos productivos. Un control más preciso sobre los recursos energéticos se traduce en una mayor eficiencia operativa y una producción más rentable. [2]

Reducción de la Huella de Carbono: Al optimizar el uso del gas y reducir los desperdicios energéticos, la empresa podrá disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a prácticas de producción más sostenibles y responsables con el medio ambiente. [3]

Seguridad Industrial: La implementación de un sistema de medición avanzado permitirá detectar fugas de gas de manera temprana, lo que mejorará las condiciones de seguridad en la planta y reducirá riesgos para los trabajadores. [4]

¿A quién va a beneficiar?

La Empresa (Propietarios y Accionistas): La implementación del sistema de lectura de gas incrementará la eficiencia y reducirá los costos operativos, lo que se traducirá en mayores márgenes de ganancia y un mejor retorno sobre la inversión.

El Personal de la Empresa (Operadores, Ingenieros de Proceso y Técnicos de Mantenimiento): Los empleados podrán realizar un mejor control de los procesos productivos, contar con datos precisos para optimizar la operación, y reducir el tiempo de respuesta ante fallas o anomalías en el sistema.

La Gerencia (Producción y Finanzas): Los datos proporcionados por la unidad de lectura permitirán a los gerentes tomar decisiones más estratégicas basadas en información precisa, lo que mejorará la planificación de la producción y la gestión financiera de los recursos energéticos.

Clientes de la Empresa: Los consumidores se beneficiarán indirectamente, ya que la mejora en la eficiencia productiva puede llevar a una mejor calidad del producto final y, potencialmente, a precios más competitivos.

Comunidad y Medio Ambiente: Al reducir el consumo energético y las emisiones de gases contaminantes, la comunidad local y el entorno natural se verán favorecidos por prácticas industriales más sostenibles.

Ámbito Académico y Estudiantil: El trabajo de grado servirá como un caso de estudio para otros estudiantes e investigadores interesados en la automatización, el monitoreo energético y la optimización de procesos industriales, fomentando el conocimiento y la innovación en el sector.

En conjunto, este proyecto contribuye significativamente a la optimización de la gestión energética en la industria cerámica, mejorando la sostenibilidad y la rentabilidad de la empresa, y generando beneficios para el medio ambiente y la sociedad en general

II. Delimitación del problema:

Ámbito Geográfico

Ubicación: El proyecto se llevará a cabo en las instalaciones de una empresa dedicada a la producción de cerámica, ubicada en la ciudad de Cuenca. La implementación se centrará específicamente en el horno de proceso cerámico de la planta, que es utilizado para la cocción de productos cerámicos.

Ámbito Temporal

Duración del Proyecto: El proyecto se desarrollará en un período estimado de 5 meses, comenzando desde la fecha de inicio 24/09/2024 hasta su finalización 25/01/2025. Este plazo incluye todas las fases del proyecto, desde el diagnóstico inicial hasta la capacitación del personal.

Aspectos Técnicos

Tecnologías Utilizadas: La implementación se centrará en la instalación de un nuevo sistema de medición de gas, que incluirá sensores de alta precisión y la integración con el sistema IOT. No se contemplarán cambios en otros sistemas de medición o en otros hornos de la planta en esta fase del proyecto.

Equipos

Medidor tipo Cuantómetro: Se utilizarán el Cuantómetro para la medición del flujo de gas. Este equipo permitirá la captura de datos en tiempo real sobre el consumo de gas para el horno de proceso cerámico.

Emisor de Impulsos (E200): Equipo integrado del Cuantómetro se encargará de convertir las señales generadas por el flujo de gas en pulsos eléctricos que serán utilizados para el monitoreo a distancia. El E200 cumple con la normativa DIN EN 60947-5-6 y operará en un rango de tensión de 8 V CC. [5]

Con el emisor de impulsos integrado, E200, transmisor inductivo DIN EN 60947-5-6, es posible una indicación a distancia: Tensión de alimentación aprox. 8 V cc, Resistencia interior 1 k Ω . El impulso se efectúa modificando la absorción de corriente de $I \leq 1,2$ mA a $I \geq 2,1$ mA y de la tensión de $U < 5,9$ V a $U > 6,8$ V. [5]

Modulo MAP IoT de Impulsos: Diseñado para optimizar la recolección y transmisión de datos del sistema de medición de gas. Este módulo consta de los siguientes componentes y características principales:

- **Receptor de Señal Optoacoplador:** Tiene la capacidad de recibir señales tanto de voltaje como de corriente.
- **Unidad de Procesamiento Raspberry Pi 4:** Funciona como el núcleo del módulo, gestionando la recepción, procesamiento y envío de datos. Se conecta a una red local o de múltiples servidores mediante una dirección IP asignada, facilitando la integración con otros sistemas de la planta.
- **Tarjeta Convertidora de Voltaje:** Convierte una entrada de **24 VDC** a **5 VDC**, adaptando la alimentación para el funcionamiento seguro y eficiente del **Raspberry Pi 4**. Garantiza estabilidad en el suministro de energía, incluso en condiciones variables del entorno.

- **Software de Programación (LabVIEW):** Utilizado para configurar y gestionar el módulo. Permite la programación de la recepción de señales desde el medidor y la emisión de datos hacia la red mediante una conexión **Wi-Fi**. Facilita el monitoreo en tiempo real y la generación de reportes con visualización gráfica de los datos recolectados.
- **Red de Comunicación Inalámbrica:** Los datos procesados se transmiten a varios servidores mediante la conexión de una red Wi-Fi propia de la planta utilizada únicamente para transmisión de datos, lo que permite el acceso a la información desde diferentes puntos de la planta. La comunicación inalámbrica asegura flexibilidad y una reducción en la necesidad de infraestructura de cableado adicional.

Justificación del Cambio de Equipos:

En el anteproyecto inicial, se había previsto la utilización de los siguientes equipos para la implementación del sistema de medición y monitoreo:

- **Controlador Lógico Programable (PLC).**
- **LOGO CMR (Communication Module Radio).**
- **HMI (Interfaz Hombre-Máquina).**
- **Software de Programación del PLC.**
- **Software de Configuración del HMI.**

Aunque esta selección inicial de equipos ofrecía un enfoque sólido y completo para el sistema, se identificaron las siguientes circunstancias que llevaron a optar por una alternativa:

- **Disponibilidad de Equipos Existentes en Planta:** Durante la evaluación de recursos, se constató que en la planta ya estaban disponibles algunos componentes y tecnologías compatibles que podían ser aprovechados para el proyecto, específicamente el módulo **MAP IoT**. Esto redujo la necesidad de adquirir equipos adicionales, disminuyendo significativamente los costos de implementación.
- **Optimización de Recursos:** El módulo **MAP IoT** ofrece funciones equivalentes o superiores para la integración y monitoreo del sistema de medición, utilizando tecnologías modernas como el **Raspberry Pi 4** y comunicación inalámbrica **Wi-Fi**. Además, permite una integración directa con la infraestructura existente de servidores, facilitando el acceso a los datos y reduciendo la complejidad del sistema.
- **Cumplimiento de Normativas:** A pesar del cambio de equipos, el nuevo enfoque garantiza el cumplimiento de las normativas y estándares internacionales aplicables al sistema de medición de gas, como **DIN EN 60947-5-6** y **DIN EN 50227 (NAMUR)**.
- **Eficiencia en la Implementación:** La reutilización de los equipos disponibles en planta acelera el proceso de instalación y reduce el tiempo necesario para que el sistema entre en funcionamiento.

Este enfoque asegura que el proyecto mantenga sus objetivos de eficiencia, monitoreo en tiempo real y cumplimiento normativo, mientras aprovecha al máximo las capacidades existentes en la planta.

Recursos Humanos

Capacitación: La capacitación estará direccionada al Departamento de Producción y Control del Procesos (P.C.P). Además, el proyecto no contemplará la inclusión de nuevas contrataciones, trabajando con el personal existente.

Limitaciones de Recursos

Presupuesto: El proyecto se llevará a cabo utilizando principalmente recursos ya existentes en la planta, lo cual permitirá optimizar el uso del presupuesto disponible. La implementación de mejoras estará condicionada por las limitaciones presupuestarias, lo que implica que se dará prioridad a la utilización de materiales, equipos y tecnologías que ya se encuentren en la planta.

Resultados Esperados

Impacto a Corto Plazo: Los resultados esperados se centrarán en la mejora de la unidad de lectura del horno de proceso cerámico y no se extenderán a otras áreas de producción de la empresa. Los beneficios en términos de reducción de costos y eficiencia energética serán evaluados únicamente en el contexto del horno de proceso cerámico.

Exclusiones: El proyecto no abordará problemas relacionados con la eficiencia de otros procesos productivos o la capacitación general del personal en temas de eficiencia energética, enfocándose exclusivamente en el sistema de lectura de gas del horno de proceso cerámico.

X. Objetivos Generales y Específicos.

I. Objetivo general:

Implementar una unidad de lectura del consumo de gas en el horno de proceso cerámico para optimizar la gestión del recurso energético.

II. Objetivos específicos:

- Evaluar el estado actual del sistema de medición de gas.
- Seleccionar e instalar un sistema de lectura que permita la medición precisa del consumo de gas.
- Integrar la unidad de lectura con el sistema de monitoreo existente para facilitar la visualización de datos en tiempo real.
- Capacitar al personal en el uso del nuevo sistema y en el análisis de los datos obtenidos.
- Establecer un plan de mantenimiento para asegurar el funcionamiento continuo del sistema.

XI. Revisión de la literatura o fundamentos teóricos.

Monitoreo y Control de Procesos Industriales

En la industria, el monitoreo de procesos es fundamental para garantizar la eficiencia y la calidad de la producción. El control de variables críticas, como el consumo de energía, permite optimizar los procesos y reducir los costos operativos.

Los sistemas de monitoreo basados en PLC han demostrado ser una solución efectiva para la supervisión de procesos industriales. Estos sistemas permiten la adquisición de datos en tiempo real, el registro de históricos y la gestión de alarmas para responder rápidamente ante situaciones anómalas. [5]

Medición y Control del Consumo de Gas

El consumo de gas en un horno industrial es una variable crítica, ya que el gas es una de las principales fuentes de energía en los procesos de cocción de productos cerámicos. La correcta medición del flujo de gas permite identificar posibles ineficiencias, detectar fugas y optimizar el uso de recursos energéticos. [6]

Normativa y Estándares para la Seguridad en la Industria

La seguridad en instalaciones industriales es un aspecto crucial en la operación de hornos que utilizan gas como fuente de energía. Existen normativas y estándares que regulan la implementación de sistemas de monitoreo, como la norma IEC 61508, que establece los requisitos para la seguridad funcional de los sistemas eléctricos y electrónicos en entornos industriales. [7]

Eficiencia Energética y Optimización de Procesos

La eficiencia energética es una de las principales preocupaciones en la industria cerámica debido a los altos costos asociados con el consumo de gas. La implementación de sistemas de monitoreo y control del consumo de energía permite identificar oportunidades para reducir el gasto energético sin comprometer la calidad del producto.

La teoría de la optimización de procesos se enfoca en maximizar la eficiencia y reducir los costos de operación. Al medir y analizar el consumo de gas, es posible ajustar parámetros operativos del horno para mejorar la eficiencia del proceso de cocción. [1]

Instrumentación Industrial

La instrumentación juega un papel fundamental en la automatización y control de procesos industriales. Los instrumentos de medición, como los sensores de flujo, transmisores de presión, y sistemas de adquisición de datos, son componentes esenciales para implementar un sistema de monitoreo integral.

En la instrumentación de procesos, es importante entender el funcionamiento y la calibración de los dispositivos para garantizar la precisión en la medición de las variables críticas. [8]

Automatización Industrial

La automatización de procesos industriales busca reducir la intervención humana mediante el uso de dispositivos y sistemas que controlan automáticamente el funcionamiento de máquinas y procesos. [9]

Definición de IOT

La **Internet de las cosas (IOT)** se refiere a una red de dispositivos físicos interconectados que pueden recopilar y compartir datos a través de Internet. La IOT busca crear un entorno donde los dispositivos sean capaces de interactuar entre sí de manera automática para mejorar la eficiencia, reducir costos, y ofrecer nuevas capacidades. [10]

Normativa DIN 60947 5-6

Parte 5-6: Dispositivos de circuitos de control y elementos de conmutación Interfaz CC para detectores de proximidad y amplificadores de conmutación (NAMUR)

Esta Norma Internacional se aplica a los sensores de proximidad conectados para su funcionamiento mediante un cable de conexión de dos hilos a la entrada de control de un amplificador de conmutación a la entrada de control de un amplificador de conmutación.

El amplificador de conmutación contiene una fuente de c.c. para alimentar el circuito de control y está controlado por la resistencia interna variable del sensor de proximidad.

Estos dispositivos pueden utilizarse en atmósferas explosivas si también cumplen la norma IEC 60079-11. [11]

IEC 60079-11

Equipos eléctricos intrínsecamente seguros

La IEC 60079-11 es parte del conjunto de normativas IEC 60079, que abordan la seguridad de equipos eléctricos en atmósferas potencialmente explosivas. Esta norma, en particular, se enfoca en los principios y requisitos para diseñar, construir y evaluar equipos intrínsecamente seguros. [12]

¿Qué es la seguridad intrínseca (Ex i)?

Es una técnica de protección que limita la energía disponible en un circuito eléctrico a niveles que no puedan causar una ignición en atmósferas explosivas. [12]

Esto se logra reduciendo corrientes y voltajes a valores seguros, incluso en condiciones de falla como lo indica la [Tabla 1].

[Tabla 1] Seguridad intrínseca.

Tipo de Circuito	Tensión Máxima (V)	Corriente Máxima (A)	Potencia Máxima (W)	Descripción
Circuitos Intrínsecamente Seguros (Ex i) - Zona 0	≤ 24 V	≤ 0.1 A	≤ 1 W	Diseñado para evitar la formación de chispas o temperaturas que puedan causar ignición, incluso en caso de falla
Circuitos Intrínsecamente Seguros (Ex i) - Zona 1	≤ 60 V	≤ 0.2 A	≤ 2 W	Requiere aislamiento adicional y componentes certificados para ambientes de mayor riesgo.
Circuitos Intrínsecamente Seguros (Ex i) - Zona 2	≤ 120 V	≤ 0.5 A	≤ 6 W	Utilizado en áreas con menor riesgo, pero aún debe cumplir requisitos de diseño para evitar la ignición bajo condiciones normales y de falla.
Circuitos de Baja Tensión (No Ex i)	≤ 50 V	≤ 5 A	≤ 250 W	Generalmente seguros para uso en zonas no clasificadas como peligrosas, pero no cumplen con requisitos de seguridad intrínseca.
Señales de Baja Energía	≤ 12 V	≤ 0.02 A	≤ 0.24 W	Frecuentemente utilizados en sensores y dispositivos electrónicos en áreas clasificadas, donde las corrientes son insuficientes para causar ignición.

Ámbito de aplicación:

- Equipos eléctricos diseñados para operar en áreas con atmósferas explosivas.
- Componentes electrónicos y sistemas de control que trabajan con niveles limitados de energía.

Requisitos de diseño:

- Limitación de la energía disponible en el circuito para evitar chispas o sobrecalentamiento.
- Uso de barreras intrínsecamente seguras para proteger los equipos conectados a fuentes de energía externas.
- Cumplimiento con categorías específicas de protección, como Ex ia, Ex ib y Ex ic, que definen el nivel de seguridad:
 - **Ex ia:** Máximo nivel de seguridad, seguro incluso en condiciones de falla doble.
 - **Ex ib:** Seguro en condiciones de una sola falla.
 - **Ex ic:** Menor nivel de seguridad, para atmósferas menos peligrosas. [12]

Importancia de la IEC 60079-11 en proyectos industriales

- **Seguridad:** Garantiza que los equipos en atmósferas explosivas no representen un riesgo para el personal ni las instalaciones.
- **Cumplimiento normativo:** Es fundamental para proyectos que requieren certificaciones internacionales en entornos industriales peligrosos.
- **Eficiencia:** Permite el uso de tecnologías modernas como sensores, módulos IoT y sistemas de control, siempre que cumplan con la norma. [12]

XII. Marco Metodológico.

I. METODO DEDUCTIVO:

El **método deductivo** es un enfoque de razonamiento lógico que parte de principios generales o teorías establecidas para llegar a conclusiones específicas. Se basa en la premisa de que, si las premisas son verdaderas y la lógica es válida, la conclusión también debe ser verdadera. Es un proceso de pensamiento "de lo general a lo particular". [13]

II. METODO EXPERIMENTAL:

El **método experimental** es una técnica de investigación que consiste en manipular deliberadamente una o más variables para observar los efectos que tienen en otra variable. Se utiliza para determinar si un cambio en una variable produce un cambio en otra. Este método se basa en la recolección de datos a través de la observación y la experimentación, permitiendo comprobar o refutar hipótesis formuladas previamente. [14].

La aplicación de los métodos científicos citados permitirá alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. Las etapas pertinentes que se aplicara para ejecutar el proyecto se sintetizan en:

Etapa 1: Diagnóstico Inicial

- Realizar un análisis del sistema actual de medición de gas.
- Identificar deficiencias y oportunidades de mejora.

Etapa 2: Selección y Adquisición de Equipos

- Se aprovechará al máximo el equipo de medición y monitoreo actualmente disponible en la planta, como parte de la estrategia para optimizar el uso de los recursos y reducir los costos del proyecto.

Etapa 3: Instalación y Configuración

- Integrar la unidad de lectura con el sistema de monitoreo existente.

Etapa 4: Pruebas y Validación

- Realizar pruebas para verificar la precisión y funcionalidad del nuevo sistema. Validar la confiabilidad de los datos obtenidos.

Etapa 5: Capacitación y Entrega

- Capacitar al personal en el uso del nuevo sistema.
- Documentar procedimientos y recomendaciones para el mantenimiento.

XIII. Capítulos.

CAPITULO 1: Evaluar el estado actual del sistema de medición de gas.

1.1 Antecedentes:

Situación Previa del Sistema de Medición de Gas

El sistema de medición de gas existente consta de un contador digital instalado en campo, cuya principal función es registrar el consumo del recurso en tiempo real. Sin embargo, la toma de datos actualmente se realiza de forma manual, lo que introduce limitaciones significativas en términos de precisión, eficiencia y consistencia de la información recopilada.

Problemas Identificados

Dependencia de la intervención manual: La necesidad de que un operador registre los datos manualmente incrementa el margen de error y dificulta el seguimiento continuo del consumo, además la ubicación del medidor en una plataforma elevada dificulta el acceso frecuente, lo que afecta la regularidad y precisión en la toma de datos. En la [Fig.1] se evidencia la forma actual de recolección de datos.



[Fig.1] Forma actual de recolección de datos.

Incremento en riesgos operativos: El acceso a través de una escalera implica un potencial riesgo de accidentes laborales, particularmente durante mantenimientos rutinarios o emergencias. En la [Fig.2] se explica el acceso al contador a través de una escalera.



[Fig.2] Acceso al contador.

Falta de integración: El sistema actual no está conectado a una red de monitoreo centralizado, lo que complica el análisis histórico y en tiempo real del consumo.

Tecnológica: El contador de gas instalado actualmente está equipado con tecnología avanzada que permite la transmisión de datos a distancia. Sin embargo, esta capacidad no se encuentra en uso, lo que representa un desaprovechamiento significativo de su potencial tecnológico.

Beneficios no aprovechados:

- Acceso a datos en tiempo real.
- Posibilidad de identificar anomalías en el consumo de manera inmediata.
- Reducción de la intervención manual y mejora de la precisión.

Impacto Operacional

La falta de un sistema automatizado e integrado ha derivado en:

- Dificultades para optimizar el consumo de gas en procesos críticos, como el funcionamiento de hornos de procesos cerámicos.
- Incremento en los costos operativos debido a la ineficiencia en el monitoreo y control del recurso.
- Limitaciones para cumplir con normativas de eficiencia energética y control ambiental.

1.2 Qué se pretende:

Objetivo de la evaluación

Esta evaluación tiene como propósito principal optimizar el uso del sistema de medición de gas existente mediante la implementación de su capacidad tecnológica.

El objetivo es conectar el medidor actual al sistema de monitoreo del Departamento de Producción y Control del Procesos (P.C.P), permitiendo que los datos se transmitan automáticamente hasta la sala de control.

Determinación de condiciones actuales

Se busca realizar un análisis exhaustivo de las condiciones actuales del sistema de medición de gas, incluyendo el estado de los equipos, la funcionalidad del medidor y las prácticas operativas. Esto permitirá identificar deficiencias, como la dependencia de procesos manuales y el desaprovechamiento de tecnología, además de definir las áreas de mejora necesarias. Menciona cómo esta evaluación servirá como base para la instalación e integración del nuevo sistema.

Base para la instalación e integración del nuevo sistema:

Los resultados de esta evaluación serán fundamentales para diseñar una solución que:

- Aprovechamiento los equipos existentes en la planta.
- Habilitar el monitoreo en tiempo real desde el Departamento de Producción y Control del Procesos (P.C.P).
- Facilite la integración del sistema de medición de gas con otras herramientas de supervisión y análisis de datos en planta, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo errores manuales.

1.3 Diagnóstico del Sistema de Medición de Gas:

Análisis General del Sistema Actual:

El sistema de medición de gas actual está compuesto por un Cuantómetro **Elster QAe** junto con un **generador de impulsos E200**. El contador de gas está diseñado para medir el consumo de gas de forma volumétrica mediante el principio de desplazamiento de pistón. A continuación, se detallan los componentes y su funcionamiento:

- **Cuantómetro Elster QAe:** Mide el consumo de gas de forma precisa, utilizando tecnología volumétrica. Los impulsos generados por el contador se transforman en señales eléctricas que indican el volumen de gas consumido. [5]
- **Generador de Impulsos E200:** Con el emisor de impulsos integrado, E200, transmisor inductivo DIN EN 60947-5-6, es posible una indicación a distancia: Tensión de alimentación aprox. 8 V CC. Resistencia interior 1 k Ω . El impulso se efectúa modificando la absorción de corriente de $I \leq 1,2$ mA a $I \geq 2,1$ mA y de la tensión de $U < 5,9$ V a $U > 6,8$ V. [15]

Estado de los Equipos

-
- **Contador Elster QAe**

Estado físico:

Tras una inspección visual, se ha determinado que el contador se encuentra en buen estado, sin evidencias de desgaste significativo, daños visibles o corrosión que puedan afectar su rendimiento, evidenciando en la [Fig.3]. Esto indica que, desde el punto de vista físico, está apto para seguir operando.



[Fig.3] Contador Elster.

Generador de Impulsos E200:

Funcionamiento:

El **generador de impulsos E200** implementa la tecnología **NAMUR** (Grupo de Trabajo Sobre Normas para Tecnología de Medición y Control), un estándar internacionalmente reconocido para sensores utilizados en la medición y automatización industrial. Esta tecnología garantiza que los dispositivos puedan operar de manera confiable, incluso en entornos industriales exigentes. [15]

Características del Generador de Impulsos E200 con Tecnología NAMUR:

1. Principio de Funcionamiento:

El generador de impulsos convierte el flujo volumétrico del gas, medido por el Cuantómetro, en señales eléctricas digitales. Estas señales consisten en pulsos eléctricos proporcionales al volumen de gas, los cuales se transmiten hacia el sistema de monitoreo para su procesamiento.

2. Cumplimiento del Estándar DIN EN 60947-5-6 (NAMUR):

- La tecnología NAMUR asegura que el generador de impulsos opere de forma segura y confiable, incluso en áreas con riesgo de explosión.
- Este estándar define especificaciones de corriente y voltaje para la transmisión de señales, permitiendo una comunicación precisa y sin interferencias. En el caso del E200, los pulsos se generan con las siguientes características:
 - Tensión de alimentación: 8 VDC.
 - Resistencia interna: 1 k Ω .
 - Corriente de conmutación: de $I \leq 1.2$ mA (bajo) a $I \geq 2.1$ mA (alto).
 - Variación de tensión: de $U < 5.9$ V (bajo) a $U > 6.8$ V (alto). [15]

3. Seguridad y Fiabilidad:

La tecnología NAMUR implementada en el generador E200 asegura un funcionamiento estable, minimizando errores en la medición y garantizando que las señales transmitidas sean consistentes y resistentes a interferencias externas. Esto es especialmente relevante en industrias como la del gas, donde la seguridad y la precisión son críticas. [16]

El informe de prueba de funcionamiento se detalla en el **Anexo 1**.

Normativa:

El sistema de medición de gas debe cumplir con normativas nacionales e internacionales que regulan aspectos clave como la instalación, mantenimiento, seguridad, precisión y eficiencia energética. A continuación, se destacan algunas de las normativas más relevantes:

- **Normativa DIN EN 60947-5-6 (NAMUR):**

Regula los sensores de proximidad y dispositivos de conmutación en sistemas industriales. En este contexto, aplica al generador de impulsos del contador Elster QAe, asegurando que la interfaz de corriente continua opere de manera segura y confiable, especialmente en áreas peligrosas con potencial de explosión. [11]

- **Requisitos clave:**

Precisión en la medición del flujo de gas.

Seguridad en la instalación y operación de equipos.

Cumplimiento con estándares de eficiencia energética para reducir el impacto ambiental.

1.4 Evaluación centrada en la norma:

Al comparar el sistema actual de medición de gas con las normativas descritas, se identifican los siguientes puntos:

- **Cumplimientos:**

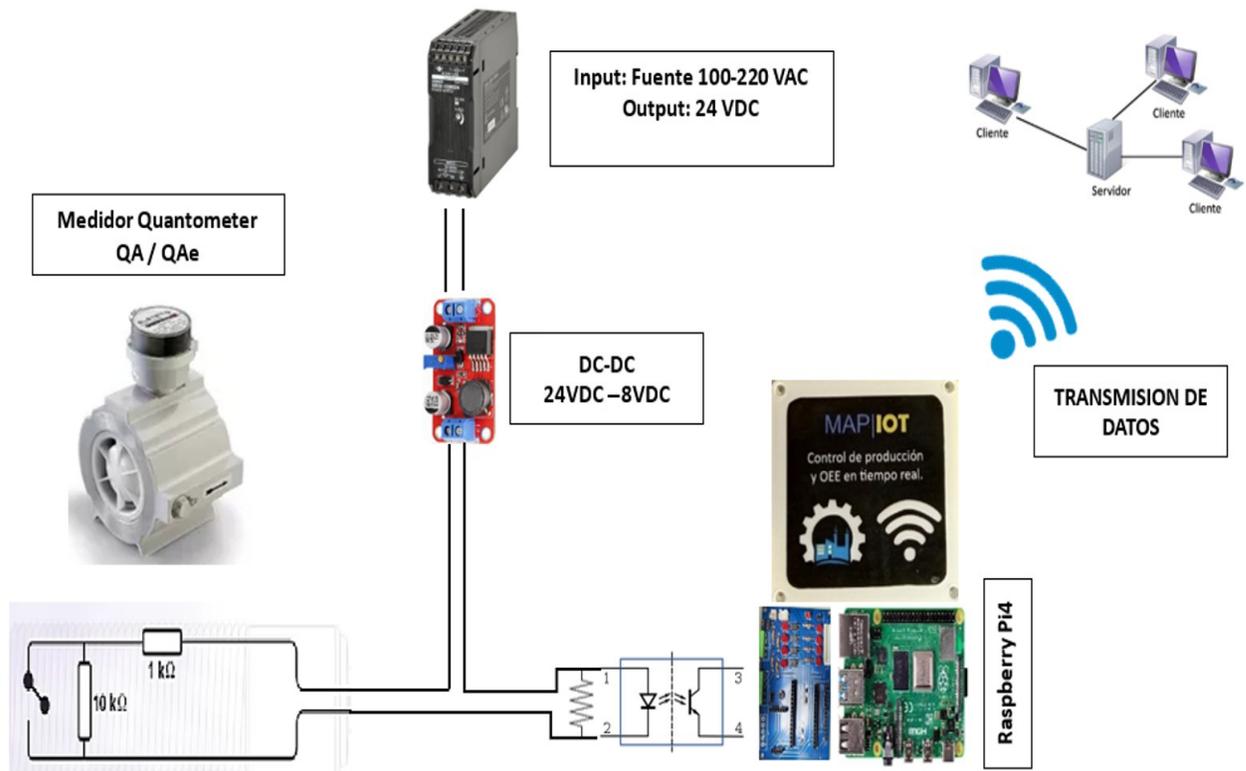
El contador Elster QAe incluye tecnología avanzada, como la capacidad de generar impulsos, lo cual cumple con los estándares técnicos establecidos por la **DIN EN 60947-5-6**. [11]

CAPITULO 2: Montaje del sistema de medición.

2.1 Introducción

En este capítulo se describe el diseño e instalación del sistema de medición de gas para el horno de proceso cerámico. Este sistema es fundamental en la necesidad de mejorar la precisión en la captura de datos y garantizar su integración con plataformas digitales que permitan un monitoreo eficiente y en tiempo real.

La [Ilustración 1] indica el flujo y conexión del sistema de medición y la transmisión de datos desde un medidor Quantometer hasta una base de datos de producción a través de una Raspberry Pi4 y una red inalámbrica.



[Ilustración 1] Diagrama de Interconexión de los Equipos.

2.2 Selección del Equipo y Tecnología

Para garantizar la precisión y confiabilidad del sistema, se han seleccionado los siguientes componentes principales:

- **Cuantómetro Elster QAe:** Capaz de registrar el consumo en tiempo real con alta sensibilidad y adaptado al rango operativo del horno. En la [Fig.4] se muestra el Cuantómetro.



[Fig. 4] Cuantómetro Elster QAe.

- **Emisor de Impulsos (E200):** En la [Fig.5] se encuentra el equipo integrado del Cuantómetro que se encargará de convertir las señales generadas por el flujo de gas en pulsos eléctricos que serán utilizados para el monitoreo a distancia.



[Fig.5] Emisor E200

- **Modulo Receptor-Transmisor de Datos:** Diseñado para optimizar la recolección y transmisión de datos del sistema de medición de gas, a través de sus partes integradas [Fig.5].



[Fig.5] Modulo Receptor.

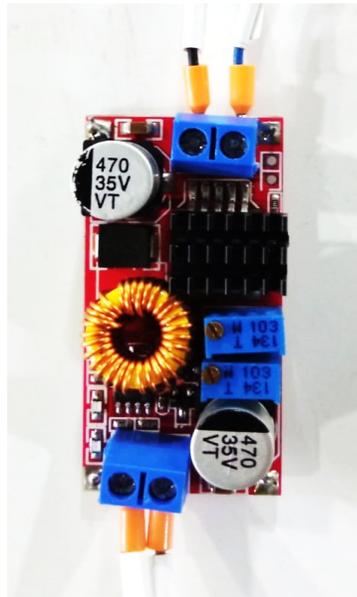
- **Fuente De Alimentación 24 VDC:** La función principal de la fuente de 24 VDC [Fig.6], es suministrar energía eléctrica en forma de corriente continua con un voltaje de 24 voltios, requerido por el módulo Receptor y la fuente DC a DC.



[Fig.6] Fuente Omrom 24 VDC

- **Fuente De Alimentación 8 VDC:**

La fuente de 8 VDC [Fig.7], será utilizada para alimentar al emisor de impulsos modelo E200, garantizando que opere conforme a la normativa DIN EN 60947-5-6. Este emisor es un componente crítico encargado de extraer la señal generada por el Cuantómetro, traduciéndola en impulsos eléctricos.



[Fig.7] Fuente de 8VDC

- **Software:** El programa en el dispositivo se desarrollará en LINUX que es un proyecto de código abierto de Digilent que facilita el desarrollo de aplicaciones embebidas con LabVIEW. En este proyecto se utilizará el software **LabVIEW** el cual nos permite realizar el análisis de medidas y la presentación de datos

2.3 Proceso de Instalación

La instalación del sistema de medición de consumo de gas se ha realizado siguiendo un proceso estructurado que asegura su funcionalidad y precisión. Las etapas completadas son las siguientes:

1. Preparación del sitio:

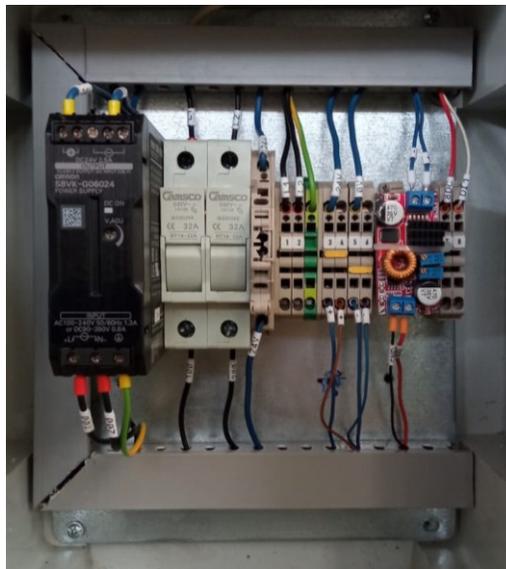
- Se inspeccionó el sitio para confirmar la ubicación del contador de gas existente y los puntos de instalación de los nuevos componentes.
- Se verificó la accesibilidad y seguridad del área para evitar riesgos durante la instalación.
- Se realizó una limpieza del entorno para prevenir interferencias en los sensores y transmisores [Fig.8].



[Fig.8] Lugar donde se instalará los equipos.

2. Preparación del cuadro de alimentación eléctrica:

- Se instaló un sistema de distribución que permite transformar la alimentación principal de **220V AC** en las tensiones requeridas:
 - Fuente de **24V DC** para alimentar el Módulo.
 - Fuente de **8V DC** destinada al Emisor de Impulsos.
- Cada fuente fue seleccionada y configurada para proporcionar una alimentación estable y continua, adaptándose a las necesidades del sistema.
- Se incorporaron **fusibles** para la protección de cada circuito, asegurando la prevención de fallas como cortocircuitos y sobrecargas en el sistema eléctrico.
- Fue añadido bornes dedicados para la alimentación de las fuentes de 24V DC y 8V DC, asegurando conexiones ordenadas y fácilmente accesibles para mantenimiento.
- También se incluyeron bornes para la conexión eléctrica del sensor de flujo y la recepción de señales desde el transmisor digital. Estas conexiones se realizaron con terminales adecuados, garantizando robustez y fiabilidad. El resultado se evidencia en la [Fig.9].



[Fig.9] Cuadro Eléctrico.

3. Ensamble de los Equipos en el Lugar:

- Se realizaron las conexiones eléctricas del tablero de alimentación, asegurando que todas las fuentes de 24 VDC y 8 VDC estuvieran correctamente conectadas para la alimentación de los equipos.
- El transmisor digital fue conectado al sensor de flujo **E200** (emisor de impulsos), a través de un conector hembra de 3 Polos M16.
- Todas las conexiones del tablero de alimentación, transmisor y emisor de impulsos fueron verificadas para garantizar la funcionalidad y continuidad del sistema. En la [Fig.10] se muestra la integración de los equipos.



[Fig.10] Equipos Instalados.

4. Programación:

El sistema de medición está diseñado para procesar las señales del sensor de flujo mediante un esquema que incluye un optoacoplador, una Raspberry Pi4 y el software LabVIEW. A continuación, se detalla el proceso:

Recepción de Señales

- El emisor de impulsos, alimentado con 8 VCC, genera una señal que activa el LED interno del optoacoplador. Este LED emite luz que es captada por el fototransistor en el lado de salida del optoacoplador.
- El fototransistor, al recibir la luz emitida [Fig.11], genera una señal eléctrica equivalente en el lado de salida, que se convierte en un pulso digital de 5 VDC. Este pulso se envía al ingreso del Raspberry y procesado con un contador del programa LabVIEW, permitiendo registrar y procesar los valores del consumo de gas.



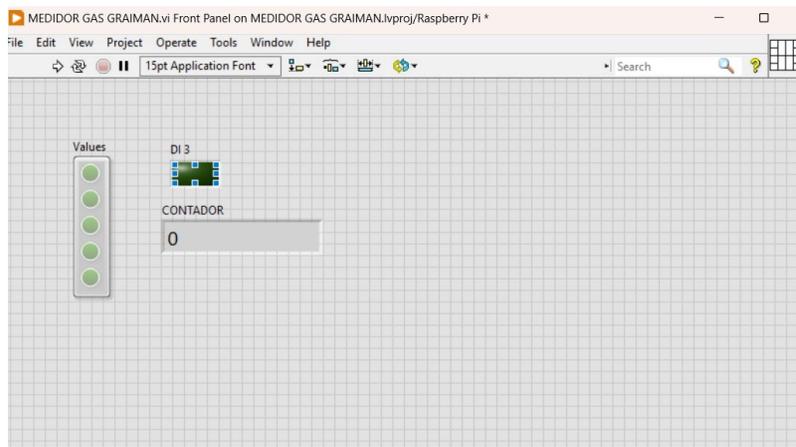
[Fig.11] Optoacoplador

Configuración

- El programa en el dispositivo fue desarrollado en LINUX que es un proyecto de código abierto de Digilent que facilita el desarrollo de aplicaciones embebidas con LabVIEW.

Procesamiento y Enlace a la Base de Datos

- El programa desarrollado en LabVIEW permite la lectura de impulsos digitales generados por un medidor de flujo conectado a una Raspberry Pi4.
- Cada impulso, equivalente a un volumen de gas configurado como 187,5 impulsos es igual a 1 m³, es procesado y convertido en datos legibles, los cuales son registrados en tiempo real en un archivo local para análisis y almacenamiento.
- Paralelamente, los datos procesados se integran al sistema de control de proceso a través de una red, facilitando el control y monitoreo de la producción.



[Fig.12] Vista frontal del panel de Configuración.

2.4 Consideraciones Técnicas y de Seguridad

La instalación se realizó bajo estrictos estándares de seguridad industrial, considerando la naturaleza del gas utilizado y los riesgos asociados. Asimismo, se garantizará que el equipo instalado cumpla con normativas ambientales y técnicas aplicables.

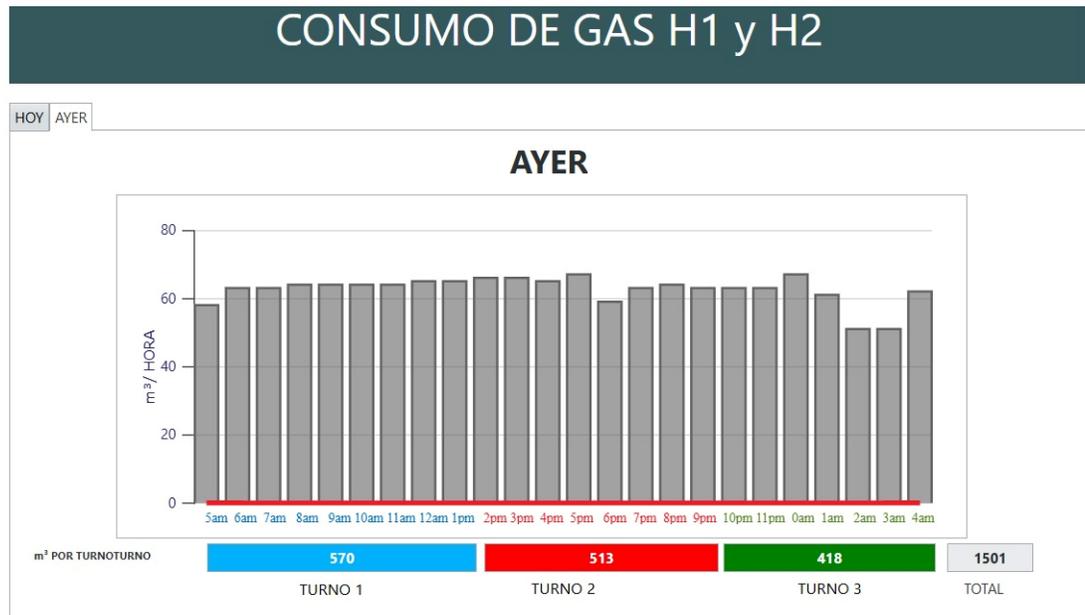
CAPITULO 3: Integración del sistema al departamento de PCP.

3.1 Descripción del enlace

- Una vez realizadas todas las configuraciones y ajustes técnicos en el sistema de medición de gas, se procede a establecer un enlace efectivo entre el sistema de medición y el departamento de PCP. Este enlace consiste en transmitir de manera automática los datos del consumo de gas en tiempo real desde el medidor a los servidores virtuales de la planta mediante una dirección IP conectados en una misma red.

3.2 Proceso de habilitación del seguimiento en tiempo real.

- A través de una interfaz gráfica, el personal de PCP podrá visualizar el consumo de gas instantáneamente. Esto se puede hacer directamente desde un ordenador. La visualización se lo puede hacer en tiempo real por cada hora, turno y día [Fig.13].



[Fig.13] Grafica de medición de Consumo.

3.4 Veracidad y confiabilidad de los valores:

Seguimiento: Durante el seguimiento y análisis de los datos de consumo, se evidenció que la transmisión de datos del contador es estable y confiable. La diferencia entre los valores registrados automáticamente por el sistema y la toma de datos manual realizada por los operadores es del 0,26%, lo cual es un margen mínimo y de baja consideración, como se observa en la [Tabla.2]. Esta variación se debe principalmente a que los operadores no siempre registran las mediciones a la misma hora exacta en que el medidor transmite la información, lo que confirma la precisión y ventaja del sistema automatizado para la monitorización del consumo.

[Tabla 2] Datos de seguimiento.

Nro. Días	Fecha	Medición del Contador (m ³)	Medición Manual (m ³)	Diferencia (m ³)	Porcentaje %
1	20/1/2025	1514,2	1519	4,8	0,32
2	21/1/2025	1510,8	1515	4,2	0,28
3	22/1/2025	1433,9	1525	91,1	6,35
4	23/1/2025	1493,8	1426	-67,8	-4,54
5	24/1/2025	1228	1443	215	17,51
6	25/1/2025	1412,7	1301	-111,7	-7,91
7	26/1/2025	1476,2	1334	-142,2	-9,63
8	27/1/2025	1456,9	1485	28,1	1,93
9	28/1/2025	1528,5	1519	-9,5	-0,62
10	29/1/2025	1503	1556	53	3,53
11	30/1/2025	1522,7	1482	-40,7	-2,67
12	31/1/2025	1455,5	1537	81,5	5,60
13	1/2/2025	1490,9	1461	-29,9	-2,01
14	2/2/2025	1458,4	1487	28,6	1,96
15	3/2/2025	1446,1	1470	23,9	1,65
16	4/2/2025	1478	1457	-21	-1,42
17	5/2/2025	1550,4	1509	-41,4	-2,67
SUMA TOTAL:					
		24960 m ³	25026 m ³	66 m ³	0,26%

CAPITULO 4: Plan de capacitación al personal involucrado.

Objetivo

Familiarizar al personal con el nuevo sistema de medición automatizado integrado al servidor central, eliminando la necesidad de lecturas manuales en campo.

4.1 Contenido de la Capacitación:

1. Acceso al Sistema

- El sistema ya está integrado en el programa Analytics del servidor central de la planta.
- Los operadores pueden acceder a los registros desde sus escritorios sin necesidad de desplazarse al medidor.

2. Monitoreo en Tiempo Real

- Los datos de consumo se actualizan automáticamente cada hora.
- Instrucciones para visualizar y analizar los registros históricos en el programa Analytics.

3. Beneficios Operativos

- Ahorro de tiempo y mejora en la eficiencia del monitoreo.
- Reducción de errores asociados a la toma manual de datos.

4.2 Actividad Práctica

- **Demostración:** Acceso en vivo al servidor central para observar los datos del medidor de gas.
- **Tarea:** Identificación de patrones de consumo a través del programa Analytics.
- **Duración Total:** 1 hora.
- **Recursos:** Computadora con acceso al servidor central.

CAPITULO 5: Estrategias para el mantenimiento del sistema.

5.1 Estrategias de mantenimiento preventivo

1. Revisión periódica de los medidores de gas:

- **Frecuencia:** Se recomienda realizar una inspección mensual de los medidores de gas para verificar su correcto funcionamiento.
- **Actividades:** Inspección visual, comprobación de conexiones, revisión de parámetros de medición y calibración de los dispositivos si es necesario.
- **Herramientas:** Uso de equipos de diagnóstico para verificar la precisión del medidor y corregir cualquier desajuste.

2. Mantenimiento del software:

- **Frecuencia:** Revisión trimestral del software para asegurar que los datos provenientes del medidor se integren correctamente al sistema central.
- **Actividades:** Verificar la configuración de la comunicación, revisar la base de datos para detectar registros incorrectos, y realizar actualizaciones del software.
- **Herramientas:** Utilización de herramientas de diagnóstico de software para identificar y corregir posibles errores de integración.

3. Reemplazo de equipos de hardware defectuosos:

- **Frecuencia:** Inspección de todos los componentes de hardware cada seis meses.
- **Actividades:** Comprobación de cables, sensores, y unidades de almacenamiento. Reemplazo de cualquier componente defectuoso o deteriorado.
- **Herramientas:** Uso de herramientas para verificar conexiones eléctricas y componentes físicos del sistema.

5.2 Estrategias de mantenimiento correctivo

1. Identificación temprana de fallos:

- **Frecuencia:** Revisión en tiempo real de los datos para detectar cualquier anomalía en la medición de gas (picos o caídas inesperadas).
- **Actividades:** Configuración de alarmas en el sistema de monitoreo para detectar fallos de medición o desconexiones del medidor.
- **Herramientas:** Implementación de software de monitoreo para la detección de fallos automáticos.

2. Intervención rápida ante fallos:

- **Frecuencia:** Dependerá de la naturaleza del fallo (inmediato si el medidor deja de transmitir datos).
- **Actividades:** En caso de fallo en la medición o en la comunicación, el equipo técnico debe intervenir rápidamente para diagnosticar y reparar el problema.
- **Herramientas:** Uso de herramientas de diagnóstico y repuestos para medidores y sistemas de comunicación.

5.3 Plan de repuestos y suministros

1. Inventario de repuestos críticos:

- **Frecuencia:** Control mensual del inventario de repuestos (sensores, cables, medidores, etc.).
- **Actividades:** Mantener un stock adecuado de repuestos esenciales para el sistema de medición.
- **Herramientas:** Sistema de gestión de inventarios para asegurar la disponibilidad de piezas de repuesto.

XIV. Conclusiones.

La evaluación del sistema actual de medición de gas ha permitido identificar deficiencias operativas significativas, como la dependencia de procesos manuales, la falta de integración tecnológica y riesgos asociados al acceso físico al contador. Aunque el equipo principal, como el Cuantómetro Elster QAe y el generador de impulsos E200, se encuentran en buen estado físico y cumplen con normativas internacionales como la DIN EN 60947-5-6, su potencial tecnológico está desaprovechado.

La instalación del sistema de medición de gas se realizó de manera estructurada, asegurando la integración precisa y eficiente de los componentes seleccionados, como el Cuantómetro Elster QAe, el emisor de impulsos E200 y el módulo receptor-transmisor de datos. El proceso incluyó la preparación del sitio, el diseño del cuadro de alimentación eléctrica y la conexión e integración de los equipos, garantizando una instalación segura, estable y funcional.

Este nuevo sistema representa un avance significativo en la precisión, automatización y conectividad del monitoreo de gas, optimizando los procesos de producción y reduciendo riesgos asociados al manejo manual y la falta de integración tecnológica.

Mediante un enlace directo a través de la red, el sistema transmite datos en tiempo real hacia los servidores virtuales de la planta, lo que permite al personal de PCP acceder a información precisa y actualizada a través de una interfaz gráfica intuitiva.

Este avance refuerza la eficiencia del sistema de monitoreo, disminuye la dependencia de registros manuales y optimiza la toma de decisiones en los procesos productivos, consolidando una integración tecnológica robusta y confiable. [17]

XV. Recomendaciones.

Implementar el enlace entre el Cuantómetro y la red de monitoreo para eliminar la dependencia de la toma manual, lo que reducirá errores y riesgos operativos.

Diseñar un programa de entrenamiento para familiarizar al equipo con las nuevas herramientas, interfaces de monitoreo, y protocolos de mantenimiento.

Garantizar que los datos recopilados se integren correctamente en la red local para permitir un monitoreo en tiempo real del consumo de gas.

Implementar revisiones periódicas del sistema para asegurar la precisión y consistencia de los datos registrados.

Realizar inspecciones mensuales del sistema, verificando conexiones y calibración del Cuantómetro y el generador de impulsos.

Sustituir componentes defectuosos, priorizando aquellos que afecten directamente la transmisión de datos.

Implementar medidas adicionales para prevenir accidentes durante la instalación, mantenimiento y operación del sistema. [17]

XVI. Bibliografía

- [1] Berrade, «Estrategias para la Optimización Energética,» 29 Abril 2024.
- [2] S. Laoyan, «Asana,» 6 febrero 2024. [En línea].
- [3] «Quironprevencion,» 14 noviembre 2019.
- [4] L. E. C. L. Pacheco Chávez, «BibDigital,» 1 Noviembre 2008.
- [5] S. y. Automatismos, «Escuela de Postgrado Industrial,» 27 octubre 2023.
- [6] Master, «Master SI,» 12 julio 2024.
- [7] R. Automation, «PlantPax,» marzo 2013.
- [8] Admin, «System South,» 6 marzo 2024.
- [9] C. Caio, «SYDLE,» 12 septiembre 2024.
- [10] U. Carlemany, «Universitat Carlemany,» 2024.
- [11] Standard, Internacional, «IEC,» 1999.
- [12] IEC, International Electrotechnical Commission , 2011.
- [13] S. Ernesto, «Experto universitario,» 2024.
- [14] R. Antoni, Noviembre 2015.
- [15] E. Instromet, «Manual Quantometer QA/QAe,»2010.
- [16] T. Mortenson, «Namur Sensor,» *RealPars*, 2021.
- [17] OpenAI, «Redaccion de Contenido Mediante Inteligencia Artificial,» ChatGPT, 2025.
- [18] ITCL, «CENTRO TECNOLOGICO,» 19 OCTUBRE 2021.

XVII. Anexos.

ANEXO 1.

INFORME DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR DE IMPULSOS

1. Introducción

En este informe se describe el procedimiento, los resultados y las conclusiones obtenidas durante la prueba de funcionamiento del generador de impulsos **E200**. El objetivo es verificar su correcto desempeño y asegurar que cumple con las especificaciones técnicas requeridas para su aplicación.

2. Datos del equipo

- **Nombre del equipo:** Generador de impulsos
- **Modelo:** E200
- **Número de serie:** 69260458 / 2013
- **Fabricante:** Elster

3. Objetivo de la prueba

Comprobar el funcionamiento del generador de impulsos bajo condiciones controladas, evaluando parámetros como:

- Medición de los impulsos a través de la corriente

4. Materiales y equipo utilizados

- Multímetro.
- Fuente de alimentación.
- Materiales (cables y conectores).

5. Procedimiento de prueba

1. Preparación del equipo:

- Inspección visual del generador para verificar que no haya daños físicos.
- Conexión del generador a una fuente de alimentación 8 V CC.

2. Configuración inicial:

- Configuración del multímetro para la medición de corriente mínima y máxima.

3. Prueba funcional:

- El impulso se efectúa modificando la absorción de corriente de $I \leq 1,2$ mA a $I \geq 2,1$ mA

4. Prueba de funcionamiento continuo:

- Operamos el generador durante 5 minutos para evaluar su estabilidad y comportamiento bajo carga.

6. Resultados obtenidos

- **Corriente min:** 4.9 mA.
- **Corriente Max:** 1.23 mA.

8. Conclusiones

- El generador de impulsos **cumple** con las especificaciones técnicas requeridas, garantizando un desempeño adecuado para la aplicación propuesta. Las corrientes generadas se encuentran dentro del rango óptimo para la activación eficiente del optoacoplador, asegurando la correcta transferencia de señales entre los circuitos y una operación segura y confiable del sistema.

10. Anexos.



[Ilustración.2] Corriente Mínima



[Ilustración.3] Corriente Máxima



[Ilustración.4] Activación del Optoacoplador

Quantometer QA / QAe

Débitmètres
à totalisateur mécanique (QA) ou
à totalisateur électronique (QAe)



Applications

Fluides : Méthane, gaz de ville, gaz naturel, air, gaz inertes

Secteurs d'activité : Industrie, commerce, chimie, alimentation*

Fonctions : Comptage, commande, régulation, enregistrement**

Informations succinctes

Les quantomètres Elster-Instromet sont des compteurs de gaz d'une grande fiabilité se prêtant à toutes les utilisations en matière de débit. Ils répondent à un grand nombre d'exigences dans le domaine de la mesure industrielle. Les quantomètres QA et QAe sont des débitmètres fonctionnant selon le principe de la roue de mesure mise en rotation. La rotation de la roue de turbine est proportionnelle au débit du volume. Elle est enregistrée par l'intermédiaire d'un totalisateur mécanique (QA) ou électronique (QAe) (V_b/m^3). Les paliers lubrifiés à vie assurent un fonctionnement sans aucun entretien des quantomètres.

Grâce à leur principe de mesure éprouvé et à la qualité des matériaux utilisés, les quantomètres satisfont aux exigences les plus sévères. Utilisés dans les processus de production et de chauffage, les quantomètres permettent de contrôler de façon précise le flux gazeux et ainsi d'optimiser les besoins en énergie.

Les quantomètres QA sont équipés d'un totalisateur mécanique à 7 chiffres enregistrant la quantité de gaz V_b en m^3 .

Les quantomètres QAe sont équipés d'un totalisateur électronique. Ils permettent de relever, outre l'enregistrement du volume total (V_b , m^3), l'affichage du débit (Q_b , m^3/h), du volume désiré au jour de référence (m^3/V_b le jour de référence) et du jour de référence lui-même. Ceci permet à l'utilisateur de facturer sans problème et au moment voulu la consommation de gaz par immeuble ou par poste de coûts.

Montage : Le quantomètre Elster-Instromet se monte facilement sur une canalisation. Le tronçon d'entrée doit être de $3 \times DN$, le tronçon de sortie de $2 \times DN$ au diamètre nominal. Un filtre doit être prévu dans la mesure où le flux de gaz n'est pas exempt de corps étrangers ou de poussière (par ex. air extérieur). La position de montage du quantomètre est arbitraire. Le sens de circulation du gaz est indiqué par une flèche sur le corps du quantomètre.

Interfaces / Sorties :

- QA : Relais Reed E1
- QA/QAe : Sortie Namur E200 (selon DIN EN 50227)
- QAe : Interface optique selon EN 1434-3 (compatible ZVEI)
- QAe : Interface M-BUS selon EN 1434-3 (tension Bus env. 40 V)
- QAe : Interface L-BUS (tension Bus env. 3,6 V, sortie Open-Collector)

Caractéristiques principales

- Appareil compact de mesure pour gaz
- Taille des appareils QA/e 10 – QA/e 1000
- Plages de débit de 1,6 – 1600 m^3/h
- Plages de mesure jusqu'à 1:20, pour des pressions plus élevées jusqu'à 1:50
- Diamètres nominaux DN 25 – DN 150
- Corps Aluminium
- Plages de température
QA : $-10\text{ }^\circ\text{C}$ à $+60\text{ }^\circ\text{C}$
QAe : $0\text{ }^\circ\text{C}$ à $+50\text{ }^\circ\text{C}$
- Sans entretien
- QA : Indice de protection IP52
Totalisateur mécanique à 7 chiffres
- QAe : Indice de protection IP44
Affichage LCD à 7 chiffres :
 - Volume actuel (Etat initial)
 - Volume à haute résolution (chiffres après la virgule)
 - Débit momentané
 - Valeur jour de référence / date jour de référence
 - Volume de retour
- Dans de nombreuses plages de mesure, précision de mesure insensible aux caractères physiques du gaz telle que masse volumique, température et pression
- Homologation DVGW

* Chauffage urbain, centrales électriques, pétrochimie, constructions d'équipements
** Contrôler, évaluer

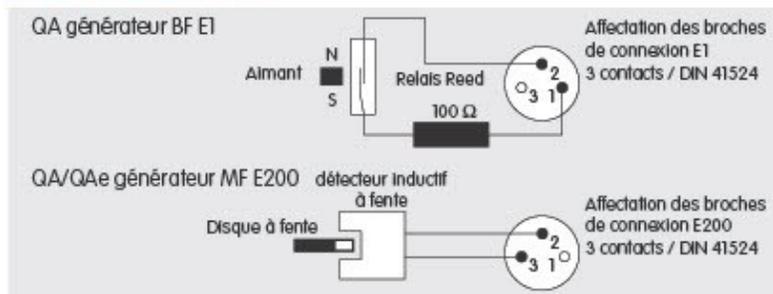
QA/QAe : Débitmètres à totalisateur mécanique (QA) ou à totalisateur électronique (QAe)

Données techniques		QA/e 10 – QA/e 40 GI	QA/e 40 GFI	QA/e 65 – QA/e 1000 ZI	
Fluide / Pression max.	Gaz combustibles	4 bar	4 bar	16 bar (PN 16), 20 bar (Class 150)	
	Air, gaz inertes	16 bar	16 bar	16 bar (PN 16), 20 bar (Class 150)	
Technique de mesure	Plage de mesure m ³ /h	QA/e 10 DN25: 1,6 – 16	QA/e 40 DN40: 5 – 65	QA/e 65 DN 50: 6 – 100	
		QA/e 16 DN25: 2 – 25		QA/e 100 DN 80: 10 – 160	
		QA/e 25 DN25: 2,5 – 40		QA/e 160 DN 80: 13 – 250	
		QA/e 40 DN25: 3,3 – 65		QA/e 250 DN 80: 20 – 400	
	Précision de 0,1 Q _{max} – 0,2 Q _{max}	±3 % (exception QA/QAe 10 ±6 %)			
Précision de 0,2 Q _{max} – Q _{max}	±1,5 %				
Corps	Matériau Aluminium				
	Diamètre nominal DN mm	25	40	50 80 100 150	
	Diamètre nominal DN °	1"	1½"	2" 3" 4" 6"	
	Dimensions	A + mm	159	202	202 225 245 300
		C mm	240	190	60 120 150 180
		C1 mm	185	126,5	- - - -
		G + mm	115	150	150 165 190
	Poids (net) kg	2,1	2,5	1,6 4,5 6,5 11,2	
	Poids (brut)** kg	2,6	3,4	2,7 7,5 10,0 18,0	
	Montage	Sur une canalisation, vissage conformément à DIN ISO 228 Filetage Intérieur 1"		Sur une canalisation, vissage conformément à DIN ISO 228 Filetage Intérieur 1½"	
Entre deux brides PN 10/16 (DIN EN 1092-1) ou Class 150					
Sorties / Valeurs d'impulsions	Relais Reed	10 Imp/m ³	1 Imp/m ³	1 Imp/m ³	
	Détecteur de proximité Inductif	500 Imp/m ³	250 Imp/m ³	QA/e 65 : 250 Imp/m ³ QA/e 100 – 1000: 187,5 Imp/m ³	

* QAe +25mm

** Vis, écrous, emballage compris

Générateur d'impulsions



Tension d'enclenchement : $U_{max} = 24 V$
 Courant d'enclenchement : $I_{max} = 50 mA$
 Puissance de coupure : $P_{max} = 0,25 W$
 Résistance série : $R_v = 100 \Omega \pm 20\%$

Caractéristiques du détecteur de proximité conformément à DIN EN 50227 (Namur) :

Tension nominale : $U_n = 0 VDC$
 Résistance intérieure : $R_i = 1 k\Omega$
 Courant débité : Circuit ouvert $I \geq 2,1 mA$
 Circuit fermé $I \leq 1,2 mA$

Vos interlocuteurs

Suisse
 GWF MessSysteme AG
 Bureau de la Suisse romande
 Route de Prilly 11, 1023 Crissier
 T +41 21 635 00 22
 F +41 21 635 60 70
 www.gwf.ch
 info@gwf.ch

Allemagne
 Elster GmbH
 Steinern Str. 19 - 21
 55252 Mainz-Kastel
 T +49 6134 605 0
 F +49 6134 605 223
 www.elster-instromet.com
 info@elster-instromet.com

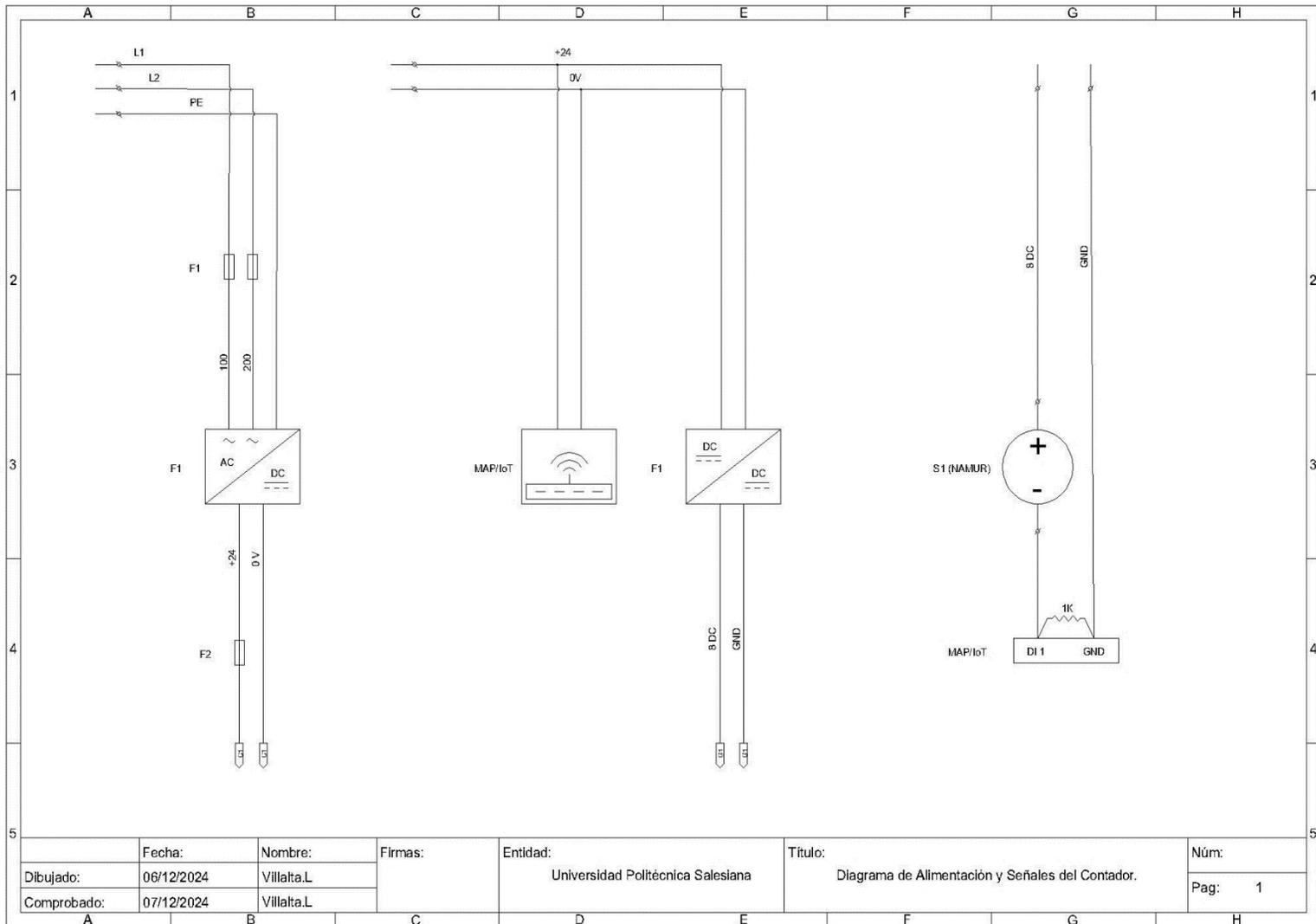
QA QAe CH01

A15.11.2010

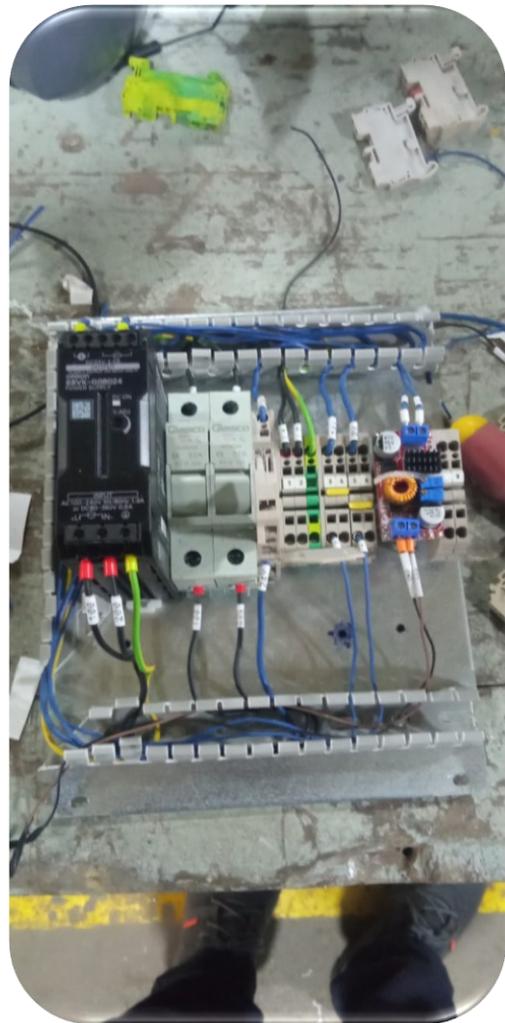
Tous droits réservés

Sous réserve de modifications techniques

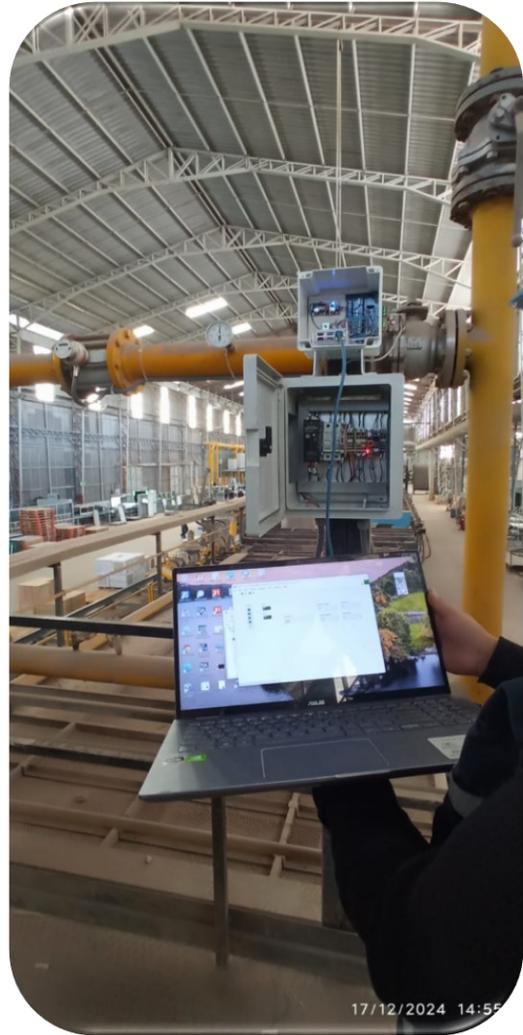
DIAGRAMA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO



IMAGENES



- La primera imagen muestra el proceso de armado de un tablero eléctrico, utilizando herramientas especializadas para garantizar una instalación segura y precisa. En la fotografía de la derecha, se aprecia el tablero ya ensamblado, con los componentes necesarios, todos organizados según el diseño eléctrico.



- En las imágenes se muestra el proceso de instalación y configuración del sistema de medición de gas, asegurando un cableado correcto. Posteriormente, se lleva a cabo la programación y calibración mediante un computador portátil conectado al sistema, configurando los parámetros para transmitir los datos del medidor.