

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE ANALIZADORES DE DIÓXIDO DE
AZUFRE PARA LA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO
EN REFINERÍA DE CAJAMARQUILLA DISTRITO DE
LURIGANCHO – CHOSICA – 2023”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

AUTORES:

Bach. ALIAGA PAUCAR, LUIS ENRIQUE

Bach. CASTRO INGA, KELLY STEPHANY

Bach. MAYO OLIVERA, NELIDA MILAGROS

ASESOR: Mg. Ing. ALFARO RODRIGUEZ, CARLOS HUMBERTO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**Callao, 2023
PERÚ**

Document Information

Analyzed document	TESIS - NELIDA_KELLY_LUIS.docx (D171835560)
Submitted	2023-07-07 00:22:00 UTC+02:00
Submitted by	
Submitter email	castrostephany997@gmail.com
Similarity	2%
Analysis address	fiee.investigacion.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / 15. TESIS. FLORES RIVAS - APAZA TICONA.pdf Document 15. TESIS. FLORES RIVAS - APAZA TICONA.pdf (D142845053) Submitted by: investigacion.fime@unac.pe Receiver: investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com	 3
SA	MMA2022-IMIG4.T4.docx Document MMA2022-IMIG4.T4.docx (D135400307)	 6

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA TESIS "IMPLEMENTACIÓN DE ANALIZADORES DE DIÓXIDO DE AZUFRE PARA LA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN REFINERÍA DE CAJAMARQUILLA DISTRITO DE LURIGANCHO- CHOSICA – 2023"
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA
AUTORES: NÉLIDA MILAGROS MAYO OLIVERA KELLY STEPHANY CASTRO INGA LUIS ENRIQUE ALIAGA PAUCAR

52%

MATCHING BLOCK 1/9

SA

15. TESIS. FLORES RIVAS - APAZA TICONA.pdf
(D142845053)

ASESOR: Mg. CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRÍGUEZ LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Callao, 2023 PERÚ INFORMACIÓN BÁSICA • FACULTAD Facultad de ingeniería eléctrica y electrónica • UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Pregrado

• TÍTULO

"Implementación de analizadores de dióxido de azufre para la mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023"

• AUTOR(ES)

Nombre: Nelida Milagros Mayo Olivera

DNI: 47773736

Código ORCID: 0000-0002-3658-1762

Nombre: Luis Enrique Aliaga Paucar

DNI: 46790327

Código ORCID: 0000-0003-3140-3593

Nombre: Kelly Stephany Castro Inga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE
TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los 19 días del mes de octubre del 2023 siendo las 12:00 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, aprobada mediante Resolución Decanal N°156-2023-DFIEE, conformado por los siguientes docentes ordinarios:

Mg. Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA
Dr. Lic. ADÁN ALMIRCAR TEJADA CABANILLAS
Dr. Ing. FERNANDO MENDOZA APAZA

Presidente
Secretario
Vocal

Asimismo el secretario **Dr. Ing. MARCELO CARLOS DAMAS FLORES**, no asistió; motivo por el cual se hace presente **Dr. Lic. ADÁN ALMIRCAR TEJADA CABANILLAS**, quien asume la titularidad de secretario, con ello se dio inicio a la exposición de Tesis de los señores Bachilleres **CASTRO INGA, Kelly Stephany; ALIAGA PAUCAR, Luis Enrique y MAYO OLIVERA, Nelida Milagros**; quienes habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electricista tal como lo señalan los Arts. N° 08 al 10 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentarán la Tesis Titulada a **"IMPLEMENTACIÓN DE ANALIZADORES DE DIÓXIDO DE AZUFRE PARA LA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN REFINERÍA DE CAJAMARQUILLA DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA – 2023"**, con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en los Art. N° 80 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 150-21-CU, en el Sub Capítulo II, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis sin Ciclo de Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por APROBADO..... Calificativo MUY BUENO..... nota: DIÉCISEN (18) a los expositores **CASTRO INGA, Kelly Stephany; ALIAGA PAUCAR, Luis Enrique y MAYO OLIVERA, Nelida Milagros**; con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 13:00..... horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 233 del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.


.....
Mg. Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA
PRESIDENTE


.....
Dr. Lic. ADÁN ALMIRCAR TEJADA CABANILLAS
SECRETARIO


.....
Dr. Ing. FERNANDO MENDOZA APAZA
VOCAL

.....
SUPLENTE

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE : Mg. Ing. Pedro Antonio Sánchez Huapaya
SECRETARIO : Dr. Lic. Adán Almircar Tejada Cabanillas
VOCAL : Dr. Ing. Fernando Mendoza Apaza

ASESOR : Mg. Ing. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez

INFORMACIÓN BÁSICA

- **FACULTAD**

Facultad de ingeniería eléctrica y electrónica

- **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

Unidad de Pregrado

- **TÍTULO**

“Implementación de analizadores de dióxido de azufre para la mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho-Chosica – 2023”

- **AUTOR(ES)**

Nombre: Nelida Milagros Mayo Olivera

DNI: 47773736

Código ORCID: 0000-0002-3658-1762

Nombre: Luis Enrique Aliaga Paucar

DNI: 46790327

Código ORCID: 0000-0003-3140-3593

Nombre: Kelly Stephany Castro Inga

DNI: 77069186

Código ORCID: 0000-0003-1903-5046

- **ASESOR**

Nombre: Mg. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez

DNI: 17998963

Código ORCID: 0000-0001-8465-9248

- **LUGAR DE EJECUCIÓN**

El estudio se llevará a cabo en Cajamarquilla en el distrito de Lurigancho – Chosica.

- **UNIDAD DE ANÁLISIS**

Analizadores de dióxido de azufre (SO₂).

- **TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Tipo: Aplicada y Tecnológica / Enfoque: Cuantitativo / Diseño: Experimental

- **TEMA OCDE**

Ingeniería y Tecnología

DEDICATORIA

Dedicamos la presente investigación primero a Dios y en segundo lugar a nuestras familias por haber comprendido nuestras ausencias en las diferentes actividades por no haber estado presentes.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros profesores que supieron inculcarnos los conocimientos necesarios para cumplir con la parte académica de nuestra carrera, a nuestros compañeros de carpeta por motivarnos en la ejecución de este proyecto igualmente a nuestro asesor por habernos apoyado en la realización de nuestra investigación.

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	10
1.3. Objetivos.....	11
1.4. Justificación	11
1.5. Delimitantes de la investigación	12
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	14
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	17
2.2. Bases teóricas	20
2.2.1. Analizador de Dióxido de Azufre.....	20
2.2.2. Proceso Productivo	25
2.3. Marco conceptual.....	27
2.4. Definición de términos básicos.....	28
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	30
3.1. Hipótesis.....	30
3.1.1. Operacionalización de variable.....	31
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	32
4.1. Diseño metodológico	32
4.2. Método de investigación	32
4.3. Población y muestra	32
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado	32
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	33
4.6. Análisis y procesamiento de datos	33
4.7. Aspectos éticos en investigación	33

V. RESULTADOS	34
5.1. Análisis Situacional	34
5.2. Detalle de la instalación	36
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	48
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	50
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	55
VII. CONCLUSIONES	56
VIII. RECOMENDACIONES	57
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS.....	60
ANEXO N.º 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	61
ANEXO N.º 02: CUADRO COMPARATIVO	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Refinería Cajamarquilla.....	10
Figura 2. Analizador de dióxido de azufre	21
Figura 3. Estructura de la planta lavador de gases	35
Figura 4. Planta lavador de gases.....	35
Figura 5. Recorrido de los cables MCC – Shelter Lavador de gases	36
Figura 6. Proceso de habilitación de cubículo para el tablero analizador	37
Figura 7. Proceso de habilitación eléctrica de Shelter de servicios auxiliares ..	37
Figura 8. Circuito Q17	38
Figura 9. Tablero de alumbrado – Lavadores de Gases	38
Figura 10. Tablero de Distribución C2743.6945	39
Figura 11. La ruta es según leyenda cable 220V - color anaranjado.....	39
Figura 12. Ruta del cable de control al Shelter.....	40
Figura 13. Ruta desde las mangueras hasta el Shelter.....	40
Figura 14. Instalación de tablero UPS dentro de Shelter.....	41
Figura 15. Instalaciones eléctricas de alimentación de Tablero de Analizador SO ₂ p1	42
Figura 16. Instalaciones eléctricas de alimentación de Tablero de Analizador SO ₂ p2	42
Figura 17. Instalación de cable de Fibra óptica a tablero de Analizador.....	43
Figura 18. Suministro e instalación de toma de 220V	44
Figura 19. Fabricación de jaula para balones	44
Figura 20. Reubicación de tableros de botoneras	45
Figura 21. Sonda de muestreo en Chimenea.....	46
Figura 22. Instalación de Tubing Aire Instrumental	46
Figura 23. Instalación de la sonda de muestreo	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	31
---	----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

SMCA: Sistema de Medición de Calidad del aire.

SO₂: Dióxido de Azufre

S: Azufre

UCSM: Universidad Católica Santa María

EPIMMEM: Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

IoT: Internet of Things (Internet de las cosas)

ppm: partes por millón

UV: ultravioleta

ATS: Análisis de Trabajo Seguro

PETS: Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro

EPP: Equipo de Protección Personal

OEFA: Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental

RESUMEN

Objetivo: Determinar de qué manera la Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

Metodología: El tipo de investigación es Aplicada y tecnológica con un diseño experimental y un método cuantitativo. La población estuvo conformada por el proceso productivo de la refinería en Cajamarquilla.

Resultados: El 99.9% de este gas que se genera en la quema del concentrado la cual es convertido en ácido sulfúrico. El analizador Opsis existente con ubicación técnica cumple doble función; control operacional para dosificación peróxido de hidrógeno (H₂O₂) para controlar las emisiones de SO₂. Se realizó la habilitación de cubículo para salida de alimentación de tablero analizador, alimentación eléctrica de Shelter de servicios auxiliares, instalación de tablero UPS dentro Shelter, instalaciones eléctricas de alimentación de Tablero de Analizador SO₂, instalación de cable de Fibra óptica a tablero de Analizador, suministro en instalación de toma de 220V, 1F para mantenimiento de Sondas calefactoras, fabricación de jaula para balones, reubicación de tablero de botoneras; y conexonado instrumental de tablero de Analizador SO₂. Al mantener los niveles de dióxido de azufre dentro de los límites permitidos, se reduce la probabilidad de interrupciones en la producción debido a problemas ambientales o regulaciones. Además, al contar con datos precisos y en tiempo real sobre los niveles de dióxido de azufre, la refinería puede ajustar sus procesos y optimizar la eficiencia, lo que puede resultar en mejoras en la calidad del producto final y una mayor rentabilidad. En general, la implementación de analizadores de dióxido de azufre puede tener un impacto significativo en la mejora del proceso productivo en una refinería de zinc.

Conclusiones: La Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

Palabras clave: dióxido de azufre, refinería, proceso productivo.

ABSTRACT

Objective: To determine how the implementation of sulfur dioxide analyzers improves the production process at the Cajamarquilla refinery in the district of Lurigancho- Chosica - 2023.

Methodology: The type of research is applied and technological with an experimental design and a quantitative method. The population consisted of the production process of the refinery in Cajamarquilla.

Results: 99.9% of this gas is generated in the burning of the concentrate which is converted into sulfuric acid. The existing Opsi analyzer with technical location has a dual function; operational control for hydrogen peroxide (H₂O₂) dosing to control SO₂ emissions. A cubicle was fitted out for the analyzer board power outlet, auxiliary services Shelter power supply, UPS board installation inside the Shelter, SO₂ analyzer board power supply electrical installations, installation of fiber optic cable to the analyzer board, supply and installation of a 220V, 1F outlet for heating probes maintenance, manufacture of a cage for balloons, relocation of the push button panel, and instrumental connection of the SO₂ analyzer board. By keeping sulfur dioxide levels within allowable limits, the likelihood of production interruptions due to environmental problems or regulations is reduced. In addition, by having accurate, real-time data on sulfur dioxide levels, the refinery can adjust its processes and optimize efficiency, which can result in improvements in final product quality and increased profitability. Overall, the implementation of sulfur dioxide analyzers can have a significant impact on improving the production process in a zinc refinery.

Conclusions: The Implementation of sulfur dioxide analyzers improves the productive process in Cajamarquilla refinery district of Lurigancho- Chosica - 2023.

Key words: sulfur dioxide, refinery, productive process.

INTRODUCCIÓN

El dióxido de azufre (SO₂) es un contaminante atmosférico significativo que se origina principalmente a partir de la combustión de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón. En los últimos años, la creciente preocupación por la calidad del aire y los efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente ha llevado a una mayor atención en la reducción de las emisiones de dióxido de azufre.

En el contexto de las refinerías de petróleo, la emisión de dióxido de azufre puede ser un problema importante debido a la naturaleza de los procesos involucrados en la producción y refinación del petróleo. Las refinerías en Lima, Perú, no son una excepción, ya que también enfrentan desafíos relacionados con la emisión de dióxido de azufre y la necesidad de mejorar su proceso productivo.

Esta investigación se centra en la implementación de analizadores de dióxido de azufre en una refinería específica ubicada en Lima, Perú, con el objetivo de mejorar su proceso productivo. Estos analizadores desempeñan un papel fundamental en la monitorización y control de las emisiones de dióxido de azufre, permitiendo una gestión más eficiente y precisa de los niveles de contaminación.

Esta investigación busca presentar una implementación de analizadores de dióxido de azufre para controlar el daño al medio ambiente y al personal operativo que labora en dichos entornos, dado que es un gas que en grandes cantidades puede representar un problema grave para la salud y ello incurre en multas e incumplimiento de las normativas de cuidado laboral, por ello la refinería en Cajamarquilla al realizar la implementación tendrá un mayor control de manera precisa y estable del dióxido de azufre lo cual le permitirá tomar decisiones acerca de los cuidados que se deben tomar para mejorar el proceso productivo sin perjudicar el medio ambiente y la salud de los trabajadores

El objetivo es determinar de qué manera la Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, la medición de la calidad del aire es cada vez más importante para el cuidado del medio ambiente más aun ahora en una época en la cual las empresas necesitan certificaciones del cuidado ambiental o procesos adecuados para evitar perjudicar el medio ambiente ya que es una de las más grandes preocupaciones a nivel global, además de ello la falta de cuidados pueden ocasionar daño en las personas que trabajan alrededor del mismo por ello la importancia de un analizador de dióxido de azufre (SO₂) con muy buena precisión y que permita una medición estable en el tiempo, esto según las normativas que deben seguir del mismo país, muchas de las grandes empresas recurren por una red de medición de contaminantes atmosféricos la cual consta de estaciones de muestreo manual o de monitoreo automático.

En el Perú, las empresas dedicadas al sector minero, petróleo. Pesquero, construcción o el ámbito industrial; tienen que ceñirse a la Ley N° 28611, la cual ha sido establecida por el Estado donde se fomenta el tratamiento de los residuos con fines de reutilización considerando una calidad necesaria, sin perjudica a la salud humana, el ambiente o alguna actividad donde se reutilice, estas empresas cuentan con analizadores de dióxido de azufre (SO₂) entre otros gases que pueden afectar a la salud humana y al medio ambiente, tienen que mantener un control adecuado y preciso de la cantidad de gases a los que se están exponiendo los trabajadores para evitar daños a largo plazo.

La refinería en Cajamarquilla la cual se encuentra ubicada en el distrito de Lurigancho/Chosica en Lima, Perú, actualmente es de las fundiciones de zinc más grande de América Latina y una de las más grande del mundo en 2021. Cajamarquilla utiliza tecnología de Tostado-Lixiviación-Electro obtención. Con una capacidad nominal de producción de 344,4 mil toneladas anuales de zinc contenido, Cajamarquilla produjo 328,1 mil toneladas de zinc metal disponible para la venta en 2021 y 305,4 mil toneladas en 2020. En 2021, el 36,9% del zinc contenido en materia prima utilizado por Cajamarquilla se obtuvo de nuestras

minas en Perú y el 63.1% se compró a terceros o se obtuvo de materias primas secundarias.



Figura 1. Refinería Cajamarquilla

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la implementación de analizadores de dióxido de azufre para la mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?

Problemas específicos

¿De qué manera la instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?

¿De qué manera la instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂ mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?

¿De qué manera la instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?

¿De qué manera la instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar de qué manera la Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

Objetivos específicos

Determinar de qué manera la instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

Determinar de qué manera la instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂ mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

Determinar de qué manera la instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

Determinar de qué manera la instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

1.4. Justificación

Justificación teórica

La implementación de analizadores de dióxido de azufre en una refinería de Lima, Perú, se justifica teóricamente debido a la creciente preocupación por la calidad del aire y los impactos negativos del dióxido de azufre en la salud humana y el medio ambiente. A medida que la industria del petróleo enfrenta desafíos en la reducción de emisiones contaminantes, es fundamental contar con tecnologías y herramientas precisas para monitorear y controlar las emisiones de dióxido de azufre. Esta investigación busca explorar las tecnologías más adecuadas y evaluar los beneficios potenciales de implementar analizadores de dióxido de azufre en una refinería específica, con el objetivo de

mejorar su proceso productivo y contribuir a la reducción de las emisiones contaminantes, promoviendo así un entorno más saludable y sostenible.

Justificación práctica

La justificación práctica para la investigación radica en la necesidad de optimizar el proceso de producción en refinerías para cumplir con los estándares ambientales y normativas regulatorias. La implementación de analizadores de dióxido de azufre permitirá una monitorización y control más precisos de las emisiones, lo que facilitará la identificación de áreas de mejora y la implementación de medidas correctivas eficientes. Esto no solo ayudará a la refinería a cumplir con las regulaciones ambientales, sino que también reducirá los riesgos para la salud de los trabajadores y la comunidad local, mejorando la imagen de la empresa y su compromiso con la sostenibilidad ambiental.

1.5. Delimitantes de la investigación

Delimitante teórica

La implementación de analizadores de dióxido de azufre para la mejora del proceso productivo de una refinería se refiere a la incorporación de tecnología de análisis especializada para la detección y monitoreo preciso de los niveles de dióxido de azufre en los procesos de producción de una refinería. Estos analizadores permiten medir de manera continua y en tiempo real la concentración de dióxido de azufre en diferentes puntos críticos de la planta, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias de control y mitigación de emisiones. Esta delimitante teórica se centra en la utilización de analizadores de dióxido de azufre como una herramienta clave para optimizar la eficiencia, la seguridad y el cumplimiento de los estándares ambientales en el proceso productivo de una refinería.

Delimitante temporal

La delimitante temporal de la implementación de analizadores de dióxido de azufre para la mejora del proceso productivo de una refinería se sitúa en el presente y el futuro cercano en un plazo de 6 meses. Aunque esta tecnología ha estado disponible durante algunos años, su adopción en la industria de las

refinerías se encuentra en una etapa de crecimiento y expansión. Con avances constantes en la instrumentación y la automatización industrial, se espera que en los próximos años se produzca una mayor implementación de analizadores de dióxido de azufre en las refinerías, impulsada tanto por las regulaciones ambientales más estrictas como por la creciente conciencia de la importancia de la sostenibilidad y la reducción de emisiones.

Delimitante espacial

La investigación se llevará a cabo en refinería de Cajamarquilla la cual está ubicada en el distrito de Lurigancho/Chosica en Lima-Perú. Además, debido a la naturaleza global de la industria del petróleo y el gas, la implementación de estos analizadores puede ser relevante en refinerías ubicadas en diferentes países y continentes, siempre y cuando se busque mejorar la eficiencia y cumplir con las normativas ambientales aplicables.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación realizada por Suarez y Rey (2019), la cual titula “Análisis de la gestión de inventarios para analizador de gas dióxido de azufre SO₂-T100 marca Teledyne api”, planteó como objetivo generar una propuesta para la gestión de los repuestos del analizador de gas de dióxido de azufre SO₂ modelo T100 marca Teledyne api basado en una toma de información en el almacén y la información de la compra. El tipo de investigación fue histórica, documental, descriptiva, correlacional, explicativa, estudios de caso, longitudinal y experimental. Los resultados fueron que optimizar los tiempos de respuesta de los mantenimientos preventivos programados y poder estandarizar tiempos a las diferentes actividades que se generan a partir de los mismos. Se espera minimizar la cantidad de tiempo que técnicos de mantenimiento y contratistas invierten en las funciones administrativas del mantenimiento, estableciendo procesos estándar de resolución de conflictos, de manera que, al surgir las fallas e incidencias, sean atendidas y superadas rápidamente. Establecer una base de datos confiable de comportamientos, fallas y anomalías de los parámetros de operación del instrumento a partir de los mantenimientos realizados y lecciones aprendidas. Se concluyó que una de las consecuencias de no llevar un control de repuestos es generar una compra ineficiente de los mismos, lo cual en el tiempo se refleja como una pérdida de dinero. Se obtiene con la información de repuestos de baja rotación que nuevamente se compran y de repuestos obsoletos que aún 63 se encuentran en inventario y los equipos están fuera del inventario de operación.

En la investigación realizada por Núñez [et al.] (2019), la cual titula “Emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera por fuentes fijas del MINAG y su influencia en la calidad del aire en la provincia de Villa Clara”, planteó como objetivo cuantificar la carga contaminante del dióxido de azufre emitida por fuentes fijas del MINAG, determinar el porcentaje que representa estas emisiones del total de ellas, por municipios y por consumo de combustible, evaluar la calidad del aire y

proponer medidas de reducción a la emisión. El método aplicado para determinar la emisión fue empleando mediciones directas con analizadores de gases y factores de emisión de AP-42 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la evaluación de la calidad del aire se realizó a través de la modelación de la dispersión del contaminante con el software ISC-AERMOD Versión 3,15 de la EPA. Los resultados muestran que la carga contaminante del dióxido de azufre fue de 68 t, el 80 % emitido en el municipio de Santo Domingo y el 97 % por quemar fueloil. La calidad del aire es aceptable, deficiente y pésima en diferentes áreas cercanas a las fuentes de emisión. Al aplicar las medidas propuestas se puede elevar la eficiencia energética, reducir el consumo de combustible al 3 % (38 t) y la emisión en 1,8 t, lo que favorece los costos de las entidades y propicia menor deterioro de la calidad del aire en las zonas afectadas. Se concluyó que La fuente responsable de emitir mayor cantidad de SO₂ es la fábrica de conservas "Mady" del municipio de Santo Domingo.

En la investigación realizada por González (2023) la cual titula "Desarrollo de un prototipo analizador de gases contaminantes industriales para la empresa SIAM INGENIERÍA S.A.S." planteó como objetivo desarrollar un prototipo analizador de gases contaminantes industriales, utilizando módulos electrónicos y tecnología IoT, para mejorar el procedimiento de monitoreo actual, en la empresa SIAM INGENIERÍA S.A.S. El tipo de investigación es tecnológica. Los resultados fueron que el dispositivo cumplió con el requerimiento de ser de mucho menor consumo que los equipos analizadores actuales en la organización. Siendo de 7.08 W como máximo en el prototipo, a comparación de los 270 W [9, pp. 1-4] (según manual del fabricante) de los equipos Thermo. El servidor en la nube de Google Drive es un buen sistema de almacenamiento para proyectos de IoT como el presentado, ya que, a través de una App Script, se puede programar cualquier función necesaria para el manejo de archivos (mover, borrar, cortar, crear carpetas, etc.). Y rápida, ya que, con una conexión a internet medianamente estable en un lugar remoto, se pueden subir archivos .CSV de 1 MB en menos de 10 segundos. Se concluyó que el dispositivo completó las funciones que se tenía previstas, realizando el almacenamiento de datos en una tarjeta SD en el tiempo de registro requerido, con una interfaz intuitiva para el

usuario en el que le es posible modificar, actualizar y seleccionar cada parámetro de configuración que le es necesaria.

En la investigación realizada por Díaz (2020) la cual titula “Variación en las emisiones contaminantes de los vehículos debido a cambios en la geometría vial en carreteras de Colombia” planteó como objetivo estimar la variación de las emisiones vehiculares debida a cambios geométricos de la carretera. El tipo de investigación fue revisión bibliográfica. Los resultados fueron que las emisiones de CO₂ son mayores al tener carreteras muy planas y poco sinuosas y onduladas, que existe un punto medio donde las emisiones no son muy altas donde las carreteras son sinuosas y ligeramente onduladas o muy sinuosas y onduladas y que las menores emisiones se presentan en carreteras que son sinuosas, pero no con curvaturas que superan los 300 [°/km] y onduladas. Al igual que en el CO₂ las emisiones de SO₂ son aproximadamente 5% menos en la geometría tipo 2 y 3 que las de la geometría tipo 1, para el tipo de geometría 4 y 7 las emisiones son muy similares y se reducen en 16% comparada con el tipo de geometría 1 y 11% comparada con el tipo de geometría 2 y 3. Se concluyó que el modelo HDM-4 utilizado en esta investigación resulta ser una herramienta muy eficaz a la hora de estimar la variación de la cantidad de emisiones al variar parámetros geométricos de una carretera como la curvatura y la relación de subidas y bajadas en m/km.

En la investigación realizada por López y Fajardo (2020) la cual titula “Diseño de un sistema electrónico portable de diagnóstico de gases producidos por motocicletas cuatro tiempos” la cual planteó como objetivo monitorear el sistema electrónico portable que permita medir gases contaminantes como monóxido de carbono y dióxido de carbono. La metodología fue descriptiva. Los resultados fueron que el sistema portable puede influir en la calibración de aquellas motocicletas que por lo general son rechazadas en el momento de hacer su revisión técnico mecánica. Con la implementación de los dos sensores como lo son el Dióxido y Monóxido de carbono se puede hacer una relación acerca de la mezcla estequiométrica lo cual una mezcla alta de monóxido de carbono indica la generación de una mezcla rica, mientras que una concentración baja en Monóxido de carbono da señal de una mezcla pobre, estas señales de alarma

se dan con la iluminación de un led. Se concluyó que el análisis de los gases de escape producidos por una motocicleta de 4 tiempos se da con la implementación y monitoreo de sensores por medio de Arduino y plataforma IoT, lo cual facilita la visualización de datos en tiempo real acerca de las condiciones en que se encuentra el vehículo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación realizada por Del Carpio (2019) la cual titula “Informe sobre labores realizadas para el aseguramiento y control de calidad del sistema de monitoreo de la calidad de aire en Ilo” planteó como objetivo describir el desarrollo de las actividades y la prestación de los servicios profesionales realizados en el proyecto Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, implementado por la Municipalidad Provincia de Ilo, durante los periodos de 1998 al 2002. El tipo de investigación es descriptiva y analítica. Los resultados fueron que los niveles de concentración de dióxido de azufre en el aire ambiental, durante los periodos de evaluación de 1998 al 2002, superaron los niveles máximos permisibles de $572 \mu\text{g}/\text{m}^3$, establecidos mediante la Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM para emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero metalúrgicas, asimismo, superaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la calidad ambiental del aire permitieron determinar que el Valle del Algarrobal, es el sector más contaminado de la Provincia de Ilo, seguido por Ciudad Jardín, Miramar, Alto Ilo y la Pampa Inalámbrica, asimismo, los niveles de concentración de dióxido de azufre más elevados, se producen por lo general durante las primeras horas de la madrugada y en la estación de verano. Se concluyó que se elaboraron e implementaron algunos procedimientos, necesarios para una adecuada gestión de aseguramiento y control de calidad del sistema de monitoreo de calidad ambiental del aire, entre ellos el procedimiento para la recolección de datos, calibración de los analizadores automáticos, mantenimiento preventivo y transmisión de datos en tiempo real para la implementación de un Plan de Contingencia Atmosférico.

En la investigación realizada por Paja (2019) la cual titula “Evaluación de los Gases de Dióxido de Azufre Producidos en el Proceso de Lixiviación de Óxidos de Cobre en una Pila de Procesos de Lixiviación y la Influencia en la Salud de los Trabajadores de Lixiviación” planteó como objetivo evaluar los niveles de concentración de gases de Dióxido de Azufre (SO₂) producidos en el proceso de lixiviación de óxidos de cobre y determinar la influencia en la salud de los trabajadores del área de lixiviación. La metodología fue descriptiva y analítica, con un método cuantitativo. Los resultados fueron que para evaluar la sintomatología presentada por los trabajadores del área de lixiviación, en primer lugar se utilizó un cuestionario como herramienta de recolección de datos el cual fue aplicado también a los 25 trabajadores, este cuestionario tuvo como objetivo, obtener una caracterización de los trabajadores e indicadores sobre la sintomatología respiratoria y a la vista, presentada por la exposición a concentraciones de Dióxido de Azufre antes definidas, así mismo luego de un análisis de los datos obtenidos en el cuestionario se definió que 7 de estos trabajadores, fueran evaluados con un test de bronco dilatación por espirometría, para poder determinar de manera clínica si debido a las exposiciones crónicas a concentraciones de Dióxido de Azufre se pueden presentar un deterioro de salud de los trabajadores del área de lixiviación. Se concluyó que se realizó un monitoreo de los niveles de concentración de gases de Dióxido de Azufre producidos en el proceso de lixiviación de óxidos de cobre, este monitoreo se realizó a los 25 trabajadores del área de lixiviación por un periodo de 8 horas y una frecuencia de muestreo de 15 minutos, luego de un análisis estadístico de los datos recolectados, se obtuvo un intervalo de confianza cuyo límite inferior es 1.74 ppm y el límite superior es 1.76 ppm.

En la investigación realizada por Córdova (2019) la cual titula “Índice de la calidad de aire de combustión del monóxido de carbono y dióxido de azufre del flujo vehicular en Pariachi y Huaycan” planteó como objetivo determinar el Índice de la calidad de aire de combustión monóxido de carbono y dióxido de azufre del flujo vehicular en Pariachi y Huaycan. El tipo de investigación fue descriptivo con un corte transeccional o transversal y de tipo no experimental. Los resultados fueron que del monitoreo de parámetro meteorológico realizada con un

anemómetro donde se registraron valores con temperatura de 25.4 °C, humedad de 40% y una velocidad promedio de 1 Km/h y la predominancia del viento es del SSO. Las concentraciones obtenidas en el mes de noviembre con respecto al parámetro del monóxido de carbono se obtuvo una concentración de 4941 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, comparando con el D.S N° 003 – 2017 MINAM no excede el nivel de referencia establecida por la normativa peruana. Se concluyó que se ha determinado los resultados de la calidad de aire teniendo en cuenta el tiempo y flujo de monitoreo para monóxido de carbono 1 hora y 0.5 L/min y el dióxido de azufre 24 horas y 0.2 L/min, se obtuvieron resultados en el mes de octubre y noviembre con respecto al parámetro de monóxido de carbono 4941 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y su índice de calidad de aire 16.47 que representa una coloración verde clasificándolo una calidad de aire buena y el dióxido de azufre fue 12.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un índice de calidad de aire 5.05 lo que significa que la calidad de aire es buena.

En la investigación realizada por Aragón y Rivas (2021) la cual titula “Implementación de módulo analizador de gases de combustión portátil para el laboratorio de termo fluidos de la EPIMMEM de la UCSM” la cual plantea como objetivo implementar un módulo didáctico de analizador de gases de combustión portátil para el laboratorio de termo fluidos de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica De Santa María. La metodología de la investigación fue descriptiva con un método hipotético deductivo. Los resultados fueron que en las pruebas y análisis se pudo observar que la regulación del oxígeno en una combustión juega un papel fundamental en el resultado de la eficiencia y niveles de concentración de gases de chimenea de una máquina de combustión, así mismo también se pudo observar que las concentraciones de gases de combustión varían en función de varios parámetros como: porcentaje de oxígeno y temperatura como se pueden visualizar en el capítulo IV de este trabajo. Se elaboró un dashboard simulador de un análisis de gases de combustión donde se puede observar y analizar como el rendimiento de una máquina de combustión varía según la modificación de parámetros de combustión. Se concluyó que en este proyecto de investigación de la tesis se logró la implementación de un módulo didáctico

de analizador de gases de combustión para el laboratorio de termofluidos de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica De Santa María.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Analizador de Dióxido de Azufre

Como menciona Pacheco (2022), la abundancia relativamente grande de SO₂ volcánico (2-12° de masa molar), su baja concentración atmosférica (<10 ppb), la fuerte absorción ultravioleta y la sensibilidad a los cambios entre la erupción y la desgasificación pasiva hacen del SO₂ una muestra excelente para la teledetección. (p. 15)

Conocer el contenido inicial de S del magma permite determinar el volumen de magma liberado, lo cual es crucial para la interpretación de las observaciones geofísico-vulcanológicas así como para la evaluación del peligro volcánico, ya que existe una relación entre actividad volcánica y actividad volcánica y flujo de SO₂. La desgasificación de S puede afectar significativamente la evolución del magma y tener implicaciones para la atmósfera, el clima y los ecosistemas de la Tierra. Por lo tanto, comprender la gasificación del S volcánico nos informa sobre los procesos magmáticos, volcánicos e hidrotermales, los efectos del vulcanismo en el sistema terrestre y los ciclos biogeoquímicos.

Según García y Ramírez (2020), los analizadores de dióxido de azufre miden la fluorescencia producida por las moléculas de SO₂ cuando absorben la luz ultravioleta. Está controlado por un microprocesador y tiene una gran capacidad de almacenamiento de datos gracias a la memoria interna. Los datos registrados se pueden recuperar fácilmente a través de su puerto RS-232. (p. 9)



Figura 2. Analizador de dióxido de azufre

Entre las características de un analizador de dióxido de azufre tenemos que:

- **Precisión y sensibilidad:** Un analizador de dióxido de azufre es capaz de detectar y medir niveles muy bajos de SO₂ en el aire o en otros medios. Estos analizadores están diseñados con sensores altamente sensibles y tecnología de vanguardia para proporcionar resultados precisos y confiables. Pueden detectar concentraciones de dióxido de azufre en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb), lo que los hace ideales para monitorear la calidad del aire en áreas industriales o urbanas.
- **Rango de medición amplio:** Los analizadores de dióxido de azufre pueden cubrir un amplio rango de medición para adaptarse a diferentes necesidades. Pueden medir concentraciones de SO₂ desde niveles muy bajos hasta concentraciones más altas, lo que permite monitorear tanto entornos con baja contaminación como áreas cercanas a fuentes industriales o emisiones de tráfico intenso.
- **Conectividad y capacidad de almacenamiento de datos:** La mayoría de los analizadores de dióxido de azufre cuentan con funciones de conectividad, lo que permite la transferencia de datos en tiempo real a sistemas de monitoreo o centros de control. Además, estos analizadores a menudo tienen capacidad de almacenamiento interno para guardar datos históricos y generar informes detallados. Esto facilita el análisis y seguimiento de los niveles de dióxido de azufre a lo largo del tiempo, lo

que es esencial para evaluar el impacto de las emisiones y tomar medidas correctivas.

Existen algunos tipos de analizadores en la presente investigación serán catalogados de la siguiente manera:

- Analizadores basados en espectroscopía UV: Estos analizadores utilizan la espectroscopía ultravioleta para detectar y medir el dióxido de azufre en una muestra. El SO₂ absorbe radiación UV a una longitud de onda específica, lo que permite cuantificar su concentración. Estos analizadores son altamente sensibles y precisos, y se utilizan comúnmente en aplicaciones industriales y de monitoreo ambiental.
- Analizadores basados en celdas electroquímicas: Este tipo de analizador utiliza una celda electroquímica para medir los niveles de dióxido de azufre. La celda electroquímica contiene un electrodo sensible al SO₂ que reacciona con el gas, generando una corriente eléctrica proporcional a su concentración. Estos analizadores son portátiles y fáciles de usar, lo que los hace adecuados para la monitorización en tiempo real en diferentes ubicaciones.
- Analizadores de absorción de infrarrojos: Estos analizadores emplean la técnica de absorción de infrarrojos para medir los niveles de SO₂. El dióxido de azufre absorbe radiación infrarroja a una longitud de onda específica, y al medir la cantidad de radiación absorbida, se puede determinar su concentración. Estos analizadores son precisos y se utilizan ampliamente en aplicaciones industriales y de control de emisiones.

Dichos analizadores presentan ciertas especificaciones las cuales nos brindan una ventaja en el manejo del mismo y la calidad del aire.

- Respuesta rápida: Los analizadores de dióxido de azufre están diseñados para ofrecer una respuesta rápida, lo que permite la detección y medición en tiempo real de los niveles de SO₂. Esto es especialmente importante en aplicaciones industriales donde es necesario realizar un seguimiento

continuo de las emisiones y tomar medidas correctivas rápidamente para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.

- **Diseño robusto y duradero:** Estos analizadores están contruidos con materiales resistentes y duraderos para soportar las condiciones ambientales adversas y mantener un rendimiento confiable a largo plazo. Esto es esencial, ya que muchos analizadores de dióxido de azufre se instalan en ubicaciones al aire libre, donde están expuestos a cambios de temperatura, humedad y contaminantes ambientales.
- **Integración con sistemas de control y monitoreo:** Los analizadores de dióxido de azufre suelen contar con salidas de datos y protocolos de comunicación estándar que permiten su integración con sistemas de control y monitoreo más amplios. Esto facilita la incorporación de los datos de SO₂ en sistemas de gestión de la calidad del aire, sistemas de control de emisiones o plataformas de monitoreo en línea, lo que mejora la eficiencia de la monitorización y el análisis de los datos.

El principio de operación de un analizador de dióxido de azufre puede variar según el tipo de tecnología utilizada. A continuación, presentaré el principio de operación basado en la espectroscopía UV, una de las tecnologías comunes utilizadas en los analizadores de dióxido de azufre:

Espectroscopía UV

El principio de operación se basa en la ley de Beer-Lambert, que establece una relación entre la absorción de luz por parte de una muestra y la concentración de la sustancia absorbente. En el caso del dióxido de azufre, su absorción de radiación ultravioleta (UV) a una longitud de onda específica se puede utilizar para determinar su concentración.

La ley de Beer-Lambert se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$A = \varepsilon * c * l$$

Donde:

A: Es la absorción de la muestra

ε : Es el coeficiente de absorción molar del dióxido de azufre a la longitud de onda utilizada

c: Es la concentración de dióxido de azufre

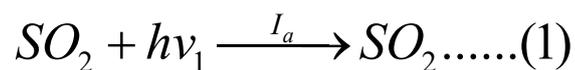
l: Es la longitud del camin óptico, es decir, la distancia que recorre la luz a través de la muestra

El analizador de dióxido de azufre emite radiación ultravioleta a la muestra y mide la intensidad de la luz transmitida. Al comparar esta intensidad con la intensidad de referencia sin muestra, se puede determinar la absorbancia. Utilizando el coeficiente de absorción molar y la longitud del camino óptico conocidos, se puede calcular la concentración de dióxido de azufre en la muestra.

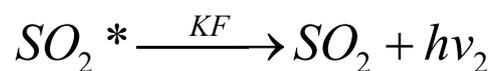
Es importante destacar que este es solo uno de los principios de operación posibles para un analizador de dióxido de azufre, y otros tipos de tecnologías, como la celda electroquímica o la absorción de infrarrojos, tienen principios de operación distintos.

Por otro lado tenemos que la molécula de SO₂ produce Fluorescencia mientras absorbe luz UV en el rango de 190 a 230 nm. Las interferencias debidas a Aromáticos Polinucleares son removidas por un "kiker".

La luz producida por una lampara de UV se filtra a través de un filtro de bandas de 214 nm y excita las moléculas de SO₂ produciendo fluorescencia, la cual es medida por un PMT.



$$I_a = I_0 \left[1 - \exp(-ax(SO_2)) \right]$$



$$F = K(SO_2)$$

La intensidad de la luz de excitación en cualquier punto del sistema está dada por la ecuación 1, I_0 es la intensidad de la luz UV, a es el coeficiente de absorción del SO_2 , x la longitud del recorrido y SO_2^* es una molécula de SO_2 en estado de excitación.

2.2.2. Proceso Productivo

Como menciona Arias [et al.] (2022), el proceso de fabricación se refiere al conjunto de diferentes procesos a los que se someten las materias primas para transformarlas en un producto comercializable. Al final del proceso de producción, el producto terminado tiene un valor mayor que las materias primas que lo componen. La organización responsable de producir el producto debe tener las ideas, el conocimiento y la tecnología adecuada para asegurar el éxito del proceso. Si bien el objetivo de este proceso es transformar los resultados en un producto para su comercialización, lograrlo no siempre es lineal o igual, sino que puede variar según lo que cada empresa fabricante considere más adecuado. (p. 150)

Según Tanohuye (2021), Para la minería, se preparan terraplenes a una altura de 12-20 metros, que forman los niveles de perforación y voladura. Los niveles de minería se crean para cada 3 o 4 subniveles mediante el desarrollo de galerías paralelas a la estructura mineralizada. El mineral extraído de la mina pasa por un proceso de reducción de tamaño de tres etapas. (p. 5)

Existen algunos aspectos claves que se deben considerar cuando se habla de un proceso productivo estos son:

- **Diseño del proceso:** El diseño del proceso productivo es esencial para garantizar la eficiencia y la calidad en la producción. Se debe determinar la secuencia de actividades, las etapas de producción, los recursos necesarios y las interrelaciones entre ellas. El diseño debe optimizar el flujo de trabajo, minimizar los cuellos de botella y maximizar la utilización de los recursos disponibles.
- **Planificación y programación:** Una planificación adecuada del proceso productivo es esencial para cumplir con los objetivos y metas

establecidos. Esto implica determinar la cantidad y el tiempo requeridos para producir los productos, establecer los plazos de entrega, programar las actividades y asignar los recursos de manera eficiente. La planificación también debe considerar aspectos como la gestión de inventario, el pronóstico de la demanda y la gestión de la cadena de suministro.

- Control de calidad: El control de calidad es un elemento crítico en el proceso productivo. Se deben establecer estándares de calidad y procedimientos de control para asegurar que los productos cumplan con los requisitos y especificaciones establecidos. Esto implica realizar inspecciones, pruebas y auditorías periódicas para identificar posibles desviaciones o problemas en el proceso y tomar medidas correctivas.
- Gestión de la cadena de suministro: La gestión eficiente de la cadena de suministro es fundamental para garantizar un proceso productivo exitoso. Esto implica coordinar y gestionar de manera efectiva los proveedores, la adquisición de materiales, el almacenamiento, la logística y la distribución. Una cadena de suministro bien administrada puede reducir los tiempos de entrega, minimizar los costos y optimizar la disponibilidad de los recursos necesarios para la producción.
- Mejora continua: El proceso productivo debe estar en constante mejora para aumentar la eficiencia, la productividad y la rentabilidad. Esto implica identificar oportunidades de mejora, implementar cambios, medir los resultados y retroalimentar el proceso. La aplicación de metodologías como Lean Manufacturing o Six Sigma puede ayudar a identificar áreas de desperdicio, eliminar procesos innecesarios y optimizar el rendimiento general.

Enfocando el proceso productivo en una refinería que se dedica a la fundición de Zinc tendríamos lo siguiente:

- Pretratamiento del mineral: El primer paso en la producción de zinc es el pretratamiento del mineral de zinc crudo, que generalmente contiene impurezas y otros metales. El objetivo es eliminar las impurezas y concentrar el zinc en una forma adecuada para su posterior

procesamiento. Este pretratamiento puede incluir trituración, molienda, flotación y separación magnética para obtener un concentrado de zinc de alta calidad.

- **Fundición y tostación:** En esta etapa, el concentrado de zinc se somete a procesos de fundición y tostación. La fundición implica calentar el concentrado de zinc junto con fundentes para obtener un metal líquido llamado "lingote". La tostación se utiliza para eliminar el azufre y otros compuestos volátiles, así como para oxidar algunos metales indeseables presentes en el concentrado. Estos procesos permiten obtener un zinc de mayor pureza y eliminar las impurezas restantes.
- **Electro obtención y refinación electrolítica:** Después de la fundición, el lingote de zinc se procesa mediante la técnica de electro obtención. En este proceso, el zinc se disuelve en una solución ácida y se deposita en cátodos de acero inoxidable mediante la aplicación de corriente eléctrica. Este paso permite obtener zinc de alta pureza, eliminando las últimas impurezas y metales no deseados presentes en el metal fundido. La refinación electrolítica asegura la calidad del zinc producido.
- **Fundición secundaria:** En algunas refinerías, después del electro obtención, el zinc se somete a un proceso de fundición secundaria para mejorar aún más su calidad. Esto implica el recalentamiento y refinamiento del zinc obtenido en la etapa anterior para eliminar impurezas residuales y ajustar su composición química según las especificaciones requeridas.
- **Procesamiento de subproductos:** Durante el proceso de fundición de zinc, se generan subproductos, como el óxido de zinc y las escorias. Estos subproductos también se procesan para recuperar el máximo valor posible. El óxido de zinc se puede utilizar en la fabricación de productos químicos y materiales diversos, mientras que las escorias se pueden procesar para obtener metales secundarios como el plomo o el cobre.

2.3. Marco conceptual

Analizador de Dióxido de Azufre

- Instalación del tablero UPS dentro de Shelter:
- Instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂
- Instalación de Tubing Aire Instrumental
- Instalación de sonda de muestreo

Proceso productivo

- Perforación y Voladura: A través de perforadoras se obtienen muestras de roca que son analizadas en el laboratorio. Al ubicarse la presencia de minerales, se realiza el minado y voladura que permite fragmentar el terreno.
- Carguío y Acarreo: Las rocas fragmentadas son trasladadas hacia la chancadora primaria.
- Chancado: En este proceso se reduce el tamaño de los grandes bloques a uno no mayor que el de un casco.
- Molienda: En la planta concentradora se recibe el mineral ingresa a los molinos mezclado con agua para generar una pulpa. Se reduce así el tamaño del mineral.
- Flotación: Se traspasa la pulpa a las celdas de flotación donde se recupera el cobre, el zinc, la plata. el plomo y el molibdeno.
- Transporte al Minoreducto: Obra de alta tecnología y un sistema de monitoreo automático por fibra óptica que sirve para el traslado de los concentrados de cobre y zinc.
- Filtrado: El producto viene con 65% de sólido a través del mineroducto. Luego del filtrado, éste queda con 9.5% de humedad. Lo cual garantiza a un proceso de alta calidad.

2.4. Definición de términos básicos

- Mina: es el conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas necesarias para el tratamiento del mineral extraído.
- Mineral: se refiere al material con valor económico que es enviado a la planta de procesamiento. Se diferencia de material de 'baja ley' que no es

enviado a la planta ahora - pero podría algún día - y 'lastre' o 'estéril', material que no tiene valor económico.

- **Recurso minero:** es una concentración u ocurrencia de material natural, sólido, inorgánico u orgánico fosilizado terrestre de tal forma, cantidad, y calidad que existe una razonable apreciación acerca de su potencial técnico-económico.
- **Rivera minera:** es aquella porción del Recurso Medido o del Recurso Indicado económicamente extraíble de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero derivado de un plan minero.
- **Materia prima:** también conocido como bien intermedio, es todo bien que es transformado durante un proceso de producción hasta convertirse en un bien de consumo.
- **Producción:** es básicamente el proceso de fabricación de los bienes y servicios, por esa razón es indispensable mantener controles estrictos para dar cumplimiento a los estándares de calidad exigidos.
- **Producción en serie:** se realiza cuando se producen productos con características homogéneas, por tanto, son productos estandarizados, no tienen ninguna diferenciación y se producen para el consumo masivo.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis General

La Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

Hipótesis Especifica

La instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

La instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂ mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

La instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

La instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

3.1.1. Operacionalización de variable

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
Analizador de Dióxido de Azufre	Mide la Florescencia que producen las moléculas de SO ₂ al absorber luz UV. Es controlado por microprocesador y posee capacidad de registro de datos gracias a su memoria interna.	Instalación del tablero UPS dentro de Shelter	Correcta Instalación
		Instalación de alimentación eléctrica al analizador SO ₂	
		Instalación de Tubing Aire Instrumental	
		Instalación de sonda de muestreo	
Proceso Productivo	El proceso productivo es el conjunto de tareas y procedimientos requeridos que realiza una empresa para efectuar la elaboración de bienes y servicios.	Extracción	Correcto desarrollo
		Chancado y Molienda	
		Molienda	

Fuente: Elaboración propia del autor

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

El tipo de investigación es Aplicada, ya que se llevará a cabo la implementación del analizador de dióxido de azufre a fin de ver la mejora que se tiene en el proceso productivo.

Es de tipo tecnológica, dado que se empleará una tecnología para mejorar un proceso ya existente.

El diseño de investigación es experimental, dado que se realizará la implementación del analizador de dióxido de azufre lo que nos permitirá comprobar la mejora en el proceso productivo.

4.2. Método de investigación

El método de investigación es cuantitativo ya que se obtendrán todos los datos del analizador de dióxido de azufre así como de las diversas instalaciones previas que se requieran para poder ver el impacto que tiene en la variable dependiente.

4.3. Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por el proceso productivo de la refinería en Cajamarquilla.

Muestra

Dado que la implementación se llevó a cabo en el proceso productivo de la refinería en Cajamarquilla se tomará todo como muestra.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

La investigación se llevará a cabo en refinería de Cajamarquilla la cual se encuentra ubicada en el distrito de Lurigancho/Chosica en Lima, Perú.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La recolección de datos se dará por parte de la información que se pueda obtener de refinería en Cajamarquilla, relacionado a los analizadores de dióxido de azufre que se implementaran, estableciendo así la mejora en el proceso productivo. Los datos estarán relacionados a los procesos que intervienen en la implementación del analizador con dióxido de azufre.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para el análisis de los datos se usará la información obtenida por parte de la implementación de los analizadores de dióxido de azufre, así como la instalación del tablero UPS dentro de Shelter, instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂, instalación de Tubing Aire Instrumental y instalación de sonda de muestreo en refinería en Cajamarquilla.

4.7. Aspectos éticos en investigación

En los aspectos éticos que cubre la investigación está la autonomía, mediante la cual se entiende que todos los participantes de la investigación brindaron su consentimiento para formar parte de la misma; tenemos la justicia, la cual implica que todos recibirán el mismo beneficio, también la no maleficencia, no se obra con maldad o intención de aprovecharse de otras investigaciones por ello se brinda su cita y referencia a cada autor que haya sido tomado como parte de nuestra investigación.

V. RESULTADOS

5.1. Análisis Situacional

La refinería dentro de sus actividades de producción tiene como aspecto ambiental la generación de SO₂.

El 99.9% de este gas que se genera en la quema del concentrado la cual es convertido en ácido sulfúrico.

El remanente es controlado a través de los lavadores de gases (Dosificación de peróxido); y las emisiones al ambiente es por medio de las chimeneas existentes CP01 y CP02 (Planta 1 y 2).

El analizador Ophis existente con ubicación técnica cumple doble función; control operacional para dosificación peróxido de hidrógeno (H₂O₂) para controlar las emisiones de SO₂ y la verificación del cumplimiento legal de reducir las emisiones a 100 ppm (Lavador de gases existente)

El Proyecto de lavadores de gases de SO₂ de la planta 1 y 2 se implementó en el año 2016, por la cual se redujo en un 80% de emisiones de SO₂.

Sistema de Dosificación del Peróxido de Hidrógeno: La solución de Peróxido con una concentración en peso de 50%, se bombea desde el depósito de almacenamiento (Tanque C2703) A partir de allí en condiciones normales de funcionamiento, el H₂O₂ se bombea por medio de la bomba de transferencia a los tanques de bombeo de H₂O₂ (C2708, C2717), posteriormente el H₂O₂ es bombeado hacia las tuberías de circulación de ácido en la entrada a la etapa del depurador Venturi del sistema del gas. A la salida de la torre de lavado se mide el contenido de SO₂., con el cual se regula la dosificación de H₂O₂ de manera automática.

Actualmente las lecturas de SO₂ a la salida de los lavadores de gases obtenidas por el analizador Ophis, presenta baja confiabilidad y su tecnología (Espectrómetro) no es la adecuada para esta aplicación. Se ha observado que el analizador Ophis no tiene la capacidad de medir el contenido de SO₂ a una

mínima presencia de SO₃ inminente del proceso, las emisiones son auditables por la OEFA.

Así mismo el analizador Ophis, requiere mantenimiento continuo de las ventanas removibles se ensucian en poco tiempo, lo cual obliga a realizar un mantenimiento continuo.



Figura 3. Estructura de la planta lavador de gases



Figura 4. Planta lavadora de gases

5.2. Detalle de la instalación

Habilitación de cubículo para salida de alimentación de tablero analizador

Se asignará un cubículo 440V/3F, para equipamiento de salida para alimentación de Tablero UPS ubicado en Shelter debajo de las chimeneas de lavador de gases. Suministrar dispositivos eléctricos adecuados a la capacidad del UPS de 15KVA/220V/1F, se determina el calibre del cable según la caída de tensión para la distancia a recorrer.

El recorrido es por bandejas existentes y donde no exista considerar tubería Conduit rígida revestida en PVC (zona de trabajo altamente acida), así como los accesorios complementarios de instalación tales como riel unistrud, abrazaderas, soporte y demás.

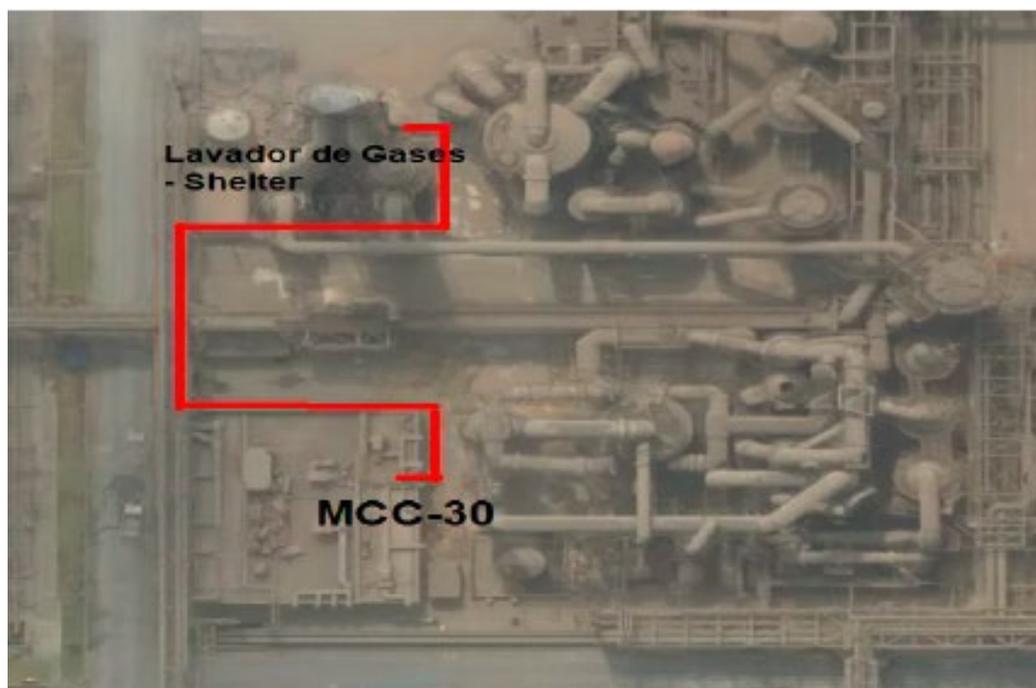


Figura 5. Recorrido de los cables MCC – Shelter Lavador de gases



Figura 6. Proceso de habilitación de cubículo para el tablero analizador

Alimentación eléctrica de Shelter de servicios auxiliares

Habilitación de salida de tablero de distribución 220V ubicado en sala eléctrica de MCC – Lavador de Gases, Sección 30, para alimentación de tablero de caseta Shelter ubicado al costado de chimeneas, el tablero del Shelter distribuye internamente iluminación, tomacorrientes y dos equipos de AA.

Suministro e instalación de Tablero de distribución 220VAC de Shelter a los circuitos auxiliares.



Figura 7. Proceso de habilitación eléctrica de Shelter de servicios auxiliares

Instalación de Interruptor de alimentación en MCC de Lavador de Gases:

El interruptor de alimentación es de 32 Amp. En el circuito Q17 (ver fig.08), va desde el Tablero de Alumbrado Lavador de Gases C2743.6945 (sala eléctrica MCC sec.30 Planta de Ácido C601) (ver fig. 09) al Tablero de Distribución C2743.6945 (SHELTER) (ver fig.10).



Figura 8. Circuito Q17



Figura 9. Tablero de alumbrado – Lavadores de Gases



Figura 10. Tablero de Distribución C2743.6945

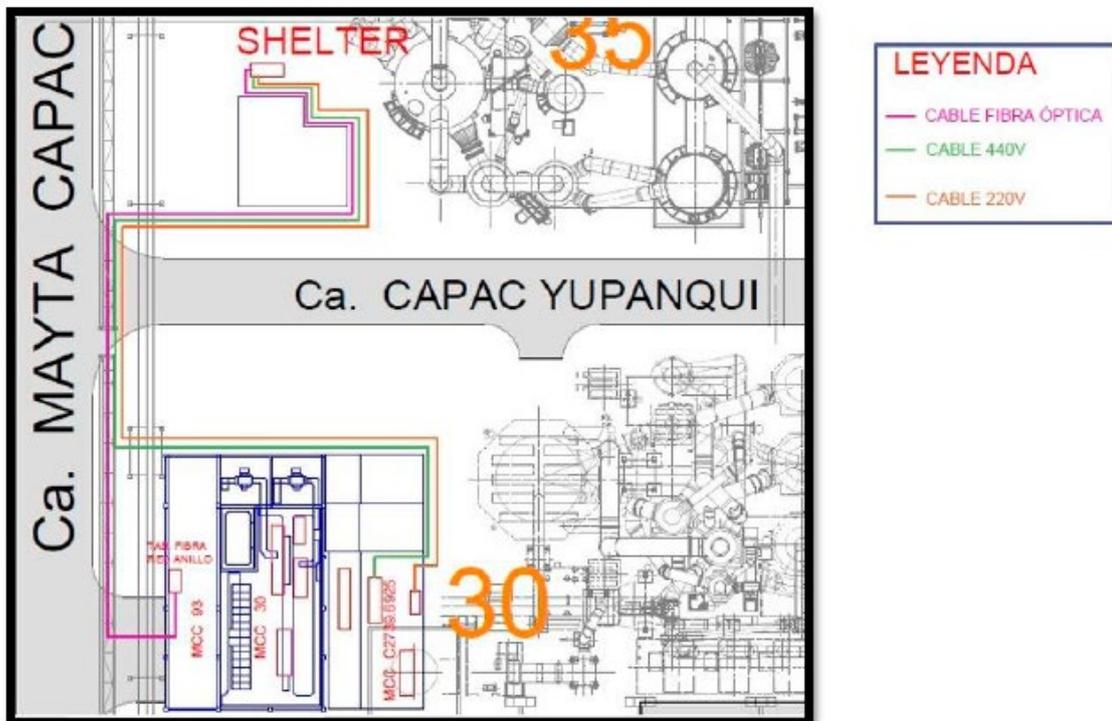


Figura 11. La ruta es según leyenda cable 220V - color anaranjado

Instalación de cables de control desde Analizador en Shelter hasta Zona superior de chimeneas:

La ruta del cable de control va desde la parte superior (tanque) al Shelter (ver fig.12) y su sección es de 19x1.5mm²



Figura 12. Ruta del cable de control al Shelter

Instalación de mangueras calefactoras o sondas:

La ruta de mangueras va desde la parte superior (tanque) al Shelter (ver fig.13), la distancia entre mangueras es de 200mm y la bandeja es de 300x200x3000mm de fibra.



Figura 13. Ruta desde las mangueras hasta el Shelter

Instalación de tablero UPS dentro Shelter

Traslado de UPS de almacén 320K hasta Shelter de Tostación Ácida.

Anclaje de Tablero de UPS dentro Shelter.

Revisión de componentes internos del tablero de UPS.

Aseguramiento de ajuste de terminales de tablero de UPS.

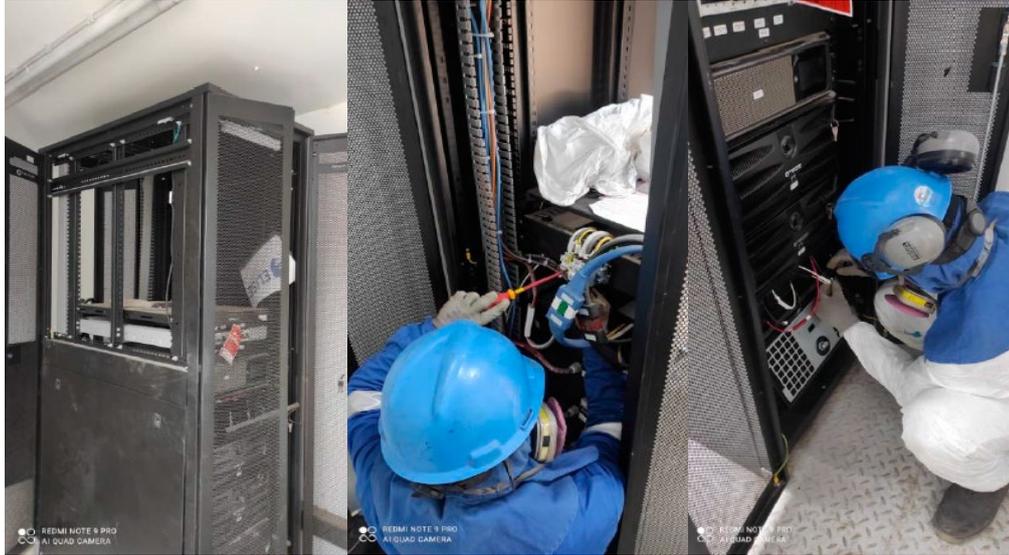


Figura 14. Instalación de tablero UPS dentro de Shelter

Instalaciones eléctricas de alimentación de Tablero de Analizador SO₂

Conexión de cables de alimentación de UPS, los agujeros en el Shelter deben ser herméticos, considerar caja de paso ingreso y salida para garantizar la hermeticidad.

Alimentación de Tablero de Analizadores SO₂ desde UPS dentro de Shelter (230V/1F).

Suministro e instalación de Tablero de Distribución para alimentación previsto para las siguientes cargas:

- 01u Interruptor General 20A.
- 01u Interruptor para SSAA de tablero Analizador.
- 01u Interruptor de Aire Acondicionado 1
- 01u Interruptor de Aire Acondicionado 2
- 01u tomacorrientes de Shelter
- 01u Interruptores de Shelter

Suministro e instalación de alimentación 230VAC desde tablero de distribución hasta Tablero de Analizadores SO₂ para el circuito de Servicios auxiliares.



Figura 15. Instalaciones eléctricas de alimentación de Tablero de Analizador SO₂ p1

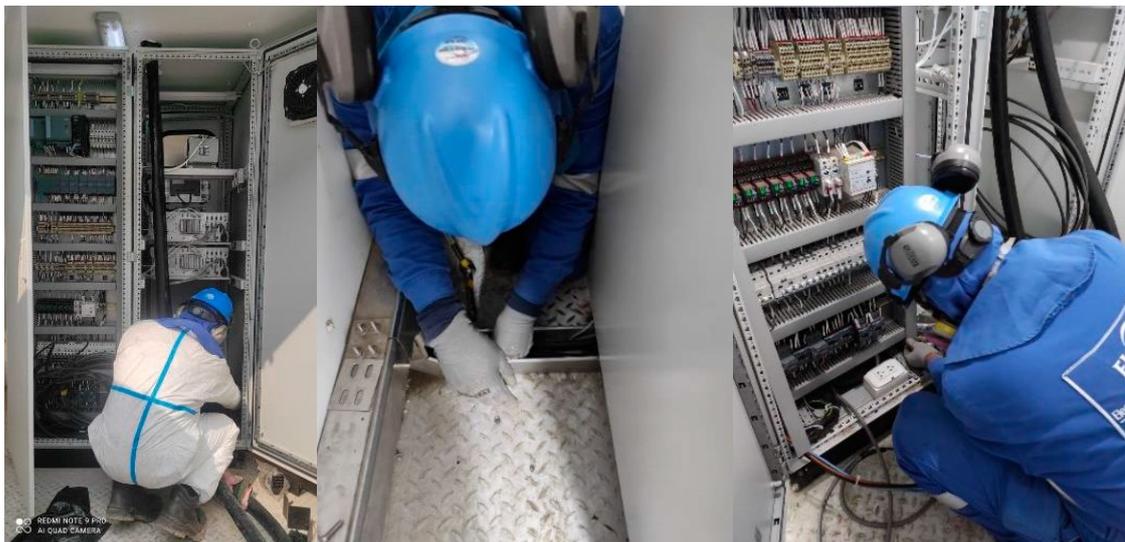


Figura 16. Instalaciones eléctricas de alimentación de Tablero de Analizador SO₂ p2

Instalación de cable de Fibra óptica a tablero de Analizador

Suministro e instalación de cable de Fibra óptica para exteriores con cubierta metálica revestida en PVC, 6 hilos, terminales LC, multimodo, desde PLC de sala

eléctrica de Lavador de Gases, Sección 30 hasta tablero de Analizador de SO₂ en Shelter al pie de las chimeneas de lavador de gases.

El recorrido es por bandejas existentes y donde no exista considerar tubería Conduit rígida revestida en PVC (zona de trabajo altamente acida), así como los accesorios complementarios de instalación, Considerar colocar rotulo de advertencia de cable de fibra de óptica a lo largo del tendido y cada 10 a 15m. Fusionado de cables de fibra óptica en cada extremo y conexionado en terminales de cada tablero.



Figura 17. Instalación de cable de Fibra óptica a tablero de Analizador

Suministro e instalación de toma de 220V, 1F a 2m de Sonda de Muestreo, en Chimenea 1 y 2

Suministro e instalación de toma industrial de 220V, 1F, en cada chimenea para mantenimiento de los instrumentos de medición de gases SO₂ (Sondas de muestreo) instalados en bridas, considerar recorridos existentes y tomar una derivación del tomacorriente más cercano.

El recorrido es por bandejas existentes y donde no exista considerar tubería Conduit rígida revestida en PVC (zona de trabajo altamente acida), así como los accesorios complementarios de instalación.

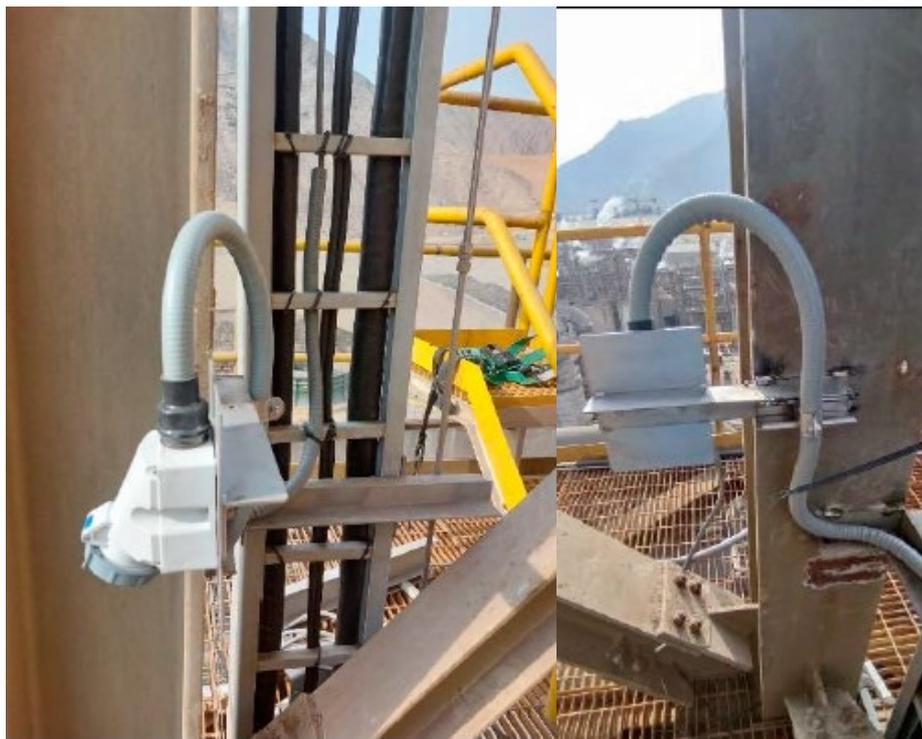


Figura 18. Suministro e instalación de toma de 220V

Fabricación de jaula para balones

Suministro e instalación de jaula metálica para guardar 03 balones de SO₂ y N₂, pintado con base anticorrosiva + pintura epóxica, recubrimiento superficial según especificación técnica de pintura (20 mills).



Figura 19. Fabricación de jaula para balones

Reubicación de tableros de botoneras

Reubicación de dos tableros de botoneras de acuerdo a la imagen, las botoneras se reubicaron a 5 metros de distancia como indica la flecha roja de la imagen adjunta

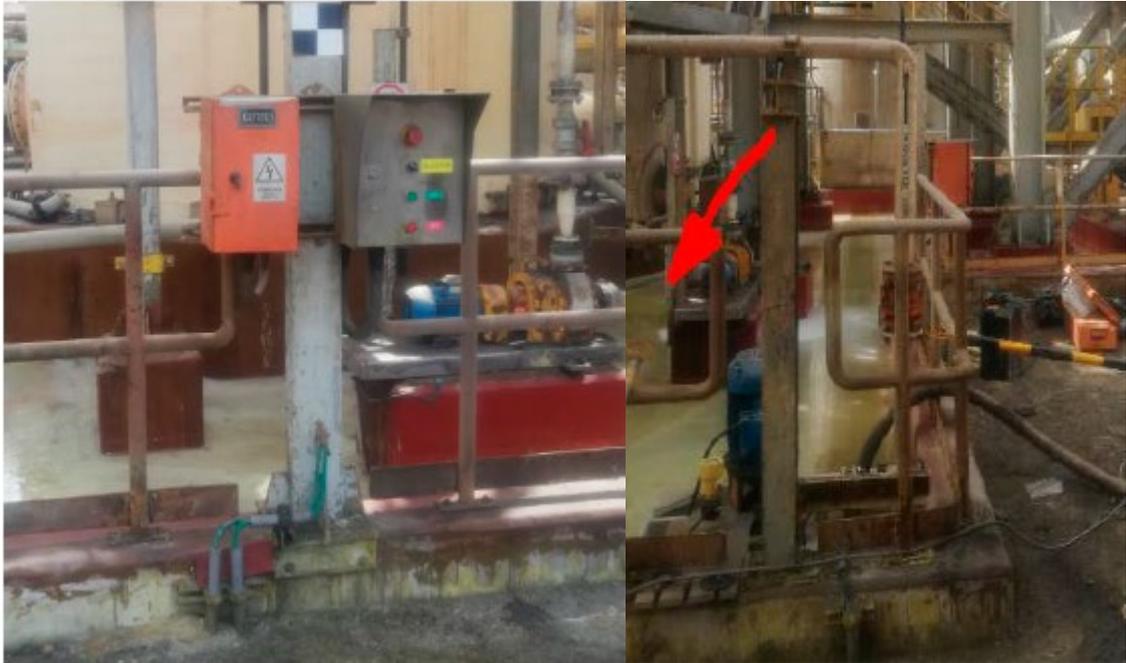


Figura 20. Reubicación de tableros de botoneras

Conexión instrumental de tablero de Analizador SO₂

Instalación de Tubing Inoxidable de aire instrumental de 5 a 7 bares para cada sonda de muestreo instalado en cada Chimenea, considerar accesorios de montaje de Tubing en la instalación, colocar unidad de mantenimiento (filtros, válvulas de bola). El punto tomará de un manifold de aire instrumental el cuál se definirá en la caminata de licitación.

Instalación de un manómetro en el punto de toma de salida de aire para monitoreo de la presión de aire.

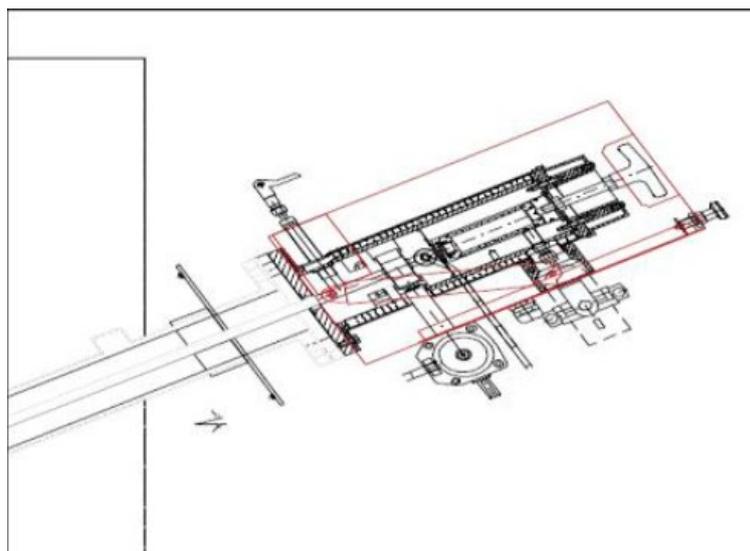


Figura 21. Sonda de muestreo en Chimenea.

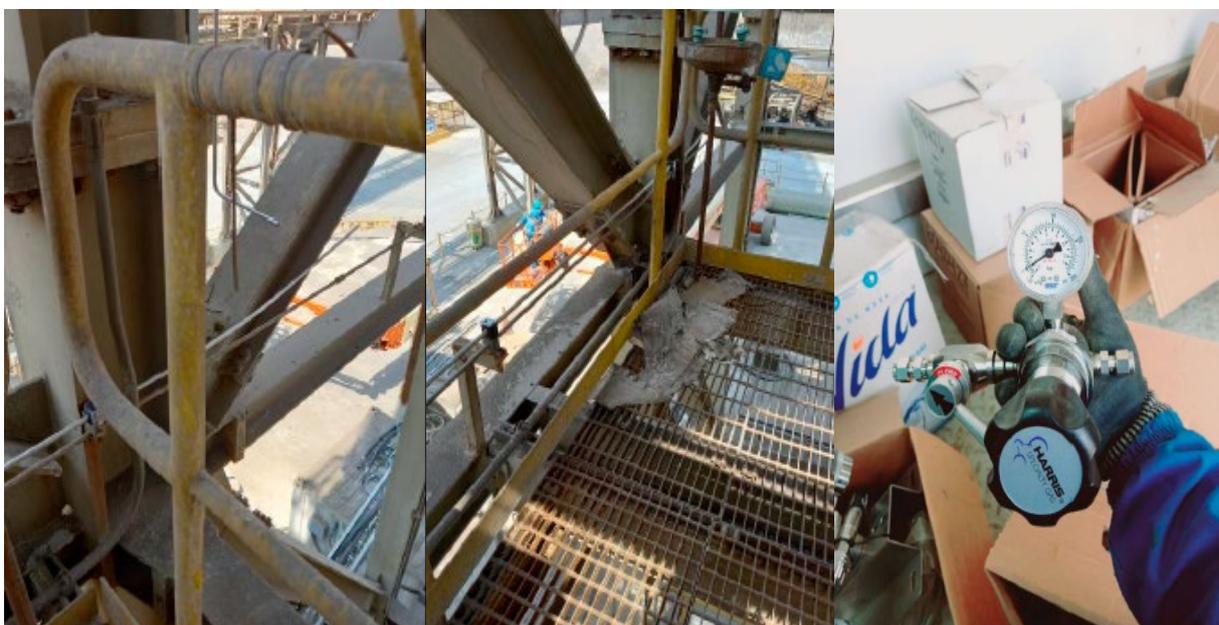


Figura 22. Instalación de Tubing Aire Instrumental

Instalación de dos Mangueras Calefactoras

Instalación de dos mangueras calefactoras (suministro de Vendor) desde instrumento instalado en cada chimenea hasta tablero de analizador de gases de SO₂ ubicado en Shelter.

Considerar en el recorrido de la instalación de las mangueras soportes angulares con fijación de Ubolt para sujeción de las dos mangueras instaladas cada 2 metros de distancia.

Conexión de manguera calefactora en instrumento de medición SCGS (chimenea) y en tablero de analizador dentro de Shelter.



Figura 23. Instalación de la sonda de muestreo

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis General

La hipótesis general “La Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023” se comprueba ya que la implementación de analizadores de dióxido de azufre en una refinería de zinc mejora el proceso productivo al permitir un monitoreo en tiempo real de las emisiones, asegurar el cumplimiento normativo, optimizar el proceso de refinación, reducir costos y mejorar la imagen corporativa. Estos analizadores proporcionan mediciones precisas y continuas de las concentraciones de dióxido de azufre, lo que ayuda a identificar rápidamente cualquier aumento o desviación de los niveles aceptables, evitando multas y sanciones. Además, permiten identificar oportunidades de mejora, corregir problemas y optimizar la eficiencia del proceso, lo que se traduce en reducción de costos operativos y una mejor reputación en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Hipótesis Específica 1

La hipótesis específica 1 “La instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023” se comprueba por los resultados obtenidos donde la instalación del tablero UPS dentro de un Shelter mejora significativamente el proceso productivo en una refinería de zinc. Este sistema de respaldo de energía ininterrumpida garantiza una alimentación eléctrica estable y continua, protegiendo los equipos críticos y evitando interrupciones costosas en la producción. Al proporcionar una fuente confiable de energía, el tablero UPS ayuda a prevenir pérdidas de datos, tiempos de inactividad y daños en la maquinaria, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa, una producción más constante y una reducción de los costos asociados con paradas no planificadas. Además, esta mejora en la confiabilidad de la energía eléctrica

también contribuye a la seguridad de los trabajadores y al cumplimiento de los estándares de calidad en la producción de zinc.

Hipótesis Especifica 2

La hipótesis específica 2 La instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂ mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023 se comprueba por los resultados obtenidos donde vemos que la instalación de una alimentación eléctrica al analizador de dióxido de azufre (SO₂) mejora significativamente el proceso productivo en una refinería de zinc. Al garantizar una fuente de energía confiable y constante para el analizador, se obtienen mediciones precisas y continuas de las concentraciones de SO₂ en los gases de escape. Esto permite un monitoreo en tiempo real de las emisiones y ayuda a identificar cualquier desviación o aumento no deseado. Al tener un control más preciso sobre las emisiones de SO₂, se pueden tomar medidas correctivas de manera oportuna, optimizando el proceso de refinación y evitando problemas de calidad del zinc. Además, esta mejora en el monitoreo y control de las emisiones contribuye a cumplir con las regulaciones ambientales, evitando multas y sanciones. En general, la instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂ mejora la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad del proceso productivo en una refinería de zinc.

Hipótesis Especifica 3

La hipótesis específica 3 “La instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023” se comprueba mediante los resultados donde la instalación de Tubing Aire Instrumental mejora significativamente el proceso productivo en una refinería de zinc. Este sistema de tuberías de aire instrumental permite una distribución eficiente y precisa del aire necesario para diversos procesos dentro de la refinería. Proporciona un suministro de aire limpio y controlado a los equipos y instrumentos, lo que garantiza un rendimiento óptimo y una mayor precisión en las mediciones y controles. Además, el Tubing Aire Instrumental ayuda a prevenir obstrucciones y contaminación en las líneas de aire, lo que reduce el riesgo de interrupciones no planificadas y optimiza la eficiencia general

del proceso de refinación. En última instancia, esta instalación mejora la calidad del zinc producido, minimiza los tiempos de inactividad y los costos asociados, y contribuye a un entorno de trabajo más seguro y eficiente en la refinería de zinc.

Hipótesis Específica 4

La hipótesis específica 4 “La instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023” se comprueba mediante los resultados obtenidos donde la instalación de una sonda de muestreo mejora significativamente el proceso productivo en una refinería de zinc. Esta sonda permite obtener muestras representativas del zinc en diferentes etapas del proceso, lo que facilita el control de calidad y la optimización de las operaciones. Al tener acceso a muestras precisas y confiables, se pueden realizar análisis químicos y físicos para monitorear la composición y la pureza del zinc, identificar posibles impurezas o desviaciones, y tomar medidas correctivas de manera oportuna. Esto asegura la producción de zinc de alta calidad y minimiza el desperdicio de materiales y recursos. Además, la instalación de una sonda de muestreo también mejora la seguridad en la refinería, ya que se pueden realizar pruebas y análisis sin tener que acceder directamente a las áreas de producción. En general, la sonda de muestreo es una herramienta esencial para el control de calidad y la eficiencia en una refinería de zinc, optimizando el proceso productivo y garantizando la excelencia en la producción.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En la investigación realizada por Núñez [et al.] (2019), la cual planteó como objetivo cuantificar la carga contaminante del dióxido de azufre emitida por fuentes fijas del MINAG, determinar el porcentaje que representa estas emisiones del total de ellas, por municipios y por consumo de combustible, evaluar la calidad del aire y proponer medidas de reducción a la emisión. Los resultados muestran que la carga contaminante del dióxido de azufre fue de 68 t, el 80 % emitido en el municipio de Santo Domingo y el 97 % por quemar fueloil. La calidad del aire es aceptable, deficiente y pésima en diferentes áreas cercanas a las fuentes de emisión. Al aplicar las medidas propuestas se puede

elevar la eficiencia energética, reducir el consumo de combustible al 3 % (38 t) y la emisión en 1,8 t, lo que favorece los costos de las entidades y propicia menor deterioro de la calidad del aire en las zonas afectadas. Esto se ve reflejado de manera similar en nuestra investigación en la cual estos analizadores permiten un monitoreo continuo y preciso de las concentraciones de dióxido de azufre en los gases de escape, lo que facilita la detección temprana de desviaciones o aumentos no deseados. Al identificar rápidamente problemas en el sistema de tratamiento de gases o en alguna etapa del proceso, se pueden tomar medidas correctivas de manera oportuna para evitar interrupciones, optimizar la eficiencia operativa y reducir el desperdicio de materiales y recursos. Además, el cumplimiento normativo adecuado de las emisiones de dióxido de azufre ayuda a evitar multas y sanciones, contribuyendo a la eficiencia financiera de la refinería. En resumen, la implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora la eficiencia al optimizar el proceso productivo, minimizar los tiempos de inactividad y los costos asociados, y asegurar un cumplimiento normativo adecuado.

En la investigación realizada por González (2023) la cual planteó como objetivo desarrollar un prototipo analizador de gases contaminantes industriales, utilizando módulos electrónicos y tecnología IoT, para mejorar el procedimiento de monitoreo actual, en la empresa SIAM INGENIERÍA S.A.S. Los resultados fueron que el dispositivo cumplió con el requerimiento de ser de mucho menor consumo que los equipos analizadores actuales en la organización. Siendo de 7.08 W como máximo en el prototipo, a comparación de los 270 W [9, pp. 1-4] (según manual del fabricante) de los equipos Thermo. El servidor en la nube de Google Drive es un buen sistema de almacenamiento para proyectos de IoT como el presentado, ya que, a través de una App Script, se puede programar cualquier función necesaria para el manejo de archivos (mover, borrar, cortar, crear carpetas, etc.). Y rápida, ya que, con una conexión a internet medianamente estable en un lugar remoto, se pueden subir archivos .CSV de 1 MB en menos de 10 segundos. Esto concuerda con nuestra investigación ya que La implementación de analizadores de dióxido de azufre en una refinería requiere ciertos requisitos eléctricos para garantizar su correcto funcionamiento.

estos requisitos incluyen una fuente de alimentación eléctrica estable y confiable que cumpla con las especificaciones de voltaje y frecuencia del analizador. Además, se necesita un sistema de cableado adecuado que cumpla con los estándares de seguridad y que pueda soportar la carga eléctrica del analizador. Asimismo, es esencial contar con dispositivos de protección, como interruptores y fusibles, para garantizar la seguridad del sistema eléctrico y prevenir sobrecargas. Además, se debe considerar la instalación de un sistema de respaldo de energía, como un UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida), para evitar interrupciones en caso de cortes de energía. Cumplir con estos requisitos eléctricos es fundamental para garantizar el funcionamiento confiable y preciso de los analizadores de dióxido de azufre en la refinería.

En la investigación realizada por Paja (2019) la cual planteó como objetivo evaluar los niveles de concentración de gases de Dióxido de Azufre (SO₂) producidos en el proceso de lixiviación de óxidos de cobre y determinar la influencia en la salud de los trabajadores del área de lixiviación. Los resultados fueron que para evaluar la sintomatología presentada por los trabajadores del área de lixiviación, en primer lugar se utilizó un cuestionario como herramienta de recolección de datos el cual fue aplicado también a los 25 trabajadores, este cuestionario tuvo como objetivo, obtener una caracterización de los trabajadores e indicadores sobre la sintomatología respiratoria y a la vista, presentada por la exposición a concentraciones de Dióxido de Azufre antes definidas, así mismo luego de un análisis de los datos obtenidos en el cuestionario se definió que 7 de estos trabajadores, fueran evaluados con un test de bronco dilatación por espirometría, para poder determinar de manera clínica si debido a las exposiciones crónicas a concentraciones de Dióxido de Azufre se pueden presentar un deterioro de salud de los trabajadores del área de lixiviación. Esto coincide con nuestra investigación ya que el dióxido de azufre (SO₂) emitido por la fundición de zinc puede tener un impacto negativo en la salud humana. La exposición prolongada a altas concentraciones de SO₂ puede causar irritación en las vías respiratorias, dificultad para respirar, agravar enfermedades respiratorias existentes como el asma y aumentar el riesgo de infecciones respiratorias. Además, el SO₂ puede contribuir a la formación de smog y lluvia

ácida, que pueden afectar la calidad del aire y el medio ambiente. Los analizadores de dióxido de azufre desempeñan un papel crucial en la prevención de estos efectos perjudiciales para la salud. Al monitorear continuamente las emisiones de SO₂, estos analizadores permiten una detección temprana de cualquier aumento o desviación en los niveles aceptables. Esto ayuda a tomar medidas correctivas de manera oportuna, como ajustar los sistemas de control de emisiones, optimizar los procesos de fundición o implementar mejoras tecnológicas para reducir las emisiones de SO₂. Al prevenir y controlar las emisiones de dióxido de azufre, los analizadores contribuyen a proteger la salud de los trabajadores y de las comunidades cercanas a las fundiciones de zinc, así como a minimizar los impactos ambientales negativos.

En la investigación realizada por Córdova (2019) la cual planteó como objetivo determinar el Índice de la calidad de aire de combustión monóxido de carbono y dióxido de azufre del flujo vehicular en Pariachi y Huaycan. Los resultados fueron que del monitoreo de parámetro meteorológico realizada con un anemómetro donde se registraron valores con temperatura de 25.4 °C, humedad de 40% y una velocidad promedio de 1 Km/h y la predominancia del viento es del SSO. Las concentraciones obtenidas en el mes de noviembre con respecto al parámetro del monóxido de carbono se obtuvo una concentración de 4941 µg/m³, comparando con el D.S N° 003 – 2017 MINAM no excede el nivel de referencia establecida por la normativa peruana. Esto se ve reflejado en nuestra investigación en la cual vemos que los analizadores de dióxido de azufre desempeñan un papel fundamental al permitir determinar la calidad del aire y prevenir problemas de salud. Estos dispositivos realizan mediciones precisas y continuas de las concentraciones de SO₂ en el aire, lo que proporciona información crucial sobre la presencia y nivel de contaminación por este gas. Al monitorear de manera constante, los analizadores ayudan a identificar áreas o momentos con altas concentraciones de SO₂, lo cual permite tomar medidas preventivas para proteger la salud de las personas. Esta información es especialmente valiosa en zonas cercanas a industrias, como refinerías o fundiciones de zinc, donde las emisiones de dióxido de azufre pueden ser más altas. Al evitar la exposición a niveles peligrosos de SO₂, los analizadores de

dióxido de azufre contribuyen a garantizar un ambiente más saludable y reducir los riesgos asociados con problemas respiratorios y otros efectos adversos en la salud.

En la investigación realizada por Aragón y Rivas (2021) la cual plantea como objetivo implementar un módulo didáctico de analizador de gases de combustión portátil para el laboratorio de termo fluidos de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica De Santa María. Los resultados fueron que en las pruebas y análisis se pudo observar que la regulación del oxígeno en una combustión juega un papel fundamental en el resultado de la eficiencia y niveles de concentración de gases de chimenea de una máquina de combustión, así mismo también se pudo observar que las concentraciones de gases de combustión varían en función de varios parámetros como: porcentaje de oxígeno y temperatura como se pueden visualizar en el capítulo IV de este trabajo. Se elaboró un dashboard simulador de un análisis de gases de combustión donde se puede observar y analizar como el rendimiento de una máquina de combustión varía según la modificación de parámetros de combustión. Esto se ve reflejado en nuestra investigación en la cual los analizadores de dióxido de azufre desempeñan un papel crucial al permitir regular la calidad del aire y gestionar la concentración de gases de manera efectiva. Estos dispositivos realizan mediciones precisas y en tiempo real de las concentraciones de SO₂ en el aire, lo que proporciona información valiosa para evaluar la calidad del aire y detectar cualquier desviación o aumento significativo en los niveles aceptables. Con esta información, se pueden implementar medidas correctivas y ajustar los sistemas de control de emisiones para mantener la concentración de SO₂ dentro de los límites permitidos. Esto contribuye a prevenir problemas de salud relacionados con la exposición al dióxido de azufre y asegurar un ambiente más saludable para las personas. Además, los analizadores de dióxido de azufre permiten un monitoreo continuo y una gestión proactiva de las emisiones, lo que ayuda a cumplir con las regulaciones ambientales y reducir los impactos negativos en el medio ambiente. En resumen, estos analizadores desempeñan un papel fundamental en la regulación y gestión de la calidad del aire al permitir el control y mantenimiento

de las concentraciones de gases, como el dióxido de azufre, en niveles seguros y ambientalmente sostenibles.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La responsabilidad ética de una investigación radica en varios aspectos importantes. En primer lugar, es esencial asegurar la integridad científica del estudio, realizando una investigación imparcial, objetiva y basada en evidencia sólida. Esto implica utilizar métodos rigurosos, recopilar datos de manera precisa y confiable, y analizarlos de manera imparcial.

Además, se debe considerar la protección y el bienestar de las personas involucradas en la investigación. Esto implica obtener el consentimiento informado y voluntario de los participantes, garantizar su privacidad y confidencialidad, y minimizar cualquier riesgo potencial para su salud o seguridad.

Asimismo, se debe tener en cuenta el impacto social y ambiental de la investigación. Es importante considerar los posibles efectos positivos y negativos de la implementación de los analizadores de dióxido de azufre en el proceso productivo de la refinería. Esto implica evaluar los beneficios para la salud y el medio ambiente, así como los posibles efectos económicos y sociales en la comunidad local.

Además, se debe realizar la investigación de manera transparente y comunicar los resultados de manera clara y comprensible, tanto a la comunidad científica como a las partes interesadas y el público en general. Esto permite la rendición de cuentas y promueve la confianza en los hallazgos y recomendaciones de la investigación.

VII. CONCLUSIONES

La Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

La instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

La instalación de alimentación eléctrica al analizador SO₂ mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

La instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

La instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.

VIII. RECOMENDACIONES

Investigar y desarrollar tecnologías y prácticas que optimicen el consumo de energía de los analizadores de dióxido de azufre. Esto podría incluir el uso de sistemas de bajo consumo energético, la implementación de estrategias de gestión de energía eficientes y el diseño de soluciones innovadoras que reduzcan la huella energética de estos dispositivos.

Investigar y evaluar alternativas sostenibles para el control de emisiones de dióxido de azufre en la refinería. Esto podría incluir la evaluación de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, el uso de energías renovables para alimentar los analizadores de dióxido de azufre y la implementación de prácticas de producción más limpias y eficientes.

Investigar la integración de los analizadores de dióxido de azufre en sistemas de monitoreo y control inteligentes. Esto implica utilizar tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) y el análisis de datos en tiempo real para una supervisión más efectiva de las emisiones de SO₂, la detección de anomalías y la toma de decisiones automatizada.

No es recomendable realizar perforaciones o calados en los tableros. En caso de ser necesario se deberán cubrir los equipos para evitar que partículas de metal ingresen al mecanismo de los mismos. Una vez culminado el calado retocar los bordes con pintura anticorrosiva.

Un programa de mantenimiento adecuado garantiza el funcionamiento confiable y preciso de los analizadores, lo que asegura la calidad de los datos obtenidos y la eficiencia del proceso productivo en general. El mantenimiento regular y planificado permite detectar y corregir cualquier falla o desviación en el rendimiento de los analizadores, asegurando su disponibilidad y minimizando el tiempo de inactividad no planificado.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. 15 de octubre del 2005, Lima, Perú.

SUAREZ Gómez, Edwin y REY Pinto, William. Análisis de la gestión de inventarios para analizador de gas dióxido de azufre SO₂ “T100 marca Teledyne api”. Tesis (Licenciatura en Gerencia de Mantenimiento). Colombia: Universidad ECCI, Facultad de Postgrados, 2019. 71 pp.

NÚÑEZ Caraballo, Vladimir [et al.]. Emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera por fuentes fijas del MINAG y su influencia en la calidad del aire en la provincia de Villa Clara. Revista Centro Agrícola [en línea]. julio-setiembre 2019, n. ° 3. Fecha de consulta: 5 de enero del 2023]. Disponible en <https://acortar.link/pOSImH>

DEL CARPIO Pinto, Jessica. Informe sobre labores realizadas para el aseguramiento y control de calidad del sistema de monitoreo de la calidad de aire en Ilo. Tesis (Licenciatura en Física). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Naturales y Formales, 2019. 80 pp.

PAJA Vilca, Carlos. Evaluación de los Gases de Dióxido de Azufre Producidos en el Proceso de Lixiviación de Óxidos de Cobre en una Pila de Procesos de Lixiviación y la Influencia en la Salud de los Trabajadores de Lixiviación. Tesis (Licenciatura en Ingeniería de Seguridad Industrial y Minera). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería, 2019. 186 pp.

PACHECO San Miguel, Antonio. Determinación de las emisiones de dióxido de azufre (so₂) del Volcán Guallatiri, Región de Arica Y Parinacota, Chile. Tesis (Licenciatura en Geología). Chile: Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, 2022. 84 pp.

GARCÍA Carlos, Miluska y RAMÍREZ Ticlla, Diego. Análisis de la dispersión del dióxido de azufre (SO₂) en las refinerías “Talara” y “La Pampilla” usando el modelo Hysplit. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Perú: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. 18 pp.

ARIAS Lafargue, Telvia [et al.]. Valoración del estado del sistema de tratamiento de residuales líquidos de una refinería de petróleo. Revista Tecnología Química [en línea]. enero-abril 2022, n. ° 1. [Fecha de consulta: 10 de enero del 2023]. Disponible en <https://acortar.link/x9TfOg>

TANOHUYE Tanohuye, Takeshi. Propuesta de mejora en la producción de agua desalinizada y vapor en la refinería de cobre de la empresa Spcc, Ilo 2020. Tesis (Maestría en Gestión Minera y Ambiental). Tacna: Escuela de Postgrado Neumann, 2021. 11 pp.

GONZÁLEZ Angarita, José. Desarrollo de un prototipo analizador de gases contaminantes industriales para la empresa SIAM INGENIERIA S.A.S. Revista de la Universidad Santo Tomás [en línea]. enero-marzo 2023, n. ° 1. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2023]. Disponible en <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/49884>

CÓRDOVA Peña, Jhon. Índice de la calidad de aire de combustión del monóxido de carbono y dióxido de azufre del flujo vehicular en Pariachi y Huaycan. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2019. 92 pp.

DÍAZ Jaimes, Camila. Variación en las emisiones contaminantes de los vehículos debido a cambios en la geometría vial en carreteras de Colombia. Tesis (Maestría en Ingeniería-Infraestructura y Sistemas de Transporte). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2020. 162 pp.

ARAGÓN Duran, Michael y RIVAS Quispe, Saulo. Implementación de módulo analizador de gases de combustión portátil para el laboratorio de termo fluidos de la EPIMMEM de la UCSM. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica). Arequipa: Universidad Católica Santa María, 2021. 182 pp.

LÓPEZ Galviz, Edison y FAJARDO Zamudio, Oscar. Diseño de un sistema electrónico portable de diagnóstico de gases producidos por motocicletas cuatro tiempos. Tesis (Licenciatura en Ingeniería electrónica). Colombia: Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, 2020. 150 pp.

ANEXOS

ANEXO N.º 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE ANALIZADORES DE DIÓXIDO DE AZUFRE PARA LA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN REFINERÍA DE CAJAMARQUILLA DISTRITO DE LURIGANCHO- CHOSICA – 2023

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
General:	General:	Principal:	V.I. Analizador de Dióxido de Azufre	Instalación del tablero UPS dentro de Shelter	Correcta Instalación	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativo POBLACIÓN: La población estará conformada por el proceso productivo de la refinería en Cajamarquilla. MUESTRA: La muestra estará conformada por el proceso productivo de la refinería en Cajamarquilla.
¿De qué manera la implementación de analizadores de dióxido de azufre para la mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?	Determinar de qué manera la Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.	La Implementación de analizadores de dióxido de azufre mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.		Instalación de alimentación eléctrica al analizador SO2		
Específicos:	Específicos:	Secundarias		Instalación de Tubing Aire Instrumental		
¿De qué manera la instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?	Determinar de qué manera la instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.	La instalación del tablero UPS dentro de Shelter mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.		Instalación de sonda de muestreo		
¿De qué manera la instalación de alimentación eléctrica al analizador SO2 mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?	Determinar de qué manera la instalación de alimentación eléctrica al analizador SO2 mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.	La instalación de alimentación eléctrica al analizador SO2 mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.	V.D. Proceso productivo	Extracción	Correcto Desarrollo	
¿De qué manera la instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023?	Determinar de qué manera la instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.	La instalación de Tubing Aire Instrumental mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho- Chosica – 2023.		Chancado y Molienda		

<p>¿De qué manera la instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho-Chosica – 2023?</p>	<p>Determinar de qué manera la instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho-Chosica – 2023.</p>	<p>La instalación de sonda de muestreo mejora del proceso productivo en refinería de Cajamarquilla distrito de Lurigancho-Chosica – 2023.</p>		<p>Molienda</p>		
--	--	---	--	-----------------	--	--

ANEXO N.º 02: CUADRO COMPARATIVO

ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL			
SEMANA	HORA	2021	2022
1	01:00:00	80	40
2	03:00:00	110	51
3	06:00:00	112	48
4	09:00:00	148	120
5	12:00:00	99	42
6	15:00:00	78	25
7	18:00:00	102	26
8	20:00:00	147	34
9	23:00:00	143	44
10	01:00:00	165	45
11	03:00:00	247	48
12	06:00:00	288	51
13	09:00:00	314	112
14	12:00:00	111	46
15	15:00:00	77	25
16	18:00:00	90	22
17	20:00:00	104	33
18	23:00:00	159	49
19	01:00:00	133	44
20	03:00:00	106	42
21	06:00:00	235	56
22	09:00:00	251	80
23	12:00:00	71	36
24	15:00:00	68	24
25	18:00:00	75	29
26	20:00:00	83	34
27	23:00:00	123	49
28	01:00:00	104	47
29	03:00:00	117	48
30	06:00:00	278	49
31	09:00:00	194	150
32	12:00:00	69	220
33	15:00:00	53	25
34	18:00:00	107	30
35	20:00:00	142	35
36	23:00:00	148	40

