



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

**APLICACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN LA PLANTA OBEN GROUP 2022**

Línea de investigación:

Sistemas Eléctricos y Electrónicos

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero
Mecatrónico

Autor:

Urbano Fernandez, Ghyaan Carlos

Asesor:

Cancho Guisado, Jaime Antonio

ORCID: 0000-0002-7476-6979

Jurado:

Flores Masías, Edward José

Peña Carillo, Cesar Carpio

Rosales Fernández, José Hilarión

Lima - Perú

2024



APLICACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA OBEN GROUP 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	1library.co Fuente de Internet	1%
3	www.obengroup.com Fuente de Internet	1%
4	kmmp.hiringroom.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

APLICACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE LA
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA OBEN GROUP 2022

Línea de investigación:

Sistemas eléctricos y electrónicos

Modalidad Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Urbano Fernández, Ghyaan Carlos

Asesor:

Cancho Guisado, Jaime Antonio

ORCID 0000-0002-7476-6979

Jurado:

Flores Masías, Edward Jose

Peña Carillo, Cesar Carpio

Rosales Fernández, José Hilarión

Lima – Perú

2024

Índice

Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
I. Introducción	10
1.1. Trayectoria del autor	11
1.2. Descripción de la empresa	12
1.3. Organigrama de la empresa	14
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	16
II. Descripción de una actividad específica	19
2.1. Planteamiento del problema.....	19
2.1.1. Determinación del problema	19
2.1.2. Formulación de problema.....	25
2.1.2.1. Problema principal.	25
2.1.2.2. Problema específico.	25
2.1.3. Objetivos	25
2.1.3.1. Objetivo principal.....	25
2.1.3.2. Objetivo específico.....	25
2.1.4. Justificación.....	25
2.2. Marco teórico	26
2.2.1. Perturbaciones eléctricas	27
2.2.1.1. Transitorios.....	27
2.2.1.2. Variación de corta duración.	29
2.2.1.3. Variación de larga duración	31
2.2.1.4. Desequilibrio de tensión.....	33

2.2.1.5.	Distorsión	33
2.2.1.6.	Fluctuación de tensión.....	35
2.2.1.7.	Variación de frecuencia.....	36
2.2.2.	Pirámide de automatización	42
2.2.2.1.	Nivel sensor – actuador	43
2.2.2.2.	Nivel campo y proceso.....	44
2.2.2.3.	Nivel control.....	45
2.2.2.4.	Nivel Gestión.....	46
2.3.	Propuesta de solución	48
2.3.1.	Descripción de propuesta	48
2.3.2.	Desarrollo de propuesta.....	51
2.3.3.	Factibilidad técnica – operativa.....	55
2.3.4.	Cuadro de inversión	63
2.4.	Análisis de resultados	69
2.4.1.	Análisis costo beneficio	78
III.	Aportes mas destacables a la Empresa.....	80
IV.	Conclusiones	81
V.	Recomendaciones	82
VI.	Referencias.....	83
VII.	Anexo	84

Índice de figura

Figura 1. <i>Organigrama empresa</i>	15
Figura 2. <i>Línea de extrusión BOPA</i>	16
Figura 3. <i>Consumo de energía activa 2022</i>	20
Figura 4. <i>Pareto por tipo de falla</i>	22
Figura 5. <i>Transitorio impulsivo</i>	28
Figura 6. <i>Transitorio Oscilatorio</i>	29
Figura 7. <i>Interrupción momentánea</i>	29
Figura 8. <i>Depresión de tensión</i>	30
Figura 9. <i>Elevación de tensión</i>	31
Figura 10. <i>Subtensión</i>	32
Figura 11. <i>Sobretensión</i>	32
Figura 12. <i>Desequilibrio de tensión</i>	33
Figura 13. <i>Armónicos</i>	33
Figura 14. <i>Ruido</i>	35
Figura 15. <i>Flicker</i>	36
Figura 16. <i>Variación de frecuencia</i>	36
Figura 17. <i>Interarmónicos</i>	37
Figura 18. <i>Transformador en reparación</i>	38
Figura 19. <i>Circuito generación de resonancia</i>	39
Figura 20. <i>Bobina del estator quemado</i>	40
Figura 21. <i>Filtro de línea</i>	41
Figura 22. <i>Efectos de armónicos</i>	42

Figura 23. <i>Niveles del proceso de automatización</i>	43
Figura 24. <i>Sensores y actuadores</i>	44
Figura 25. <i>Autómata programable</i>	45
Figura 26. <i>Gestión de SCADA</i>	46
Figura 27. <i>Nivel de gestión</i>	47
Figura 28. <i>Diagrama en SCADA</i>	50
Figura 29. <i>Proceso de ejecución</i>	53
Figura 30. <i>Pantalla principal SCADA</i>	55
Figura 31. <i>Pantalla de tendencia de voltaje línea – línea SCADA</i>	56
Figura 32. <i>Pantalla de tendencia de corriente SCADA</i>	57
Figura 33. <i>Pantalla de tendencia de factor potencia – línea SCADA</i>	58
Figura 34. <i>Pantalla de tendencia potencia SCADA</i>	59
Figura 35. <i>Pantalla de armónicos SCADA</i>	60
Figura 36. <i>Pantalla de alarmas SCADA</i>	62
Figura 37. <i>Triángulo de potencia</i>	64
Figura 38. <i>Tendencias de potencias</i>	71
Figura 39. <i>Tendencia factor de potencia</i>	72
Figura 40. <i>Tendencia de corriente</i>	73
Figura 41. <i>Tendencia de voltaje</i>	74
Figura 42. <i>Armónico individual tensión</i>	75
Figura 43. <i>Tendencia armónico individual corriente</i>	76
Figura 44. <i>Tendencia de frecuencia</i>	77

Índice de tabla

Tabla 1. <i>Valores de consumo y demanda 2022</i>	21
Tabla 2. <i>Fallas ocasionada por perturbaciones eléctricas</i>	24
Tabla 3. <i>Celda de carga</i>	48
Tabla 4. <i>Subestación eléctrica</i>	49
Tabla 5. <i>Índice energético</i>	51
Tabla 6. <i>Analizador de redes eléctricas</i>	53
Tabla 7. <i>Variables seleccionados para el SCADA</i>	54
Tabla 8. <i>Variables de tensión seleccionados para el SCADA</i>	56
Tabla 9. <i>Variables de corriente seleccionados para el SCADA</i>	57
Tabla 10. <i>Variables de potencia seleccionados para el SCADA</i>	59
Tabla 11. <i>Propuesta iniciativa de ahorro</i>	63
Tabla 12. <i>Propuesta de energía reactiva</i>	64
Tabla 13. <i>Propuesta de iluminación</i>	65
Tabla 14. <i>Propuesta calidad eléctrica</i>	66
Tabla 15. <i>Demanda de consumo</i>	66
Tabla 16. <i>Propuesta motores de alta eficiencia</i>	67
Tabla 17. <i>Propuesta monitoreo de energía eléctrica</i>	67
Tabla 18. <i>Facturas eléctricas 2022</i>	68
Tabla 19. <i>Tabla de armónicos tomado de celdas de llegada</i>	78
Tabla 20. <i>Datos financieros</i>	79
Tabla 21. <i>Análisis de costo-beneficio</i>	79

Resumen

El proyecto está orientado a la aplicación de un sistema SCADA para el control de la eficiencia energética eléctrica, evaluando y supervisando la red eléctrica, con la automatización y digitalización de los procesos industriales muchas empresas demandan más energía sin saber porque pagan demasiado en la factura eléctrica teniendo la solución de ahorrar hasta un 30% instalando banco de condensadores (reducción de la energía reactiva), control de máxima demanda (reducción de la energía activa), sustituyendo fluorescentes por luminarias LED y filtros para la mitigación de armónicos que afectan nuestra calidad de energía eléctrica. Se instaló el analizador de redes eléctricas que recoge los parámetros eléctricos relacionados a la factura y perturbaciones eléctricas. Los protocolos de comunicación son esenciales en procesos industriales automatizados, porque integra todo un sistema en una sola plataforma mejorando la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas que son visualizados en un SCADA para su posterior análisis, interpretación y reporte. Se presentaron perturbaciones eléctricas armónicos, subtensiones y sobretensiones que serán eliminados instalando filtros, sistema de alimentación interrumpida y supresores de voltaje. Realizada la recolección de datos se estableció indicadores para realizar seguimiento a la potencia, energía activa y energía reactiva obteniendo un ahorro que serán utilizados en proyectos de mejora.

Palabras Claves: Banco de Condensadores, Filtros, Demanda máxima, Protocolo de comunicación, Parámetros, Perturbaciones eléctricas

Abstract

The project is aimed at the application of a SCADA system to control electrical energy efficiency, evaluating, and supervising the electrical network, with the automation and digitalization of industrial processes, many companies demand more energy without knowing why they pay too much on the electricity bill. having the solution of saving up to 30% by installing a bank of capacitors (reduction of reactive energy), maximum demand control (reduction of active energy), replacing fluorescent lights with LED lights and filters to mitigate harmonics that affect our quality of electric power. The electrical network analyzer was installed that collects electrical parameters related to the bill and electrical disturbances. Communication protocols are essential in automated industrial processes, because they integrate an entire system into a single platform, improving the reliability and availability of the machines that are visualized in a SCADA for subsequent analysis, interpretation, and reporting. Harmonic electrical disturbances, undervoltage and overvoltages occurred that will be eliminated by installing filters, interrupted power supply and voltage suppressors. Once the data collection was carried out, indicators were established to monitor power, active energy, and reactive energy, obtaining savings that will be used in improvement projects.

Key words: Capacitor Bank, Filters, Maximum demand, Communication protocol, Parameters, Electrical disturbances

I. INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales generan una gran demanda de consumo eléctrico consiguiendo con ello un incremento en la facturación, entendiendo esta problemática en Oben Group se aplicará un monitoreo de parámetros eléctricos en las instalaciones para ser analizados y brindar correcciones necesarias como una estrategia de prevención al tener un buen diseño de nuestro sistema eléctrico o mejor aun instalando los bancos de condensadores para suprimir la energía reactiva o eliminación de armónicos con filtros asegurando la calidad de energía eléctrica.

La solución para la energía pura senoidal está en la habilidad de analizar los fenómenos eléctricos que ocasionan disturbios en la instalación. Por tanto, se requiere un sistema para monitorear y registrar en tiempo real los fenómenos y los guarde para su posterior evaluación, interpretación y verificación. El software debe ser amigable y de fácil entendimiento en una plataforma compatible con varios controladores, para el análisis instantáneo, con un método de comunicación avanzado y una capacidad para trabajar en red, compartiendo la información con varias áreas. Es importante que sea exacto y que pueda almacenar todos los parámetros eléctricos para una correcta evaluación.

Comprendiendo lo anterior se podría solucionar problemas de fallos de manera adecuada solo diagnosticando y reportando estos datos, se puede tomar de distintos puntos eléctricos en nuestra instalación tableros, máquinas y transformadores.

La selección de equipos también es esencial, siguiendo con la buena elección de software que debe ser amigable de fácil uso capaz de comunicarse, proporcionar información excepcional y tablas para convertirlos en estadísticas.

1.1.Trayectoria del autor

Mi labor en el área de mantenimiento y proyectos comenzó en el año 2017 en la empresa San Fernando que se dedica a la producción de procesados cárnicos con sede en Chorrillos donde desempeñe como asistente de mantenimiento, me ayudo en la etapa de mi crecimiento profesional donde aplique los conocimientos adquiridos en la universidad. En esta empresa tome la iniciativa de automatizar el proceso productivo de las máquinas embutidoras y cortadoras, mediante la red profibus; realizando la conexión de los dispositivos electrónicos además de controlar los parámetros de temperatura para el área de tratamiento térmico.

En el año 2019 ocupe el cargo de analista de mantenimiento en la empresa Grupo Perú Alfa donde desarrolle el plan de mantenimiento preventivo además de realizar el levantamiento de información para la instalación de una nueva línea de proceso productivo y puesta en servicio. Se implementó un proyecto de eficiencia energética instalando medidores de energía eléctrica y consumo de agua; para buscar ahorros en la facturación de los mismos. Presentación de indicadores de mantenimiento relacionados a la confiabilidad y mantenibilidad de las máquinas e índices de consumo eléctrico y agua con relación a las toneladas de producción.

En el año 2020 ingrese a la empresa Oben Group como ingeniero de confiabilidad con la responsabilidad de buscar mejoras en el proceso productivo como la ejecución de proyectos para mejorar el rendimiento de las máquinas realizando una automatización de los equipos y mejorar el plan de mantenimiento incluyendo estrategias preventivas y predictivas, durante mi trayectoria en la empresa aplique los conocimientos académicos y experiencia para la resolución de fallas e implementar estrategias para mejorar los indicadores de disponibilidad, confiabilidad (MTBF) y mantenibilidad (MTTR). Elaboración de expedientes técnicos, planos y memoria descriptiva para los proyectos de ingeniería.

1.2.Descripción de la Empresa

La empresa donde se desarrolló el presente informe es OPP FILM SA perteneciente al grupo OBEN GROUP, fundada en Ecuador el año 1991 en la ciudad de Quito, para el año 2000, se abrió la primera fábrica en Perú ubicada en el distrito de Lurín; actualmente produce películas plásticas que están hechas de polipropileno, nylon y poliéster para los empaques flexibles.

La empresa OBEN GROUP tiene una capacidad de producción de 800,000 toneladas métricas al año. En el país la empresa es líder en el sector de extracción con la producción de películas plásticas siendo el mercado para el empaque de alimentos; a lo largo de los años ha sido reconocido en diferentes países de Latinoamérica y Europa logrando certificaciones que abren nuevos mercados a nivel mundial contando con las siguientes:

Sistema de control y seguridad de BASC (Business Alliance for Secure Commerce).

Sistema de gestión de la calidad ISO 9001.

Sistema de gestión y seguridad alimentaria FSSC 22000.

Su principal objetivo ser proveedores en soluciones de empaques flexibles en el mundo.

Mejorar continuamente los procesos productivos y métodos de trabajo.

Cumplir con nuestros clientes con los productos en tiempos establecidos.

Fabricación de películas plásticas que cumplan con los requisitos de los clientes e inocuidad requerida para el uso.

Garantizar la seguridad alimentaria de los productos.

Generar el pedido de nuevos productos con nuestros clientes potenciales.

Mejorar la eficiencia en las líneas de los procesos de manufactura.

Desarrollar el talento humano de los trabajadores en la planta con oportunidad de crecimiento.

OPP FILM desarrolla los siguientes productos:

BOPP Película biaxial orientado polipropileno

- Líneas de extrusión: 12
- Capacidad: 500,000 toneladas conjuntas
- Ancho: hasta 8.8 metros
- Espesores: desde 10 μ hasta 100 μ
- Velocidad: 450 m/min
- Capas: 3, 5 y 7
- Tratamiento: corona, a la flama
- Países: Perú, Argentina, Chile, Ecuador, El Salvador, Colombia, México, Brasil, Portugal y Polonia
- Origen de equipos: Alemania, Francia, USA

BOPET Tereftalato polietileno bi-axialmente orientado.

- Líneas de extrusión: 2
- Capacidad: 180,000 toneladas
- Ancho: hasta 8.8 metros
- Espesores: desde 8 μ hasta 75 μ
- Velocidad: 450 m/min
- Tratamiento: corona, químico, híbrido, coextruida, acrílico

- Países: Perú y Colombia
- Origen de equipos: Alemania

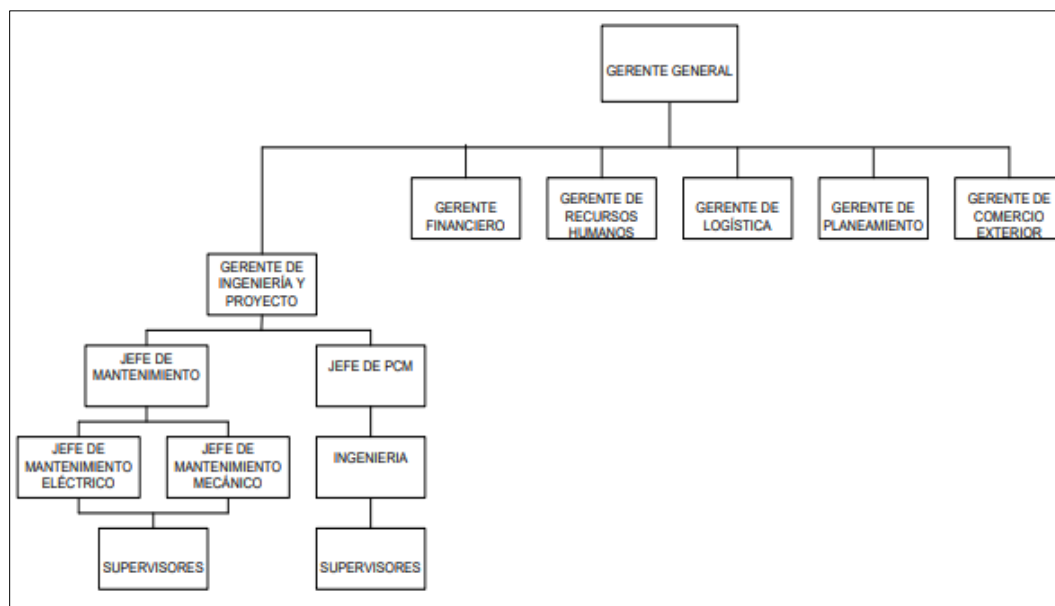
BOPA Polialmida de orientación biaxial.

- Líneas de extrusión: 2
- Capacidad: 40,000 toneladas
- Ancho: hasta 5.1 metros
- Espesores: desde 10 μ hasta 25 μ
- Velocidad: 200 m/min
- Tratamiento: corona
- Capas: 3
- Países: Perú y Colombia
- Origen de equipos: Alemania.

1.3.Organigrama de la Empresa

La empresa cuenta con 2500 colaboradores y están distribuidos de la siguiente manera: Personal de planta 70% y personal administrativo 30%. La empresa posee cuatro unidades de negocio:

- BOPP. Película biaxial orientado polipropileno
- BOPET. Polietileno teflalato bi-axialmente orientado.
- BOPA. Polialmida de orientación biaxial.
- CAST. Película de propileno coextruida sin orientación

Figura 1*Organigrama empresa*

Fuente: Empresa Oben Group

Extrusión: Mediante el abastecimiento de los pellets a las tolvas principal se inicia el proceso productivo, donde este material se funde a los 250°C.

Chill Roll: Sistema de enfriamiento de la película en un tambor por donde circula el agua fría. La temperatura de la película se mantiene a 20°C.

MDO: Se realiza el estiramiento de la película, mediante el contacto de los rodillos cromado y rodillos pisores.

TDO: Zona de calentamiento y estiro de la película, el proceso se realiza en un horno donde está fluyendo el aire caliente; mediante los ductos de inyección y extracción.

PRS: Los rodillos cromados se encargan de estirar y tensionar la película además cuenta con un tratador corona que aumenta la capacidad de adhesión en la superficie del plástico.

WINDER: Sistema de enrollado de la película, rollo madre para las cortadoras primarias.

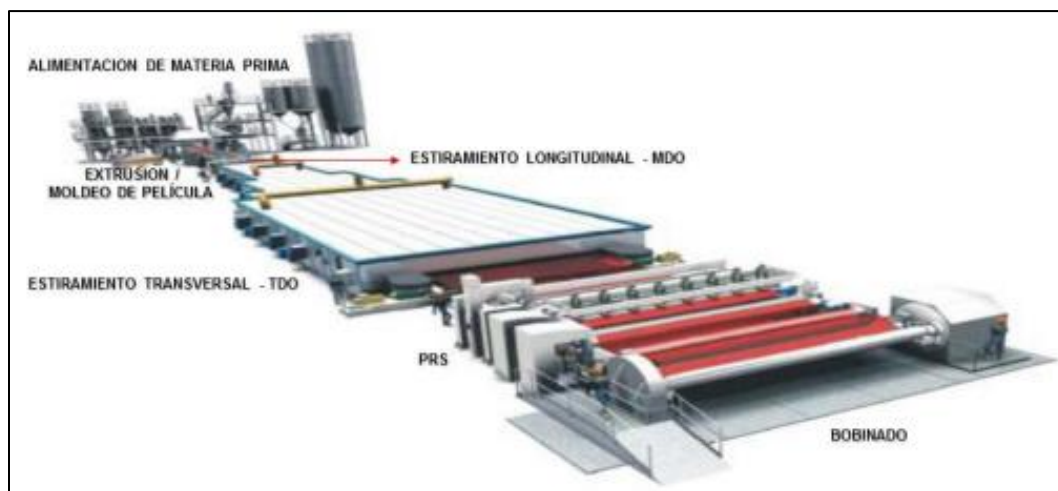
Corte primario: Se encarga de cortar la bobina madre que viene de las líneas de extrusión; el corte se ajuste a los requerimientos del cliente.

Corte secundario: Se encarga de cortar las bobinas que son entregados del corte primario y metalizado con requerimientos específicos por el cliente.

Metalizadora: Se encarga de metalizar la bobina proveniente del corte primario.

Figura 2

Línea de extrusión BOPA



Fuente: Empresa Oben Group

1.4.Áreas y funciones desempeñadas

Me desempeñe en el área de mantenimiento y proyectos; realizando las siguientes funciones:

Realizar una investigación del análisis de falla, recolectando los datos de operación comprendiendo el funcionamiento del activo mediante la lectura de los manuales y

recomendaciones del fabricante siendo de gran importancia para el estudio de ACR (Análisis causa raíz).

Implementar, evaluar y optimizar los planes de mantenimiento, establecer la categoría jerárquica de los activos; por plantas, líneas de proceso productivo, máquinas, sistemas y equipos a esto se le conoce como árbol de equipos.

Reuniones multidisciplinarias de las fallas de gran impacto en el proceso productivo que afectan la disponibilidad o que ocasionen grandes pérdidas de merma consolidando la información en un reporte.

Realizar el análisis estadístico y modelamiento de las fallas de equipos mediante el análisis de modo de efecto y falla (FMEA) estableciendo un seguimiento a los planes de acción para determinar los cambios necesarios en los planes de mantenimiento. Liderar la aplicación de técnicas para solución de problemas.

Proponer y participar en la implementación de las mejoras en las estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo centrándolos en mejorar la disponibilidad y confiabilidad del proceso productivo; gestión del monitoreo por condición del activo.

Registrar los tiempos improductivos cargado por el área de producción en el software SCP (Sistema control de piso), administrar la base de datos de eventos de mantenimiento, en el software SGM (Sistema de gestión mantenimiento) donde se detalla el reporte de las fallas por parte del técnico; planificación de paradas y los KPI de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad que son gestionados por el ingeniero de confiabilidad.

Seguimiento a los reportes predictivos vibración, termografía, ultrasónico y análisis de aceite; elaborar reportes con los resultados obtenidos, analizar tendencias, brindar recomendaciones y planes de acción.

Desarrollar e implementar metodologías predictivas para el monitoreo de los equipos basado en condición utilizando herramientas tecnológicas disponibles.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

2.1.Planteamiento del problema

2.1.1. *Determinación del problema*

La demanda eléctrica acumulada tiene un crecimiento promedio del 4% anual en los últimos años, esto implica la reducción de la reserva, la importancia de la eficiencia energética eléctrica permite reducir los costos generales de producción. Los propietarios inyectan perturbaciones a la red eléctrica que contaminan las cargas, aunque operen correctamente, pueden modificar la onda de corriente y tensión estos fenómenos no se pueden medir con simples instrumentos multímetro o pinza amperimétrica, los eventos eléctricos ocurren tan rápido en solo segundos que es difícil registrarlos, para capturar estos datos se utiliza un analizador de redes eléctricas. El instrumento de medición es de gran importancia para evaluar el estado de la calidad de energía eléctrica y facturación.

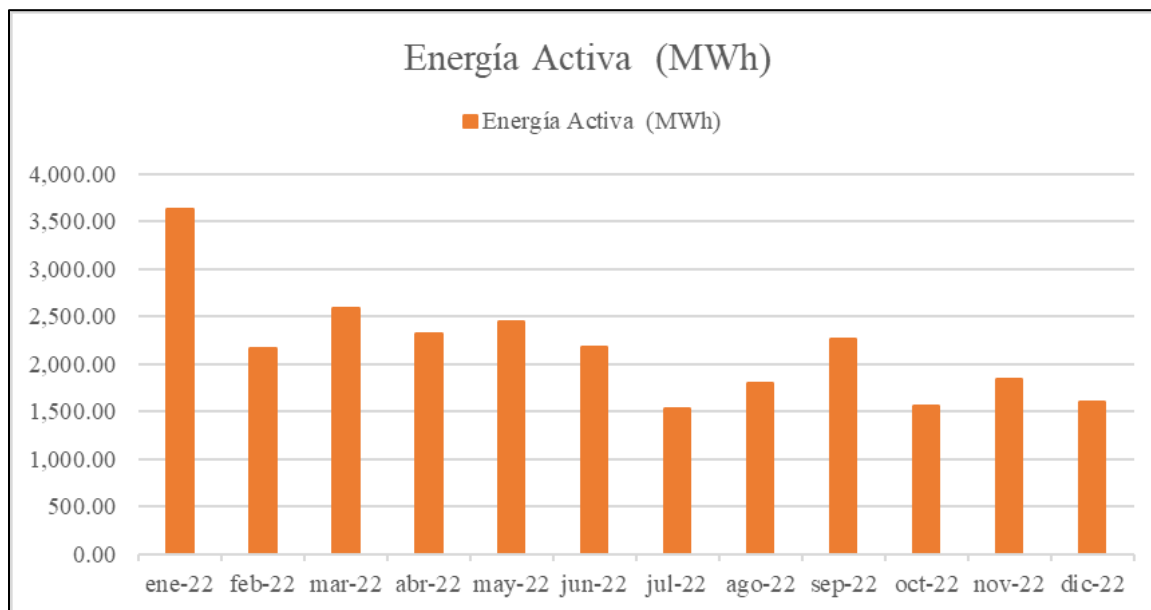
Energía Activa

Nuestro consumo en energía activa fuera hora punta es superior (representando un 80% de energía activa), la muestra de este indicador nos advierte que estamos desaprovechando la energía por un mal control. Este incremento se debe a los equipos auxiliares compresores, chiller, unidades manejadoras y el sistema de calentamiento TDO que se encuentran prendidos cuando no lo requiere.

Se crea y fomenta una cultura de ahorro energético a todo el personal de planta, se propone realizar un seguimiento y adecuado encendido de las máquinas controlando la demanda de consumo en HP (hora punta), sustitución de los fluorescentes por luminaria LED y cambio de motores de gran consumo por motores de alta eficiencia. El promedio en el periodo 2022 es de 2,157MWH.

Figura 3

Consumo de energía activa 2022



Fuente: Elaboración propia

Energía Reactiva

La entrega de la energía reactiva es antieconómico ya que afecta a la propiedad de nuestra organización y no solo eso sino que puede perjudicar a los demás propietarios puesto que la energía reactiva inductiva no es utilizable solo sirve para crear campos magnéticos como en los motores haciendo girar el rotor; entonces podríamos traer beneficios al pago de energía reactiva, instalando un tablero de banco de condensadores que compense la energía reactiva mejorando el factor de potencia, este proyecto es recuperado en corto tiempo ,trayendo grandes beneficios para la empresa con esto ahorraríamos dinero y energía adoptando medidas técnicas.

Se realizó una inspección a todos los tableros de condensadores, encontrando deficiencias en su controlador que estaban mal configurados algunos condensadores estaban fuera de servicio sin llegar a compensar.

Estableciendo el monitoreo en tiempo real se evaluó los datos de manera diaria, semanal y mensual, el consumo tanto en hora punta (HP) y fuera punta (FP) disminuyó consiguiendo resultados satisfactorios para el área de mantenimiento.

- HP (hora punta), es el horario comprendido desde las 18:00 hasta 23:00.
- FP (fuera punta), periodo no comprendido en hora punta.

Tabla 1

Valores de consumo y demanda 2022

Mes	Potencia (KW)	Energía Activa HP (MWh)	Energía Activa FP (MWh)	Energía Reactiva (KVarh)
ene	4,777.97	612.53	3,012.05	607,631.81
feb	4,062.25	394.34	1,763.79	257,898.48
mar	3,477.19	470.76	2,111.55	305,028.61
abr	3,668.72	384.15	1,936.11	305,028.61
may	2,958.84	438.47	2,004.12	312,539.72
jun	3,096.30	386.93	1,786.09	383,558.67
jul	2,400.00	257.21	1,267.78	205,087.35
ago	3,724.39	315.35	1,477.62	294,323.22
sep	3,618.33	409.76	1,846.32	330,326.51
oct	3,334.18	258.38	1,299.62	327,256.00
nov	3,158.67	323.74	1,523.39	315,639.00
dic	2,400.00	294.33	1,310.63	307,024.34

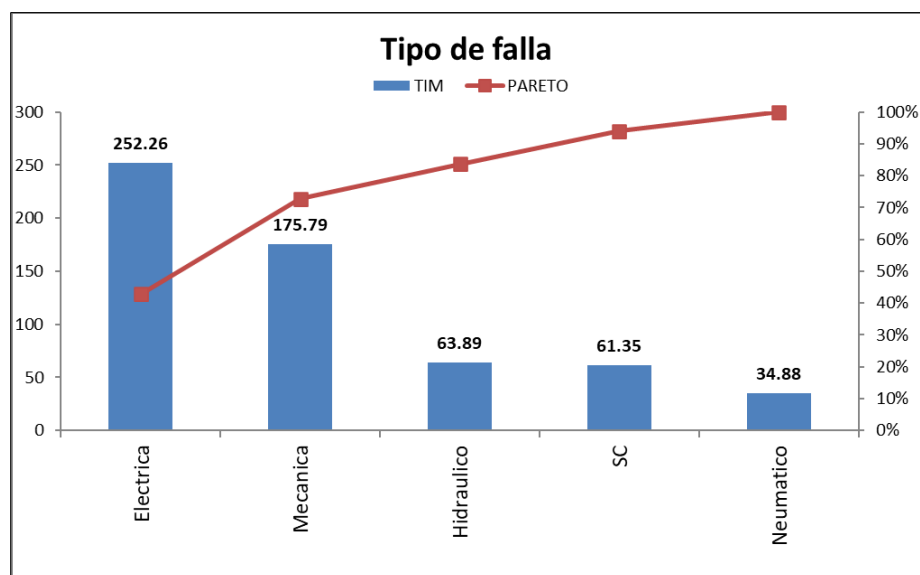
Autoría propia

Averías eléctricas

Se realizó un análisis de Pareto, para saber que equipos fallan y buscar la causa raíz de los problemas, verificando el historial de correctivos se encontró que las fallas eléctricas representaban un 40% del total, el resto estaba entre neumático, mecánico e hidráulico. La mayoría de los problemas son fallas en las tarjetas electrónicas de los variadores, arrancadores, controladores, servomotores y todo equipo similar teniendo como origen de falla en el voltaje (Sag, swell, sobretensión y subtensión) además se analizó otros parámetros como frecuencia, corriente, desbalance, THDI y THDV. Estas perturbaciones eléctricas ocasionan la parada de máquina generando una merma de 400kg. Se realizó el análisis mediante Pareto donde las fallas por mantenimiento están agrupadas por especialidad, como muestra la gráfica las fallas eléctricas y mecánicas son el causante del bajo rendimiento en el proceso productivo, debido a que genera una intervención correctiva por el área de mantenimiento para restaurar las condiciones de operación.

Figura 4

Pareto por tipo de falla



Fuente: Elaboración propia

En las fallas eléctricas se enfatizó en los problemas por perturbaciones eléctricas se menciona los eventos que ocasionaron parada de máquina. Se propone la instalación de los siguientes dispositivos:

Supresores de pico (TVSS) para la protección del circuito eléctrico ante transitorios de tensión. Es importante la protección de las tarjetas electrónicas que no soportan variaciones bruscas de voltaje.

Sistemas de alimentación interrumpida (SAI) para mantener el voltaje ante un corte de energía imprevisto. Estos dispositivos tienen una batería que proporcionan el voltaje deseado en el circuito eléctrico.

Filtros de rechazo para la mitigación a tierra de los armónicos, que son generados por cargas no lineales (variadores) que distorsiona la señal senoidal en impulsos para su control.

Es inevitable no generar una perturbación eléctrica, ya sea desde el punto de vista del generador o consumidor debido a que actualmente la mayoría de los dispositivos son cargas no lineales que distorsionan la onda senoidal. Es importante contrarrestar estas anomalías y que se mantengan por debajo de las normas internacionales IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) y NTCSE (Norma técnica de servicios eléctricos)

Tabla 2*Fallas ocasionada por perturbaciones eléctricas*

Fecha	Tiempo (hr)	Falla eléctrica
13/02/2021 10:38	1.38	Caída de tensión, transitorio daña tarjeta electrónica MDO.
28/04/2021 15:26	0.57	Falla en variador eléctrico extrusora.
18/05/2021 16:12	1	Perdida de comunicación en tablero TDO.
26/05/2021 09:32	0.15	Caída de tensión, transitorio daña tarjeta electrónica TDO.
24/07/2021 16:04	2.48	Alarma tratador corona short circuit.
26/07/2021 08:27	1.13	Alarma tratador corona short circuit.
29/08/2021 06:28	1.34	Alarma en el sistema de lubricación pernos de cadena.
25/09/2021 21:12	2.2	Caída de tensión, transitorio daña tarjeta electrónica PRS
20/10/2021 02:15	0.17	Bajo rendimiento en variador PRS.
06/12/2021 21:31	2.11	Baja temperatura Zona 7 extrusora.
07/12/2021 12:05	1.82	Caída de presión por armónicos.
05/01/2022 10:09	0.17	Caída de tensión, transitorio daña tarjeta electrónica CORTE.
.09/01/2022 01:07	0.98	Alarma en el tratador corona inferior.
16/01/2022 09:05	0.17	Alarma en convertidor de molino auxiliar.
29/04/2022 00:48	0.95	Alarma en el compresor Kaeser.
11/06/2022 06:33	0.95	Celda eléctrica abierta transformador N°2.
03/07/2022 20:29	1.75	Alarma en el tratador corona inferior.
29/09/2022 20:28	0.67	Alarma en el PLC extrusora.
21/10/2022 17:20	2.22	Alarma en el drive 4 PRS.
23/10/2022 09:01	1.72	Alarma en el tratador corona inferior.
25/10/2022 04:09	0.72	Bajo rendimiento dosing.

Autoría propia

2.1.2. Formulación de problema

2.1.2.1. Problema principal.

¿El SCADA será la solución para el control de la eficiencia energética en la Planta de Oben Group?

2.1.2.2. Problema específico.

¿Cómo identificar los parámetros eléctricos para la reducción de costos en nuestra facturación eléctrica?

¿Cómo analizar las perturbaciones eléctricas que ocasionan fallas en nuestro sistema eléctrico?

2.1.3. Objetivos

2.1.3.1. Objetivo principal.

Aplicar un sistema SCADA para el control de la eficiencia energética en la Planta de Oben Group.

2.1.3.2. Objetivo específico.

Identificar los parámetros eléctricos para reducir los costos en nuestra facturación eléctrica.

Analizar las perturbaciones eléctricas para brindar soluciones cumpliendo con NTCSE.

2.1.4. Justificación

El sistema SCADA nos mostrará los parámetros eléctricos en tiempo real que serán recogidos por el analizador de redes eléctricas dejando el método anterior que se apuntaba con un bolígrafo y papel teniendo en ocasiones datos erróneos y pérdida de tiempo para ir al lugar de medición.

El consumo en la facturación se ha incrementado, antes solo nos interesaba tener un adecuado voltaje, pero ahora se recomienda tener una buena calidad de energía que engloba a los parámetros eléctricos (voltaje, corriente, frecuencia, desbalance y distorsión armónica), estas señales deben ser constantes en amplitud, frecuencia y sin distorsión.

Controlando la energía eléctrica tendremos un menor impacto ambiental contribuyendo con la lucha del cambio climático fomentando un consumo responsable.

Técnicamente el desarrollo del proyecto es viable, se tiene conocimiento para su instalación y puesta en funcionamiento, económicamente es aceptable debido a que genera ahorro en la facturación eléctrica, se tiene el equipo y software para realizar el proyecto.

2.2.Marco teórico

El auge del sistema eléctrico en nuestro país es importante para cualquier usuario conectado a la red eléctrica, pues es un indicador que nos muestra el crecimiento, aplicando propuestas de eficiencia energética es una respuesta directa al desarrollo económico, refleja el deseo de avanzar, progresar, crecer y en esta actividad se consume energía eléctrica el cual debe ser monitoreada mediante un SCADA.

El concepto calidad energética ha evolucionado en esta última década. Se ha expandido un suministro eficiente y comprometido con el cuidado del ambiente además del cumplimiento con la normativa ISO 50001 (Sistema de gestión energética).

Se analizó el cumplimiento con la NTCSE, que regula los aspectos de calidad en servicios eléctricos cumpliendo las exigencias mínimas (tolerancias).

También se puso mucho énfasis en la disminución de energía reactiva para evitar las penalidades, precio adicional cuando se supera el 30% de energía activa, nuestra meta es obtener un factor de potencia superior de 0.96.

Recientemente, el estudio de calidad eléctrica ha tenido gran importancia la razón más alentadora es la mejora de la producción al disminuir las averías consiguiendo un menor consumo eléctrico. La definición de calidad eléctrica está conexas, teóricamente a tener voltaje, corriente senoidal pura y constante en el tiempo.

Para obtener beneficios en la industria se realiza los siguientes pasos.

- Utilización de máquinas alta eficiencia motores eléctricos, bombas, transformadores, compresores y chillers.
- Automatización industrial mediante dispositivos electrónicos como PLC, microcontroladores, computadoras y servidores incluyendo sus protocolos de comunicación.
- Disminución de pagos que están relacionados directamente con el mismo consumo por servicio.

2.2.1. Perturbaciones eléctricas

2.2.1.1. Transitorios.

El término transitorio está relacionado a los eventos indeseables que ocurren en las redes de transmisión eléctrica (voltaje), estos valores son superiores a las nominales.

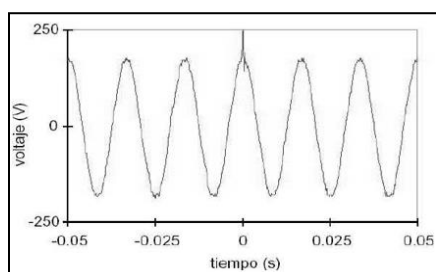
Son llamados transitorios ya que son originados por la caída de rayos y al no contar con una protección adecuada tiene consecuencias graves ocasionando averías afectando el bajo aislamiento de las máquinas y paradas de producción.

Impulsivo

Las consecuencias de estas señales son pérdida de datos, posibles daños teniendo como causa a los rayos, la solución es instalar TVSS (dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias) se instalan antes del tablero general.

Figura 5

Transitorio impulsivo

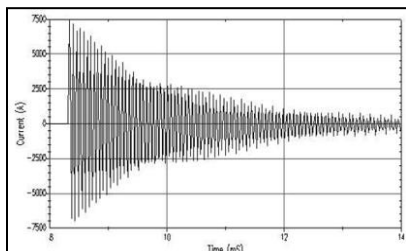


Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

Oscilatorio

Consiste en variaciones de corriente y tensión cuyos valores instantáneos cambian generando inestabilidad, normalmente son resultado de modificaciones que ocurren en los sistemas interconectados, subestaciones de distribución, la oscilación inducida por los bancos de capacitores en media tensión.

Los efectos de estas señales son pérdidas de datos y posibles daños teniendo como causa la desconexión de cargas inductivas – capacitivas, la solución es la instalación UPS (sistema de alimentación interrumpida).

Figura 6*Transitorio Oscilatorio*

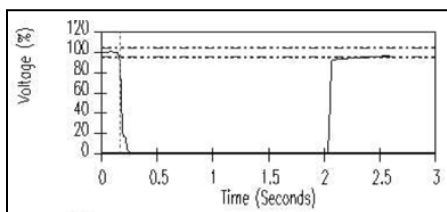
Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

2.2.1.2. Variación de corta duración.

Las variaciones espontaneas siempre se originan por las averías en conexiones eléctricas, alimentación de grandes grupos de motores, además de la ubicación para el diagnóstico de condiciones operativas del sistema que carecen de protección, siendo ocasionadas por incremento de voltaje (Swell), depresión de voltaje (Sag) e interrupción de voltaje.

Interrupción momentánea

Es un evento donde el voltaje es menor a $0.1V_n$ con frecuencia 0.5Hz en 60 segundos, son ocasionados por fallas en redes distribuidoras, disparo de disyuntores, mala conductividad de los cables eléctricos provocando la destrucción de tarjetas electrónicas, la solución es instalar UPS.

Figura 7*Interrupción momentánea*

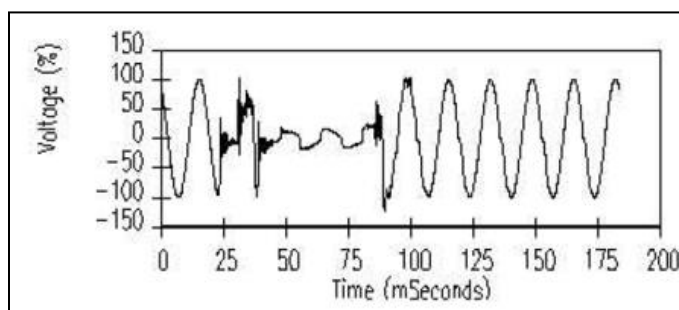
Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

Depresión de tensión (SAG)

Es una pérdida momentánea teniendo una tensión que va desde $0.1 V_n$ - $0.9 V_n$ con 0.5 Hz y un periodo de 60 segundos. Siempre se relaciona con averías del circuito electrónico, pero son ocasionados producto de la conexión de motores de gran consumo o arranque de grandes cargas simultáneamente. Esta depresión de tensión puede ocasionar la parada de planta o quema de tarjetas en los variadores eléctricos. Solución instalar acondicionadores de energía y UPS.

Figura 8

Depresión de tensión



Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

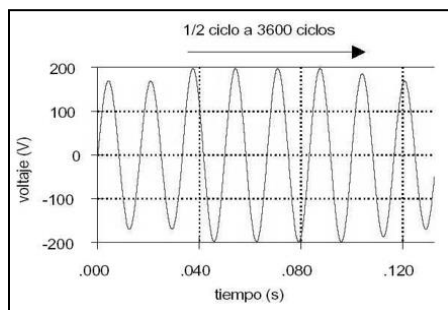
Elevación de tensión (SWELL)

Es ocasionado por el incremento del voltaje $1.1 V_n$ a $1.9 V_n$ con periodo de 0,5 ciclos en 1 minuto, el salto de voltaje está casi siempre relacionado a condiciones de desequilibrio de carga, desconexión de grandes motores y entrada de condensadores.

Para solucionar estos problemas se instalan acondicionadores de energía, UPS y transformadores de control ferroresonante que corrige automáticamente cualquier disturbio.

Figura 9

Elevación de tensión



Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

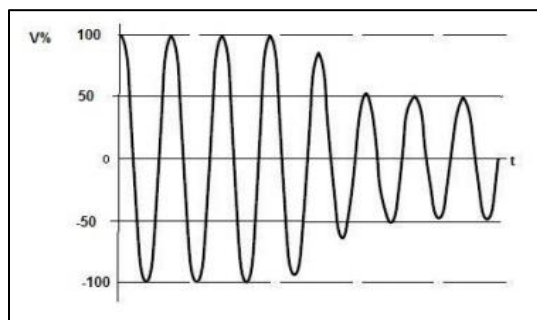
2.2.1.3. Variación de larga duración.

Interrupción sostenida

Se llama parada sostenida a la caída de tensión de alimentación con un valor de $0V_n$ en un periodo superior a 60 segundos. Estas perturbaciones ocasionan una parada de producción, no se reestablecen automáticamente ya que necesitan la intervención del técnico para conectar el interruptor.

Subtensión

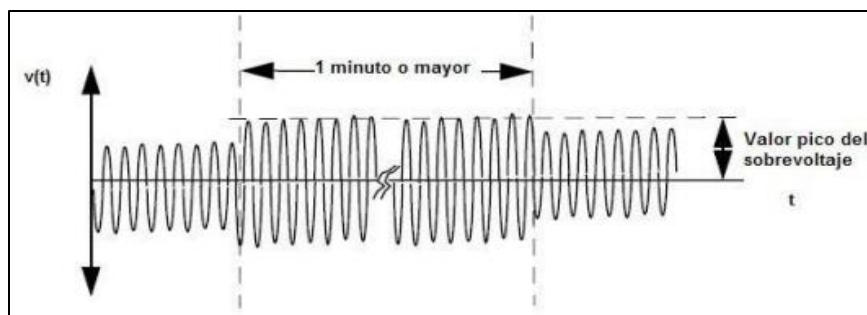
Estas perturbaciones son originadas por la reducción de tensión que va desde $0.8V_n$ a $0.9V_n$ durando más de 1 minuto. La alimentación o desconexión del tablero de condensadores provoca subtensiones siendo la causa de sobrecargas en los cables trifásicos. La solución es instalar acondicionador de tensión y UPS.

Figura 10*Subtensión*

Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

Sobretensión

Estos fenómenos son caracterizados por el crecimiento del valor de tensión que tiene un rango $1.1V_n$ a $1.2V_n$ durante un ciclo mayor a 60 segundos. Los incrementos de voltaje pueden originar la desconexión de grandes equipos como motores de gran capacidad, superiores a 100HP o la conexión de varios que superan dicha capacidad, conexión de bancos capacitores además del apriete incorrecto de los taps en los transformadores. Se observa las variaciones bruscas de voltaje.

Figura 11*Sobretensión*

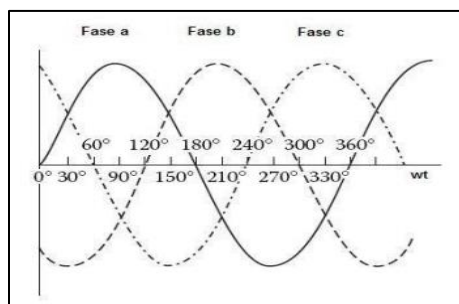
Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

2.2.1.4. Desequilibrio de tensión.

El desequilibrio de las fases puede ser ocasionado debido al disturbio generado en los sistemas polifásicos. El origen de la fuente de desequilibrio de fases es la mala conexión de cargas monofásicas en sistemas trifásicos también anomalías o averías en los condensadores.

Figura 12

Desequilibrio de tensión



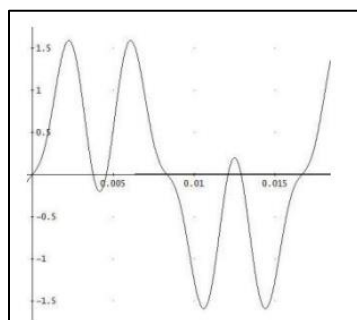
Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

2.2.1.5. Distorsión.

La deformación de la gráfica de tensión es un desvío ocasionado por los espectros armónicos, corte y ruido que distorsionan la señal senoidal.

Figura 13

Armónicos



Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

Armónicos

Llamado distorsión armónica aparece cuando la señal alterna no es pura. El analista matemático (Fourier) estudio las ondas distorsionadas ocasionadas por señales anómalas detallando que estos están compuestos de la onda senoidal fundamental conocido como onda pura, sola a frecuencia de 50 Hz o 60Hz, además de la adición de ondas con una frecuencia siendo de orden 3°, 5°, 7°, 9°, 11°, hasta 41°. Por ejemplo, una señal con frecuencia constante de 60 Hz, una frecuencia de 180 Hz y otra de 300 Hz cuando se juntan estas ondas nos muestra una señal distorsionada. Las causas están en los convertidores de señales y la solución es la reconfiguración del sistema de distribución o instalar transformadores de factor K.

Corte

Pérdida completa del voltaje (<0.1 p.u.) o corriente durante un tiempo, generalmente en este período se muestra demasiada intensidad ocasionando un corto por la unión de cables. Si ese fenómeno ocurre frecuentemente (estado permanente), es característica primordial del espectro de distorsión. La causa de esta avería es ocasionada por variadores, arrancadores para motores superiores a 75Kw. Los efectos encontramos mecanismos de velocidad variable, soldadores con arco y atenuadores de luz la solución para estos problemas es instalar UPS, filtros, trasladar las cargas sensibles o reconfigurar el sistema.

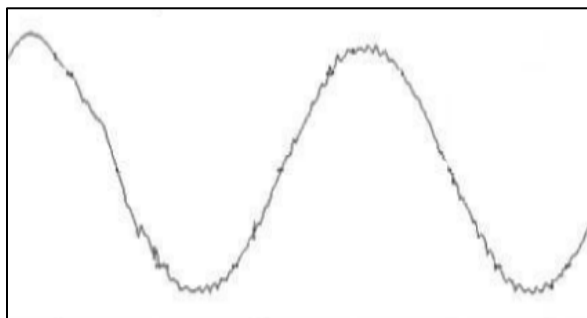
Ruido

Ocasionalmente esta clase de interferencia es la representación de operaciones defectuosas, de equipos, mal montaje de componentes del circuito eléctrico por empresas generadoras, transformadoras o distribuidores que lo reparten a los usuarios. Los efectos los encontramos en las transmisiones de radio, equipos defectuosos, masa ineficiente, proximidad de fuentes

electromagnéticas para mitigar las perturbaciones ocasionadas por los ruidos es recomendable identificar la fuente de señal llegando a reconfigurar la puesta tierra, aumentando la sección de cable e instalar transformadores de aislamiento.

Figura 14

Ruido

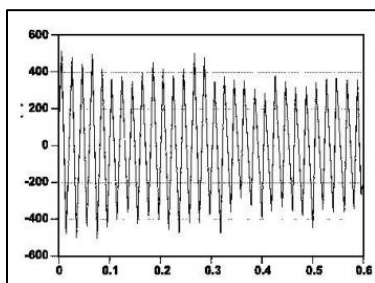


Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

2.2.1.6. Fluctuación de tensión.

Las alteraciones de voltaje son movimientos sistemáticos de parpadeo o fluctuaciones aleatorias, las cuales normalmente superan el límite especificado de $\pm 5\%$. Es una perturbación de origen corporal relacionado con la vista que sufren las personas producto de las lámparas alimentadas por fluorescentes y una carga que genera variaciones cíclicas de tensión con frecuencia menor a 25 Hz.

La incomodidad del parpadeo realiza una fluctuación a las lámparas de bajo voltaje. Las cargas electromagnéticas se alimentan a diferentes niveles de voltaje. En el inicio de esta perturbación están las variaciones intempestivas del voltaje. La solución a estos problemas es la reconfiguración del sistema, trasladar las cargas sensibles, acondicionar la energía o instalación de UPS.

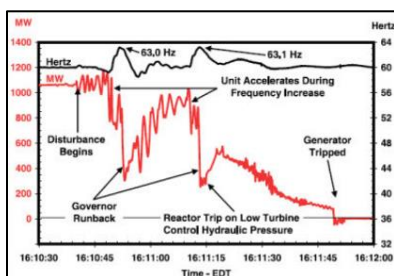
Figura 15*Flicker*

Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

2.2.1.7. Variación de frecuencia.

Este tipo de perturbación son ocasionados por los variadores de velocidad. Son transiciones en la frecuencia de señal senoidal generada en las estaciones de transformación proporcionada por la ampliación de corriente. Resulta muy difícil que se presente esta perturbación en condiciones normales, pudiendo generar una falla en las barras que es la unión generación – distribución pasando por la transmisión de las compañías que brindan energía eléctrica.

La causa de este defecto está en las empresas generadoras que suministran la energía. Solución ajuste del regulador en la central eléctrica.

Figura 16*Variación de frecuencia*

Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

Estos fenómenos electromagnéticos, ocasionan funciones anómalas y perjudiciales para todo activo conectado a esta red, incluso destruirlas; trayendo pérdidas económicas en reparación o compra de uno nuevo. Es recomendable distribuir las cargas eléctricas del sistema para tener una adecuada protección de alimentación además de proponer el buen cuidado de máquinas mediante el mantenimiento preventivo.

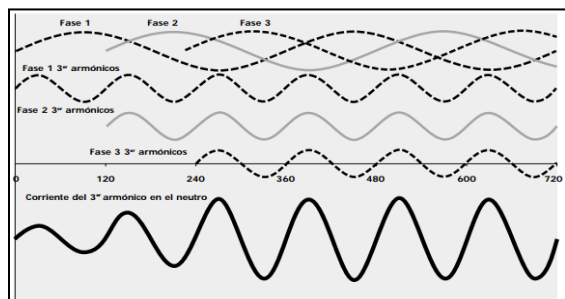
Los problemas de las fallas son originados por los fenómenos eléctricos en los circuitos derivados que tienen grandes pérdidas económicas en operaciones de producción que contienen los procesos. Realizando una buena planificación y un buen análisis predictivo de estos parámetros se pueden evitar catástrofes teniendo solución a los problemas con el analizador de redes eléctricas que será el encargado de recolectar los datos (parámetros eléctricos) en tiempo real en campo.

Efectos sobre cables

El flujo de intensidad que pasa por los cables trifásicos puede llegar a ocasionar disturbios que afectarían al cable neutro. En corriente alterna, cuando la frecuencia aumenta, la dirección de intensidad es más pronunciada, sentido hacia las cargas. En los cables la intensidad aumenta de la parte interna al exterior.

Figura 17

Interarmónicos



Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

En conexiones trifásicas, la muestra de onda de voltaje por cada línea está atrasada 120° cuando las líneas conductoras de fases son iguales en carga, la suma de intensidad de las cargas se encuentra en un punto común neutro siendo el valor cero, cuando las cargas están en desequilibrio, por el cable neutro sólo fluiría la señal alterna. La solución es dimensionar los cables a un diámetro mayor y hacer prueba de asilamiento para mejorar la operatividad de los conductores.

Efecto sobre transformadores.

Los transformadores están fabricados para funcionar con una intensidad alterna a una frecuencia nominal de 50 o 60 Hz, operando en condiciones carga nominal y con temperaturas que están fuera de límite, la máquina tiene radiadores que disipan el aumento de temperatura producido por la pérdida en el cobre y hierro internamente sin calentarse para no desgastar la vida útil.

Pérdidas adicionales, tienen como causa el aumento de temperatura en las paredes de los transformadores y siendo el equipo seco o aceite afectaran el devanado. Se tiene como origen la humedad afectando la corriente.

Figura 18

Transformador en reparación



Fuente: Elaboración Propia

Es de mucha importancia realizar un mantenimiento a los transformadores y realizar sus mediciones respectivas con los protocolos correspondientes.

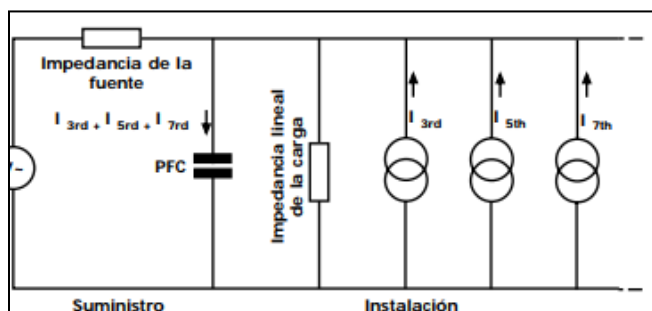
- Controlar y comprobar la temperatura del transformador.
- Registrar los niveles de aceite por el visor o llenar en caso no tenga suficiente.
- Hermeticidad del tanque, sin fugas de aceite y aisladores limpios
- Las conexiones de media tensión y baja tensión, deben estar ajustadas sus pernos.
- Manejo de los controladores y protección.
- Rigidez dieléctrica (análisis químico – físico) y valor de resistencia (Ohm).

Efectos sobre capacitores

Se llama resonancia cuando la corriente del capacitor (capacitiva) y de los transformadores (inductiva) se hacen iguales a la misma frecuencia ocasionando el incremento brusco de las corrientes armónicas afectando principalmente a dispositivos que tienen bajo aislamiento, las tarjetas electrónicas, por otro lado los motores también sufren una pequeña pérdida pero con el pasar del tiempo estos armónicos presentes bajan su nivel de aislamiento aumentando la fricción interna del estator con el rotor.

Figura 19

Circuito generación de resonancia



Fuente: Sánchez (2009) - Calidad de la energía eléctrica

Se concluye que el capacitor deje pasar fuertes intensidades de armónicos orden superior y ocasionan averías, por eso la necesidad de recolectar información mediante el analizador de redes eléctricas para poder realizar el cálculo de los filtros ya sea para los armónicos individuales o armónicos totales. La potencia del condensador baja al incrementar la frecuencia, mientras que la resistencia de la fuente es generalmente inductiva y aumenta con la frecuencia.

Efecto sobre motores

La perturbación armónica de voltaje ocasiona un incremento de pérdidas por corrientes indeseables llamadas parasitas porque generan averías a las máquinas ocasionando desequilibrio permanente o fallas a tierra. Estos armónicos no solo ocasionan fallas a los motores, sino que perjudican a todo aquello que esté conectado como los cables, interruptores dentro del tablero. Los armónicos de orden 5° (hacen girar el motor a velocidad mayor a la nominal) y el de 7° orden (crea un campo magnético en sentido antihorario al giro del motor). La solución es la instalación de filtros activos en los tableros principales además estos equipos ayudan a mitigar los armónicos y a la protección de los equipos ante un desbalanceo de tensión.

Figura 20

Bobina del estator quemado



Fuente: Elaboración Propia

Efecto sobre otros equipos

Los dispositivos electrónicos que captan las variables físicas son sensitivas porque ocasionan una falla a causa de las perturbaciones. En muchos casos estos dispositivos dependen de la calibración, diagnóstico para que la onda sea la misma, las condiciones de cambio de señal pueden ocasionar averías, siendo afectados por las conmutaciones de corriente, principalmente si se presenta la resonancia.

Los variadores son los causantes de generar armónicos ya que internamente realizan la transformación de voltaje, distorsionando la onda senoidal es recomendable comprar variadores con sus propios filtros de rechazo.

Los variadores de velocidad de la línea BOPA 1 sistema de extrusión vienen integrados con los filtros de rechazo para la mitigación a tierra de los armónicos. La instalación es compacta al variador e integración fácil.

- Siemens G120 incluye filtro de línea FN34407511

Figura 21

Filtro de línea

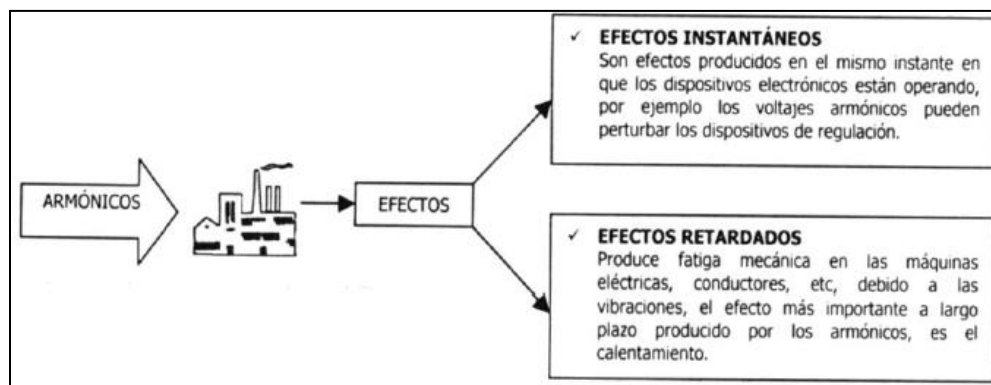


Fuente: Elaboración Propia

Los arrancadores electrónicos son otros equipos que inyectan armónicos a la red eléctrica ya que distorsionan el voltaje senoidal, la solución es comprar arrancadores, pero para equipos de gran potencia, mayor a 50KW y no para motores que realizan trabajos menores, instalar filtros de rechazo en paralelo a la conexión del motor.

Figura 22

Efectos de armónicos



Fuente: http://www.rtrenergia.es/downloads/armonicos_2012.pdf .

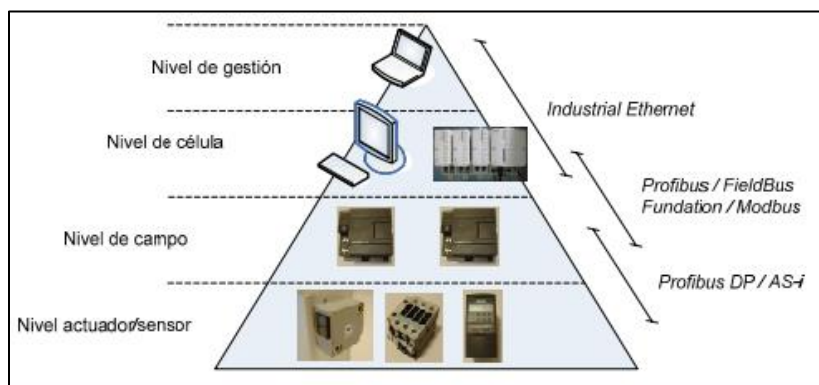
2.2.2. Pirámide de automatización

Tiene una estructura de alto nivel, nos muestra de manera interactiva todos los procesos por escala comenzando con los actuadores y sensores que están en el campo para continuar en el siguiente nivel los controladores que ejecutan la programación en secuencia que tiene en su memoria, pasando por las pantallas graficas que muestran todo el desarrollo de automatización, teniendo como cúspide el SCADA. Es un software que debe soportar todos los controladores de diversos fabricantes con sus interfaces de comunicación, generando los reportes e históricos que son extraídos de su memoria interna.

La Planta de Oben Group cuenta con los niveles (instrumentación, control y SCADA) en su mayoría de la marca Siemens en las 4 líneas de producción (extrusión, corte, metalizado y erema) en el último nivel utilizamos SCP (Sistema de control de piso) es una herramienta tecnológica que permite recolectar, analizar y documentar datos de la planta con el fin de conocer el estado real y la capacidad productiva con el SGM (Sistema de gestión de mantenimiento).

Figura 23

Niveles del proceso de automatización



Fuente: Daneri (2009) - PLC automatización y control industrial

2.2.2.1. Nivel sensor – actuador.

Llamado instrumentación, esta primera etapa contiene elementos de entrada como sensores digitales (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, finales de carrera entre otros), sensores analógicos (PT100, flujómetros, todo aquello que esté relacionado a los transmisores cuya variable analógica comprende los rangos de intensidad), salidas digitales (motores eléctricos, bombas hidráulicas, cilindros neumáticos o hidráulico) y salida analógica (variadores, servomotores entre otros que requiera precisión en velocidad o fuerza dependiendo del proceso) distribuidos en el trabajo.

En este nivel se miden las variables físicas y se transforman a variables digitales o analógicos aquí es la diferencia si es digital (0 que responde a ausencia de voltaje y 1 que responde a 24v generalmente), analógico (pueden variar de 4-20ma o de 0-10V), nos permiten medir niveles de fluidos, caudal, viscosidad, presión, temperatura, posición, etc.

En fábrica tenemos los componentes mencionados anteriormente como el sensor inductivo para la detección de metales en la tolva que alimenta al husillo del sistema de extrusión, sensor capacitivo para el llenado de tanques y PT100 en las zonas de calentamiento en el husillo.

Figura 24

Sensores y actuadores



Fuente: Daneri. (2009) - PLC automatización y control industrial.

2.2.2.2. Nivel campo y proceso.

En este segundo nivel se encuentran los controladores que comandan las señales del nivel anterior, como PLC o equipos que son fabricados para aplicaciones especiales en las industrias basados en microprocesadores como CNC, robots y controladores de motor, no solo estos también se encuentran los registradores de red, para esta aplicación se utilizará el analizador de redes

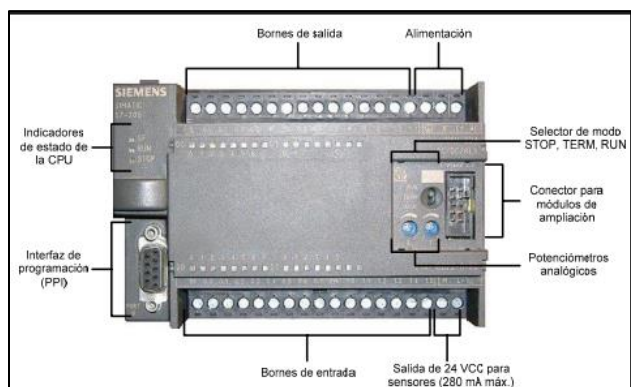
eléctricas, este campo de la pirámide permite la recolección de datos de todo el proceso productivo flujos, temperatura, gases o viscosidad.

Es indispensable que estos controladores posean características de integración que sean de la misma gama, si se va a utilizar Siemens todos los instrumentos deben ser del mismo modelo para que su comunicación sea más sencilla y si existen diferentes marcas se tendría que invertir en driver y acoger su protocolo de comunicación al nuestro que implica la compra de un módulo de comunicación lo cual es una inversión perdiendo tiempo en seleccionar equipos, instalar, configurar, puesto en marcha y validar.

Oben Group cuenta con varios controladores de diferentes fabricantes Siemens, ABB y Festo; se propone tener una sola plataforma para evitar problemas de comunicación.

Figura 25

Autómata programable



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.3. Nivel control.

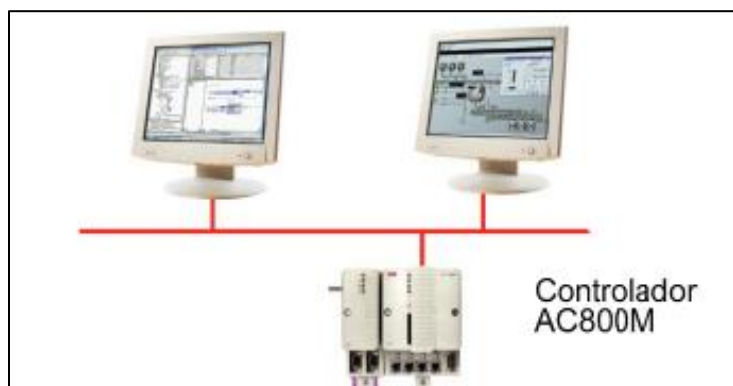
Todos los controladores en Planta, son monitoreados si existe un lenguaje de comunicación capaz de enlazarlos integrando en un conjunto para el procesamiento de datos, que en la mayoría están constituido por computadoras industriales ya que estos soportan grandes temperaturas y están

prendidos todo el día registrando valores y poseen un servidor que les permite almacenar datos con un redundante por si colapsa la comunicación o hay averías en el sistema, estas computadoras mayormente están en la sala de control donde son monitoreados por personal competente que entendiendo todo el funcionamiento realizan una programación permitiendo eliminar practicas inapropiadas presentadas en los monitores como fallas en el proceso.

Las computadoras industriales tienen pantallas graficas que son interactivas con el personal de mantenimiento, estos valores se muestran en una tendencia y son guardados en el SCADA controlando los dispositivos de instrumentación realizando consultas de estado de manera rápida y advertencias de alarmas.

Figura 26

Gestión de SCADA



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.4. Nivel Gestión.

Está constituido por computadoras con alto rendimiento, en este nivel de gestión no es necesario la toma de datos en campo, sin embargo, adquiere una gran importancia ya que toda esta información de producción, almacén, logística y mantenimiento son analizados para cumplir objetivos que beneficien a la empresa.

Los gestores de la empresa pueden realizar funciones de análisis estadístico para visualizar el comportamiento del proceso y sacar los costes de los productos, del mismo modo obtienen rendimiento, disponibilidad y fiabilidad, realizando estrategias para liberar los excesos de producto almacenado, tener los datos que permiten de manera fácil mostrar los resultados a los directivos para dar solución y conseguir la satisfacción del cliente, aumentando la producción y generando ingresos a la empresa.

La Planta cuenta con un software de gestión para el proceso productivo SCP (Sistema control de piso) y para el área de mantenimiento SGM (Sistema gestión de mantenimiento).

- SCP: Se encuentra la planificación del proceso productivo, donde se realiza la consulta del avance de producción de acuerdo a los pedidos por el cliente además se encuentran los tiempos improductivos y defectos de calidad.

Figura 27

Nivel de gestión



Fuente: Elaboración Propia

2.3.Propuesta de solución

2.3.1. Descripción de propuesta

El diagnóstico eléctrico mediante el SCADA constituye una herramienta tecnológica para saber cuándo, cómo, dónde y porque se consume la energía dentro de la empresa además de conocer las perturbaciones eléctricas que afectan el proceso productivo.

Reconocimiento del sistema eléctrico, identificar como llega el suministro eléctrico a la empresa desde la celda de carga, transformadores, tableros principales y tableros de distribución.

Tabla 3

Celda de carga

CELDA DE ENTRADA	CELDA DE SALIDA
	CELDA BOPA 1
	CELDA TP-0.22KV
	CELDA BOPA 2
	CELDA GLOBALPLAST
	CELDA TP 1
	CELDA TP 2
LUZ DEL SUR	CELDA TP 3
	CELDA TP 4
	CELDA 1N1C
	CELDA RESERVA
	CELDA TRAF 1.5 MVA
	CELDA TRAF 3.5 MVA

Autoría propia

Los transformadores son de tipo seco, se encuentran en un área ventilada controlando su temperatura, la inspección del área de subestación se realiza mensualmente por personal del área de mantenimiento y su servicio se realiza con un tercero con un periodo anual.

Tabla 4

Subestación eléctrica

UBICACIÓN	EQUIPOS
SUBESTACIÓN ELECTRICA 1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1MVA - 22.9/0.23/0.40KV.
SUBESTACIÓN ELECTRICA 1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 2MVA - 22.9/0.46KV.
SUBESTACIÓN ELECTRICA 1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 3MVA - 22.9/0.46KV.
SUBESTACIÓN ELECTRICA 1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 4MVA - 22.9/0.46KV.
SUBESTACIÓN ELECTRICA 2	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 3.5MVA - 22.9/0.40/0.46KV.
SUBESTACIÓN ELECTRICA 2	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 3.5MVA - 22.9/0.40/0.46KV.

Autoría propia

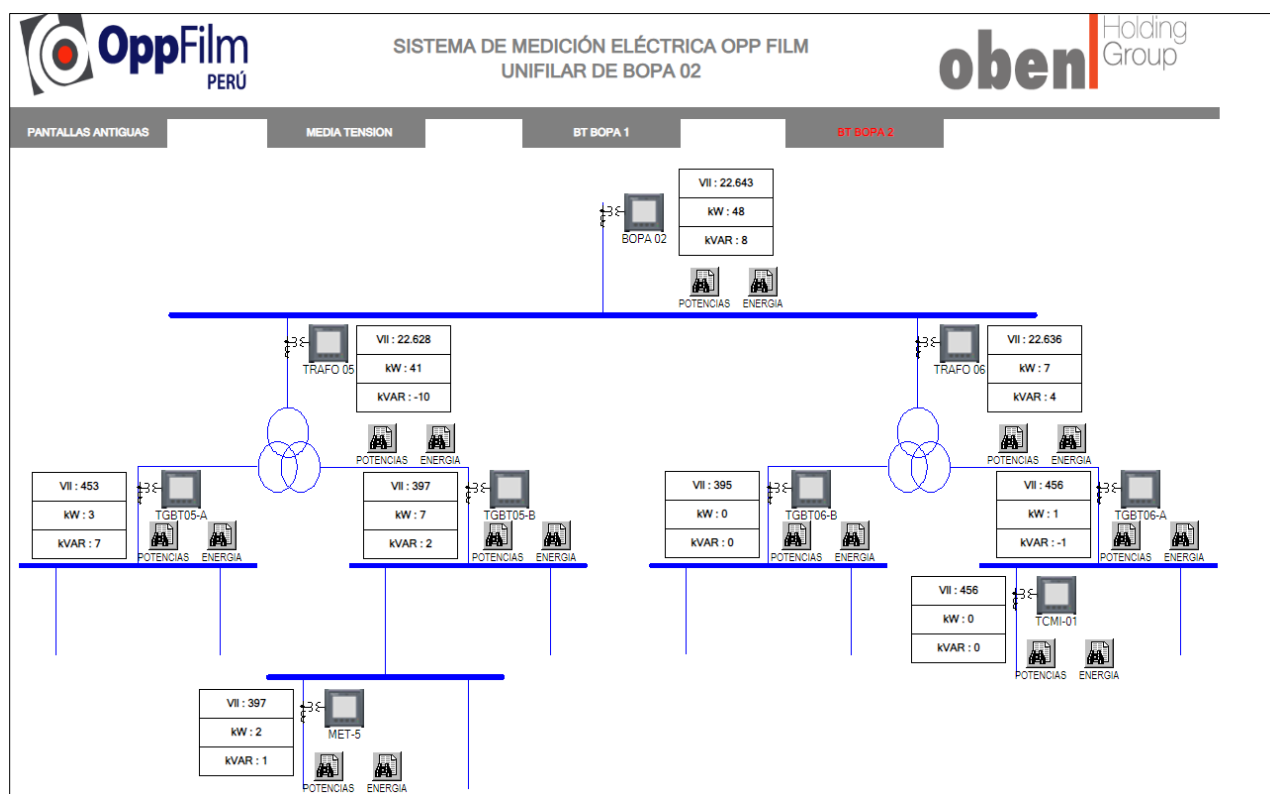
Es importante conocer el sistema tarifario con el suministrador (potencia contratada 4500KW), el funcionamiento y horas de operación del proceso productivo.

Recopilación de información, Consiste en tomar los datos de la factura eléctrica en un periodo anual para buscar oportunidades de mejora controlando la demanda máxima o factor de potencia. En relación a las perturbaciones eléctricas revisar el historial de fallas que afectan el proceso productivo y ejecutar planes de acción para eliminarlos.

Evaluación eléctrica, Consiste en monitorear en tiempo real el comportamiento de los parámetros eléctricos de las diferentes áreas del proceso productivo, se realiza mediante la instalación del analizador de redes eléctricas que recolecta los datos en campo y los lleva al SCADA.

Figura 28

Diagrama en SCADA



Fuente: Elaboración Propia

Formulación de indicadores energéticos, Se establece índices de consumo eléctrico con relación al proceso productivo.

Tabla 5*Índice energético*

Mes	Energía Activa (MWh)	Producción (Ton)	MWh/TON
ene-22	3,624.58	1,429.67	2.54
feb-22	2,158.12	878.96	2.46
mar-22	2,582.31	1,100.69	2.35
abr-22	2,320.27	841.81	2.76
may-22	2,442.59	1,035.15	2.36
jun-22	2,173.02	954.85	2.28
jul-22	1,524.99	610.19	2.50
ago-22	1,792.96	582.37	3.08
sep-22	2,256.08	550.73	4.10
oct-22	1,558.01	311.95	4.99
nov-22	1,847.13	322.91	5.72
dic-22	1,604.96	492.82	3.26

*Autoría propia***2.3.2. Desarrollo de propuesta**

Para el desarrollo de la propuesta es necesario conocer los siguientes puntos:

1. Conocimiento de las bases conceptuales, que servirán para iniciar con las formulaciones correspondientes.

- Automatización industrial (niveles de la pirámide) y protocolos de comunicación.

- Sistema tarifario, conocimiento del cobro por parte de la empresa suministradora.

- Calidad de energía, verificar que cumple con NTCSE (Norma técnica de calidad de servicios eléctricos).

2. Selección de componentes de preferencia el mismo fabricante, para efectuar la configuración y programación de manera rápida sin necesidad de comprar drives (software) o interfaces (hardware), revisión de manuales de los equipos seleccionados y su instalación en campo.

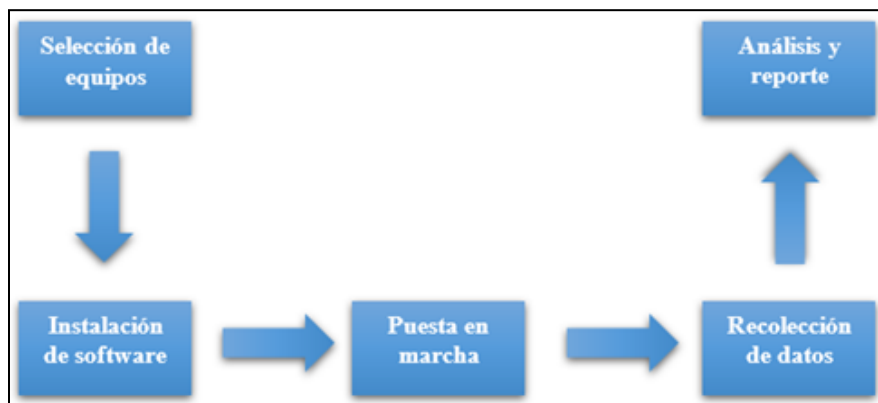
3. Realizar la correcta instalación del SCADA con la licencia, posteriormente la creación de pantallas.

- Menú principal.
- Parámetros (V, I, P, E, FP, THD).
- Alarma, reporte, base de datos y tendencia.

4. Simulación del proyecto, verificación del SCADA de cada pantalla y el correcto almacenamiento de datos para reportar.

5. Puesta en servicio en la salida de los transformadores, extracción de datos por 1 semana y la evaluación de parámetros eléctricos proponiendo soluciones si presenta fallas con un informe, siempre es bueno hacer seguimiento a estas actividades, todo trabajo siempre debe ejecutarse respetando las normas de técnicas de seguridad.

En este software se pueden crear pantallas gráficas de HMI para la interacción con el operador y un SCADA para el control de las variables, se propone este último método, para extraer los datos del analizador de redes eléctricas fue de manera muy sencilla ya que el dispositivo y el software son compatibles ahorrando el tiempo de configuración.

Figura 29*Proceso de ejecución**Fuente:* Elaboración propia

Configuración entre el analizador y el SCADA, mediante el protocolo ethernet agregamos la dirección antes configurada manualmente en el controlador que es el 192.168.60.90, comprobamos mediante el ping comando CMD de nuestra computadora si se establece el enlace.

Tabla 6*Analizador de redes eléctricas*

Analizador de redes	IP	Ubicación
ION 7400	192.168.60.90/7700	Medidor principal, llegada de Luz del Sur
PM5500/5600/5700 non-PQ	192.168.60.91/502	Medidor de Linea Bopa 01
PM5500/5600/5700 non-PQ	192.168.60.92/502	Transformador 1 Mega 220V
PM5500/5600/5700 non-PQ	192.168.60.93/502	Medidor de Linea Bopa 02
PM5500/5600/5700 non-PQ	192.168.60.94/502	Medidor Linea Globalplast
PM5500/5600/5700 non-PQ	192.168.60.96/502	Transformador 2 Megas
PM5500/5600/5700 non-PQ	192.168.60.97/502	Transformador 3 Megas
PM5500/5600/5700 non-PQ	192.168.60.98/502	Transformador 4 Megas

Autoría propia

Realizamos un ajuste de pantalla para mostrar todos los valores en un tamaño apropiado, a la vez se puede gestionar los usuarios que se van a ingresar ya sea operario, analista o administrador.

- Operario: Solo tiene acceso a las lecturas del monitoreo.
- Analista: Aparte de realizar las funciones del operario puede ver las tendencias, realizar los análisis respectivos de cada parámetro y generar el reporte.
- Administrador: Configura, programa y realiza el mantenimiento del SCADA.

Después de leer el manual, nos encargamos de registrar parámetro a parámetro para nuestra lectura conteniendo más de 50 variables, haciendo un estudio exhaustivo escogimos los prioritarios aquellos que estén relacionados con la factura y calidad eléctrica.

Tenemos a los parámetros identificados con sus máximos, mínimos y promedio además estos datos son individuales o totales.

Tabla 7

Variables seleccionados para el SCADA.

OFFS	REG	NOMBRE	FORMATO	UN.	RANGO	ACC
1	2	Tensión UL1-N	Float	V	-	R
13	2	Corriente L1	Float	A	-	R
19	2	P. apar. L1	Float	VA	-	R
27	2	P. act. L2	Float	W	-	R
31	2	P. rea. L1	Float	Var	-	R
37	2	F. de potencia L1	Float	-	0...1	R
43	2	THD-R en tensión L1	Float	%	0...100	R
49	2	THD-R en corriente L1	Float	%	0...100	R

Autoría propia

2.3.3. Factibilidad técnica – operativa

El desarrollo del SCADA e instalación en campo de los dispositivos electrónicos se realizó con el personal de mantenimiento.

Los analizadores de redes se instalaron en la llegada de celda, salida de transformadores y tableros de distribución.

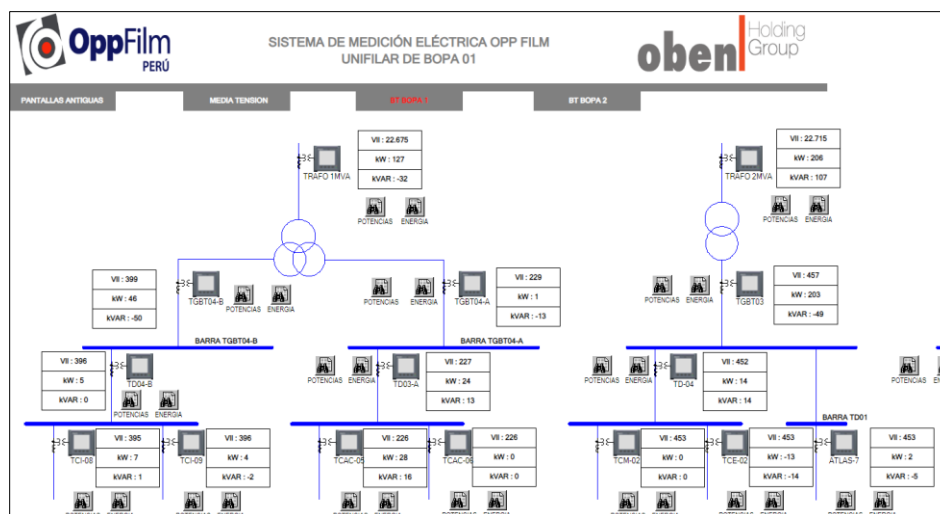
Se configuro correctamente las direcciones IP estableciendo un enlace mediante redes de comunicación al SCADA que se encontraba en el área de subestación principal.

Pantallas del SCADA

Se muestra la pantalla principal donde se ven los dispositivos utilizados con un diagrama transformadores de voltaje y analizadores de redes eléctricas distribuidos por áreas de proceso productivo. Se tiene una visión referencial de los títulos y los comandos de acceso rápido para las demás pantallas potencia y energía.

Figura 30

Pantalla principal SCADA



Fuente: Elaboración propia

Voltaje

Se mostrará los valores de los parámetros configurados, respetando la NTCSE (tolerancia $\pm 5\%$ del voltaje nominal) además podemos guardar estos valores en excel para graficarlos y ver a detalle en qué momento ocurrió una avería.

Tabla 8

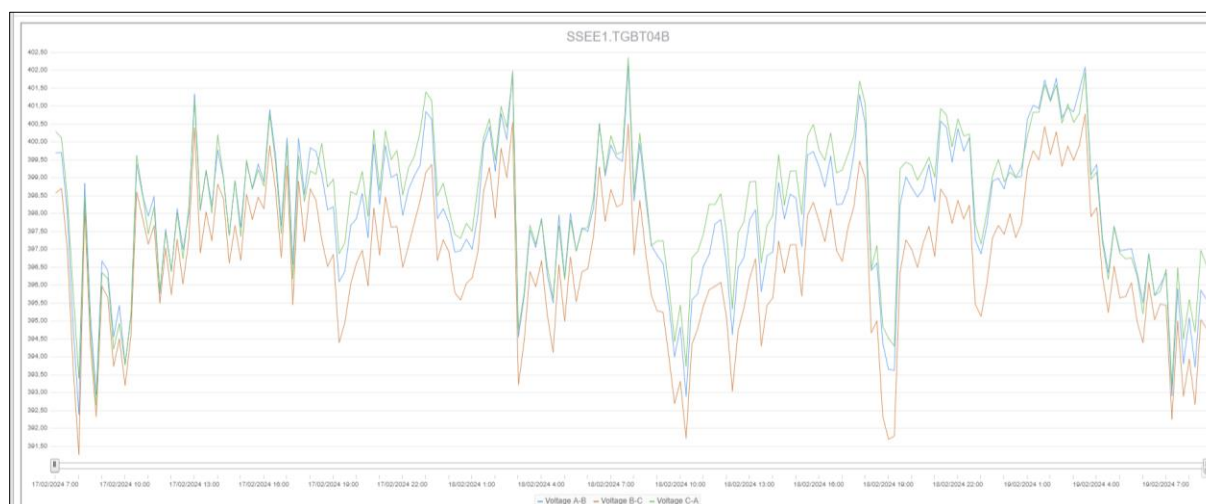
Variables de tensión seleccionados para el SCADA

MEMORIA	REGISTRO	NOMBRE	FORMATO	UNIDAD	TENDENCIA
1	2	Voltaje UL1	Float	V	Si
3	2	Voltaje UL2	Float	V	Si
5	2	Voltaje UL3	Float	V	Si

Autoría propia

Figura 31

Pantalla de tendencia de voltaje línea – línea SCADA



Fuente: Elaboración propia

Corriente

Tendencia corriente, podemos visualizar como es el comportamiento en las tres fases. Es de mucha importancia la tendencia de los parámetros además nos muestra los valores en un cuadro por fechas. Las averías más comunes son fáciles de detectar con el SCADA ya que realiza un diagnóstico y busca la raíz de los problemas como un análisis predictivo que puede ser implementado en un formato de inspección evitando fallas por voltaje o corriente.

Tabla 9

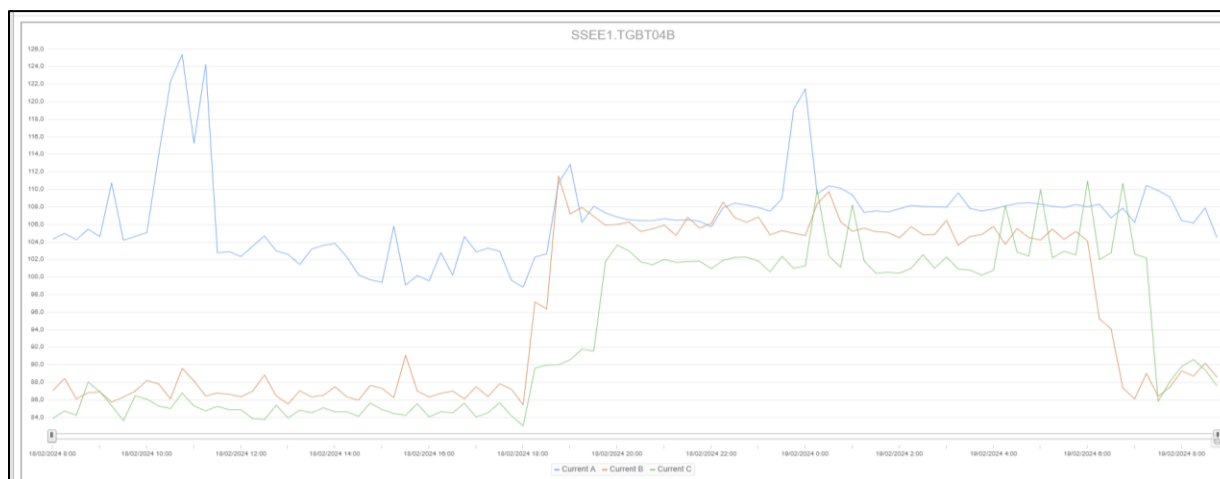
Variables de corriente seleccionados para el SCADA

MEMORIA	REGISTRO	NOMBRE	FORMATO	UNIDAD	TENDENCIA
13	2	Corriente L1	Float	A	Si
15	2	Corriente L2	Float	A	Si
17	2	Corriente L2	Float	A	Si

Autoría propia

Figura 32

Pantalla de tendencia de corriente SCADA



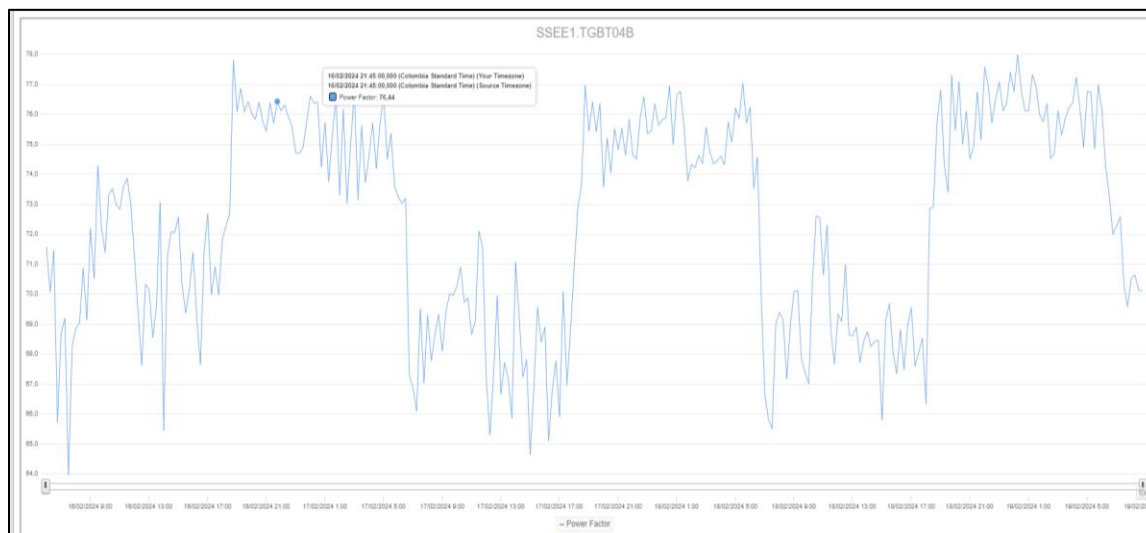
Fuente: Elaboración propia

Factor de potencia

Se gráfica valores del parámetro factor de potencia, además de poder realizar el reporte con las tendencias mediante el procesamiento de las variables. Se muestra el factor por líneas además de visualizar si existe un desbalance en los alimentadores, cabe recordar que según OSINERGMIN debemos tener un índice superior a 0.96 para evitar pagar la energía reactiva.

Figura 33

Pantalla de tendencia de factor potencia – línea SCADA



Fuente: Elaboración propia

Potencia

Se gráfica valores de los parámetros potencia activa, reactiva y aparente, se visualizará individual o en grupos además de poder realizar el reporte con las tendencias mediante el procesamiento de las variables.

Tabla 10

Variables de potencia seleccionados para el SCADA

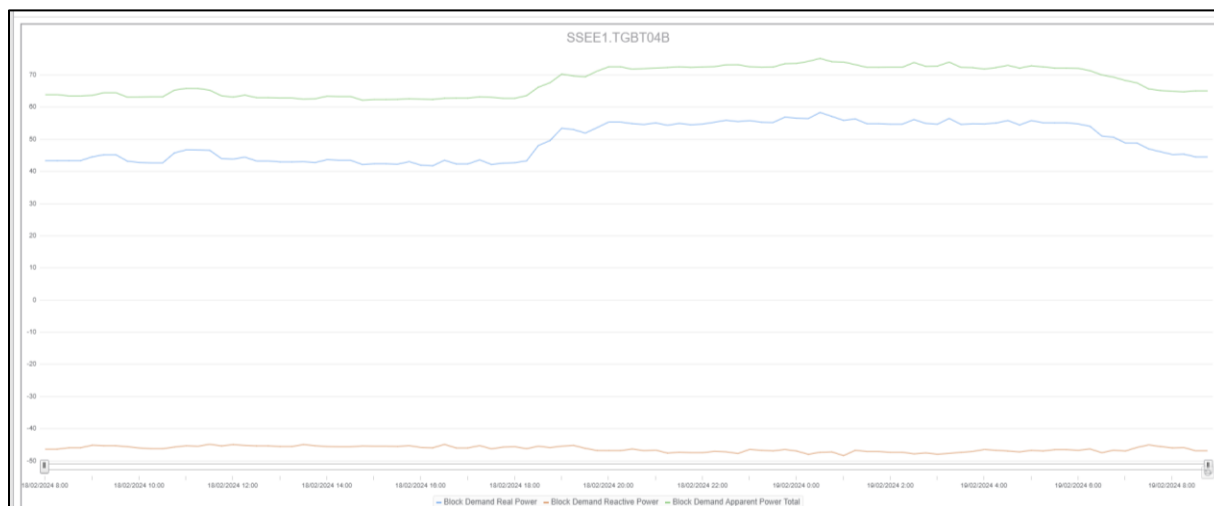
MEMORIA	REGI	NOMBRE	FORMA	UNID	TENDEN
19	2	Pot. aparente	Float	VA	Si
25	2	Pot. activa	Float	W	Si
31	2	Pot. reactiva	Float	Var	Si

Autoría propia

Se visualiza los parámetros de potencia aparente, reactiva y activa en tiempo real los datos por fecha que son guardados para su posterior evaluación.

Figura 34

Pantalla de tendencia potencia SCADA



Fuente: Elaboración propia

También podemos registrar automáticamente estos valores y realizar un estudio para verificar y controlar nuestra potencia activa, el parámetro a evaluar además del $\cos(\phi)$, teniendo un límite inferior y superior de 0.96 y 1 es evitar pagar por energía reactiva será un indicador para

evaluar si nuestro banco de condensadores está entregando la energía suficiente o si por el contrario hay fallas que se pueden solucionar configurando para activar los condensadores del tablero eléctrico o suministrando más energía.

Armónicos

Estos valores son de importancia para evaluar los fenómenos eléctricos existentes y como brindar las soluciones para evitar los paros innecesarios. Las distorsiones son causadas por cargas no lineales o cuando se transforma la señal senoidal a pulsos cuadrantes.

Figura 35

Pantalla de armónicos SCADA

	Ia		Ib		Ic	
	Magnitude	Phase Angle	Magnitude	Phase Angle	Magnitude	Phase Angle
1st	100,0		100,0		100,0	
2nd	0,0		0,1		0,0	
3rd	7,7		9,1		6,5	
4th	0,1		0,1		0,0	
5th	2,3		0,8		0,8	
6th	0,0		0,1		0,0	
7th	4,5		5,0		7,2	
8th	0,3		0,3		0,3	
9th	3,2		2,9		4,0	
10th	0,4		0,4		0,4	
11th	19,1		23,5		31,1	
12th	0,2		0,0		0,3	
13th	7,3		7,7		5,3	
14th	0,1		0,0		0,1	
15th	0,8		1,7		3,1	

Fuente: Elaboración propia

En mi experiencia los THDV siempre se ha mantenido menor a 5%, cumpliendo lo establecido por la NTCSE, sin embargo, el THDI siempre ha tenido un valor por encima del 8%, estas perturbaciones son perjudiciales para todo equipo electrónico sensible, hoy en día aparecen

equipos eléctricos que en su mayoría siempre transforman la señal alterna en señal continua y esto hace que la señal senoidal no se mantenga pura.

Energía

Estos parámetros son los que se facturan y es mejor hacer un seguimiento diario principalmente a la energía activa y como es su comportamiento en hora punta (18:00 - 23:00) para analizar si es posible trasladar las cargas a fuera punta entendiendo que el precio unitario en hora punta es mayor a fuera punta, aquí es donde hay desperdicios de energía y se puede ahorrar. El parámetro de energía se evalúa en la factura para no pagar la penalidad.

Alarma

Se mostrará las alarmas que van surgiendo, las cuales desaparecerán si se llegan a solucionar los problemas.

Las alarmas serán programadas según la NTCSE.

- El voltaje siempre tendrá que mantenerse en $\pm 5\%$ de su voltaje nominal, además de evitar la ausencia de voltaje ($V=0$).
- La potencia debe mantenerse menor a la contratada de 4500 KW, se tomarán medidas para apagar algunas máquinas y evitar que se supere este valor por mucho tiempo.
- El THDV evidenciará una alarma cuando supere el 5% y el THDI cuando supere el 8%.
- El FP mostrará una alarma cuando los valores no se encuentren entre (0.96 - 1), se evaluará en campo los dispositivos de condensadores para buscar la solución.
- Se mostrará una alarma cuando el transformador supere el 80% de su capacidad KVA.
- Se evidenciará las alarmas cuando se sature la hoja de datos que almacena la información o se pierda la comunicación.

Figura 36*Pantalla de alarmas SCADA*

Source	Enabled	Status	Source	Enabled	Status
Over Current, Phase	No	Inactive	Phase Loss	No	Inactive
Under Current, Phase	No	Inactive	Over Residual Current I5 - Alarm 01	No	Inactive
Over Current, Neutral	No	Inactive	Over Residual Current I5 - Alarm 02	No	Inactive
Over Current, Earth	No	Inactive	Over Residual Current I6 - Alarm 01	No	Inactive
Over Voltage, L-L	No	Inactive	Over Residual Current I6 - Alarm 02	No	Inactive
Under Voltage, L-L	No	Inactive	Meter Power Up	Yes	Active
Over Voltage, L-N	No	Inactive	Meter Reset	Yes	Active
Under Voltage, L-N	No	Inactive	Meter Diagnostic	No	Inactive
Over kW	No	Inactive	Phase Reversal	No	Inactive
Over kVAR	No	Inactive	Digital Alarm D11		
Over kVA	No	Inactive	Digital Alarm D12		
Lead PF, True	No	Inactive	Digital Alarm D13		
Lag PF, True	No	Inactive	Digital Alarm D14		
Lead PF, Displacement	No	Inactive		No	Inactive
Lag PF, Displacement	No	Inactive		No	Inactive
Over kW Dmd, Present	No	Inactive		No	Inactive
Over kW Dmd, Last	No	Inactive		No	Inactive
Over kW Dmd, Predicted	No	Inactive		No	Inactive
Over kVAR Dmd, Present	No	Inactive		No	Inactive
Over kVAR Dmd, Last	No	Inactive		No	Inactive
Over kVAR Dmd, Predicted	No	Inactive		No	Inactive
Over kVA Dmd, Present	No	Inactive		No	Inactive
Over kVA Dmd, Last	No	Inactive		No	Inactive
Over kVA Dmd, Predicted	No	Inactive		No	Inactive
Over Frequency	No	Inactive		No	Inactive
Under Frequency	No	Inactive		No	Inactive
Over Voltage Unbalance	No	Inactive		No	Inactive
Over Voltage THD	No	Inactive		No	Inactive

Fuente: Elaboración propia

Reporte

Antes de mostrar el reporte se extrae la información de la base, para hacerlo más versátil sin necesidad de softwares complejos como el SQL Server, MS Access, Oracle lo hicimos con el Excel en formato CSV, este formato es universal para todos los controladores y dispositivos que existen en el mercado ya sean de las marcas Siemens, Rockwell o Schneider, estos registran sus datos y lo exportan.

Los datos serán analizados con tablas y gráficos en Excel además de realizar presentaciones y buscar mejora de oportunidades que serán aprovechadas para la realización de nuevos proyectos con un informe técnico elaborado en campo.

Los reportes son exportados en tiempo real indicando los valores de cada parámetro mostrando la fecha y hora, además de este archivo tenemos otro para el seguimiento diario a la energía y potencia donde realizamos simulaciones de las facturas eléctricas.

2.3.4. Cuadro de inversión

Para evaluar la implementación del proyecto se consideran los ahorros generados en la facturación eléctrica donde se detalla los pasos a seguir en las siguientes tablas además de mejorar la calidad de energía eléctrica mediante la mitigación de las perturbaciones. Toda actividad comienza con la concientización de las personas en el uso correcto de la electricidad de este modo se consigue la disminución del consumo. Estas actividades incluyen la capacitación del trabajador en ahorros energéticos por parte de especialistas, se dividió por áreas corte, metalizado, erema, extrusión y personal administrativo.

Tabla 11

Propuesta iniciativa de ahorro

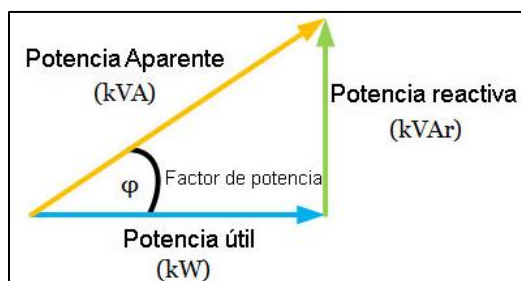
Establecer programas de ahorro energético	
Impartir charlas y talleres sobre la gestión energética.	S/.400.00
Asesoría en ingeniería de sistemas eléctricos.	S/.1,500.00
Total Parcial	S/.1,900.00

Autoría propia

Para organizar, ordenar y ejecutar un plan y no pagar el consumo de energía reactiva, surge la necesidad de medir y establecer un proyecto para la instalación de bancos condensadores, realizando una compensación por grupo (líneas de producción) y compensación central (banco de condensador a la salida del transformador). El triángulo de potencia sirve para determinar qué tan eficiente estamos aprovechando la potencia útil en comparación a la potencia aparente.

Tabla 12*Propuesta de energía reactiva*

Mejorar la energía reactiva	
Comprar tablero, interruptores, fusibles, contactores, controlador, condensadores y cables	S/.42,550.00
Cantidad	1.00
Total	S/.42,550.00
Costo por instalación y pruebas de operación (Servicio).	S/.3,000.00
Total Parcial	S/.45,550.00

*Autoría propia***Figura 37***Triángulo de potencia**Fuente:* Elaboración propia

Se propone el cambio de todos los fluorescentes en la planta, se inició con las áreas de corte y erema los cuales se cambiaron por luminarias Led esto surgió debido a las fallas en fluorescentes.

Las luminarias led son más eficientes que las fluorescentes, ya que los primeros contienen un pequeño circuito electrónico en comparación que los fluorescentes que integran más circuitos aumentando su consumo energético. Se estima un ahorro de energía eléctrica del 75% en comparación a los fluorescentes.

Las luminarias led tienen un tiempo de vida útil de 50,000hr mientras los fluorescentes 20,000hr. Las luminarias led ofrecen una luz más brillante y clara que los fluorescentes.

Tabla 13

Propuesta de iluminación

Mejorar el sistema de iluminación	
Comprar Smartled Waterproof wt118c led36w Philips	S/.151.66
Cantidad de Luminarias	45
Total	S/.6,824.70
Comprar Smartled High Bay PSD 161w Philips	S/.305.00
Cantidad de Luminarias	60
Total	S/.18,300.00
Costo por instalación y pruebas de operación (Servicio).	S/.4,000.00
Total Parcial	S/.29,124.70

Autoría propia

Mejora de la calidad de energía mediante la mitigación a tierra de las perturbaciones eléctricas. Se presento un Pareto sobre los problemas por fallas eléctricas que afectaban el proceso productivo, bajando el rendimiento y disponibilidad de la maquina hasta su restablecimiento de condiciones para operar.

Se propuso la compra de transitorios de voltaje y filtros activos que serán instalados en la subestación para compensar la demanda de carga ante un evento anómalo y evitar caídas de tensión mediante la instalación de un UPS.

La actividad de medición de la calidad de energía eléctrica va acompañada de técnicas predictivas como termografía y ultrasónico para las áreas de subestación.

Tabla 14*Propuesta calidad eléctrica*

Mejora calidad eléctrica	
Comprar supresor de transitorio pico voltaje Modelo: LAST300 Sinetamer	S/.11,244.00
Comprar supresor de transitorio pico voltaje Modelo: RMST40 Sinetamer	S/.3,426.20
Total	S/.14,670.20
Comprar UPS trifásico 20KVA 380/440VAC Modelo: E3SUPS20KHB Schneider	S/.31,749.70
Comprar UPS trifásico 6KVA 230VAC Modelo: SMART UPS APC	S/.5,885.36
Total	S/.37,635.06
Comprar filtro armónico activo Acussine 300A 380/440V	S/.48,000.00
Costo por instalación y pruebas de operación (Servicio).	S/.6,000.00
Total Parcial	S/.106,305.26

*Autoría propia***Tabla 15***Demanda de consumo*

Sistemas BOPA	Potencia (KW)
Abastecimiento	10
Extrusión	150
MDO	60
TDO	150
PRS	80
Mesanine 1	50

Autoría propia

Se realizó un estudio donde se muestra que los motores de gran capacidad demandan mucha energía además requieren un mantenimiento, se propone reemplazar los antiguos por una nueva gama de motores que tienen buen aislamiento y demandan poco consumo.

Los motores que se propone cambiar por alta eficiencia pertenecen al sistema de extrusión.

Tabla 16

Propuesta motores de alta eficiencia

Motores de eficiencia	
Compra motores de alta eficiencia (premium) 1LE8143 Siemens	S/.55,387.00
Costo por instalación y pruebas de operación (Servicio).	S/.1,000.00
Total Parcial	S/.56,387.00

Autoría propia

Se pretende realizar el control de potencia máxima, adquiriendo el analizador de redes eléctricas con su software de programación y configuración además de introducir los equipos de protección dentro de un tablero eléctrico.

Tabla 17

Propuesta monitoreo de energía eléctrica

SCADA de energía	
Compra de SCADA schneider, tablero y accesorios de protección.	
Costo por instalación y pruebas de operación (Software + licencia)	
Total Parcial	S/.10,212.00

Autoría propia

Se tiene instalados los analizadores de redes eléctricas en las áreas de proceso productivo y transformadores, se estableció el enlace para llevarlos a la plataforma de SCADA y poder monitorearlos en tiempo real y realizar el análisis del comportamiento de los parámetros eléctricos.

Tabla 18*Facturas eléctricas 2022*

ENERGÍA Y POTENCIA (CHILCA)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Potencia (kW-mes)	4777.97	4062.25	3477.19	3668.72	2958.84	3096.30
Precio Potencia \$/ kW mes	6.80	6.87	6.93	6.98	7.05	7.11
Importe Potencia (\$)	\$32,490	\$27,907	\$24,096	\$25,607	\$20,859	\$22,014
Exceso de Potencia (kW - mes)			174.511			
Precio Exceso de Potencia \$/ kW mes			7.62			
Importe Exceso de Potencia (\$)	\$0.00	\$0.00	\$1,329	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Energía Activa en Hora Punta (MWh)	612.53	394.34	470.76	384.15	438.47	386.93
Precio Energía Activa en Hora Punta \$ / MWh	30.8700	32.0500	33.7000	34.4300	34.4300	35.0400
Importe Energía Activa en Hora Punta (\$)	\$18,908	\$12,638	\$15,864	\$13,226	\$15,096	\$13,557
Energía Activa en Hora Fuera de Punta (MWh)	3,012.05	1,763.79	2,111.55	1,936.11	2,004.12	1,786.09
Precio Energía Activa en Hora Fuera de Punta \$	30.8700	32.0500	33.7000	34.4300	34.4300	35.0400
Importe Energía Activa en Hora Fuera (\$)	\$109,718	\$66,704	\$83,967	\$78,659	\$81,422	\$73,849
Exceso Energía Activa en Hora Punta (KWh)						
Precio Exceso Energía Activa en Hora Punta						
Importe Exceso Energía Activa en Hora Punta	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Exceso Energía Activa en Hora Fuera de Punta			43.57			
Precio Exceso Energía Activa en Hora Fuera			37.18			
Importe Exceso Energía Activa Fuera	\$0.00	\$0.00	\$1,620.04	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Energía Reactiva (KVarh)	607,631	257,898	305,028	305,028	312,539	383,558
Importe por potencia y consumo (\$.)	\$161,117	\$107,250	\$126,879	\$117,493	\$117,378	\$109,422

Autoría propia

ENERGÍA Y POTENCIA (CHILCA)	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Potencia (kW-mes)	2400.00	3724.39	3618.33	3334.18	3158.67	2400.00
Precio Potencia \$/ kW mes	7.15	7.20	7.24	7.25	7.27	7.31
Importe Potencia (\$)	\$17,160	\$26,815	\$26,196	\$24,172	\$22,963	\$17,544
Exceso de Potencia (kW - mes)						
Precio Exceso de Potencia \$/ kW mes						
Importe Exceso de Potencia (\$)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Energía Activa en Hora Punta (MWh)	257.21	315.345	409.76	258.383	323.74	294.33
Precio Energía Activa en Hora Punta \$ / MWh	35.0400	35.04	35.0400	35.04	35.0400	35.4400
Importe Energía Activa en Hora Punta (\$)	\$9,012	\$11,049	\$14,357	\$9,053	\$11,343	\$10,431
Energía Activa en Hora Fuera de Punta (MWh)	1,267.78	1,477.62	1,846.32	1,299.62	1,523.39	1,310.63
Precio Energía Activa en Hora Fuera de Punta \$	35.0400	35.0400	35.0400	35.0400	35.0400	35.4400
Importe Energía Activa en Hora Fuera (\$)	\$52,419	\$61,095	\$76,340	\$53,735	\$62,987	\$54,809
Exceso Energía Activa en Hora Punta (KWh)						
Precio Exceso Energía Activa en Hora Punta						
Importe Exceso Energía Activa en Hora Punta	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Exceso Energía Activa en Hora Fuera de Punta						
Precio Exceso Energía Activa en Hora Fuera						
Importe Exceso Energía Activa Fuera	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Energía Reactiva (KVarh)	205,087		330,326	327,256	315,639	307,024
Importe por potencia y consumo (\$.)	\$78,591	\$98,960	\$116,894	\$86,962	\$97,295	\$82,784

Autoría propia

2.4. Análisis de resultados

El SCADA donde se visualizó los parámetros eléctricos en tiempo real y se reportó en Excel por ser una herramienta muy dinámica con funciones estadísticas, se solucionó las averías además se muestra las mediciones de los parámetros, calidad de energía de las instalaciones, determinando la situación de la planta.

Los eventos transitorios están relacionados a las anomalías que afectan las condiciones del suministro tensión e intensidad y provocan daños irreparables a las máquinas eléctricas. Por eso la necesidad de planificar, controlar y supervisar el sistema de suministro obteniendo un buen nivel de calidad como exigen las normas IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) y NTCSE

(Norma técnica de calidad de servicios eléctricos). Se realizó el procesamiento y análisis de datos de los transformadores.

Los parámetros tomados durante la medición contienen cuadros de presentación en escala de unidad por tiempo.

Se estudió por separado para diagnosticar y verificar el estado de las variables tomando las medidas correctivas para evitar fallas en nuestro sistema eléctrico.

Análisis de las potencias con referencia a la factura eléctrica

Se diagnosticó el estado de las potencias consiguiendo lo siguiente:

Potencia aparente

Alcanza un valor promedio de 3,174KVA. Este valor es la suma algebraica de las potencias activas y reactivas, la capacidad es de 4,000KVA por regla general según técnicos y fabricantes nuestro transformador debe trabajar a 3,200KVA (80% del total) para evitar calentamiento de cables o generación de armónicos que pueden ocasionar fallas en el proceso productivo. Es importante el mantenimiento anual de los transformadores.

Potencia activa

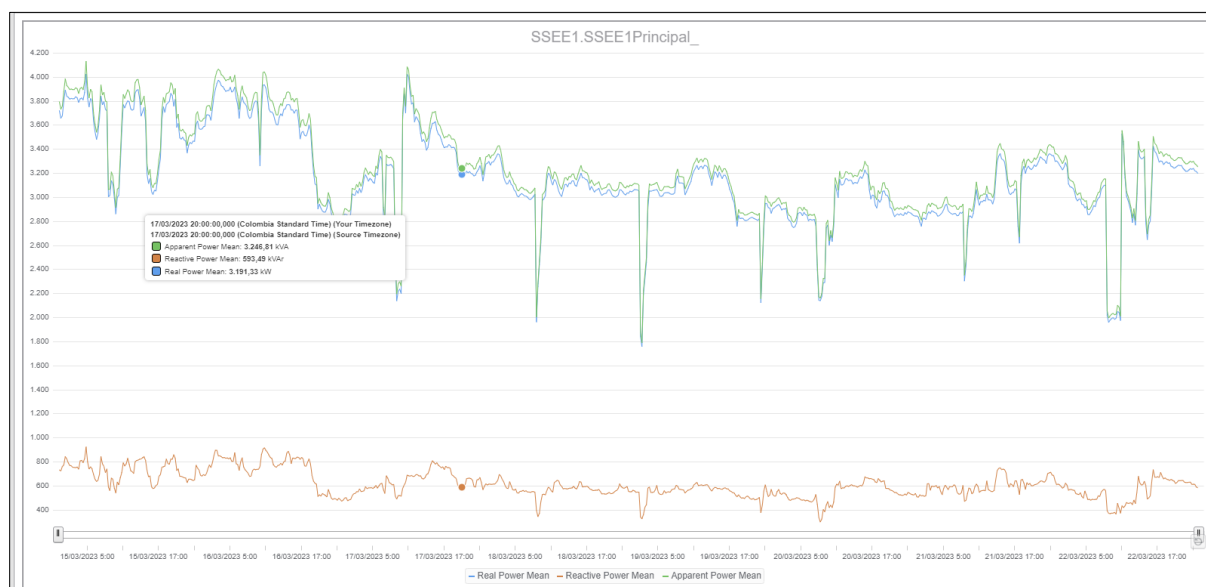
Alcanza un valor promedio de 3,235KW, nuestra nueva potencia contratada es de 4,500KW debido a la ampliación de una nueva línea de producción. Es importante mantenerse por debajo de la potencia contratada para evitar penalidades en nuestra facturación. Esta potencia es consumida por las líneas de producción BOPA, corte, metalizado y erema. Es importante controlar el encendido de los equipos y evitar demasiado consumo en hora punta.

Potencia reactiva

Alcanza un valor promedio de 619KVAR con picos máximos de 928KVAR, debe realizarse un seguimiento con la energía reactiva ya que es parte del cobro en la facturación eléctrica.

Figura 38

Tendencias de potencias



Fuente: Elaboración propia

El exceso de energía reactiva inductiva es un cargo el cual se penaliza cuando supera el 30% de la energía activa. Es importante la instalación de un banco de condensadores para compensar la energía reactiva además de realizar un seguimiento revisión, limpieza y/o cambio de componentes dentro del tablero de banco condensadores además de configurar adecuadamente el controlador de factor de potencia.

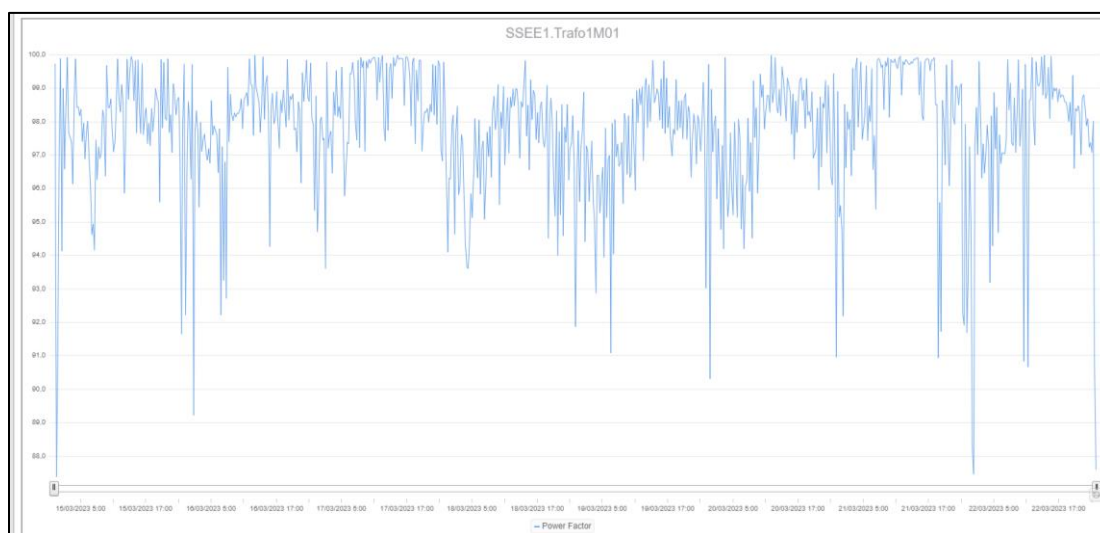
Factor de potencia

Como se mencionó anteriormente es un parámetro que nos permite controlar la energía reactiva mediante los bancos de condensadores.

Se observa que tiene un valor promedio de 0.97 con picos de 0.87 a 0.99 se tiene una caída del factor a inicios de semana. La caída de tensión (subtensión) perjudica a toda máquina conectada a esta red eléctrica como origen de la perturbación ocasionando inestabilidad en las fases. Se propone realizar una inspección semanal de los tableros para evitar el pago por energía reactiva.

Figura 39

Tendencia factor de potencia

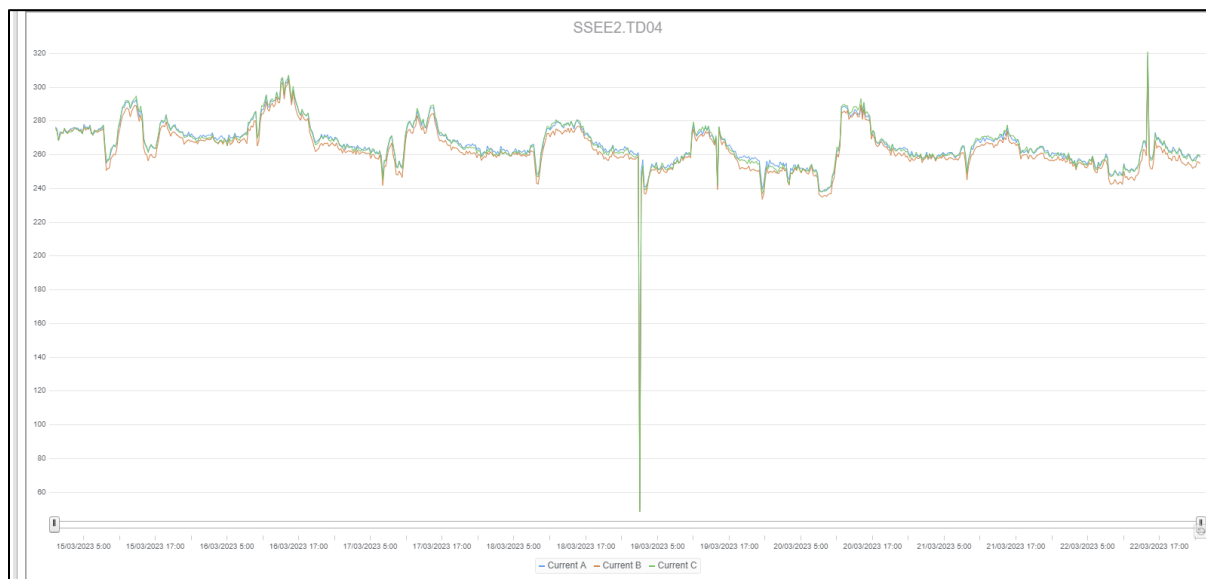


Fuente: Elaboración propia

Es importante realizar un seguimiento y control de las potencias y energía es por ello que el área de mantenimiento emite un reporte diario de los valores mencionados.

Análisis de parámetros eléctricos con referencia a la calidad de energía

Se pueden apreciar diferentes comportamientos durante el periodo de extracción de datos, los cuales varían por las cargas de mayor consumo, que entran y salen de servicio cada determinado tiempo, de la gráfica se observa los valores de corriente recogidos durante los días laborales identificando el máximo y mínimo. La medición se realizó en la línea de Corte.

Figura 40*Tendencia de corriente**Fuente:* Elaboración propia

El analizador de redes funcional nos muestra los datos instantáneos además de procesar y guardar los máximos y mínimos.

- Corriente Máxima. $I_{\text{máx.}} = 321.25 \text{ A.}$
- Corriente Mínima. $I_{\text{mín.}} = 48.75 \text{ A.}$
- Corriente Promedio. $I_{\text{pro}} = 265.35 \text{ A.}$

El mayor consumo de corriente ocurre en hora punta cuando los compresores, chillers y unidades manejadoras de aire arrancan, se propone realizar con producción una programación de actividades, para evitar el encendido simultaneo de varios equipos.

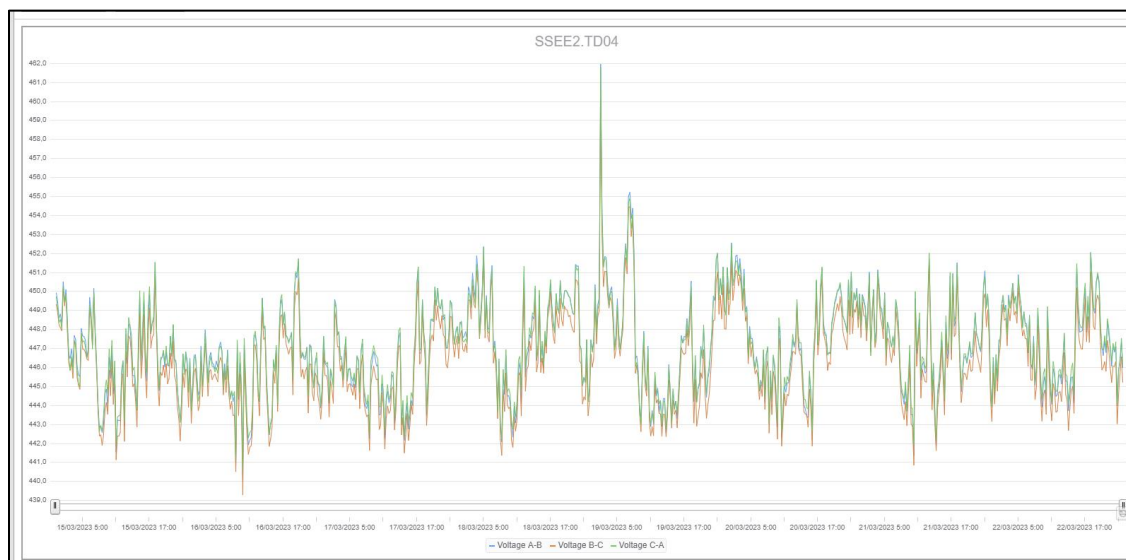
En la gráfica también se observa la caída de corriente debido al apagado de varios equipos en simultaneo; las cortadoras trabajan con 22 brazos que contienen mecánicos de transmisión incluido un motor para hacer girar un rodillo.

Voltaje de línea - línea

El valor nominal es de 440V ($\pm 5\%$ de la tensión nominal) que llegarían a estar en el nivel (418V - 462V) según la NTCSE (Norma técnica de calidad de servicios eléctricos).

Figura 41

Tendencia de voltaje



Fuente: Elaboración propia

Se observa que en la gráfica se tiene una tensión de 465V (sobretensión); para mitigar estas perturbaciones se propone la instalación de supresores de voltaje (TVSS) y acondicionadores de voltaje (SAI) en el tablero principal de la línea cortadora.

Es importante el reforzamiento con el personal técnico eléctrico de la inspección y revisión semanal de los tableros eléctricos para evitar el deterioro de los componentes de protección y control además de incluir dentro del plan predictivo el diagnóstico mediante termografía.

Armónicos de tensión

El valor de los armónicos de tensión (< 5%), según la NTCSE (Norma técnica de calidad de servicios eléctricos).

Figura 42

Armónico individual tensión

	Vab		Vbc		Vca	
	Magnitude	Phase Angle	Magnitude	Phase Angle	Magnitude	Phase Angle
1st	100,0	29,8	100,0	269,6	100,0	150,0
2nd	0,0	257,2	0,0	80,9	0,0	261,1
3rd	0,2	117,4	0,2	351,4	0,2	246,5
4th	0,0	29,4	0,0	188,0	0,0	234,3
5th	1,3	334,6	1,4	90,1	1,4	216,2
6th	0,0	83,9	0,0	298,8	0,0	185,1
7th	0,8	76,8	0,7	315,5	0,7	204,9
8th	0,0	296,8	0,0	43,3	0,0	167,7
9th	0,1	166,1	0,1	346,8	0,0	168,3
10th	0,0	281,6	0,0	223,8	0,0	82,1
11th	0,6	59,8	0,7	180,9	0,7	306,0
12th	0,0	227,3	0,0	71,1	0,0	357,9
13th	0,5	117,3	0,4	356,6	0,4	246,5
14th	0,0	311,7	0,0	113,3	0,0	249,9
15th	0,0	26,5	0,0	263,0	0,0	138,0

Fuente: Elaboración propia

El 3° armónico (<0.2%), 5° armónico (1.3%), 7° armónico (0.8%), 9° armónico (0.1%), 11° armónico (0.6%) y 13° armónico (0.5%) cumplen con la NTCSE sin perjudicar las conexiones eléctricas. De acuerdo en NTCSE, tenemos que la tolerancia de voltajes armónicas individuales (V_i) y armónicos de distorsión THDV%.

Se obtiene que los armónicos de tensión no sobrepasan el límite establecido respecto a todas las fases y estos datos son permisibles, no presentan ningún problema al sistema eléctrico, pero debe ser evaluado cada mes o cuando se instalen cargas no lineales evitando paradas productivas innecesarias.

Armónicos de corriente

El valor de los armónicos de corriente ($< 8\%$), según la NTCSE (Norma técnica de calidad de servicios eléctricos).

Figura 43

Tendencia armónico individual corriente

	Ia		Ib		Ic	
	Magnitude	Phase Angle	Magnitude	Phase Angle	Magnitude	Phase Angle
1st	100,0	348,3	100,0	230,3	100,0	111,0
2nd	0,2	74,3	0,2	179,2	0,2	330,3
3rd	0,5	114,4	0,5	144,2	1,0	307,5
4th	0,2	268,3	0,2	118,1	0,1	19,1
5th	18,4	283,6	20,5	44,1	18,7	167,5
6th	0,0	207,9	0,1	332,8	0,1	142,1
7th	14,6	70,0	15,1	308,0	13,9	189,1
8th	0,1	337,6	0,1	170,6	0,0	75,6
9th	0,5	96,8	0,5	64,1	1,0	264,2
10th	0,0	101,7	0,1	290,4	0,1	111,6
11th	2,8	252,0	3,4	11,1	3,0	137,4
12th	0,0	142,1	0,0	142,3	0,0	324,6
13th	2,4	64,2	2,6	296,5	2,1	180,4
14th	0,1	23,4	0,1	169,8	0,1	336,8
15th	1,0	18,4	1,0	68,3	1,7	221,3

Fuente: Elaboración propia

El 3° armónico ($<0.5\%$), 9° armónico (0.5%), 11° armónico (2.8%) y 13° armónico (2.4%) cumplen con la NTCSE sin perjudicar las conexiones eléctricas. Mientras el 5° armónico (18%) y 7° armónico (14.6%) no cumplen con la norma, debido a las cargas de los variadores y arrancadores que tienen las líneas de extrusión y el sistema TDO provocando una distorsión de la señal. La solución para eliminar estas perturbaciones de 5° y 7° orden es la instalación de un filtro pasivo para la mitigación a tierra de este armónico o un filtro activo para la eliminación de distorsión.

El 5° armónico de corriente hace que los motores giren rápidamente en un solo sentido provocando su calentamiento y un excesivo consumo de corriente,

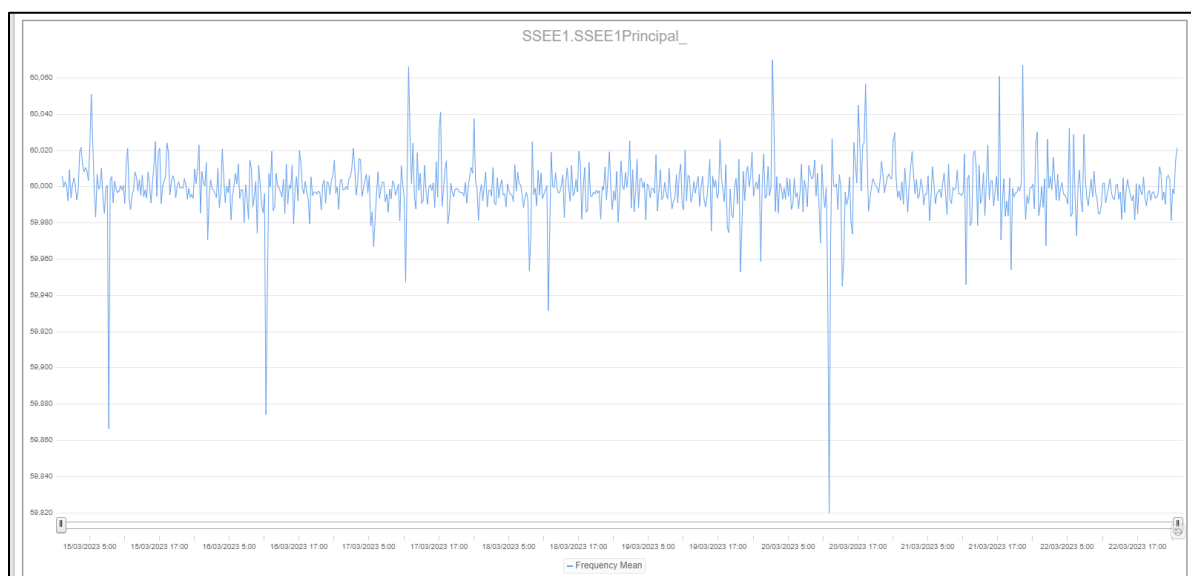
El 7 ° armónico de corriente gira en sentido inverso al estator haciendo que ocurra una fricción ocasionando desgastes en las partes mecánicas de un activo.

Frecuencia

El valor nominal es de 60Hz ($\pm 0.5\%$ de la tensión nominal) que llegarían a estar en el nivel (59.7Hz – 60.3Hz) según la NTCSE (Norma técnica de calidad de servicios eléctricos). Los valores se encuentran dentro del rango permisible.

Figura 44

Tendencia de frecuencia



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19*Tabla de armónicos tomado de celdas de llegada*

FECHA	V1 THD	V2 THD	V3 THD	I1 THD	I3 THD
11/07/22 00:00:00.070	2.6	2.6	2.8	2.9	3.1
11/07/22 00:15:00.100	2.4	2.5	2.7	2.8	2.7
11/07/22 00:30:00.070	2.5	2.6	2.8	5.7	5.4
11/07/22 00:45:00.090	2.5	2.5	2.7	4.3	4.5
11/07/22 01:00:00.070	2.5	2.5	2.6	5.9	6.7
11/07/22 01:15:00.040	2.4	2.5	2.6	6	6.2
11/07/22 01:30:00.060	2.5	2.5	2.6	2.9	2.9
11/07/22 01:45:00.040	2.4	2.5	2.6	2.8	2.7
11/07/22 02:00:00.060	2.5	2.6	2.7	2.8	2.7
11/07/22 02:15:00.040	2.4	2.5	2.6	2.5	2.5
11/07/22 02:30:00.160	2.4	2.4	2.7	5.4	4.2
11/07/22 02:45:00.030	2.4	2.5	2.7	5.9	6.3
11/07/22 03:00:00.050	2.4	2.3	2.6	6.8	5.6
11/07/22 03:15:00.130	2.1	2.2	2.4	11.8	12.7
11/07/22 03:30:00.050	2.3	2.3	2.4	8.1	7.7
11/07/22 03:45:00.070	2.4	2.4	2.6	8.4	10.1
11/07/22 04:00:00.100	2.4	2.4	2.5	1.7	2.6
11/07/22 04:15:00.130	2.4	2.4	2.4	4.1	4.1
11/07/22 04:30:00.100	2.6	2.6	2.8	9.3	7.9
11/07/22 04:45:00.010	2.2	2.3	2.5	7.5	7.3
11/07/22 05:00:00.040	2.2	2.2	2.4	4.7	3.9
11/07/22 06:45:00.000	2.2	2.2	2.4	14	15.8
11/07/22 07:00:00.030	2.3	2.3	2.4	10.7	11.8
11/07/22 07:15:00.000	2.1	2.2	2.3	7.9	8.7
11/07/22 07:30:00.030	2	2.1	2.1	10.3	9.3

*Autoría propia***2.4.1. Análisis costo beneficio**

En el apartado de inversión se detallaron los gastos para obtener ahorros energéticos en la facturación eléctrica y la mejora de calidad de energía mediante la mitigación de las perturbaciones eléctricas; para este apartado se realiza el análisis financiero para un periodo de 5 años.

Tabla 20*Datos financieros*

Datos financieros	
Ahorro energía	S/.158,896.75
Inversión	S/.249,478.96
Costo O/M	S/.25,000.00
Tasa inc COM	3%
Tasa inc energía	3%
Tasa desc.	10%

Autoría propia

Con una inversión de S/.249,478.96 se tiene un valor actual neto (VAN= S/.286,456.17) siendo un proyecto rentable, además se tiene que la tasa interna de retorno (TIR=47.87% es mayor que la tasa de descuento). El índice de rentabilidad es positivo (IR=2.15) es decir por cada por cada S/.1.0 se tiene una ganancia de S/.1.15; se tiene un retorno de inversión de (Payback=1.75) equivalente a 2 años. El proyecto es factible.

Tabla 21*Análisis de costo-beneficio*

VAN	TIR	IR	PAY BACK
S/.286,456.17	47.87%	2.15	1.75
Año	Ahorro energía	Costo O/M	Flujo de caja
Año0	-	-	S/.-249,478.96
Año1	S/.158,896.75	S/.25,000.00	S/.133,896.75
Año2	S/.163,663.65	S/.25,750.00	S/.137,913.65
Año3	S/.168,573.56	S/.26,522.50	S/.142,051.06
Año4	S/.173,630.76	S/.27,318.18	S/.146,312.59
Año5	S/.178,839.69	S/.28,137.72	S/.150,701.97

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

La implementación de proyecto monitoreo del sistema eléctrico fue satisfactoria trayendo ahorros en la facturación y mejorando la calidad de energía mediante la ejecución de los planes de acción propuestos, debido a la instalación de los bancos de condensadores se tuvo un menor consumo en la energía reactiva y control del factor de potencia además de la mitigación de las perturbaciones eléctricas con la instalación de supresores de picos y filtros de rechazo. La aplicación de los conocimientos adquiridos en la universidad en base a la electrónica me permitió realizar la automatización hasta llevarlo al SCADA. Cabe mencionar que debido al proyecto se tiene un ahorro anual de S/.158,896.75.

La medición se realizó durante 1 semana, se instaló el analizador de redes eléctricas en la celda de llegada para colaborar la facturación eléctrica y en la salida de los transformadores para la evaluación de las perturbaciones eléctricas, los parámetros medidos fueron el voltaje, corriente, frecuencia, potencia, energía, factor de potencia, flicker, armónico individual de tensión, armónico total de corriente, desfase y tarifarios todos fueron analizados en una tendencia en tiempo real.

Se comprobó el funcionamiento del SCADA, se tiene un mayor control de los datos, ya que se visualizan los parámetros eléctricos en tiempo real, además, se puede realizar reportes, llegando a identificar cuáles son las averías eléctricas que afectan a la Planta proponiendo soluciones como instalación filtros, motores, capacitores y supresores, teniendo como objetivo incrementar productividad reduciendo el consumo y gasto eléctrico.

IV. CONCLUSIONES

- 4.1 Se implementó un sistema SCADA para controlar la eficiencia energética en la Planta de Oben Group monitoreando los valores de corriente, voltaje, potencia, distorsión, factor de potencia y energía, permitiendo visualizarlos en tiempo real de manera numérica y gráfica mediante la tendencia además de realizar reportes.
- 4.2 Se identificó los parámetros de energía y potencia que son importantes en la facturación eléctrica además de establecer indicadores para no pasar los límites establecidos realizando un seguimiento diario apagando los activos de mayor capacidad logrando la reducción eléctrica y ahorrando S/.158,896.75 anual.
- 4.3 Se analizó los armónicos, sobretensiones y subtensiones que ocasionaban un bajo rendimiento en las cargas poniendo en peligro el buen funcionamiento de los equipos, se estableció un cronograma para la instalación de filtros activos (armónicos), supresores de voltaje (sobretensiones) y acondicionadores de voltaje (subtensiones) aumentando la confiabilidad de las máquinas.
- 4.4 Se observó que el transformador de 4000KV está operando con una capacidad de 3174KVA, los transformadores solo deben trabajar hasta 80% para evitar el sobrecalentamiento de los devanados internos y generación de armónicos.
- 4.5 Se evidenció que nuestro factor de potencia tiene un promedio de 0.92, los bancos de condensadores no tenían mucha capacidad para compensar y llegar a 0.96, se propone la instalación de nuevos tableros banco de condensadores para obtener ahorros en la facturación eléctrica por energía reactiva.

V. RECOMENDACIONES

- 5.1** Instalar filtros y supresores para mitigar las perturbaciones eléctricas disminuyendo el impacto de las paradas de máquinas, realizar un servicio para instalar un banco de capacitores y disminuir la energía reactiva.
- 5.2** Instalar analizadores de redes eléctricas de un solo fabricante, permite la integración de todo un sistema en una plataforma para la programación y configuración.
- 5.3** El analizador de redes eléctricas solo realiza mediciones en corriente alterna, almacenando los datos corrientes, armónicos, potencia, voltaje y energía cada 5 minutos para no saturar la base de datos.
- 5.4** Tener conocimientos de programación y configuración de equipos de automatización (analizador de redes eléctricas y SCADA) para recolectar datos de manera correcta. El personal debe estar bien capacitado en el uso adecuado de las herramientas, equipos y máquinas para no ocasionar daños cumpliendo con las normas de seguridad.
- 5.5** Implementar un programa de auditoría energética cada año, para saber el estado de nuestro sistema eléctrico calidad de energía y facturación eléctrica además de disminuir las emisiones de CO₂ protegiendo el medio ambiente.
- 5.6** Sustituir los fluorescentes por luminarias led, cambiar cables antiguos que ya pierden su aislamiento, instalar motores eficientes (no necesita mantenimiento), medición de pozos a tierra, inspección de tableros eléctricos semanal y la utilización de cámaras termográficas para detectar los puntos calientes.

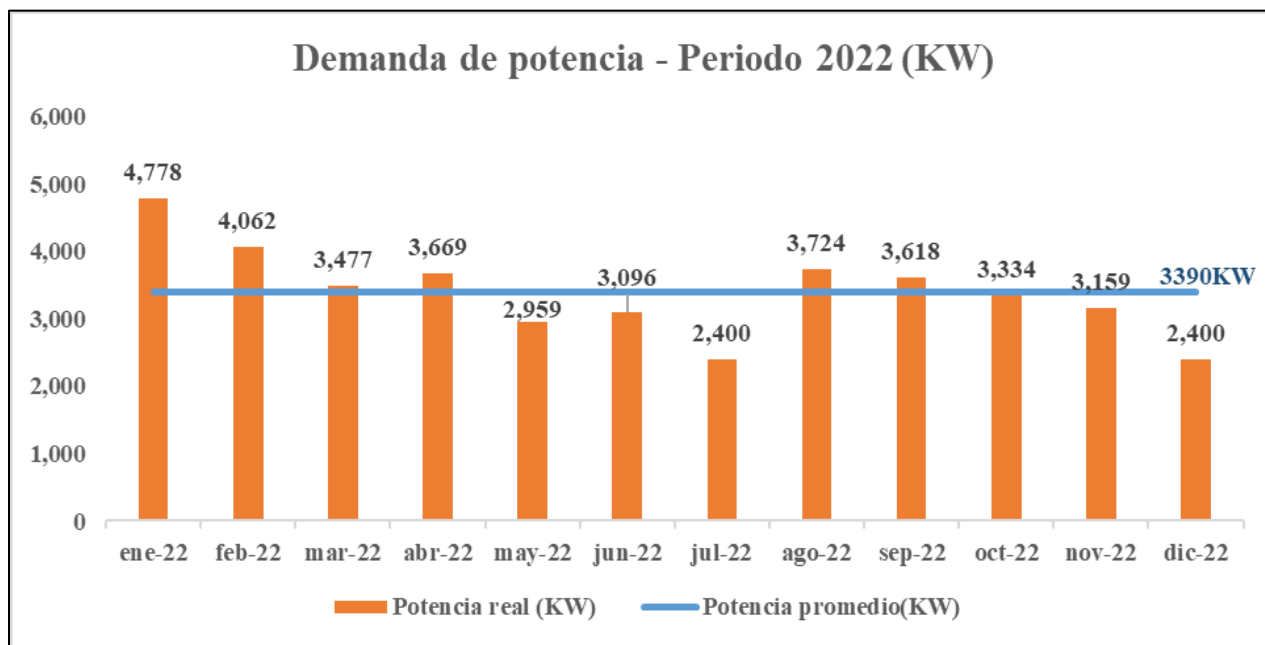
VI. REFERENCIAS

- Andia Díaz, D. A. (2015). Sistema de monitoreo a través de protocolo modbus para la eficiencia energética de la planta de Arequipa–Corporación Lindley S.A. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Daneri, P. (2009). PLC Automatización y control industrial. Hasa.
- Harper, E. (1999). El ABC de la calidad de la energía eléctrica. Noriega Limusa.
- IEEE Power System Engineering Committee. (1992). Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power system analysis. IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6826459>
- InfoPLC. (s. f.). Manuales y ejemplos programación autómatas, PLC, HM.
<https://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200>
- Machaca Vilca, J. C. (2016). Estudio y análisis experimental de la calidad del suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4023>
- Ramírez, E. (1997). Controladores lógicos programables. Hozlo.
- Ramírez, E. (1998). Una alternativa a la automatización moderna. Hozlo.
- Rodríguez, A. (2007). Sistemas SCADA. Marcombo.
- Sánchez, M. (2009). Calidad de energía eléctrica. SEP.
- Serra, J. (2009). Guía técnica de eficiencia energética eléctrica. Circuitor.
- Talla Chicoma, E. D. (2015). Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/4030>

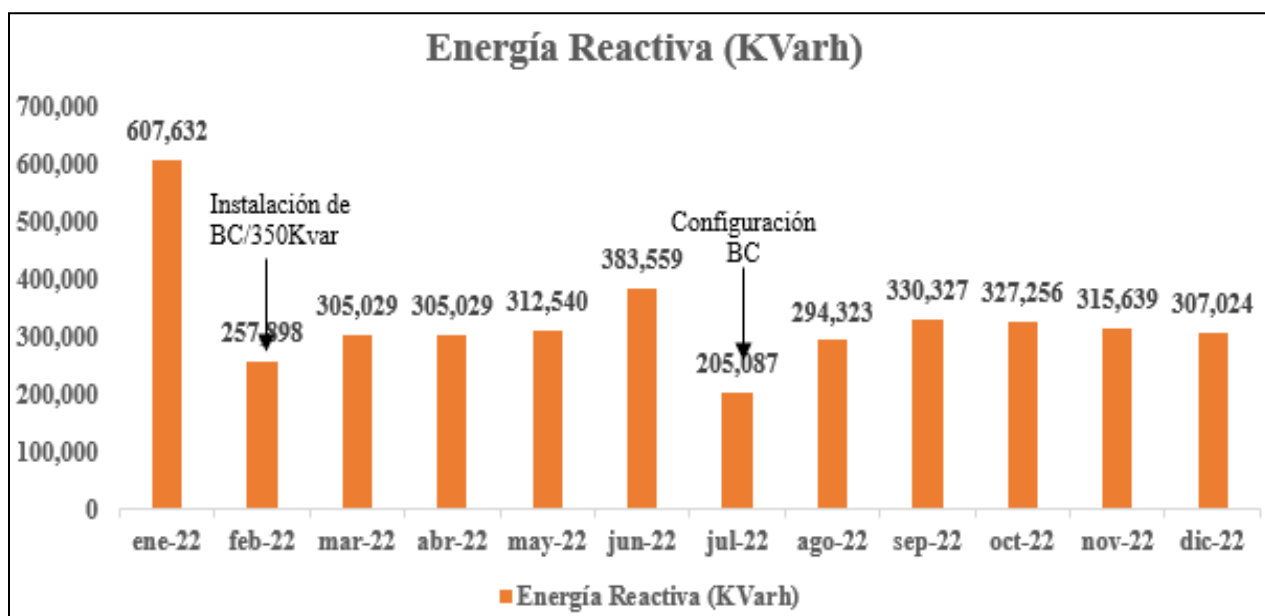
VII. ANEXOS

ANEXO A: INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Demanda máxima



Energía reactiva



Recopilación de facturación periodo 2022 - 2023

Mes	Energía Activa (MWh)	Facturación (\$)	USD/MWh
ene-22	3,624.58	161,117.66	44.45
feb-22	2,158.12	107,250.69	49.70
mar-22	2,582.31	126,879.14	49.13
abr-22	2,320.27	117,493.30	50.64
may-22	2,442.59	117,378.65	48.05
jun-22	2,173.02	109,422.50	50.36
jul-22	1,524.99	78,591.78	51.54
ago-22	1,792.96	98,960.67	55.19
sep-22	2,256.08	116,894.99	51.81
oct-22	1,558.01	86,962.32	55.82
nov-22	1,847.13	97,295.31	52.67
dic-22	1,604.96	82,784.65	51.58
ene-23	1,272.55	62,691.27	49.26
feb-23	1,351.42	67,295.47	49.80
mar-23	2,324.81	108,202.03	46.54
abr-23	2,170.20	99,019.05	45.63
may-23	1,717.23	89,478.90	52.11
jun-23	1,725.10	80,691.88	46.78
jul-23	1,667.73	78,800.39	47.25
ago-23	1,888.76	98,581.51	52.19
sep-23	1,302.61	63,818.24	48.99
oct-23	2,233.17	164,645.43	73.73
nov-23	1,326.10	66,153.01	49.89
dic-23	2,047.26	94,625.20	46.22

ANEXO B: PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELECTRICA

Sala de SCADA energía eléctrica, Se muestra en la siguiente Figura celdas de cargas con sus analizadores de redes eléctricas, switch y servidor de los parámetros eléctricos mediante protocolo ethernet.



Fuente: Elaboración propia

Instalación de analizadores de redes eléctricas en campo, Se detalla la lista perteneciente a la celda de carga. (Marca Schneider)

- Transformador 4MVA / Analizador de redes eléctricas PM5000.
- Transformador 3MVA / Analizador de redes eléctricas PM5000.
- Transformador 2MVA / Analizador de redes eléctricas PM5000.
- Global Plast / Analizador de redes eléctricas PM5000.
- BOPA 2 / Analizador de redes eléctricas PM5000.
- Transformador 220V / Analizador de redes eléctricas PM5000.
- BOPA 1 / Analizador de redes eléctricas PM5000.
- Luz del sur / Analizador de redes eléctricas ION7000.



Fuente: Elaboración propia

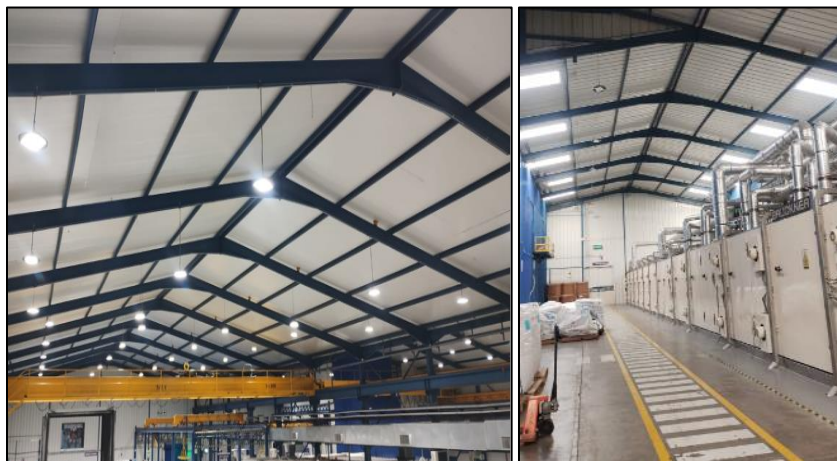
Instalación de banco de condensadores subestación, Se realizo la instalación para los siguientes sistemas de distribución. (Marca ABB)

- Tablero de banco de condensadores 350KVAR / 440V.
- Tablero de banco de condensadores 250KVAR / 220V.
- Tablero de banco de condensadores 450KVAR / 440V.
- Tablero de banco de condensadores 350KVAR / 440V.



Fuente: Elaboración propia

Instalación de luminarias led, Se realizo el cambio de luminarias fluorescentes por LED (Marca Philips), En otras áreas se aprovechó la luz natural, área del sistema TDO.



Fuente: Elaboración propia

Instalación de UPS, Se realizo la instalación de UPS, para el suministro de energía protegiendo los equipos ante una caída o corte de energía imprevisto por el suministrador. (Marca EATON)



Fuente: Elaboración propia

Instalación de filtro activo, Se realizo la instalación de filtros activos para la mitigación de a tierra de los armónicos.



Fuente: Elaboración propia

Motores de alta eficiencia (premium), Los motores de alta eficiencia IE3 permiten maximizar ahorros en energía eléctrica, ofreciendo características de flexibilidad, compatibilidad y durabilidad en comparación a los motores clásicos.

ANEXO C: ANALIZADOR DE REDES PM5000

Es nuestro analizador para el presente informe tiene integrado una alimentación eléctrica ya sea para corriente alterna o continua, dispone la medición hasta 600v, integrando módulos de comunicación Profibus.

Variantes de dispositivo

Se muestra los 3 tipos de analizadores de redes del modelo PM5000, cada componente tiene características diferentes.

REFERENCIA	NOMBRE
PM5110	Integra una fuente de potencia multivoltaje y conexiones para terminales.
PM5330	Contiene una fuente de alimentación AC o DC y bornes de tornillo.
PM5340	Incluye fuente alterna AC de baja tensión además de bornes de tornillo.

Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Precisión de parámetros eléctricos

- Voltaje, precisión $\pm 0.3\%$
- Corriente, precisión $\pm 0.2\%$
- Potencia aparente y activa, precisión $\pm 0.5\%$
- Potencia reactiva, precisión $\pm 2\%$
- Energía activa, precisión clase 0.5S
- Energía reactiva, precisión clase 2

Medición de parámetros eléctricos

Mide hasta 690 V (línea – línea) y 400V (línea - neutro) en alterna, si se quiere medir más de estos valores se utilizan un transformador de voltaje.

Realiza la medición hasta 5 amperios y si se mide mayor a este valor se utiliza transformadores de corriente.

Registra si tenemos perturbaciones eléctricas midiendo el voltaje, corriente, frecuencia, armónico y desbalance.

Evalúa nuestra tarifa eléctrica recolectando datos de energía y potencia.

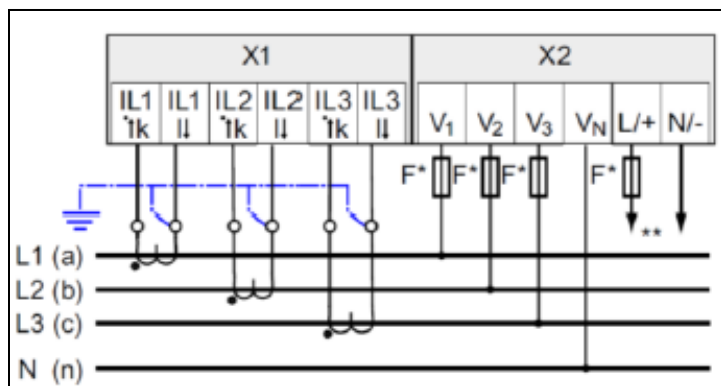
Tipos de conexión

Se muestran cinco tipos de conexión polifásicos ya sea en circuitos monofásicos, bifásicos y trifásicos.

Abreviatura	Tipo de Conexión
3P-4W	3 líneas, 4 cables, desfase
3P-3W	3 fases, 3 conductores, carga desalineada
3P-4W-B	3 líneas, 4 cables, balanceada
3P-3W-B	3 fases, 3 conductores, carga balanceada
1P-2W	1fase, 2 cables

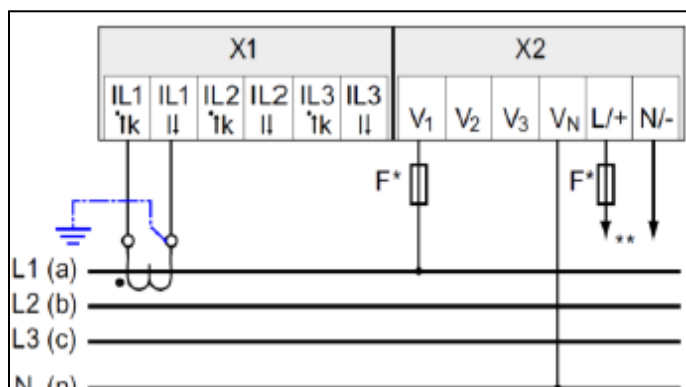
Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Medición alterna, 4 conductores, carga desbalanceada, sin transformadores conversión a baja tensión, con 3 transformadores de corriente instalación 3P4W.



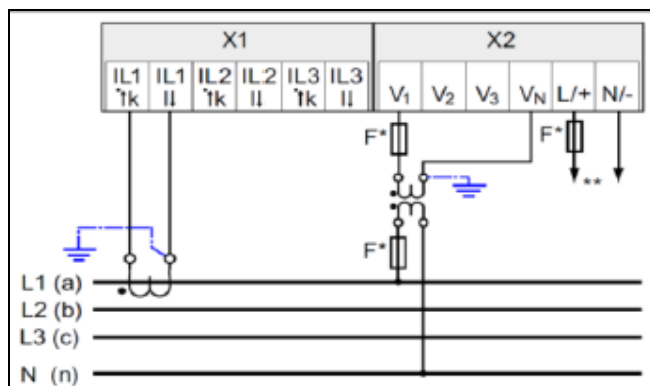
Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Medición 3 fases, cuatro cables, carga balanceada, sin transformadores de voltaje, con un transformador de corriente, con una conexión de 3 fases, 4 cables y balanceada. Similar al 3P-4W tenemos la medición de las 3 líneas más el neutro con respecto a la tensión, pero solo una medición en corriente alterna.



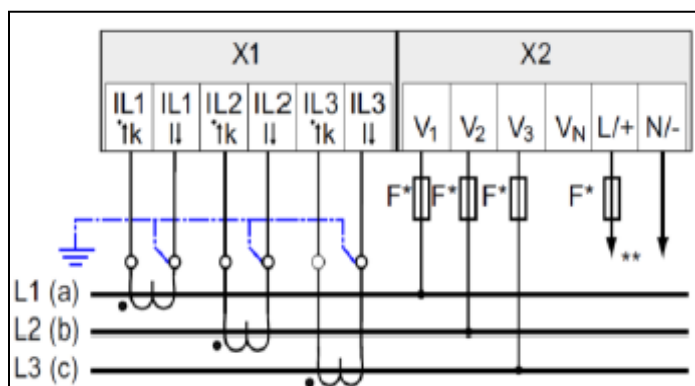
Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Medición 3 líneas, cuatro cables, carga equilibrada, con 1 solo transformador de voltaje además de un convertidor de corriente. Tipo de conexión 3P4WB. Sirve para la medición especial de una línea alterna.



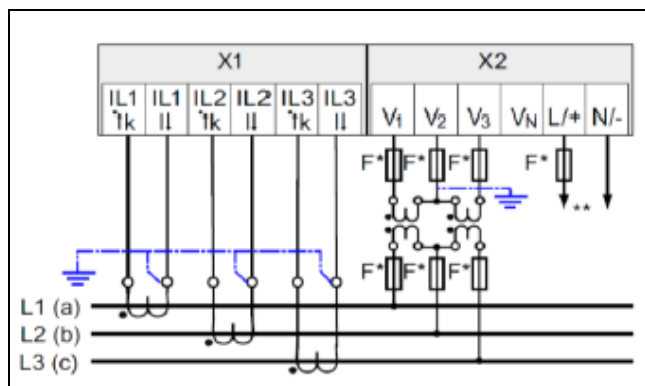
Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Medición 3 líneas, 3 cables, no balanceada, sin transformador de voltaje, con tres transformadores de corriente. Tipo de conexión 3P3W. Esta conexión se utilizó para el presente informe, se compraron 3 transformadores de corriente tipo núcleo partido.



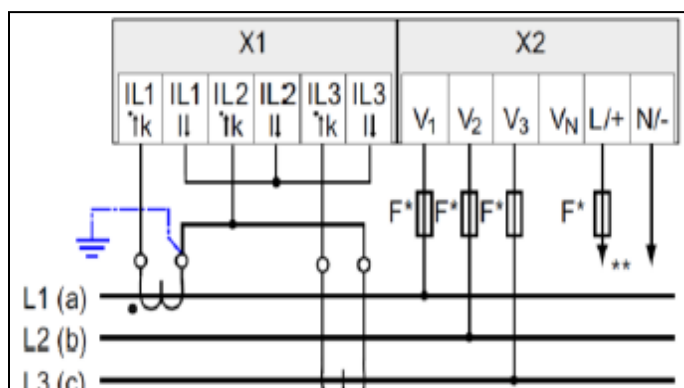
Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Medición trifásica, 3 conductores, carga desbalanceada, con transformador (conversión de tensión elevada a baja), con transformadores de corriente. Tipo de conexión 3P3W.



Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Medición trifásica, 3 cables, carga desbalanceada, sin transformador (conversión de tensión elevada a baja), 2 transformadores de corriente. Conexión 3P3W.



Fuente: Schneider (2008) – Analizador de redes PM5000

Antes de realizar labores de alto riesgo (conexiones eléctricas - alterna) del analizador, transformador de voltaje, intensidad y potencia se recomienda lo siguiente.

Desconectar, anular y señalar el área a laborar.

Verificar (voltaje = 0) y poner a tierra el circuito para evitar posibles fugas.

Recordar que todo tipo de conexión eléctrica debe ser configurado en el menú de programación del analizador para tener lectura de parámetros.