

Integración de los medidores de energía a la plataforma de supervisión, para la optimización de operaciones en la planta de cementos Argos Rioclaro, Sonsón, Antioquia

Diego Fernando Guzmán

Wilson Andrés Martínez

Asesor

Jairo Alberto Cuellar Guarnizo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2023

Resumen

Para el desarrollo de la siguiente propuesta se tuvo en cuenta una problemática que se presenta en el entorno laboral, por lo cual se pudo determinar una deficiencia y gran oportunidad de mejora en la toma de datos en los medidores de energía en la planta de cementos Argos sede Rioclaro, donde por medio de la utilización de plataformas de conectividad se puede automatizar, optimizar y utilizar la información para el análisis de datos que puedan ayudar a la mejora del proceso, ahorro energético, determinación de tendencias para el mantenimiento predictivo, y muchas otras funciones que pueden partir desde una recolección de datos desde los medidores de campo, utilizando las funciones y ventajas que tienen los equipos actuales al permitir transferir la información en protocolos de comunicación estándar de la industria, permitiendo así finalmente explotar esta información para la optimización de los procesos, además de poder tener una información confiable, automática y precisa que elimina el error humano y reduce la incertidumbre en la información recolectada.

Palabras clave: Integración, Medidores, Control, Plataformas.

Abstract

For the development of the following proposal, a problem that arises in the work environment was taken into account, for which a deficiency and great opportunity for improvement in data collection in the energy meters at the cement Argos plant Rioclaro, could be determined. headquarters, where through the use of connectivity platforms the information can be automated, optimized and used for data analysis that can help improve the process, energy savings, determine trends for predictive maintenance, and many others. functions that can start from data collection from field meters, using the functions and advantages that current equipment has by allowing the information to be transferred in industry standard communication protocols, thus finally allowing this information to be exploited for the optimization of the processes, in addition to being able to have reliable, automatic and precise information that eliminates human error and reduces uncertainty in the information collected.

Keywords: Integration, Meters, Control, Platforms.

Tabla de Contenido

Introducción	15
Planteamiento del Problema	16
Justificación	19
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
Alcance y Limitantes	21
Alcance.....	21
Limitantes.....	21
Antecedentes	22
Metodología	24
Metodología Preliminar	24
Tipo de Investigación.....	24
Enfoque	24
Materiales y Métodos	25
Documental	27
Diagrama Funcional	28
Transferencia de Datos de los Medidores a la Plataforma.....	30
Interfaz en Software Integrador	40
Tendencias de las Variables Medidas	47
Conclusiones	55

Referencias Bibliográficas	56
Apéndices.....	57

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Recursos Necesarios para Ejecutar Proyecto</i>	26
--	----

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Macro Control Consumo de Energía</i>	17
Figura 2	<i>Tabla de Ingreso Manual Consumo Energía</i>	17
Figura 3	<i>Sistema Gestión Energía Planta Rioclaro</i>	23
Figura 4	<i>Diagrama de Bloque del Proceso de Proyecto de Grado</i>	28
Figura 5	<i>Diagrama Funcional</i>	29
Figura 6	<i>Medidor de Voltaje Diris A40</i>	30
Figura 7	<i>Complemento al Contador para la Comunicación</i>	31
Figura 8	<i>Configuración IP de Contador en Kepsriver</i>	33
Figura 9	<i>Configuración Tiempo de Contador en Kepsriver</i>	34
Figura 10	<i>Configuración Tamaño Bloque de Contador en Kepsriver</i>	35
Figura 11	<i>Configuración de las Variables de Contador en Kepsriver</i>	36
Figura 12	<i>Registros y Tamaños de Datos</i>	37
Figura 13	<i>Verificación de Conexión y Datos de los Contadores</i>	38
Figura 14	<i>Websriver con Link de Información para Configuración</i>	39
Figura 15	<i>Configuración del Tag desde Splunk</i>	41
Figura 16	<i>Creación de la Interfaz Gráfica Splunk.</i>	42
Figura 17	<i>Creación de la Interfaz Gráfica Splunk</i>	43
Figura 18	<i>Lectura del Tag desde Splunk</i>	44
Figura 19	<i>Visual Parámetros en Dashboard Splunk</i>	45
Figura 20	<i>Medidas en el Websriver del Medidor de Energía.</i>	46
Figura 21	<i>Medidas de Potencia en el Websriver del Medidor de Energía</i>	47
Figura 22	<i>Grafica de los Voltajes por Fase del Separador de Cemento 5</i>	48

Figura 23 <i>Muestra de Toma de Datos de los Voltajes Cemento 5</i>	50
Figura 24 <i>Exportación de Datos desde Splunk a Excel</i>	51
Figura 25 <i>Exporte de Datos desde Splunk a Excel</i>	52
Figura 26 <i>Datos de Splunk en Excel</i>	53
Figura 27 <i>Gráficos en Sistema Experto</i>	54

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Equipos y Software</i>	57
Apéndice B <i>Materiales y Suministros</i>	59

Lista de Símbolos y Abreviaturas

HMI: Interfaz Hombre-Máquina

ECS: Sistema de control experto

TI: Tecnologías de información

SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos

VLAN: Red de área local virtual

IoT: Internet de las cosas

Glosario

Consumo Energético

El consumo energético es toda la energía empleada para realizar una acción, fabricar algo o, simplemente, habitar un edificio. el consumo energético no es solo aquel que procede de una única fuente energética. Es una confusión común pensar que para ahorrar energía hay que ahorrar en electricidad. Quizá sea otra fuente energética la que más está impactando en cierto proceso. (Fernández, 2018, párr. 1)

Ethernet IP

La definición del protocolo Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol) es la de un estándar de red de comunicación capaz de manejar grandes cantidades de datos a velocidades de 10 Mbps o 100 Mbps, y hasta 1500 bytes por paquete. La especificación utiliza un protocolo abierto en la capa de aplicación. En la industria es especialmente popular para aplicaciones de control. En definitiva, este tipo de red es fácil de configurar, operar, mantener y ampliar. A su vez, permite la mezcla de productos de 10 Mbps y 100 Mbps, y es compatible con la mayoría de los conmutadores (switch) Ethernet. Se ha convertido en la tendencia más utilizada en el movimiento de datos en aplicaciones industriales en la planta de producción. Para entender qué es el Ethernet industrial y cómo funciona es necesario conocer que utiliza esencialmente protocolos industriales especiales, encapsulados en el protocolo Ethernet, de forma que se garantice el envío y la recepción de la información correcta en el momento y el lugar en que se necesita para realizar una operación específica. (Portal Comunicare, s.f., párr. 1)

Plataforma de Conectividad

Las plataformas de conectividad en la industria proporcionan una fuente única de datos de automatización industrial para todas sus aplicaciones. Los usuarios pueden conectar, administrar, monitorear y controlar diversos dispositivos de automatización y aplicaciones de software a través de una interfaz de usuario intuitiva. La conexión más común se realiza a través de OPC (el estándar de la industria de la automatización para la interoperabilidad) y los protocolos de comunicación centrados en TI (como SNMP, ODBC y servicios web) para proporcionar a los usuarios una única fuente de datos industriales. A este tipo de plataformas se puede conectar un sinnúmero de elementos de cualquier marca, que dentro de sus protocolos maneje la conexión Ethernet, EtherCat, modbus. Donde se puede realizar la conexión a la plataforma manejando la tabla de mapa, que pueda extraer de manera ordenada los datos, sin importar la función que cumplan el elemento dentro de la integración al control de planta. Estos tipos de plataformas versátiles y flexibles por su manera de integrarse y ya que están en red se puede transmitir todo tipo de dato en tiempo real a velocidades aceptables dentro de una red industrial (PTC, s.f)

SCADA

Los sistemas SCADA se utilizan en el control y supervisión de los equipos industriales, en diferentes industrias donde se realizan procesos de fabricación, empaclado y otros tipos de fases que conllevan a ciclos, por ejemplo, la fabricación del vidrio, cemento. El SCADA es el control de supervisión y adquisición de Datos, esto se refiere a un sistema que recoge datos de campo a través de sensores conectados a una estación maestra, o estaciones remotas, luego se envía estos datos a un ordenador central a través de un sistema de comunicaciones que los gestiona y controla. Los SCADA están compuestos por una interfaz hombre-máquina, Sistema

de supervisión, también por unidades terminales remotas que van a un PLC, toda la infraestructura de comunicaciones y la programación SCADA (Blog Sicma21, 2021).

SPLUNK

Es una empresa de tecnología que proporciona herramientas de monitorización y análisis de datos. Esto incluye software y servicios para recopilar, almacenar y analizar datos en varias plataformas, como Windows, Linux, y Mac. Splunk es una plataforma de análisis de datos en tiempo real que permite supervisar y analizar toda la infraestructura de TI. Esto incluye desde servidores y aplicaciones hasta dispositivos de red, bases de datos y servicios en la nube. También ofrece algunas características realmente útiles, como la capacidad de profundizar en áreas específicas de interés, crear dashboards personalizados en función de sus necesidades y generar informes que se pueden compartir con otros usuarios como business intelligence (Fernández, 2022).

Introducción

Las mediciones y el almacenamiento de datos brindan una herramienta muy importante para tomar decisiones sobre eficiencia energética, para esto se debe tener una base de datos que almacene la información y brinde la facilidad de verificarla cuando se necesite.

Para tener a la mano la información recolectada de los consumos de energía se necesita una plataforma que de la flexibilidad de almacenar una gran cantidad de datos y además acceder a ellos en todo momento con información actualizada, además de utilizarla como herramienta de análisis, con gráficas y líneas de cambios en el consumo, alertas, el programa en línea Splunk da esa capacidad.

La meta de este trabajo es la integración de los contadores de energía ya instalados en planta con el sistema de supervisión para facilitar la recolección de datos y poder tenerlos a la mano en cualquier momento. Adicionalmente, con los datos de los contadores de energía integrados en la de red de información de la planta, no sería necesario dirigirse físicamente a cada contador al corte de las 12 am para tomar sus datos, es la manera como se hace el registro de consumo en el momento (noviembre de 2023). Lo que excluye un peligro latente en la movilización, además, al tener los datos almacenados en una plataforma de big data y haciendo un análisis de estos datos convierte este proyecto en un aliado en la proyección de ahorro energético que tiene la planta a mediano plazo.

Para poder llevar este proyecto y lograr con éxito su culminación, se tendrá el siguiente orden, la primera parte explicará el proyecto sus motivaciones y los problemas a solucionar, esto con la información actual de planta y desafíos actuales en los datos de energía, después tendrá información técnica del software y hardware que se utilizará para desarrollar el proyecto e implementación, por último, conclusiones y resultados.

Planteamiento del Problema

En los procesos industriales es de vital importancia tener control y medición sobre las variables de campo como temperatura, presión, nivel, entre otras, ya que por medio de estas se realizan los procesos de operación y optimización en los sistemas. Actualmente en la planta de Cementos Argos sede Rioclaro, uno de los procesos de adquisición de datos para la lectura de variables eléctricas se realiza de manera manual, para lo cual se destina recurso humano en la toma de datos en horas definidas a través de medidores industriales de energía para el monitoreo de redes de utilidades como transformadores, motores de media tensión y centro de control motores. Esta información es tomada de forma manual, esto implica que un funcionario se desplaza hasta cada uno de los medidores todos los días a las 12 am para tomar el valor del contador, teniendo en cuenta que esto ha generado imprecisiones en la toma de la información ya que no se garantiza un cumplimiento exacto de tiempo entre periodos de muestra, por ocupación de quien toma la muestra o por dificultad en el desplazamiento, además se pierde información valiosa que puede utilizarse en la optimización y seguimiento de los procesos mediante el análisis de la data que puede transferir desde los medidores.

Así mismo, es necesario indicar que el proceso de recolección de los datos de los contadores de energía en la actualidad se hace manualmente y se guardan en Excel, como se ve en la Figura 1, algunos de estos datos recolectados van a una macro que hace cálculos de consumo por áreas específicas.

Figura 1

Macro Control Consumo de Energía

	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	COMPRESORES LINEA 2			SECCIONES	CONSUMO	SUBTOT	FACTOR	CON. CORR	SITOT CORR		MES	AÑO	DIA	TRITURACION DE CALIZA No. 1
1	NZP01	0,00		Contador Autogestión	279021						9	2023	8	Motor AM03
2	2	800,00		Contador EPMK/kWh	350000	3355,56								Rotor AM02
4	NZP05	0,00		L2 Servicios Generales	0	2790,75	1,2024	0,0	3350,00		0	0		Equipos auxiliares
5	TOTAL	800		L3 Trituradora A1	0			0,0			0	0		SUBTOTAL
6				L4 Molino Cemento 24	1991			2390,0			897	710,0		TRITURACION DE CALIZA No. 2
7				L5 Molino Cemento 23	800			960,0						Rotor A2M0M2
8				L10 Planta Detraek	0			0,0						Rotor A2M0M1
9	FRANJA	EPMK/kWh	AI/GENK/kWh	L11 Molino Cemento 21	0			0,0						Equipos auxiliares
10	1	0,00		L12 Molino Cemento 22	0			0,0						SUBTOTAL
11	2	0,00		L16 Horaco Carga W1	0			0,0						MOLIENDA DE CRUDO No. 1
12	3	0,00		L17 Trituradora A2	0			0,0						Motor molino crudo (R1M03)
13	4	0,00		L18 Molino Crudo R2	0			0,0						Vent. molino crudo (R1P03)
14	5	0,00		L19 Horaco W2	0			0,0						Equipos auxiliares
15	6	0,00		L20 Elevador Cargas U2	0			0,0						SUBTOTAL
16	7	0,00		L21 Horaco Descarga U1	0			0,0						MOLIENDA DE CRUDO No. 2
17	8	0,00		L22 Molino Crudo R1	0			0,0						Motor molino crudo (R2M01)
18	9	0,00		L3 Trato Serv Aux AL 500 KVA	0	0,00	1,0000	0,0	0,00		0			Vent. molino crudo (R2S06)
19	10	0,00		L3 Rotor Primario AM05	0			0,0			0			Equipos auxiliares
20	11	35000,00		L3 Rotor Secundario AM05	0			0,0			0			SUBTOTAL
21	12	0,00		L22 Trato Serv Aux RL 5000 KVA	0	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!					SECCION HORMO No. 1
22	13	0,00		L22 Motor Curbón L1M03	0			#DIV/0!	#DIV/0!					Motor horno (W1W03)
23	14	0,00		L22 Motor Principal R1M03	0			#DIV/0!	#DIV/0!					Ventilador gases (V1U02)
24	15	0,00		L22 Motor Van Tiro, RP03	0			#DIV/0!	#DIV/0!					Enfriador folas
25	16	0,00		L16 Trato Homogenización, 1600 KVA	2200	2200,00	0,0000	0,0	0,00		0			Equipos auxiliares
26	17	0,00		L16 Motor Principal, V1P03	0			0,0	0,00		0			Transporte de clinker

Fuente. Macro creación propia en Excel para el almacenamiento de los datos de los contadores de energía.

Los datos recolectados manualmente de los equipos que aún no están en la macro se ingresan a unos archivos de Excel con fórmulas para dar el consumo diario del equipo, en la Figura 2 se observa la tabla donde se ingresa manualmente los datos de energía.

Y al final se hace un consolidado en un informe mensual de consumo energía.

Figura 2

Tabla de Ingreso Manual Consumo Energía

1	CONSUMOS DE ENERGÍA (KWH)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	SEPTIEMBRE 2023													
37	MOLINO DE CEMENTO # 5													
38	Motor ppal molino (535MD140)	0	0	50728	50194	17520	51706	62068	62912	52795	53893	0	0	53671
39	Ventilador filtro ppal (535FN550)	0	0	20291	20078	7008	20682	24827	25165	21118	21557	0	0	21461
40	Separador molino (535MD152)	0	0	1691	1673	584	1724	2069	2097	1760	1796	0	0	1781
41	Equipos auxiliares	0	0	11836	11712	4088	12065	14482	14680	12319	12575	0	0	12521
42	SUBTOTAL	0	0	84546	83657	29201	86177	103446	104854	87992	89822	0	0	89454

Fuente. Hace parte de la macro creación propia generada específicamente para los contadores de energía en Cemento 5.

Todo este proceso no solo necesita tiempo para ir a recolectar los datos, sino que también se requiere cierta experticia para saber que datos van en cada Excel y generar datos correctos del consumo diario de energía. Como consecuencia del estado actual de la toma de consumos de energía en la planta de cementos Argos Rioclara surgen las preguntas:

¿Hay una manera eficiente de tomar estas medidas de consumo en la planta de cemento Argos Rioclara?

¿Qué datos importantes además del consumo de energía diario se puede obtener de los contadores de energía?

Justificación

Cementos Argos S.A. (2022) en su reporte integrado de 2022 toma ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) de las naciones unidas y fija metas a 2030 una de ellas está directamente relacionada con consumo de energía eléctrica, en los ODS priorizados por Argos esta la acción por el clima y lo basa en bajar la producción de CO_2 por tonelada de cemento, en este ítem en su alcance 2, que hace referencia a bajar sus emisiones indirectas se refiere al consumo de energía eléctrica, esto se lograría en gran porcentaje gracias a la eficiencia energética y a un menor consumo de energía eléctrica.

Por otra parte, el presente proyecto aplicado tiene como finalidad integrar los medidores de energía actuales a la plataforma de adquisición de datos, en donde se pueda almacenar toda la información que brindan los medidores, además de tener los valores en línea y realizar tendencias. Para tal finalidad se propone hacer uso de los medios tecnológicos actuales, mediante la combinación de la tecnología en medición de variables a través de instrumentos y la transmisión de esta información por medio de protocolo Ethernet IP. Con esto se pretende facilitar, mejorar, optimizar y robustecer los procesos de medición y control que actualmente se realizan manualmente, además de poder obtener la información en línea, permitiendo a los sistemas de control tener una data amplia y confiable para la toma de decisiones de optimización del proceso buscando la reducción de consumo energético en los equipos, generación de informes fiables y precisos, con un plus de poder desplegar esta información a través de la IoT.

Todo esto alineado con la política energética de la empresa donde se busca a 10 años reducir el consumo de energía eléctrica. Esta política energética gira en torno a 4 pilares que son eficiencia, Aseguramiento, Sostenibilidad y Recursos, en el pilar de eficiencia se deja claro que la principal herramienta es “Reducir el consumo de energía” (Cementos Argos S.A., 2015).

Objetivos

Objetivo General

Integrar los medidores de energía a la plataforma de supervisión, para la optimización de operaciones en la planta de cementos Argos, sede Rioclaro.

Objetivos Específicos

Transferir los datos de energía desde los medidores hasta la plataforma de conectividad.

Generar la interfaz gráfica de los datos de energía en el software integrador para consulta del usuario.

Obtener las tendencias de comportamiento en las variables de medición de energía que permitan tomar acciones de optimización en el consumo energético.

Alcance y Limitantes

Alcance

En este trabajo de grado se presenta una propuesta para mejorar la recolección de datos de los contadores de energía que se tienen instalados en planta, ya que no se explota todo su potencial, además se hace de forma manual. Para hacer esto se cuentan con nuevos recursos de software y hardware instalados en planta como son los contadores de energía, la plataforma de supervisión y la plataforma de conectividad, con estos recursos interconectados se puede transferir los datos, realizar tendencias y medición en tiempo real de cada equipo. Además, estas plataformas tienen la posibilidad de poder verlas desde otras partes no solo en la red interna de la planta lo que facilita la flexibilidad.

Este trabajo culmina cuando se entregue las plataformas, la visualización de los contadores de energía en tiempo y datos reales, donde se puedan ver las gráficas y llevar tendencias.

Limitantes

La principal limitante de este proyecto sería el costo, si se fuera a construir desde cero, pero todo ya lo tiene la planta instalada, sería aprovecharlo, pero por esto mismo está limitado a lo que la planta solicite y los límites que se impongan, como permisos y formas de utilización de las plataformas.

Antecedentes

Este proyecto de grado se desarrollará desde varias perspectivas para poder comprenderlo de una mejor manera, hay componentes de hardware como los contadores de energía, los transformadores de corriente y voltaje, que son los que toman las medidas y una parte software que son las plataformas de supervisión y la plataforma de análisis de datos en la nube. El planteamiento de este trabajo de grado surgió debido a que en otras plantas de cemento se tiene métodos de recolección de los datos de energía de manera más eficiente.

Hay un trabajo con similitudes sobre Sistema control supervisor de clientes con acceso remoto para sistemas solares fotovoltaicos autónomos

Figuroa-Cuello et al. (2016), donde hacen un sistema de supervisión a los generadores solares, para optimización de consumo y diagnosticar problemas en el sistema.

Otro trabajo llamado “Gestión de los recursos domiciliarios desde la utilización de software y hardware libre” de Gómez (2019) donde se desarrolla desde cero con software y hardware libre un sistema de monitoreo de consumo de energía domiciliario para tomar datos de cuales equipos tienen mayor consumo de energía y tomar acciones desde los datos recolectados, todo esto para mejorar los costos del servicio.

Estos proyectos, aunque parecidos son a nivel de distribución y consumo de domicilios, no a nivel industrial ni con consumos altos de potencia, en estos escritos igual se toman datos de campo con contadores de energía y se utilizan sistemas de supervisión para toma de decisiones sobre consumo y ahorro de energía.

Se tiene la experiencia de otras plantas de la compañía que tienen sistemas integrales de gestión energética, aunque son programas un poco antiguos dan bases de cómo se debería

direccionar la gestión energética de la planta Rioclaro, como por ejemplo el sistema de gestión de energía de la planta Yumbo, que se muestra en la Figura 3.

Este proyecto con las nuevas tecnologías que se implementan en planta Rioclaro sería innovador ya que no se necesitaría programas adicionales si no que se apoya sobre lo que se tiene, en el programa se puede hacer gestión sobre los datos recolectados y tomar decisiones a nivel de consumo de energía y eficiencia energética.

Figura 3

Sistema Gestión Energía Planta Rioclaro



Fuente. Imagen de la portada del programa del sistema integral de gestión de energía soportada en los servidores internos de planta.

Metodología

Metodología Preliminar

Inicia con la revisión documental e investigación acerca de los medidores de energía y sus aplicaciones industriales, que permitan la integración al proceso, la viabilidad y se adapte al sistema de energía actual en planta, teniendo en cuenta temas como la transferencia y tratamiento de datos con las tecnologías actuales, previendo que sea una solución compacta y sencilla de implementar, donde se puedan satisfacer las necesidades actuales de operación y recopilación de datos de consumo de energía.

Tipo de Investigación

La problemática base del proceso de investigación y factor principal está encaminada en el proceso manual que se realiza en la toma de datos y medición de los consumos energéticos actuales en la planta de Cementos Argos, planta Rioclaro, para lo cual se llevará a cabo una investigación aplicada con el fin de poder dar una solución a la integración de la información al sistema de adquisición de datos actual, para el control de operaciones en la planta de cementos donde se pueda, generar las vistas de los datos de energía en el software integrador para consulta del usuario, crear las gráficas para las tendencias de comportamiento en las variables de medición de energía que permitan tomar acciones de optimización en el consumo energético como ahorro energía, consumos calóricos y apunten al mantenimiento preventivo de las sistemas.

Enfoque

La propuesta realizada estará enmarcada en la investigación cuantitativa ya que permitirá desde la investigación, análisis de datos y medición, tomar decisiones y generar una solución a partir del desarrollo de códigos en programación, que permitan la integración del proceso desde

la toma de datos con medidores ubicados en campo, transferidos hacia una plataforma de conectividad y a su vez hacía el sistema de supervisión donde se podrá realizar todo tipo de análisis y optimización en el proceso.

Materiales y Métodos

Teniendo en cuenta la temática principal de la investigación, su alcance y conceptualización se realizará los siguientes pasos para la aplicación del diseño, definiendo las variables, luego la medición y transferencia de las variables, análisis y tratamiento de los datos medidos y trasferidos, generación de código y automatismo, por último, visualización y resultados.

Con los contadores de energía ya instalados en planta se recopilan datos de potencia, corrientes, voltaje y consumo energético, con los datos de estas variables medidas y almacenadas se pueden tomar decisiones que ayuden a la eficiencia energética. Estos equipos de medida están siendo subutilizados y la planta los pone a disposición para el desarrollo del proyecto.

Como resultado se mostrarán los datos en el sistema de supervisión para aprovechar los medidores ya instalados en el sistema de control de la planta, ya que la planta cuenta con una subestación principal de donde se distribuye la energía eléctrica hacia las secciones (Molienda, Clinkerización, Carbón, Crudo) y subestaciones satélites para control de energía para equipos principales.

Tabla 1*Recursos Necesarios para Ejecutar Proyecto*

RECURSO	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO	COSTO (Pesos colombianos)
1. Equipo Humano	2 ingenieros electrónicos	1000 horas	\$ 12'000.000
2. Equipos y Software	2 PC, Software Splunk, Software KepServer Ver Anexo A	Recurso actual existente que se aprovechara para el enlace, la empresa pone a disposición el software y los equipos de computo	\$ 18'000.000
3. Materiales y suministros	Transformadores de corriente, transformadores de voltaje, medidores de energía. Ver Anexo B	Equipos ya instalados y a disposición para el proyecto	\$ 75'000.000
4.			
5. TOTAL			\$ 105'000.000

Nota. Elaboración propia. Equipos y software requeridos para llevar a cabo el proyecto de grado.

Documental

Se realizará la consulta bibliográfica en diferentes fuentes documentales primarias y secundarias, de libros, memorias, registros y página web donde se pueda revisar los actuales avances en la industria tecnológica que apliquen para la investigación.

Se hará un informe por cada fase del proyecto describiendo las actividades de cada uno de las fases y sus resultados, al finalizar se recopilarán los informes y se hará el entregable.

Se definen las siguientes fases para el desarrollo secuencial.

Fase 0, consiste en la revisión documental, viabilidad tecnología y de aplicación, esta fase aplica para todos los objetivos del proyecto.

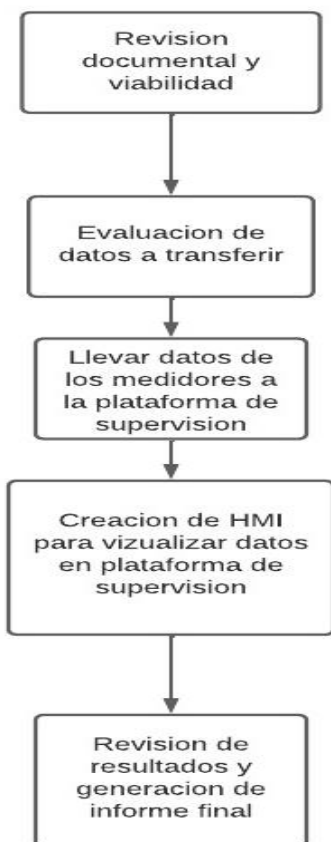
Fase 1, consiste en la evaluación de las variables a transferir y el método correcto que permita hacer paridad entre los medidores de campo y la plataforma de conectividad, con el objetivo de llevar los datos de los medidores a la plataforma.

Fase 2, crear la configuración para la conexión entre los medidores y la plataforma de conectividad y realizar las pruebas de transmisión

Fase 3, en esta etapa se desarrollará la HMI en el sistema de supervisión, creación de los Tags, códigos de programación para la recepción de los datos transferidos desde los medidores y la visualización de datos hacia el sistema de control, simulación del código para comprobar el correcto funcionamiento de la transferencia de datos.

Fase 4, finalmente la revisión de resultados y generación de informe final del alcance del proyecto obtenidos de cara al cumplimiento de los objetivos.

En la Figura 4, se puede observar de forma más detallada el diagrama de bloque de las fases del proyecto de grado, este diagrama muestra en forma sucesiva cómo se desarrollará el proyecto de grado.

Figura 4*Diagrama de Bloque del Proceso de Proyecto de Grado*

Fuente. Diagrama de bloque para explicar el flujo que se llevara para crear el proyecto de grado.

Elaboración propia

Diagrama Funcional

El siguiente diagrama presenta los componentes funcionales que estarán interviniendo en la transferencia de información desde piso planta, inicia con los medidores ubicados en campo, de la referencia ION 7330 y Diris A40, como se aprecia en la Figura 5, estos se conectarán a una red Ethernet IP, mediante switch de comunicación en una VLAN definida para este tráfico de información, en el siguiente nivel se tiene como Master el servidor que procesará la información

Transferencia de Datos de los Medidores a la Plataforma

Los medidores que se tienen instalados en planta son los Diris A40, como se muestra en la Figura 6, esos medidores industriales miden tensión, corriente, potencia y la energía en el equipo donde esté conectado, por medio de transformadores de corriente y transformadores de intensidad.

Figura 6

Medidor de Voltaje Diris A40



Fuente. Elaboración propia. Wilson Martínez, 2024

Este equipo no cuenta con puerto de comunicación propia así que se le instala un complemento Marca Socomec para comunicación Ethernet/IP, en la Figura 7 se evidencia el complemento para la conexión con la plataforma Kepserver.

Figura 7

Complemento al Contador para la Comunicación



Fuente. Elaboración propia. Wilson Martínez, 2024

Aprovechando este complemento de conexión y transferencia de datos en los medidores instalados en las salas eléctricas, se desarrolló la conexión hasta la plataforma Kepserver.

El proceso realizado fue:

- Se identifico el protocolo de comunicación de los medidores que para el caso es Ethernet IP.
- Se asignaron IP fijas y máscara de red dentro de la VLAN 202 que pertenece al segmento de gestión de energía que tiene definida la planta dentro de su segmentación en la red TO.

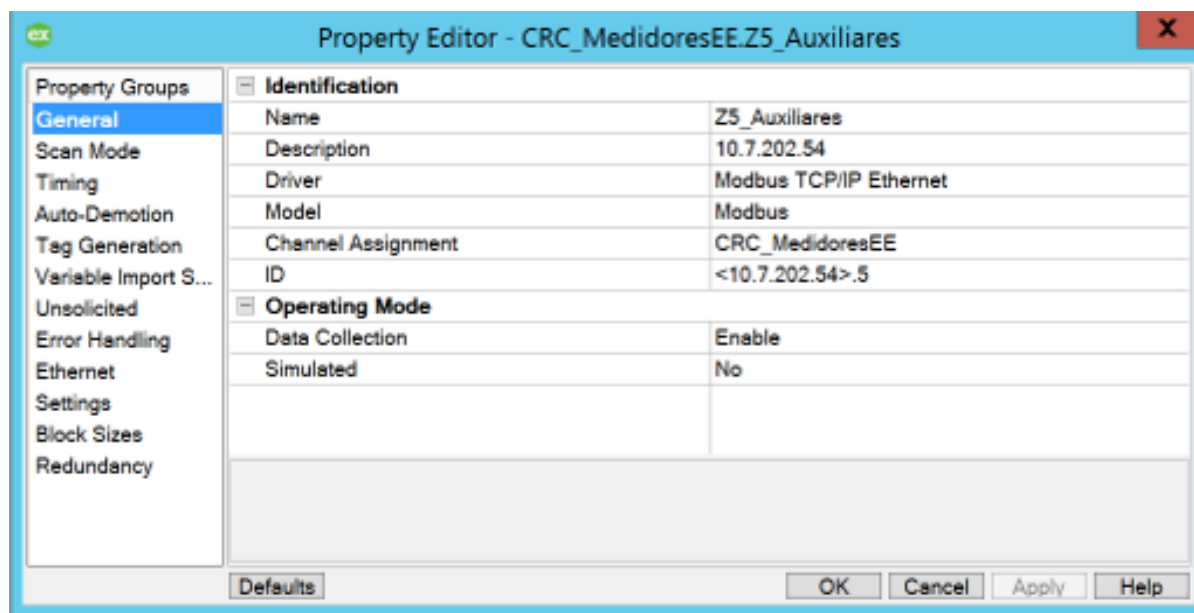
- Se cablearon los puntos de conexión física y se interconectaron al Switch Stratix de comunicación del área. Este dispositivo permitió el enlace entre el Core principal de planta donde se encuentra ubicado el Server de conexión, en el cual se ejecuta la plataforma Kepserver.

Esta aplicación de software (Kepserver), es una plataforma de comunicaciones industrial que permite unir todos los dispositivos de campo con los sistemas superiores SCADAS, EMS, GMAOs, plataformas IoT. Una vez realizada las conexiones de campo que comprenden todo el tema Hardware, se procede a realizar pruebas básicas de conexión siendo exitosas, lo cual permite avanzar al siguiente paso concerniente con el tema de configuración y programación de los elementos, todo el tema relacionado con el software en el cual se procedió a la asignación de dirección en la plataforma para cada medidor, entendiéndose como nodo.

- Una vez definido y creados los nodos, se procede a la configuración individual de cada elemento, donde se cuenta con un set de parámetros con listas desplegadas, en la primera lista de parámetros generales como se aprecia en la Figura 8, se asigna el nombre del nodo o elemento, la IP del elemento dentro de la red, el modo de comunicación que para el caso es Ethernet/IP y la carpeta de asignación que para el caso se nombró como CRC medidores, con esto se configura el primer parte del medidor.

Figura 8

Configuración IP de Contador en Kepsriver

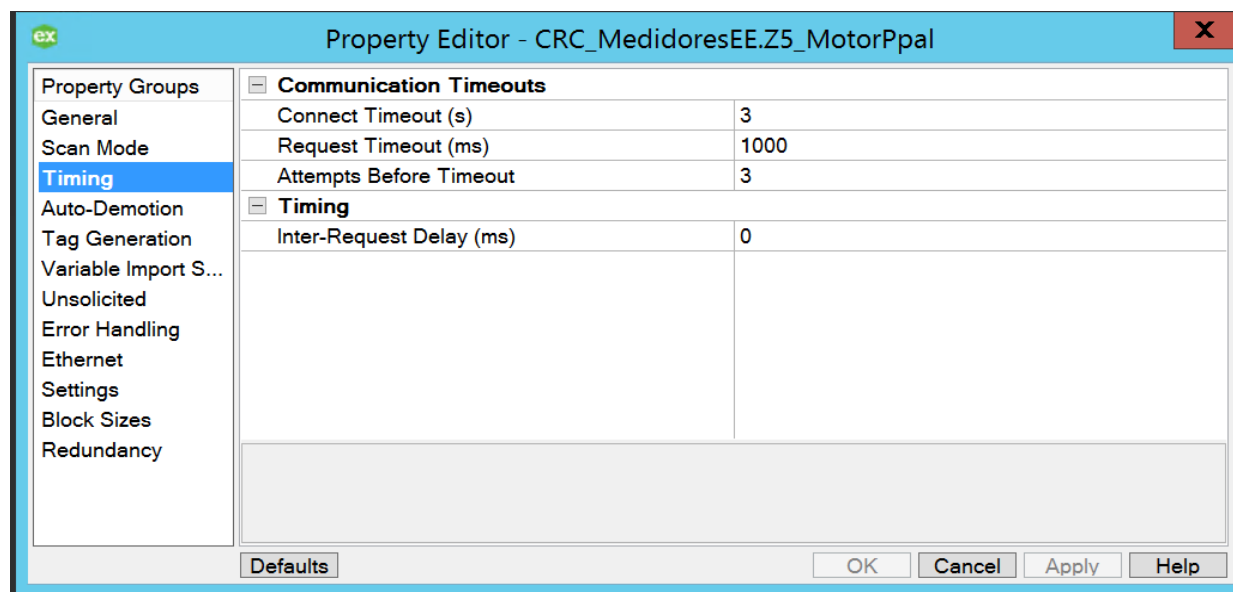


Fuente. Figura de la interfaz gráfica de configuración de comunicación entre el Kepsriver y los contadores de energía.

En la segunda parte dentro del mismo bloque editor se tiene la pestaña de configuración para el tiempo de escaneo, esto es muy importante ya que define los tiempo de la comunicación para la transferencia de datos y la interacción con los elementos que están dentro de la red, como se puede ver en la Figura 9 se define un tiempo de 3 segundos para el tiempo de espera conexión, es un tiempo considerable teniendo en cuenta que la velocidad de transmisión de los elementos de la red interconectados ronda sobre los 500 ms, para el requisito de tiempo de espera se ajusta en 1 segundo, tiempo suficiente para generar la transferencia de datos entre los nodos, es importante definir los tiempos dentro de un rango indicado ya que una mala configuración puede generar error en los envíos de paquetes.

Figura 9

Configuración Tiempo de Contador en Kepserver

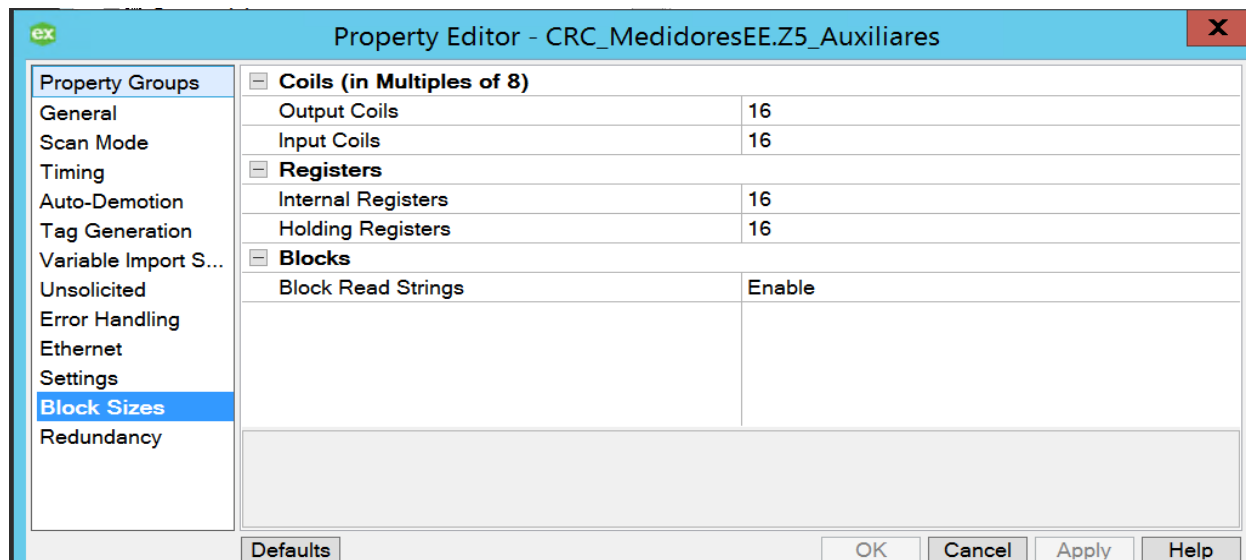


Fuente. Figura Interfaz gráfica de configuración de tiempos de enlace de comunicación entre el Kepserver y los contadores de energía, se configura 3 segundos para el enlace.

Para finalizar la configuración del medidor o nodo, y con la ayuda del manual fabricante se asigna el tamaño de bloque para la lectura y escritura o de entrada y salida como es conocido también, como se puede ver en la Figura 10, se asigna un registro de 16 bit tanto para entrada como para salida y se habilita para que los bloques queden activos, esta información está definida en el mapeo del fabricante y es importante respetar las instancias definidas, ya que de no coincidir los datos leídos presentaran error.

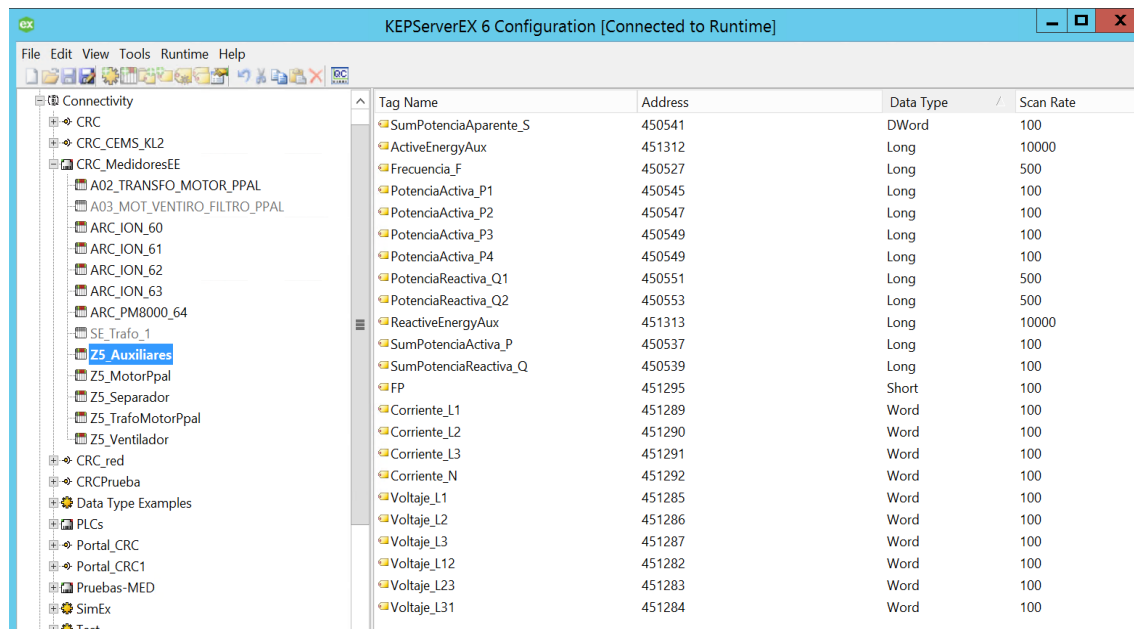
Figura 10

Configuración Tamaño Bloque de Contador en Kepsserver



Fuente. Figura Interfaz gráfica de configuración de los tamaños de los bloques de transmisión de datos, esta configuración indica que el contador envía paquetes de datos de 16 bits.

Una vez configurado el nodo o medidor, y utilizando el mapeo suministrado por el fabricante donde especifica el registro de lectura para las variables o magnitudes que serán transferidas desde el medidor, como se aprecia en la Figura 11, se puede asociar el registro con la variable, por ejemplo, el registro 450527 está asociada a la frecuencia, se aprecia el tipo de dato y tiempo de escaneo, asociando los registros es la forma como se leerá todas las variables transferidas por el medidor. En esta etapa de asociar el registro, entiéndase como la secuencia de números que se relacionan con una variable del contador, fue una etapa de mucha investigación ya que en los manuales no se encontraba explícitamente el número del registro.

Figura 11*Configuración de las Variables de Contador en Kepserver*


Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate
SumPotenciaAparente_S	450541	DWord	100
ActiveEnergyAux	451312	Long	10000
Frecuencia_F	450527	Long	500
PotenciaActiva_P1	450545	Long	100
PotenciaActiva_P2	450547	Long	100
PotenciaActiva_P3	450549	Long	100
PotenciaActiva_P4	450549	Long	100
PotenciaReactiva_Q1	450551	Long	500
PotenciaReactiva_Q2	450553	Long	500
ReactiveEnergyAux	451313	Long	10000
SumPotenciaActiva_P	450537	Long	100
SumPotenciaReactiva_Q	450539	Long	100
FP	451295	Short	100
Corriente_L1	451289	Word	100
Corriente_L2	451290	Word	100
Corriente_L3	451291	Word	100
Corriente_N	451292	Word	100
Voltaje_L1	451285	Word	100
Voltaje_L2	451286	Word	100
Voltaje_L3	451287	Word	100
Voltaje_L12	451282	Word	100
Voltaje_L23	451283	Word	100
Voltaje_L31	451284	Word	100

Fuente. Figura Interfaz gráfica de configuración de variables con información que se pueden extraer de los contadores por medio de Kepserver.

En la Figura 12 se puede ver el listado que da el manual para medidores Diris que entrega el fabricante (MODULE_ETHERNET_A40_536181A) que también se puede encontrar en la página principal de Socomec para la configuración de las variables y sus tamaños en Bits.

Figura 12

Registros y Tamaños de Datos

1 > TABLE C550 Hex : Main measurements allocated from CT (current transformer) and VT (voltage transformer) values

Decimal address	Hex. address	No. of words	Description	Unit	JBUS function available
50512	C550	2	hour meter	1/100 h	3
50514	C552	2	phase to phase voltage U12	V/100	3
50516	C554	2	phase to phase voltage U23	V/100	3
50518	C556	2	phase to phase voltage U31	V/100	3
50520	C558	2	phase to neutral voltage phase 1	V/100	3
50522	C55A	2	phase to neutral voltage phase 2	V/100	3
50524	C55C	2	phase to neutral voltage phase 3	V/100	3
50526	C55E	2	frequency	Hz/100	3
50528	C560	2	phase current 1	mA	3
50530	C562	2	phase current 2	mA	3
50532	C564	2	phase current 3	mA	3
50534	C566	2	neutral current	mA	3
50536	C568	2	Σ active power +/-	kW/100	3
50538	C56A	2	Σ reactive power +/-	kvar/100	3
50540	C56C	2	Σ apparent power	kVA/100	3
50542	C56E	2	Σ power factor -: leading and + : lagging	0,001	3
50544	C570	2	active power phase 1 +/-	kW/100	3
50546	C572	2	active power phase 2 +/-	kW/100	3
50548	C574	2	active power phase 3 +/-	kW/100	3
50550	C576	2	reactive power phase 1 +/-	kvar/100	3
50552	C578	2	reactive power phase 2 +/-	kvar/100	3
50554	C57A	2	reactive power phase 3 +/-	kvar/100	3
50556	C57C	2	apparent power phase 1	kVA/100	3
50558	C57E	2	apparent power phase 2	kVA/100	3
50560	C580	2	apparent power phase 3	kVA/100	3
50562	C582	2	power factor phase 1 -: leading and + : lagging	0,001	3
50564	C584	2	power factor phase 2 -: leading and + : lagging	0,001	3
50566	C586	2	power factor phase 3 -: leading and + : lagging	0,001	3
50568	C588	2	Reserved for manufacturer	-	3
50570	C58A	2	Reserved for manufacturer	-	3

Fuente. Podemos ver en esta figura todos los datos que se pueden tomar de los medidores Diris que se tienen montado y sus unidades de medida, además sus tamaños de bits. Tomado del manual del fabricante entregado en el montaje del proyecto

Una vez configurado los nodos, y revisar que existe conexión con los medidores de campo, en la plataforma se configura en la pasarela de Iot Gateway cada nodo donde enviará la información hacia la plataforma superior, como se puede ver en la Figura 13, adicionalmente también se observan los valores de las variables o magnitudes que está enviando el Kepserver,

valores como potencia, voltajes en fase, línea, corrientes y frecuencias, también se aprecia el tipo de dato, fecha y calidad el dato, con esto se tiene la certeza que los datos son correctos y están dentro de los rangos escala esperados.

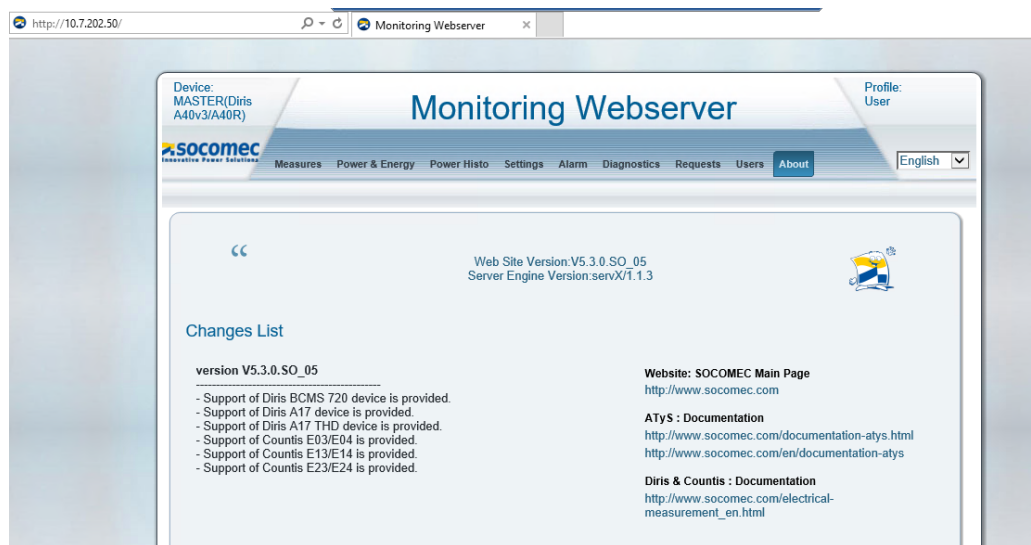
Figura 13

Verificación de Conexión y Datos de los Contadores

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Cou..
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.ActiveEnergySep	Long	4909	10:20:32.165	Good	1
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Corriente_L1	Double	10.68	10:44:35.661	Good	1021
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Corriente_L2	Double	10.92	10:44:33.735	Good	1034
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Corriente_L3	Double	10.74	10:44:36.992	Good	1045
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Corriente_N	Double	0.2	10:44:03.792	Good	13
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Frecuencia_F	Double	60.01	10:44:36.801	Good	737
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.PotenciaActiva_P1	Double	39.61	10:44:36.600	Good	1330
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.PotenciaActiva_P2	Double	40.37	10:44:36.600	Good	1337
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.PotenciaActiva_P3	Double	39.91	10:44:36.600	Good	1351
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.PotenciaReactiva_Q1	Double	6.55414E+0...	10:44:36.801	Good	1185
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.PotenciaReactiva_Q2	Double	6.55414E+0...	10:44:36.801	Good	1181
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.PotenciaReactiva_Q3	Double	6.55414E+0...	10:44:36.801	Good	1187
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.ReactiveEnergySep	Long	0	10:20:32.214	Good	1
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.SumPotenciaActiva_P	Double	119.89	10:44:36.616	Good	1378
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.SumPotenciaAparente_S	Double	125.67	10:44:36.616	Good	1374
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.SumPotenciaReactiva_Q	Long	-1492071879	10:44:36.616	Good	1388
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Voltaje_L1	Double	3884.65	10:44:35.661	Good	1279
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Voltaje_L2	Double	3883.55	10:44:36.992	Good	1290
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Voltaje_L3	Double	3879.15	10:44:35.661	Good	1273
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Voltaje_L12	Double	6730.9	10:44:36.992	Good	1321
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Voltaje_L23	Double	6719.35	10:44:36.992	Good	1319
CRC_MedidoresEE.Z5_Separador.Voltaje_L31	Double	6724.85	10:44:36.992	Good	1331

Fuente. En la columna Value se ve los datos que están transmitiendo en tiempo real el contador de energía a Gateway Kepserver y en el Item ID se identifica el Tag con el cual se reconoce cada dato.

Todos estos datos se sacaron de la ruta que está en el web server de el medidor de energía, como se puede ver en la Figura 14, con estos datos se pudo configurar en el Kepserver.

Figura 14*Webserver con Link de Información para Configuración*

Fuente. Este webserver se puede utilizar cuando se adquieren equipos Socomec entrando a la IP configurada en el equipo. Tomado desde webserver Socomec

Con la configuración de los activos en la plataforma se logra la transferencia correcta de los datos desde los medidores hasta la pasarela de conectividad, con esto se puede obtener toda la base datos que contiene información de importancia para el seguimiento y control en la plataforma superior, gestionando la información de manera automática, y en tiempo real, donde se puede crear bases de datos que se analizarán en la plataforma superior como se verá en el siguiente capítulo.

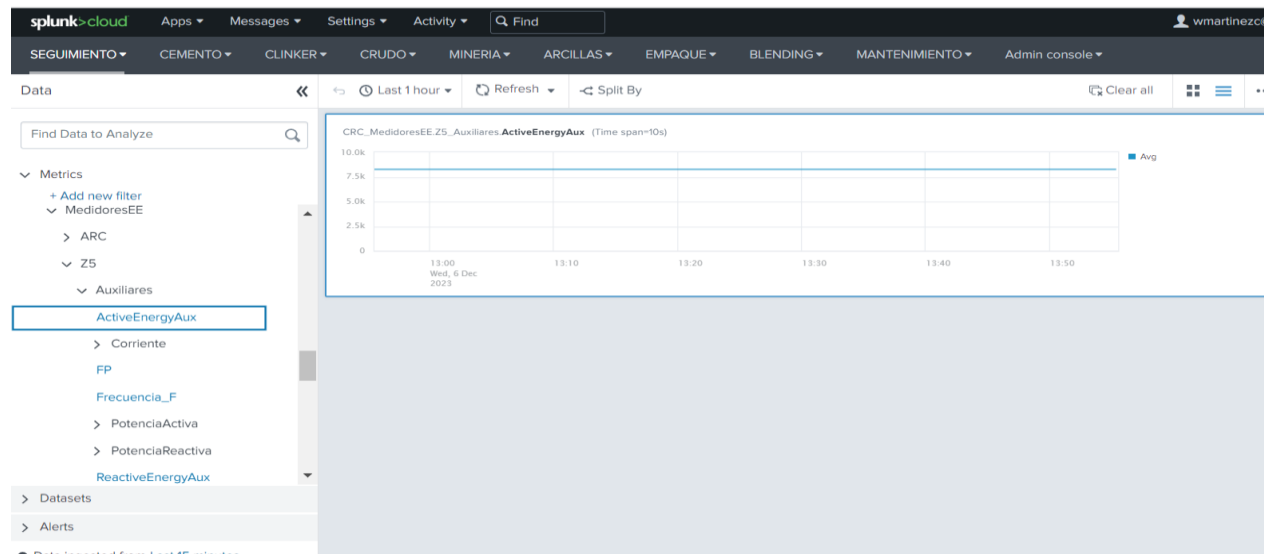
Interfaz en Software Integrador

La interfaz gráfica es el elemento de interacción con el operador o usuario que permitirá analizar, observar, y revisar todas las variables adquiridas, en esta se podrá observar de manera gráfica y numérica los valores de las magnitudes eléctricas extraídas desde los medidores de campo, presentándose de una manera estructurada, que permite generar tendencias en tiempo por lapsos mínimos de 1 segundo, también permite generar y descargar base de datos que podrán ser analizados en plataformas externas mediante archivos de extensión común como .csv.

Como la información ya ha sido enviada desde la pasarela de conexión, se debe configurar los nodos y la interfaz en la plataforma Splunk, esto se realiza matriculando cada uno de los nodos o medidores en la base de datos de la plataforma, donde se genera una carpeta y esta a su vez contendrá los medidores que se desplegarán en los gráficos, como se aprecia en la Figura 16 se crea el árbol de activos o nodos de los medidores, y automáticamente inicia la transferencia de datos, la forma de configuración es matricular el nodo con los caracteres alfanuméricos designados en la plataforma de conectividad Kepserver, una vez matriculada la etiqueta puede ser llamada en los gráficos de la plataforma.

Figura 15

Configuración del Tag desde Splunk

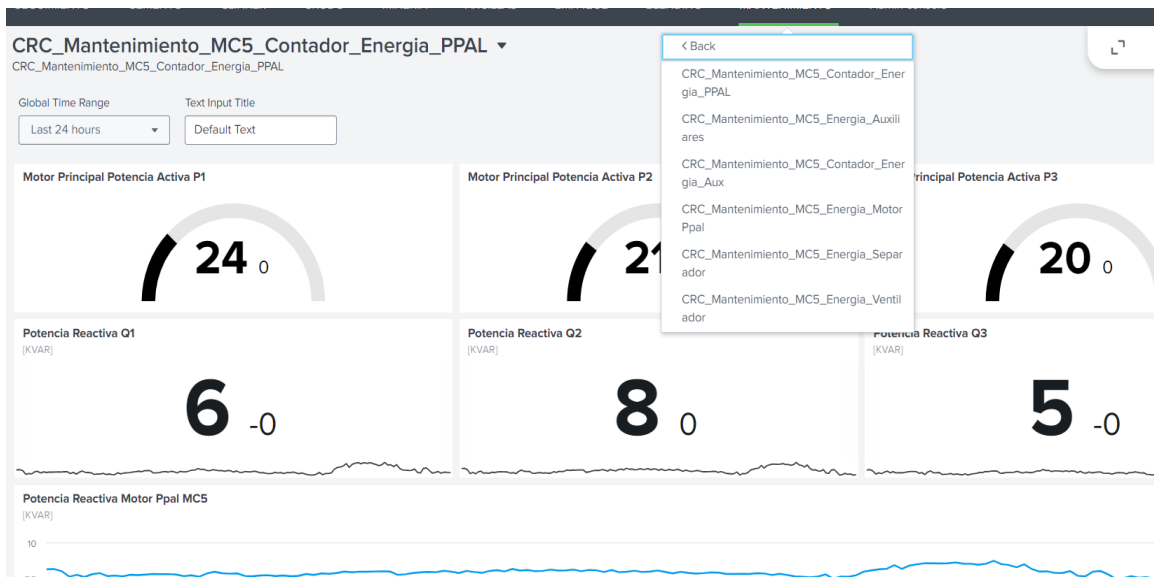


Fuente. Interfaz gráfica de la plataforma Splunk donde se llaman los Tag desde Kepsriver para poder utilizarlos. Plataforma Splunk con licencia imágenes creadas según necesidad.

Creadas las etiquetas, se crean las ventanas o pestañas para los activos que se desean desplegar, la plataforma es versátil y permite la libertad de crear gráficos, bloques y en general el diseño que desee presentar en las pantallas creadas, según arquitectura u organización del diseñador, como se aprecia en Figura 16 se crearon 6 pestañas para los medidores asignados en el área, contador general de la sección molino, contador de equipos auxiliares, contador del motor principal del molino, contador del separador, contador del ventilador de tiro del molino, una vez creada las pestañas se crea una página en blanco en la cual se diseña y desarrolla los contadores agregando las etiquetas creadas.

Figura 16

Creación de la Interfaz Gráfica Splunk.

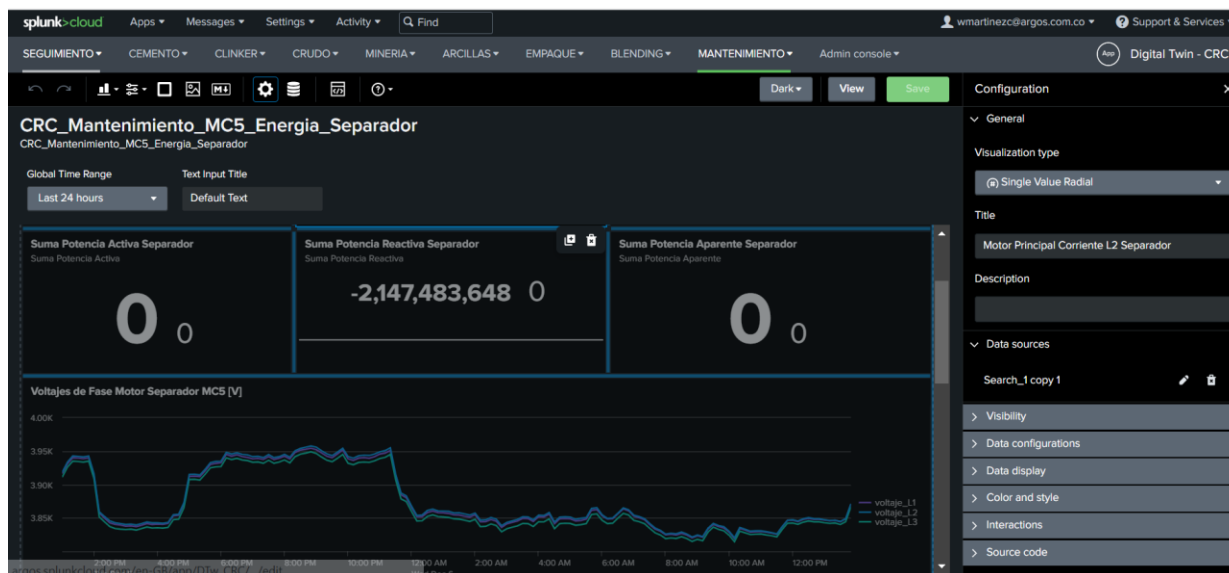


Fuente. Figura creada en plataforma Splunk para graficar. Plataforma Splunk con licencia imágenes creadas según necesidad

Creadas las pestañas o ventanas, se procede a crear los HMI e interfaz gráficas, primero se crea el dashboard general que es donde se animaran los bloques de datos gráficos de los medidores, Splunk ofrece una librería amplia de bloques tipo visual, tipo Barra, numérica, animada en tendencia que se puede seleccionar según sea el criterio de usuario, para los medidores se selecciona el tipo numérico y tendencia, como se nota en la Figura 17, se crean los bloques en el dashboard principal nombrado Crc Mantenimiento energía, en este se crean los bloques gráficos por cada variable, frecuencia, voltaje, corriente, etc. y se ajustan valores generales como color, tamaño, fuente y demás características que permitan una vista amigable y de fácil entendimiento para el usuario.

Figura 17

Creación de la Interfaz Gráfica Splunk

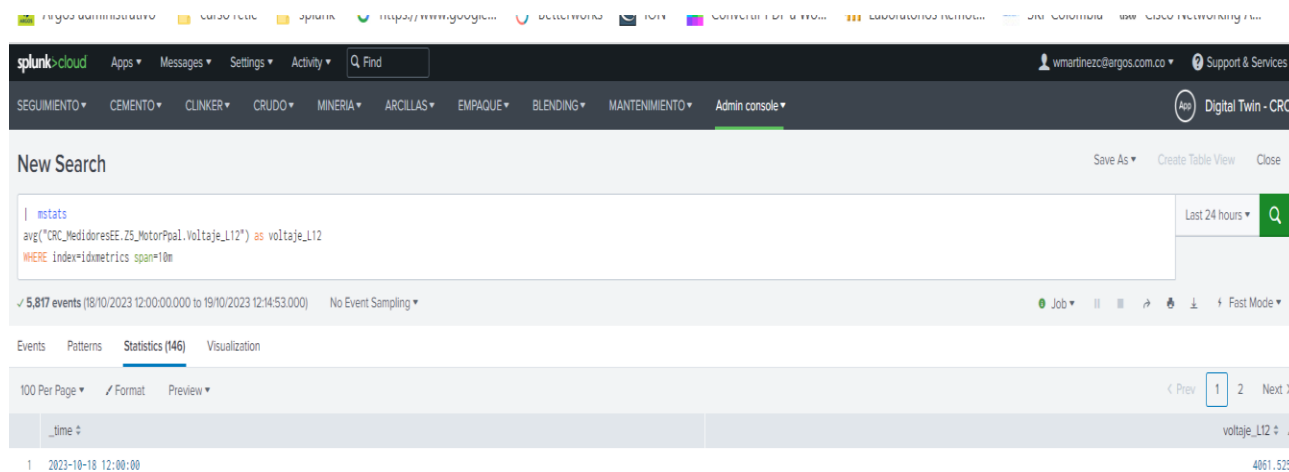


Fuente. Figura creada en plataforma Splunk para graficar. Plataforma Splunk con licencia imágenes creadas según necesidad

Una vez creado el dashboard, los bloques gráficos y teniendo las etiquetas matriculadas, lo que resta es asignar cada etiqueta a los bloques, en la Figura 18 se puede observar el código de programación donde se declara la variable y se asigna al bloque gráfico, este proceso se repite para cada variable y permitirá observar el valor real que está siendo enviado por el medidor de campo.

Figura 18

Lectura del Tag desde Splunk

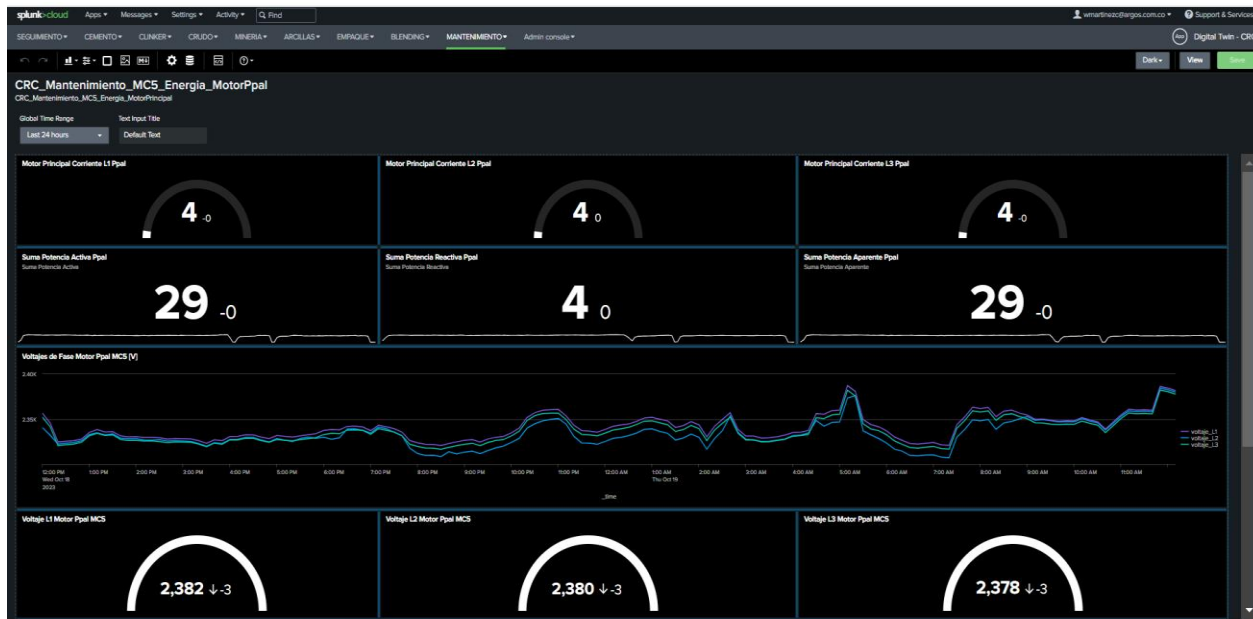


Fuente. En esta figura se hace el programa Splunk con el cual se llama el tag y se asigna a un tag interno que se necesita para poder leer el dato y manipularlo.

Creada la interfaz y asociada las etiquetas, se aprecia los valores en tiempo real, de los datos transferidos, en la Figura 19 se observa la tendencia que se generó en el tiempo y los valores numéricos en los bloques gráficos, para las variables de voltaje, corriente, frecuencia. Etc, en este punto el usuario podrá desplegar la información, generar tendencias y crear base de datos, la plataforma Splunk funciona de manera intuitiva lo cual permite que los usuarios sin experiencia interactúen fácilmente.

Figura 19

Visual Parámetros en Dashboard Splunk



Fuente. Figura creada en plataforma Splunk para graficar. Plataforma Splunk con licencia imágenes creadas según necesidad

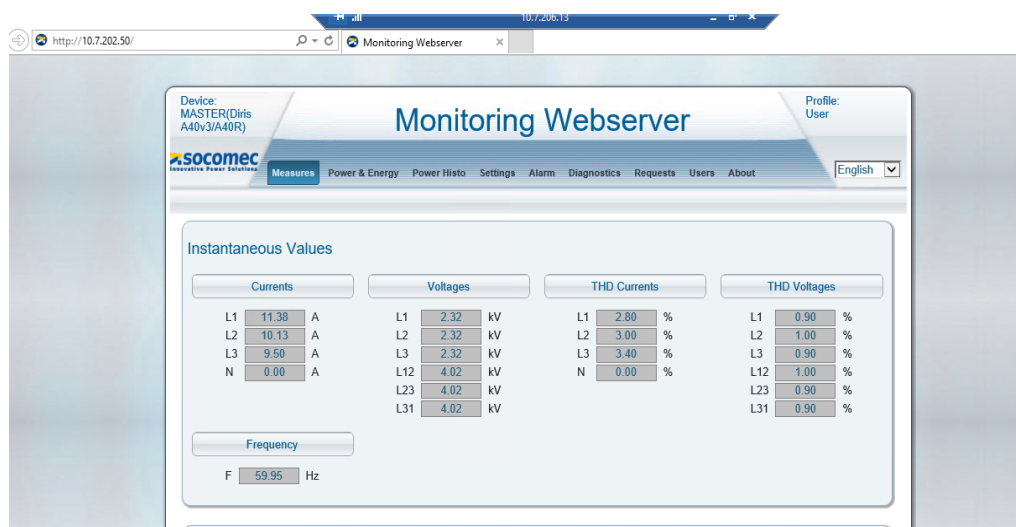
La conexión y transferencia de la información permite un sin número de posibilidades en el análisis de información, tanto como elemento de control y seguimiento, como proactivo al permitir analizar datos en el tiempo que permiten tomar decisiones en función del proceso, costos, productividad, ahorro y optimización, al tener datos que tienen trazabilidad en el tiempo, da la posibilidad de confrontarlos contra variables de consumo y producción que mediante la correlación permitan tomar medidas de cara a la optimización del proceso.

Estos datos en el Splunk pueden ser contrastados con el web server de el medidor de energía Diris A40, ya que en este web server se tiene todas las medidas de energía consumida, potencia, corriente y todos datos que se pueden tomar del medidor, estas medidas se muestran en

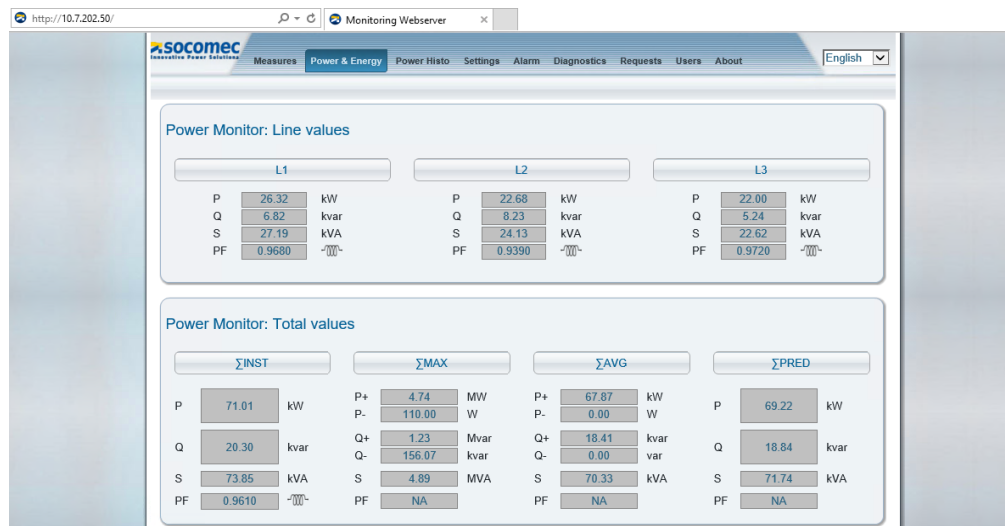
las Figuras 20 y 21, al poder verificar que la información sea correcta, el fabricante de los medidores ofrece módulos de historial y tendencias que generan costos extras para la aplicación, además de requerir módulos de enlace adicionales y servidores locales para el almacenamiento, mediante la aplicación de Splunk, se optimiza el proceso dado que la base de datos es almacenada en la nube, y no requiere de costos adicionales ya que la plataforma aplica para procesos tanto productivos como de mantenimiento.

Figura 20

Medidas en el Webserver del Medidor de Energía.



Fuente. Este webserver se puede utilizar cuando se adquieren equipos Socomec entrando a la IP configurada en el equipo. Tomado desde webserver Socomec

Figura 21*Medidas de Potencia en el Webservice del Medidor de Energía*

Fuente. Este webservice se puede utilizar cuando se adquieren equipos Socomec entrando a la IP configurada en el equipo. Tomado desde webservice Socomec

Tendencias de las Variables Medidas

Es importante conocer las tendencias y comportamientos de las variables en periodos de tiempo dentro del proceso productivo por eso toma importancia el poder extraer la información por medio de gráficos o archivos en un periodo de tiempo que pueda definir el usuario y que permita correlacionar las variables, donde se puedan identificar cambios, que permitan tomar acciones de cara a una optimización o identificación de anomalías en un proceso.

Las tendencias de las variables eléctricas toman importancia en cualquier proceso productivo ya que son el reflejo del funcionamiento en general de cualquier sistema, siendo el consumo eléctrico un indicador primario, tanto por el costo que tiene la energía como por el reflejo en la operación donde muestra si los equipos están trabajando equilibrados refiriendo a

carga o por el contrario está en sobre carga, en la Figura 22 se puede observar las tendencias de voltaje en uno de los motores principales teniendo en cuenta las 3 fases del motor, allí fácilmente por tendencia se puede identificar si el motor ha sufrido picos de voltaje que puedan generar una condición de fallo en las bobinas y a su vez tomar control sobre las variaciones de voltaje que se presentan en la red.

Figura 22

Grafica de los Voltajes por Fase del Separador de Cemento 5



Fuente. Figura creada en plataforma Splunk para graficar. Plataforma Splunk con licencia imágenes creadas según necesidad

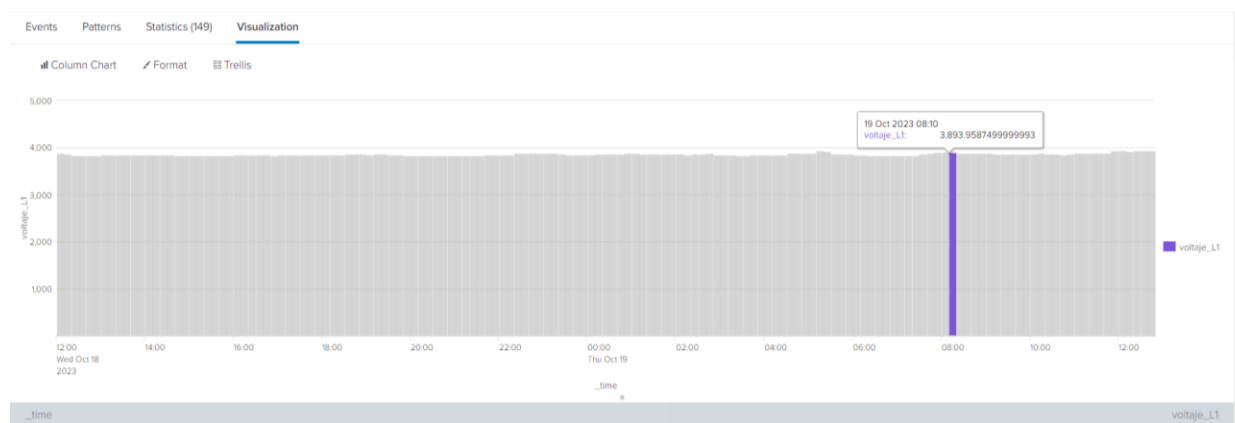
Otra análisis que se genera desde la tendencia con los valores medidos de potencia y corriente es conocer los valores de consumo que se están generando en el proceso, al medir el consumo eléctrico vs producción que para el caso pertenecen a un molino de cemento de 130 t/h, permiten calcular el valor de KW/t, este dato permite optimizar el proceso, ya que se puede tomar acciones sobre la alimentación de materia prima, ajustando el valor de producción vs

consumo energía, con la generación de la tendencia en línea el dato se puede confrontar contra producción en periodos definidos por el usuario que normalmente sería diarios.

Desde mantenimiento las tendencias pueden ser útiles para el análisis de condiciones eléctricas, permitiendo analizar de manera predictiva y preventiva los motores principales y alimentación de equipos auxiliares, los magnitudes eléctricas pueden advertir acerca de cambios que pueden generar un fallo futuro en un motor, la descompensación de las corrientes es un indicador que el sistema no está operando correctamente, el incremento de corriente o desbalance de fases, son alertas que pueden ser verificadas por medio de las tendencias y que pueden ser detectadas en comparación de las magnitudes durante el tiempo, aplicando la curva de probabilidad de falla, dentro de la metodología de RCM, donde se requiere las tendencias para el análisis de cambios en el tiempo, que permiten conocer el comportamiento y su vez las desviaciones como el inicio de una falla potencial. En la Figura 23 se observa el comportamiento de una variable, la gráfica presenta el valor de la magnitud vs tiempo donde permite observar y analizar las variaciones presentadas.

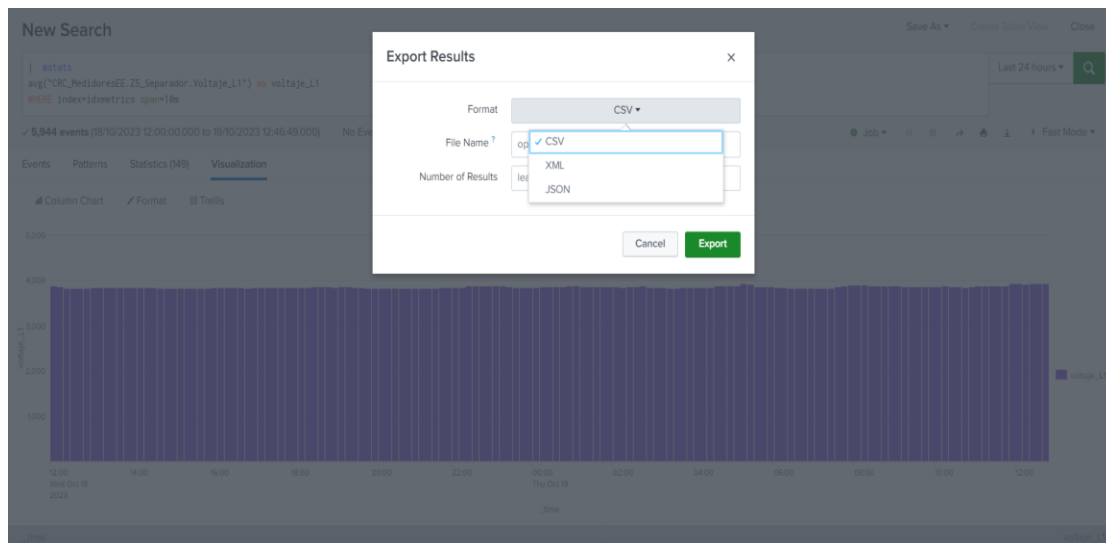
Figura 23

Muestra de Toma de Datos de los Voltajes Cemento 5



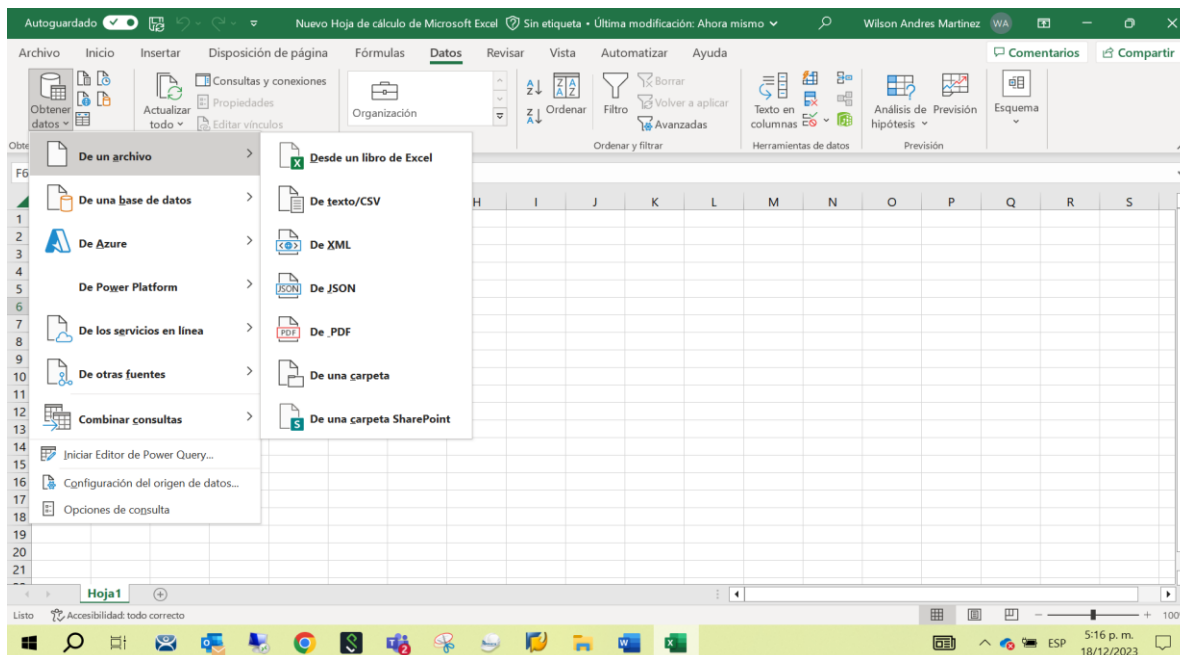
Fuente. Figura creada en plataforma Splunk para graficar. Plataforma Splunk con licencia imágenes creadas según necesidad

Splunk permite descargar la base de datos para realizar análisis en plataformas externas, es flexible con la data, y a través de archivos de extensión común como CSV, XML, JSON, se generan las descargas en los periodos que requiera el usuario, en la Figura 24 se muestra en qué tipo de archivos se puede descargar los datos.

Figura 24*Exportación de Datos desde Splunk a Excel*

Fuente. Figura de la plataforma Splunk donde se ven los tipos de datos como se pueden exportar la información.

La base de datos descarga puede ser analizada en Excel o cualquier otro software de análisis de dato que se utilice en el mercado, en la Figura 25 se aprecia un ejemplo de base de datos que es de fácil manipulación y es del común de la base de datos generadas para análisis. Se realiza la descarga en la extensión requerida y se genera el procedimiento de carga archivo en Excel en la pestaña de obtener datos y transformar datos, como se aprecia en la Figura 25 se cuenta con las extensiones .CSV o XML, allí se selecciona el archivo deseado y se debe tener en cuenta las configuraciones de los delimitadores para que los datos sean concordantes, al igual que se genere un orden entendible y que permita realizar gráficos o aplicación de alguna fórmula o macro en la información descargada.

Figura 25*Exporte de Datos desde Splunk a Excel*

Fuente. Pagina creada en Excel por Splunk, para guardar la información.

En la Figura 26 se aprecia un ejemplo de datos importados desde la plataforma hasta Excel, en la primera columna se tiene el dato de tiempo, en día/mes/año Hora/minuto/segundo y en la segunda columna se tiene el valor capturado en el instante de tiempo, es valor es un dato real por lo cual cuenta con decimales, pero Splunk puede generar valores en enteros según la necesidad.

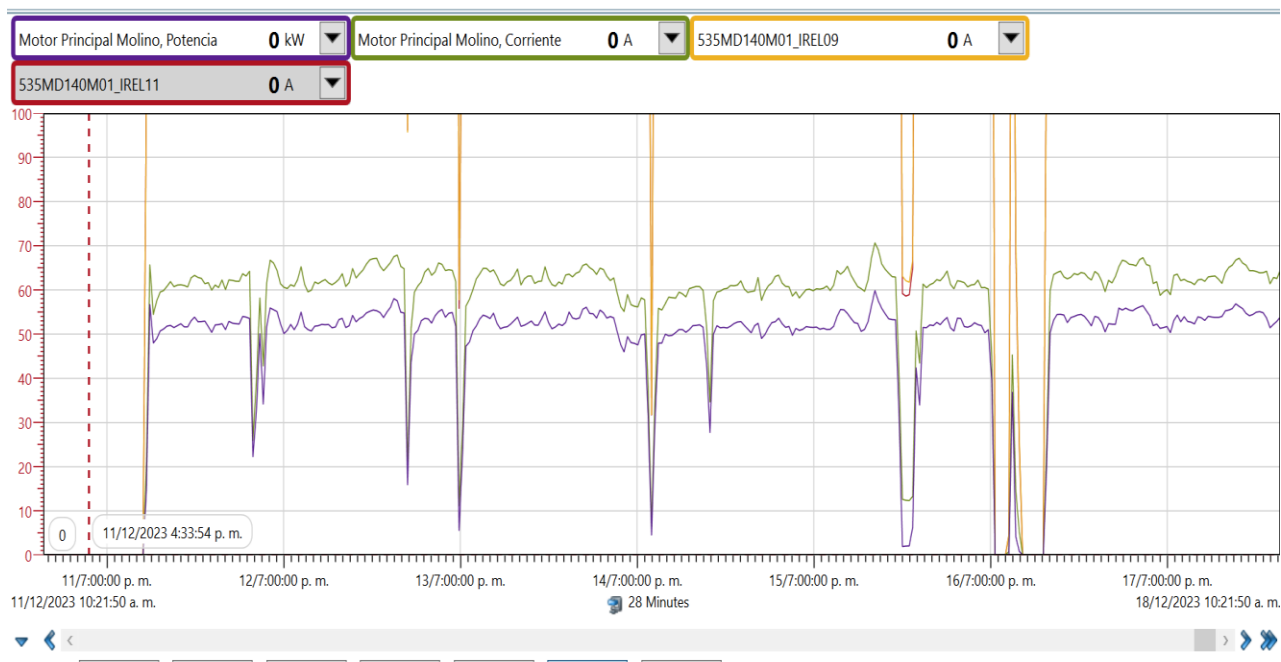
Figura 26

Datos de Splunk en Excel

	_time	voltaje_L1
1	18/10/2023 12:00:00 p. m. -04:00	3,88399E+16
2	18/10/2023 12:10:00 p. m. -04:00	3,86528E+16
3	18/10/2023 12:20:00 p. m. -04:00	3,83136E+16
4	18/10/2023 12:30:00 p. m. -04:00	3,8331E+16
5	18/10/2023 12:40:00 p. m. -04:00	3,83416E+16
6	18/10/2023 12:50:00 p. m. -04:00	3,83731E+15
7	18/10/2023 1:00:00 p. m. -04:00	3,84898E+16
8	18/10/2023 1:10:00 p. m. -04:00	385460625
9	18/10/2023 1:20:00 p. m. -04:00	3,85003E+15
10	18/10/2023 1:30:00 p. m. -04:00	385081125
11	18/10/2023 1:40:00 p. m. -04:00	384305625
12	18/10/2023 1:50:00 p. m. -04:00	3,8411E+16
13	18/10/2023 2:00:00 p. m. -04:00	3,84169E+16
14	18/10/2023 2:10:00 p. m. -04:00	38401275
15	18/10/2023 2:20:00 p. m. -04:00	38407875
16	18/10/2023 2:30:00 p. m. -04:00	3,83952E+16
17	18/10/2023 2:40:00 p. m. -04:00	3,83714E+16
18	18/10/2023 2:50:00 p. m. -04:00	383840875
19	18/10/2023 3:00:00 p. m. -04:00	3,83801E+16
20	18/10/2023 3:10:00 p. m. -04:00	383772125
21	18/10/2023 3:20:00 p. m. -04:00	3,83459E+16
22	18/10/2023 3:30:00 p. m. -04:00	3,83055E+16

Fuente. Pagina creada en Excel por Splunk, para guardar la información.

En la Figura 27 se puede observar un ejemplo de gráfico en un sistema experto ECS de Flsmidth con valores extraídos desde Splunk, los datos fueron transmitidos y estos permiten generar gráficos que pueden mostrar claramente el comportamiento de las variables en el tiempo, donde se aprecia el cambio en los rangos o escalas predefinidas y que varían en el tiempo, con estos valores se pueden analizar comportamientos de las variables, conocer sus cambios, mínimos y máximos, valores promedios, picos en el proceso e información relacionada con el proceso y los equipos.

Figura 27*Gráficos en Sistema Experto*

Fuente. Programa licenciado ECS, imagen creada para mostrar los gráficos

Conclusiones

A través de la implementación se logró transferir los datos de energía desde los medidores de campo hasta la plataforma de conectividad, dando como resultado la transferencia exitosa de las variables en tiempo real desde cada uno de los medidores.

Se genero la interfaz gráfica con los datos de energía en el software integrador, creando un tablero con los bloques de variables necesarios para la interacción entre el usuario y la interfaz, permitiendo de manera simple interactuar con los datos proporcionados por esta.

Mediante la generación de tendencias desde las data obtenida se pudo generar gráficos de comportamiento en las variables eléctricas, donde se presenta la posibilidad al usuario de generar análisis de comportamiento para la optimización de sus procesos o la implementación de análisis predictivo para el módulo de mantenimiento en temas relacionados con las magnitudes eléctricas y el comportamiento de los motores y red eléctrica del área.

Este proyecto puede ser escalado al punto de utilizarlo como sistema integrado de energía en planta, con el análisis de los datos obtenidos de los contadores de energía ya integrados al Splunk además de la programación de reportes automáticos si ciertas condiciones se cumplen y afectan el consumo de energía, ayudara a lograr los objetivos de ahorro de energía y eficiencia energética que tiene como meta la compañía.

Referencias Bibliográficas

- Blog Sicma21. (2021). *SCADA: qué es y cómo funciona*. <https://www.sicma21.com/scada-que-es-y-como-funciona/>
- Cementos Argos S.A. (2015). *Política Energética de Argos*. [Video de YouTube].
<https://www.youtube.com/watch?v=01or-tbvwCM>
- Cementos Argos S.A. (2022). *Reporte Integrado 2022*. <https://argos.co/wp-content/uploads/2023/03/Reporte-integrado-2022.pdf>
- Fernández, M. (2018). *¿Qué es Consumo Energético?* <https://www.dexma.com/es/blog-es/que-es-consumo-energetico/#:~:text=El%20consumo%20energ%C3%A9tico%20es%20TODA,fabricar%20zapatos%20o%20pintura%20industrial.>
- Fernández, O. (2022). *Qué es Splunk y por qué Debería Importarte*.
<https://aprenderbigdata.com/splunk/>
- Figueroa-Cuello, A., Pardo-García, A., & Díaz-Rodríguez, J. (2017). Sistema control supervisor de clientes con acceso remoto para sistemas solares fotovoltaicos autónomos. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, 7(2), 367–378.
<https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n2.2017.6104>.
- Gómez, L. (2019). Gestión de los recursos domiciliarios desde la utilización de software y hardware libre. *Revista Mutis*, 9(1), 40–49. <https://doi.org/10.21789/22561498.1461>.
- Portal Comunicare. (s.f). *Comunicación inalámbrica: qué es, ventajas y desventajas*.
<https://www.comunicare.es/comunicacion-inalambrica-que-es-ventajas-y-desventajas/>
- PTC. (s.f). *KEPServerEX: One Data Source for Your Industrial Automations*.
<https://www.ptc.com/en/products/kepware/kepserverex>

Apéndices

Apéndice A

Equipos y Software

Dentro del mercado existen diferentes softwares de integración para medidores de energía que son gratuitos y otros que tiene costo de licencia, dentro de estos podemos encontrar

Monitoreo Webservice Socomec

- Aplicación

Permite monitorear las variables y magnitudes eléctricas tomadas desde el medidor como corriente, voltaje y potencias, puede calcular promedios, mínimos, máximos instantáneos además de generar historial de las medidas hasta por 1 año, puede generar reportes y configurar set de alarmas por el usuario, permite obtener datos desde la activación de la tabla de mapeo y permite conexión desde vía web server totalmente administrable.

- Limitantes

Como limitante el software no permite interconexión con otras plataformas, no permite multiconexión con los medidores, ya que la gestión es 1 medidor a la vez por cada ventana lo cual obliga a abrir múltiples ventanas por cada conexión, tiene limitación en la lectura total de los datos y no permite transferir datos hacia conexiones externas y solo permite conexiones ethernet Ip

Deepenergy

- Aplicación

Este Software tiene costo de licencia y el valor se define por la cantidad de medidores a conectar en la plataforma permite leer datos en Tiempo Real visualización y Almacenamiento de los datos a tiempo real así como, Históricos evolución de consumos, generación de múltiples

informes y cientos de gráficos también, alertas configuración de una variedad de alarmas que se necesiten con el envío inmediato o programado y por último, tarifas configuración suministros (con tipo de tarifa, potencias, etc.)

Por otro lado, Simulación de Facturas: Por suministro principal (fijo, pool, etc.), por centro de coste, etc.

así como, Informes Personalizados: Según las necesidades de supervisión y control

- Limitantes

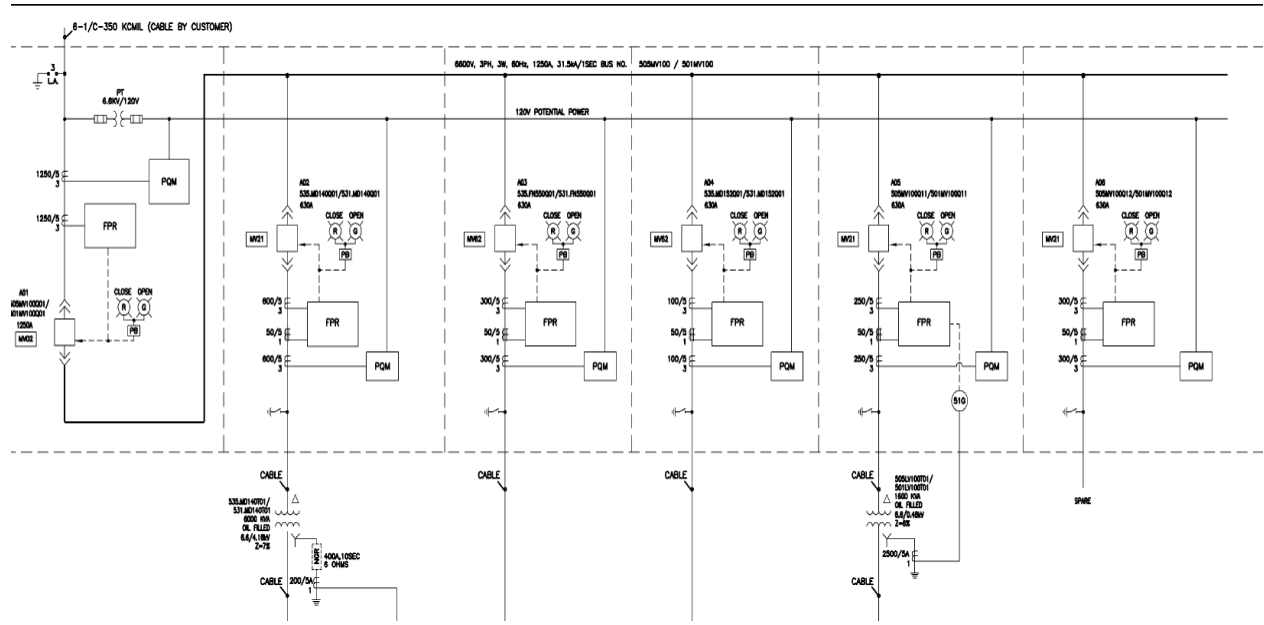
No permite conexión con otras plataformas en la nube ni tampoco soluciones dedicadas, solo se pueden configurar medidores Ethernet IP, si se requiere otro protocolo se debe montar un Gateway en medio para la conversión, tiene limitantes de conexión dado que requiere internet para la ejecución y tiene limitación de almacenamiento.

				20									
				0									
535.F	Swi	AB	1YHP00		IP41	7,2	6,6	75	125	630	6	3	20K
N550Q	tch	B	0036A0	IE		Kv	Kv	Kv	2 A	A	0	1.	v
01	G		749	C							H	5	
				62							z	K	
				27								a	
				1-									
				20									
				0									
535.M	Swi	AB	1YHP00		IP41	7,2	6,6	75	125	630	6	3	20K
D152Q	tch	B	0036A0	IE		Kv	Kv	Kv	3 A	A	0	1.	v
01	G		749	C							H	5	
				62							z	K	
				27								a	
				1-									
				20									
				0									
505M	Swi	AB	1YHP00		IP41	7,2	6,6	75	125	630	6	3	20K
V100Q	tch	B	0036A0	IE		Kv	Kv	Kv	4 A	A	0	1.	v
11	G		749	C								5	

62	H K
27	z a
1-	
20	
0	

Diagrama Unifilar

Diagrama unifilar celdas de media tensión donde están instalados los contadores de energía



Fuente. En este diagrama unifilar está el conexionado de potencia de las celdas de media tensión, se notan los transformadores de corriente con su relación de cambio y los transformadores de voltaje.

Imagen física de las celdas de media tensión



Fuente. Elaboración propia, Diego Guzman, 2023






Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente se tienen instalados de diferentes datos técnicos, según capacidad de celda y requerimientos de corriente según equipos a conectar.

Son:

- **3 transformadores de corriente celda de entrada**






Referencia de transformadores de corriente de la celda de entrada

Code	-BCT1	PN CTA-OT-D6K313-0020	Quantity	1	Manufacturer	DYH
Name	Current Transformer				TYPE LZZBJ9-12/185b/4	
TECHNICAL DATA 1250A/5A, C1:CL5P20, 15VA;C2:CL0.5, 15VA						
Symbol						
X-Ref	S/1.3C	S/8.2B	S/8.5B			

Fuente. Relación de transformación de 1250 a 5 amperios, son los datos técnicos de este transformador.

- **3 transformadores de corriente ventilador del filtro 535FN550U01**

Referencia de transformadores de corriente de la celda del ventilador

Code	-BCT1	PN CTA-OT-D6K313-0022	Quantity	1	Manufacturer	DYH
Name	Current Transformer				TYPE LZZBJ9-12/185b/4	
TECHNICAL DATA 300A/5A, C1:CL5P20, 10VA;C2:CL0.5, 10VA						
Symbol						
X-Ref	S/1.3C	S/8.2B	S/8.4B			

- **3 transformadores de corriente Motor del Separador 535MD152U01**

Referencia de transformadores de corriente de la celda del separador

Code	-BCT1	PN	CTA-OT-D6K313-0023	Quantity	1	Manufacturer	DYH
Name	Current Transformer					TYPE LZZBJ9-12/185b/4	
TECHNICAL DATA 100A/5A, C1:CL5P20, 10VA;C2:CL0.5, 10VA							
Symbol							
X-Ref	S/1.3C	S/9.2B	S/9.4B				

- 3 transformadores de corriente Motores Auxiliares

Referencia de transformadores de corriente de la celda de auxiliares

Code	-BCT1	PN	CTA-OT-D6K313-0024	Quantity	1	Manufacturer	DYH
Name	Current Transformer					TYPE LZZBJ9-12/185b/4	
TECHNICAL DATA 250A/5A, C1:CL5P20, 10VA;C2:CL0.5, 10VA							
Symbol							
X-Ref	S/1.3C	S/8.2B	S/8.4B				

- 3 transformadores de corriente celda 535MD140M01

Referencia de transformadores de corriente de la celda 535MD140M01

Code	-BCT1	PN	CTA-OT-D6K313-0025	Quantity	1	Manufacturer	DYH
Name	Current Transformer					TYPE LZZBJ9-12/185b/4	
TECHNICAL DATA 800A/5A, C1:CL5P20, 10VA							
Symbol							
X-Ref	S/1.3C	S/8.2B	S/1.4C				

Imagen de los transformadores de corriente



Fuente. Elaboración propia, Diego Guzman, 2023

Transformadores de Voltaje

Para todas las celdas aplica la misma referencia de transformador de voltaje

Son:

- **3 transformadores de Voltaje referencia**

Referencia de transformadores de voltaje de las celdas de media tensión

Code	-BAT1	PN	VTS-OTD07374423S-1	Quantity	1	Manufacturer	DYH
Name	Voltage Transformer					TYPE JDZXR-6C	
TECHNICAL DATA 6.6/v3 0.12/v3 0.12/3kV,50VA/CL0.5;50VA/3P							
Symbol							
X-Ref	S/1.3D	S/10.4B	S/10.4B	S/10.6B			

