

## Conformación del equipo de trabajo

Jessica Duarte Calderón (Estudiante de Ingeniería Química)

CC 1090483251

Jenderson Daniel Sisa Vásquez (Estudiante de Ingeniería en Energías)

CC 1018513554

Análisis de la Calidad de Energía de la Planta 5 de la Compañía Proeléctricos

Jessica Duarte Calderón

Jenderson Daniel Sisa Vásquez

Director

Luisa Fernanda Carvajal

Universidad EAN

Facultad de ingeniería

Bogotá

2023

**INDICE**

1.	<i>Resumen ejecutivo</i>	6
2.	<i>Introducción</i>	6
3.	<i>Objetivos</i>	7
3.1.	Objetivo general	7
3.2.	Objetivos específicos	8
4.	<i>Definición del problema</i>	8
5.	<i>Justificación</i>	9
6.	<i>Análisis de requerimientos</i>	10
7.	<i>Marco teórico</i>	15
8.	<i>Análisis de restricciones</i>	17
9.	<i>Metodología</i>	18
10.	<i>Análisis de costos</i>	22
11.	<i>Resultados</i>	24
12.	<i>Conclusiones</i>	33
13.	<i>Referencias.</i>	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> Analizador de red .....	10
<b>FIGURA 2</b> Transformador de corriente .....	11
<b>FIGURA 3</b> Personal calificado en diseño eléctricos .....	12
<b>FIGURA 4.</b> Personal calificado de diseño mecánico.....	13
<b>FIGURA 5</b> Tensiones registradas en el sistema.....	25
<b>FIGURA 6</b> corrientes registradas en el sistema .....	27
<b>FIGURA 7</b> Potencia consumida.....	29
<b>FIGURA 8</b> grafica de corriente y tensión dentro del sistema .....	30
<b>FIGURA 9</b> Armónicos generados dentro del sistema.....	32

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Costos asociados al proyecto .....</b>	<b>23</b>
---	-----------

## 1. Resumen ejecutivo

La empresa Proeléctricos emplea un analizador de red que monitorea los consumos de energía de las diferentes plantas que componen la compañía, en los últimos meses se dio apertura a una nueva instalación que recibió el nombre de Planta 5, en la cual se producen cajas eléctricas empleando equipos que fueron adquiridos de segunda mano. En la Planta 5 no se llevan a cabo monitoreos o registros sobre el consumo de energía, con lo cual se estima, se estén generando pérdidas económicas por ineficiencias en el sistema.

Con el fin de diagnosticar la operación en la Planta 5 se implementará un analizador de red PowerStudio SCADA de la marca Circutor. Este desarrollo permitirá realizar una evaluación de la calidad de energía, con el fin de identificar las pérdidas presentes en el sistema, dando recomendaciones para aumentar la eficiencia energética de la planta.

## 2. Introducción

La empresa Proelectricos es una empresa que lleva 65 años en la industria, y se encarga de la producción de materiales e insumos eléctricos. Se encuentra ubicada en el centro de Bogotá en la Calle 12a # 21-39 en el barrio Los Mártires, y cuenta con cinco Plantas en funcionamiento.

Hace cinco años la empresa Proelectricos implementó un sistema de medición de consumo energético con el que se verifica la energía aprovechada y evidencia las pérdidas energéticas y fallas en el sistema. Este sistema tiene como componente principal un analizador de red, el cual “va enfocado al estudio de los problemas de calidad de la energía [...] y se encarga de medir la mayoría de los parámetros de la potencia eléctrica, como son:

armónicas de voltaje, corriente, potencia aparente, factor de potencia, potencia activa y distorsión armónica” (Rivas y González, 2003, p. 2). La información obtenida, es registrada y archivada en una base de datos digital con el objetivo de hacer seguimiento a los consumos energéticos de las diferentes plantas, y en el caso de que presenten fallas o pérdidas se realizan las acciones correctivas pertinentes.

En enero del 2023, entra en funcionamiento la Planta número 5, la cual cuenta con dos inyectoras de plástico, “estas máquinas trabajan por medio de un sistema de inyección que funde el plástico, y lo inyecta en un molde cerrado, para que cuando el plástico se enfríe tome la forma del molde” (*Inyectoras de Plástico Perfectas Para Ti | Aeromaquinados*, n.d.), generando un producto. Estas inyectoras funcionan un promedio de 22 horas al día, por siete días a la semana, y durante este periodo de tiempo se realizan cajas de tipo 5800 para instalaciones eléctricas residenciales.

La nueva planta no cuenta con ningún seguimiento o control de consumo energético, y no está conectada al sistema de medición con la que cuentan las demás plantas de la compañía, por esto, se buscará unificar todas las plantas con el analizador de red, procurando obtener una buena eficiencia energética en toda la compañía.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Proponer medidas de mejora dentro de la Planta cinco, con base en el diagnóstico basados en resultados obtenidos a partir de la implementación del analizador de red.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Implementar de forma segura el analizador de red PowerStudio SCADA, en la Planta número 5 de la compañía Proelectricos.
- Diagnosticar el funcionamiento de las inyectoras presentes en la Planta 5, identificando fallas en el sistema o pérdidas energéticas.

## **4. Definición del problema**

Las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción de artículos en serie, a partir de polímeros para la industria eléctrica, se encuentran diariamente con diversos problemas en el mercado. La alta competencia en la industria y los precios bajos han hecho que se busque la optimización en los procesos para mantener un buen margen económico y calidad, por la cual es reconocida la empresa Proelectricos en la industria. (Augusto & Hurtado, 2006).

Dentro de los problemas presentes en la Planta número 5 de la empresa Proelectricos, se encuentra que las inyectoras implementadas en la empresa han venido trabajando constantemente sin hacer un seguimiento de los parámetros de consumo de energía. Adicionalmente no se puede garantizar que las inyectoras tengan un consumo óptimo dentro de la Planta cinco. A sí mismo durante la operación de la planta no se han tenido en cuenta las posibles pérdidas que se pueden estar generando en el sistema eléctrico. Todos estos constituyen factores que podrían estar generando un consumo de energía mayor al necesario y por ende pérdidas económicas.

## 5. Justificación

Para dar desarrollo al proyecto y realizar un análisis óptimo en la empresa Proelectricos, es necesario hacer un seguimiento de los consumos de energía de la planta ya que las inyectoras de plástico de 800 toneladas, serie EKH, con servomotor; poseen varios motores eléctricos y aparatos electrónicos, estos son fuentes de energía reactiva que se genera cuando los equipos son conectados, a la red eléctrica y se producen campos magnéticos. Este tipo de energía reactiva no puede ser aprovechada por la empresa por el contrario representa una pérdida para el sistema eléctrico. (Ministerio de Minas y Energías, Resolución N° 195 de 2020).

Bajo la resolución 195 de 2020 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) se regula el transporte de energía reactiva y se establece los límites y costos que pueden llegar a pagar los usuarios finales por el transporte de este tipo de energía.

Con base en lo descrito se establece la necesidad de tener un control de los consumos, con el fin de evitar que la empresa entre en un pago de multas por consumo de energía reactiva. Y mitigar el consumo de esta.

A si mismo los servicios tales como aire comprimido, agua refrigerada y secadores, son vitales para la planta, y suman aproximadamente entre un 30% y el 35% de la energía consumida. La identificación y corrección de fugas por parte del aire comprimido pueden llegar a representar un 50 % de ahorro en el consumo. (Mobil,2017)

De igual manera se considera oportuno determinar una línea base que permita hacer seguimiento y comparación de la producción generada y los consumos que se presentan.

## 6. Análisis de requerimientos

Para implementar un analizador de red dentro de la Planta 5, que permita conocer los consumos que se están teniendo en relación al gasto de energía eléctrica, se necesita:

- Un analizador de red PowerStudio SCADA de la marca Circutor que permite realizar un análisis del estado de un sistema eléctrico de forma rápida y segura, a través de la medición y registro del voltaje y corriente consumido en la red. Permitiendo detectar posibles fallos que involucran pérdidas dentro del sistema. Vallejo, B (2019). Es necesario usar este tipo de analizador, debido a que en las otras plantas se tiene implementado este mismo sistema. la referencia SCADA solo permite conectar más analizadores y equipos de la misma referencia.

**FIGURA 1** Analizador de red



Fuente: Lovato\_electric (2022)

- Tres transformadores de corriente BLOX 100/5A, que permiten convertir la corriente que pasa a través de ellos en pequeñas señales, las cuales serán enviadas al analizador para poder leer los datos obtenidos de los consumos. Estos serán

instalados dentro de los tableros eléctricos por personal capacitado. Ya que el sistema es trifásico (tres fases) se necesitan tres transformadores, uno para cada fase.

**FIGURA 2** Transformador de corriente



Fuente. Ineldec Ingenieria Electrica (2023)

- Cable de cobre flexible número 16, con el cual se harán las conexiones internas del analizador, se escoge este cable debido a que solo se usará para mandar señales y no circulará una corriente muy elevada a través de él, de igual forma al ser flexible este permite mayor manejo al hacer la instalación.
- Terminal tipo canutillo, número 16, que se usará en las conexiones de los cables en cada uno de los equipos, este tipo de terminal ofrece mayor confiabilidad en las conexiones, ya que se puede conectar de forma más segura y con mayor calidad.
- Base adhesiva para amarres plásticos, que se usaran para sujetar los cables utilizados en la incorporación del analizador y transformadores.
- Amarre plástico que junto con las bases adhesivas permiten presentar de manera ordena el cable instalado.
- Espiral plástica de ½ pulgada, usada para forrar un grupo de cables brindando mayor protección a cualquier tipo de eventualidad.

- Marquillas de control termo encogibles, usadas para señalar e identificar cada uno de los cables de control dentro de los tableros eléctricos. Estas vienen con el nombre del origen y el destino del cable. Según como se especifique en el plano eléctrico. Se usan este tipo de marquillas por su facilidad de manejo y rápida identificación.
- Nuevos Planos eléctricos. Para la incorporación del analizador se deberá modificar los antiguos planos eléctricos o se generan unos nuevos acordes a la necesidad y por el personal competente. Ya que la empresa cuenta con una línea de negocio de venta de tableros y armarios eléctricos, esta cuenta con todos los programas, software y personal capacitado necesarios para realizar esta serie de planos.

**FIGURA 3** Personal calificado en diseño eléctricos



- Modificación de piezas. Se necesita hacer un nuevo diseño en una serie de piezas específicas dentro del tablero, para ello se necesita contar con nuevos planos

mecánicos contemplando los nuevos equipos instalados, estos deberán ser generados por el personal competente de la empresa.

**FIGURA 4.** Personal calificado de diseño mecánico



- Nuevas piezas fabricadas en lamina Cold Rolled y galvanizado calibres 16, 14, estas serán las piezas que permitirán instalar los nuevos equipos. Algunas piezas como la puerta que es necesario cambiarla contarán con un recubrimiento en pintura electroestática.
- Nueva OPE (Proceso Operación Estándar). Los planos tanto eléctricos como mecánicos modificados, el material usado, el tiempo gastado deberá ser registrado en una nueva orden de producción, o como se le dice dentro de la empresa una nueva OPE, que contará con un código único de producción que está dentro del sistema y contará además con el registro de todos los cambios generados.
- El personal encargado de realizar los cambios dentro del tablero para instalar los nuevos equipos deberá estar capacitado técnicamente, lo que garantice que conocen los riesgos a

los que se enfrentan y que están en conocimiento de las, normas de seguridad básicas como el auto cuidado y las reglas de seguridad técnicas como lo son las 5 reglas de oro para el personal eléctrico.

- El personal técnico debe contar con los elementos de protección personal (EPP) necesarios para realizar este tipo de trabajos, en este caso deberán poseer.
  - ✓ Guantes de poliuretano
  - ✓ Botas dieléctricas
  - ✓ Gafas de seguridad
  - ✓ Tapa oídos
  - ✓ Vestimenta de seguridad, pantalón de jean sin rotos, camisa manga larga sin botones metálicos.
  
- Para realizar esta serie de cambios el personal deberá contar con las siguientes herramientas
  - ✓ Pela cables
  - ✓ Cortafrío
  - ✓ Alicates
  - ✓ Destornilladores de pala y de estrella
  - ✓ Perillero de pala y de estrella
  - ✓ Ponchadora de terminal de tipo canutillo
  - ✓ Ponchadora de terminal de tipo ojo
  - ✓ Taladro
  - ✓ Atornillador de impacto
  - ✓ Taladro para broca

- ✓ Broca de ½ pulgada
- ✓ Broca de 1/8 de pulgada
- ✓ Broca de ¼ de pulgada
- ✓ Pulidora

## 7. Marco teórico

Dentro de la industria, la necesidad que se ha venido abriendo referente a los procesos de transformación de materiales, para obtener mayores beneficios técnicos y económicos ha ido desplazando a los materiales tradicionales (bronce, aluminio, fundición de hierro gris o de acero, etc.) dando paso, entre otros, a los procesos de inyección de plásticos.

Con el objetivo de lograr competitividad tanto en el ámbito nacional como internacional las industrias han venido modificando sus estrategias de trabajo, es así como el moldeo por inyección es una de las técnicas de procesamientos de plástico más usada, ya que ésta ofrece a la industria tiempo de ciclo más corto con buena de rentabilidad.

El proceso de moldeo por inyección consiste en fundir polímeros de plástico y hacerlo fluir bajo presión y temperatura en un molde, en el cual la pieza se solidifica y duplica su forma (García, 2012). La gran ventaja de este proceso es la posibilidad de fabricar piezas de geometrías complejas a altas velocidades de producción (Albarrán, 2014).

La cantidad de energía utilizada en el moldeo por inyección es variable, controlable y está directamente relacionada con la producción. El uso de maquinaria antigua no le está ahorrando dinero; puede estar generando mayor gasto en los procesos, lo que coloca a la empresa en una posición de desventaja frente a un mercado mayorista. Por esto es importante tener un sistema para analizar el gasto de energía que generan los equipos. (Mobil,2017)

Un Analizador de redes eléctricas se encarga de medir la mayoría de los parámetros de la potencia eléctrica, como son: armónicas de voltaje, corriente, potencia aparente, factor de potencia, potencia activa y distorsión armónica. (Rivas y González, 2003, p. 2). La energía reactiva es el tipo de energía absorbida o inyectada a la red por algunos equipos que para su funcionamiento necesitan un campo magnético, tales como motores, transformadores, ascensores, sistemas de bombeo de agua, compresores etc. Esta se entiende como la energía que ocupa espacio en las redes eléctricas y no es útil a la hora de hacer trabajo. Este tipo de energía satura las redes y es responsabilidad de las industrias reducirla a la mínima expresión para evitar problemas en la calidad de la energía. (Gesternova, 2014)

Por medio de la resolución 195 de 2020 de la CREG, se establece la metodología para el cálculo de las tarifas aplicables a los usuarios regulados del servicio de electricidad. En esta norma se estableció que los operarios de red o los usuarios finales pagarán por el transporte de energía reactiva, y que el operador de red tendrá la obligación de conectar equipos de medida de energía reactiva para identificar los usuarios que exceden los límites establecidos en la resolución. (Ministerio de minas y energías, Resolución N° 195 de 2020).

Anteriormente otras entidades han realizados estudios teniendo resultados haciendo uso de analizadores de red, uno de estos es un estudio realizado por la Universidad Autónoma del Occidente, en el cual haciendo uso de un analizador de red optimizaron una inyectora de plástico y lograron como conclusión “rediseñar el dispositivo, tener un avance tecnológico importante y se logra aumentar la calidad de nuestros productos notablemente lo cual es de gran importancia para aumentar la competitividad para abarcar un mercado más amplio”.

## 8. Análisis de restricciones

Las restricciones o impedimentos que se pueden presentar durante el desarrollo del proyecto pueden ser de diferentes tipos, ya que, este contará con varias etapas, donde pueden surgir diferentes inconvenientes.

Una posible restricción del proyecto puede ser de tipo legal, ya que se está trabajando sin una estabilidad, sin contratos o cláusulas de permanencia, y se realiza bajo las condiciones dadas por la empresa. Lo que indica que la empresa no está obligada a permanecer en el proyecto hasta que sea culminado y esta puede retirarse sin previo aviso.

En dado caso que las directrices de la empresa no permitan continuar con el proyecto, no se cuenta con un plan de respaldo que permita dar respuesta a los objetivos ya planteados, lo que conlleva también a una restricción de tipo económica.

Al no contar con el respaldo de la empresa, se pierde el apoyo económico que esta le brinda al proyecto, y no se cuentan con recursos económicos propios, para financiar la ejecución, por lo cual no se podría realizar ningún tipo de inversión, impidiendo la culminación del proyecto.

Una etapa importante del proyecto es la obtención de los equipos empleados, ya que muchos de estos no se encuentran en el país, y deben ser importados. Por lo cual se puede presentar una restricción de tipo logístico, debido a posibles retrasos en la compra y adquisición de los mismos.

También se puede presentar una restricción de tipo técnico, esto en dado caso de que, los analizadores de red implementados no sean compatibles con los que tiene instalados actualmente

la empresa, ya que los todos analizadores utilizados, funcionan por medio del sistema Powers Manager Studio de la marca Circutor, y el programa solo reconoce los analizadores de la gama CBM5, CBM10 Y B10.

En caso de que se implemente otro tipo de analizador en la Planta 5, este no se podrá conectar al sistema, impidiendo tener una sola base de datos con los consumos generados. En este caso es necesario implementar un nuevo cableado y nueva infraestructura, lo que incrementaría los costos del proyecto.

Se pueden contemplar diversas restricciones de tipo técnico, ya que, al realizar la conexión del analizador de red, puede haber fallas eléctricas en el circuito o en el sistema tanto del analizador como por parte de las inyectoras, ya sea por falta de mantenimiento o falta limpieza. Los cuales se deberán solucionar durante la etapa de ejecución del proyecto.

## **9. Metodología**

El proyecto se enfoca en la compañía Proelectricos, donde se busca dar solución a una problemática o situación; que se presenta dentro de la empresa. Al realizar el análisis se encuentran diferentes áreas por mejorar, pero una en particular, es el caso de la nueva Planta de producción, donde inician a funcionar 2 inyectoras que no fueron adquiridas de fábrica. Se identifica que esta Planta no tiene un control energético y puede presentar pérdidas que no han sido detectadas, generando así detrimento económico a la compañía.

Es así como se analizan los requerimientos necesarios y las posibles soluciones a implementar dentro de la nueva planta, garantizando su trabajo de manera óptima. La propuesta generada será presentada ante la junta directiva para ser aprobada. Con base a esto se establecen las condiciones bajo las cuales se realizará el proyecto y los tiempos requeridos para este, así

mismo queda definido que la empresa será quien suministre todos los recursos económicos y personal para realizar acompañamiento al proyecto.

El proyecto consiste en implementar un analizador de red dentro de la Planta 5, permitiendo obtener los consumos inmediatos de la planta y así poder analizar los datos con el fin de realizar una serie de sugerencias para que el sistema funcione de manera óptima. El analizador será adquirido por la empresa y el área encargada que es el equipo de compras. Al proyecto se le asignará una nueva orden de operación con un código único, el cual permitirá identificarlo en cada uno de los procesos. Es necesario adquirir un analizador de red de la marca Circutor, ya que los equipos ya instalados dentro de la empresa son de esta misma referencia y las condiciones técnicas no dan la posibilidad de que se conecte otro dispositivo de distinta marca. De igual forma son necesarios tres CT (transformadores de corriente Figura 2), cable número 16, borneras cortocircuitables, borneras, frenos para bornas y un relevo de 24 v. Todos los equipos listados deberán ser adquiridos con anticipación debido a que son importados y este proceso puede demorar un poco más.

Simultáneamente a la adquisición de los equipos y materiales, se empieza a realizar el diseño de las nuevas modificaciones en la infraestructura del tablero eléctrico y se debe generar un nuevo plano eléctrico para la conexión del analizador. Este proceso será llevado a cabo en asesoría de los diseñadores mecánicos y eléctricos de la empresa.

Se continua con él envío de los planos a la planta de metalmecánica, donde se fabricarán las nuevas piezas, necesarias para dar cumplimiento al diseño. Dentro de la planta de metalmecánica, se procesa la lámina, la cual pasa a un proceso de cortado, troquelado, y

doblado; para finalmente pasar por un baño de pintura especial utilizada en los tableros, la permite que los tableros sean aislantes, cumpliendo así la normatividad que sigue la empresa.

Cada pieza a la que se la aplica el baño de pintura deberá ingresar al horno por un tiempo de entre 4 y 5 horas, dependiendo de la humedad adquirida en los anteriores procesos, después de esto, las piezas se dejan en una zona especial para que se enfríen. Posteriormente las piezas listas serán remitidas a Planta 4 para hacer todo tipo de ajustes mecánicos y adicionar los accesorios requeridos, como lo es la chapa maneta, las lengüetas, barrillas de cierre, pernos de seguridad. En el momento en que se tengan todas las piezas listas y los materiales requeridos, se realizará la intervención de los tableros eléctricos, para ello se debe avisar con anterioridad y se estipulará una fecha basados en el cronograma de trabajo de la planta ya que deberá detener su operación durante 8 horas continuas, para asegurar la correcta instalación de los equipos.

Para hacer la instalación es necesario contar con la asesoría de personal técnico de la compañía, los cuales se encargarán de guiar las modificaciones mecánicas y eléctricas. Una vez terminada la instalación se procederá a realizar las pruebas correspondientes, que incluyen revisión de partes mecánicas en buen estado y con correcto funcionamiento, en piezas tales como, chapas, frente muerto, ajuste de bandejas y aisladores y que estas piezas no presenten abolladuras, excesos o deficiencia de pintura. De igual forma se verifica que el tablero tenga los tornillos correspondientes, con la medida estipulada dentro de los planos; estos siempre deben contar con doble arandela, guasa y tuerca, dejando 4 líneas visibles después de instalarlo. La puerta debe contar con los pernos necesarios para aterrizar la estructura, asegurar la bandeja de control y asegurar las rejillas de ventilación; También deberán contar pin seeger para asegura que la puerta permanezca en su posición.

En la parte eléctrica se realizan pruebas de funcionamiento a la bandeja de control para asegurar que la instalación es correspondiente al plano generado, se debe comprobar que el montaje de los transformadores de corriente es correcto y estarán bien asegurados, ya que muchas veces se presentan vibraciones dentro de los equipos, causando que estos se desajusten y generen un mal funcionamiento del sistema. los tornillos utilizados en las uniones de los cables y barras de cobre deberán contar con un torque correspondiente, según sea el grosor del tornillo, para ello se usará un torquímetro que medirá la tensión aplicada en los tornillos, la cual se mide en newton metro. A cada tornillo se le aplicara una capa de testigo (esmalte rojo) asegurando que ya fueron torqueados como corresponde. Por último, se procede a realizar pruebas de funcionamiento al analizador de red, verificando que la pantalla digital no tenga ninguna anomalía en su funcionamiento; se procede a mirar que se esté detectando la tensión dentro de los circuitos, que no arroje ningún tipo de anomalía, como por ejemplo cables mal conectados, fases trocadas o que el circuito no este aterrizado. Todo esto se debe realizar antes de que se ponga en funcionamiento las inyectoras. Una vez asegurado el correcto funcionamiento se procede a encender las inyectoras y se empiezan a registrar los consumos correspondientes. Allí automáticamente el analizador detectara las diferentes potencias que presenta el sistema. Para asegurar que los datos sean de mayor confianza se procede a registrar estos durante 15 días, así mismo son almacenados y podrán ser descargados en el sistema.

Una vez generados los datos se realizan las comparaciones de los consumos de energía versus la producción, a través de tablas de registro y gráficos, estableciendo cual es el margen de ganancia y las perdidas energéticas que se generan y donde están ubicadas. De igual manera se realiza el análisis de los datos respecto a los armónicos generados dentro de la instalación ya que estos pueden producir perdidas si se presentan en altos niveles, muchos de estos consumos son

invisibles a simple vista, pero generan un gasto dentro de la organización, se realizarán las gráficas a través del tiempo de la corriente consumida por cada una de las fases, y si se detecta corrientes de fuga por el conductor neutro, la tensión de fase – fase y tensión de línea, para poder observar que se encuentren balanceadas; la distorsión de cada una de estas fases que nos da las posibles pérdidas dentro del sistema. Permitiendo que se realice un diagnóstico, con el fin de formular sugerencias a la empresa para la intervención y mejora de sus consumos.

## **10. Análisis de costos**

Para la empresa es indispensable que, al realizar todo tipo de proyectos se obtengan los mejores resultados con el menor costo posible, generando un crecimiento a la compañía. Para el desarrollo del proyecto, se contempla que la empresa Proelectricos brindará todos los recursos económicos y personal para realizar acompañamiento del mismo.

Los costos que genera el proyecto serán evaluados en costos directos y costos fijos y la suma de estos será el costo total del proyecto. Los costos directos son generados a partir de las materias primas utilizadas y equipos; como lo son el cable, terminales canutillo, transformadores de corriente, entre otros que se especifican en la Tabla 1. Estos se obtienen de los mismos insumos que utiliza la empresa para sus productos, lo que es favorable, teniendo en cuenta que estos son conseguidos en grandes cantidades y reducen su costo de adquisición. También se incluye la mano de obra directamente involucrada y servicios utilizados en cada área. Estos costos serán variables según la cantidad de horas trabajadas por el personal y los costos de los servicios asociados en cada área.

Para evidenciar de forma más precisa los costos del proyecto ver la tabla 1, en la que se especifica y se calcula los costos.

**Tabla 1 Costos asociados al proyecto**

Costos Materiales				
Insumos	Cantidad	Unidades	Costo Unitario (Pesos colombianos)	Costo total
Cableado (Cobre)	2	Rollos	\$ 177.482	\$ 354.964
Canutillo	1	Bolsa x 100	\$ 15.500	\$ 15.500
Trasformador de corriente	3	Unidades	\$ 143.000	\$ 429.000
Espiral	1	Unidad	\$ 17.600	\$ 17.600
Bases adhesivas	1	Bolsa x 100	\$ 10.500	\$ 10.500
Amarre Plástico	1	Bolsa x 100	\$ 18.500	\$ 18.500
Marquillas termo encogibles	30	unidades	\$ 1.000	\$ 30.000
Analizador de red	1	Unidad	\$ 1.301.860	\$ 1.301.860
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2.177.924</b>
Costos de Personal				
Personal	Cantidad Personal	Horas	Valor Hora	Costo total
Diseñador eléctrico	2	3	\$ 9.600	\$ 57.600
Diseñador mecánico	1	4	\$ 8.800	\$ 35.200
Técnico de metalmecánica	1	6	\$ 6.250	\$ 37.500
Personal Operativo	1	5	\$ 6.250	\$ 31.250
Técnico mecánico	1	8	\$ 5.000	\$ 40.000
Técnico electrico	1	8	\$ 5.500	\$ 44.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 245.550</b>
Costo Servicios				
Servicio	Cantidad	Costo	Costo total	
Gas natural (m <sup>3</sup> )	45	\$325	\$ 14.636	
Electricidad (kWh)	20	\$ 389	\$ 7.787	
Internet	N.A	N. A	N.A	
Agua	N. A	N. A	N.A	
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 22.424</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>\$ 2.445.898</b>

Para determinar el costo total del proyecto, es necesario incluir los costos fijos, los que contemplan el costo de los servicios públicos, en los cuales se incluye la electricidad utilizada en los computadores de la compañía según la cantidad de horas trabajadas, de igual forma se tiene en cuenta los equipos de corte, doblado y punzonado que se utilizan para realizar las actividades de construcción de las nuevas piezas de los tableros; estos consumos son una estimación dado que dentro de la planta se usan para más actividades.

También se tienen en cuenta consumos de gas natural, porque algunas de las piezas son recubiertas con pintura aislante y estas deben entrar en un horno para el proceso de secado, el cual funciona con gas natural; este valor se calcula según la capacidad del horno y la cantidad de piezas que se requieran al día y así se obtiene el consumo de gas utilizado para el proyecto.

## **11. Resultados**

A continuación, se describen los resultados obtenidos después implementar el analizador de red dentro de la Planta 5; así:

En la figura 5 se puede observar el promedio de la tensión dentro del sistema, es necesario analizar la tensión fase-fase y tensión fase-neutro ya que si éstas se encuentran en desequilibrio, es decir, que los datos no sean similares entre sí, pueden representar pérdidas para el sistema. Debido a que el equipo funciona con un sistema eléctrico trifásico de 220v por las especificaciones técnicas, la tensión tomada entre las fases del sistema debe corresponder a 220v para evidenciar que hay un desplazamiento de 120 grados entre las diferentes señales senoidales. La tensión de fase-neutro solo se toma una de las líneas y se mira la diferencia de potencial que tiene respecto al neutro o la masa o tierra, esta tensión deberá ser de 120v.

Se puede observar que dentro de los datos obtenidos las tensiones de fase-fase se comportan de manera equilibrada ya que las 3 poseen valores similares, de igual forma los valores son muy cercanos a 220v lo que no representa ninguna anomalía para el sistema. Las tensiones de fase-neutro se encuentran con valores equilibrados, aunque estos son un poco elevados, no representan ningún tipo de problemas para las instalaciones o los equipos.

También se muestra la distorsión total de cada una de las fases, que es una forma de medir la calidad de la fuente de alimentación, indicando la cantidad de armónicos en las ondas de tención. Igualmente se evidencia la frecuencia a la cual está trabajando el sistema. En Colombia se maneja una frecuencia de 60 Hertz para todos los equipos eléctricos. Además, se evidencia el factor cresta, que especifica los picos máximos y mínimos de la muestra.

**FIGURA 5** Tensiones registradas en el sistema

Voltaje	L1	L2	L3	III
Tensión fase - neutro (V)	126.99	126.35	126.05	126.46
Tensión fase - fase (V)	219.30	218.43	219.39	219.04
Tensión de neutro (V)				0.00
Distorsión total (THD) (%)	2.72	2.64	2.73	
Distorsión en tensión de neutro (%)				0.00
Factor cresta	1.45	1.45	1.45	
Frecuencia (Hz)	59.98			
Pinst	1.86	1.32	3.82	

Dentro de los resultados obtenidos se pueden evidenciar los consumos de corriente en el sistema, estos son tomados en cada una de las fases. Al igual que en la tensión se debe buscar que los valores obtenidos sean similares para asegurar que las cargas estén balanceadas. En el caso de que una de las fases este desbalanceada es decir con mayor o menor consumo de corriente respecto a las otras, significa que las cargas monofásicas derivadas de una misma fase son demasiadas o que alguna de las cargas trifásicas está fallando, dando paso a un sobrecalentamiento en los conductores por exceso de corriente para la cual fueron diseñados.

En la figura 6 se pueden evidenciar los consumos de corriente de cada una de las fases, se observa que la línea 3 tiene un consumo mayor respecto a las otras líneas, pero esto no representa ningún tipo de pérdida o alerta para el sistema debido a que no es un dato de gran magnitud, el promedio de energía consumida es de 109.184 A.

Se puede evidenciar el porcentaje de distorsión total de cada una de las fases donde se evidencia en porcentaje del valor eficaz de corrientes armónicas, cuando este valor oscila entre  $10 \% < \text{THD(I)} < 50 \%$  significa que existes corrientes armónicas dentro del sistema que pueden riesgo de calentamiento o un sobredimensionamiento de las fuentes.

**FIGURA 6** corrientes registradas en el sistema

Corriente				
Corriente (A)	107.141	107.662	112.920	109.184
Corriente de neutro (A)				0.000
Corriente de fuga (A)				0.000
Distorsión total (THD) (%)	25.48	23.89	23.26	
Distorsión en corriente de neutro (%)				0.00
Factor cresta	0.01	0.01	0.01	
Factor K	2.95	2.74	2.62	

Desequilibrio			
		Kd	Ka
Voltaje		26.900	23.700
Corriente		579.000	99.300

En la figura 7 se puede observar los diferentes consumos de potencia dentro del sistema, ya que cada inyectora maneja cierta serie de motores, y estos para su funcionamiento necesitan un campo magnético, generando así una potencia reactiva. La potencia reactiva tiene dos variantes, potencia capacitiva que es aquella que se inyecta a la red y potencia inductiva la que es adsorbida por la red. Este tipo de consumos, cuando se presentan en exceso en cualquier instalación pueden representar pérdidas económicas, debido a que usualmente se encuentran en equipos con mal funcionamiento o instalaciones deteriorada, donde no se tiene un control de los consumos. Para que la potencia reactiva sea cobrada al usuario final, se evalúa primero la energía

activa y se obtiene el 50 % de esta, si la potencia reactiva es superior a este 50% entonces se empieza a cobrar el excedente de energía.

La potencia activa es la directamente consumida por el equipo, que también la conocemos como energía útil. La suma de la potencia activa y la reactiva da como resultado la potencia aparente que será la que el operador de red registre dentro de la factura.

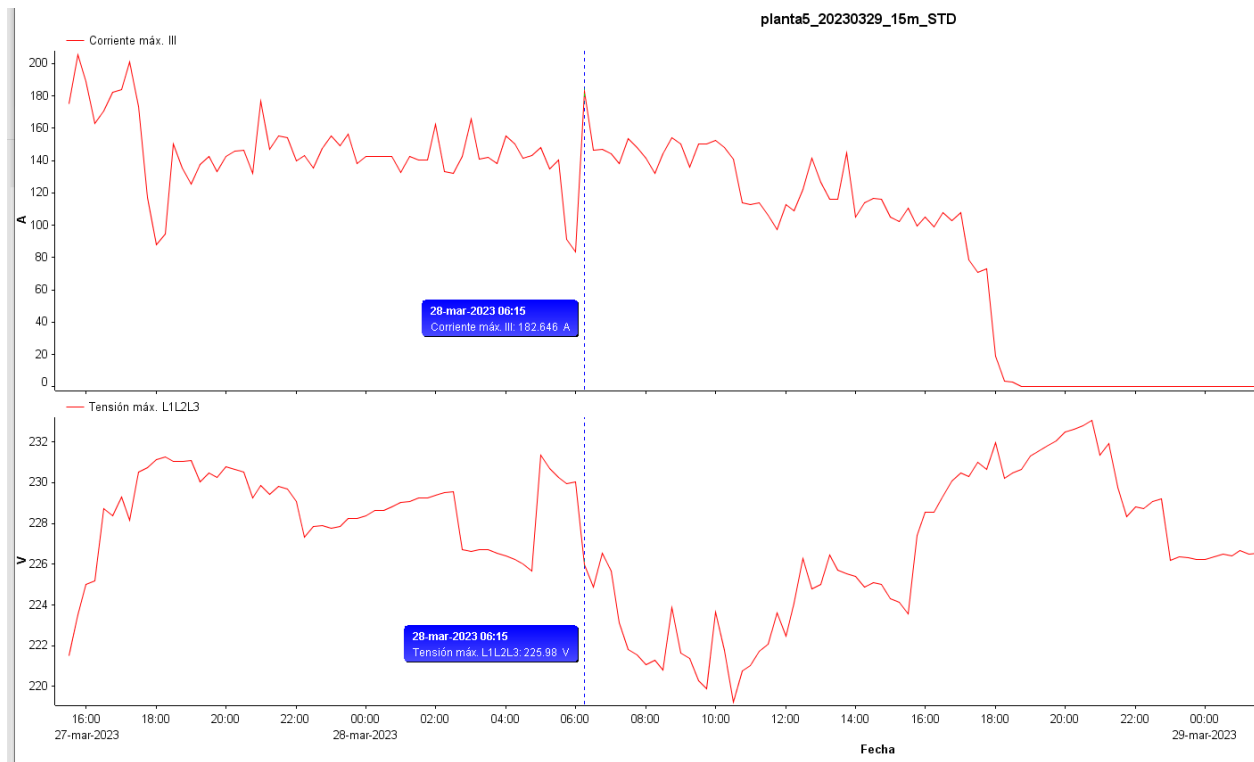
Como se puede observar la energía activa en cada una de las fases es un promedio de 13kW y la potencia aparente un promedio de 14 kVA lo que significa que la energía reactiva es mínima y no representa una alerta de pérdidas de consumo dentro del sistema, esto también lo podemos evidenciar en el factor de potencia que es la relación entre potencia activa y potencia aparente. Cuando el valor del factor de potencia se hace más a 1 significa que la energía reactiva es menor, es las condiciones ideales el valor debe ser 1 pero por defectos dentro de la estructura de los equipos esta es menor, la ley solo permite que el rango del factor de potencia desde 0,92, un valor menor significa pérdidas para el sistema y un cobro adicional. (Ministerio de Minas y Energías, Resolución N° 195 de 2020).

**FIGURA 7** Potencia consumida

	L1	L2	L3	III
Potencia consumida (+)				
Activa (kW)	12	13	13	38
Capacitiva (kvarC)	0	0	0	0
Inductiva (kvarL)	4	4	4	11
Aparente (kVA)	14	14	14	41
Factor de potencia	0.92	0.93	0.92	0.92
Coseno phi	0.95	0.92	0.95	0.93

Los resultados obtenidos fueron tomados a través del tiempo para poder obtener una mayor precisión de estos, en la figura 8 se pueden evidenciar las graficas de la corriente consumida respecto al tiempo y de la tensión de las 3 líneas respecto al tiempo, estos valores pico se pueden analizar como el momento en que los motores entran en funcionamiento por un instante. La corriente es directamente inversa a la tensión, a mayor tensión menor será la corriente y de forma contraria.

**FIGURA 8** grafica de corriente y tensión dentro del sistema



Debido a que las inyectoras poseen todo tipo de equipos a base de electrónica de potencia, como lo son variadores de frecuencia, pantallas led, tarjetas electrónicas. Esto influye notablemente en el aumento del nivel de armónicos en el sistema, lo que contamina tanto las ondas de tensión como de corriente, debido a que la frecuencia fundamental de los equipos es alterada. (Mendoza Aranda,2015)

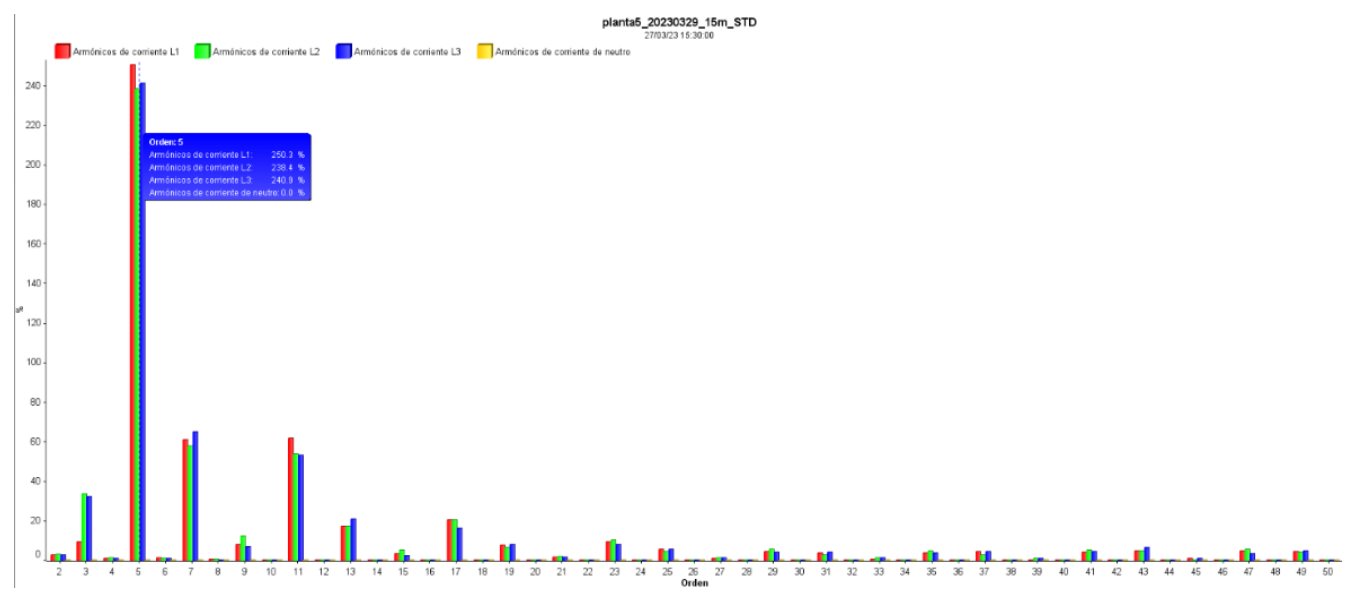
Los armónicos lo que generalmente originan son daños al equipo por sobrecalentamiento de devanados y en los circuitos eléctricos. Esta es una acción que destruye los equipos o lleva a una pérdida de vida del componente. (IEEE 519, 2014)

En la figura 9 se puede evidenciar que dentro del sistema existen armónicos tipo 5 que son generados por los variadores de frecuencia y los porcentajes de este armónico respecto a la onda fundamental se encuentran en un promedio de un 220% en las 3 fases, lo que genera una contaminación para el sistema eléctrico. Este tipo de armónicos lo que está generando es que se genere un mayor consumo de energía para la empresa.

Actualmente la planta 5 cuenta con un contador análogo, que impide que este tipo de consumos se registren en su totalidad. Dado el caso que el operador de red exija a la empresa poder intervenir el contador, se deberá hacer un cambio por uno de tipo digital. Donde se empezará a cobrar todo este de energía que se presentan como pérdidas para el sistema, y lo reducen la vida útil de los equipos.

Para evitar este tipo de consumos se sugiere a la empresa implementar un rectificador de armónicos que permita compensar este tipo de pérdidas para el sistema, incrementando la vida útil de los equipos.

**FIGURA 9** Armónicos generados dentro del sistema



## 12. Conclusiones

- La instalación del analizador dentro de la empresa da cavidad para generar buenas prácticas operacionales y llevar un control de los consumos y la producción generada.
- Se pudo evidenciar que dentro del sistema los índices de energía reactiva son acordes a la norma y no generan una pérdida para empresa.
- Se evidencia un mayor consumo en el armónico número cinco generado por los dispositivos electrónicos y se recomienda la implementación de un rectificador de armónicos que permita reducir las perdidas y aumente la vida útil de los equipos.

### 13. Referencias.

Albarrán, J.M. (2014). PFC: Diseño y fabricación de un molde para inyección en plástico.

Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Universidad Pontificia Comillas.

Augusto, C., & Hurtado, N. (2006). *Optimización de inyectora de plástico industrial*.

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/7611/T05612.pdf?sequence=1>

García, S.M. (2012). Diseño de un molde de inyección y elaboración de diagramas de moldeo para la empresa Unión Plastic. Informe Final de Cursos de Cooperación.

Universidad Simón Bolívar (Venezuela), 2012-05-21.

Gesternova (2014) *¿Qué es la energía reactiva y por qué se refleja en la factura de la luz de tu*

*empresa?* [https://gesternova.com/que-es-la-energia-reactiva-y-por-que-se-refleja-en-la-](https://gesternova.com/que-es-la-energia-reactiva-y-por-que-se-refleja-en-la)

[factura-de-la-luz-de-tu-empresa/Inyectoras de plástico perfectas para ti](https://gesternova.com/que-es-la-energia-reactiva-y-por-que-se-refleja-en-la-factura-de-la-luz-de-tu-empresa/Inyectoras-de-plastico-perfectas-para-ti)

[/Aeromaquinados](https://gesternova.com/que-es-la-energia-reactiva-y-por-que-se-refleja-en-la-factura-de-la-luz-de-tu-empresa/Inyectoras-de-plastico-perfectas-para-ti). (n.d.). Retrieved March 7, 2023, from

<https://www.aeromaquinados.com/inyectoras-de-plastico/>

IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power

Systems," in IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992) , vol., no., pp.1-29, 11

June 2014 doi: 10.1109/IEEESTD.2014.6826459

INELDEC INGENIERIA ELECTRICA (2023). *Transformador de corriente* (imagen).

INELDEC INGENIERIA ELECTRICA <https://ineldec.com/producto/transformador-de-corriente-blox-100-5a/>

Lovato\_electric ( 2022). *Analizador de red* ( imagen.) Lovato\_ electric.

chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.lovatoelectric.com/w  
p-content/uploads/2022/06/PD175E01\_22.pdf

Ministerio de minas y energía. (octubre 19, 2020). Resolución N° 195 de 2020. Por la cual se  
modifican algunas disposiciones de la Resolución CREG 015 de 2018

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/aca3a1823706552605258609006ebfe5/\\$FILE/Creg195-2020.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/aca3a1823706552605258609006ebfe5/$FILE/Creg195-2020.pdf)

Molbil. (2017). *Una Guía de Ahorro de Energía para Inyectoras de Plástico*.

[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DpyPIK9F\\_tsJ:https://www.molbil.com.mx/es-mx/industrial/lubricant-expertise/resources/~/\\_media/B622B46B33664EB59F73F82A642104EC.ashx&cd=2&hl=es&ct=clnk &gl=co](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DpyPIK9F_tsJ:https://www.molbil.com.mx/es-mx/industrial/lubricant-expertise/resources/~/_media/B622B46B33664EB59F73F82A642104EC.ashx&cd=2&hl=es&ct=clnk &gl=co)

Rivas, J. V. L., & González, M. S. E. (2003). Analizador de redes eléctricas. *Conciencia Tecnológica*, 22, 1–8. <https://www.redalyc.org/pdf/944/94402202.pdf>

Vallejo, B. (2019). Implementación de un analizador de redes trifásico a bajo costo. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 1(1), 28–41. Recuperado a partir de [http://investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion\\_tecnologica/article/view/14](http://investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/14)

