

LEVANTAMIENTO DE PLANOS ELÉCTRICOS, ANÁLISIS DE CARGABILIDAD Y CORRECCIÓN DEL  
FACTOR DE POTENCIA TENIENDO EN CUENTA EL CONTENIDO ARMÓNICO DE LAS SEÑALES  
TENSIÓN CORRIENTE DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CABEYCO LTDA,  
DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE HERRAJES

SEBASTIÁN ZARATE BECERRA  
JORGE ENRIQUE CASTELLANOS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD TECNOLÓGICA  
BOGOTÁ 2015

LEVANTAMIENTO DE PLANOS ELÉCTRICOS, ANÁLISIS DE CARGABILIDAD Y CORRECCIÓN DEL  
FACTOR DE POTENCIA TENIENDO EN CUENTA EL CONTENIDO ARMÓNICO DE LAS SEÑALES  
TENSIÓN CORRIENTE DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CABEYCO LTDA,  
DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE HERRAJES

SEBASTIÁN ZARATE BECERRA  
JORGE ENRIQUE CASTELLANOS

Trabajo de grado para optar por el título de Tecnólogo en Electricidad

Director  
Ing. LUIS ANTONIO NOGUERA VEGA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD TECNOLÓGICA  
BOGOTÁ 2015

## NOTA DE ACEPTACIÓN

**El proyecto de grado titulado:**

**“LEVANTAMIENTO DE PLANOS ELECTRICOS, ANALISIS DE CARGABILIDAD Y CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA TENIENDO EN CEUNTA EL CONTENIDO ARMÓNICO DE LAS SEÑALES TENSION CORRIENTE DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CABEYCO LTDA, DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE HERRAJES”**

Ha sido aprobada por cumplir con los requerimientos exigidos por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

---

Firma tutor  
Ing. Luis Antonio Noguera Vega

---

Firma jurado  
Fredy Hernán Martínez Sarmiento

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer ante todo a Dios quien ha bendecido nuestra familia, amigos y a nosotros, siendo él que nos guía y nos ilumina para seguir adelante; de la misma manera por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que durante la carrera han sido un gran apoyo para nuestra formación profesional.

Nuestro mayor agradecimiento va dirigido al Ingeniero Luis Antonio Noguera Vega; principal responsable del éxito de esta tesis, por el apoyo prestado en momentos muy complicados, por sus enseñanzas, orientación y paciencia en el transcurso del desarrollo de nuestra tesis, por su ejemplo y profesionalidad y por haber creído totalmente nosotros.

Nuestros padres que con su apoyo constante durante todo este proceso de formación, se convierten en fuente de inspiración en este proceso tan importante tanto para nosotros como para ellos. Por ultimo un agradecimiento al estudiante Erick Fernando Muñoz quien tuvo un gran aporte de sus conocimientos en el desarrollo del anteproyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción .....	1
2. Marco teórico .....	1
2.1 NTC 2050 .....	1
2.2 Interruptores termomagnético .....	2
2.3 Conexión a sistemas puestos a tierra. ....	2
2.4 RETIE .....	2
2.4.1 Diseño de las instalaciones eléctricas.....	2
2.4.2 Productos usados en las instalaciones eléctricas .....	2
2.4.3 Construcción de la instalación eléctrica .....	2
2.5 IEEE 519 de 1992 .....	2
2.5.1 Punto de medición del nivel de armónicos.....	3
3. Diagnóstico .....	3
3.1 Reconocimiento arquitectónico e inventario de equipos. ....	3
3.2 Elaborar planos de las instalaciones eléctricas .....	4
3.3 Diagnostico de inconsistencias .....	4
3.4 Mediciones de variables eléctricas con analizador de calidad de potencia .....	5
3.5 Análisis de cargabilidad. ....	5
4. Memorias de cálculo .....	6
4.1 Evaluación de THD y factor de potencia .....	6
4.2 Análisis de gráficas .....	7
4.3 Corrección Factor de Potencia .....	7
5. Propuesta de diseño.....	8
6. Recomendaciones.....	9
7. Conclusiones .....	9
8. Bibliografía .....	9
9. Anexos.....	10

## **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

- **OBJETIVO GENERAL**

Realizar en la planta de producción de la empresa CABEYCO LTDA el levantamiento de planos eléctricos, análisis de cargabilidad y corrección del factor de potencia mediante la utilización de filtros pasivos (banco de condensadores) teniendo en cuenta el criterio para el cálculo de los índices de distorsión armónica total y recomendaciones de la norma IEEE 519 capítulo 8.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- \* Diagnosticar el estado de la instalación eléctrica de la planta de producción de la empresa CABEYCO LTDA mediante la aplicación de la normatividad vigente como la NTC 2050 y RETIE.

- \* Analizar el estado de cargabilidad de los circuitos eléctricos de la planta de producción de la empresa CABEYCO LTDA.

- \* Determinar si la distorsión armónica total de tensión es inferior al 8%.

- \* Determinar mediante los resultados de análisis de armónicos la necesidad de implementar el filtrado de la señales.

- \* Realizar el cálculo de corrección del factor de potencia mediante la utilización de banco de condensadores teniendo en cuenta los valores obtenidos del análisis de Fourier de las señales de tensión y corriente.

- \* Proponer las correcciones pertinentes de dicha instalación en la planta de producción de la empresa CABEYCO LTDA

# LEVANTAMIENTO DE PLANOS ELÉCTRICOS, ANÁLISIS DE CARGABILIDAD Y CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA TENIENDO EN CUENTA EL CONTENIDO ARMÓNICO DE LAS SEÑALES TENSIÓN CORRIENTE DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CABEYCO LTDA, DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE HERRAJES

Sebastián Zarate Becerra, Jorge Enrique Castellanos

E-mail: [sebastianzar@hotmail.com](mailto:sebastianzar@hotmail.com) , [Jorge\\_yepeto@hotmail.com](mailto:Jorge_yepeto@hotmail.com)

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

**ABSTRACT:** *In this project, we made the researching of the electrical drawings of the CABEYCO LTDA production plant, which nowadays is located in Bogota D.C – Colombia. Our starting point is the inspection and supervising of the current electrical installation, where we are going to determinate the omission of the most important aspects of the main regulation as RETIE and NTC 2050 standard. Secondly we will make design the electrical drawings, cargo boxes with its own Calculation memories, with this information we are going to propose for the design of the earthing and grounding installation, after that we are going to analyze the electrical signals taking account the recommendations of the IEEE 519 Standard, written in chapter 8 with the final purpose to determine the harmonic content and how it affects network harmonics. Besides we are going to evaluate if the electrical installation comply with the minimal parameters of the standard previously announced.*

*In the second part of this project, we are going to analyze the power factor and it adjustment between passive filters method and technique, at the end of the project que are going to make to the company a proposal with all adjustment that they must make to the electrical installation of the production plant.*

**Keywords:** *THD, chargeability, power factor, diagnosis, electrical plans.*

**Resumen:** En este proyecto, se realizó el levantamiento de planos eléctricos de la planta de producción de la empresa CABEYCO LTDA, ubicada en la ciudad de Bogotá en el barrio la Fragua, partiendo de la instalación eléctrica actual se hará en primer lugar la inspección respectiva con el fin de observar las omisiones de la normatividad vigente como es el RETIE y la NTC 2050. Posteriormente, se realizarán los planos eléctricos, cuadros de carga y sus respectivas memorias de cálculo; como también se planteará una propuesta para el diseño del sistema de puesta a tierra; luego se realizará un análisis de las señales eléctricas basándose en las recomendaciones de la norma IEEE 519 estimadas en el capítulo 8 con el fin de determinar

el contenido armónico de dichas señales y el cómo afecta los armónicos a la red. Además, determinar si se cumple con los parámetros mínimos de la norma anteriormente mencionada. Por otro lado realizar el análisis del factor de potencia y la posible corrección mediante el método de filtro pasivo. Culminando la etapa anterior, se propondrá a la empresa las respectivas correcciones que se deben realizar a la instalación eléctrica de la planta de producción.

Palabras Clave: THD, cargabilidad, factor de potencia, diagnostico, planos eléctricos.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la empresa CABEYCO LTDA ubicada en la ciudad de Bogotá en el barrio la Fragua dedicada a la fabricación de herrajes, es importante llevar a cabo el proyecto debido a que existen falencias de diseño eléctrico ya que se presenta a grandes rasgos errores de omisión de las normas RETIE y NTC 2050, evidenciando que dichas normas se deben cumplir con el objeto de establecer las medidas que garanticen la seguridad de las personas y la seguridad de las instalaciones y equipos eléctricos.

Posteriormente, se analizará mediante procedimientos matemáticos y teóricos basándose en textos y normas no desconocidas, las falencias encontradas en dicha empresa, concluyendo así, en que aspectos se debe mejorar para el adecuado funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

## 2. MARCO TEÓRICO

Es importante saber los parámetros que se deben seguir para lograr el éxito de este proyecto, por ello se implementan las normas NTC 2050, RETIE e IEEE 519, las cuales aportan los lineamientos en la realización de los mismos; entre otras normas, que ayudarán a complementar el objetivo del proyecto.

## 2.1 NTC 2050

El objetivo primordial es salvaguardar la vida de las personas que exponen su integridad día a día por el uso de la electricidad.

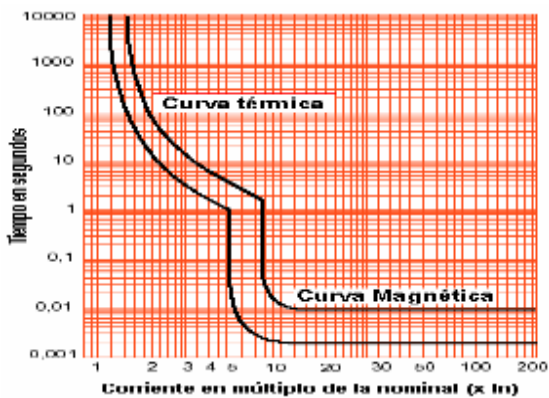
Según la NTC 2050, se debe hacer un examen de identificación de la instalación y uso de los equipos en condiciones normales de funcionamiento, como también en situaciones de calentamiento o máximo esfuerzo que se presente durante el servicio prestado.

Cabe notar que las instalaciones de los conductores deben ser en tubería EMT, ya que no deben ser expuestos a humedad, gases, humos, líquidos u otros agentes que causen el deterioro de la instalación a menos que estén identificados para este tipo de lugares. [1]

## 2.2 Interruptores termomagnéticos

Dispositivo eléctrico diseñado para abrir y cerrar un circuito por medio manual o automáticamente por medios electromagnéticos, abriendo el circuito al presentarse una sobrecorriente predeterminada ya sea por sobrecarga o por falla en el circuito.

Los interruptores termomagnéticos, en condiciones normales de operación del circuito, idealmente no deberían actuar, por lo cual no pueden ser empleados para energizar o desenergizar una carga de manera directa, ya que no están contruidos para esta finalidad; en caso de hacerlo, la vida útil del dispositivo se verá afectada (figura 1). [2]



Figural. Curva de disparo de un interruptor termomagnético [2]

## 2.3 Conexión a sistemas puestos a tierra. [1]

Las instalaciones de los predios no se deben conectar eléctricamente a la red de suministro a menos que esta última contenga, para cualquier conductor puesto a tierra

de la instalación interior, el correspondiente conductor puesto a tierra.

Para los fines de este Artículo, "conectar eléctricamente" quiere decir que se conecta de modo que sea capaz de transportar corriente, a diferencia de la conexión por inducción electromagnética.

## 2.4 RETIE.

### 2.4.1 Diseño de las instalaciones eléctricas.

Otra norma que aporta para los proyectos eléctricos es el RETIE, donde se direcciona que toda instalación eléctrica nueva, ampliación y remodelación de la misma que se realice en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica, así como a algunos productos de mayor utilización en las instalaciones eléctricas se debe regir indiscutiblemente por el RETIE, de no ser así, se debe contar con un profesional para la complejidad del diseño. Teniendo en cuenta todos los ítem del artículo 8.1 [3].

### 2.4.2 Productos usados en las instalaciones eléctricas.

La selección de los materiales eléctricos y su instalación estará en función de la seguridad, su uso, empleo e influencia del entorno, por lo que se deberán tener en cuenta entre otros los siguientes criterios básicos presentados en el artículo 8.1 [3]

### 2.4.3 Construcción de la instalación eléctrica.

La construcción de toda instalación eléctrica objeto del presente reglamento, debe ser dirigida o supervisada por una persona calificada, con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional que según la Ley le faculte para ese tipo de construcción y debe cumplir con el presente reglamento en lo que le aplique.

El constructor debe verificar el diseño y si está acorde con el RETIE debe aplicarlo. Si por razones debidamente justificadas considera que no es apropiado, se debe documentar técnicamente las causas de la desviación.

Este profesional debe emitir la declaración de conformidad según lo dispone el RETIE, en los términos y formatos que establece y será responsable de los efectos que se deriven de la construcción de la instalación.



## 2.5 IEEE 519 de 1992

El incremento de cargas no lineales utilizadas en industrias y hogares, debido al uso de componentes no óhmicos presentes en equipos electrónicos hace que las señales de tensión y corriente presenten distorsión, es decir que no sean netamente sinusoidales, produciendo efectos secundarios en equipos que fueron diseñados y fabricados para utilizar como entrada, una señal seno pura.

Debido a esta problemática que cada día se masifica el uso de equipos electrónicos, se utiliza como base de consulta la norma IEEE 519 de 1992, la cual presenta unas recomendaciones que se deben tener en cuenta en el diseño y construcción de equipos y circuitos eléctricos, como a su vez determina parámetros de estandarización, mediante el cálculo de unos índices como es el THD y el TDD.

En primer lugar, se utilizará el teorema de Joseph Fourier el cual demuestra que toda señal periódica no sinusoidal es la sumatoria de funciones senos y cosenos, denominando a la primera señal obtenida como la fundamental y a sus múltiplos como los armónicos. (Ver ecuación 1) [4]

$$X(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos \frac{2\pi}{T_0} Kt + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin \frac{2\pi}{T_0} Kt$$

Ecuación 1: Serie de Fourier [5]

De la norma IEEE 519 se tendrá en cuenta el THD (Distorsión Armónica Total) el cual es el parámetro que define la distorsión global de una señal alterna mostrada en la ecuación 2.

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2}}{I_1} * 100\%$$

Ecuación 2: THD [4]

$I_h$ =Magnitud del armónico principal.

$h$ = Orden armónico

$I_1$ = Demanda máxima de la corriente fundamental de carga, que se calcula como el promedio máximo mensual de demanda de corriente de los últimos 12 meses o puede estimarse.

## 2.5.1 Punto de medición del nivel de armónicos

Los límites explicados en la norma IEEE 519 de 1992 se deben aplicar en la acometida, el cual es el punto donde se entrega energía. Ver figura 2

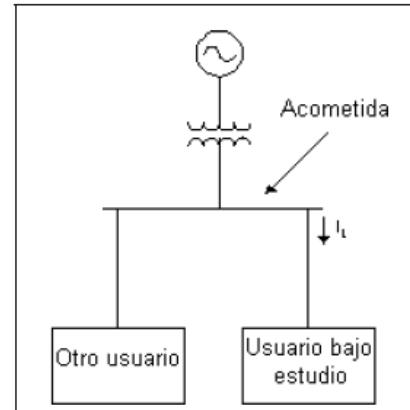


Figura 2. Acometida punto de entrega [10]

## 3. DIAGNÓSTICO

El desarrollo del levantamiento de planos como el análisis de eficiencia energética se llevó a cabo en las siguientes etapas:

### 3.1 Reconocimiento arquitectónico e inventario de equipos.

En la primera visita realizada a la empresa CABEYCO LTDA, se mide perimetralmente la planta de producción dejando identificadas la distribución de áreas de trabajo, como lo muestra el plano del anexo 1. En esta etapa se inicia, el desarrollo del proyecto.

En la tabla 1, se llevó a cabo el inventario y la toma de datos de placas características de las máquinas instaladas en la planta de producción de la empresa CABEYCO LTDA.

MÁQUINARIA INSTALADA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN			
Nombre de la Máquina	Tensión de Operación [V]	Corriente Nominal [A]	Potencia [HP]
bomba 2.1	208	10,41	4
máquina 1	208	9,68	4
máquina 2	208	9,68	4
máquina 3	208	9,68	4
troqueladora 1	208	24,21	4

Erosionadora	208	9,68	10
máquina 7	208	9,68	4
Remachadora	208	8,77	4
extrusora 1	208	8,77	4
extrusora 2	208	100,80	4
extrusora 3	208	9,68	46
troqueladora 2	208	9,68	4
Máquina 12 mezcladora	208	9,68	4
Máquina 13 chiller	208	9,68	4
Cortadora	208	2,42	4
Torno	208	2,42	1
Torno	208	2,42	1
Torno	208	2,90	1
Taladro	208	2,90	1.2
Taladro	208	14,52	1.2
equipo soldadura	208	14,52	6
equipo soldadura	208	14,52	6
Carga total de máquinas [HP]			126

Tabla 1. Maquinaria instalada Planta de Producción Empresa CABEYCO LTDA

Posteriormente se realizó el conteo de elementos eléctricos donde se tiene una cantidad total de elementos mostrados en la tabla 2 y la ubicación se denotan en el plano del anexo 1

Elementos Eléctricos	Número de Elementos Eléctricos	Potencia por Elemento [VA]	Potencia Total [VA]
Tomacorrient e 1Φ	23	180	4140
Plafones	4	100	400
T8	59	100	5900
Carga instalada utensilios e iluminación [VA]			10440

Tabla 2. Elementos Eléctricos Instalados Planta de Producción Empresa CABEYCO LTDA.

Continuando con el procedimiento inicial se desarrolla el diagrama unifilar, teniendo en cuenta que el diseño se tomó con base de la distribución actual, ya que la empresa no cuenta con ningún tipo de diseño para realizar el análisis. (Ver anexo 2).

### 3.2 Elaborar planos de las instalaciones eléctricas.

En esta segunda etapa, se quiere mostrar el inventario de equipos, distribución de áreas y de elementos eléctricos de la planta de producción por zonas, en la cuales se encuentra, zona de extrucción, pulimiento, inyección, erosionadora, almacén correspondientes al primer piso y zona de tornos, soldadura y taller, correspondientes al segundo piso, adicionalmente se observa la distribución de utensilios e iluminación (monofásicos), como se puede evidenciar en el anexo 1.

### 3.3 Diagnóstico de inconsistencias

En la etapa 3 se realizan una serie de visitas en las cuales se obtuvo el diagnóstico de inconsistencias mostrado en de la tabla 3:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	HALLAZGO
1	El dimensionamiento de la planta de producción, es decir toma de medidas del lugar, tanto a nivel perimetral como de la distribución eléctrica para tener la base de desarrollo de los dibujos de los planos arquitectónicos y eléctricos.	Acometida: De bornes del transformador trifásico 208/120V, de capacidad 150 KVA ubicado en poste tipo aceite, punto físico del operador de red (borrado) , longitud del conductor 20 m hasta caja grupo de medida en baja tensión semidirecta AE 319, conexión TNC-S, señalización de riesgo eléctrico y puertas aterrizadas; <u>inspección conforme.</u>
2	Se realizó la inspección visual, y toma de fotografías con el fin de argumentar el dictamen de falencias encontradas en cuanto a la omisión de la normatividad vigente como es el RETIE y la NTC 2050.	Varilla de puesta a tierra de 2,44 metros en cobre, sobresaliendo a la superficie. [1].  En las protecciones eléctricas existen interruptores termomagnético utilizados en la máquina de extrusión y erosionadora como interruptores de control y no de protección. En las bandejas metálicas tipo escalera no existe equipotencialización, además se omite el uso de conductores certificados para las mismas. [1].  En los tableros de circuitos no existe simbología de riesgo eléctrico, no existe la identificación de

		<p>circuitos, existen cajas sin tapa de protección. [4].</p> <p>Los tomacorrientes y las carcasas de las máquinas no se encuentran conectados al sistema de puesta a tierra, (excepto, las maquinas erosionadora y extrusora) y las zonas de conductores expuestos no se encuentran en canalización [6].</p>
--	--	--

Tabla 3 Diagnóstico de inconsistencias

### 3.4 Mediciones de variables eléctricas con analizador de calidad de potencia (Monitor calidad potencia Hioki)

La modernización de los procesos industriales, en los cuales el aumento de las máquinas automatizadas es muy buena no sólo a nivel de producción, sino también a nivel de variables eléctricas (tensión y corriente) la proliferación de no linealidades en la instalación eléctrica es bastante crítica ya que éstas se ve reflejado en la aparición de señales sinusoidales, de frecuencia diferente a la fundamental (armónicos) caída y subida de tensión y fluctuación de tensión.

Para las mediciones con analizador de red Trifásico Monitor Calidad Potencia Hioki, se obtuvieron las gráficas 1, 2,3 en las cuales se refleja en qué estado se encuentra el factor de potencia.

En la gráfica 1, se encuentra cómo el factor de potencia oscila entre 0.69 y 0.74; en la gráfica 2, se encuentra las tensiones por línea y en la gráfica 3, se encuentra los resultados obtenidos por corrientes.

De esta forma, se observa que las señales obtenidas tienen una frecuencia diferente a la fundamental, por esta razón se generan los armónicos y es aquí, donde el banco de condensadores actúa sobre acometida de red.

#### Señales registradas:

##### Gráficas de Datos

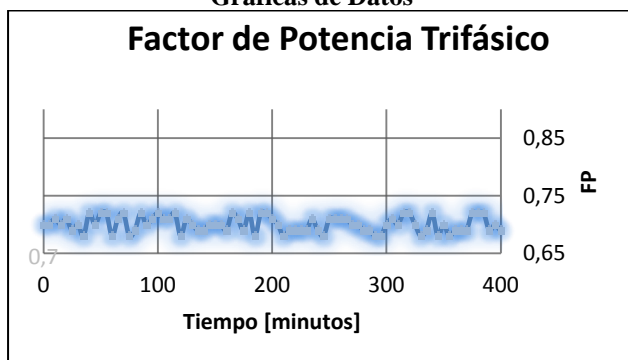


Figura 3. Factor de Potencia.

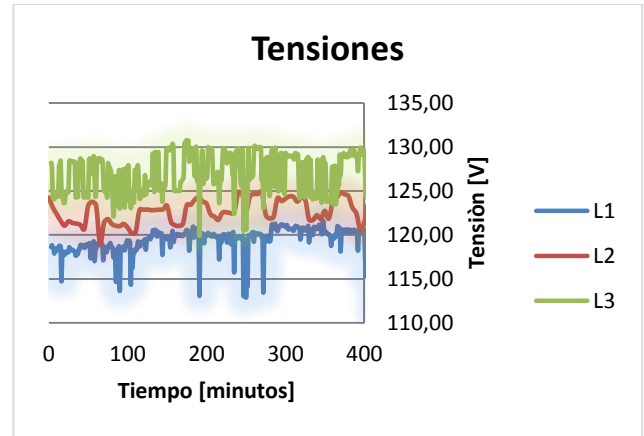


Figura 4. Tensiones de Fase.

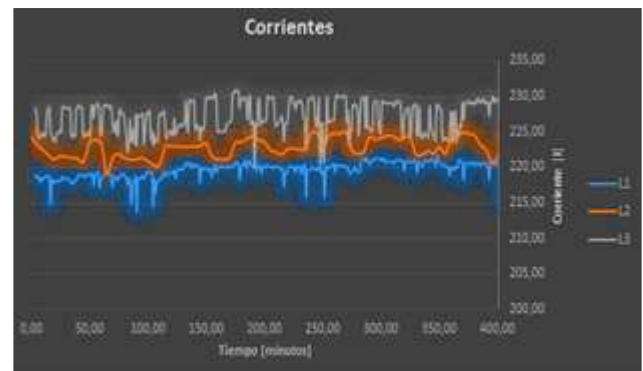


Figura 5. Corrientes de Línea.

### 3.5. Análisis de cargabilidad.

Una vez ejecutado el inventario de las cargas, corrientes, potencias nominales de las máquinas y de los circuitos, se procede a realizar el análisis de cargabilidad de cada circuito obteniendo los puntos críticos del sistema.

La aplicación de conceptos básicos aprendidos día a día con la experiencia, son quizás los requisitos más esenciales para la operación de un sistema de distribución. El estudio de cargabilidad y sus principales características abarcan los diversos tipos de equipos que están establecidos en la planta de producción con su respectiva configuración, abasteciendo la carga del sistema eléctrico y el conjunto de maquinaria que conforman la carga total de la zona de distribución. Con ello, se deberán estudiar los diferentes circuitos de distribución a las máquinas que se han tratado durante todo el transcurso del documento.

Mediante la utilización de un proceso de análisis se evidencia la información más relevante, puntual y crítica como el caso del dimensionamiento de los conductores que se encontró en el sistema de

distribución, ya que dependen de la potencia y el nivel de tensión establecido para cada carga.

Teniendo en cuenta el estado de cada circuito del sistema eléctrico de la planta de producción en la Empresa CABEYCO LTDA, se puede analizar que el 80% de los conductores utilizados no cumplen con la normatividad vigente establecida con respecto a la corriente nominal de cada circuito, como se puede evidenciar en el anexo 2. Por otra parte, el 90% de los conductores utilizados no son de una marca certificada por RETIE, sino por el contrario este tipo de marcas no avaladas, son las que generan daños perjudiciales en el sistema de distribución.

Iniciando con el dimensionamiento del interruptor principal de protección del sistema es notable en comparación con la propuesta de diseño del diagrama unifilar encontrado en el anexo 3, ya que la protección utilizada actualmente no supe la carga total del sistema de distribución teniendo en cuenta que si se genera alta producción se va incurrir en este error y la producción se va a detener en su totalidad debido a que no se cuenta con tableros de distribución por zonas.

En el anexo 4 se encuentra más explícito por circuito las falencias encontradas. El caso más crítico se ve reflejado en el ítem 23 del anexo 2 (Extrusora 3), ya que la capacidad de corriente soportada por los conductores es menor a la intensidad de flujo a la que soporta la máquina.

## 4 MEMORIAS DE CALCULO

### 4.1 EVALUACION DE THD Y FACTOR DE POTENCIA.

Ya ejecutado el inventario de las cargas y las potencias nominales de las máquinas, se procedió a realizar las memorias de cálculo de la instalación eléctrica.

En primer lugar, se calculó la capacidad demandada con base a la NTC 2050 sección 210 para circuitos ramales y sección 430 para el cálculo y diversificación de circuitos para motores.

La potencia demandada de circuitos ramales monofásicos de alumbrado y utensilios menores (ver tabla 2) se calculó de acuerdo a la tabla 220-11 de la NTC 2050.

En la tabla 5 se muestra el cálculo de diversificación para circuitos monofásicos

Diversificación	Carga 1Φ [VA]
3000 VA al 100%	3000
10440 VA-3000 VA= 7440 VA	2604

Carga Diversificada [VA]	5604
--------------------------	------

Tabla 5. Diversificación Cargas Circuitos Monofásicos Planta de Producción Empresa CABEYCO LTDA.

Ahora, se procede a realizar la diversificación de la carga para los circuitos trifásicos de motores (ver tabla 6) teniendo en cuenta la carga mayor del motor al 1,25%, más la suma de las otras cargas trifásicas.

En este caso el motor con mayor carga corresponde a la erosionadora con una potencia nominal trifásica de 7,5 KVA.

Carga mayor Motor [VA]	Diversificación [VA]*1,25	Carga Trifásica [VA]
7500	9375	9375
Otras cargas trifásicas [VA]		86550
Total Carga trifásica Diversificada [VA]		95925

Tabla 6. Diversificación Cargas Circuito Trifásico Planta de Producción Empresa CABEYCO LTDA.

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores se procedió a realizar la suma de las cargas diversificadas (ver tabla 7) con el fin de hallar la potencia total diversificada.

Carga Diversificada Monofásica Utensilios e Iluminación [VA]	5604
Carga Diversificada trifásica [VA]	95925
Potencia Total Diversificada [KVA]	101,53

Tabla 7. Diversificación Total Cargas Planta de Producción Empresa CABEYCO LTDA.

Posteriormente se calculó las protecciones y conductores teniendo con un factor de mantenimiento de 25% más de la corriente nominal (Cuadro anexo 4).

Comparando los datos tomados en la empresa, solamente con erosionadora y extrusora se demuestra con la tabla 8 que supera lo establecido por la norma.

Máquina	Erosionadora	Extrusora
Potencia [KVA]	7,5	34,5
Corriente nominal [A]	24,21	100,8
Corriente de protección [A]	30,26	126

Distancia [m]	25	32
Momento [KVA*m]	187,5	1104
Cte de regulación [% / kVA-m] [% / kVA-m]	0,0197	0,00319
Regulación [%]	3,69	3,52
Conductor [AWG]	10	4

Tabla 8 Inconsistencia regulación de tensión.

En el cálculo de conductores, se estima la regulación de tensión de la acometida desde bornes de transformador en baja tensión que no supere el 3%, lo que hace que los datos obtenidos en la tabla 8 no cumplan con la norma, de esta forma se aplica la ecuación 3

THD tensión:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2}}{V_1} * 100\%$$

Ecuación 3. Distorsión total armónica de tensión

Obteniendo una distorsión armónica total de tensión de 2,11% para la instalación que se analizó durante el transcurso del proyecto.

La norma IEEE 519 de 1992 nos referencia los niveles de compatibilidad para voltajes armónicos individuales en la red pública de baja tensión, además la norma nos reitera que para cargas con motores síncronos se aplican los armónicos más relevantes como en este caso son los armónicos impares, dando a lugar que el tipo de producción de la empresa CABEYCO LTDA se asimila a este sección de la norma.

Asumiendo que los resultados obtenidos en la distorsión armónica tiene un comportamiento equivalente al tipo de producción analizada, ya que estos armónicos están en la red todo el tiempo mientras actúan dichas cargas, en condiciones normales de funcionamiento, en el periodo de una semana, el 95% de los valores eficaces de cada tensión armónica promediados en 10 minutos no deben superar los valores indicados en la norma. La no toma de datos en la medición con el analizador de red, conlleva al cálculo de esta manera.

#### 4.2 Análisis de gráficas.

De acuerdo con los resultados obtenidos después de realizar las mediciones con el analizador de red,

(Monitor calidad potencia Hioki), (subtitulo 3.3 del presente artículo) se encontró que presentan sobrecarga en las líneas y así mismo las capacidades de los interruptores, están mal dimensionados con respecto a las capacidades de los conductores; lo cual es negativo para las instalaciones, ya que la vida útil de los conductores será menor y evidencia posibles accidentes debido al calentamiento excesivo de las líneas.

Se observa desbalance de tensión en cada fase, puesto que las cargas no fueron calculadas si no conectadas de manera empírica. Como lo muestra la gráfica 2.

El factor de potencia claramente está por debajo de los valores establecidos por la comisión de regulación de energía y gas resolución 108 de 1997 artículo 25 parágrafo 1. (Figura 1).

“el factor de potencia inductivo de las instalaciones deberá ser igual o superior a punto noventa (0,9)”.

La distorsión armónica total de tensión de la instalación fue de 2,11% de donde se argumenta que no se deben utilizar filtros activos para la corrección del factor de potencia ya que el RETIE dice: “Para instalaciones donde la distorsión armónica total de tensión (THD) basados en los en la (ecuación 3), sea superior al 5% en el punto de conexión, los bancos capacitivos deben ser dotados de reactancias de sintonización o en su defecto se deben implementar filtros activos de armónicos”.

#### 4.3 Corrección Factor de Potencia

Todos los equipos de la planta de producción en la empresas CABEYCO LTDA están constituidos por devanados o bobinas tales como: extrusora, erosionadora, troqueladora, mezcladora, etc. Necesitan la denominada corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación.

Para la corrección de factor de potencia (FP) como ya antes se mencionó, no es necesario utilizar filtros activos, resultando que el factor de potencia es el coseno del ángulo que forman los fasores de la corriente y la tensión, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia seria la unidad.

El resultado obtenido del factor de potencia en el proyecto se encuentra en atraso, esto significa que la corriente se retrasa con respecto a la tensión, lo que implica carga inductiva, potencia reactiva positiva.

$$f.d.p. = \frac{P}{|S|} = \cos(\Phi)$$

Ecuación 4: Definición factor de potencia

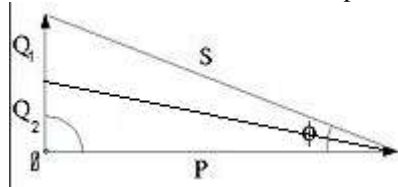


Figura 6: Triangulo de potencias.

Comparando la ecuación 4 con la figura 6 se obtiene una potencia aparente de 74.8095 KVA donde el ángulo (teta) está representado por la ecuación 5

$$\cos^{-1}(0.95) = 18.19^\circ = \phi$$

Ecuación 5

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

Ecuación 6

Donde

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$Q_2 = S \cdot \sin(\phi) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Tomando como resultado de la ecuación 6, es decir restando ecuación 7 con ecuación 8 obtenemos:

$$Q_c = 49,14 \text{ KVAR.}$$

De acuerdo al resultado se recomienda el banco de condensadores de 50 KVAR tipo CLMD de diseño seco con interruptor ferromagnético a tensión de operación 240 V. [7].

Continuando con el procedimiento de levantamiento de instalaciones eléctricas, se realizó el bosquejo a mano alzada con medidas reales plasmando los planos correspondientes de la parte arquitectónica y eléctrica, tomando como base la distribución y cantidad de equipos actual de la planta de producción, el cual se ve reflejado en el anexo 1.

## 5. PROPUESTA DE DISEÑO

Los ítems tomados a continuación son tomados del RETIE capítulo (10.1) donde su objetivo es brindar protección a las personas y los sistemas de distribución eléctricos, se realiza énfasis a los numerales correspondientes a la propuesta de diseño en los planos encontrados de los anexos (5,2 y 3):

- A. En los cuadros de carga propuestos se muestra la información explícita de cada componente de un tablero de distribución como son: número de circuitos, la fase a la que pertenece, el tipo de carga

conectada, su valor y la potencia total conectada a cada uno de ellos, factor de potencia, corriente nominal, calibre del conductor de cada circuito como también la ubicación de la carga, protección, especificando la corriente nominal de la protección, el tipo de ducto de alimentación, la cual se va manejar en la propuesta del nuevo diseño.

- B. La propuesta manejada para el diseño de puesta a tierra; debido a que la empresa CABEYCO LTDA tiene estructura metálica se debe tener en cuenta no conectar la estructura como medio de puesta a tierra. Ya que las conexiones van bajo nivel de suelo se deben utilizar un electrodo con longitud mínima de 2.44m (8 pies) un con diámetro mínimo de 3/4 pulg. "tamaño comercial" ser de hierro o acero y deben tener la superficie exterior galvanizada o de lo contrario recubiertos de metal para protección contra la corrosión, utilizar soldadura exotérmica, se deben dejar puntos de conexión accesibles e inspeccionables dado a un momento de inspección se deben tener cajas de inspección de mínimo 30 \* 30 cm
- C. El análisis de coordinación de protecciones se realiza para determinar los ajustes adecuados, a fin que las protecciones actúen de forma rápida y selectiva en caso de falla, protegiendo los equipos o maquinarias de la planta de producción, garantizando la continuidad del servicio sin causar daños a los componentes eléctricos.
- D. La elaboración del diagrama unifilar presentado en el anexo 3 brinda una idea clara de la coordinación de protecciones, para interpretar de manera más sencilla y con características eléctricas específicas el sistema de protecciones utilizadas para una óptima instalación eléctrica para la planta de producción de la empresa CABEYCO LTDA. El diagrama unifilar propuesto de acuerdo a las correcciones de los circuitos, distribución de tableros general de acometidas (ver anexo 5) y a los cálculos realizados para la instalación eléctrica de la planta de producción, tiene como finalidad, mostrar la correcta distribución de las cargas, para obtener una adecuada utilización de la energía eléctrica y de esta manera reducir las caídas de tensiones de las maquinas, tomando en cuenta el orden que planteado para los tableros de distribución y las características específicas en cuanto al barraje: corriente de corto circuito, tensión nominal, corriente nominal, frecuencia, la cantidad de hilos que pasa por cada acometida, de esta manera se mantiene en óptimas condiciones la instalación eléctrica sin

que algún daño afecte toda la instalación y pueda generar un alto en la producción.

- E. La regulación de tensión que se calculó teniendo en cuenta el cuadro de cargas y demás parámetros necesarios basándonos en las normas que rigen dicho análisis. En el anexo 6 se muestra que del tablero general de acometidas a los tableros de distribución el porcentaje de regulación de tensión supera lo establecido por la norma que es el 3%, comparando con la tabla 8 se muestra los resultados esperados ya que la empresa si tiene una inconsistencia frente a regulación de tensión. Se da aclaración, que lo ya mencionado se manejó con transparencia a las normas ya expuestas durante todo el desarrollo del proyecto.
- F. La cantidad de materiales que se ven reflejados en el anexo 7, se tienen en cuenta con base en el diagrama unifilar; en este se puede observar, la cantidad de interruptores termomagnéticos en los cuales se encontró interruptores fijos, regulables, con unidad de disparo, y especificaciones al detalla cómo; tensión nominal, corriente nominal, corriente de corto circuito, teniendo en cuenta que todos interruptores nombrados en el anexo 7, son de la familia 3VT de Siemens, como material adicional se encuentra el barraje necesario para suplir la necesidad del tablero, denotando las especificaciones del tipo de barra a utilizar; el fabricado es en cobre electrolítico de alta pureza y conductividad, soportado en aisladores de resina fenólica, de aislamiento 600V, identificado con funda termoencogible de colores amarillo, azul y rojo para las fases, blanco para el neutro y la tierra se dejará en su color natural o de color verde; capacidad de corriente del barraje según carga calculada para el proyecto.

## 6. RECOMENDACIONES

- Los interruptores termomagnéticos no deben ser empleados como interruptores de control si no de protección.
- Todo empalme debe realizarse con conector certificado, conductores de cobre y aluminio, se debe manejar conector bimetálico.
- Los conductores no deben quedar a la vista, deben canalizarse para lograr protección mecánica, de ser sobrepuesta la tubería debe ser tipo EMT.
- Realizar mantenimientos preventivos programados con personal calificado, con el fin de aumentar la vida útil de la instalación así como de los equipos; como también, reducir accidentes de origen eléctrico.

- Se recomienda equipotencializar el sistema de puesta a tierra como también la bandeja portacables tipo escalera.

Se debe realizar un estudio de iluminación tanto para puestos de trabajo como iluminación de emergencia.

## 7. CONCLUSIONES

La instalación eléctrica en la empresa CABEYCO LTDA, no es la adecuada ya que no cumple con la normatividad vigente, por ende representa un riesgo alto de accidentalidad para el personal que labora en dicha empresa, como para los equipos e infraestructura.

El equipo erosionadora que presenta reinicios durante su funcionamiento, se solucionó mediante la utilización de un regulador de tensión ya que en las características de la máquina lo exige y los propietarios no lo sabían.

La distorsión armónica total de tensión no superó el 5%, por lo cual se calcula el banco de condensadores sin necesidad de implementar filtros activos.

La conexión de nuevas máquinas empíricamente hace que éstas, no suplan la función y reduzcan su vida útil, sobrecargando el circuito de conexión y activando así las protecciones electromagnéticas del circuito de soldadura.

El diseño eléctrico planteado no solamente hace la instalación más eficiente si no más segura ya que está basado en la normatividad vigente como es RETIE y NTC 2050.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

[1] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050, Primera actualización, Código eléctrico Colombiano.

[2] AVENDAÑO, Carlos – IBÁÑEZ, Henry. “Las puestas a tierra como elemento de seguridad personal”. Revista Tecura N° 8, primer semestre del 2001, Universidad Distrital, Facultad Tecnológica (Bogotá).

[3] REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS, resolución número 181294 del 6 de agosto del 2008. Basados en artículo 1, Disposiciones generales.

[4]IEEE Std 519 - 1992 – Recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems,” Tech. Rep., IEEE Industry Applications. , ISBN 0-471-89539-5

[5]CASTAÑEDA, R., RIOS S; VEAS D., HarmonicDistortion and power factor, IEEE Transactiononpowerdelivery. Vol. 11 No.2, abril de 1996.

[6] ROMERO, José Carlos y VEGA, Ch. Francisco. Protecciones eléctricas (apuntes de clases), Universidad Nacional, departamento de ingeniería octubre de 2000.

[7] BELLO, Carlos, Valbuena, Sergio, Levantamiento, identificación y señalización de los circuitos eléctricos, planta de producción, Flexo Spring S.A., Universidad Distrital, Facultad Tecnológica, Tecnología en Electricidad, Bogotá 2004

## **9. ANEXOS**

Los anexos nombrados a continuación en encuentran adjuntos en CD, fiel copia de los originales.

Anexo 1: Plano de distribución arquitectónico.

Anexo 2: Diagrama unifilar

Anexo 3: Propuesta diagrama unifilar.

Anexo 4: Cuadros de carga

Anexo 5: Propuesta planos de distribución.

Anexo 6: Calculo regulación de tensión.

Anexo 7: Suministro de materiales.





