

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Investigación

**Propuesta de mejora en el diseño eléctrico  
de una instalación industrial**

Henry Alejo Flores

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Eléctrica

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia que me brindó su apoyo constante y animarme a seguir adelante para cumplir mis metas; a la UNIVERSIDAD CONTINENTAL por permitirme tener la oportunidad de consolidar mis estudios con éxito.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mi familia que siempre me ha apoyado constantemente, gracias ese apoyo y la motivación que me brindaron me han permitido hoy salir adelante.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	2
1.3.1. JUSTIFICACION TÉCNICA.....	2
1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	2
1.3.3. IMPORTANCIA .....	3
1.3.4. DATOS DE LA EMPRESA.....	3
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	3
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	3
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	3
1.5. VARIABLES .....	3
1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	3
1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	4
1.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	4
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	5
2.1.1. NACIONAL.....	5
2.1.2. INTERNACIONAL.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	6

2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	18
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....</b>		<b>23</b>
3.1.	MÉTODO TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.1.1.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.1.1.	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
3.1.2.	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.3.1.	POBLACIÓN.....	24
3.1.1.	MUESTRA.....	25
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	25
3.4.1.	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO .....	25
3.4.2.	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>26</b>
4.1.	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	26
4.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	32
4.2.1.	HIPÓTESIS GENERAL .....	32
4.1.1.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA .....	33
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	34
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>37</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Área de los conductores con calibre AWG. ....	8
Tabla 2: Intensidad máxima admisible a 70°C. ....	10
Tabla 3: Método referencial de instalación de conductores. ....	11
Tabla 4: Valores de conductividad y conductancia del cobre (Cu). ....	12
Tabla 5: Calibre mínimo de acuerdo a su tensión nominal.....	13
Tabla 6: Formato de recolección de datos. ....	25
Tabla 7: Datos de los equipos.....	27
Tabla 8: Datos generales de la instalación. ....	28
Tabla 9: Valores de conductividad del cobre a distintas temperaturas. ....	28
Tabla 10: Sección del cable en mm <sup>2</sup> conductividad a $\sigma_{20}$ y $\sigma_{70}$ . ....	29
Tabla 11: Sección del conductor por capacidad de corriente. ....	29
Tabla 12: secciones de los conductores para los equipos. ....	30
Tabla 13: Tiempo de fabricación.....	32
Tabla 14: Resultados de los coeficientes y valor crítico. ....	34

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de circuito eléctrico básico. ....	19
Ilustración 2: Esquema de conexión del voltímetro. ....	20
Ilustración 3: Esquema de conexión del amperímetro. ....	21
Ilustración 4: Esquema de conexión del vatímetro. ....	21
Ilustración 5: Consumo de potencia por equipo .....	27

## RESUMEN

La presente investigación de tipo aplicada que tiene como finalidad la solución de una problemática, se tiene por objetivo elaborar una propuesta de diseño eléctrico para una planta industrial dedicada a la fabricación de calderas industriales que presenta problemas dentro del proceso de producción a causa de fallas en los equipos de manufactura, esto debido a que la instalación eléctrica no tiene la capacidad de soportar la operación conjunta de los equipos eléctricos los cuales se han incrementado, razón por la cual se ha propuesto un nuevo estudio contemplando información actualizada de los equipos y que tenga la capacidad de soportar la operación conjunta de todos ellos. Se ha recolectado información sobre la totalidad de los equipos para determinar la carga total dentro de la planta industrial y realizar los cálculos para el redimensionamiento de los conductores eléctricos y protecciones para que se pueda optimizar el proceso de producción.

Dentro de los resultados se tiene a través de la nueva propuesta de diseño se permita una operación continua de los equipos que están involucrados en el proceso de fabricación de calderas, de esta forma eliminar el problema de parada de los equipos a causa de una sobrecarga por la operación conjunta de los mismos.

Palabras clave: redimensionamiento de conductores, optimización, operación conjunta.

## **ABSTRACT**

The present investigation of applied type that has as its purpose the solution of a problem, is aimed at developing a proposal of electrical design for an industrial plant dedicated to the manufacture of industrial boilers that presents problems within the production process due to failures in the manufacturing equipment, this due to the electrical installation does not have the capacity to support the joint operation of the electrical equipment which have been increased, which is why a new study has been proposed contemplating updated information of the equipment and having the ability to support the joint operation of all of them. Information has been collected on all the equipment to determine the total load within the industrial plant and perform calculations for the resizing of electrical conductors and protections so that we can optimize the production process.

Within the results we have through the new design proposal a continuous operation of the equipment that is involved in the boiler manufacturing process is allowed, thus eliminating the problem of equipment shutdown due to overload due to their joint operation.

Keywords: driver resizing, optimization, joint operation.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito elaborar una propuesta de mejora en el diseño eléctrico para una planta industrial dedicada a la fabricación de calderas, la finalidad es de mejorar la eficiencia en la producción que se ve afectada por la paralización de los equipos que intervienen en la manufactura a causa de deficiencias dentro de su instalación eléctrica inicial que no contemplaba la actual cantidad de equipos. El desarrollo de la investigación se presenta en cuatro capítulos que se presenta a continuación:

Capítulo I: Se describe el planteamiento y la formulación del problema como pregunta, estructurando la idea de la investigación, los objetivos de la investigación y la justificación de las razones de estudio.

Capítulo II: Se desarrolla el marco teórico presentando antecedentes de investigaciones a nivel nacional e internacional, se presenta las bases teóricas y las definiciones de términos básicos.

Capítulo III: Se presenta la metodología de investigación, el diseño de la investigación considerando distintos criterios, los métodos y el alcance.

Capítulo IV: Se presenta el análisis de la información y la interpretación de los resultados, discusión de los resultados.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La presente investigación se realiza como respuesta a una necesidad de mejorar el proceso de fabricación de calderas, durante el proceso de producción se presenta una sobrecarga y caída de tensión cuando varias de las maquinas realizan trabajos en conjunto, especialmente cuando se pone a operar la cortadora de plasma la cual tiene un alto consumo de energía siendo una de las cargas de mayor consumo por lo tanto varios de los equipos se ven perjudicados ya que el sistema de protección interrumpe la corriente eléctrica del circuito, cuando ésta sobrepasa los valores máximos de diseño ocasionando pérdidas de tiempo en el proceso de fabricación, el presente proyecto hace una evaluación técnica para un mejor funcionamiento de las máquinas eléctricas que permitan mejoras dentro del proceso de producción.

#### **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo afecta la sobrecarga y la caída de tensión a los equipos durante el proceso de fabricación de calderas?

### **1.1.2.2.PROBLEMA ESPECÍFICO**

¿Cómo afecta la dimensión de los conductores eléctricos de suministro para la operación de los equipos eléctricos durante su funcionamiento?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1.OBJETIVO GENERAL**

Plantear una propuesta para mejora en el diseño eléctrico de una instalación industrial que garantice la el trabajo eficiente de todos los equipos eléctricos sin tener fallas por sobrecarga y caída de tensión.

### **1.2.2.OBJETIVO ESPECÍFICO**

Determinar por medio de cálculos eléctricos la dimensión adecuada de conductores eléctricos de alimentación que permitan un funcionamiento eficiente de los equipos eléctricos.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **1.3.1.JUSTIFICACION TÉCNICA**

El presente trabajo ofrece un método para calcular la dimensión adecuada de equipos de protección y conductores eléctricos, de esta manera no se verá afectada la operación conjunta de los equipos eléctricos para la fabricación de calderas favoreciendo en un mejor desempeño al proceso de producción.

### **1.3.2.JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

La optimización del proceso permite a la empresa eliminar los tiempos muertos producidos anteriormente, los equipos eléctricos trabajaran conjuntamente eliminando el tiempo perdido por parte de los operadores, la optimización se verá reflejada económicamente en una producción más activa por la confiabilidad de los equipos.

### **1.3.3.IMPORTANCIA**

La presente investigación tiene como finalidad mejorar las condiciones de fabricación de calderas, se toma en consideración los puntos de falencias dentro del proceso los cuales se han identificado como causas principales, las pérdidas que se generan se traduce en el retardo del proceso de producción por la razón de que no es posible operar todos los equipos eléctricos ya que la instalación eléctrica actual no lo permite por razones de dimensionamiento de los conductores eléctricos dentro de la instalación industrial.

### **1.3.4.DATOS DE LA EMPRESA**

La empresa donde se desarrolla el trabajo de investigación es Calderas Industriales S.A.C. En presa dedicada a la fabricación de calderas y otros tipos de maquinarias para el sector industrial, se encuentra ubicada en el parque industrial en la ciudad de Arequipa.

## **1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **1.4.1.HIPÓTESIS GENERAL**

Un dimensionamiento óptimo de los conductores eléctricos mejorará la eficiencia de la productividad en la empresa Calderas Industriales S.A.C.

### **1.4.2.HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

El nuevo dimensionamiento de los conductores eléctricos asegura la operatividad continua de todos los equipos dentro del sistema de producción para la fabricación de componentes dentro de las instalaciones de la empresa Calderas Industriales S.A.C.

## **1.5. VARIABLES**

### **1.5.1.VARIABLE INDEPENDIENTE**

Dimensionamiento adecuado de los conductores eléctricos para establecer el funcionamiento óptimo de todos los equipos dentro de las instalaciones de la empresa Calderas industriales S.A.C.

## 1.5.2.VARIABLE DEPENDIENTE

Mejora de la eficiencia en el proceso de producción dentro de la empresa Calderas Industriales S.A.C.

## 1.5.3.OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	TIPOS DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Dimensionamiento adecuado de los conductores eléctricos para abastecer el funcionamiento óptimo de todos los equipos dentro de las instalaciones de la empresa Calderas industriales S.A.C.	Independiente	El dimensionamiento de los conductores implica determinar su sección a una corriente nominal.	Sección de un conductor eléctrico en mm <sup>2</sup>	La capacidad del conductor eléctrico para transportar la corriente eléctrica.	Norma técnica peruana  Catálogo de conductores eléctricos
Mejora de la eficiencia en el proceso de producción dentro de la empresa Calderas Industriales S.A.C.	Dependiente	La eficiencia es la capacidad para cumplir de forma adecuada una función.	(%) porcentaje	% de eficiencia operativa.	Tablas comparativas

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

##### **2.1.1. NACIONAL**

ESPINOZA LOPEZ, M.A. Proyecto de Instalaciones Eléctricas del Centro de Distribución Central Saga S.A. – 800 kVA. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, 2007. En el trabajo de investigación se presenta los cálculos justificativos eléctricos para la carga instalada y la máxima demanda para la ejecución del proyecto a solicitud del centro de distribución Saga S.A. cumpliendo con las normas y el Código Nacional de Electricidad. (1)

##### **2.1.2. INTERNACIONAL**

ÁNGLES SANFÉLIX, C. Proyecto de Instalación Eléctrica de baja Tensión en una Industria de Fabricación de Conductos de PVC y PE Ubicada en el P.I Nuevo Tollo. Universidad Politécnica de Valencia. España, 2015. En este proyecto se realiza el diseño y cálculo de una instalación eléctrica de baja tensión de un edificio industrial, el proyecto permite poner en práctica los conocimientos adquiridos, desarrollar aptitudes para el diseño de instalaciones eléctricas de esta índole, se busca como objetivo dentro del diseño de la instalación la opción más eficiente y económica dentro de su planteamiento. (2)

DE LA ROSA FERNÁNDEZ, J. Diseño de Instalaciones Eléctricas. Universidad Autónoma de Nuevo León. México, 2001. El objetivo de la realización de esta tesis se enfoca en facilitar la interpretación en instalaciones eléctricas empleando la norma técnica mexicana como base de consulta. La tesis se desarrolla en capítulos dentro de los que se explican las definiciones eléctricas para su comprensión y desarrollo, tipos de conductores que se aplica en instalaciones eléctricas y sus características, tipos de canalizaciones y soportería para instalaciones en estructura y muro, dispositivos eléctricos de protección, sistema de puesta a tierra y cálculos para instalación eléctrica. (3)

ROMAN LOAIZA, L.R. Proyecto y Diseño de Instalaciones en Media y Baja Tensión para un Edificio. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. 2016. El proyecto consiste en la elaboración de un diseño eléctrico el cual contempla múltiples pisos, el suministro de energía en media tensión, los cálculos realizados comprenden conductores, protecciones para cada planta, la distribución correcta de energía hacia cada uno de los equipos eléctricos dentro de su sistema. (4)

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

La complejidad en de las instalaciones eléctricas puede diferir dependiendo del lugar donde se encuentre, el conjunto de instalaciones y los equipos que disponga, como puede ser dentro una vivienda con aparatos eléctricos de consumo moderado a naves industriales con equipos especializados y de un consumo eléctrico elevado, ello implica un diseño distinto por las características de cada sistema para el cálculo de la instalación eléctrica.

Para Jorge de la Rosa Fernández, “un circuito eléctrico en su forma más elemental consiste en una fuente de voltaje como por ejemplo la batería, un generador o cualesquiera terminales entre las cuales aparezca un voltaje o diferencia de potencial uno o más dispositivos de carga los cuales usan corriente suministrada por la fuente, y una trayectoria conductora cerrada formada normalmente por conductores eléctricos.” (3)

## **CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

Los conductores eléctricos pueden estar diseñados por diferentes clases o figuras como cilíndricos, rectangulares o mixtos, etc. Los conductores más recomendados e implementados son de cobre y aluminio por la característica de brindar una buena conductancia de la electricidad.

El cobre es el más utilizado por las características que posee para conducir electricidad por sobre el aluminio que resulta ser más económico y poseer una menor conductividad además de ser más liviano.

Para elegir el conductor eléctrico adecuado se debe considerar factores dentro de su operación como pueden ser elementos químicos factores mecánicos y físicos, los factores químicos se encuentran en función del lugar donde se encuentra instalado el conductor eléctrico estos pueden ser: grasa, humedad, acidez, agua. Estos factores son los que determinan el tipo de aislamiento necesario para su instalación. (4)

## **AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

El aislamiento de los conductores se asignara en función del requerimiento dentro de una instalación de esta forma tendremos los siguientes tipos: TH, THW, THHN, TTU.

Para elegir de forma adecuada el tipo de aislamiento de un conductor se debe considerar algunos aspectos para protegerlos de acuerdo a las condiciones ambientales dentro de la instalación.

## **ESPECIFICACIONES PARA CABLES Y ALAMBRES THW**

Los conductores THW son diseñados para instalaciones eléctricas generales resistentes a la llama y humedad empleados en residencias, edificios y plantas industriales, donde las condiciones de temperatura son elevadas u se producen gases corrosivos es recomendable el uso de este tipo de conductores. (5)

A continuación se presenta algunas características del conductor:

Voltaje máximo de operación: 600V AC.  
Temperatura máxima del conductor: 75 °C  
Rango del calibre: 14 – 6 AWG  
Tipo y temple del conductor: Alambre suave  
Material del aislamiento: Polivinilo para 75°C

## SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Las clases de conductores existentes se clasifican por el número de calibre que está regido por el sistema americano AWG (American Wire Gauge siglas en ingles). En la ocasión de poseer un área elevada se usa una unidad nombrada circular mil (área circular que tiene diámetro de milésimo de pulgada). (4)

En la siguiente tabla I se muestra el área de los conductores eléctricos con calibres AWG.

**Tabla 1: Área de los conductores con calibre AWG.**

Calibre (AWG)	Área(mm <sup>2</sup> )
12	3,31
10	5,27
8	8,35
6	13,30
4	21,20
2	33,60
1/0	53,5
2/0	67,4
4/0	107

Fuente: <http://159.90.80.55/tesis/000140652.pdf>

## SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

Para realizar la selección del calibre del conductor se considera tres criterios:

- Criterio por capacidad corriente: es el valor máximo de corriente que puede soportar el conductor tomando en cuenta sus propiedades mecánicas.
- Criterio por caída de tensión: representa las pérdidas que se producen producto de la longitud de recorrido dentro del circuito.
- Criterio por intensidad de cortocircuito

Se debe considerar como un aspecto importante para la selección de un conductor el calibre del mismo según la tensión nominal y el tipo de instalación eléctrica.

### **CRITERIO POR CAIDA DE TENSIÓN ADMISIBLE**

Obtenemos la corriente intensidad de la línea mediante la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \text{Cos}\theta}$$

Donde:

I	Corriente (A)
P	Potencia (W)
U	Voltaje (V)
Cos $\theta$	Factor de potencia

La sección del conductor eléctrico para la alimentación trifásica se obtendrá por la siguiente fórmula.

$$S = \frac{P * L}{\sigma * e * U_L}$$

Donde:

P	Potencia (W)
L	Longitud (m)
$\sigma$	Conductividad (m/ $\Omega$ *mm <sup>2</sup> )
e	Caída de tensión (V)
U <sub>L</sub>	Tensión nominal de la línea (V)

## CRITERIO POR CAPACIDAD DE CORRIENTE

Para la selección del conductor eléctrico por este criterio se considera cables unipolares que serán instalados en ductos, se considera la agrupación de los conductores de acuerdo a la tabla 4 que se presenta en el NTP (Norma Técnica Peruana).

Conociendo la intensidad del circuito se busca la inmediata superior dentro de la tabla y la sección asociada a esa intensidad considerando el tipo de instalación.

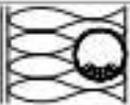
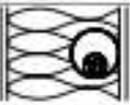
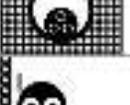
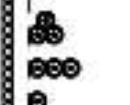
**Tabla 2: Intensidad máxima admisible a 70°C.**

Sección nominal del conductor [mm <sup>2</sup> ]	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)												
	A1		A2		B1		B2		C		D		
													
Aislamiento	PVC		PVC		PVC		PVC		PVC		PVC		
Temperatura	70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		
Cantidad de conductores	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre													
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18	
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24	
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31	
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39	
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52	
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67	
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86	
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103	
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122	
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151	
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179	
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203	
150	240	216	219	196	-	-	-	-	344	299	278	230	
185	273	245	248	223	-	-	-	-	395	341	312	258	
240	321	286	291	261	-	-	-	-	461	403	361	297	
300	367	328	334	298	-	-	-	-	530	464	408	336	

Fuente: Código Nacional de Electricidad – Utilización.

El método de instalación de acuerdo a la tabla 4, se define mediante el tipo propuesto y la corriente, esto dará como resultado la sección del conductor.

Tabla 3: Método referencial de instalación de conductores.

Método referencial de instalación		Tabla y columna						Factor de temperatura ambiente	Factor de reducción por agrupamiento
		Capacidades de corriente nominal para circuitos simples				Factor de temperatura ambiente	Factor de reducción por agrupamiento		
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE / EPR					
		Número de conductores		2	3	2	3		
1	2	3	4	5	6	7	8		
	Conductores aislados dentro de un tubo empotrado en una pared	A1	Tabla 2 Col. 2	Tabla 2 Col. 3	Tabla 2 Col. 14	Tabla 2 Col. 15	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable multipolar en un tubo empotrado dentro de una pared	A2	Tabla 2 Col. 4	Tabla 2 Col. 5	Tabla 2 Col. 16	Tabla 2 Col. 17	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Conductores aislados dentro de un tubo sobre una pared de madera	B1	Tabla 2 Col. 6	Tabla 2 Col. 7	Tabla 2 Col. 18	Tabla 2 Col. 19	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable multipolar dentro de un tubo sobre una pared de madera	B2	Tabla 2 Col. 8	Tabla 2 Col. 9	Tabla 2 Col. 20	Tabla 2 Col. 21	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable unipolar o multipolar sobre una pared de madera	C	Tabla 2 Col. 10	Tabla 2 Col. 11	Tabla 2 Col. 22	Tabla 2 Col. 23	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable multipolar en ductos enterrados	D	Tabla 2 Col. 12	Tabla 2 Col. 13	Tabla 2 Col. 24	Tabla 2 Col. 25	Tabla 5A	Tabla 5D	
	Cable multipolar al aire libre	E	Cobre Tabla 1		Cobre Tabla 1		Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cables unipolar, en contacto al aire libre	F	Cobre Tabla 1		Cobre Tabla 1		Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cables unipolar, espaciados al aire libre	G	Cobre Tabla 1		Cobre Tabla 1		Tabla A	-	

Fuente: Norma Técnica Peruana – 370.301.

Se muestra en la tabla 5 la disposición de los conductores dentro de los tubos y ductos empotrados.

## CRITERIO POR INTENSIDAD DE CORTO CIRCUITO

Este criterio es determinante en cálculos de alta y media tensión, en baja tensión las protecciones de sobreintensidad limitan el tiempo de duración del corto circuito en tiempos muy breves, a ello se adiciona que la impedancia de los cables hasta el punto de corto circuito limitan su intensidad.

## RESISTIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD DEL COBRE

**Tabla 4: Valores de conductividad y conductancia del cobre (Cu).**

Cobre (Cu)			
Temperatura 20°C		Temperatura 70°C	
Resistividad ( $\rho$ )	Conductividad ( $\sigma$ )	Resistividad ( $\rho$ )	Conductividad ( $\sigma$ )
0.018 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	56 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	0.021 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	47 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Fuente: Propia.

## CALIBRE MÍNIMO Y CAPACIDAD DE LOS RAMALES

La elección de un conductor se realiza a través de la potencia que resulta del producto del voltaje por la corriente que fluye a través del conductor eléctrico. El conductor mínimo para un circuito electro es el THW #12 de cobre y #10 de aluminio con revestimiento de cobre.

(4)

## CONDUCTOR DE PROTECCION A TIERRRA

El conductor de puesta a tierra se encuentra conectado desde el chasis de los equipos hasta el electrodo de puesta a tierra para poder determinar el calibre se presenta la tabla I, el calibre se determina de acuerdo a la capacidad del dispositivo de protección de sobre corriente. (6)

**Tabla 5: Calibre mínimo de acuerdo a su tensión nominal.**

<b>Tensión nominal del conductor (Volt)</b>	<b>Calibre mínimo del conductor (AWG)</b>
De 0 a 2000	14 De Cobre
	12 De aluminio o aluminio recubierto de cobre
De 2001 a 8000	8
De 8001 a 15000	2
De 15001 a 28000	1
De 28001 a 35000	1/0

Fuente: <http://159.90.80.55/tesis/000140652.pdf>

## **CANALIZACIONES**

Una canalización eléctrica está constituida por conductores eléctricos y elementos que aseguran su fijación así como su protección mecánica y de seguridad, pueden ser instalados de la siguiente manera:

- **Canalización fijada a la pared:** Se encuentra situada en la superficie de la pared la cual constituye un medio de fijación.
- **Electro canal:** Envoltente cerrada que esta provista de una tapa removible, brinda protección completa a los conductores eléctricos.
- **Bandeja de cables:** Soporte que se encuentra constituido por una base continua con paredes laterales, no tiene tapa, esta puede tener perforaciones o pueden ser lisas.
- **Canal de cables:** Puede situarse por sobre o debajo del piso y también por sobre o debajo del techo, puede ser abierto o cerrado, este tipo de canales son accesible en todo su recorrido posterior a su instalación.

## TUBERIAS

Son elementos que se encargan de contener los conductores eléctricos, tienen como función la protección de los conductores eléctricos de daños mecánicos, químicos, humedad, altas temperaturas, las tuberías pueden ser de dos tipos: metálicas y no metálicas. Las metálicas son de acero, aluminio o hierro, las no metálicas son de materiales termoplásticos ya sea de polietileno o PVC.

Las dimensiones de una tubería dependen del número de conductores que contiene, se debe considerar un espacio libre con la finalidad de que posibilite la disipación de calor de los conductores, existe una relación entre la cantidad de conductores y la sección del tubo esta relación es llamada factor de relleno y está dada por la siguiente fórmula. (6)

$$F_R = \frac{A_C}{A}$$

En donde:

$F_R$ = factor de relleno.

$A_C$ = área total de los conductores.

$A$ = área del interior de la tubería.

De acuerdo a tipo de materia las tuberías se clasifican en:

- **Tubos de PVC:** Es un material termoplástico compuesto de policloruro de vinilo es resistente y rígido, puede estar en ambientes húmedos y soportar algunos productos químicos es auto extingible a las llamas y son ligeros. Pueden ser empotrados en techos, paredes y suelos.
- **Tubos EMT (Electrical Metallic Tubing):** Son empleados en instalaciones eléctricas industriales pueden ser moldeados a diferentes formas y ángulos, para evitar la corrosión estos tubos pasan por un proceso de galvanizado el cual evita la corrosión del mismo no tiene extremos roscados, cuenta con accesorios propios para su acoplamiento y enlaces con cajas. Su aplicación es para montaje en superficie a la intemperie puede soportar leves daños mecánicos.

- **Tubos IMC (Conduit):** Estos tubos debido al grosor de sus paredes son mucho más resistentes a los daños mecánicos, ambos extremos del tubo vienen con una rosca para su acoplamiento, por el grosor de sus paredes se puede hacer rosca de forma manual. El proceso de galvanización se da tanto al interior como al exterior de la tubería de esta forma se evita la corrosión. Su aplicación puede darse en cualquier zona ampliamente empleados en instalaciones industriales empotrados o enterrados bajo el suelo.
- **Tubo flexible metálico:** Este tipo de tubería es fabricada en acero, también pasa por un proceso de galvanizado para evitar la corrosión tiene bastante flexibilidad a la torsión, tiene resistencia mecánica su constitución está formada por láminas distribuidas de forma helicoidal este tipo de tubería tiene baja hermeticidad. Su aplicación se da en ambientes donde el cable se encuentre expuesto a la vibración, daños mecánicos y la torsión, se emplea también en lugares con radios de curvatura grande.
- **Tubo liquidtigh:** Su construcción es similar al tubo flexible metálico con la diferencia de que se encuentra recubierto de un material aislante termoplástico que le otorga hermeticidad. Su aplicación es igual al tubo flexible metálico adicionando que se puede instalar en lugares con mucho polvo y alta humedad.

## PROTECCIONES ELÉCTRICAS

“Para diseñar un dispositivo de corte no es suficiente conocer únicamente el valor de la corriente a interrumpir. La interrupción de las corrientes es función de múltiples parámetros que dependen del tipo de generador (alternador o transformador), de las líneas y de los receptores. Un circuito eléctrico es siempre inductivo, por lo que las variaciones de corriente a cortar generan a partir de la apertura del circuito, una contra reacción en tensión que contribuye a mantener la corriente. Esta fuerza contra electromotriz, de tipo  $L \cdot \frac{d_i}{d_t}$  puede tener un valor importante, cualquiera que sea el valor de la corriente  $i$ , hasta la anulación de dicha corriente. Si la corriente tiene un valor importante, el valor resistivo del circuito a cortar facilita el corte; pero no supone ninguna ayuda cuando  $i \gg 0$ : en este caso la caída de tensión óhmica resulta despreciable.” (8)

Las curvas de disparo de un interruptor automático se encuentra en función de tres valores: ajuste magnético, ajuste térmico y poder de corte.

- **Protección térmica:** Funciona en base al calentamiento de un elemento bimetálico el cual se dilata o contrae según la cantidad de corriente que circula en este elemento, el bimetal es la parte que actúa frente a la sobrecarga dentro de una instalación eléctrica.

“Si una sobrecarga provoca el disparo de un interruptor automático o si se produce un corte en la alimentación eléctrica aguas arriba (conmutación de la carga sobre la fuente de emergencia, por ejemplo) se produce como consecuencia un enfriamiento continuo, pero en ese caso, al no estar alimentado el circuito electrónico, la tarea es diferente. Al volver la alimentación, por la conexión del interruptor automático o el reenganche de la carga, el circuito electrónico del relé recupera el valor de la tensión residual que se utilizará como nueva temperatura inicial de los conductores. Una protección contra cortocircuitos de corto retardo tiene la función de proteger la red contra sobre intensidades elevadas (en general, en distribución, del orden de  $10 I_n$ , ajustable por el usuario).” (8)

- **Protección magnética:** Un relé magnético tiene la función de desconectar el circuito cuando la corriente eléctrica sobrepasa los límites determinados de operación. Cuando se produce un corto circuito la corriente de defecto atraviesa la bobina creando un campo magnético dentro de esta, a su vez esta desplaza una lámina liberando los contactos de manera que apertura el circuito.

Este relé instantáneo se constituye generalmente de una U de material magnético que constituye el núcleo y de una armadura, generalmente móvil, que asegura la protección contra los cortocircuitos. Su tiempo de intervención es inferior a 50 ms en su umbral de funcionamiento (situado entre 5 y 10 veces la corriente nominal) y decrece rápidamente por debajo de 10 ms cuando la corriente aumenta. (8)

## INTERRUPTORES DE BAJA TENSIÓN

“Un interruptor automático es un aparato de conexión capaz de cerrar e interrumpir un circuito ante cualquier valor de la corriente hasta su poder de ruptura último:  $I_{cu}$  (norma

IEC 60947-2). Aunque su función básica es la interrupción de las corrientes de cortocircuito y de sobrecarga por acción reflejante, permite también, mediante una acción exterior voluntaria, el corte de corrientes de sobrecarga y normales, además una vez abierto asegura un aislamiento en tensión del circuito interrumpido.” (8)

“La tarea principal de los interruptores automáticos es la protección de la instalación eléctrica ocasionados por las condiciones anormales de funcionamiento. Los interruptores electromecánicos son empleados en tableros eléctricos y subestaciones en tanto que los interruptores termo magnéticos son empleados en instalaciones comerciales e industriales están diseñados para un tiempo fijo de disparo.” (6)

## **PRINCIPIOS DE PUESTA A TIERRA**

La conexión eléctrica de una puesta a tierra es la unión directa de la parte metálica de un equipo eléctrico y tierra con el propósito de brindar protección a las personas y equipos, por medio de su instalación se conseguirá que no aparezca diferenciales de potencial peligrosos dentro de las instalaciones y se permita un desfogue a tierra de las corrientes de defecto y las que se presentan como consecuencia de las descargas atmosféricas. La conexión de una puesta a tierra tiene un recorrido de baja impedancia para el drenaje de la corriente cuando de presente algún tipo de falla dentro del circuito.

“Al realizar un estudio del sistema a tierra es fundamental tener las características de la línea, la intensidad y la tensión que se puede usar. Tener en cuenta las características de los distintos electrodos que existen en el mercado, esta características debe ser la resistencia que produce dicha varilla al paso de la corriente eléctrica.” (4)

- **Electrodo de puesta a tierra:** Una varilla conductora a través del cual se estable una conexión directa a tierra, tiene una impedancia baja, su longitud deberá ser aproximadamente de 2,4 metros y un diámetro de 16 mm, debe estar protegido contra daños exteriores, el sobresaliente de la varilla deberá estar a nivel del piso.
- **Malla de puesta a tierra:** “La malla se emplea con conductores de cobre desnudo sin aislador y esta se la puede complementar con otros elementos como electrodos o varillas a tierra que debes ser de cobre, estos sistemas son muy utilizados para S/E y en centrales eléctricas debido al nivel de descargas eléctricas que se producen o el

nivel. Para formar una malla a tierra se considera que los conductores deben estar enterrados a una profundidad promedio comprendido entre 0.5 a 1.0m, los cuales deben estar situados de una forma paralela y perpendicular, la malla tiene que estar adaptada a la sección adecuada a la resistencia del suelo donde será instalada y tener en cuenta que la malla tenga una forma de cuadrícula. El conductor utilizado para el lado exterior debe ser continuo que no tenga ninguna anomalía para tener un excelente sistema, de tal manera que integre adonde será conectado el equipo.”(4)

- **Placa de toma de tierra:** Consta de una lámina metálica solidan la cual se instala en sitios de poca profundidad sobre una malla de puesta a tierra con la finalidad de obtener una media extra de protección. Un diseño común de una placa de toma de tierra es una malla de cable puesta directamente bajo la piedra picada cada electrodo debe tener una superficie útil de contacto de 0,2 m<sup>2</sup> los electrodos de material ferroso o placa de acero deberán tener un espesor mínimo de 6 mm y los electrodos de metales no ferrosos deberán ser de un espesor mínimo de 1.5mm. (6)
- **Anillo de tierra:** Un anillo de tierra está compuesto por un conductor de cobre desnudo cuyo calibre no debe ser inferior a N°2 con una longitud mayor o igual a 2 metros, la profundidad a la que tiene que ser enterrado no deberá ser menor a 80 cm.

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### CIRCUITOS ELÉCTRICO

Un circuito eléctrico está conformado por varios elementos conectados entre sí dentro de un circuito cerrado por el cual circula una corriente eléctrica la cual se manifiesta a través de la circulación de electrones dentro del mismo, está compuesto de las siguientes partes básicas.

### GENERADOR

Maquina eléctrica rotativa en donde se produce y mantiene la corriente eléctrica puede ser de dos tipos corriente alterna y corriente continua.

## CONDUCTORES

Es por donde circula la corriente eléctrica de un punto a otro dentro del circuito eléctrico los materiales usados en su fabricación pueden ser generalmente de cobre o aluminio los cuales son buenos conductores de la electricidad.

## RECEPTORES

Estos elementos se encargan de transformar la energía eléctrica suministrada en otro tipo de energía, puede ser luminosa, calorífica, movimiento, etc.

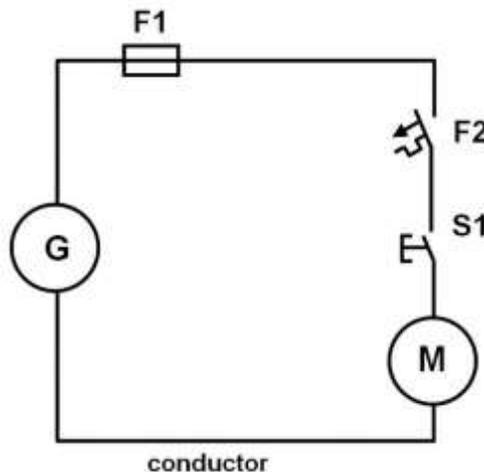
## ELEMENTOS DE MANDO Y CONTROL

Permite conectar y desconectar el paso de la corriente eléctrica dentro de un circuito.

## ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Son elementos cuya finalidad es de brindar protección a las personas y los equipos dentro de un circuito, estos pueden ser: fusibles, interruptores termo magnéticos, interruptores diferenciales, protector de sobretensiones, etc.

### Ilustración 1: Esquema de circuito eléctrico básico.



Fuente: <https://www.flickr.com/photos/metromon/5791301692>.

- Fusible (F1)
- Magneto térmico (F2)
- Generador (G)
- Motor eléctrico (M)
- Interruptor (S1)

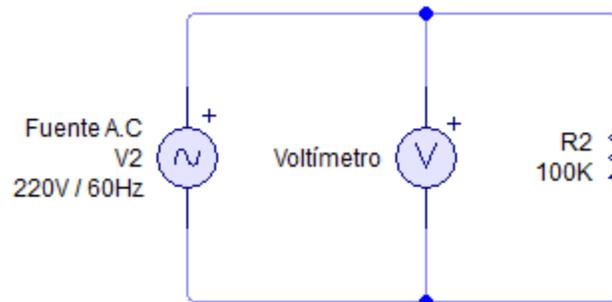
## INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos de medición son herramientas que se usan para medir una magnitud física.

### VOLTÍMETRO

Instrumento que se utiliza para medir la diferencia de potencial entre dos puntos dentro de un circuito eléctrico, la conexión respecto a la carga es en paralelo de manera directa, la polaridad en voltaje alterno es indistinto mientras que en voltaje continuo se debe respetar la marca positiva y negativa.

#### Ilustración 2: Esquema de conexión del voltímetro.

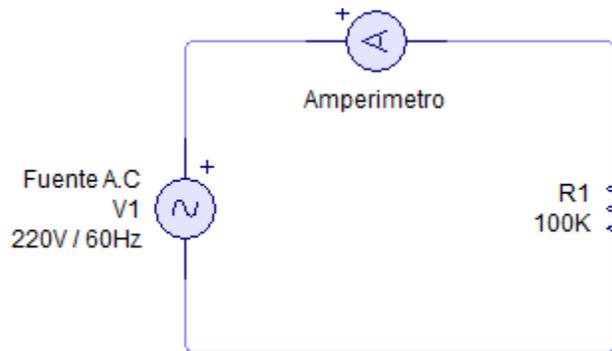


Fuente: Propia.

### AMPERÍMETRO

Instrumento que se utiliza para medir la intensidad de la corriente eléctrica que atraviesa un circuito eléctrico, la conexión se realiza en serie respecto a la carga, puede conectarse de forma directa o indirecta.

### Ilustración 3: Esquema de conexión del amperímetro.



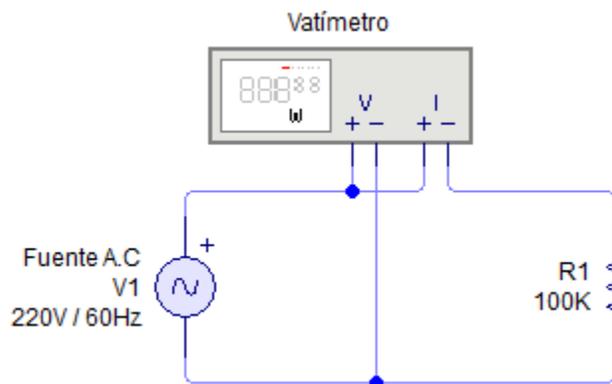
Fuente: Propia.

### VATÍMETRO

Instrumento que se utiliza para medir la potencia eléctrica de un circuito, resulta de la combinación de un voltímetro y un amperímetro la multiplicación de sus medidas (voltaje y amperaje) resulta ser la potencia eléctrica en watts.

El instrumento consta de 4 terminales para ser conectado al circuito, estas conexiones son realizadas en serie para medir la intensidad y en paralelo para el voltaje.

### Ilustración 4: Esquema de conexión del vatímetro.



Fuente: Propia.

## **ENERGÍA ELÉCTRICA**

Se denomina energía eléctrica a la potencia eléctrica que se consume dentro de un determinado periodo de tiempo sus unidades son: watts-hora o kilowatts-hora.

## **CONDUCTOR ELÉCTRICO**

En un elemento que tiene la capacidad de transmitir corriente eléctrica, tiene poca resistencia a la circulación de corriente eléctrica, está compuesto de electrones libre que le permiten el libre movimiento de las cargas.

## **INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO**

Es un dispositivo que combina dos efectos (magnético y calor) con la finalidad realizar una apertura de un circuito cuando los valores detectados no se encuentren dentro de los parámetros del mismo.

## **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

Es la capacidad que posee el material para permitir la circulación de la corriente a través de él, esta depende de su estructura molecular siendo los metales buenos conductores ya que poseen muchos electrones libres con vínculos libres.

## **RESISTIVIDAD**

Es la resistencia eléctrica específica de un material su valor es la inversa de la conductividad eléctrica, este valor en los metales se incrementa a medida que lo hace la temperatura siendo directamente proporcionales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MÉTODO TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se realizó utilizando el método cuantitativo, tiene como procedimiento el análisis y la recolección de datos a través del cual se realizará la investigación y luego determinar un nuevo diseño que permita aplacar las deficiencias dentro del proceso de producción.

##### **3.1.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es de tipo aplicada, busca a través de los conocimientos adquiridos conocer una realidad problemática y brindar una solución.

##### **3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es de nivel correlacional, su finalidad es conocer la relación que existe entre dos variables dentro de un contexto el presente trabajo examina los datos de forma cuantitativa tomado registro y analizando el proceso.

“La utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. Las correlaciones pueden ser positivas (directamente proporcionales) o negativas

(inversamente proporcionales). Si es positiva, significa que los casos que muestren altos valores en una variable tenderán también a manifestar valores elevados en la otra variable. Si es negativa, implica que casos con valores elevados en una variable tenderán a mostrar valores bajos en la otra variable.”(10)

### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Dado que el objetivo de estudio será realizar un diseño eléctrico que garantice el funcionamiento eficiente de todos los equipos, se recurrirá a un diseño no experimental que se aplicara de manera transversal.

“La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables; lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos”. (10)

Para el desarrollo de la investigación se realiza un estudio mediante el cual se determinara la selección más adecuada considerando los factores que influyen en el dimensionamiento de conductores eléctricos, los cálculos eléctricos se realizaran por el método tradicional en cual determina una temperatura de 20 °C y posteriormente también se realizara los mismos cálculos considerando la temperatura real del conductor eléctrico a 70°C para el conductor empleado que será de PVC.

Los criterios iniciales por caída de tensión, capacidad de corriente y corto circuito serán presentados y posteriormente se contrastara los resultados obtenidos considerando las temperaturas de diseño anteriormente mencionados.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1. POBLACIÓN**

El objeto de estudio en la presente investigación es el nuevo diseño eléctrico que contempla un nuevo cálculo de sección de los conductores eléctricos para la empresa Calderas industriales S.A.C.

### 3.1.1.MUESTRA

Debido a que la población es un solo objeto de estudio, se considera como muestra los resultados de obtenidos a través de los cálculos eléctricos, se contempla dos factores relacionados con la temperatura el cual nos proporciona dos muestras.

## 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.4.1.TÉCNICA DE PROCESAMIENTO

La observación, técnica usada como medio de recolección de información de campo, es mediante ella que se tiene la percepción de los fenómenos para el estudio de la variable en cuestión.

### 3.4.2.INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Como instrumento se utiliza un formato que contenga datos característicos de los equipos como: descripción, cantidad, potencia. A continuación se presenta el formato usado para la recolección de datos.

**Tabla 6: Formato de recolección de datos.**

N°	Equipo	Cantidad	Potencia (kW)
1			
2			
3			
4			
Total			

Fuente: Propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

La investigación determinara si por medio del nuevo análisis en el dimensionamiento de los conductores y equipos de protección para la empresa resulte en una mejora de la eficiencia en el proceso de producción.

Los cálculos eléctricos realizados tienen por objeto redimensionar el seccionamiento de los conductores eléctricos, como resultado se tiene un incremento del calibre del conductor adecuado que permita la operación conjunta de los equipos involucrados en el proceso de fabricación de calderas.

La selección de los elementos de protección se realiza en base a la nueva sección del conductor eléctrico, se asegura de esta manera la operación continua de los equipos y la protección de los mismos.

Para un análisis se presenta las características de la instalación con los resultados acordes a un nuevo dimensionamiento eléctrico de acuerdo a los datos de los equipos.

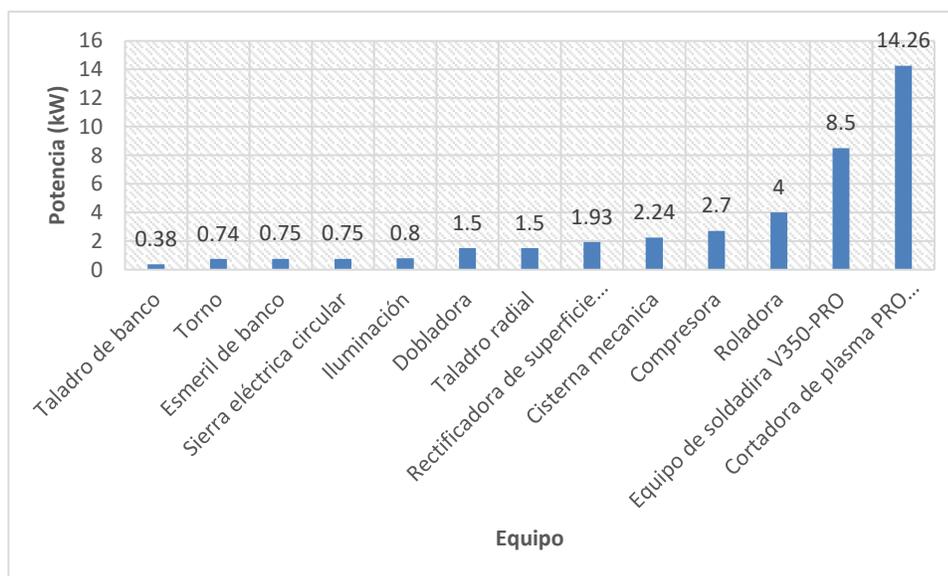
**Tabla 7: Datos de los equipos.**

N°	Equipo	Cantidad	Potencia (kW)
1	Taladro de banco	1	0.38
2	Torno	1	0.74
3	Esmeril de banco	1	0.75
4	Sierra eléctrica circular	1	0.75
5	Iluminación	10	2.4
6	Dobladora	1	1.5
7	Taladro radial	1	1.5
8	Rectificadora de superficie plana	1	1.93
9	Cisterna mecánica	1	2.24
10	Compresora	1	2.7
11	Roladora	1	4
12	Equipo de soldadura V350-PRO	4	8.5
13	Cortadora de plasma PRO CUT55	1	12.65
Total			40.04

Fuente: Propia.

El consumo de potencia por los equipos instalados.

**Ilustración 5: Consumo de potencia por equipo**



Fuente: Propia.

La ilustración nos muestra que la cortadora de plasma consume mayor potencia a diferencia de los demás equipos que intervienen dentro del proceso de producción de las calderas.

**Tabla 8: Datos generales de la instalación.**

Tensión de la línea (U)	380
Longitud (m)	40
Factor de potencia ( $\text{Cos}\theta$ )	0.9
Potencia (kW)	40.04
Caída de tensión ( $\Delta U$ )	2%

Fuente: Propia.

Los valores de conductividad para cable aislado de PVC.

**Tabla 9: Valores de conductividad del cobre a distintas temperaturas.**

Conductividad del cobre	
Temperatura a 20 °C	Temperatura a 70 °C
56 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	47 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Fuente: Propia.

Los conductores eléctricos durante su operación pueden llegar a valores cercanos a los 70°C que es la corriente máxima admisible para el que fue diseñado en el caso de conductores de PVC. A valores elevados de temperatura se reduce la conductividad tal como se puede observar en la tabla 4, por tanto la caída de tensión será mayor si es que se ha realizado un diseño a una temperatura de 20°C, de esta forma se estaría observando un subdimensionado de la instalación.

**Tabla 10: Sección del cable en mm<sup>2</sup> conductividad a  $\sigma_{20}$  y  $\sigma_{70}$ .**

Sección del conductor	
Por caída de tensión admisible	Por caída de tensión admisible
Conductividad ( $\sigma_{20}$ )	Conductividad ( $\sigma_{70}$ )
$S = \frac{P * L}{\sigma_{20} * e * U_L}$	$S = \frac{P * L}{\sigma_{70} * e * U_L}$
9.9 mm <sup>2</sup>	11.8 mm <sup>2</sup>

Fuente: Propia.

Se ha realizado el cálculo para la conductividad a 20°C la sección comercial es de 10mm<sup>2</sup> mientras que para una conductividad de 70°C la sección comercial es de 16mm<sup>2</sup> para el conductor de alimentación principal.

**Tabla 11: Sección del conductor por capacidad de corriente.**

Sección del conductor	
Por capacidad de corriente	16 mm <sup>2</sup>

Fuente: Propia.

La sección del conductor es determinada por la corriente a través de la tabla 2.

## SECCIONES DE LOS CONDUCTORES

Se presenta las secciones de los conductores determinadas para los distintos equipos de acuerdo a la distancia del circuito.

**Tabla 12: secciones de los conductores para los equipos.**

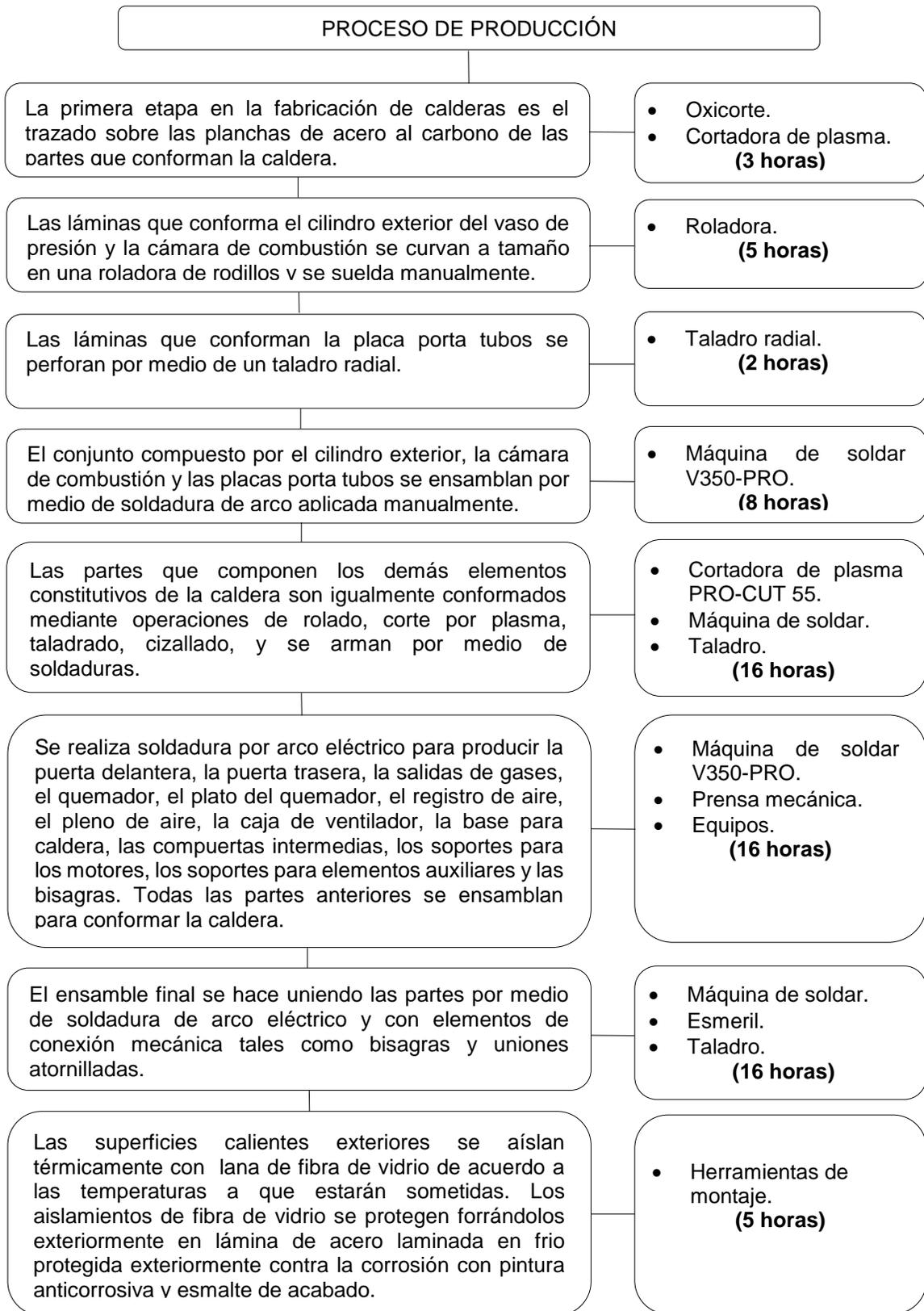
N°	Equipo	Distancia (m)	Calibre del conductor (mm <sup>2</sup> )
1	Taladro de banco	15	1.5
2	Torno	20	2.5
3	Esmeril de banco	18	1.5
4	Sierra eléctrica circular	25	1.5
5	Dobladora	30	2.5
6	Taladro radial	25	2.5
7	Rectificadora de superficie plana	33	2.5
8	Compresora	38	2.5
9	Roladora	45	4
10	Equipo de soldadura V350-PRO	42	4
11	Cortadora de plasma PRO CUT55	47	4

Fuente: Propia.

### **PROCESO DE PRODUCCIÓN**

Para la fabricación de las calderas se realiza un flujo del proceso en donde se detalla los tiempos de duración de cada etapa así como los equipos que se emplean, se puede observar la etapa en donde se produce el retraso.

Se observa que la causa principal del problema es la caída de tensión, cuando se encienden las maquinas necesarias para la fabricación de las calderas, la corriente eléctrica se interrumpe súbitamente debido a que los dispositivos existentes en el circuito eléctrico están diseñados por debajo de los requerimientos necesarios.



El tiempo aproximado para la fabricación de una caldera

**Tabla 13: Tiempo de fabricación.**

Tiempo de fabricación del caldero.	71 horas
Tiempo de retraso por uso de equipo (Cortadora de plasma).	8 horas
Tiempo alcanzado con el redimensionamiento de los conductores. (Eliminando retrasos).	63 horas
Incremento de la eficiencia en el proceso con el nuevo dimensionamiento de conductores.	11%

Fuente: Propia.

Dentro del proceso de fabricación se tiene un retraso de 8 horas por el uso del equipo de soldadura de plasma, que representa mayor consumo de potencia el cual afecta a los demás procesos de fabricación que se ejecutan en simultáneo.

Con el nuevo dimensionamiento de los conductores presentar reducir las paradas, alcanzando así una mejora en un 11%, de reducción del tiempo de retraso en la fabricación de calderas.

## **4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS**

### **4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Para la prueba de hipótesis general, se sometió a una prueba de hipótesis correlacional que establece vínculos entre dos o más variables asociadas mediante el estadístico de prueba t.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Un dimensionamiento óptimo de los conductores eléctricos no mejorara la eficiencia de la productividad en la empresa Calderas Industriales S.A.C.

$H_0: \rho = 0$  (No existe una correlación lineal).

Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Un dimensionamiento óptimo de los conductores eléctricos mejorara la eficiencia de la productividad en la empresa Calderas Industriales S.A.C.

$H_1: \rho \neq 0$  (Existe una correlación lineal).

Para la hipótesis general, si el coeficiente es diferente de cero se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna, por lo que: un dimensionamiento óptimo de los conductores eléctricos mejorara la eficiencia de la productividad en la empresa Calderas Industriales S.A.C.

#### 4.1.1.HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Un nuevo dimensionamiento de los conductores eléctricos de alimentación principal no asegura la operatividad continua de todos los equipos dentro del sistema de producción para la fabricación de componentes dentro de las instalaciones de la empresa Calderas Industriales S.A.C.

$$H_0: \rho = 0$$

Hipótesis alterna ( $H_1$ ): Un nuevo dimensionamiento de los conductores eléctricos de alimentación principal asegura la operatividad continua de todos los equipos dentro del sistema de producción para la fabricación de componentes dentro de las instalaciones de la empresa Calderas Industriales S.A.C.

$$H_1: \rho \neq 0$$

Mediante el método estadístico de prueba  $t$ , se determina el coeficiente de correlación lineal.

Si:  $|t| > \text{El valor crítico}$ , se rechaza  $H_0$

Si:  $|t| \leq \text{El valor crítico}$ , no se rechaza  $H_0$

El coeficiente de correlación lineal  $r$  que mide la relación lineal entre los valores cuantitativos donde:  $x$  = distancia,  $y$  = calibre del conductor en  $\text{mm}^2$ ,  $n = 11$ , los datos son obtenidos de la tabla 12, el valor de  $r$  debe estar entre  $-1$  y  $+1$  y se obtiene de la siguiente fórmula matemática.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

El estadístico de prueba **t** se determina de la siguiente fórmula matemática.

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

El valor crítico (v.c.) se obtiene mediante la tabla de distribución **t** con un nivel de significancia a dos colas, considerando el grado de libertad como **g.l** = n-2 y un nivel de confianza del 95% (alfa)  $\alpha = 0.05$ , a través de un hoja de cálculo se realiza las operaciones y se presenta los resultados.

**Tabla 14: Resultados de los coeficientes y valor crítico.**

n	11
g.l.	9
r	0.8893
t	5.8322
v.c.	2.26

Fuente: Propia.

Por lo tanto:

$$|5.8322| > 2.26; \text{ se rechaza } H_0$$

El valor absoluto de t es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alterna  $H_1$ , un nuevo dimensionamiento de los conductores eléctricos mejora la eficiencia de la productividad garantizando la plena operatividad de los equipos.

## 4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los cálculos realizados, se determina que la propuesta de un nuevo diseño eléctrico mejora la eficiencia de la productividad en la empresa Calderas Industriales S.A.C.

El presente trabajo de investigación pretende demostrar que un nuevo estudio de cálculo considerando datos actualizados ofrece una solución para el problema que inicialmente

se ha planteado, se emplea para ello procedimientos de cálculo y el cumplimiento de la norma técnica peruana para su aplicación.

El método de cálculo para la selección del conductor eléctrico se encuentra en base a estudios actualizados y considerando las normativas vigentes de esta forma se tiene una mejor aproximación a condiciones reales de operación.

## CONCLUSIONES

1. La nueva propuesta para la mejora en el diseño eléctrico de la instalación permitirá que el proceso de fabricación de las calderas se realice de manera ininterrumpida, los cálculos que se han realizado permiten que la instalación soporte el funcionamiento de varias de las maquinas sin tener ningún tipo de inconvenientes en su funcionamiento y de esta forma se realice el proceso de fabricación sin interrupciones.
2. Se concluye que la sección de los conductores eléctricos que se ha obtenido cumpliendo los dos criterios de selección (criterio por caída de tensión y criterio por capacidad de corriente) tiene la capacidad de soportar la carga total dentro de las instalaciones.
3. Los nuevos valores de sección de los conductores eléctricos están dimensionados de acuerdo a la distancia y ubicación de los equipos, con esto se permitirá una plena operatividad de manera eficiente.
4. Para el nuevo dimensionamiento de los conductores eléctricos se presenta un aumento de la vida útil de los conductores debido a que trabajara a menores temperaturas, para el cálculo se tomó un valor de conductancia a 70 °C, presentara un mejor comportamiento en relación a las corrientes de sobrecarga que se puedan generar dentro del circuito.
5. Se aprecia un incremento de la eficiencia en 11% con un nuevo dimensionamiento de los conductores eléctricos, esto debido a que se elimina los tiempos de retraso producto de la sobrecarga del circuito que no hacia posible el funcionamiento de otros equipos en paralelo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ESPINOZA LOPEZ, M.A.** *Proyecto de Instalaciones Eléctricas del Centro de Distribución Central Saga S.A. – 800 kVA.* Lima: Facultad de Ingeniería Mecánica – Universidad Nacional de Ingeniería, 2007.
2. **ÁNGLES SANFÉLIX, C.** *Proyecto de Instalación Eléctrica de Baja Tensión en una Industria de Fabricación de Conductos de PVC y PE Ubicada en el P.I Nuevo Tollo.* España: Universidad Politécnica de Valencia, 2015.
3. **DE LA ROSA FERNÁNDEZ, J.** *Diseño de Instalaciones Eléctricas.* México: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica – Universidad Autónoma de Nuevo León, 2001.
4. **ROMAN LOAIZA, L.R.** *Proyecto y Diseño de Instalaciones en Media y Baja Tensión para un Edificio.* Ecuador: Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. - Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2016.
5. **JIMENES TENEDA, C.M.** *Experiencias en la fabricación de conductores hasta 2000 V.* Quito: Departamento de Ingeniería Eléctrica – Escuela Politécnica Nacional, 2002.
6. **VILLARROEL ZAMBRANO, E.S.** *Manual para el Diseño de Instalaciones Eléctricas Industriales Livianas.* Sartenejas: Facultad de Ingeniería Eléctrica – Universidad Simón Bolívar, 2008.
7. **CERVATES VEGA, J.R.** *Protección en Sistemas Eléctricos.* San Nicolás de los Garza: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica – Universidad Autónoma de Nuevo León, 2000.
8. **GONZÁLES JIMÉNEZ, G.A.** *Selección y Coordinación de Protecciones para Baja Tensión.* Guatemala: Facultad de Ingeniería – Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.
9. **MILLÁN SALINAS, J.A.** *Diseño de las Instalaciones Eléctricas de un Nave Industrial Destinada a la Transformación de Plástico.* Tarragona: Departamento de Ingeniería Electrónica Eléctrica y Automática – Universidad Rovira I Virgili, 2009.

**10. HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA.** Metodología de la investigación”, 5ta edición editorial MCGRAWHILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. A MÉXICO D.F. PP. 149.