

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Investigación

**Estudio de arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140000 tn/día ubicado A 4200 m s.n.m. para la implementación de medidas de seguridad del personal y equipos**

Alexander Junior Huaynate Sanchez  
Anderson Adalid Nova Diaz

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" .

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a mis padres, gracias por su apoyo incondicional y su ejemplo constante de lucha día tras día, fueron y serán mi motivación a nunca rendirme.

Mis logros año tras año se los debo a ustedes.

HUAYNATE SANCHEZ ALEXANDER JUNIOR

Con gran aprecio, cariño y amor para mis padres. Ustedes que dieron toda su vida para que yo lograra alcanzar mis sueños, ustedes que me motivaron y me brindaron su apoyo en los momentos más difíciles, para ustedes es mi corazón y mi agradecimiento perpetuo.

NOVA DIAZ ANDERSON ADALID

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento muy especial a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Continental, que con su esfuerzo incansable me ayudaron a construir una vida profesional, sentaron en mí las bases del conocimiento, la responsabilidad y los deseos de superación.

HUAYNATE SANCHEZ ALEXANDER JUNIOR

Gracias, en general, todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica, que siempre estuvieron prestos para brindarnos toda su ayuda y me dieron palabras de apoyo. El logro de este trabajo es en gran parte a ustedes; trataré de retribuir un poco de todo lo inmenso que nos han otorgado.

NOVA DIAZ ANDERSON ADALID

## Índice de Contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT	ix
KEYWORDS	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Problema General	2
1.1.2 Problemas Específicos	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Justificación e importancia	4
1.3.1 Justificación Teórica	4
1.3.2 Justificación Práctica	4
1.4 Hipótesis y descripción de variables	5
1.4.1 Hipótesis General	5
1.4.2 Variables	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes del problema	6
2.1.1 Antecedentes Internacionales	6
2.1.2 Antecedentes Nacionales	10
2.1.3 Antecedentes Regionales	11
2.2 Bases teóricas	13
2.2.1 Concepto de Arco Eléctrico	13
2.2.1.1 Concepto de Energía Incidente	14
2.2.1.1.1 Calculo de la energía incidente bajo la norma IEEE 1584-2002	16
2.2.1.2 Efectos de los arcos eléctricos en los lugares de trabajo y en las personas	17
2.2.1.3 Límites de Aproximación	21
2.2.1.3.1 Límites de Aproximación según la NFPA70E	23
2.2.1.4 Categoría de Riesgo de un EPP	25
2.2.1.4.1 Equipo de protección personal (EPP)	25

2.2.1.5 Normas NFPA 70E y la IEEE 1584	28
2.2.1.6 Estudios de Arco Eléctrico con ETAP	29
2.2.1.6.1 Analizador de Resultados ETAP	30
2.2.1.6.2 Etiquetas de Trabajo, Hojas de Datos y Etiqueta de Arco Eléctrico ETAP	31
2.3 Definición de términos básicos	33
2.3.1 “Análisis de la energía incidente	33
2.3.2 “Arco nominal o valor de resistencia al arco (RA)	33
2.3.3 “Condición de trabajo eléctricamente segura	34
2.3.4 “Corriente de falla	34
2.3.5 “Dispositivo de interrupción	34
2.3.6 “Distancia de trabajo	34
2.3.7 “Energía incidente	34
2.3.8 “Frontera, protección contra relámpago de arco	35
2.3.9 “Frontera de aproximación limitada	35
2.3.10 “Peligro eléctrico	35
2.3.11 “Peligro de relámpago de arco	35
2.3.12 “Seguridad Eléctrica	35
2.3.13 “Traje de protección contra relámpago de arco	35
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	36
3.1 Métodos, y alcance de la investigación.	36
3.2 Diseño de la investigación.	37
3.3 Población y muestra.	37
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	39
CAPÍTULO IV	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras)	40
4.1.1 Características de los centros de control de motores	40
4.1.2 Nivel de riesgo actual de los centros de control de motores	44
4.1.3 Selección de EPP de acuerdo al nivel de riesgo.	47
4.1.4 Coordinación tiempo – corriente en los relés de protección.	51
4.2 Prueba de hipótesis	58
4.3 Discusión de resultados	64
CAPÍTULO V	70
Propuesta de procedimiento de seguridad	70
5.1 Elaboración de procedimiento de seguridad.	70
5.2 Etiquetas de seguridad.	80
5.2.1 Elaboración de etiquetas de seguridad.	80
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	94

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Arco eléctrico en la maniobra de un CCM	14
Figura 2: Tejido humano - Tolerancia a quemaduras de segundo grado	15
Figura 3: La curva de Stoll o curva de quemadura de segundo grado muestra la tolerancia de la piel a la temperatura.	18
Figura 4: Daños en los CCM's de una sala eléctrica	19
Figura 5: Zonas del cuerpo afectadas ante un arco eléctrico	21
Figura 6: Límites de aproximación	22
Figura 7: Etiquetas de Arco Eléctrico donde hace mención referida a EPP's	27
Figura 8: Categorías de EPP's según la norma NFPA 70E-2018	27
Figura 9: Comparación de cálculo de energía incidente	29
Figura 10: Modulo de Arc Flash con que cuenta el ETAP	30
Figura 11: Analizador ETAP de Resultados Arco Eléctrico	31
Figura 12: Etiquetas de Arco Eléctrico generados por el ETAP	32
Figura 13: Distribución de CCM's por Voltaje Nominal	41
Figura 14: Distribución de CCM's por Tipo de Equipo	42
Figura 15: Distribución de CCM's por Tipo de Puesta a Tierra	44
Figura 16: Distribución de CCM's por Nivel de Riesgo – Esc. Actual	45
Figura 17: Distribución de EPP's por Nivel de Riesgo – Esc. Actual	50
Figura 18: Distribución de CCM's por Nivel de Riesgo – Esc. Propuesto	55
Figura 19: Comparación de Nivel de Riesgo entre Escenarios	56
Figura 20: Comparación de Energía Incidente entre Escenarios	57
Figura 21: Modelo de Etiqueta de Seguridad	80
Figura 22: Etiqueta de Seguridad a utilizar para el procedimiento de trabajo	82

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Energía incidente y el nivel de daño	15
Tabla 2: Distancias mínimas de aislamiento de aire	23
Tabla 3: Categorías de protección de EPP's	26
Tabla 4.-Cuadro General Específico	38
Tabla 5.- Cuadro Resumen de Población	389
Tabla 6.- Resumen por Voltaje Nominal	41
Tabla 7.- Resumen por Tipo de Equipo	42
Tabla 8.- Resumen por Tipo de Puesta a Tierra Basado en IEEE 1584	43
Tabla 9.- Resumen por Nivel de Riesgo – Escenario Actual	45
Tabla 10.- Descripción de EPP según nivel de Riesgos	48
Tabla 11.- Resumen por Nivel de Riesgo – Escenario Propuesto	54
Tabla 12.- Comparación de Nivel de Riesgo entre Escenarios	56
Tabla 13.- Comparación de Energía Incidente entre Escenarios	57



## **RESUMEN**

Durante la operación de las plantas concentradoras es común que se presenten problemas en su operación que provoca paradas en los motores eléctricos, adicional a ello las paradas de planta ejecutadas a lo largo del año exigen al personal electricista realizar maniobras de apertura y cierre de interruptores en los CCM's exponiendo a dicho personal a los riesgos eléctricos que demanda dichas maniobras dentro de ellos el de un "arco eléctrico".

La presente investigación realizó un estudio de Arco Eléctrico que tuvo por objetivo generar la información técnica que será colocada en los rótulos de seguridad de los diferentes tableros y/o arrancadores eléctricos, para informar sobre el nivel de riesgo a sufrir ante una explosión y/o electrocución que se puedan generar ante trabajos que desarrolle el personal electricista con partes vivas expuestas, así como el EPP (equipo de protección personal) necesarios a utilizar para atenuar las consecuencias ante los riesgos antes descritos. Todo lo anterior basándose en las normas ANSI-IEC, IEEE 1584 y NFPA 70E vigentes en la actualidad, con todo ello se realizó un procedimiento de trabajo seguro cuya base técnica se respalda en todo lo antes mencionado.

Por ello la presente investigación desarrolló el estudio de Arc Flash en los CCM's que componen una planta concentradora de 140000 Tn/día y redujo el riesgo de exposición frente a arcos eléctricos con lo que se obtuvo como resultados una mayor productividad de la planta y contar con el EPP adecuado para que los trabajadores puedan realizar sus actividades bajo las medidas de seguridad necesarias y un procedimiento escrito de trabajo específico.

## **PALABRAS CLAVES**

Arco eléctrico, riesgos eléctricos, NFPA 70E, CCM.

## **ABSTRACT**

During the operation of the concentrator plants, it is common that problems arise in their operation that cause shutdowns in the electric motors, in addition to this, the plant shutdowns carried out throughout the year require the electrical staff to carry out opening and closing operations of switches in the CCM's exposing the staff to the electrical risks that such maneuvers demand within them, of an "electric arc".

The Electric Arc study has the purpose to generate technical information that will be placed on the safety labels of the different boards and / or electric starters, to inform about the level of risk to suffer from an explosion and / or electrocution that may be generated for work carried out by electrician personnel with exposed live parts, as well as the PPE (personal protective equipment) necessary to use to mitigate the consequences of the risks described above. All this information based on the ANSI-IEC, IEEE 1584 and NFPA 70E standards in force today.

For this reason, this project develops the Arc Flash study in the CCM's that composes a 140,000 Tn / day concentrator plant and thus reduce the risk of exposure to electrical arcs, with that It would be achieved a greater plant productivity and having the Adequate PPE for workers. They can carry out their activities under the necessary safety measures and a specific written work procedure.

## **KEYWORDS**

Arc Flash, Electrical Hazards, NFPA 70E, CCM.

## INTRODUCCIÓN

La realidad en la seguridad de las personas que interactúan en los CCM's de una planta concentradora y en todo el ámbito minero imponen cada día una mayor y mejor evaluación de los resultados de las medidas que hasta ahora se han tomado para proteger a las personas; pues, según OSINERMINING, "la cantidad de siniestros que involucran pérdidas de vidas humanas en trabajos eléctricos ha registrado un incremento desde el año 2018 en 5.9% por lo que nos hace reflexionar sobre cuán segura han sido esas medidas hasta ahora tomadas"[1].

El fenómeno del Arc-Flash aparece como consecuencia de una falla dentro del sistema eléctrico, su peligrosidad radica en la presencia de temperaturas extremadamente altas y un intenso y radiante calor, cuya exposición provocaría graves pérdidas en equipos y hasta la muerte en personas. El arco podría ser ocasionado por sobre voltajes, contactos accidentales e incluso malas maniobras en interruptores y celdas de los CCM's.

El estudio de Arc Flash que se planteo en este trabajo de investigación tiene su base en los estudios de cortocircuito y coordinación de protecciones en el software ETAP V12.6 (basado en las normas IEEE 1584-2002 y NFPA 70E-2015), los resultados obtenidos nos permiten considerar el límite de protección de flasheo y la energía incidente que se pueda dar en los CCM's y generar rótulos con advertencias que se colocarán en las puertas de los tableros eléctricos.

Adicional a lo anterior se propuso un procedimiento de trabajo con lo que se podrá disminuir el riesgo por energía calorífica incidente en los centros de control de motores de la planta concentradora sin lugar a dudas.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

Diariamente en las plantas concentradoras de las unidades mineras se realizan trabajos eléctricos, instrumentales y mecánicos. Es muy importante el tema de seguridad basándonos en el bloqueo eléctrico del equipo para que el personal pueda trabajar con seguridad y libre de riesgos. Para ello se requiere que el personal electricista realice diariamente maniobras eléctricas de cierre y apertura de interruptores; inserción y retiro de contactores, interruptores; montaje y desmontaje de puestas a tierra temporales.

Durante estas actividades está presente el riesgo de arco eléctrico. Este puede ser provocado por error del personal electricista y/o fallas en el sistema eléctrico (deterioro del aislamiento de los equipos, picos de voltaje en barras con distancia de seguridad al límite, contaminación en las superficies de los conductores) generando que el personal electricista pueda sufrir posibles quemaduras de primer, segundo y/o tercer grado, dichas lesiones serán directamente proporcional al tiempo de exposición que este dicho

trabajador. Otra de las consecuencias a considerar sería el de pérdida de la audición, impacto de partículas, inhalación de gases tóxicos y pérdida de la visión.

La gran cantidad de accidentes incapacitantes e incluso mortales por arco eléctrico nos hacen meditar sobre la importancia de un mayor análisis y control los riesgos asociados al arco eléctrico cumpliendo con la normativa vigente actual (Código Nacional de Electricidad Utilización y Suministro), la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) mediante la “Norma para la seguridad eléctrica en el lugar de trabajo” NFPA 70E dispone que antes de ejecutar una actividad en algún equipo y/o parte expuesta a la energía eléctrica se debe establecer el equipo de protección personal adecuado para realizar la actividad, distancias de seguridad y la energía incidente.

Actualmente la unidad minera “Las Bambas” cuenta con 159 centros de control de motores en el área de la Planta Concentradora. Estos no cuentan con la señalización correspondiente para que el personal electricista pueda realizar maniobras eléctricas, poniendo en riesgo al personal.

### **1.1.1 Problema General**

- ¿De qué manera se puede reducir el riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?

### **1.1.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las características de los centros de control de motores a considerar para el estudio de arco eléctrico de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?

- ¿Cuál es el nivel de riesgo por energía calorífica incidente en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?
- ¿Cuáles son las características de los EPP que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?
- ¿Cuáles son las características de coordinación tiempo – corriente en los relés de protección que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Proponer procedimientos para disminuir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las características de los centros de control de motores a considerar para el estudio de arco eléctrico de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.
- Determinar el nivel de riesgo por energía calorífica incidente en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.
- Seleccionar las características de los EPP que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.

- Optimizar la coordinación de tiempo – corriente en los relés de protección que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.

### **1.3 Justificación e importancia**

#### **1.3.1 Justificación Teórica**

Con la presente investigación se conocerá la relación entre los riesgos eléctricos existentes en las labores realizadas a diario por el personal electricista de la planta concentradora de minera Las Bambas y las posibles consecuencias negativas generadas por la realización de dichos trabajos, ya que, según el análisis estadístico de seguridad y compendio ilustrativo de accidentes en el sector de mediana y gran minería elaborado por OSINERGMIN, “solamente en el año 2018 en la minería metálica en el Perú se han producido 829 accidentes incapacitantes y 22 accidentes mortales, de los cuales, el segundo lugar (con 8.7%) son del personal de ocupación electricista, valor que se ha incrementado a comparación de un 5.9% del año 2018” [1].

#### **1.3.2 Justificación Práctica**

Los resultados de la presente investigación a través del estudio de arco eléctrico, permitirán determinar el tipo de EPP a ser utilizado y las distancias de seguridad (por poner como ejemplo) y con ello reducir el riesgo de exposición por arco eléctrico del personal electricista de la planta concentradora de minera Las Bambas alineándonos al cumplimiento de las normativas vigentes actuales, que, como se hace mención en el Código Nacional de Electricidad - Utilización, Anexo A-2 (Prevención de los peligros de la electricidad) es de carácter obligatorio: “El análisis de peligro de fogonazo y

explosión debida a arco eléctrico se debe hacer antes de que un trabajador se acerque a cualquier conductor o parte del circuito eléctrico que no se haya puesto en una condición de trabajo eléctricamente segura” [2]. En complemento con lo anterior la norma NFPA 70E -2018 también establece que: “Antes de realizar una actividad en un equipo eléctrico, se debe determinar la energía incidente, distancias de seguridad y equipo de protección personal adecuado para realizar la actividad” [3].

## **1.4 Hipótesis y descripción de variables**

### **1.4.1 Hipótesis General**

- La propuesta de procedimientos permitirá reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.

### **1.4.2 Variables**

#### **❖ Variable 1:**

Arco eléctrico

- Energía incidente
- Efectos del arco eléctrico
- Límites de aproximación
- Categorías de riesgo



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

Rodriguez Suesca, E. en su tesis de grado, “Estudio de arco eléctrico en la subestación Donato (Tunja) para la empresa de energía de Boyaca EBSA S.A.E.S.P.” [4] realizó una investigación para determinar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores ante un evento de arco eléctrico producido por un cortocircuito, simuló el circuito eléctrico de la subestación en el software ETAP versión 12.6 determinando el tiempo de apertura de los interruptores y los valores de la energía calorífica incidente liberada, siendo los valores elevados (mayores a 1 segundo y 100 cal/cm<sup>2</sup>), a partir de ello obtuvo como resultado los límites de seguridad, coordinación de protecciones de los relés de protección y en base a los resultados se seleccionó el equipo de protección personal específico para cada equipo y la sugerencia de implementar relés de protección de arco eléctrico para disminuir considerablemente el tiempo de apertura de los interruptores ante un evento no deseado [4].

Loayza Morales P. en su tesis de grado “Marco comparativo entre la norma IEEE 1584 y la norma NFPA 70E” [5] presenta un análisis acerca del estudio del arco eléctrico para determinar el grado de protección que deben tener el personal electricista que trabaja en los diferentes plantas industriales como metodología este estudio compara la norma NFPA70E y la norma IEEE1584, para calcular la energía incidente; dicha tesis tiene como objetivos comparar dichas normas para determinar la energía incidente, desarrollar un algoritmo para calcular el valor de la energía incidente y tener las distancias mínimas de protección y después realizar un contraste de los resultados utilizando el software ETAP y el SARE; pero lo más resaltante de la tesis es que se obtuvo como resultado la creación de un archivo en Excel donde se calcula la energía incidente y este ayuda a determinar las distancias de seguridad la cual fue implementada, a medida que la energía incidente aumenta también tiene que aumentar el índice de protección del EPP tienen una relación directa [5].

Agudelo Osorio C. en su tesis de magister, “Mitigación del riesgo de arco eléctrico mediante protecciones adaptables en sistemas eléctricos industriales” [6] desarrolla un estudio del arco eléctrico y todos los efectos en el ser humano, de acuerdo a las estadísticas determina que muchos de los accidentes en la industria son referidos a los arcos eléctricos y la mayoría de estos terminan siendo fatales para el trabajador es por ello que el objetivo de dicha tesis es realizar una revisión en los relés de protección eléctrica para que cumplan funciones de protección al detectar una corriente de falla o arco eléctrico. La metodología que realizo fue identificar los diferentes relés de protección de la industria, realizar un barrido de los seteos a los cuales se encuentran y contrastarlos con los resultados obtenidos mediante la simulación con el software ETAP, con este estudio se obtuvo como resultado que todos los relés de protección queden seteados a un valor adecuado con lo que se garantiza una mayor seguridad del personal que realiza labores en dicha área [6].

Perez Garcia E. en su tesis de grado, "Protección personal eficaz frente a los efectos térmicos de un arco eléctrico en baja tensión" [7] presenta un análisis de los mayores factores de accidentes fatales dentro de la industria y donde un importante porcentaje son los relacionados con los trabajos eléctricos, es por ello que requiere una mayor atención para que el riesgo (inherente) se pueda reducirse al mínimo posible, otro de los objetivos de la tesis es determinar todos los efectos térmicos que causa en el ser humano un accidente y así poder investigar acerca de los nuevos materiales que se están utilizando para la fabricación y elaboración del EPP para poder determinar la que sea más conveniente de acuerdo al nivel de tensión que se maneje; como metodología realiza comparaciones de las diferentes normas que rigen el sistema eléctrico y también se realizan cálculos matemáticos como resultado se logró determinar la energía incidente en varios puntos con ello se llegó a la conclusión que la protección del personal es muy importante para cualquier industria es por ello que siempre se tiene que tener actualizados los dispositivos de protección para que no ocurra ningún accidente del personal ni de los equipos, luego de esto se realizó la implementación de las diferentes equipos de protección en las diferentes salas eléctricas [7].

Condori A. en su tesis, "Análisis del riesgo por arco eléctrico según normas IEEE 1584 y NFPA 70E" [8] realiza un estudio de campo sobre los accidentes relacionados a arco eléctrico y energía incidente en la empresa minera Constancia ubicada en el Cuzco, la metodología que utiliza es aplicar un software para que le ayude a determinar los efectos de cálculo el cual le va a servir para determinar las medidas necesarias que debe implementar para disminuir el número de accidentes eléctricos, también tiene un realce importante mencionar que basa sus resultados en el estudio de 2 normas internacionales IEEE 1584 y NFPA 70E la cual le ayudan en la parte de seguridad para poder cumplir con los estándares que ya están establecidos en dichas

normas, como objetivos se propuso a la disminución de accidentes eléctricos del personal electricista, y como resultados fue la determinación de las distancias mínimas de seguridad que debe tener el personal eléctrico antes de hacer un trabajo teniendo en cuenta las medidas de seguridad, también se llegó a reducir los accidentes e incidentes en el manejo de trabajos eléctricos concientizando a los trabajadores sobre el riesgo que corren cuando realizan dichos trabajos [8].

Rivera J. & Vallejo C. en su tesis de grado, “Estudios de cálculo de arco eléctrico en sistemas industriales y propuestas para reducir el riesgo – desarrollo de aplicativos computacionales” [9] realizó un estudio del arco eléctrico y los efectos dañinos en el ser humano como también en los equipos eléctricos y tiene como objetivos mitigar los riesgos eléctricos que pueda tener, crear una base de datos con tutoriales y gráficas para que todo el personal pueda estar informado de las protecciones en tiempo real para ello va a utilizar una metodología que va a consistir en buscar desarrollar software o elementos computacionales que sirvan de manera de seteos y que también sirvan de manera didáctica para reducir los riesgos del arco eléctrico, en el caso de esta solución se realizara principalmente con el software DIGSILENT y herramientas computacionales programables, obtuvo como resultados reducir los riesgos eléctricos, con toda la metodología aplicada se consiguió que las plantas industriales tengan una data y tengan los dispositivos de protección optimizados y funcionando correctamente [9].

Bautista, V. & Zarate, E. en su tesis de grado, “Estudio de riesgo por arco eléctrico para una red industrial apegado a la normatividad aplicable para seleccionar el equipo de protección personal adecuado y minimizar riesgos por descarga y arco eléctrico” [10] determinan la seguridad dentro y fuera de las plantas industriales, realizan un estudio de arco eléctrico a profundidad donde está más centralizado en el tema de

seguridad y salud ocupacional, es en dicho estudio que determinan lo importante de realizar una simulación de protecciones en los diferentes CCM'S. En esta tesis se enfoca en dos puntos principales, la primera es un estudio de corto circuito y la segunda es realizar una coordinación de protección los cuales los realiza utilizando el software SKM POWER TOOLS que les brindará los suficientes datos para que se realice los dos puntos antes mencionados, se obtuvo como resultado final de la tesis el determinar las distancias mínimas para protección del personal, rotulado de todos los centros de control de motores y elegir el equipo de protección personal adecuado [10].

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Soto Rodrigo A. y Tello Aguilar V. en su tesis de grado, "Impacto de la implementación de relés VAMP321 de arco eléctrico en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur" [11] realizaron una investigación para disminuir el tiempo de apertura de los interruptores de potencia y con ello disminuir la energía calorífica incidente, para ello se instalaron relés de protección contra arco eléctrico VAMP321, se realizaron pruebas de los relés de protección en un laboratorio con una maqueta que simulaba el arco eléctrico y un equipo probador de relés OMICRON CMC356, determinando como resultados que el tiempo de apertura de los interruptores era en promedio 65% menos que utilizando los relés de protección convencionales, con esto se logró mejorar la confiabilidad de los equipos, disminuir el riesgo para los trabajadores y reducir los costos de reparación de equipos ante una posible falla de cortocircuito [11].

Asato Kobasigawa A. en su tesis de grado, "Estudio técnico para determinar prendas de protección personal que contribuye a reducir los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico" [12] identifica que la energía eléctrica es una fuente

potencial de riesgo la cual debe ser controlada ya que puede ocasionar lesiones al ser humano, hasta incluso la muerte. Los objetivos que tiene dicha tesis principalmente comparar las especificaciones técnicas de los EPP's e implementarlos en los diferentes frentes de trabajo y así poder disminuir la tasa de mortalidad de esta fuente de energía, la metodología fue realizar un estudio del arco eléctrico basado en la norma NFPA 70E y así lograr como resultado determinar los materiales textiles que van a formar parte del EPP de protección personal para disminuir el riesgo que ocasiona la energía eléctrica [12].

Purizaca Chicoma, J. en su tesis de grado “Diseño de laboratorio para pruebas de aislamiento eléctrico a equipos de protección personal para garantizar los trabajos según norma ISO/ IEC 17025:2006 – Chiclayo” [13] desarrolla su investigación en un diseño de pruebas de aislamiento en (EPP) equipos de protección eléctrica con la finalidad de reducir los accidentes eléctricos en los trabajos desarrollados por las empresas eléctricas del norte de nuestro país, se obtuvo como resultados, en primer lugar, el buen estado de los equipos de protección personal a través de un protocolo de pruebas y, en segundo lugar que todo tipo de trabajo que requiera el uso de estos EPP's brinde la protección necesaria al personal electricista de sufrir posibles lesiones ante fenómenos por Arc Flash ya que este es un riesgo latente para dichas actividades [13].

### **2.1.3 Antecedentes Regionales**

Siu Yupanqui A. en su tesis de grado denominada, “Determinación y evaluación del arco eléctrico (arc flash) para la implementación de procedimientos y seguridad del personal que labora en el área eléctrica de una Planta Concentradora de Cobre” [14] realizó una investigación de la cual se determinó la energía calorífica incidente del arco eléctrico que se originaría ante un evento no deseado de cortocircuito, en

todos los arrancadores de los centros de control de motores (CCM) de una planta concentradora. Para determinar dichos valores se utilizó el software ETAP versión 16.0. Así mismo obtuvo como resultados los límites de seguridad, tipo de equipo de protección a utilizar ante maniobras, categorías del riesgo eléctrico y adicionalmente se optimizó la coordinación de tiempo – corriente en los relés de protección, para una adecuada selectividad en las protecciones [14].

Chirinos Aparicio A. en su tesis de grado “Realización de estudio de operatividad del sistema eléctrico del proyecto de reubicación de facilidades sur fase I, flujo de potencia, cortocircuito y coordinación del aislamiento para una Minera” [15] muestra los resultados de los estudios desarrollados para el nuevo Sistema Eléctrico de Facilidades para el cual Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. ha desarrollado la ingeniería de detalle, sus estudios de Flujo de Potencia, Cortocircuito y Coordinación de Aislamiento nos orientarán, por una parte, al manejo del software de potencia ETAP V12.6 sobre la simulación de sistemas de potencia de empresas de gran minería y por otra a lograr analizar los resultados que se obtiene de los estudios mencionados en la presente tesis, pues para poder desarrollar un estudio de Arc Flash es necesario haber desarrollado y analizado los resultados brindados por los estudios de Cortocircuito y Coordinación de aislamiento se obtuvo como resultado una mejor coordinación de protecciones. Desde el punto de vista de actualización ya que muchas coordinaciones existentes se encontraban muy desfasadas en el tiempo con ello se garantiza la seguridad del trabajador y los equipos [15].

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Concepto de Arco Eléctrico

Denominamos el arco eléctrico como un fenómeno que sucede entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencias dentro de un medio gaseoso. Si ésta diferencia de potencial es lo suficientemente elevada, supera la resistencia eléctrica del medio y desencadena un flujo de corriente, éste se ve a simple vista formándose como un arco de luz que conecta ambos electrodos. Ésta luz es causada por la descomposición del gas aislante del medio, formando plasma, emitiéndose en gran cantidad.

“El arco eléctrico es un peligro, debido a la explosión de altas temperaturas y serios daños por quemaduras (figura 1). Los arcos eléctricos producen calor intenso, explosiones sonoras y ondas de presión. Se tienen temperaturas extremadamente altas, intenso calor radiante que pueden encender la ropa y causar severas quemaduras que pueden ser fatales” [16].

“El arco permanece activo hasta que la tensión existente en sus extremos proporciona la energía suficiente para compensar la cantidad de calor disipado y para mantener las condiciones adecuadas de temperatura. Si el arco se alarga y se enfría, dejan de existir las condiciones para su subsistencia y se extingue. De una forma análoga, el arco también se origina a consecuencia de un cortocircuito entre las fases. Un cortocircuito es una conexión de baja impedancia entre dos conductores que se encuentran a diferente tensión...” [17].





*Figura 1: Arco eléctrico en la maniobra de un CCM*

*Fuente: <https://ultratechinvestment.com.pa/estudio-de-choque-y-arco-electrico/>*

Las herramientas proporcionan un medio de conducción, siendo atravesado por una corriente eléctrica de gran valor. La corriente de arco eléctrico provoca el calentamiento de conductores y barras de equipos eléctricos.

“Los resultados del arco eléctrico se caracterizan por una intensa ionización del medio gaseoso, por reducidas caídas de tensión anódica y catódica (respectivamente 10 y 40V), por altas o muy altas densidades de corriente en el centro de la columna, por altas temperaturas” [17].

Según cita el Código Nacional de Electricidad – Utilización: “Los arcos eléctricos liberan una enorme cantidad de energía casi instantáneamente y pueden provocar quemaduras en el cuerpo, debido exclusivamente a la intensa radiación ultravioleta que irradian aún sin que exista contacto eléctrico” [2].

### **2.2.1.1 Concepto de Energía Incidente**

Según Crushtymks (en su página web) menciona que: “La energía incidente es la energía por unidad de área recibida en una superficie ubicada a una distancia de trabajo lejos de la ubicación del arco eléctrico. La unidad de energía incidente

es cal/cm<sup>2</sup> cuyo valor umbral de quemadura de la piel humana es de aproximadamente 1,2 cal/cm<sup>2</sup>. Una cal/cm<sup>2</sup> es equivalente a la cantidad de energía producida por un encendedor de cigarrillos en un segundo” [18].

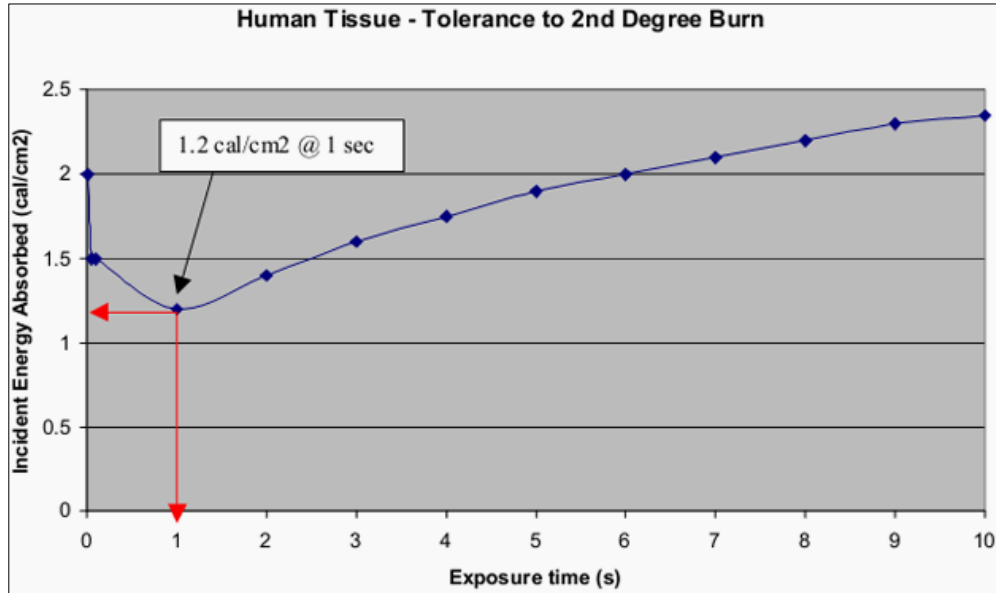


Figura 2: Tejido humano - Tolerancia a quemaduras de segundo grado

Fuente: <https://images.app.goo.gl/7hJjkPBk6LAideek9>

La tabla 1 se visualiza el daño potencial de la energía incidente en la piel humana y su relación con los grados de quemaduras que conocemos.

Tabla 1: Energía incidente y el nivel de daño

Energía Incidente Cal/cm <sup>2</sup>	Grado de Quemadura
1.2	2do grado de quemadura en la piel desnuda
4	Encender una camisa de algodón
8	3er grado de quemadura en la piel desnuda

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.1.1.1 Cálculo de la energía incidente bajo la norma IEEE 1584-2002

En esta oportunidad utilizaremos como base teórica la norma IEEE 1584 – 2002, con la cual podemos determinar las corrientes de Arc Flash para voltajes del sistema superiores a 1000V [19].

$$\log I_a = K + 0.662 \log I_{bf} + 0.0966 V + 0.000526 G + 0.5588 V * (\log I_{bf}) - 0.00304 G * \log I_{bf} \quad (1)$$

Donde:

- $\log = \log_{10}$
- $I_a =$  la corriente de arco eléctrico (kA)
- $K = -0.153$  para configuración abierta y  $-0.097$  para configuración cerrada
- $I_{bf} =$   
la corriente de falla atornillada para fallas trifásicas (rms simétrico)(kA)
- $V =$  voltaje del sistema (KV)
- $G =$  espacio entre conductores, expresado (mm)

Según la norma IEEE 1584, la corriente de Arc flash es usado para determinar la energía incidente. Las ecuaciones para determinar la energía incidente son para determinar primero el  $\log_{10}$  de la energía incidente normal [19]:

$$I_a = 10^{\log I_a} \quad (2)$$

$$\log E_n = K_1 + K_2 + 1.081 \log I_a + 0.0011G \quad (3)$$

Donde:

- $K_1 = -0.792$  para configuración abierta,  $-0.555$  para el cierre
- $K_2 = 0$  para aterramiento y alta resistencia,  $-0.113$  para aterramiento
- $G =$  distancia entre las barras de arco (mm), 25mm en CCM's

Entonces:

$$E_n = 10^{\log E_n} \quad (4)$$

Finalmente, convertimos y normalizamos:

$$E = Cf * E_n \left( \frac{t}{0.2} \right) * \left( \frac{610^x}{D^x} \right) \quad (5)$$

Donde:

- E = energía incidente y tiene por unidades  $\left( \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2} \right)$
- Cf = factor de calculo,  $1.0 > 1\text{kV}$ ;  $1.5 \leq 1\text{kV}$
- $E_n$  = energía incidente normalizada para tiempo y distancia
- t = tiempo de arco (segundos)
- D = distancia de arco eléctrico a personas (mm), 455mm para MCC
- x = exponente de distancia ubicada en tabla de IEEE

basado en el espacio del tipo de conductor del equipo, para MCC el valor de 1.641

Por consiguiente, para valores mayores a 15kV, usaremos el método de Ralph Lee, que nos dice que la energía de incidencia es [19]:

$$E = 5.12 \times 10^5 \times VI_{bf} \left( \frac{t}{D^2} \right) \quad (6)$$

### **2.2.1.2 Efectos de los arcos eléctricos en los lugares de trabajo y en las personas**

Arogote en una publicación web menciona que: “Cuando se presenta un arco eléctrico se genera un flujo de cargas eléctricas y gran liberación de energía y también sustancias peligrosas, dependiendo de la intensidad y el tiempo de combustión el arco eléctrico puede provocar efectos físicos diversos:

- Aumento elevado de temperatura y formación de plasma entre los electrodos pues durante un arco se logran alcanzar temperaturas de hasta 10.000 °C, en los puntos de salida pueden llegar incluso hasta los 20.000 °C (figura 3). El material que se encuentra entre los puntos de salida del arco eléctrico se evaporarían formando así un enlace conductor entre los electrodos. Con el aumento del flujo de corriente, influye también en un aumento de la temperatura y se produce la ruptura de todos sus enlaces químicos, lo que conduce a que se forme de un plasma entre los electrodos y esta nube de plasma posee una gran agresividad química” [20].

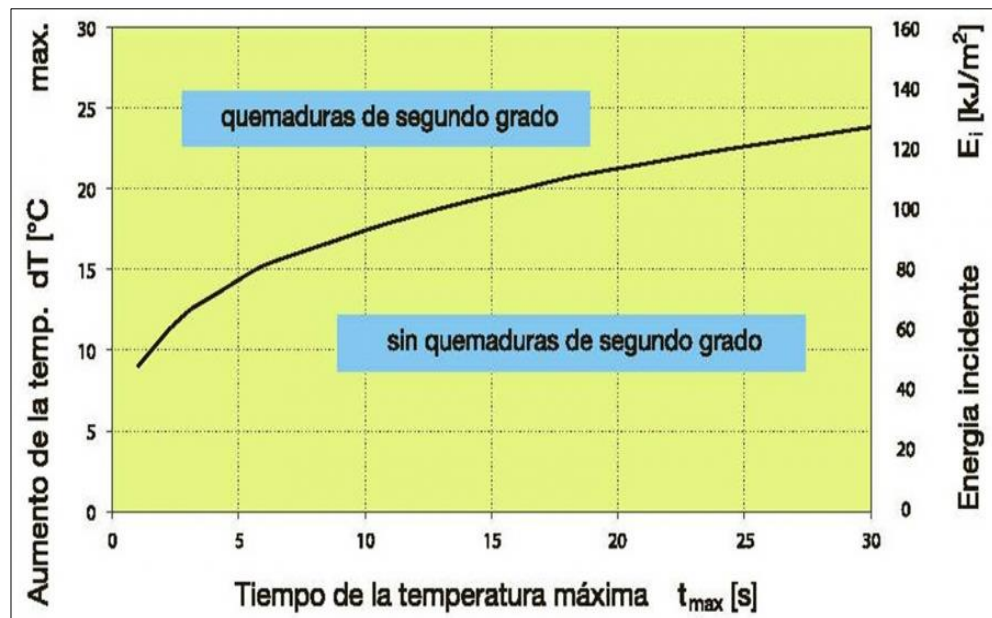
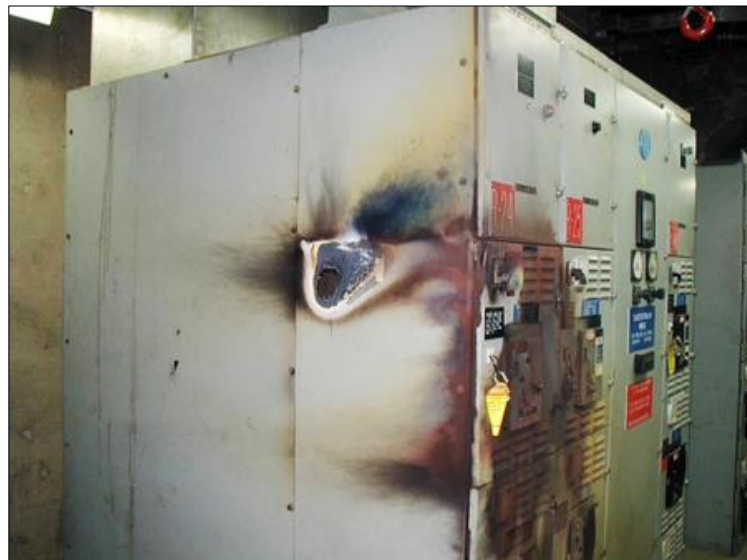


Figura 3: La curva de Stoll o curva de quemadura de segundo grado muestra la tolerancia de la piel a la temperatura.

Fuente: <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/221192-Riesgo-termico-producido-por-arco-electrico.html>

- “La evaporación de metal y el fuerte calentamiento posterior provocan, a causa de la dilatación, una expansión de masas que transporta los vapores metálicos y salpicaduras en forma explosiva desde el punto de salida del arco eléctrico.

- Gran aumento de presión pues en un espacio de tiempo de 5 a 15 ms se puede alcanzar un primer valor máximo hasta de 0,3 MPa. Cuando la ola de presión no puede extenderse sin impedimentos produce destrucciones mecánicas en las instalaciones (figura 3) y daños físicos sobre los trabajadores cercanos a dicha zona.
- Por otra parte, el súbito aumento de la presión en el momento de encendido del arco eléctrico con la consiguiente detonación explosiva provoca además niveles acústicos superiores a 140 dB (no evaluado) que pueden ocasionar daños al oído humano” [20].



*Figura 4: Daños en los CCM's de una sala eléctrica*

*Fuente: <https://radthink.com.mx/arc-flash-de-que-depnde-el-nivel-de-energia-incidente-en-una-falla-con-arco-electrico/>*

- “Gases tóxicos y metralla: Los productos tóxicos de desintegración que son liberados al producirse el arco eléctrico constituyen un gran peligro para las personas que se encuentran cerca del lugar pues junto a lesiones externas de la piel también pueden provocar, al inhalarse, graves daños en los pulmones.

- Incendio: la fuerte radiación térmica provoca el encendido y la inflamación de los materiales combustibles que se encuentren en los alrededores. Las salpicaduras metálicas originadas por el arco eléctrico refuerzan aún más el peligro de surgimiento de incendio.

Arogote también indica que los riesgos a los que se encuentran expuestas las personas, al presentarse una falla de arco son:

- “Quemaduras electrotérmicas provocadas por la energía de radiación del arco eléctrico, así como por las violentas proyecciones de metales fundidos debido a la alta temperatura generada.
- Pérdida de la audición provocada básicamente por el ruido y la presión de la onda sonora de choque, que tiene una intensidad de ruido promedio de 165 dB.
- Lesiones oculares por deslumbramiento, debido básicamente a la intensidad luminosa que se produce durante este fenómeno eléctrico flash.
- Las principales guías y recomendaciones de seguridad eléctrica, relacionan los valores de energía calorífica incidente sobre los trabajadores con los riesgos térmicos asociados al arco. Las quemaduras fatales ocurren al trabajador si se encuentra cerca del arco ya que se producen temperaturas de hasta 20.000 °C (cuatro veces la temperatura superficial del sol).
- La gravedad de una quemadura viene determinada por la extensión de la misma, la profundidad, la edad del afectado, el riesgo de infección, la localización de la lesión, la afectación de la función respiratoria (por llama directa o inhalación de humos o gases tóxicos en incendios) y las enfermedades previas (crónicas como cardiópatas, diabéticos, se descompensan con más facilidad y tienen más riesgo de complicaciones). El

porcentaje de afectación en el cuerpo humano se puede visualizar en la figura 5” [20].

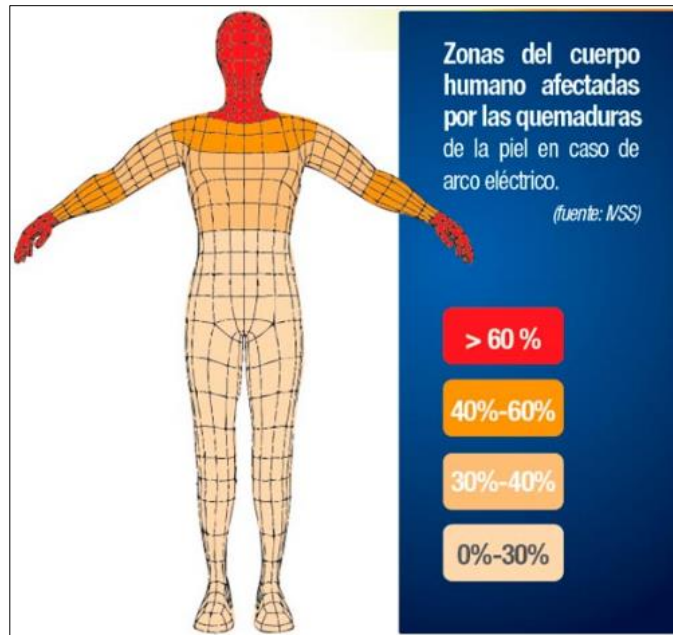


Figura 5: Zonas del cuerpo afectadas ante un arco eléctrico

Fuente: <http://www.ingelmec.com.pe/infraestructura/software/arc-calc>

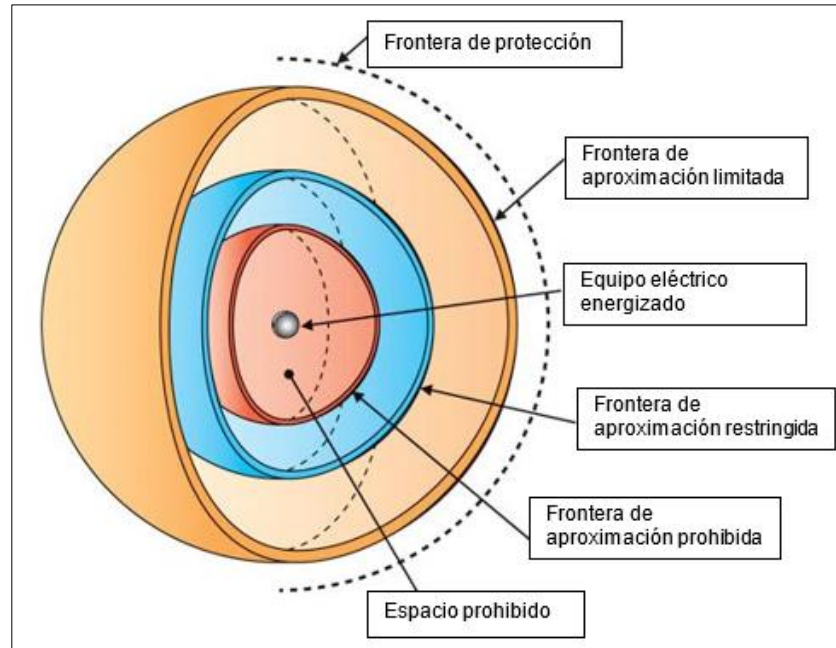
### 2.2.1.3 Límites de Aproximación

Tener una cultura de seguridad es recomendable para una correcta prevención de accidentes, es por eso que debemos ser conscientes y mantener una distancia segura de aproximación tanto a conductores eléctricos como a circuitos energizados expuestos, es posible que en primera instancia no ocurra una fatalidad; sin embargo, debemos tener en cuenta la peor situación. Es por eso que en cuanto disminuye la distancia entre el circuito energizado y la persona, se incrementa la probabilidad de que ocurra un accidente (figura 6) y con ello la severidad de los daños ocasionados por el arco eléctrico (Arc flash). Los límites de aproximación tienen que ser conocidos por el personal de trabajo, en el área de mantenimiento eléctrico, esto quiere decir que debemos contar con personal calificado y no permitir que personal ajeno a las actividades de mantenimiento



eléctrico efectúe trabajos o ingrese de manera inapropiada a las salas eléctricas donde se encuentran estos circuitos energizados.

Para lo expuesto determinaremos la frontera de relámpago de arco y con esto el adecuado equipo de protección personal si es que la actividad a realizar necesita cruzar mencionada frontera.



*Figura 6: Límites de aproximación*

*Fuente: Norma NFPA 70E – Edición 2015 Anexo Informativo C*

Según la norma NFPA 70E-2015, “se expone los debidos criterios a cumplir para sobrepasar el espacio restringido:

- Tener un permiso de trabajo eléctrico energizado, autorizado por la gerencia
- Utilizar equipo de protección personal (EPP) con valor de resistencia adecuado para los niveles de tensión y energía involucrados.
- Minimizar la probabilidad de contacto corporal con conductores y partes de circuitos energizados expuestos debido a movimientos involuntarios manteniendo la mayor parte posible del cuerpo fuera del espacio restringido y utilizando en ese espacio sólo partes del cuerpo protegidas como sea

necesario para ejecutar el trabajo. Por ultimo utilizar equipos y herramientas aisladas” [21].

### 2.2.1.3.1 Límites de Aproximación según la NFPA70E

“Las distancias básicas mínimas de aislamiento de aire que se requieren para evitar el arco eléctrico son las siguientes, recomendadas por la norma NFPA 70E-2015” [21]:

*Tabla 2: Distancias mínimas de aislamiento de aire  
Norma NFPA 70E – Edición 2015 Anexo Informativo C*

Nro	Tensión (V)	d (mm)	d (pies) + d (pulgadas)
1	≤ 300	1	0 0.03
2	> 300 a ≤ 750	2	0 0.07
3	> 750 a ≤ 2kV	5	0 0.19
4	> 2kV a ≤ 15kV	39	0 1.5
5	> 15kV a ≤ 36kV	161	0 6.3
6	> 36kV a ≤ 48.3kV	254	0 10.0
7	> 48.3kV a ≤ 72.5kV	381	1 3.0
8	> 72.5kV a ≤ 121kV	640	2 1.2
9	> 138kV a ≤ 145kV	778	2 6.6
10	> 161kV a ≤ 169kV	915	3 0.0
11	> 230kV a ≤ 242kV	1.281 m	4 2.4
12	> 345kV a ≤ 362kV	2.282m	7 5.8
13	> 500kV a ≤ 550kV	3.112m	10 2.5
14	> 765kV a ≤ 800kV	4.225m	13 10.3

*Fuente: Elaboración Propia*

“Estas distancias básicas mínimas de aislamiento de aire para tensiones de 72.5 KV e inferiores están basadas en IEEE 4, Técnicas normalizadas para pruebas de alta tensión, Apéndice 2B; y las tensiones superiores a 72.5 KV están basadas en IEEE 516, Guía para métodos de mantenimiento en líneas de corriente eléctrica energizadas” [3].

Cabe resaltar que el método de Ralph Lee nos “describe las ecuaciones básicas para calcular las distancias de la frontera de relámpago de arco. Los amperios simétricos de corto circuito,  $I_{sc}$ , de una falla trifásica sólida en los terminales del transformador se calculan con la siguiente fórmula” [21]:

$$I_{sc} = \{[MVA_{BASE} \times 10^6] \div [1.732 \times V]\} \times \{100 \div \%Z\} \quad (7)$$

Donde:

- $I_{sc}$  está en amperios
- $V$  está en voltios
- $\%Z$  se basa en los MVA del transformador

Por lo que la potencia máxima  $P$  (MW) en un arco trifásico se calcula de la siguiente manera [21]:

$$P = [máxima\ falla\ sólida\ en\ MVA_{bf}] \times 0.707^2 \quad (8)$$

$$P = [1.732 \times V \times I_{sc} \times 10^{-6}] \times 0.707^2 \quad (9)$$

La distancia de la frontera de relámpago de arco se calcula de acuerdo a:

$$D_c = \sqrt{2.65 \times MVA_{bf} \times t} \quad (10)$$

$$D_c = \sqrt{53 \times MVA \times t} \quad (11)$$

Donde:

- $D_c$  es la distancia en pies de la persona a la fuente de arco. Quemadura curable es decir, la temperatura de la piel se mantiene a menos de 80°C.
- $MVA_{bf}$  es la falla sólida en el punto involucrado.
- $MVA$  es la potencia aparente nominal del transformador.

Para transformadores menores de 0.75 MVA, multiplique los MVA nominales por 1.25

- $t$  es el tiempo de exposición del arco en segundos.

#### **2.2.1.4 Categoría de Riesgo de un EPP**

Una forma para mitigar los daños causados por un arco eléctrico y sobre todo reducir el riesgo de exposición a energía eléctrica y calorífica es usar un equipo de protección personal adecuado a las circunstancias de trabajo a realizar; pero ¿Qué EPP utilizar? Pues según el estudio de Arc flash, no solo determinaremos las distancias mínimas permisibles, sino que también nos brindara información acerca de las características del equipo de protección personal específico para realizar los trabajos de una manera más segura y confiable, permitiendo “minimizar el riesgo de quemadura debido a una falla con arqueo, por lo que dicha ropa estará constituida por ropa resistente al arco, casco con protección facial, lentes, guantes aislantes, guantes protectores, zapatos dieléctricos, etc. todo lo anterior de acuerdo con el nivel de energía incidente (potencial) presente dentro del equipo etiquetado” [22].

##### **2.2.1.4.1 Equipo de protección personal (EPP)**

RADTHINK, empresa de servicios de protección eléctrica, menciona en una publicación en su página web que “el nivel de protección requerido en el EPP y definido en el estándar NFPA-70E 2018 Tabla 130.7(C) (15) (c) Equipo de

protección personal (EPP). La categoría de riesgo siempre estará definida en el valor inmediato superior del nivel de energía incidente presente calculada en el estudio de Arc flash. Una observación a considerar es que en la versión 2018 del estándar NFPA-70E ha desaparecido la categoría 0 definida en versiones anteriores de la misma norma” [22].

El estándar en su versión más reciente del 2018 define 4 categorías de protección de EPP resistente al arco eléctrico en cal/cm<sup>2</sup> (ver figura 8):

*Tabla 3: Categorías de protección de EPP's  
Norma NFPA 70E – Edición 2018 Anexo Informativo*

<b>Categoría</b>	<b>Nivel de Protección cal/cm<sup>2</sup></b>
1	4
2	8
3	25
4	40

*Fuente: Elaboración Propia*

Cuando revisamos las etiquetas de riesgo de arco eléctrico podremos visualizar las exigencias requeridas como “Categoría de riesgo” y “EPP” específico como se ve en la figura 10.

 <b>PELIGRO</b>	
<small>Norma NFPA 70E-2018</small>	
<b>RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO Y ELECTROCUCIÓN PRESENTE</b> Se requiere EPP de acuerdo a categoría	
<b>RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO</b> Distancia de arco (m) 0.737 Energía incidente (cal/cm <sup>2</sup> ) 3.13 <b>Categoría de riesgo # 1</b> A la distancia de trabajo (cm) 45.72	<b>RIESGO DE ELECTROCUCIÓN</b> 480 VCA Cuando la tapa es removida Límite de aproximación (m) 1.067 Distancia restringida (m) 0.305  <b>GUANTES</b> Clase 00 Protección con guantes de piel
<b>EPP REQUERIDO</b> Camiseta de algodón, protección auditiva, lentes y zapatos dieléctricos Camisa de manga larga y pantalón resistentes al arco de 4 cal/cm <sup>2</sup> Pasamontañas (protección de cuello) resistentes al arco de 4 cal/cm <sup>2</sup> Casco de protección facial resistente al arco de 4 cal/cm <sup>2</sup>	
Tablero: Ejemplo 1 <span style="float: right;">Fecha: 01/01/2018</span>	

Figura 7: Etiquetas de Arco Eléctrico donde hace mención referida a EPP's

Fuente: <https://radthink.com.mx/arc-flash-definicion-de-categorias-de-riesgo-y-epp-requerido/>

CATEGORÍA DE PPE 1	CATEGORÍA DE PPE 2	CATEGORÍA DE EPP 3	CATEGORÍA DE EPP 4
CLASIFICACIÓN DE ARCO MÍNIMO ENTRE <b>4 - 8 CAL/CM2</b>	CLASIFICACIÓN DE ARCO MÍNIMO ENTRE <b>8 - 25 CAL/CM2</b>	CLASIFICACIÓN DE ARCO MÍNIMO ENTRE <b>25 - 40 CAL/CM2</b>	CLASIFICACIÓN DE ARCO MÍNIMO <b>40 CAL/CM2</b>
<b>ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA ARCO ELÉCTRICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Camisa de manga larga y pantalones o traje entero aptos para arcos eléctricos</li> <li>Protector facial o capucha para traje aptos para arcos eléctricos</li> <li>Chaqueta, parca, gabardina o revestimiento para cascos aptos para arcos eléctricos (según sea necesario)</li> </ul> 	<b>ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA ARCO ELÉCTRICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Camisa de manga larga y pantalones o traje entero aptos para arcos eléctricos</li> <li>Capucha para traje o protector facial y pasamontañas aptos para arcos eléctricos</li> <li>Chaqueta, parca, gabardina o revestimiento para cascos aptos para arcos eléctricos (según sea necesario)</li> </ul> 	<b>ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA ARCO ELÉCTRICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Según sea necesario: Camisa de manga larga, pantalones traje entero, chaqueta y pantalones de traje aptos para arcos eléctricos</li> <li>Capucha para traje apta para arcos eléctricos</li> <li>Guantes aptos para arcos eléctricos</li> <li>Chaqueta, parca, gabardina o revestimiento para cascos aptos para arcos eléctricos (según sea necesario)</li> </ul> 	<b>ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA ARCO ELÉCTRICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Según sea necesario: Camisa de manga larga, pantalones traje entero, chaqueta y pantalones de traje aptos para arcos eléctricos</li> <li>Capucha para traje apta para arcos eléctricos</li> <li>Guantes aptos para arcos eléctricos</li> <li>Chaqueta, parca, gabardina o revestimiento para cascos aptos para arcos eléctricos (según sea necesario)</li> </ul> 
<b>OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Casco</li> <li>Lentes o gafas de seguridad</li> <li>Protección auditiva (dentro del oído)</li> <li>Guantes de cuero resistentes</li> <li>Calzado de cuero (según sea necesario)</li> </ul>	<b>OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Casco</li> <li>Lentes o gafas de seguridad</li> <li>Protección auditiva (dentro del oído)</li> <li>Guantes de cuero resistentes</li> <li>Calzado de cuero</li> </ul>	<b>OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Casco</li> <li>Lentes o gafas de seguridad</li> <li>Protección auditiva (dentro del oído)</li> <li>Calzado de cuero (según sea necesario)</li> </ul>	<b>OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Casco</li> <li>Lentes o gafas de seguridad</li> <li>Protección auditiva (dentro del oído)</li> <li>Calzado de cuero (según sea necesario)</li> </ul>

Figura 8: Categorías de EPP's según la norma NFPA 70E-2018

Fuente: <http://qsesac.com/2019/07/18/la-normativa-npfa-70e-norma-para-la-seguridad-electrica-en-lugares-de-trabajo/>

### 2.2.1.5 Normas NFPA 70E y la IEEE 1584

Para un análisis, la gravedad del arco eléctrico será determinada por distintos criterios:

- Corriente de cortocircuito disponible
- Voltaje del sistema
- Espacio de arco
- Distancia de arco
- Tiempo de apertura del dispositivo de protección contra sobrecorriente (OCPD).

“Según estas variables requeridas. El método de la NFPA 70E, se orienta al modelo descrito por Ralph Lee en “Electric Arc Blast Burns donde se estima la energía incidente calorífica basada en un valor teórico máximo disipado por fallas por arco eléctrico, este valor es generalmente muy conservador.

Comparando con la norma IEEE 1584, utiliza ecuaciones empíricas determinadas de análisis estadísticos de mediciones tomadas de prueba de laboratorio para estimar la energía incidente. El método de IEEE intenta ser más realista que conservador, y pretende evitar accidentes debido a las limitaciones de la sobreprotección a los trabajadores” [14].

Es por ello que se realiza la comparación mediante un gráfico con la finalidad de tener una idea más clara de los cálculos de la NFPA 70E y IEEE 1584 para un sistema de 480 V, la distancia de trabajo es de 24 pulgadas y la distancia entre conductores es de 25mm. El tiempo total de operación del dispositivo es de 0.3 segundos. Tomando como corriente de falla de 16 a 46 KA.

“El método produce los mismos resultados en el rango de corriente de falla por arco eléctrico de 20 a 30 KA. Más allá del rango, el método NFPA 70E sobreestima las energías incidentes con respecto al método de IEEE 1584, esta

sobreestimación conduce a valores conservadores de CPR “Categoría de riesgo/Peligro” y tiende a sobreproteger a los trabajadores” [14].

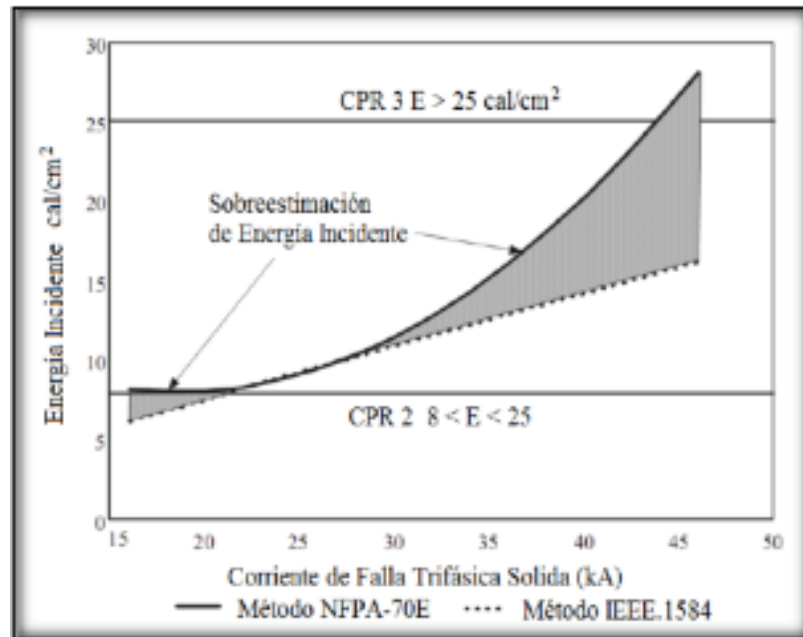


Figura 9: Comparación de cálculo de energía incidente

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/11818>

#### 2.2.1.6 Estudios de Arco Eléctrico con ETAP

El software ETAP, a través de su página web, da cuentas de la descripción que cuenta su software que cuenta con un módulo denominado Arc Flash que “estima en forma automática la energía incidente liberada durante el proceso de arco en faltas (estado de fallas) y determina los límites de protección requeridos. El módulo Arc Flash permite diseñar sistemas de potencia seguros y al mismo tiempo cumplir con las regulaciones OSHA por la aplicación de la normativa NFPA 70E-2018 o IEEE Std. 1584-2018 & 1584a-2004 para dicho cálculo” [23].

El análisis para el cálculo de cortocircuitos trifásicos (el de mayor generación de arco eléctrico) “se desarrolla tomando en cuenta la norma ANSI/IEEE o la IEC. Asimismo, el Arc Rating (ATPV) se determina aplicando el enfoque más ajustado



a los límites de cercanía a las partes energizadas para una protección contra shocks indicados en la norma NFPA 70E” [23].

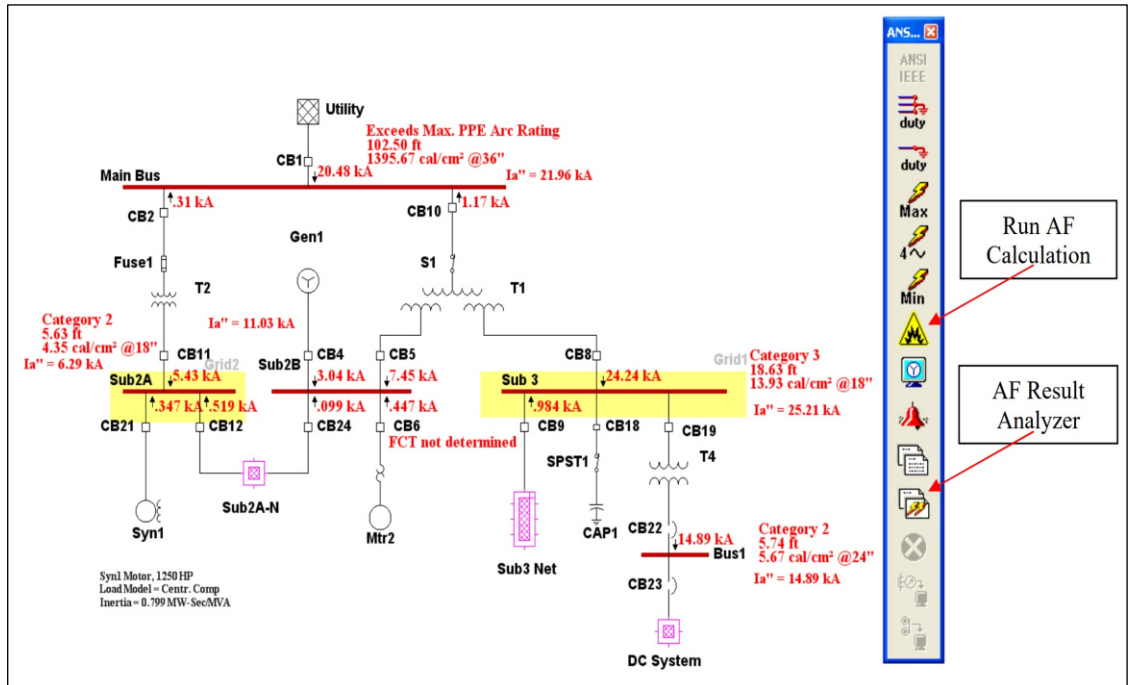


Figura 10: Modulo de Arc Flash con que cuenta el ETAP

Fuente: <https://www.etapesp.es/arco-electrico>

### 2.2.1.6.1 Analizador de Resultados ETAP

ETAP también resalta que “el Analizador Resultados de Arco Eléctrico es una poderosa herramienta del software de ETAP que ahorrará tiempo ya que permite comparar y mostrar diversos reportes de análisis de Arco Eléctrico procedentes de los diferentes escenarios en una sola pantalla. El Analizador Resultados de Arco Eléctrico también permitirá comparar los resultados de cálculo de arco eléctrico de otros proyectos dentro de la misma carpeta de archivos. La herramienta Analizador Resultados de Arco eléctrico compara los resultados de la evaluación del riesgo de arco eléctrico como información general respecto al proyecto o información más específica, como los resultados

de barras, dispositivos de protección o terminales de carga en el estudio a realizar” [23] (figura 11).

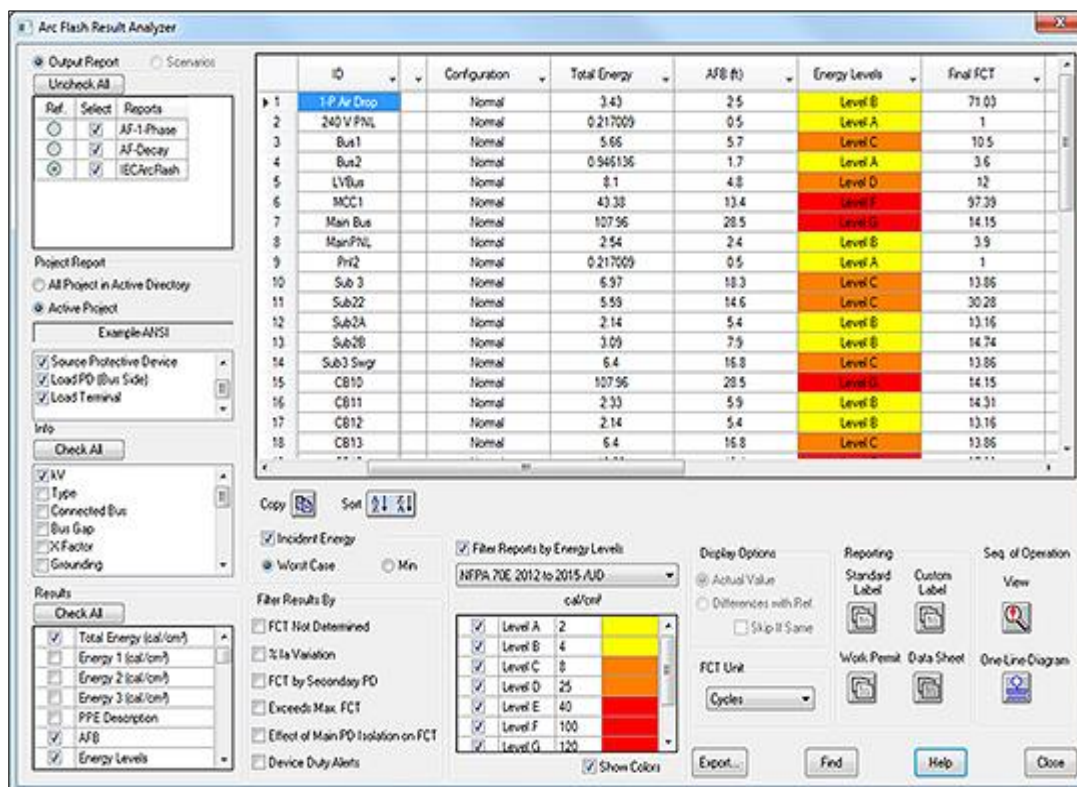


Figura 11: Analizador ETAP de Resultados Arco Eléctrico

Fuente: <https://etap.com/es/arc-flash/arc-flash-result-analyzer>

## 2.2.1.6.2 Etiquetas de Trabajo, Hojas de Datos y Etiqueta de Arco Eléctrico ETAP

### A. Etiquetas de trabajo

“Según los lineamientos de la normativa NFPA 70E, los permisos escritos de trabajo (etiquetas de trabajo) son necesarios cuando se trabaja con conductores eléctricos energizados o partes de circuitos que no han sido dispuestos en una condición de trabajo eléctricamente segura (sin energía).

El software ETAP provee etiquetas de trabajo que incluyen todos los elementos necesarios adecuados al Artículo 130.2 (B) de la NFPA 70E. El programa rellena automáticamente los resultados de energía incidente y los límites de proximidad con riesgo de descarga, pudiendo editarlas de acuerdo a las necesidades del usuario” [24].

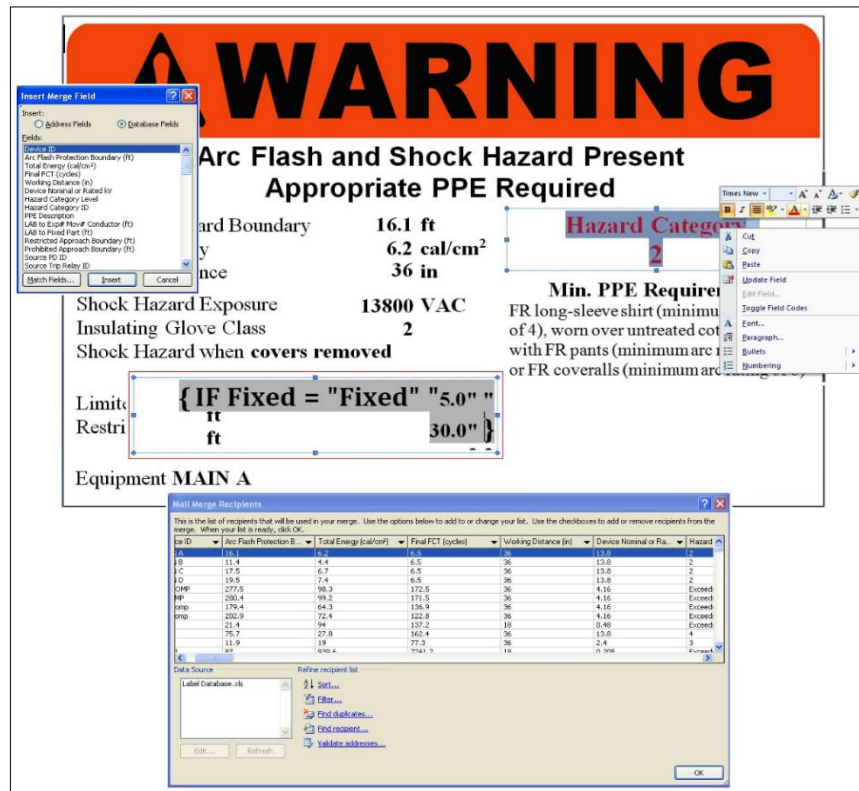


Figura 12: Etiquetas de Arco Eléctrico generados por el ETAP

Fuente: <https://www.etapesp.es/arco-electrico>

“Las etiquetas de trabajo, además:

- Pueden ser guardadas y archivadas en el proyecto de ETAP para su uso posterior por parte del usuario.
- Pueden ser impresas en cualquier formato requerido, según el peor caso de análisis de AE o basado en cualquier condición de operación usada para ejercer los trabajos de energización del proyecto” [24].

## **B. Hojas de Datos**

“La hoja de datos es una versión mejorada del informe de análisis de arco eléctrico realizado por el software. Éste brinda una descripción detallada de los parámetros utilizados en el estudio de cortocircuito y de cómo se han obtenido los resultados de las barras. Esta característica permite compartir con los ingenieros de campo o los electricistas todas las suposiciones del estudio y verificar los casos. Esta información será fundamental como información de la metodología aplicada para determinar la energía incidente” [24].

## **C. Etiquetas Personalizables**

“ETAP brinda una gran variedad de etiquetas profesionales generadas por el propio software en numerosos idiomas, entre los que están inglés, español, etc. Y permite la impresión automáticamente de las etiquetas en función de la energía incidente más alta de todos los modos de operación” [24] (Figura 12).

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 “Análisis de la energía incidente**

Un componente de la evaluación de riesgo de relámpago de arco que se utiliza para predecir la energía incidente de un relámpago arco para un conjunto específico de condiciones” [3].

### **2.3.2 “Arco nominal o valor de resistencia al arco (RA)**

Valor atribuido a los materiales que describe su desempeño al exponerlos a la descarga de un arco eléctrico. El valor de resistencia al arco se expresa en cal/cm<sup>2</sup> y se deriva del valor determinado de desempeño termal al arco (ATPV por sus siglas en inglés) o la energía del umbral de ruptura (EBT) (si un sistema de materiales

exhibió una respuesta de ruptura inferior al valor de ATPV). El valor de resistencia al arco se expresa en ATPV o EBT, según cuál sea el valor inferior” [3].

### **2.3.3 “Condición de trabajo eléctricamente segura**

Un estado en el que el conductor o una parte del circuito en el que se va a trabajar o está próximo al mismo, se ha desconectado de partes energizadas, bloqueando/etiquetando de acuerdo a las normas establecidas, probando para asegurar la ausencia de voltaje y si es necesario, puesto a tierra temporalmente para proteger al personal” [3].

### **2.3.4 “Corriente de falla**

La cantidad de corriente entregada en un punto del sistema durante una condición de cortocircuito” [3].

### **2.3.5 “Dispositivo de interrupción**

Dispositivo diseñado para cerrar, abrir, o ambos, uno o más circuitos eléctricos” [3].

### **2.3.6 “Distancia de trabajo**

La distancia entre la cara y el área del pecho de una persona y una fuente potencial de arco” [3].

### **2.3.7 “Energía incidente**

La cantidad de energía térmica expuesta sobre una superficie a una cierta distancia de la fuente generada durante un evento de arco eléctrico. La energía incidente generalmente es expresada en calorías sobre centímetro cuadrado (cal/cm<sup>2</sup>)” [3].

### **2.3.8 “Frontera, protección contra relámpago de arco**

Cuando existe un peligro de relámpago de arco, el límite de aproximación a una distancia desde la fuente potencia de arco, dentro de la cual la energía incidente es de 5 J/cm<sup>2</sup> (1.2 cal/cm<sup>2</sup>)” [3].

### **2.3.9 “Frontera de aproximación limitada**

Un límite de aproximación a una distancia desde un conductor expuesto o parte del circuito energizado dentro de la cual existe el peligro de choque” [3].

### **2.3.10 “Peligro eléctrico**

Una condición peligrosa tal que el contacto o la falla de equipos pueden resultar en un choque eléctrico, quemadura por relámpago de arco, lesiones térmicas, o heridas causadas por la ráfaga de arco” [3].

### **2.3.11 “Peligro de relámpago de arco**

Una fuente de posibles heridas o daños a la salud asociada con la posible liberación de energía causada por un arco eléctrico” [3].

### **2.3.12 “Seguridad Eléctrica**

La identificación de los peligros asociados con el uso de la energía eléctrica y la toma de precauciones para reducir el riesgo que representan dichos peligros” [3].

### **2.3.13 “Traje de protección contra relámpago de arco**

Sistema completo de vestimenta y equipo resistente al arco que cubre todo el cuerpo, a excepción de las manos y pies” [3].

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Métodos, y alcance de la investigación.**

El método para construir, alcanzar los objetivos y comprobar la hipótesis planteada en el nivel de informe de la investigación la cual desarrollamos es el método universal, “Método Científico”, ya que mediante la interpretación de la data e información se analizaron hechos y sucesos en forma metódica y secuencial.

La metodología que hemos utilizado en nuestro proyecto de investigación es “CUANTITATIVO” ya que fue determinado por la interpretación de resultados que hemos obtenido del software ETAP V12.6 y también del análisis que hemos realizado de acuerdo a la norma NFPA 70E.

El alcance de nuestro informe de investigación es “DESCRIPTIVO” ya que tuvimos como propósito describir un fenómeno el cual es la energía calorífica incidente, también hemos descrito situaciones y eventos los cuales están abocados a la seguridad del personal electricista, éste alcance nos va a mostrar con precisión los ángulos y dimensiones de nuestra variable.

### **3.2 Diseño de la investigación.**

El tipo de investigación es “APLICADA” y el diseño de la investigación es “NO EXPERIMENTAL” ya que no hemos controlado ni manipulado de forma deliberada y de manera intencional la variable, en este caso el arco eléctrico, más bien hemos determinado su comportamiento y hemos observado el fenómeno en su ambiente natural en caso de una falla eléctrica, con el fin de poder analizar las consecuencias, consiguiendo la reducción de tiempo de falla y exposición, para determinar la distancia mínima y la protección necesaria para el beneficio de todos los trabajadores y equipos, el corte es “TRANSVERSAL” ya que hemos recolectado los datos en un solo momento, en un tiempo único y en cuyo propósito fue describir la variable, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

### **3.3 Población y muestra.**

La población de nuestro estudio está conformada por los “centro de control de motores” que se encuentran dentro de la planta concentradora en un número total de 159, en los centros de control de motores está centralizado el control por sectores de un conjunto de equipos de la planta concentradora, cabe mencionar que los equipos de manera independiente no son relevantes como tal, ya que como se mencionó anteriormente se evalúa la seguridad dentro de los centros de control.

La muestra de nuestro informe de investigación contempla a toda la población mencionada.

La población de nuestro estudio esta detallada en el siguiente cuadro:



Tabla 4.-Cuadro General Específico

SALA ELECTRICA	MCL	SGL	MCM	SGM	TOTAL
0220-CVB-0003-ERR	1	1		1	3
0220-CVB-0004-ERR	1	1		1	3
0210-ERR-0001	5	2	1	1	9
0310-ERR-0001	10	4	2	3	19
0310-ERR-0002	6	4		1	11
0921-ERR-0001	1			1	2
0330-ERR-0001	2	8		3	13
0330-ERR-0002	11				11
0330-ERR-0003			5		5
0370-ERR-0001	4	4		1	9
0420-ERR-0001	4	3	1	1	9
2132-ERR-0001	1		1	1	3
2132-ERR-0002	1		1	1	3
2132-ERR-0003	1		1	1	3
0320-ERR-0001	5	2	2	1	10
0931-ERR-0001	2	2			4
0391-ERR-0001	4	2		1	7
0240-ERR-0001	5	2		1	8
0510-ERR-0001	3	1	1	1	6
0340-ERR-0001	3	2		1	6
2133-ERR-0001	1			1	2
0552-ERR-0003	1		1	1	3
0551-USP-0001	1		1	1	3
0552-ERR-0002	1		1	1	3
0552-ERR-0001	1		1		2
2134-ERR-0001	1		1		2
<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>38</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>159</b>

Fuente: Elaboración Propia

*Tabla 5.- Cuadro Resumen de Población.*

<b>MCL</b>	75
<b>SGL</b>	38
<b>MCM</b>	20
<b>SGM</b>	26
<b>EQUIPOS TOTAL</b>	159

*Fuente: Elaboración Propia*

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Hemos aplicado 1 técnicas de recolección de datos, la técnica de observación, y hemos utilizado un instrumento de recolección de datos la cual es una ficha de observación.

Posteriormente los datos de la ficha de observación fueron vaciados en el software ETAP que es una abreviación del trabajo que desarrolla la aplicación: Electrical Transient and Analysis Program (Programa Analizador y Transiciones Eléctricas). El cual nos va a brindar toda la data eléctrica que necesitamos para poder calcular nuestra variable.

Para mayor detalle, ver anexos, con la denominación ficha de recolección de datos.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras)**

##### **4.1.1 Características de los centros de control de motores**

Para el tratamiento de nuestros resultados primero tenemos que cumplir con nuestro primer objetivo específico, el cual fue determinar las características más relevantes de los centros de control de motores a considerar para el estudio de arco eléctrico.

Para analizar el nivel de riesgo por arco eléctrico o energía incidente existen varios métodos o normas, todos los que se conocen tienen sus limitaciones, antes de utilizarlos en un análisis hay que comprenderlos. Las tablas de la NFPA-70E pueden ser muy fáciles de utilizar y requieren menos cálculos, sin embargo son muy generales y hacen muchas aproximaciones; estas interpretaciones también son basadas en algunos rangos de valores de pruebas tales como nivel de tensión, tipo de equipo, tipo de puesta a tierra entre otros, por eso se hace necesario ver si los parámetros del lugar que se quiere analizar están dentro de estos rangos y cumplen ciertas características.

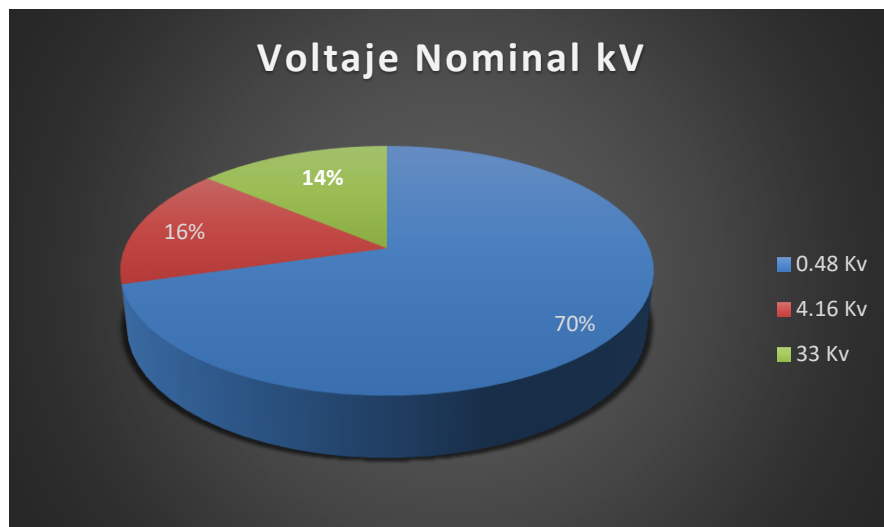
Dentro de ellas hemos destacado 3 características por las cuales vamos a agrupar el total de la población, estas son:

- El nivel de voltaje nominal en kV.
- Tipo de equipo por funcionalidad.
- Tipo de puesta a tierra.

*Tabla 6.- Resumen por Voltaje Nominal.*

Voltaje Nominal kV		
0.48 kV	112	70.44%
4.16 kV	25	15.72%
33 kV	22	13.84%
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 13: Distribución de CCM's por Voltaje Nominal*

*Fuente: Elaboración Propia*

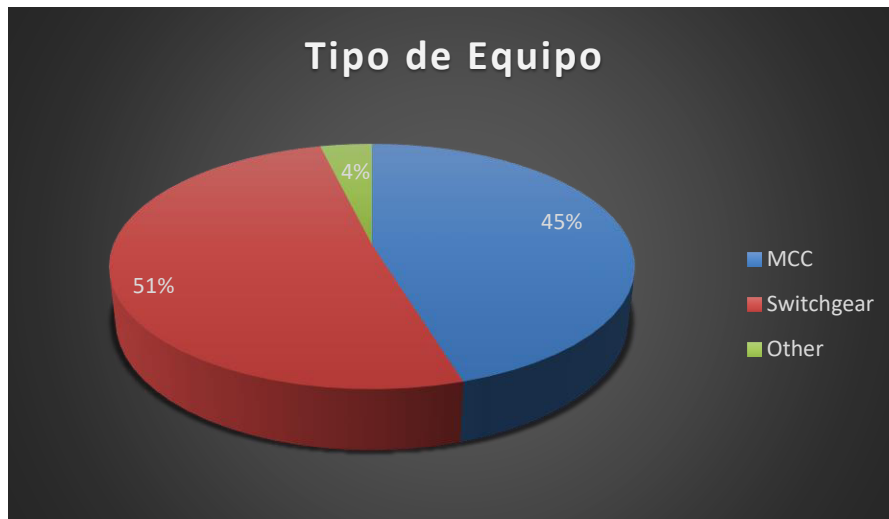
De acuerdo con la tabla 6, figura 13, referente a las características de los equipos con respecto al voltaje, podemos observar que dentro de toda nuestra población solamente estamos trabajando con 3 niveles de tensión, 0.48 kV, que dentro de las 3

es la menor tensión, luego con 4.16 kV que es la tensión intermedia, y 33 kV que es la mayor tensión de trabajo, según estos resultados podemos deducir que mientras mayor sea el voltaje se corre un mayor riesgo eléctrico ya que a mayor voltaje mayor energía incidente, de todos nuestros centros de control tenemos una gran mayoría en 70% que es el de menor nivel de tensión lo cual es favorable, mientras tanto hay un 30% que debemos tener mayor atención, que corresponde a los otros dos niveles ya que el riesgo eléctrico es más alto sin embargo se observa que no es muy alto el número de centros de control que se encuentran en ese porcentaje.

*Tabla 7.- Resumen por Tipo de Equipo*

Tipo de Equipo		
MCC	72	45.28%
Switchgear	81	50.94%
Other	6	3.78%
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 14: Distribución de CCM's por Tipo de Equipo*  
*Fuente: Elaboración Propia*

De acuerdo con la tabla 7, figura 14, referente a las características de los equipos con respecto a la funcionabilidad lo hemos dividido en 3 grupos los cuales son switchgear, MCC y otros, entonces determinamos que el termino switchgear hace referencia a un equipo de maniobra a lo que se entiende que es el procedimiento de energizar o desenergizar un equipo o red eléctrica, estos deberían tener componentes como seccionadores e interruptores, y es la maniobra que se realiza todos los días y que guarda relación directa con las labores diarias del personal electricista y representa un 51% de la población total.

Los (CCM's) son equipos de control que se usan principalmente para controlar motores y distribuidores de energía eléctrica, normalmente se usa para controlar un conjunto de equipos en una determinada área y el mantenimiento no es tan frecuente como son los switchgear, estos representan el 45% de nuestra población, se puede concluir que la frecuencia entre uno y otro de la que son intervenidos para cualquier operación y mantenimiento influye en el riesgo eléctrico, pero en nuestro caso no presentamos un porcentaje considerablemente mayor en cuanto a valor, por ende no existe un grupo de equipo que requiera mayor atención.

*Tabla 8.- Resumen por Tipo de Puesta a Tierra Basado en IEEE 1584*

<b>Tipo de Puesta a Tierra basado en IEEE 1584</b>		
Ungrounded	47	29.56%
Grounded	112	70.44%
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 15: Distribución de CCM's por Tipo de Puesta a Tierra  
Fuente: Elaboración Propia*

De acuerdo con la tabla 8, figura 15, referente a las características de los equipos con respecto al aterramiento determinamos que el tipo de puesta a tierra es importante porque es un complemento o medida de seguridad para reducir algún tipo de falla eléctrica potencial, es por ello que idealmente se debería implementar en todos los equipos y ahí radica la importancia de esta característica con ello podremos implementar dicho sistema en los equipos que aún carezcan de ella, y así tener una mejor protección, se recomienda realizar el aterrado de los equipos que no lo tengan porque esta característica beneficia en caso de ocurrencia de un arco eléctrico, se ve que el 30% del total de centros de control no se encuentra aterrado y por consecuencia hay que tomarle atención para realizar las mejoras solicitadas.

#### **4.1.2 Nivel de riesgo actual de los centros de control de motores**

Se ha obtenido los niveles de riesgo de cada uno de los centros de control de motores en su totalidad, teniendo como referencia un estudio y un análisis de la tabla de niveles de riesgo por energía calorífica que se encuentra en el marco teórico, es importante tener esta data porque con ella podemos saber cómo se encuentra actualmente los centros de control de motores podemos saber y tener un panorama

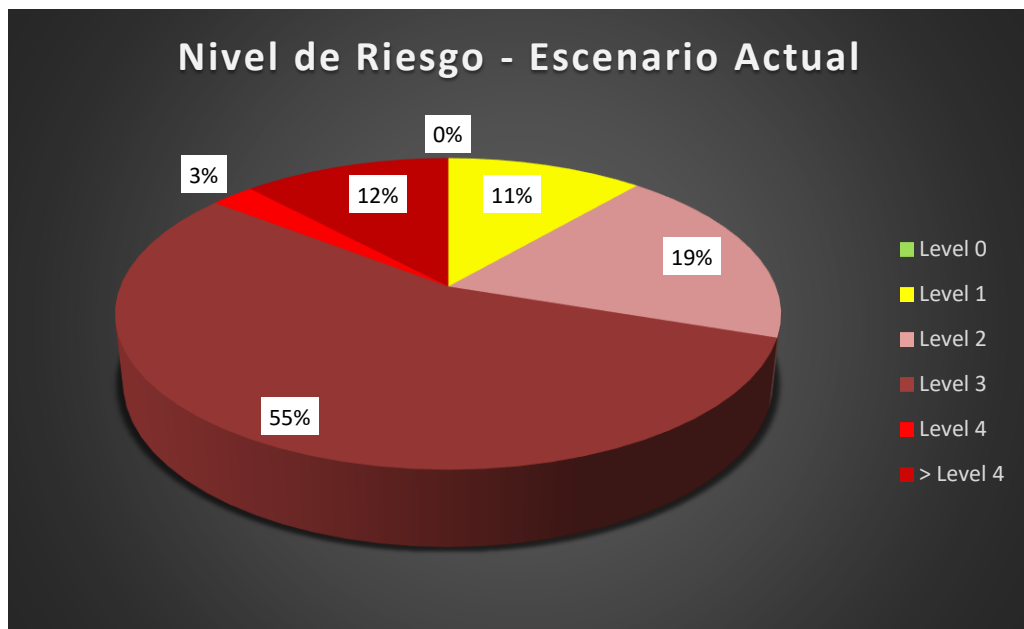
de la situación actual para con ello nosotros podamos mejorar dichas condiciones que beneficien al trabajador y a los equipos.

La metodología para obtener los niveles de riesgo que está comprendido dentro del estudio de arco eléctrico fue mediante el software ETAP el cual tuvo como resultados valores de energía incidente en los centros de control de motores, con estos valores se realizó un análisis tuvimos como resultados lo siguiente:

*Tabla 9.- Resumen por Nivel de Riesgo – Escenario Actual*

Level 0	0	0.00%
Level 1	18	11.32%
Level 2	30	18.87%
Level 3	88	55.35%
Level 4	4	2.52%
> Level 4	19	11.95%
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 16: Distribución de CCM's por Nivel de Riesgo – Esc. Actual*

*Fuente: Elaboración Propia*



De acuerdo con la tabla 9, figura 16, referente a los niveles de riesgo en una situación actual hemos podido clasificar actualmente un total de 159 centros de control de motores por niveles de riesgo en 5 categorías siendo cero el nivel de riesgo más seguro y 4 el nivel de riesgo más alto, según la norma de la NFPA 70E en todos estos niveles se puede trabajar cumpliendo ciertas condiciones que estipula cada nivel pero cuando la energía incidente supera el nivel de riesgo más alto, la norma prohíbe cualquier trabajo en dicho lugar.

De un total de 159 centros de control de motores cero de ellos están en un nivel cero podría interpretarse que son los centros de control de motores menos críticos ya que el nivel de riesgo es el más bajo, esta cantidad de salas representa el 0%, si hubiese algún centro de control en esta categoría lo que podemos lograr es reducir el valor de energía incidente ya que con ello lograríamos minimizar los daños al personal en caso ocurriera algún accidente.

De un total de 159 centros de control de motores 18 de ellos se encuentran en un nivel de riesgo 1 esto representa el 11%, 30 de ellos se encuentran en un nivel de riesgo 2 esto representa el 19%, 88 de ellos se encuentran en un nivel de riesgo 3 esto representa el 55%, 4 de ellos se encuentran en un nivel de riesgo 4 esto representa el 3%, el objetivo en todos estos casos es bajar su nivel de riesgo a un nivel inferior según corresponda, o en todo caso bajar el valor de energía incidente para disminuir los daños al personal y los equipos en caso de suceder algún accidente.

Cabe mencionar también que en el de nivel de riesgo 4 se encuentra la menor cantidad de centros de control de motores, lo cual es beneficioso ya que se está hablando del nivel de riesgo más alto que contempla la norma NFPA 70E.

De un total de 159 centros de control de motores 19 de ellos se encuentran fuera de los niveles de riesgo establecido por la norma NFPA 70E esto representa el 12%, este caso se da por que el valor de energía incidente en dichos centros de control de

motores excede el valor máximo permitido, lo cual según la norma prohíbe cualquier trabajo con estas características de energía incidente, podemos apreciar que la cantidad de centros de control de motores que excede los valores permitidos es relativamente alto, 19 centros de control de motores y es por ello que el objetivo es bajar su valor de energía incidente a los rangos de nivel de riesgo 4 para disminuir los daños al personal y los equipos en caso de suceder algún accidente, mencionar también que dicha situación no puede quedarse en estas condiciones a lo cual nos obliga a buscar una alternativa de solución, otra característica que se puede observar en este caso es que los 19 centros de control de motores de este grupo trabaja con una tensión de 33 kV de lo que ya se pudo deducir que mientras mayor sea el voltaje mayor será el riesgo eléctrico.

Para mayor detalle técnico revisar en anexos tabla con denominación, situación actual.

#### **4.1.3 Selección de EPP de acuerdo al nivel de riesgo.**

Es importante que el personal electricista conozca el nivel de riesgo del equipo para el cual está siendo enviado a realizar alguna operación u mantenimiento, por ello antes de, se tiene que basar en el procedimiento de trabajo, en él se especificará, revisar las etiquetas de seguridad y en dicha etiqueta figurará el nivel de riesgo del equipo a intervenir, una vez que conozca el nivel riesgo podrá seleccionar el EPP adecuado que disminuya el daño ante cualquier eventualidad no deseada. La tabla siguiente, especifica los EPP's según el nivel de riesgo, es necesario u obligatorio cumplir con esta tabla de selección.

Tabla 10.- Descripción de EPP según nivel de Riesgos

Nivel de Riesgos	Categoría de Riesgos	Descripción De Ropa	Energía Incidente Máxima	
			cal/cm2	J/cm2
LEVE	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 12.5 cal/cm2)</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	0 - 1.2	0 - 5.03
BAJO	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 12.5 cal/cm2)</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	1.2 - 4	5.03 - 16.8

MODERADO	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Tapones Auditivos</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 12.5 cal/cm<sup>2</sup>)</li> <li>* Protector Facial contra Arco Eléctrico</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	4 - 8	16.8 - 33.5
ALTO	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Tapones Auditivos</li> <li>* Ropa Interna de Algodón</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 25 cal/cm<sup>2</sup>)</li> <li>* Protector Facial contra Arco Eléctrico</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	8 - 25	33.5 - 104.6
MUY ALTO	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Protector Ignifugo para Zapatos de Seguridad</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Tapones Auditivos</li> <li>* Ropa Interna de Algodón</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 40 cal/cm<sup>2</sup>)</li> <li>* Protector Facial contra Arco Eléctrico</li> <li>* Revestimiento para Cascos Ignifugo (Mín. 40 cal/cm<sup>2</sup>)</li> <li>* Guantes de Algodón</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	25 - 40	104.6 - 167.4

---

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 17: Distribución de EPP's por Nivel de Riesgo – Esc. Propuesto*

*Fuente: Elaboración Propia*

De acuerdo con la tabla 10, referente a la selección de EPP's con respecto al nivel de riesgo, nos indica las características de los EPP's que se tiene que utilizar en los diferentes niveles de riesgo, la figura 17 nos ayuda a interpretar cual es la cantidad de equipos según el nivel de riesgo, con ello podemos saber que EPP's van a ser los más utilizados por lo tanto se recomienda tener en almacén una mayor rotación de stock, también nos ayuda a implementar en los centros de control aquellos EPP's que son específicos, para que cualquier electricista observando la tabla pueda escoger el EPP adecuado que disminuya o elimine el daño en caso de alguna ocurrencia no deseada. Se concluye que existen 5 escenarios y cada uno tiene sus propias características de EPP's, también se puede concluir que a medida que la energía incidente aumenta también tiene que aumentar el índice de protección del EPP, tiene una relación directa.

#### **4.1.4 Coordinación tiempo – corriente en los relés de protección.**

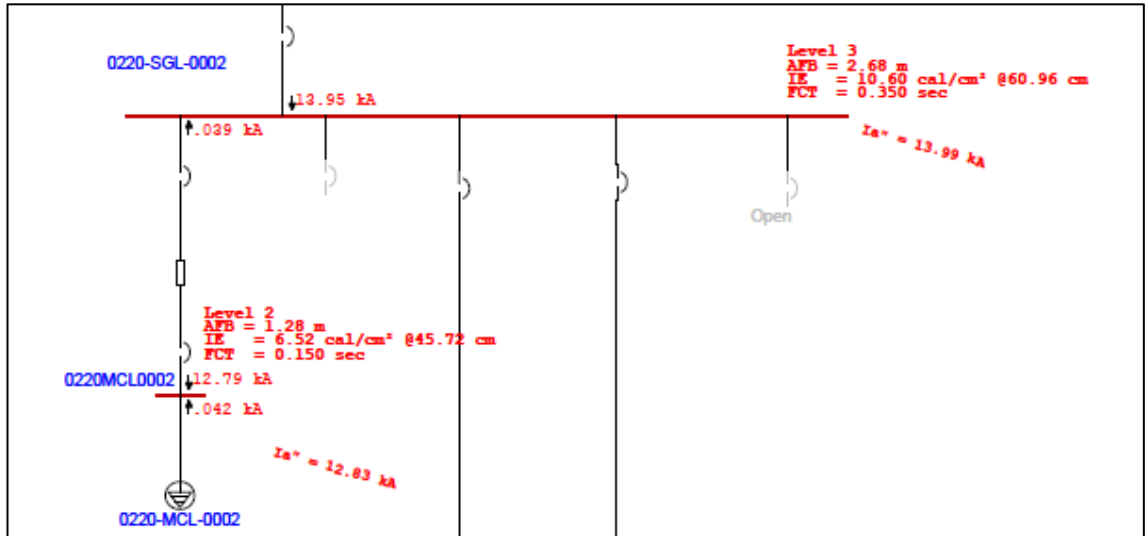
Dentro de nuestro informe de investigación tenemos como uno de nuestros objetivos disminuir el valor de energía incidente, uno de los métodos más usados para obtener la reducción de la energía incidente, es realizando una optimización de protecciones o también llamado coordinación de protecciones, que está dentro del estudio de arco eléctrico y que es uno de los resultados del software ETAP.

Optimizar el set de los relés de protección es la metodología más usada por su fácil aplicación, versatilidad y que no interfiere con las operaciones de cualquier sistema eléctrico.

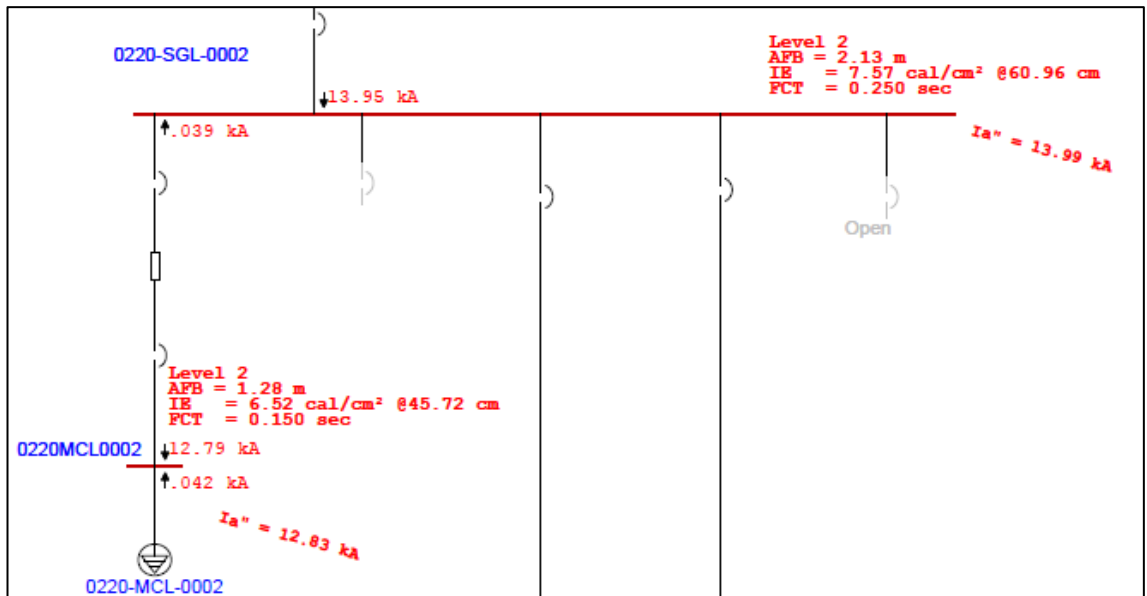
Por ello se plantea la modificación de los ajustes de protección (manteniendo la correcta selectividad de protecciones), esto se aplicó en niveles de tensión de 480V y 4.16 KV, no en 33 kV porque al reducir un poco el tiempo de actuación no contribuía tanto a lo que se necesita.

Para entender dicha coordinación se realizó unas simulaciones donde se explica a mayor detalle.

## Situación actual



## Recomendado:

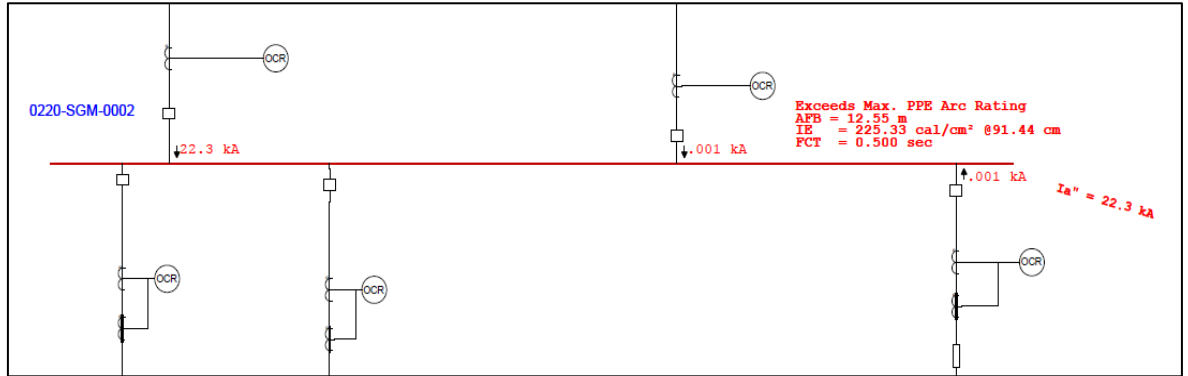


Como se puede apreciar al modificar el tiempo de actuación de la unidad del short time del interruptor automático en baja tensión se puede reducir de 10.6 a 7.57 cal/cm<sup>2</sup>.

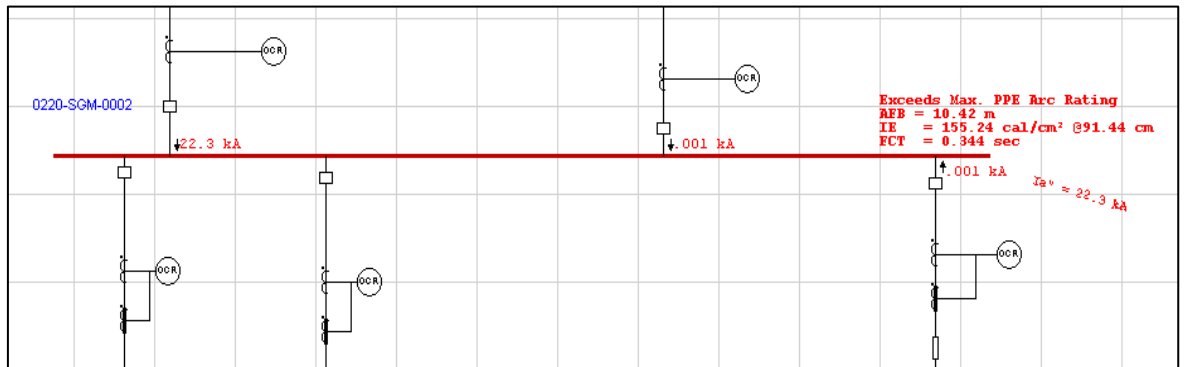
Este mismo caso se procedió para el nivel de tensión en media tensión 4.16 kV, con el mismo caso de éxito.

En el caso de 33 kV, no se ha podido obtener esto por más que se modificó los ajustes de protección.

### Situación actual



### Modificando las protecciones al máximo



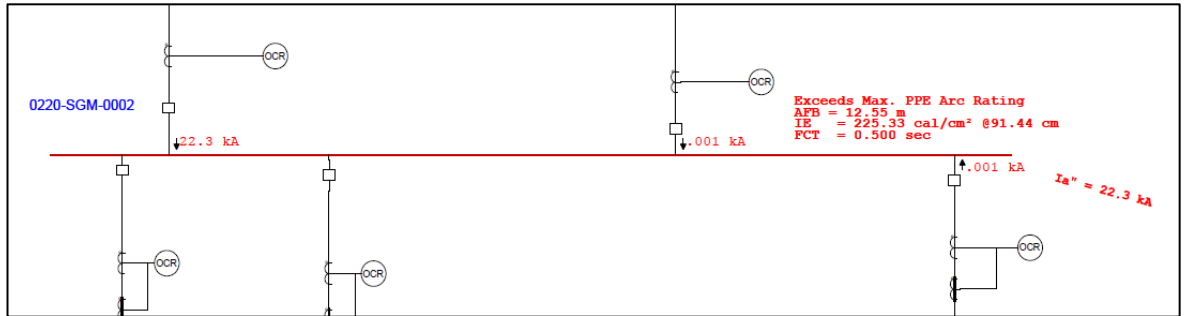
Como se puede apreciar, seguimos en una categoría mayor a 4 con 155 cal/cm<sup>2</sup>, fue una mejora, pero sin resultado alguno con respecto al nivel de riesgo.

Debido que regulando los ajustes de protección no se obtuvo resultado alguno con calorías mayores a las 40 cal/cm<sup>2</sup>.

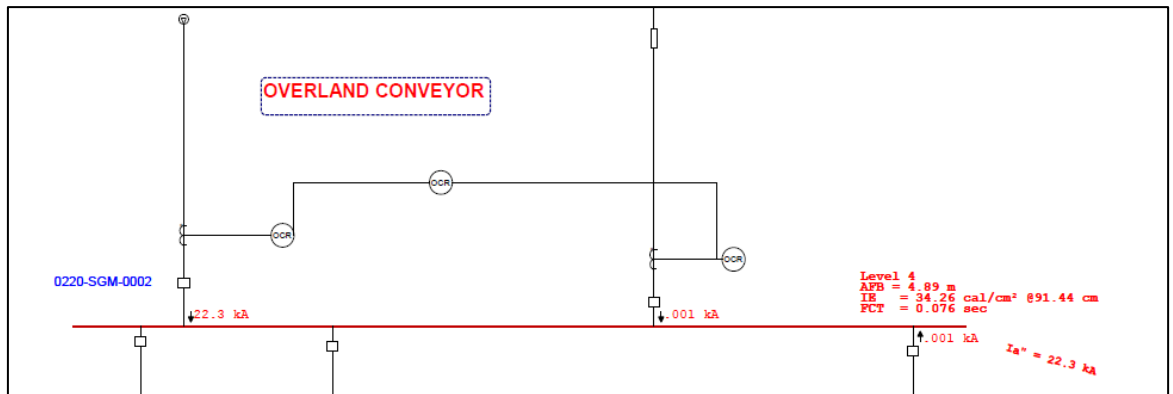
Para este caso se propuso la utilización de relés de arco eléctrico, como por ejemplo el VAMP 321, ahora se realizó unas simulaciones donde se explica a mayor detalle.



## Situación actual



## Instalación de relés Vamp 321



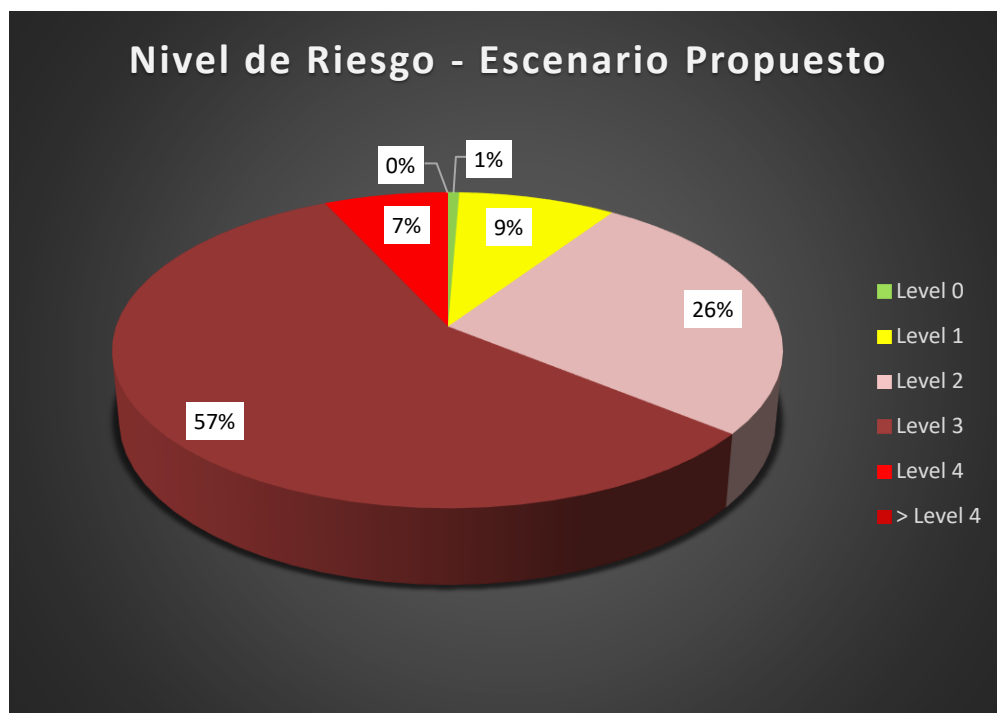
Como se puede apreciar se encuentra en categoría 4 con 34.26 cal/cm<sup>2</sup> y a un tiempo de actuación de falla en 76 milisegundos.

Con esta coordinación de protecciones logramos mejoras en el nivel de riesgo aquí detallamos los resultados obtenidos después de la coordinación de protecciones.

Tabla 11.- Resumen por Nivel de Riesgo – Escenario Propuesto

Level 0	1	0.63 %
Level 1	14	8.81%
Level 2	42	26.42%
Level 3	91	57.23%
Level 4	11	6.92%
> Level 4	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 18: Distribución de CCM's por Nivel de Riesgo – Esc. Propuesto*

*Fuente: Elaboración Propia*

De acuerdo con la tabla 11, figura 18, referente a los niveles de riesgo en una situación propuesta, podemos apreciar que tenemos resultados definidos, realizando una interpretación general tenemos buenos resultados mejores a los esperados, podemos destacar que hemos desaparecido los centros de control de motores que se encontraban en un nivel de riesgo mayor a 4 lo cual era inaceptable, también se aprecia la tendencia del nivel de riesgo a mantenerse y/o bajar y la energía incidente que también tiende a mantenerse y/o bajar en su mayoría, también podemos apreciar una leve tendencia de subida del nivel de riesgo y esto se debe a los seteos de los relés de protección que se encontraban mal configurados, se dará mayor detalle en el siguiente gráfico para mejor entendimiento.

A continuación se detalla los gráficos de como cambiaron los resultados antes y después de la coordinación de protecciones lo vamos a clasificar en 2 escenarios.

- Escenario 1 nivel de riesgo

*Tabla 12.- Comparación de Nivel de Riesgo entre Escenarios*

Nivel de Riesgo	Centros de Control	
Bajo	31	19.50%
Mantuvo	120	75.47%
Subió	8	5.03%
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 19: Comparación de Nivel de Riesgo entre Escenarios*

*Fuente: Elaboración Propia*

De acuerdo con la tabla 12, figura 19, referente a los niveles de riesgo en una situación propuesta podemos hacer mención que uno de los objetivos del informe fue bajar el nivel de riesgo, como se observa bajo en un 20% que representa 31 centros de control de motores, es un buen resultado ya que se ha bajado el valor de energía incidente a un punto que ha pasado de un nivel de riesgo a otro menor, se mantiene un 75% que representa 120 centros de control de motores y un 5% que representa 8 centros de control ha subido siendo este no un mal resultado, esto se dio debido a la

siguiente explicación, como podemos apreciar lo esperado es que los valores se mantuvieran o disminuyeran, sin embargo observamos que un 5.03% subió, esto se debe que los valores seteados en la actualidad se encontraban en el valor mínimo y no tenía una coordinación de protecciones con los equipos aguas abajo, lo que ante una falla originaría que no actuará la protección adecuada. En el escenario propuesto corregimos esos valores, coordinando el tiempo de actuación, lo cual implico aumentar el tiempo y por consecuencia aumenta el valor de energía incidente y de categoría de riesgo, sin embargo se encuentran dentro los valores aceptables.

- Escenario 2 Energía incidente.

*Tabla 13.- Comparación de Energía Incidente entre Escenarios*

<b>Energía Incidente</b>	<b>Centros de Control</b>	
Bajo	70	44.03%
Mantuvo	78	49.05%
Subió	11	6.92%
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 20: Comparación de Energía Incidente entre Escenarios*

*Fuente: Elaboración Propia*

De acuerdo con la tabla 13, figura 20, referente a la energía incidente en un escenario propuesto se puede apreciar que el 44% de casos se bajó la energía incidente y este porcentaje es mayor a la de la tabla 12 según el nivel de riesgo, por el siguiente motivo, la energía incidente disminuyó pero no fue suficiente para bajar el nivel de riesgo pero aun así sigue siendo un resultado favorable ya que al bajar la energía incidente el arco eléctrico que se produce en un accidente es menor, como ya se mencionó en algunos casos el 7% subió el valor de energía incidente pero eso no quiere decir que sea un mal resultado al contrario esto se debe a la misma explicación que se dio en el anterior párrafo, y también se aprecia que se mantuvo los valores de energía incidente en un 49%.

Para mayor detalle técnico revisar en anexos tabla con la denominación, escenario propuesto.

#### **4.2 Prueba de hipótesis**

Hemos visto por conveniente realizar esta prueba de hipótesis que consiste en demostrar que nuestro procedimiento propuesto va a disminuir los riesgos por arco eléctrico y lo hemos planteado de la siguiente forma, nos estamos apoyando en un reporte de accidente de trabajo con energía eléctrica que se encuentra en el registro del OSINERGMIN en el año 2017, cabe mencionar que existen muchos accidentes de esta naturaleza pero solo hemos tomado como ejemplo uno solo, donde claramente se expone que el personal involucrado no tuvo en consideración ningún procedimiento de trabajo por ende no conocía el nivel de riesgo del equipo involucrado ni tenía las especificaciones de EPP adecuado que pudo haber evitado las muertes, si estos trabajadores hubieran tenido un procedimiento de trabajo como el que estamos proponiendo, hubieran tenido las medidas preventivas para realizar dicho trabajo, hubieran tenido las especificaciones técnicas claras como distancia de trabajo, nivel de

riesgo, EPP adecuado, y estamos totalmente seguros que no estaríamos lamentando dichas pérdidas humanas, con ello quiero concluir que los procedimientos son muy importantes y estos nacen de un estudio como se está realizando en este informe de tesis.

Del análisis estadístico de seguridad y compendio ilustrativo de accidentes en el sector de mediana y gran minería elaborado por OSINERGMIN 2017, se extrae el reporte de accidente del personal electricista en la Unidad Minera: Refinería de Zinc - Cajamarquilla [25].

---

## **EXPOSICIÓN A, O CONTACTO CON ENERGÍA ELÉCTRICA**

---

## I. DATOS GENERALES

ACCIDENTADO	N° 10-2017
OCCUPACIÓN	Electricista.
EDAD	22 años.
TIEMPO DE SERVICIO	08 meses.
FECHA Y HORA DEL ACCIDENTE	22 de marzo de 2017. Hora: 8:57 p.m.
LUGAR DEL ACCIDENTE	Sección 91 - Sala de distribución.
UNIDAD MINERA	Refinería de Zinc Cajamarquilla.
UBICACIÓN DE U. MINERA	Distrito: San Juan de Lurigancho. Provincia: Lima. Región: Lima.
EMPRESA CONTRATISTA MINERA	Electro Industrial Solutions S.A. (EISSA)
TITULAR MINERO	Votorantim Metais Cajamarquilla S.A.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA OCURRENCIA DEL ACCIDENTE

Durante la actividad de cambio de cables de las tres líneas entre la celda de alimentación Z332 (ubicada en la sala eléctrica) y el transformador Z014; el Técnico (encontrándose en la parte superior donde se ubican las celdas y encargándose de poner el terminal con presión) indica al ex trabajador (Electricista) para que realice el empalme de las líneas a tierra, recibiendo la confirmación del trabajo a realizar, se retira a la parte anterior de la celda para recoger sus herramientas; momento (siendo las 08:57 p.m. aproximadamente) en el que escucha una fuerte explosión e inmediatamente se dirige al lado posterior y observa al ex trabajador tirado en el piso temblando con la cabeza dentro de la celda de alimentación Z132 (contigua a la celda Z332); aparentemente respirando, procede a buscar algún material aislante en la zona y al no encontrar nada por la prisa, se pone los guantes de cuero, lo coge de los zapatos y lo jala a 0.5 m aproximadamente de la celda.

## III. CAUSAS DEL ACCIDENTE

### a) Falla o falta de Plan de Gestión

- PETS y estándares para la realización de los trabajos eléctricos en alta tensión no están actualizados.
- Plan de respuesta a emergencias, no está elaborado de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional.

### b) Causas Básicas

#### Factores de Trabajo

- Supervisión inadecuada durante la realización del trabajo de alto riesgo de trabajos eléctricos en alta tensión de cambio de cables en la celda Z332.
- Incumplimiento del PETAR, en el ítem campo 12 "Instalaciones eléctricas-riesgos eléctricos".
- Incumplimiento del estándar (procedimiento Gerencial) "Seguridad en Equipos e Instalaciones Eléctricas".



### c) Causas inmediatas

#### Condiciones Subestándares

- Puertas de acceso directo de la celda de alimentación Z132 que tenía cables energizados, no se encontraban cerradas con llave.

---

## IV. CROQUIS DEL ACCIDENTE, EN DOS MOMENTOS: ANTES Y DESPUÉS (Se adjunta)

---

---

## V. CLASIFICACIÓN DEL ACCIDENTE

---

- |                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| 1. SEGÚN EL TIPO(*) | : | Exposición a, o contacto con energía eléctrica. |
| 2. AGENTE CAUSANTE  | : | Otros aparatos, instalaciones eléctricas.       |
| 3. SEGÚN EL ORIGEN  | : | Acto y condición subestándar.                   |

\*Según la tabla N° 10 del Anexo N° 31 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional aprobado por Decreto Supremo N° 024-2016-EM y su modificatoria N° 023- 2017-EM

---

## VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS

---

1. Actualización de los PETS y Estándares con especificaciones y criterios establecidos para trabajos eléctricos en alta tensión.
2. Mejorar las capacitaciones impartidas al personal sobre el cumplimiento de las herramientas de gestión y bloqueo de energía.

## ← ANTES DEL ACCIDENTE



## → DESPUÉS DEL ACCIDENTE



Si el electricista que ejecutaba el trabajo en la zona posterior de las celdas de media tensión 4.16 kV hubiera contado con el EPP específico, a pesar del cortocircuito hubiera tenido lesiones menores, no causando su muerte.

Este accidente demuestra la importancia de tener señalización adecuada de los centros de control de motores, procedimientos de trabajo actualizados y el uso de equipo de protección personal específico para las actividades a realizar.

Con lo cual se puede concluir y queda demostrado que al seguir un procedimiento de seguridad donde detalle pasos, características técnicas, características de los EPP's, características de equipos, etc., Como lo estamos proponiendo vamos a disminuir el riesgo por arco eléctrico.

#### **4.3 Discusión de resultados**

- Uno de los resultados de nuestro informe de tesis refiere al equipo de protección personal o más conocido como EPP, concluyendo que a medida que el nivel de riesgo aumenta también tiene que aumentar el índice de protección del EPP se puede decir entonces que tiene una relación directa.

Se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a cantidad de equipos, en nivel 0, 1%, nivel 1, 9%, nivel 2, 26%, nivel 3, 57%, nivel 4, 7%, siendo el nivel 3 con un rango de energía incidente de 8 a 25 cal/cm<sup>2</sup> el que concentra más equipos y por ende la utilización de estos implementos que corresponde a dicho nivel será mayor. Cabe mencionar que en la unidad minera las Bambas por estándar de seguridad el personal electricista utiliza un EPP con un mínimo de 12.5 cal/cm<sup>2</sup>.

Los implementos que corresponden al nivel 3 son los siguientes:

Zapatos de Seguridad Dieléctricos, lentes de Seguridad, casco de Seguridad, tapones Auditivos, ropa Interna de Algodón, ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 25 cal/cm<sup>2</sup>), protector facial contra Arco Eléctrico ,

guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje) ,  
cubre guantes de cuero.

Pérez García E. en su tesis de grado determina como resultado “una visión de la necesidad de asegurar la protección personal eficaz a los trabajadores que realicen sus labores en instalaciones de BT con alta potencia de corto circuito, realizó a los EPP’s diferentes ensayos de laboratorio verificando sus características técnicas, específicamente a los EPP’s que corresponden al nivel de riesgo 3 obtuvo como resultado una protección de 23 cal/cm<sup>2</sup>.

Realizando una comparación en ambos resultados, hemos llegado a resultados similares ya que en nuestro caso por norma estamos escogiendo EPP’s cuya protección está dentro de 8 a 25 cal/cm<sup>2</sup> y de acuerdo a los ensayos de laboratorio la protección dada fue de 23 cal/cm<sup>2</sup> ambos resultados están dentro del mismo nivel de riesgo en este caso 3 y cumplen con la protección que está recomendada.

Toda esta información teórica se encuentra refrendada en el libro “**Segurinsa. Catalogo: ARC FLASH SIBILLE SAFE. Trajes y accesorios de protección contra el arco eléctrico**”. Donde describe detalladamente y más específicamente los datos técnicos, datos específicos de los materiales, ventajas y desventajas de su uso.

- Uno de los resultados que obtuvimos con nuestro estudio de arco eléctrico fue determinar la situación actual, como se encontraban los centros de control de motores en cuanto a niveles de riesgo, sorprendentemente dentro de todo los resultados obtuvimos algo inusual, 19 centros de control de motores equivalentes al 12% del total presentaban un nivel de riesgo mayor de 4 que es el máximo permitido todos ellos con una tensión de 33kv, buscando una solución al problema encontramos una tesis referida a la utilización de relés de protección VAMP 321, la

cual tomamos como referente para la solución en base a sus resultados, en la implementación cuando realizamos la simulación en el software con dicho relé de protección y con la debida coordinación de protecciones logramos bajar la energía incidente aproximadamente en un 70% y también logramos bajar el nivel de riesgo, obteniendo en nuestra situación propuesta, cero centros de control de motores que se encuentran fuera de los niveles establecidos por la norma.

Soto, R, & Tello, V. En sus resultados “se enfocaron en la matriz de salida ARC MATRIX — OUTPUT del software VAMPset, el cual nos muestra los resultados finales de la operación del sistema. Donde obtuvieron valores de energía incidente mayores a 210 cal/cm<sup>2</sup> en 33Kv, su metodología se relaciona con los arc stage y estos estan asociados a disparos, pero también a las zonas de protección indicadas, esta interrelación entre disparos y zonas hace que la solución planteada sea la adecuada, ya que nos permite mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico en estudio. Los tiempos obtenidos en las pruebas realizadas fue de 13.6ms siendo estos inferiores a los tiempos de actuación de los relés con funciones de protección convencionales (sobrecorriente), los cuales actúan normalmente de 30ms a más según la tecnología del fabricante y la reducción de energía incidente se dio en un 65%.” [11]

Otra situación que se pudo apreciar sucede en la siguiente tesis, Rodríguez Suesca, E. J. en sus resultados menciona “La simulación de arco eléctrico en la subestación Donato, permitió encontrar que el valor máximo de energía incidente está en la barra de 33kV, superando las 100 cal/cm<sup>2</sup>, estos valores particularmente elevados se deben al esquema que ha adoptado la EBSA de no considerar una protección de barra, esto lleva a que otros dispositivos de protección actúen en tiempos prolongados, por esto se sugieren acciones correctivas para disminuir el tiempo de despeje de las fallas por arco como la implementación de protecciones

diferenciales de barra como la implementación de los relés VAMP 321 que redujo la energía incidente en 71%” [12]

Realizando una comparación de resultados, tuvimos los mismos resultados en cuanto al valor tensión donde se dio los mayores valores de energía incidente el cual fue 33Kv.

En cuanto a la solución coincidimos con la tesis de Suesca ya que aplicamos lo mismo con resultados de la reducción del valor de energía incidente en un 70% y 71% en cuanto a la tesis de Soto y Tello las metodologías fueron diferentes pero el resultado de la reducción de la energía incidente fue de 65%.

En el libro General Electric-Tecnologías de la extinción del arco. La aplicación de relés de protección mejora la seguridad y confiabilidad de la subestación o cualquier equipo que se quiera proteger, si mitigamos el fenómeno de arco en un menor tiempo, el daño generado será menor, tanto para el personal como para las instalaciones. Además, que la vida de una persona es invaluable y es por esto la criticidad de protección de arco eléctrico para prevenir estos tipos de accidentes.

- Al realizar el estudio de arco eléctrico tuvimos la finalidad de bajar el nivel de riesgo de los diferentes centros de control de motores, tuvimos diversos resultados y esto se debió a diferentes factores como por ejemplo las características de tensión de los centros de control, donde se pudo apreciar que mientras mayor es la tensión de trabajo mayor será la energía incidente, por ende el nivel de riesgo, cuando un equipo se encuentra aterrado el nivel de riesgo será menor ya que el aterramiento ayuda a disipar cualquier fuga a tierra en caso de un accidente por arco eléctrico, también se apreció que el tipo de equipo en cuanto a su funcionabilidad también influye en el nivel de riesgo, cuando se aplicó el estudio de arco eléctrico se obtuvieron resultados teniendo en cuenta las características antes mencionadas, un panorama actual de cómo se encontró la totalidad de la población en cuanto a

energía incidente de ahí se partió para aplicar las metodologías y poder bajar los niveles de riesgo, a partir de ahí obtuvimos diversos resultados pero todos dentro de las normas de la NFPA 70E las cuales están detalladas en el punto de discusión y resultados, cabe mencionar que la variación de energía incidente depende de mucho factores propios de cada planta en donde se realice, las plantas concentradoras pueden ser similares en proceso y equipamiento pero nunca serán iguales, las condiciones siempre son distintas, es por ello que los niveles de riesgo no se pueden catalogar como una regla que aplique a todas las plantas concentradoras, cada una tendrá que hacer su propio estudio de arco eléctrico y tendrá que a partir de ahí para mejorar sus resultados con las diferentes metodologías que ya se explicó anteriormente, pero el objetivo del estudio de arco eléctrico sí va a ser el mismo en todas las plantas concentradoras, ya que siempre se va a querer reducir los valores de energía incidente y por ende los niveles de riesgo que influye directamente en la integridad y salud del trabajador.

Rodríguez Suezca, E. J. en su tesis se “observa en los resultados del software ETAP para la barra 13.8 kV del TR2 y barra 34.5 kV del TR4 obtenidos difieren en el 1% con respecto a los valores calculados manualmente, usando dos métodos diferentes, por consiguiente se valida el uso del software ETAP para determinar el método y cálculo de la energía incidente. Se resalta que los valores máximos de energía incidente a todos los elementos bajo análisis a excepción de la barra 115 kV ocurre en el escenario de generación máxima en condiciones normales, así mismo con respecto a los valores mínimos, estos no son tan significativamente diferentes a los valores máximos, y que estos se presentan en el escenario de generación mínima mientras se encuentra por fuera la línea Paipa-Donato I. los equipos de acuerdo a los resultados son agrupados en los niveles de riesgo de 0 a 4”. [12]

Siu Yupanqui A. en su tesis también nos muestra sus propios resultados “La energía incidente de arco eléctrico son mostrados, el estudio de arco eléctrico dio como resultado para el escenario de operación normal, valores menores a 8 cal/cm<sup>2</sup> para todos los niveles de tensión de 0.48kV, 4.16kV del presente estudio. Es decir, el tipo de equipo de protección personal (EPP), requerido para que, en el caso de ser expuesto al arco eléctrico, es igual o inferior a la categoría 2”. [14]

Realizando una comparación de resultado con respecto a la tesis de Yupanqui nosotros tenemos resultados mucho más variados ya que el obtuve niveles de riesgo de 2 o menor mientras que nosotros obtuvimos niveles de riesgo de 4 a menos como ya se explicó anteriormente esto se debe a diversos factores y condiciones propios de la planta concentradora, con respecto de la tesis de Suezca si tenemos resultados similares ya que los niveles de riesgo oscila también de 4 a menos según cada estudio respectivamente también se tiene similitud con esta tesis en la instalación de relés de protección para disminuir la energía incidente, obteniendo resultados iguales en cuanto a los objetivos el cual fue disminuir la energía incidente de forma significativa.

El libro de **Jim Phillips, Libro Arc Flash Hazard Calculation Studies.**

Indica que la energía incidente es única si la vemos desde el punto de vista de energía, más se puede manifestar de distintas formas, y ello depende de las características del equipo, con ello se demuestra que los resultados son propios de cada planta concentradora de acuerdo a las características y condiciones de trabajo.



## **CAPÍTULO V**

### **Propuesta de procedimiento de seguridad**

#### **5.1 Elaboración de procedimiento de seguridad.**


Teniendo en cuenta todos los resultados obtenidos en el presente informe de tesis y los resultados obtenidos en el estudio de arco eléctrico hemos propuesto un procedimiento de trabajo el cual será presentado a la jefatura del área eléctrica siendo revisado por la totalidad del personal electricista y con su visto bueno y recomendaciones se dará aprobación mediante las diferentes jefaturas del área de mantenimiento.

Se entiende por procedimiento de trabajo a los “documentos muy útiles para las organizaciones. Permiten a todos los trabajadores saber paso a paso cómo realizar una labor, y cuáles son los criterios establecidos. Cuando se introducen mejoras o cambian los procesos se documenta a través de la revisión de los procedimientos”.

Nosotros en dicho procedimiento propuesto detallamos paso a paso las labores que debe seguir el personal electricista para la realización de su tarea en los centros de control de motores, este procedimiento entrelaza todos los puntos tratados en este

informe como por ejemplo: los niveles de riesgo, las distancias mínimas de seguridad, los valores de energía incidente, las características de los EPP's, las etiquetas de seguridad, etc.

Si vemos de forma puntual cada característica quizás no entenderemos cuál es su finalidad o función, pero si todo lo relacionamos y lo explicamos en un procedimiento de trabajo teniendo en cuenta el orden y relación podrá ser entendido y practicado de forma correcta, por todo el personal electricista, teniendo como objetivo que todos sepan la finalidad de cada punto, para que sirve y porque se tiene que obedecer, es por ello que el procedimiento contempla todas las características antes descritas de forma ordenada y de forma clara para disminuir los accidentes e incidentes por arco eléctrico.

ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
	Trabajos de personal electricista de guardia.		Minera Las Bambas
	Área: Mantenimiento Eléctrico & Instrumentación Planta.	Código: PME-0000-33	
	Page 1 of 8	Versión: V1	

### 1. PERSONAL

PERSONAL
Técnicos electricistas.
Supervisor electricista.


### 2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Casco ANSI Z 89.1 Tipo 1 Clase E
- 2.2. Zapatos Dieléctricos
- 2.3. Lentes de seguridad ANSI Z87.1
- 2.4. Ropa resistente al arco – NFPA 70E
- 2.5. Guantes Aislantes clase 00 a 2 – ANSI/ASTM
- 2.6. Careta resistente al arco 12 cal/cm<sup>2</sup> -100 cal/cm<sup>2</sup> ANSI Z87.1-S 2010
- 2.7. Orejeras y/o tapones de oído. ANSI 27
- 2.8. Barbiquejo.

### 3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radio portátil.</li> <li>• Pinza amperimétrica</li> <li>• Termómetro infrarrojo</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llave en cruz para tableros eléctricos.</li> <li>• Manija de extracción de interruptores 4.16 KV</li> <li>• Maletín de herramientas de electricista</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trapos.</li> </ul>

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.


ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS				
	Trabajos de personal electricista de guardia.			Minera Las Bambas
	Área: Mantenimiento Eléctrico & Instrumentación Planta.	Código: PME-0000-33		
	Page 2 of 8	Versión: V1		

#### 4. PROCEDIMIENTO

N°	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
1.	Traslado hacia salas eléctricas y/o tableros eléctricos en campo.	<p>Caída al mismo nivel o distinto nivel.</p> <p>Atropello, despiste, colisiones,</p> <p>Exposición a tormentas eléctricas.</p> <p>Exposición a lluvias y bajas temperaturas.</p> <p>Exposición a radiaciones no ionizantes (infrarroja, ultravioleta).</p> <p>Caída al mismo nivel o a desnivel en barcaza.</p> <p>Inhalación de gas H<sub>2</sub>S y polvo de silicio.</p>	<p>Transitar por áreas libres de obstáculos y uso de tres puntos de apoyo.</p> <p>Realizar check list de camioneta, aplicar manejo defensivo en la ruta.</p> <p>Atención al aviso de alerta vía radio y empleo de refugios para tormentas eléctricas, en caso de alerta roja.</p> <p>EPP Básico + Poncho impermeable.</p> <p>Uso de bloqueador solar con un factor de protección solar (FPS) 90 .</p> <p>Uso de chalecos salvavidas.</p> <p>Detector portátil de gases, respirador media cara con filtros para gases 6002/6003</p>
2.	Inspección del área de trabajo.	<p>Tiempo de exposición de ruido.</p> <p>Pisos resbaladizos.</p>	<p>Uso de las orejeras o tapones de oído.</p> <p>Uso se zapatos dieléctricos antideslizantes.</p>

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.


**ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS**

	<b>Trabajos de personal electricista de guardia.</b>		<b>Minera Las Bambas</b>
	<b>Área: Mantenimiento Eléctrico &amp; Instrumentación Planta.</b>	<b>Código: PME-0000-33</b>	
	Page 3 of 8	<b>Versión: V1</b>	

N°	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
		Caída al mismo nivel o distinto nivel.	Transitar por áreas libres de obstáculos y uso de tres puntos de apoyo.
3.	Realizar aislamiento y bloqueo / desbloqueo y energización, de arrancadores BT o MT y GIS (fajas Overland), en salas eléctricas.	Exposición Arco eléctrico  Exposición Shock eléctrico por contacto indirecto.  Tiempo de exposición de ruido, hipoacusia.	Uso de ropa antiarco, según indica tarjeta de energía incidente, careta facial resistente al arco eléctrico, uso de las orejeras o tapones de oído.  Uso de guantes dieléctricos clase 00 o clase 2, según el nivel de tensión.  Uso de zapatos dieléctricos.  Uso de las orejeras o tapones de oído.
4.	El personal electricista de atención de guardia debe identificar el equipo a intervenir y tener a disposición información técnica (planos eléctricos actualizados, manuales de operación - mantenimiento)  Revisión y puesta en operación en caso de fallas de equipos de sala eléctrica (MCL, MCM, SGL, relés, UMCs, VDFs, UPSs, banco de baterías, ATSS,) y en campo (Tableros)	Contacto indirecto con energía eléctrica.	No manipular gabinete metálico. Uso de zapatos dieléctricos.  Uso de manta aislante.
5.	Monitoreo y medición de parámetros eléctricos, temperatura y vibración en equipos eléctricos.  Si luego de una primera intervención para la reposición	Exposición Arco eléctrico	Uso de ropa antiarco, según indica tarjeta de energía incidente, careta facial resistente al arco eléctrico, uso de las orejeras o tapones de oído.


**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.

**ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS**

	<b>Trabajos de personal electricista de guardia.</b>		<b>Minera Las Bambas</b>
	<b>Área: Mantenimiento Eléctrico &amp; Instrumentación Planta.</b>	<b>Código: PME-0000-33</b>	
	Page 4 of 8	<b>Versión: V1</b>	

N°	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
	del equipo, el problema persiste informar al supervisor inmediato para dar solución al problema.	Exposición Shock eléctrico por contacto indirecto.	Uso de guantes dieléctricos clase 00 o clase 2, según el nivel de tensión. Uso de zapatos dieléctricos.
		Tiempo de exposición de ruido.	Uso de las orejeras o tapones de oído.
		Caída al mismo nivel o distinto nivel.	Transitar por áreas libres de obstáculos y uso de tres puntos de apoyo.
		Exposición a tormentas eléctricas.	Atención al aviso de alerta vía radio y empleo de refugios para tormentas eléctricas, en caso de alerta roja.
		Exposición a radiaciones no ionizantes (infrarrojo, ultravioleta).	Uso de bloqueador solar con un factor de protección solar (FPS) 90 en todas las áreas expuestas, cada dos horas y uso de lentes oscuros.
		Caída al mismo nivel o a desnivel caída al agua.	Uso de chalecos salvavidas.
		Inhalación de gas H <sub>2</sub> S y polvo de silicio	Detector portátil de gases, respirador media cara con filtros para gases 6002/6003.
		Exposición a superficie caliente.	Uso de termómetro infrarrojo para la comprobación de temperatura alta en la superficie de motor.

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.

ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS				
	Trabajos de personal electricista de guardia.			Minera Las Bambas
	Área: Mantenimiento Eléctrico & Instrumentación Planta.	Código: PME-0000-33		
	Page 5 of 8	Versión: V1		

N°	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
		<p>Ergonómico por condiciones de iluminación.</p> <p>Exposición a equipos en movimiento.</p>	<p>Utilizar lámpara portátil en zonas de baja eliminación y lentes claros.</p> <p>Respetar Barreras y no estar con ropa suelta, no exponerse a la línea de fuego.</p>

## 5. RESTRICCIONES


5.1. El presente PETS solo aplica para los pasos detallados.

## 6. ANEXOS

6.1. Nivel de tensión de guantes dieléctricos

Clase	Tensión Alterna Eficaz VAC	Tensión Continua Eficaz VDC
00	500	750
0	1000	1500
1	7500	11250
2	17000	25500
3	26500	39750
4	36000	54000

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.


ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
	Trabajos de personal electricista de guardia.		
	Área: Mantenimiento Eléctrico & Instrumentación Planta.	Código: PME-0000-33	Minera Las Bambas
	Page 6 of 8	Versión: V1	

## 6.2. EPP según nivel de riesgo

NIVEL DE RIESGOS	CATEGORIA DE RIESGOS	DESCRIPCION DE ROPA	Energía Incidente Máxima	
			cal/cm2	J/cm2
LEVE	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 12.5 cal/cm2)</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	0 - 1.2	0 - 5.03
BAJO	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 12.5 cal/cm2)</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	1.2 - 4	5.03 - 16.8
MODERADO	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Tapones Auditivos</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 12.5 cal/cm2)</li> <li>* Protector Facial contra Arco Eléctrico</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	4 - 8	16.8 - 33.5
ALTO	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Tapones Auditivos</li> <li>* Ropa Interna de Algodón</li> </ul>	8 - 25	33.5 - 104.6


**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.



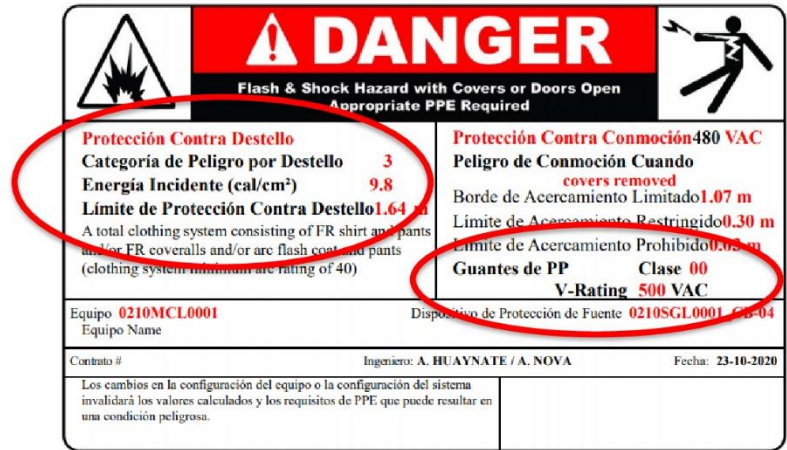
ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS				
	Trabajos de personal electricista de guardia.			Minera Las Bambas
	Área: Mantenimiento Eléctrico & Instrumentación Planta.	Código: PME-0000-33		
	Page 7 of 8	Versión: V1		

		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 25 cal/cm2)</li> <li>* Protector Facial contra Arco Eléctrico</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>		
MUY ALTO	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Zapatos de Seguridad Dieléctricos</li> <li>* Protector Ignifugo para Zapatos de Seguridad</li> <li>* Lentes de Seguridad</li> <li>* Casco de Seguridad</li> <li>* Tapones Auditivos</li> <li>* Ropa Interna de Algodón</li> <li>* Ropa Ignifuga Pantalón - Camisa (Mín. 40 cal/cm2)</li> <li>* Protector Facial contra Arco Eléctrico</li> <li>* Revestimiento para Cascos Ignifugo (Mín. 40 cal/cm2)</li> <li>* Guantes de Algodón</li> <li>* Guantes Dieléctricos 0/00/1/2/3 (De acuerdo al nivel de voltaje)</li> <li>* Cubre guantes de cuero</li> </ul>	25 - 40	104.6 - 167.4

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.

ANEXO 18: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
	Trabajos de personal electricista de guardia.		Minera Las Bambas
	Área: Mantenimiento Eléctrico & Instrumentación Planta.	Código: PME-0000-33	
	Page 8 of 8	Versión: V1	

6.3. Etiqueta de seguridad



**⚠ DANGER**  
Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open  
Appropriate PPE Required

<b>Protección Contra Destello</b> Categoría de Peligro por Destello <b>3</b> Energía Incidente (cal/cm <sup>2</sup> ) <b>9.8</b> Límite de Protección Contra Destello <b>1.64 m</b> <small>A total clothing system consisting of FR shirt and pants and/or FR coveralls and/or arc flash coat and pants (clothing system minimum arc rating of 40)</small>	<b>Protección Contra Conmoción 480 VAC</b> Peligro de Conmoción Cuando covers removed Borde de Acercamiento Limitado <b>1.07 m</b> Límite de Acercamiento Restringido <b>0.30 m</b> Límite de Acercamiento Prohibido <b>0.05 m</b> Guantes de PP Clase <b>00</b> V-Rating <b>500 VAC</b>
Equipo <b>0210MCL0001</b> Equipo Name	Dispositivo de Protección de Fuente <b>0210SGL0001</b> <b>CS-04</b>
Contacto #	Ingeniero: <b>A. HUAYNATE / A. NOVA</b> Fecha: <b>23-10-2020</b>

Los cambios en la configuración del equipo o la configuración del sistema invalidará los valores calculados y los requisitos de PPE que puede resultar en una condición peligrosa.

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Supervisor del Área <b>Fecha de Aprobación</b> ____/____/____ Día Mes Año	Gerente de Área	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones <b>Fecha de Aprobación</b> ____/____/____ Día Mes Año

**IMPORTANTE:** Se deja expresa constancia que el uso del FORMATO PARA ELABORACION DEL PETS de Minera Las Bambas, por parte de la empresa contratista, es autorizada por Minera Las Bambas S.A. como una exigencia establecida en el artículo 27 del Decreto Supremo 024-2016-EM; Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería; quién en su calidad del Titular Minero es responsable de garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores dentro de la operación minera, lo que de ninguna forma implica una desnaturalización de la relación contractual establecida entre Minera Las Bambas S.A. y su contratista.

## 5.2 Etiquetas de seguridad.



	<b>! DANGER</b>	
<b>Flash &amp; Shock Hazard with Covers or Doors Open</b> Appropriate PPE Required		
<b>Protección Contra Destello</b> <b>Categoría de Peligro por Destello</b> <b>3</b> <b>Energía Incidente (cal/cm<sup>2</sup>)</b> <b>9.8</b> <b>Límite de Protección Contra Destello</b> <b>1.64 m</b> <small>A total clothing system consisting of FR shirt and pants and/or FR coveralls and/or arc flash coat and pants (clothing system minimum arc rating of 40)</small>	<b>Protección Contra Conmoción</b> <b>480 VAC</b> <b>Peligro de Conmoción Cuando</b> <small>covers removed</small> <b>Horde de Acercamiento Limitado</b> <b>1.07 m</b> <b>Límite de Acercamiento Restringido</b> <b>0.30 m</b> <b>Límite de Acercamiento Prohibido</b> <b>0.03 m</b> <b>Guantes de PP</b> <b>Clase 00</b> <b>V-Rating</b> <b>500 VAC</b>	
Equipo <b>0210MCL0001</b> Equipo Name	Dispositivo de Protección de Fuente <b>0210SGL0001 CB-04</b>	
Contrato #	Ingeniero: <b>A. HUAYNATE / A. NOVA</b>	Fecha: <b>23-10-2020</b>
<small>Los cambios en la configuración del equipo o la configuración del sistema invalidará los valores calculados y los requisitos de PPE que puede resultar en una condición peligrosa.</small>		

Figura 21: Modelo de Etiqueta de Seguridad

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.1 Elaboración de etiquetas de seguridad.

Se elaboró las etiquetas de seguridad para cada centro de control de motores como una medida de seguridad. Se detalla a continuación la etiqueta que corresponde a un centro de control de motores, como modelo en los anexos se encuentra la totalidad de las etiquetas.

De acuerdo con lo indicado en la sección 110.16 del estándar NFPA 70 National Electrical Code, los tableros de potencia, tableros de alumbrado, tableros de control industrial deben ser marcados en campo para advertir al personal calificado acerca de los peligros de flameo por arco eléctrico presentes cuando el equipo se encuentra energizado. También indica que el marcado debe ser localizado de forma que sea claramente visible a personal calificado antes de la inspección, ajuste, servicio o mantenimiento de los equipos.

El estándar ANSI Z535.4-2002 indica que las señales de los productos y las etiquetas deben ser clasificadas de acuerdo con la seriedad de la situación de peligro. La determinación está basada en la exposición del área cercana a una situación que puede ocurrir como resultado de un peligro potencial. Para productos existen tres clasificaciones las cuales son distinguidas por las palabras de señalización indicadas a continuación:

**PELIGRO:** Indica una situación peligrosa inminente en la cual, si no es evitada, puede resultar en una muerte segura o en un daño serio. Esta palabra de señalización debe estar limitada a las situaciones más extremas.

**ADVERTENCIA:** Indica una situación peligrosa potencial en la cual, si no es evitada, puede resultar en una muerte segura o en un daño serio.

**PRECAUCIÓN:** Indica una situación peligrosa potencial en la cual, si no es evitada, puede resultar en un daño menor o moderado. También puede ser usada para advertir contra prácticas inseguras.

Los formatos para señales o etiquetas consisten de una palabra de señalización más un mensaje. Es posible emplear un símbolo para comunicar una parte o la totalidad de los elementos del mensaje. Las señales o etiquetas pueden estar en arreglo vertical u horizontal. El tamaño, arreglo y proporción pueden variar de acuerdo con los requisitos de la aplicación.

Cuando se use un símbolo de alerta con una palabra de señalización, el símbolo debe preceder a la palabra de señalización. La base del símbolo de alerta, debe estar en la misma línea horizontal que la base de las letras de la palabra de señalización.

La altura del símbolo de alerta debe igualar o exceder la altura de las letras de la palabra.

Las letras de la palabra de señalización deben ser al menos 50% más grandes que la altura de las palabras del mensaje. A continuación, se presentan etiquetas que puede ser utilizada para el presente estudio:



 <span style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: white; background-color: red; padding: 5px;">!</span> <span style="font-size: 3em; font-weight: bold; color: white; background-color: red; padding: 5px;">DANGER</span> 	
Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open Appropriate PPE Required	
<p><b>Protección Contra Destello</b></p> <p><b>Categoría de Peligro por Destello</b>      <b>3</b></p> <p><b>Energía Incidente (cal/cm<sup>2</sup>)</b>      <b>9.8</b></p> <p><b>Límite de Protección Contra Destello</b> <b>1.64 m</b></p> <p>A total clothing system consisting of FR shirt and pants and/or FR coveralls and/or arc flash coat and pants (clothing system minimum arc rating of 40)</p>	<p><b>Protección Contra Conmoción</b> <b>480 VAC</b></p> <p><b>Peligro de Conmoción Cuando</b>  <span style="color: red;">covers removed</span></p> <p>Borde de Acercamiento Limitado <b>1.07 m</b></p> <p>Límite de Acercamiento Restringido <b>0.30 m</b></p> <p>Límite de Acercamiento Prohibido <b>0.03 m</b></p> <p><b>Guantes de PP</b>      <b>Clase 00</b></p> <p style="text-align: center;"><b>V-Rating 500 VAC</b></p>
Equipo <b>0210MCL0001</b> Equipo Name	Dispositivo de Protección de Fuente <b>0210SGL0001_CB-04</b>
Contrato #	Ingeniero: <b>A. HUAYNATE / A. NOVA</b>
Fecha: <b>23-10-2020</b>	
<p>Los cambios en la configuración del equipo o la configuración del sistema invalidará los valores calculados y los requisitos de PPE que puede resultar en una condición peligrosa.</p>	

Figura 22: Etiqueta de Seguridad a utilizar para el procedimiento de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Las etiquetas o señales deben ser localizadas en un lugar donde sean fácilmente visibles y alerten a la persona que las observa acerca de un peligro potencial a tiempo para tomar una acción.

Cuando sea posible, las señales o etiquetas deben contar con protección contra daños previsible, degradación u obstrucción visual causadas por abrasión, luz ultravioleta o sustancias tales como lubricantes, químicos y suciedad.

## CONCLUSIONES

1. Para realizar un estudio de arco eléctrico es necesario saber cuáles son las características más resaltantes de los equipos ya que permite dar ciertas recomendaciones para mejorar en cuanto a seguridad, con ello hemos concluido que mientras más alto es el voltaje mayor será la energía incidente en nuestro caso tenemos equipos cuya tensión de trabajo es 0.48, 4.16 y 33KV y cuya población corresponde a 70%, 16%, 14% respectivamente, cuando un equipo no presenta aterramiento el nivel de riesgo aumenta en nuestro caso el total de equipos aterrados es el 70% y el 30% aún no se encuentra aterrado, las características propias de un equipo determinado por su función ayuda para determinar el nivel de riesgo de acuerdo a la frecuencia de intervención, hemos obtenido 3 tipos: MCC, switchgear y otros siendo representado por el 45%, 51% y 4% respectivamente.
2. El determinar los niveles de riesgo en el escenario actual nos da el panorama completo de la situación, ya que se necesita partir de esos resultados para poder determinar cómo se va comportando las variables de acuerdo al estudio de arco eléctrico. Con dicho resultados podemos hacer una evaluación de los centros de control de motores y priorizar los que se encuentren en un estado que determinemos de criticidad, también nos ayuda a tomar medidas correctivas con soluciones alternativas de casos específicos que resulten del estudio, nos permite también tener una estadística para determinar un escenario propuesto el cual va a ser parte de los resultados, en nuestro caso se obtuvieron los siguientes resultados. Nivel 0, nivel 1, nivel 2 , nivel 3, nivel 4, nivel mayor a 4, representados por el 0%, 11%, 19%, 55%, 3%, y 12% respectivamente

3. Las características técnicas de los EPP son muy importantes para determinar el tipo de protección que se requiere para realizar cierta maniobra, se concluye que utilizando los EPPs adecuados se atenúa o desaparece las consecuencias que se produciría en el cuerpo humano durante un accidente por arco eléctrico. Se concluye que para poder acceder a realizar operaciones o maniobras en tableros eléctricos de las subestaciones existentes competentes al análisis desarrollado, se deberá de estar vestidos con lo siguiente:

- SGM: **EPPs de categoría 4 (40 cal/cm<sup>2</sup>)**
- MCM, SGL y MCL: **EPPs de categoría 3 (20 cal/cm<sup>2</sup>)**

4. Para poder disminuir el nivel de riesgo respecto al arc flash se puede hacer mediante:

- Disminución de la tensión de la instalación.
- Disminución de la corriente del arco eléctrico.
- Disminución de la duración del arco eléctrico.
- Aumentar la distancia al arco eléctrico.

Se concluye que para el caso de la Unidad Minera las Bambas la mejor opción y de mayor performance sería optar por **“Disminuir la duración del arco eléctrico por medio de los ajustes de protección, manteniendo la selectividad adecuada y utilizando relés de arco eléctrico”**. Con ello hemos obtenido los siguientes resultados en cuanto a nivel de riesgo. Nivel 0, nivel 1, nivel 2, nivel 3, nivel 4, siendo representado por el 1%, 9%, 26%, 57%, y 7% respectivamente, estando todos dentro de los límites permitidos por la norma.

5. Se concluye que los niveles de energía incidente y niveles de riesgo no son perennes en el tiempo si no que pueden variar por diversos factores por ello es importante realizar el análisis de Arc Flash en periodos de tiempo no mayor a 4 años con el fin de evaluar el impacto a tener por: cambio de topología del sistema eléctrico y evolución del nivel de potencia de cortocircuito en el punto de interconexión al SEIN todo esto deberá ser evaluado según el plan de expansión futura bajo los escenarios de mayor criticidad.
6. Se concluye del análisis de Arc Flash, se tendrá una estimación correcta de la energía incidente y los límites de protección a los que se debe de trabajar, así como determinar la categoría y tipo de equipo de protección personal que se debe emplear de acuerdo al nivel de energía incidente y no sobre dimensionar el equipo de protección, ya que podría causar incomodidad al personal de operaciones propiciado posibles accidentes que causarían la iniciación del arco eléctrico.
7. Se concluye que tan solo por tener un buen equipamiento eléctrico quizá por la tecnología de fabricación o simplemente se encuentre nuevo. Esto no significa que no existirá falla eléctrica: **las posibles causas de falla interna pueden generarse bajo mal diseño, inadecuada instalación al momento de la construcción, operación indebida, mantenimiento insuficiente, polución excesiva, etc.**
8. El Análisis de Riesgo implica dos tipos de análisis: Análisis de Riesgo por Shock y Análisis de Riesgo por Llamada ante falla intempestiva. El primero involucra los Límites de Acercamiento, que dependen exclusivamente del nivel de tensión, y que deben cumplirse en todo momento que el circuito esté energizado. El



segundo se refiere al riesgo a que se somete al trabajador ante una eventual falla y la protección que este debiera tener en este caso.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la capacitación permanente a todo personal que tenga que trabajar con o cerca de circuitos energizados, charlas de seguridad que involucren los conceptos de riesgo por shock y riesgo por llamarada.
2. Se recomienda al departamento de seguridad, tener como premisa los conceptos que menciona la norma NFPA 70E en los anexos “E hasta O” ante cualquier eventualidad por el manejo de la energía eléctrica.
3. Se recomienda implementar en todas las subestaciones, cuartos eléctricos y tableros, carteles y/o cartillas de forma gráfica y explícita donde describan, los niveles de riesgo existente, límites de acercamiento, límite de protección contra llamarada, nivel de energía incidente, categoría de riesgo y equipo de protección personal a usar, toda esta información se detalla en los **Anexos**.
4. Se recomienda la implementación de lo observado de las instalaciones eléctricas actuales:
  - Modificar los valores actuales de protección de los interruptores principales de baja tensión en base al informe.
  - Para reducir las calorías en 33 kV se planteó la solución de la implementación del relé de arco, los cuales se buscó en el mercado y optó evaluar el “VAMP 321 de SCHNEIDER ELÉCTRIC”, por su rapidez de actuación y versatilidad de aplicaciones.
5. Se recomienda realizar el análisis de Arc Flash en periodos de tiempo no mayor a 4 años con el fin de evaluar el impacto a tener por: cambio de topología del sistema

eléctrico y evolución del nivel de potencia de cortocircuito en el punto de interconexión al SEIN todo esto deberá ser evaluado según el plan de expansión futura bajo los escenarios de mayor criticidad.

6. A continuación se presenta una lista de tareas recomendadas para complementar los resultados de este estudio que deben realizarse:

- Realizar la impresión de etiquetas indicando el nivel de riesgo y el EPP adecuado; las etiquetas deberán ser en español y de tamaño suficiente para que puedan ser leídas sin someterse a la condición de riesgo (Consulte los estándares ANSI ANSIZ535.1 y ANSI-Z535.4 para su correcta definición).
- Actualizar las recomendaciones de las protecciones y actualizar el estudio de coordinación de protecciones:
- Adquirir herramientas aisladas que disminuyan el riesgo de ocasionar una falla eléctrica.
- Implementar un procedimiento de trabajo describiendo las condiciones de riesgo y la filosofía de protección.
- Capacitar al personal acerca de las condiciones de riesgo de flameo por arco eléctrico.
- Establecer políticas de limpieza, inspección y mantenimiento a equipos de protección personal.
- Implementar políticas para llevar a cabo la planeación de labores antes de realizar el trabajo en cualquier equipo eléctrico (consulte NFPA 70E).
- Establecer comités de seguridad para supervisar la correcta aplicación de los procedimientos de seguridad.

7. Cabe mencionar y recalcar que el origen de las fallas por arco eléctrico interno puede ocurrir por distintos factores que deberían tener prioridad al momento del

diseño, puesta en servicio y mantenimiento de las celdas eléctricas en media tensión, por lo cual se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos de mayor probabilidad de falla, posibles causas y posibles medidas de prevención en base a la normativa vigente y deberían de plasmarlo.

8. Se recomienda colocar restricciones (procedimientos adecuados de trabajos) por el tema de operación ó mantenimiento en cuadros eléctricos que se encuentren frente a frente y no se pueda delimitar las fronteras de proximidad, el área de seguridad eléctrica deberá de elaborar esto basándose en los anexos de la NFPA 70E.
  
9. En caso de que se produzca un accidente eléctrico se actuará siguiendo las pautas generales de actuación a cualquier accidente:
  - **PROTEGER:** poner los medios necesarios para que tanto el accidentado como el socorrista estén fuera de todo peligro.
  - **AVISAR:** alertar a los servicios sanitarios de la existencia y detalles del accidente
  - **SOCORRER:** proporcionar los primeros auxilios hasta que el accidentado reciba asistencia médica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) *Compendio Ilustrativo de Accidentes en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería – 2018* [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Ilustrativo-Accidentes-Mineria-2018.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Ilustrativo-Accidentes-Mineria-2018.pdf)
- [2] DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD, MINEM. *Código nacional de electricidad – Utilización 2006*. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 de Setiembre de 2020] Disponible en: <http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/CNE.PDF>
- [3] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 70E-2018. *Normas para la Seguridad Eléctrica en zonas de trabajo, Edición 2018*. [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de Setiembre de 2020] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/388963832/Nfpa70e-Ed2018-Espanol>
- [4] ASATO KOBASIGAWA A. Estudio técnico para determinar prendas de protección personal que contribuye a reducir los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico [en línea]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú 2017 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6857/Asato\\_ka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6857/Asato_ka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [5] LOAYZA MORALES P. *Marco comparativo entre la norma IEEE 1584 y la norma NFPA 70E* [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, Colombia 2017 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/71505/1/1053812049.2018.pdf>
- [6] AGUDELO OSORIO C. *Mitigación del riesgo de arco eléctrico mediante protecciones adaptables en sistemas eléctricos industriales* [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, Colombia 2017 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/64671/1/71781793.2018.pdf>

[7] PEREZ GARCIA E. *Protección personal eficaz frente a los efectos térmicos de un arco eléctrico en baja tensión* [en línea]. Universidad de Oviedo, España 2017 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/43781/3/TFM\\_Elena%20P%c3%a9rez%20Garc%c3%ada.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/43781/3/TFM_Elena%20P%c3%a9rez%20Garc%c3%ada.pdf)

[8] CONDORI A. *Análisis del riesgo por arco eléctrico según normas IEEE 1584 y NFPA 70E* [en línea]. Cybertesis, Perú 2014 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_a70deb0fe48cf313dc30afc90af4eadb](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_a70deb0fe48cf313dc30afc90af4eadb)

[9] RIVERA, J, & VALLEJO, C, (2013) *Estudios de cálculo de arco eléctrico en sistemas industriales y propuestas para reducir el riesgo – desarrollo de aplicativos computacionales*. [En línea]. Universidad Pontificia Bolivariana, Bolivia 2013 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/1404>

[10] BAUTISTA, V. & ZARATE, E. *Estudio de riesgo por arco eléctrico para una red industrial apegado a la normatividad aplicable para seleccionar el equipo de protección personal adecuado y minimizar riesgos por descarga y arco eléctrico*. [En línea]. Instituto politécnico nacional, México 2012 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/4331396-Tesis-que-para-obtener-el-titulo-de-ingeniero-electricista.html>

[11] SOTO, R, & TELLO, V. *Impacto de la implementación de relés VAMP321 de arco eléctrico en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur*. [En línea]. Universidad Nacional del Callao, Perú 2017 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3533>

[12] RODRIGUEZ SUESCA, E. J. *Estudio de arco eléctrico en la subestación Donato (Tunja) para la empresa de energía de Boyaca EBSA S.A.E.S.P.* [en línea]. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia 2018 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2636>

[13] PURIZACA CHICOMA, J. F. *Diseño de laboratorio para pruebas de aislamiento eléctrico a equipos de protección personal para garantizar los trabajos según norma ISO/IEC 17025:2006 - Chiclayo* [en línea]. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo 2018 [Fecha de consulta: 04 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35915>

[14] SIU YUPANQUI, A. *Determinación y evaluación del arco eléctrico (arc flash) para la implementación de procedimientos y seguridad del personal que labora en el área eléctrica de una Planta Concentradora de Cobre*. [En línea]. Universidad nacional de San Agustín, Perú 2018 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6999>

[15] CHIRINOS APARICIO, A. W. *Realización de estudio de operatividad del sistema eléctrico del proyecto de reubicación de facilidades sur fase i, flujo de potencia, cortocircuito y coordinación del aislamiento para una Minera* [en línea]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa 2018 [Fecha de consulta: 04 de Octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6514>

[16] BAUTISTA HIDALGO, V. H. *Estudio de riesgo por arco eléctrico para una red industrial apegado a la normatividad aplicable para seleccionar el equipo de protección personal adecuado y minimizar riesgos por descarga y arco eléctrico* [en línea]. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, unidad Zacatenco, México 2018. – [Fecha de consulta: 16 de Setiembre de 2020] Disponible en: <https://1library.co/document/ozlr8jjoz-electrico-industrial-normatividad-aplicable-seleccionar-proteccion-minimizar-electrico.html>

[17] ABB. *Voltium, el arco eléctrico* [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de Setiembre de 2020] Disponible en: [https://library.e.abb.com/public/85b33f70c0b79c70c125791a003b232b/1TXA007105G070\\_1\\_CT7.pdf](https://library.e.abb.com/public/85b33f70c0b79c70c125791a003b232b/1TXA007105G070_1_CT7.pdf)

[18] CRUSHTYMK. *¿Qué es la energía incidente causada por el arco eléctrico?* [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de Octubre de 2020]. Disponible en: <https://crushtymks.com/es/electrical-lectures/74-what-is-incident-energy-caused-by-arc-flash.html#>

[19] IEEE 1584-2002. *Guía IEEE para realizar cálculos de peligro de arco eléctrico*. [en línea]. [Fecha de consulta: 09 de Setiembre de 2020] Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1043929>

[20] ARGOTE, J. I. *Riesgo térmico producido por arco eléctrico* [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de Setiembre de 2020] Disponible en: <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/221192-Riesgo-termico-producido-por-arco-electrico.html>

[21] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 70E-2015. *Normas para la Seguridad Eléctrica en zonas de trabajo, Edición 2015*. [en línea]. [Fecha de consulta: 12 de Setiembre de 2020] Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/388963832/Nfpa70e-Ed2015-Espanol>

[22] RADTHINK. *Arc Flash, definición de categorías de riesgo y EPP Requerido* [en línea].

[Fecha de consulta: 16 de Setiembre de 2020]. Disponible en: <https://radthink.com.mx/arc-flash-definicion-de-categorias-de-riesgo-y-epp-requerido/>

[23] ETAP. *Arco eléctrico* [en línea]. [Fecha de consulta: 16 de Setiembre de 2020].

Disponible en: <https://www.etapesp.es/arco-electrico>

[24] ETAP. *Analizador Resultados de Arco Eléctrico* [en línea]. [Fecha de consulta: 16 de

Setiembre de 2020]. Disponible en: <https://etap.com/es/arc-flash/arc-flash-result-analyzer>

[25] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) *Compendio Ilustrativo de Accidentes en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería – 2017* [Fecha de consulta: 12 de Noviembre de 2020]. Disponible en:

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Ilustrativo-Accidentes-Mineria-2017.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Ilustrativo-Accidentes-Mineria-2017.pdf)



## ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>General</b></p> <p>¿De qué manera se puede reducir el riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>¿Cuáles son las características de los centros de control de motores a considerar para el estudio de arco eléctrico de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?</p> <p>¿Cuál es el nivel de riesgo por energía calorífica incidente en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?</p> <p>¿Cuáles son las características de los EPP's que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?</p> <p>¿Cuáles son las características de coordinación tiempo – corriente en los relés de protección que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Proponer procedimientos para disminuir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>Determinar las características de los centros de control de motores a considerar para el estudio de arco eléctrico de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.</p> <p>Determinar el nivel de riesgo por energía calorífica incidente en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.</p> <p>Seleccionar los EPP's que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.</p> <p>Optimizar la coordinación tiempo – corriente en los relés de protección que permita reducir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.</p>	<p><b>General</b></p> <p>La propuesta de procedimientos permitirá disminuir el nivel de riesgo por arco eléctrico en los centros de control de motores de una planta concentradora de 140 000 TN/DÍA ubicado a 4200 m.s.n.m. 2020.</p>	<p><b>Variable 1</b></p> <p>Arco Eléctrico</p> <p><b>Definición</b></p> <p>Descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmosfera gaseosa.</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p>Energía Incidente Efectos del Arco Eléctrico Límites de Aproximación Categorías de Riesgo</p>	<p><b>Tipo:</b> Aplicado</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo Propositivo</p> <p><b>Diseño:</b> No Experimental Transversal</p> <p><b>Población:</b> 160</p> <p><b>Muestra:</b> 160</p> <p><b>Tipo Muestra:</b> No Probabilístico</p> <p><b>Técnica:</b> Observación</p> <p><b>Instrumento:</b> Ficha de Observación</p> <p><b>Fuente:</b> Propio Investigador</p> <p><b>E. Descrip.:</b> Tablas, Gráficos, Estadísticos</p> <p><b>E. Inferen.:</b> Comparación de Medias</p>

## Instrumentos de recolección de datos

### Ficha de Observación

<b>Nombres:</b> Alexander Junior
<b>Apellidos:</b> Huaynate Sanchez
<b>Supervisor:</b> Wilman Tuero Cabrera
<b>Fecha:</b> 10 de Febrero del 2020

ITEM	SALA ELECTRICA	TAG DE EQUIPO	DESCRIPCION	POTENCIA (KW)	POTENCIA (KVA)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE POTENCIA (%)	EFICIENCIA (%)	VELOCIDAD (RPM)
1	0551-ERR-0001	0551-PPV-0072-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Barcazas	671	777	4000	112.2	92.33	93.52	1789
2	0551-ERR-0001	0551-PPV-0073-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Barcazas	671	777	4000	112.2	92.33	93.52	1789
3	0551-ERR-0001	0551-PPV-0074-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Barcazas	671	777	4000	112.2	92.33	93.52	1789
4	0551-ERR-0001	0551-PPV-0075-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Barcazas	671	777	4000	112.2	92.33	93.52	1789
5	0552-ERR-0001	0552-PPC-0137-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°1	820	948	4000	139.1	92.41	93.63	1772
6	0552-ERR-0001	0552-PPC-0138-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°1	820	948	4000	139.1	92.41	93.63	1772
7	0552-ERR-0001	0552-PPC-0139-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°1	820	948	4000	139.1	92.41	93.63	1772
8	0552-ERR-0001	0552-PPC-0140-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°1	820	948	4000	139.1	92.41	93.63	1772
9	0552-ERR-0002	0552-PPC-0141-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación Intermedia	820	948	4000	136.8	92.41	93.63	1799
10	0552-ERR-0002	0552-PPC-0142-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación Intermedia	820	948	4000	136.8	92.41	93.63	1799
11	0552-ERR-0002	0552-PPC-0143-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación Intermedia	820	948	4000	136.8	92.41	93.63	1799
12	0552-ERR-0002	0552-PPC-0144-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación Intermedia	820	948	4000	136.8	92.41	93.63	1799
13	0552-ERR-0003	0552-PPC-0145-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°2	820	964	4000	139.1	88.32	96.36	1772
14	0552-ERR-0003	0552-PPC-0146-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°2	820	964	4000	139.1	88.32	96.36	1772

15	0552-ERR-0003	0552-PPC-0147-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°2	820	964	4000	139.1	88.32	96.36	1772
16	0552-ERR-0003	0552-PPC-0148-M1	Bomba de Recuperación de Agua de Proceso - Estación N°2	820	964	4000	139.1	88.32	96.36	1772
17	2132-ERR-0001	2132-PPV-0034-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°1	710	822	4000	118.6	92.35	93.55	1785
18	2132-ERR-0001	2132-PPV-0035-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°1	710	822	4000	118.6	92.35	93.55	1785
19	2132-ERR-0001	2132-PPV-0036-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°1	710	822	4000	118.6	92.35	93.55	1785
20	2132-ERR-0001	2132-PPV-0037-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°1	710	822	4000	118.6	92.35	93.55	1785
21	2132-ERR-0002	2132-PPC-0113-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación Intermedia	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
22	2132-ERR-0002	2132-PPC-0114-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación Intermedia	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
23	2132-ERR-0002	2132-PPC-0115-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación Intermedia	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
24	2132-ERR-0002	2132-PPC-0116-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación Intermedia	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
25	2132-ERR-0003	2132-PPC-0118-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°2	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
26	2132-ERR-0003	2132-PPC-0119-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°2	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
27	2132-ERR-0003	2132-PPC-0120-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°2	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
28	2132-ERR-0003	2132-PPC-0121-M1	Bomba de Recuperación de Agua Fresca - Estación N°2	1007	1161	4000	167.6	92.49	93.74	1789
29	2134-ERR-0001	2134-PPV-0052-M1	Bomba de Agua - Poza de Sedimentación	671	788	4000	113.8	88.32	96.36	1772
30	2134-ERR-0001	2134-PPV-0053-M1	Bomba de Agua - Poza de Sedimentación	671	788	4000	113.8	88.32	96.36	1772
31	2134-ERR-0001	2134-PPV-0054-M1	Bomba de Agua - Poza de Sedimentación	671	788	4000	113.8	88.32	96.36	1772
32	2134-ERR-0001	2134-PPV-0055-M1	Bomba de Agua - Poza de Sedimentación	671	788	4000	113.8	88.32	96.36	1772
33										
34										
35										

## Ficha de Observación

<b>Nombres:</b> Anderson Adalid
<b>Apellidos:</b> Nova Díaz
<b>Supervisor:</b> Juan Aquino Sanchez
<b>Fecha:</b> 17 de Febrero del 2020

ITEM	SALA ELECTRICA	TAG DE EQUIPO	DESCRIPCION	POTENCIA (MVA)	PRIMARIO		SECUNDARIO		TEMP. AMBIENTE	CLASE	RISE TEMP.
					VOLTAJE (KV)	CORRIENTE (A)	VOLTAJE (KV)	CORRIENTE (A)			
1	0551-ERR-0001	0551-XFP-0001	Transformador de Potencia 33 kV / 4.16 kV	5	33	87.48	4.16	693.9	30	OA	65
2	0551-ERR-0001	0551-XFP-0002	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	0.5	4.16	69.39	0.48	601.4	30	OA	65
3	0552-ERR-0001	0552-XFP-0002	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	0.5	4.16	69.39	0.48	601.4	30	OA	65
4	0552-ERR-0002	0552-XFP-0001	Transformador de Potencia 33 kV / 4.16 kV	10	33	175	4.16	1388	30	OA	65
5	0552-ERR-0002	0552-XFP-0004	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	0.5	4.16	69.39	0.48	601.4	30	OA	65
6	0552-ERR-0003	0552-XFP-0003	Transformador de Potencia 33 kV / 4.16 kV	5	33	87.48	4.16	693.9	30	OA	65
7	0552-ERR-0003	0552-XFP-0005	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	0.5	4.16	69.39	0.48	601.4	30	OA	65
8	2132-ERR-0001	0551-XFP-0001	Transformador de Potencia 33 kV / 4.16 kV	8	33	140	4.16	1110	30	OA	65
9	2132-ERR-0001	0551-XFP-0002	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	1	4.16	138.8	0.48	1203	30	OA	65
10	2132-ERR-0002	0551-XFP-0003	Transformador de Potencia 33 kV / 4.16 kV	8	33	140	4.16	1110	30	OA	65
11	2132-ERR-0002	0551-XFP-0004	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	1	4.16	138.8	0.48	1203	30	OA	65
12	2132-ERR-0003	0551-XFP-0005	Transformador de Potencia 33 kV / 4.16 kV	8	33	140	4.16	1110	30	OA	65
13	2132-ERR-0003	0551-XFP-0006	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	1	4.16	138.8	0.48	1203	30	OA	65
14	2134-ERR-0001	0552-XFP-0001	Transformador de Potencia 33 kV / 4.16 kV	5	33	87.48	4.16	693.9	30	OA	65
15	2134-ERR-0001	0552-XFP-0002	Transformador de Potencia 4.16 kV / 0.48 kV	0.5	4.16	69.39	0.48	601.4	30	OA	65
16											
17											
18											

## Características de los centros de control de motores

TAG	VOLTAJE NOM. KV	TIPO DE EQUIPO	GAP	FACTOR X	TIPO DE PUESTA A TIERRA BASADO EN IEEE 1584
0310-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0310-MCM-0002	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0310-SGL-0004-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0310-SGL-0004-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0330-MCM-0002	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0330-MCM-0003	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0330-MCL-0001	0.48	Other	13.0	2	Grounded
0330-MCL-0002	0.48	Other	13.0	2	Grounded
0330-MCL-0003	0.48	Other	13.0	2	Grounded
0420-SGL-0002	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0552-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0552-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0552-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0921-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
2132-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
2132-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
2132-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
2134-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0210-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0220-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0220-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0240-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0240-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0240-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0240-MCL-0004	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0240-MCL-0005	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MCL-0004	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MCL-0011	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MCL-0015	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLB-0001-MCL1	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLB-0002-MCL1	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0320-MCM-0001-1	4.16	MCC	102.0	0.973	Ungrounded
0320-MCM-0001-2	4.16	MCC	102.0	0.973	Ungrounded
0330-MCL-0011	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0340-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0340-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0340-MCL-0003	0.48	Other	13.0	2	Grounded
0392-MCL-0001	0.48	Other	13.0	2	Grounded
0393-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0420-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0510-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0551-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0552-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded

0921-SGM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
2132-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
2132-MCM-0003	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
2134-MCM-0001	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0210-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0210-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0210-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0210-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0210-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0210-MCL-0004	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0210-MCL-0005	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0220-SGL-0001	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0220-SGL-0002	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0240-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0240-SGL-0001-02	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0310-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0310-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
310-SGL-0002-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
310-SGL-0002-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0310-SGL-0003-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0310-SGL-0003-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0310-SGM-0002-1	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0310-SGM-0002-2	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0310-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MCL-0009	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MCL-0010	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLB-0001-MCL2	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLB-0002-MCL2	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLS-0001-MCL2	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLS-0002-MCL1	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLS-0001-MCL1	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0310-MLS-0002-MCL2	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0320-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0320-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0320-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0320-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0320-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0320-MCL-0004	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0320-MCL-0005	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCM-0004	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0330-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGL-0002-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGL-0002-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGL-0003-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGL-0003-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGL-0004-01	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGL-0004-02	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0330-SGM-0002-1	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded

0330-MCL-004	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0006	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0007	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0008	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0009	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0010	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0012	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0013	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-MCL-0014	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0340-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0340-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0370-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0370-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0370-SGL-0002-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0370-SGL-0002-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0370-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0370-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0370-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0370-MCL-0004	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0391-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0391-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0391-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0391-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0420-SGL-0001_01	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0420-SGL-0001_02	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0420-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0420-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0420-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0420-MCL-0004	0.48	Other	13.0	2	Grounded
0510-MCM-0001	4.16	MCC	102.0	0.973	Ungrounded
0510-SGL-0001	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0510-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0510-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0552-MCM-0002	4.16	MCC	102.0	0.973	Ungrounded
0552-MCM-0003	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0931-SGL-0001-1	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0931-SGL-0001-2	0.48	Switchgear	32.0	1.473	Grounded
0931-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0931-MCL-0002	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
2132-MCM-0002	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
2133-MCL-0001	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0330-SGM-0002-2	4.16	Switchgear	102.0	0.973	Ungrounded
0552-SGM-0002	33	Switchgear		0	Ungrounded
2132-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
2134-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0210-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0220-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0220-SGM-0002	33	Switchgear		0	Ungrounded
0240-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0310-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded

0310-SGM-0003	33	Switchgear		0	Ungrounded
0320-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0330-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0340-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0370-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0391-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0391-MCL-0003	0.48	MCC	25.0	1.641	Grounded
0420-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0510-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0551-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0552-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded
0931-SGM-0001-1	33	Switchgear		0	Ungrounded
2132-SGM-0002	33	Switchgear		0	Ungrounded
2132-SGM-0003	33	Switchgear		0	Ungrounded
2133-SGM-0001	33	Switchgear		0	Ungrounded



## Escenario actual

BUS NAME	VOLTAGE (kV)	TOTAL ARCING (kA)	FAULT CLEARING TIME (seg.)	FLASH PROTECTION BOUNDARY (m)	INCIDENT ENERGY (Cal/cm <sup>2</sup> )	HAZARD/RISK LEVEL	WORKING DISTANCE (cm)
0220-SGM-0002	33	22.30	0.500	12.55	225.33	> Level 4	91.44
0220-SGL-0002	0.48	13.99	0.350	2.68	10.60	Level 3	60.96
0220-MCL-0002	0.48	12.83	0.150	1.28	6.52	Level 2	45.72
0220-SGM-0001	33	8.55	0.300	6.02	51.83	> Level 4	91.44
0220-SGL-0001	0.48	13.65	0.350	2.63	10.33	Level 3	60.96
0220-MCL-0001	0.48	12.56	0.150	1.26	6.37	Level 2	45.72
0210-SGM-0001	33	6.41	0.584	7.28	75.70	> Level 4	91.44
0210-MCM-0001	4.16	10.41	0.465	5.70	7.12	Level 2	91.44
0210-SGL-0001-1	0.48	22.18	0.350	3.75	17.46	Level 3	60.96
0210-MCL-0001	0.48	18.76	0.150	1.65	9.83	Level 3	45.72
0210-MCL-0002	0.48	18.43	0.150	1.63	9.64	Level 3	45.72
0210-SGL-0001-2	0.48	22.18	0.250	2.99	12.47	Level 3	60.96
0210-MCL-0003	0.48	18.81	0.150	1.65	9.86	Level 3	45.72
0210-MCL-0004	0.48	18.69	0.150	1.64	9.80	Level 3	45.72
0210-MCL-0005	0.48	18.65	0.150	1.64	9.77	Level 3	45.72
0310-SGM-0001	33	22.46	0.194	7.85	88.17	> Level 4	91.44
0310-SGL-0001-1	0.48	22.72	0.350	3.82	17.92	Level 3	60.96
0310-MCL-0001	0.48	18.62	0.150	1.64	9.75	Level 3	45.72
0320-MCL-0001	0.48	18.80	0.150	1.65	9.85	Level 3	45.72
0310-SGL-0001-2	0.48	22.72	0.250	3.04	12.80	Level 3	60.96
0310-MLS-0001-MCL2	0.48	17.19	0.150	1.55	8.95	Level 3	45.72
0310-MLS-0001-MCL1	0.48	17.19	0.150	1.55	8.95	Level 3	45.72
0310-MCL-0004	0.48	18.38	0.110	1.34	7.05	Level 2	45.72
0310-SGL-0002-1	0.48	21.80	0.350	3.70	17.13	Level 3	60.96
0310-MCL-0003	0.48	17.93	0.150	1.60	9.36	Level 3	45.72
0310-MLS-0002-MCL2	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-SGL-0002-2	0.48	21.80	0.250	2.95	12.24	Level 3	60.96
0310-MLB-0001-MCL2	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-MLS-0002-MCL1	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-MLB-0002-MCL2	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-SGM-0002-1	4.16	14.94	0.381	6.94	8.62	Level 3	91.44
0921-SGM-0001	4.16	14.94	0.210	3.76	4.75	Level 2	91.44
0921-MCL-0001	0.48	8.79	0.110	0.83	3.18	Level 1	45.72
0310-MCM-0001	4.16	12.95	0.200	3.05	3.88	Level 1	91.44
0310-SGM-0002-2	4.16	14.92	0.381	6.93	8.61	Level 3	91.44
0310-MCM-0002	4.16	13.24	0.200	3.13	3.97	Level 1	91.44

0310-SGM-0003	33	22.32	0.110	5.89	46.62	> Level 4	91.44
0310-SGL-0003-1	0.48	22.50	0.350	3.79	17.73	Level 3	60.96
0310-MCL-0009	0.48	18.56	0.150	1.64	9.72	Level 3	45.72
0310-MCL-0010	0.48	18.19	0.150	1.61	9.51	Level 3	45.72
0310-SGL-0003-2	0.48	22.50	0.250	3.02	12.66	Level 3	60.96
0310-MLB-0001-MCL1	0.48	14.99	0.150	1.42	7.71	Level 2	45.72
0310-SGL-0004-1	0.48	23.10	0.070	1.30	3.65	Level 1	60.96
0310-MCL-0011	0.48	18.61	0.070	1.03	4.55	Level 2	45.72
0310-MCL-0015	0.48	19.02	0.070	1.04	4.66	Level 2	45.72
0310-SGL-0004-2	0.48	23.10	0.070	1.30	3.65	Level 2	60.96
0310-MLB-0002-MCL1	0.48	18.98	0.070	1.04	4.65	Level 2	45.72
0330-SGM-0001	33	22.48	0.373	10.88	169.38	> Level 4	91.44
0393-MCM-0001	4.16	8.06	0.469	4.33	5.45	Level 2	91.44
0330-SGL-0001-1	0.48	26.62	0.350	4.29	21.26	Level 3	60.96
0330-MCL-0001	0.48	29.45	0.110	1.48	1.96	Level 1	116.13
0330-MCL-0002	0.48	29.45	0.110	1.48	1.96	Level 1	116.13
0330-SGL-0001-2	0.48	26.62	0.250	3.41	15.18	Level 3	60.96
0330-MCL-0003	0.48	24.88	0.110	1.35	1.63	Level 1	116.13
0330-SGL-0002-1	0.48	24.10	0.350	3.99	19.09	Level 3	60.96
0330-MCL-0006	0.48	19.49	0.150	1.69	10.25	Level 3	45.72
0330-MCL-0011	0.48	15.14	0.150	1.43	7.80	Level 2	45.72
0330-SGL-0002-2	0.48	24.10	0.250	3.17	13.64	Level 3	60.96
0330-MCL-0004	0.48	20.06	0.150	1.72	10.57	Level 3	45.72
0330-MCL-0014	0.48	20.00	0.150	1.72	10.54	Level 3	45.72
0330-MCL-0012	0.48	19.88	0.150	1.71	10.47	Level 3	45.72
0330-SGL-0003-1	0.48	22.67	0.350	3.81	17.87	Level 3	60.96
0330-MCL-0008	0.48	19.08	0.150	1.67	10.01	Level 3	45.72
0330-MCL-0010	0.48	19.05	0.150	1.66	10.00	Level 3	45.72
0330-SGL-0003-2	0.48	22.67	0.250	3.03	12.77	Level 3	60.96
0330-MCL-0007	0.48	18.40	0.150	1.63	9.63	Level 3	45.72
0330-MCL-0009	0.48	19.03	0.150	1.66	9.99	Level 3	45.72
0330-MCL-0013	0.48	19.46	0.150	1.69	10.23	Level 3	45.72
0330-SGL-0004-1	0.48	20.66	0.350	3.56	16.17	Level 3	60.96
0330-SGL-0004-2	0.48	20.66	0.250	2.83	11.55	Level 3	60.96
0330-SGM-0002-1	4.16	27.03	0.521	18.51	22.40	Level 3	91.44
0330-MCM-0001	4.16	26.09	0.076	2.46	3.14	Level 1	91.44
0330-MCM-0002	4.16	26.09	0.076	2.46	3.14	Level 1	91.44
0330-MCM-0003	4.16	26.09	0.076	2.46	3.14	Level 1	91.44
0330-SGM-0002-2	4.16	25.70	0.699	23.66	28.44	Level 4	91.44
0330-MCM-0004	4.16	24.86	0.231	7.32	9.08	Level 3	91.44
0370-SGM-0001	33	19.62	0.483	11.57	191.45	> Level 4	91.44
0370-SGL-0001-1	0.48	24.41	0.350	4.03	19.36	Level 3	60.96
0370-MCL-0001	0.48	22.80	0.150	1.87	12.14	Level 3	45.72

0370-SGL-0001-2	0.48	24.41	0.250	3.20	13.83	Level 3	60.96
0370-MCL-0002	0.48	20.70	0.150	1.76	10.94	Level 3	45.72
0370-SGL-0002-1	0.48	25.26	0.350	4.13	20.09	Level 3	60.96
0370-MCL-0003	0.48	23.43	0.150	1.91	12.50	Level 3	45.72
0370-SGL-0002-2	0.48	25.26	0.250	3.28	14.35	Level 3	60.96
0370-MCL-0004	0.48	23.42	0.150	1.91	12.50	Level 3	45.72
0420-SGM-0001	33	19.17	0.310	9.17	120.15	> Level 4	91.44
0420-SGL-0001-1	0.48	25.55	0.350	4.16	20.34	Level 3	60.96
0420-MCL-0001	0.48	24.05	0.150	1.94	12.86	Level 3	45.72
0420-MCL-0002	0.48	22.61	0.150	1.86	12.03	Level 3	45.72
0420-SGL-0002	0.48	3.81	0.350	1.03	2.60	Level 1	60.96
0420-SGL-0001-2	0.48	25.55	0.250	3.31	14.53	Level 3	60.96
0420-MCL-0003	0.48	24.11	0.150	1.94	12.89	Level 3	45.72
0420-MCL-0004	0.48	27.12	0.110	1.42	11.55	Level 3	45.72
0420-MCM-0001	4.16	11.74	0.387	5.40	6.75	Level 2	91.44
2132-SGM-0001	33	3.16	0.503	4.74	32.18	Level 4	91.44
2132-MCM-0001	4.16	12.28	0.364	5.33	6.67	Level 2	91.44
2132-MCL-0001	0.48	9.56	0.110	0.87	3.48	Level 1	45.72
2132-SGM-0002	33	4.48	0.886	7.49	80.15	> Level 4	91.44
2132-MCM-0002	4.16	16.71	0.520	10.81	13.27	Level 3	91.44
2132-MCL-0002	0.48	9.95	0.110	0.90	3.63	Level 1	45.72
2132-SGM-0003	33	9.07	0.310	6.30	56.83	> Level 4	91.44
2132-MCM-0003	4.16	18.30	0.272	6.14	7.66	Level 2	91.44
2132-MCL-0003	0.48	9.88	0.110	0.89	3.61	Level 1	45.72
0320-SGM-0001	33	22.34	0.672	14.57	303.62	> Level 4	91.44
0320-MCM-0001-1	4.16	8.24	0.482	4.56	5.73	Level 2	91.44
0320-MCM-0001-2	4.16	7.67	0.485	4.24	5.34	Level 2	91.44
0320-SGL-0001-1	0.48	20.00	0.350	3.48	15.60	Level 3	60.96
0320-MCL-0002	0.48	17.40	0.150	1.57	9.06	Level 3	45.72
0320-MCL-0003	0.48	17.40	0.150	1.57	9.07	Level 3	45.72
0320-SGL-0001-2	0.48	20.00	0.350	3.48	15.60	Level 3	60.96
0320-MCL-0004	0.48	17.43	0.150	1.57	9.08	Level 3	45.72
0320-MCL-0005	0.48	16.25	0.150	1.50	8.42	Level 3	45.72
0391-SGM-0001	33	21.49	0.100	5.51	43.44	> Level 4	91.44
0391-SGL-0001-1	0.48	17.84	0.350	3.20	13.79	Level 3	60.96
0391-MCL-0001	0.48	15.92	0.150	1.48	8.24	Level 3	45.72
0391-MCL-0002	0.48	15.70	0.150	1.46	8.11	Level 3	45.72
0391-SGL-0001-2	0.48	17.84	0.250	2.54	9.85	Level 3	60.96
0391-MCL-0003	0.48	1.47	10000	267.62	41750.5	> Level 4	45.72
0392-MCL-0001	0.48	17.55	0.110	1.12	7.22	Level 2	45.72
0240-SGM-0001	33	21.85	0.100	5.56	44.17	> Level 4	91.44
0240-SGL-0001-1	0.48	17.02	0.350	3.09	13.11	Level 3	60.96
0240-MCL-0001	0.48	15.01	0.150	1.42	7.73	Level 2	45.72

0240-MCL-0002	0.48	15.11	0.150	1.43	7.78	Level 2	45.72
0240-SGL-0001-2	0.48	17.02	0.250	2.46	9.37	Level 3	60.96
0240-MCL-0003	0.48	14.79	0.150	1.41	7.61	Level 2	45.72
0240-MCL-0004	0.48	14.70	0.150	1.40	7.55	Level 2	45.72
0240-MCL-0005	0.48	13.51	0.150	1.33	6.90	Level 2	45.72
0931-SGL-0001-1	0.48	16.55	0.350	3.03	12.72	Level 3	60.96
0931-MCL-0001	0.48	17.66	0.350	2.65	21.50	Level 3	45.72
0931-SGL-0001-2	0.48	16.35	0.350	3.00	12.55	Level 3	60.96
0931-MCL-0002	0.48	17.44	0.150	1.57	9.09	Level 3	45.72
0510-SGM-0001	33	22.34	0.298	9.70	134.48	> Level 4	91.44
0510-MCM-0001	4.16	21.97	0.299	8.29	20.12	Level 3	45.72
0510-SGL-0001	0.48	21.48	0.350	3.66	16.86	Level 3	60.96
0510-MCL-0001	0.48	17.85	0.150	1.59	9.32	Level 3	45.72
0510-MCL-0002	0.48	17.85	0.150	1.59	9.32	Level 3	45.72
0510-MCL-0003	0.48	13.76	0.150	1.34	7.03	Level 2	45.72
0340-SGM-0001	33	22.07	0.100	5.59	44.61	> Level 4	91.44
0340-SGL-0001-1	0.48	15.72	0.350	2.91	12.03	Level 3	60.96
0340-MCL-0001	0.48	14.02	0.150	1.36	7.17	Level 2	45.72
0340-MCL-0002	0.48	13.35	0.150	1.32	6.81	Level 2	45.72
0340-SGL-0001-2	0.48	15.72	0.250	2.32	8.59	Level 3	60.96
0340-MCL-0003	0.48	15.79	0.110	1.06	6.44	Level 2	45.72
2133-SGM-0001	33	9.42	0.310	6.42	59.01	> Level 4	91.44
2133-MCL-0001	0.48	9.60	0.682	2.67	21.68	Level 3	45.72
0552-SGM-0002	33	5.79	0.310	5.04	36.30	Level 4	91.44
0552-MCM-0003	4.16	12.03	0.460	6.62	8.23	Level 3	91.44
0552-MCL-0003	0.48	9.02	0.110	0.84	3.27	Level 1	45.72
0551-SGM-0001	33	3.79	0.565	5.50	43.25	> Level 4	91.44
0551-MCM-0001	4.16	10.55	0.474	5.90	7.36	Level 2	91.44
0551-MCL-0001	0.48	8.85	0.400	1.83	11.64	Level 3	45.72
0552-SGM-0001	33	3.81	0.705	6.16	54.21	> Level 4	91.44
0552-MCM-0002	4.16	17.16	0.631	13.59	16.59	Level 3	91.44
0552-MCL-0002	0.48	9.05	0.110	0.84	3.28	Level 1	45.72
0552-MCM-0001	4.16	9.36	0.487	5.31	6.64	Level 2	91.44
0552-MCL-0001	0.48	8.70	0.110	0.82	3.14	Level 1	45.72
2134-SGM-0001	33	3.22	0.442	4.48	28.74	Level 4	91.44
2134-MCM-0001	4.16	7.10	0.589	4.75	5.97	Level 2	91.44
2134-MCL-0001	0.48	8.27	0.110	0.79	2.97	Level 1	45.72

## Escenario propuesto

BUS NAME	VOLTAJE (kV)	TOTAL ARCING (kA)	FAULT CLEARING TIME (seg.)	FLASH PROTECTION BOUNDARY (m)	INCIDENT ENERGY (Cal/cm2)	HAZARD/RISK LEVEL	WORKING DISTANCE (cm)
0220-SGM-0002	33	22.30	0.076	4.89	34.26	Level 4	91.44
0220-SGL-0002	0.48	13.99	0.250	2.13	7.57	Level 2	60.96
0220-MCL-0002	0.48	12.83	0.150	1.28	6.52	Level 2	45.72
0220-SGM-0001	33	8.55	0.076	3.03	13.14	Level 3	91.44
0220-SGL-0001	0.48	13.65	0.250	2.09	7.38	Level 2	60.96
0220-MCL-0001	0.48	12.56	0.150	1.26	6.37	Level 2	45.72
0210-SGM-0001	33	6.41	0.076	2.62	9.84	Level 3	91.44
0210-MCM-0001	4.16	10.40	0.465	5.70	7.12	Level 2	91.44
0210-SGL-0001-1	0.48	22.15	0.250	2.98	12.45	Level 3	60.96
0210-MCL-0001	0.48	18.69	0.150	1.64	9.79	Level 3	45.72
0210-MCL-0002	0.48	18.36	0.150	1.62	9.61	Level 3	45.72
0210-SGL-0001-2	0.48	22.15	0.250	2.98	12.45	Level 3	60.96
0210-MCL-0003	0.48	18.73	0.150	1.65	9.81	Level 3	45.72
0210-MCL-0004	0.48	18.62	0.150	1.64	9.75	Level 3	45.72
0210-MCL-0005	0.48	18.57	0.150	1.64	9.73	Level 3	45.72
0310-SGM-0001	33	22.46	0.076	4.91	34.51	Level 4	91.44
0310-SGL-0001-1	0.48	22.67	0.250	3.03	12.76	Level 3	60.96
0310-MCL-0001	0.48	18.53	0.150	1.63	9.70	Level 3	45.72
0320-MCL-0001	0.48	18.71	0.150	1.64	9.80	Level 3	45.72
0310-SGL-0001-2	0.48	22.67	0.250	3.03	12.76	Level 3	60.96
0310-MLS-0001-MCL2	0.48	17.07	0.150	1.55	8.88	Level 3	45.72
0310-MLS-0001-MCL1	0.48	17.07	0.150	1.55	8.88	Level 3	45.72
0310-MCL-0004	0.48	18.29	0.110	1.34	7.02	Level 2	45.72
0310-SGL-0002-1	0.48	21.80	0.250	2.95	12.24	Level 3	60.96
0310-MCL-0003	0.48	17.93	0.150	1.60	9.36	Level 3	45.72
0310-MLS-0002-MCL2	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-SGL-0002-2	0.48	21.80	0.250	2.95	12.24	Level 3	60.96
0310-MLB-0001-MCL2	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-MLS-0002-MCL1	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-MLB-0002-MCL2	0.48	16.63	0.150	1.52	8.63	Level 3	45.72
0310-SGM-0002-1	4.16	14.94	0.320	5.79	7.24	Level 2	91.44
0921-SGM-0001	4.16	14.94	0.160	2.84	3.62	Level 1	91.44
0921-MCL-0001	0.48	8.79	0.110	0.83	3.18	Level 1	45.72
0310-MCM-0001	4.16	12.95	0.150	2.27	2.91	Level 1	91.44
0310-SGM-0002-2	4.16	14.93	0.320	5.79	7.23	Level 2	91.44
0310-MCM-0002	4.16	13.29	0.150	2.34	2.99	Level 1	91.44
0310-SGM-0003	33	22.31	0.076	4.90	34.28	Level 4	91.44

0310-SGL-0003-1	0.48	22.50	0.250	3.02	12.66	Level 3	60.96
0310-MCL-0009	0.48	18.56	0.150	1.64	9.72	Level 3	45.72
0310-MCL-0010	0.48	18.19	0.150	1.61	9.51	Level 3	45.72
0310-SGL-0003-2	0.48	22.50	0.250	3.02	12.66	Level 3	60.96
0310-MLB-0001-MCL1	0.48	14.99	0.150	1.42	7.71	Level 2	45.72
0310-SGL-0004-1	0.48	23.10	0.250	3.08	13.02	Level 3	60.96
0310-MCL-0011	0.48	18.61	0.150	1.64	9.75	Level 3	45.72
0310-MCL-0015	0.48	19.02	0.110	1.38	7.32	Level 2	45.72
0310-SGL-0004-2	0.48	23.10	0.250	3.08	13.02	Level 3	60.96
0310-MLB-0002-MCL1	0.48	18.98	0.150	1.66	9.96	Level 3	45.72
0330-SGM-0001	33	22.48	0.076	4.92	34.54	Level 4	91.44
0393-MCM-0001	4.16	8.06	0.469	4.33	5.45	Level 2	91.44
0330-SGL-0001-1	0.48	26.62	0.250	3.41	15.18	Level 3	60.96
0330-MCL-0001	0.48	29.45	0.110	1.48	1.96	Level 1	116.13
0330-MCL-0002	0.48	29.45	0.110	1.48	1.96	Level 1	116.13
0330-SGL-0001-2	0.48	26.62	0.250	3.41	15.18	Level 3	60.96
0330-MCL-0003	0.48	24.88	0.110	1.35	1.63	Level 1	116.13
0330-SGL-0002-1	0.48	24.10	0.250	3.17	13.64	Level 3	60.96
0330-MCL-0006	0.48	19.49	0.150	1.69	10.25	Level 3	45.72
0330-MCL-0011	0.48	15.14	0.150	1.43	7.80	Level 2	45.72
0330-SGL-0002-2	0.48	24.10	0.250	3.17	13.64	Level 3	60.96
0330-MCL-0004	0.48	20.06	0.150	1.72	10.57	Level 3	45.72
0330-MCL-0014	0.48	20.00	0.150	1.72	10.54	Level 3	45.72
0330-MCL-0012	0.48	19.88	0.150	1.71	10.47	Level 3	45.72
0330-SGL-0003-1	0.48	22.67	0.250	3.03	12.77	Level 3	60.96
0330-MCL-0008	0.48	19.08	0.150	1.67	10.01	Level 3	45.72
0330-MCL-0010	0.48	19.05	0.150	1.66	10.00	Level 3	45.72
0330-SGL-0003-2	0.48	22.67	0.250	3.03	12.77	Level 3	60.96
0330-MCL-0007	0.48	18.40	0.150	1.63	9.63	Level 3	45.72
0330-MCL-0009	0.48	19.03	0.150	1.66	9.99	Level 3	45.72
0330-MCL-0013	0.48	19.46	0.150	1.69	10.23	Level 3	45.72
0330-SGL-0004-1	0.48	20.66	0.250	2.83	11.55	Level 3	60.96
0330-SGL-0004-2	0.48	20.66	0.250	2.83	11.55	Level 3	60.96
0330-SGM-0002-1	4.16	27.03	0.454	16.05	19.50	Level 3	91.44
0330-MCM-0001	4.16	26.09	0.076	2.46	3.14	Level 1	91.44
0330-MCM-0002	4.16	26.09	0.076	2.46	3.14	Level 1	91.44
0330-MCM-0003	4.16	26.09	0.076	2.46	3.14	Level 1	91.44
0330-SGM-0002-2	4.16	25.70	0.453	15.15	18.44	Level 3	91.44
0330-MCM-0004	4.16	24.86	0.231	7.32	9.08	Level 3	91.44
0370-SGM-0001	33	19.62	0.076	4.59	30.13	Level 4	91.44
0370-SGL-0001-1	0.48	24.41	0.250	3.20	13.83	Level 3	60.96
0370-MCL-0001	0.48	22.80	0.150	1.87	12.14	Level 3	45.72
0370-SGL-0001-2	0.48	24.41	0.250	3.20	13.83	Level 3	60.96

0370-MCL-0002	0.48	20.70	0.150	1.76	10.94	Level 3	45.72
0370-SGL-0002-1	0.48	25.26	0.250	3.28	14.35	Level 3	60.96
0370-MCL-0003	0.48	23.43	0.150	1.91	12.50	Level 3	45.72
0370-SGL-0002-2	0.48	25.26	0.250	3.28	14.35	Level 3	60.96
0370-MCL-0004	0.48	23.42	0.150	1.91	12.50	Level 3	45.72
0420-SGM-0001	33	19.17	0.076	4.54	29.46	Level 4	91.44
0420-SGL-0001-1	0.48	25.55	0.250	3.31	14.53	Level 3	60.96
0420-MCL-0001	0.48	24.05	0.150	1.94	12.86	Level 3	45.72
0420-MCL-0002	0.48	22.61	0.150	1.86	12.03	Level 3	45.72
0420-SGL-0002	0.48	3.81	0.250	0.82	1.86	Level 1	60.96
0420-SGL-0001-2	0.48	25.55	0.250	3.31	14.53	Level 3	60.96
0420-MCL-0003	0.48	24.11	0.150	1.94	12.89	Level 3	45.72
0420-MCL-0004	0.48	27.12	0.110	1.42	11.55	Level 3	45.72
0420-MCM-0001	4.16	11.73	0.388	5.39	6.75	Level 2	91.44
2132-SGM-0001	33	3.16	0.076	1.84	4.86	Level 2	91.44
2132-MCM-0001	4.16	12.28	0.364	5.33	6.67	Level 2	91.44
2132-MCL-0001	0.48	9.56	0.110	0.87	3.48	Level 1	45.72
2132-SGM-0002	33	4.48	0.076	2.19	6.88	Level 2	91.44
2132-MCM-0002	4.16	16.71	0.477	9.90	12.18	Level 3	91.44
2132-MCL-0002	0.48	9.95	0.110	0.90	3.63	Level 1	45.72
2132-SGM-0003	33	9.07	0.076	3.12	13.93	Level 3	91.44
2132-MCM-0003	4.16	18.30	0.272	6.14	7.66	Level 2	91.44
2132-MCL-0003	0.48	9.93	0.110	0.90	3.62	Level 1	45.72
0320-SGM-0001	33	22.34	0.076	4.90	34.31	Level 4	91.44
0320-MCM-0001-1	4.16	8.24	0.482	4.56	5.73	Level 2	91.44
0320-MCM-0001-2	4.16	7.67	0.485	4.24	5.34	Level 2	91.44
0320-SGL-0001-1	0.48	20.00	0.250	2.77	11.15	Level 3	60.96
0320-MCL-0002	0.48	17.40	0.150	1.57	9.06	Level 3	45.72
0320-MCL-0003	0.48	17.40	0.150	1.57	9.07	Level 3	45.72
0320-SGL-0001-2	0.48	20.00	0.250	2.77	11.15	Level 3	60.96
0320-MCL-0004	0.48	17.43	0.150	1.57	9.08	Level 3	45.72
0320-MCL-0005	0.48	16.25	0.150	1.50	8.42	Level 3	45.72
0391-SGM-0001	33	21.49	0.076	4.81	33.02	Level 4	91.44
0391-SGL-0001-1	0.48	17.84	0.350	3.20	13.79	Level 3	60.96
0391-MCL-0001	0.48	15.92	0.150	1.48	8.24	Level 3	45.72
0391-MCL-0002	0.48	15.70	0.150	1.46	8.11	Level 3	45.72
0391-SGL-0001-2	0.48	17.84	0.250	2.54	9.85	Level 3	60.96
0391-MCL-0003	0.48	1.73	0.220	0.43	1.09	Level 0	45.72
0392-MCL-0001	0.48	17.55	0.110	1.12	7.22	Level 2	45.72
0240-SGM-0001	33	21.85	0.076	4.85	33.57	Level 4	91.44
0240-SGL-0001-1	0.48	17.02	0.250	2.46	9.37	Level 3	60.96
0240-MCL-0001	0.48	15.01	0.150	1.42	7.73	Level 2	45.72
0240-MCL-0002	0.48	15.11	0.150	1.43	7.78	Level 2	45.72

0240-SGL-0001-2	0.48	17.02	0.250	2.46	9.37	Level 3	60.96
0240-MCL-0003	0.48	14.79	0.150	1.41	7.61	Level 2	45.72
0240-MCL-0004	0.48	14.70	0.150	1.40	7.55	Level 2	45.72
0240-MCL-0005	0.48	13.51	0.150	1.33	6.90	Level 2	45.72
0931-SGL-0001-1	0.48	16.55	0.250	2.41	9.08	Level 3	60.96
0931-MCL-0001	0.48	17.66	0.110	1.31	6.76	Level 2	45.72
0931-SGL-0001-2	0.48	16.35	0.250	2.39	8.96	Level 3	60.96
0931-MCL-0002	0.48	17.44	0.150	1.57	9.09	Level 3	45.72
0510-SGM-0001	33	22.34	0.076	4.90	34.32	Level 4	91.44
0510-MCM-0001	4.16	21.96	0.349	9.72	23.49	Level 3	45.72
0510-SGL-0001	0.48	21.43	0.250	2.91	12.01	Level 3	60.96
0510-MCL-0001	0.48	17.78	0.150	1.59	9.28	Level 3	45.72
0510-MCL-0002	0.48	17.78	0.150	1.59	9.28	Level 3	45.72
0510-MCL-0003	0.48	13.70	0.150	1.34	7.00	Level 2	45.72
0340-SGM-0001	33	22.07	0.076	4.87	33.91	Level 4	91.44
0340-SGL-0001-1	0.48	15.72	0.250	2.32	8.59	Level 3	60.96
0340-MCL-0001	0.48	14.02	0.150	1.36	7.17	Level 2	45.72
0340-MCL-0002	0.48	13.35	0.150	1.32	6.81	Level 2	45.72
0340-SGL-0001-2	0.48	15.72	0.250	2.32	8.59	Level 3	60.96
0340-MCL-0003	0.48	15.79	0.110	1.06	6.44	Level 2	45.72
2133-SGM-0001	33	9.42	0.076	3.18	14.47	Level 3	91.44
2133-MCL-0001	0.48	9.60	0.220	1.34	6.99	Level 2	45.72
0552-SGM-0002	33	5.79	0.076	2.49	8.90	Level 3	91.44
0552-MCM-0003	4.16	12.03	0.460	6.62	8.23	Level 3	91.44
0552-MCL-0003	0.48	9.02	0.220	1.28	6.54	Level 2	45.72
0551-SGM-0001	33	3.79	0.076	2.02	5.82	Level 2	91.44
0551-MCM-0001	4.16	10.55	0.474	5.90	7.36	Level 2	91.44
0551-MCL-0001	0.48	8.63	0.220	1.25	6.23	Level 2	45.72
0552-SGM-0001	33	3.81	0.076	2.02	5.85	Level 2	91.44
0552-MCM-0002	4.16	17.15	0.631	13.59	16.59	Level 3	91.44
0552-MCL-0002	0.48	9.05	0.220	1.29	6.56	Level 2	45.72
0552-MCM-0001	4.16	9.36	0.487	5.31	6.64	Level 2	91.44
0552-MCL-0001	0.48	8.71	0.220	1.25	6.29	Level 2	45.72
2134-SGM-0001	33	3.22	0.076	1.86	4.94	Level 2	91.44
2134-MCM-0001	4.16	7.10	0.589	4.75	5.96	Level 2	91.44
2134-MCL-0001	0.48	8.29	0.220	1.21	5.96	Level 2	45.72



### Cuadro comparativo escenario propuesto

BUS NAME	VOLT AJE (kV)	INCIDENT ENERGY (Cal/cm <sup>2</sup> )	FAULT CLEARING TIME (seg.)	HAZARD/ RISK LEVEL	INCIDENT ENERGY (Cal/cm <sup>2</sup> )	FAULT CLEARING TIME (seg.)	HAZARD/ RISK LEVEL	RESULTADO NIVEL DE RIESGO	RESULTADO ENERGÍA INCIDENTE
0220-SGM-0002	33	225.33	0.500	> Level 4	34.26	0.076	Level 4	bajó	191.07
0220-SGL-0002	0.48	10.60	0.350	Level 3	7.57	0.250	Level 2	bajó	3.03
0220-MCL-0002	0.48	6.52	0.150	Level 2	6.52	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0220-SGM-0001	33	51.83	0.300	> Level 4	13.14	0.076	Level 3	bajó	38.69
0220-SGL-0001	0.48	10.33	0.350	Level 3	7.38	0.250	Level 2	bajó	2.95
0220-MCL-0001	0.48	6.37	0.150	Level 2	6.37	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0210-SGM-0001	33	75.70	0.584	> Level 4	9.84	0.076	Level 3	bajó	65.86
0210-MCM-0001	4.16	7.12	0.465	Level 2	7.12	0.465	Level 2	mantuvo	0.00
0210-SGL-0001-1	0.48	17.46	0.350	Level 3	12.45	0.250	Level 3	mantuvo	5.01
0210-MCL-0001	0.48	9.83	0.150	Level 3	9.79	0.150	Level 3	mantuvo	0.04
0210-MCL-0002	0.48	9.64	0.150	Level 3	9.61	0.150	Level 3	mantuvo	0.03
0210-SGL-0001-2	0.48	12.47	0.250	Level 3	12.45	0.250	Level 3	mantuvo	0.02
0210-MCL-0003	0.48	9.86	0.150	Level 3	9.81	0.150	Level 3	mantuvo	0.05
0210-MCL-0004	0.48	9.80	0.150	Level 3	9.75	0.150	Level 3	mantuvo	0.05
0210-MCL-0005	0.48	9.77	0.150	Level 3	9.73	0.150	Level 3	mantuvo	0.04
0310-SGM-0001	33	88.17	0.194	> Level 4	34.51	0.076	Level 4	bajó	53.66
0310-SGL-0001-1	0.48	17.92	0.350	Level 3	12.76	0.250	Level 3	mantuvo	5.16
0310-MCL-0001	0.48	9.75	0.150	Level 3	9.70	0.150	Level 3	mantuvo	0.05
0320-MCL-0001	0.48	9.85	0.150	Level 3	9.80	0.150	Level 3	mantuvo	0.05
0310-SGL-0001-2	0.48	12.80	0.250	Level 3	12.76	0.250	Level 3	mantuvo	0.04
0310-MLS-0001-MCL2	0.48	8.95	0.150	Level 3	8.88	0.150	Level 3	mantuvo	0.07
0310-MLS-0001-MCL1	0.48	8.95	0.150	Level 3	8.88	0.150	Level 3	mantuvo	0.07
0310-MCL-0004	0.48	7.05	0.110	Level 2	7.02	0.110	Level 2	mantuvo	0.03
0310-SGL-0002-1	0.48	17.13	0.350	Level 3	12.24	0.250	Level 3	mantuvo	4.89
0310-MCL-0003	0.48	9.36	0.150	Level 3	9.36	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0310-MLS-0002-MCL2	0.48	8.63	0.150	Level 3	8.63	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0310-SGL-0002-2	0.48	12.24	0.250	Level 3	12.24	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0310-MLB-0001-MCL2	0.48	8.63	0.150	Level 3	8.63	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0310-MLS-0002-MCL1	0.48	8.63	0.150	Level 3	8.63	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0310-MLB-0002-MCL2	0.48	8.63	0.150	Level 3	8.63	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0310-SGM-0002-1	4.16	8.62	0.381	Level 3	7.24	0.320	Level 2	bajó	1.38
0921-SGM-0001	4.16	4.75	0.210	Level 2	3.62	0.160	Level 1	bajó	1.13
0921-MCL-0001	0.48	3.18	0.110	Level 1	3.18	0.110	Level 1	mantuvo	0.00
0310-MCM-0001	4.16	3.88	0.200	Level 1	2.91	0.150	Level 1	mantuvo	0.97

0310-SGM-0002-2	4.16	8.61	0.381	Level 3	7.23	0.320	Level 2	bajó	1.38
0310-MCM-0002	4.16	3.97	0.200	Level 1	2.99	0.150	Level 1	mantuvo	0.98
0310-SGM-0003	33	46.62	0.110	> Level 4	34.28	0.076	Level 4	bajó	12.34
0310-SGL-0003-1	0.48	17.73	0.350	Level 3	12.66	0.250	Level 3	mantuvo	5.07
0310-MCL-0009	0.48	9.72	0.150	Level 3	9.72	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0310-MCL-0010	0.48	9.51	0.150	Level 3	9.51	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0310-SGL-0003-2	0.48	12.66	0.250	Level 3	12.66	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0310-MLB-0001-MCL1	0.48	7.71	0.150	Level 2	7.71	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0310-SGL-0004-1	0.48	3.65	0.070	Level 1	13.02	0.250	Level 3	subió	-9.37
0310-MCL-0011	0.48	4.55	0.070	Level 2	9.75	0.150	Level 3	subió	-5.20
0310-MCL-0015	0.48	4.66	0.070	Level 2	7.32	0.110	Level 2	mantuvo	-2.66
0310-SGL-0004-2	0.48	3.65	0.070	Level 2	13.02	0.250	Level 3	subió	-9.37
0310-MLB-0002-MCL1	0.48	4.65	0.070	Level 2	9.96	0.150	Level 3	subió	-5.31
0330-SGM-0001	33	169.38	0.373	> Level 4	34.54	0.076	Level 4	bajó	134.84
0393-MCM-0001	4.16	5.45	0.469	Level 2	5.45	0.469	Level 2	mantuvo	0.00
0330-SGL-0001-1	0.48	21.26	0.350	Level 3	15.18	0.250	Level 3	mantuvo	6.08
0330-MCL-0001	0.48	1.96	0.110	Level 1	1.96	0.110	Level 1	mantuvo	0.00
0330-MCL-0002	0.48	1.96	0.110	Level 1	1.96	0.110	Level 1	mantuvo	0.00
0330-SGL-0001-2	0.48	15.18	0.250	Level 3	15.18	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0003	0.48	1.63	0.110	Level 1	1.63	0.110	Level 1	mantuvo	0.00
0330-SGL-0002-1	0.48	19.09	0.350	Level 3	13.64	0.250	Level 3	mantuvo	5.45
0330-MCL-0006	0.48	10.25	0.150	Level 3	10.25	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0011	0.48	7.80	0.150	Level 2	7.80	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0330-SGL-0002-2	0.48	13.64	0.250	Level 3	13.64	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0004	0.48	10.57	0.150	Level 3	10.57	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0014	0.48	10.54	0.150	Level 3	10.54	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0012	0.48	10.47	0.150	Level 3	10.47	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-SGL-0003-1	0.48	17.87	0.350	Level 3	12.77	0.250	Level 3	mantuvo	5.10
0330-MCL-0008	0.48	10.01	0.150	Level 3	10.01	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0010	0.48	10.00	0.150	Level 3	10.00	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-SGL-0003-2	0.48	12.77	0.250	Level 3	12.77	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0007	0.48	9.63	0.150	Level 3	9.63	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0009	0.48	9.99	0.150	Level 3	9.99	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-MCL-0013	0.48	10.23	0.150	Level 3	10.23	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0330-SGL-0004-1	0.48	16.17	0.350	Level 3	11.55	0.250	Level 3	mantuvo	4.62
0330-SGL-0004-2	0.48	11.55	0.250	Level 3	11.55	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0330-SGM-0002-1	4.16	22.40	0.521	Level 3	19.50	0.454	Level 3	mantuvo	2.90
0330-MCM-0001	4.16	3.14	0.076	Level 1	3.14	0.076	Level 1	mantuvo	0.00
0330-MCM-0002	4.16	3.14	0.076	Level 1	3.14	0.076	Level 1	mantuvo	0.00
0330-MCM-0003	4.16	3.14	0.076	Level 1	3.14	0.076	Level 1	mantuvo	0.00
0330-SGM-0002-2	4.16	28.44	0.699	Level 4	18.44	0.453	Level 3	bajó	10.00
0330-MCM-0004	4.16	9.08	0.231	Level 3	9.08	0.231	Level 3	mantuvo	0.00

0370-SGM-0001	33	191.45	0.483	> Level 4	30.13	0.076	Level 4	bajó	161.32
0370-SGL-0001-1	0.48	19.36	0.350	Level 3	13.83	0.250	Level 3	mantuvo	5.53
0370-MCL-0001	0.48	12.14	0.150	Level 3	12.14	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0370-SGL-0001-2	0.48	13.83	0.250	Level 3	13.83	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0370-MCL-0002	0.48	10.94	0.150	Level 3	10.94	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0370-SGL-0002-1	0.48	20.09	0.350	Level 3	14.35	0.250	Level 3	mantuvo	5.74
0370-MCL-0003	0.48	12.50	0.150	Level 3	12.50	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0370-SGL-0002-2	0.48	14.35	0.250	Level 3	14.35	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0370-MCL-0004	0.48	12.50	0.150	Level 3	12.50	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0420-SGM-0001	33	120.15	0.310	> Level 4	29.46	0.076	Level 4	bajó	90.69
0420-SGL-0001-1	0.48	20.34	0.350	Level 3	14.53	0.250	Level 3	mantuvo	5.81
0420-MCL-0001	0.48	12.86	0.150	Level 3	12.86	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0420-MCL-0002	0.48	12.03	0.150	Level 3	12.03	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0420-SGL-0002	0.48	2.60	0.350	Level 1	1.86	0.250	Level 1	mantuvo	0.74
0420-SGL-0001-2	0.48	14.53	0.250	Level 3	14.53	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0420-MCL-0003	0.48	12.89	0.150	Level 3	12.89	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0420-MCL-0004	0.48	11.55	0.110	Level 3	11.55	0.110	Level 3	mantuvo	0.00
0420-MCM-0001	4.16	6.75	0.387	Level 2	6.75	0.388	Level 2	mantuvo	0.00
2132-SGM-0001	33	32.18	0.503	Level 4	4.86	0.076	Level 2	bajó	27.32
2132-MCM-0001	4.16	6.67	0.364	Level 2	6.67	0.364	Level 2	mantuvo	0.00
2132-MCL-0001	0.48	3.48	0.110	Level 1	3.48	0.110	Level 1	mantuvo	0.00
2132-SGM-0002	33	80.15	0.886	> Level 4	6.88	0.076	Level 2	bajó	73.27
2132-MCM-0002	4.16	13.27	0.520	Level 3	12.18	0.477	Level 3	mantuvo	1.09
2132-MCL-0002	0.48	3.63	0.110	Level 1	3.63	0.110	Level 1	mantuvo	0.00
2132-SGM-0003	33	56.83	0.310	> Level 4	13.93	0.076	Level 3	bajó	42.90
2132-MCM-0003	4.16	7.66	0.272	Level 2	7.66	0.272	Level 2	mantuvo	0.00
2132-MCL-0003	0.48	3.61	0.110	Level 1	3.62	0.110	Level 1	mantuvo	-0.01
0320-SGM-0001	33	303.62	0.672	> Level 4	34.31	0.076	Level 4	bajó	269.31
0320-MCM-0001-1	4.16	5.73	0.482	Level 2	5.73	0.482	Level 2	mantuvo	0.00
0320-MCM-0001-2	4.16	5.34	0.485	Level 2	5.34	0.485	Level 2	mantuvo	0.00
0320-SGL-0001-1	0.48	15.60	0.350	Level 3	11.15	0.250	Level 3	mantuvo	4.45
0320-MCL-0002	0.48	9.06	0.150	Level 3	9.06	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0320-MCL-0003	0.48	9.07	0.150	Level 3	9.07	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0320-SGL-0001-2	0.48	15.60	0.350	Level 3	11.15	0.250	Level 3	mantuvo	4.45
0320-MCL-0004	0.48	9.08	0.150	Level 3	9.08	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0320-MCL-0005	0.48	8.42	0.150	Level 3	8.42	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0391-SGM-0001	33	43.44	0.100	> Level 4	33.02	0.076	Level 4	bajó	10.42
0391-SGL-0001-1	0.48	13.79	0.350	Level 3	13.79	0.350	Level 3	mantuvo	0.00
0391-MCL-0001	0.48	8.24	0.150	Level 3	8.24	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0391-MCL-0002	0.48	8.11	0.150	Level 3	8.11	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0391-SGL-0001-2	0.48	9.85	0.250	Level 3	9.85	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0391-MCL-0003	0.48	41750.54	10000.000	> Level 4	1.09	0.220	Level 0	bajó	41749.45

0392-MCL-0001	0.48	7.22	0.110	Level 2	7.22	0.110	Level 2	mantuvo	0.00
0240-SGM-0001	33	44.17	0.100	> Level 4	33.57	0.076	Level 4	bajó	10.60
0240-SGL-0001-1	0.48	13.11	0.350	Level 3	9.37	0.250	Level 3	mantuvo	3.74
0240-MCL-0001	0.48	7.73	0.150	Level 2	7.73	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0240-MCL-0002	0.48	7.78	0.150	Level 2	7.78	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0240-SGL-0001-2	0.48	9.37	0.250	Level 3	9.37	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0240-MCL-0003	0.48	7.61	0.150	Level 2	7.61	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0240-MCL-0004	0.48	7.55	0.150	Level 2	7.55	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0240-MCL-0005	0.48	6.90	0.150	Level 2	6.90	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0931-SGL-0001-1	0.48	12.72	0.350	Level 3	9.08	0.250	Level 3	mantuvo	3.64
0931-MCL-0001	0.48	21.50	0.350	Level 3	6.76	0.110	Level 2	bajó	14.74
0931-SGL-0001-2	0.48	12.55	0.350	Level 3	8.96	0.250	Level 3	mantuvo	3.59
0931-MCL-0002	0.48	9.09	0.150	Level 3	9.09	0.150	Level 3	mantuvo	0.00
0510-SGM-0001	33	134.48	0.298	> Level 4	34.32	0.076	Level 4	bajó	100.16
0510-MCM-0001	4.16	20.12	0.299	Level 3	23.49	0.349	Level 3	mantuvo	-3.37
0510-SGL-0001	0.48	16.86	0.350	Level 3	12.01	0.250	Level 3	mantuvo	4.85
0510-MCL-0001	0.48	9.32	0.150	Level 3	9.28	0.150	Level 3	mantuvo	0.04
0510-MCL-0002	0.48	9.32	0.150	Level 3	9.28	0.150	Level 3	mantuvo	0.04
0510-MCL-0003	0.48	7.03	0.150	Level 2	7.00	0.150	Level 2	mantuvo	0.03
0340-SGM-0001	33	44.61	0.100	> Level 4	33.91	0.076	Level 4	bajó	10.70
0340-SGL-0001-1	0.48	12.03	0.350	Level 3	8.59	0.250	Level 3	mantuvo	3.44
0340-MCL-0001	0.48	7.17	0.150	Level 2	7.17	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0340-MCL-0002	0.48	6.81	0.150	Level 2	6.81	0.150	Level 2	mantuvo	0.00
0340-SGL-0001-2	0.48	8.59	0.250	Level 3	8.59	0.250	Level 3	mantuvo	0.00
0340-MCL-0003	0.48	6.44	0.110	Level 2	6.44	0.110	Level 2	mantuvo	0.00
2133-SGM-0001	33	59.01	0.310	> Level 4	14.47	0.076	Level 3	bajó	44.54
2133-MCL-0001	0.48	21.68	0.682	Level 3	6.99	0.220	Level 2	bajó	14.69
0552-SGM-0002	33	36.30	0.310	Level 4	8.90	0.076	Level 3	bajó	27.40
0552-MCM-0003	4.16	8.23	0.460	Level 3	8.23	0.460	Level 3	mantuvo	0.00
0552-MCL-0003	0.48	3.27	0.110	Level 1	6.54	0.220	Level 2	subió	-3.27
0551-SGM-0001	33	43.25	0.565	> Level 4	5.82	0.076	Level 2	bajó	37.43
0551-MCM-0001	4.16	7.36	0.474	Level 2	7.36	0.474	Level 2	mantuvo	0.00
0551-MCL-0001	0.48	11.64	0.400	Level 3	6.23	0.220	Level 2	bajó	5.41
0552-SGM-0001	33	54.21	0.705	> Level 4	5.85	0.076	Level 2	bajó	48.36
0552-MCM-0002	4.16	16.59	0.631	Level 3	16.59	0.631	Level 3	mantuvo	0.00
0552-MCL-0002	0.48	3.28	0.110	Level 1	6.56	0.220	Level 2	subió	-3.28
0552-MCM-0001	4.16	6.64	0.487	Level 2	6.64	0.487	Level 2	mantuvo	0.00
0552-MCL-0001	0.48	3.14	0.110	Level 1	6.29	0.220	Level 2	subió	-3.15
2134-SGM-0001	33	28.74	0.442	Level 4	4.94	0.076	Level 2	bajó	23.80
2134-MCM-0001	4.16	5.97	0.589	Level 2	5.96	0.589	Level 2	mantuvo	0.01
2134-MCL-0001	0.48	2.97	0.110	Level 1	5.96	0.220	Level 2	subió	-2.99

## Evidencia Fotográfica

