Revista Tecnológica ESPOL – RTE, Vol. xx, N. xx, pp-pp, (Mes, 200x), ISSN: 0257-1749.

Aplicación de Métodos de Control para Evitar Contactos Eléctricos Directos e Indirectos en Tableros de Distribución de Baja Tensión

Marcos Elizalde A. [(1)], Joaquín Negrete A. [(2)], Ing. Juan Gallo [(3)]
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) [(1) (2) (3)]
Escuela Superior Politécnica del Litoral [(1) (2) (3)]
Campus "Gustavo Galindo V.", Km.30.5 Vía Perimetral, Apartado 09-01-5863 Guayaquil, Ecuador [(1) (2) (3)]
detipo31@hotmail.com [(1)], akontrol@gmail.com [(2)], jgallo@espol.edu.ec [(3)]

Resumen

La gran difusión industrial y doméstica de la corriente eléctrica, unida al hecho de que no es perceptible por los sentidos, hacen caer a las personas en una rutina, despreocupación y falta de prevención en su uso. Por otra parte dada su naturaleza y los efectos, muchas veces mortales, que ocasiona su paso por el cuerpo humano, hacen que la corriente eléctrica sea una fuente de accidentes de tal magnitud que no se deben reducir esfuerzos para lograr las máximas previsiones contra los riesgos eléctricos.
El presente trabajo, se enfoca en la evaluación de los riesgos que pueda presentar un tablero de distribución por contactos eléctricos directos e indirectos. Para llevar a acabo la evaluación utilizamos: el método "Que Pasa Si…" para el análisis de los peligros, el método del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT) para el análisis de riesgo, y finalmente realizamos un Análisis Costo/Beneficio para la valoración y la toma de decisiones. La aplicación de normas locales como el NATSIM, y normas internacionales como la de la Comisión Electrotécnica Internacional o el Código Nacional Eléctrico (IEC y NEC por sus siglas en inglés) forman parte fundamental dentro del análisis de los peligros pues la aplicación de las normas da el marco referencial del presente trabajo.
Nuestro objetivo, es generar un formulario que sirva para la evaluación de riesgos en cualquier tablero de distribución de baja tensión, al mismo tiempo y de acuerdo a la norma aplicable a cada caso, el método de control; de manera que se pueda disminuir el nivel de riesgo. Se incluye un ejemplo práctico de aplicación en el tablero de distribución de una industria local (Artes Gráficas Senefelder).

Palabras Claves: *Riesgos eléctricos, contacto directo, contacto indirecto, Que pasa si…, valoración de riesgos tablero de distribución, falla a tierra, corriente de cortocircuito, arco llamarada.*

Abstract

The great industrial and domestic diffusion of the electrical current, joined to the fact that is not perceptible, makes to fall people in the routine, abandon and lack of prevention on its use. In the other hand due its nature and effects, most of the times mortals, that causes in the human body, makes the electrical current a source of accidents on such magnitude, that the efforts to get the maximum previsions against the electrical risks can't be reduced.
The current work, is focuses in the evaluation of the risks that can be present on a switchboard by direct and indirect electrical contacts. In order to make this evaluation we take advantage of the "What If…" method for the hazards analysis, the National Institute of Security and Hygiene at work of Spain method (INSHT by its acronym in Spanish) for the risks analysis, and finally a cost-benefit analysis for the assessment in order to make decisions. The application of local standards like NATSIM, and international standards like of the International Electrotecnic Commission or the National Electric Code (IEC and NEC respectively) are a fundamental part within the analysis of the hazards due the application of standards cause they give us the framework for the current work.
Our objective is to at same time generate a form that can is used in the evaluation of risks on any switchboard, and according to the norm applicable to each case, the control method; so the risk level can be reduced. The document includes a practical sample of the application of the form on a switchboard of a local industry (Artes Gráficas Senefelder).

Keywords: Electrical Risks, direct contact, indirect contact, What if… , risks assessment, switchboard, ground fault, shortcircuit current, arc flash.

1. Introducción

Los tableros de distribución eléctrica se constituyen en el centro neurálgico de cualquier sistema eléctrico, pues son los encargados de distribuir la energía a los distintos equipos que conforman una industria o un local comercial. El manejo, operación o mantenimiento de los tableros y en general de cualquier equipo eléctrico, en condiciones inseguras genera una gran cantidad de riesgos. Las consecuencias debido a estos riesgos son: lesiones e incluso la muerte, así como la destrucción parcial o total del sistema.

En nuestra ciudad, en un esfuerzo por regular las instalaciones y obtener estas condiciones seguras, la empresa eléctrica distribuidora de energía, ha elaborado un código que regula acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición. Este código servirá de base para el inicio de nuestro análisis, pues se enmarca en nuestra realidad. Sin embargo, la propia globalización obliga a buscar normas internacionales más elaboradas que son resultado de estudios y ensayos profundos o de la documentación de incidentes y el correspondiente análisis posterior. Serán estas normas las que tomaremos en cuenta cuando encontramos falencias o poca información en nuestro código.

El cap. 1 trata sobre métodos de valoración de riesgos y el marco referencial de nuestro trabajo. El cap. 2 enfoca los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano y el cap. 3 sobre las distintas fallas por contacto eléctrico.

La selección del método de evaluación de riesgos y aplicación del mismo se realiza en los cap. 4 y 5

En el cap.6 se aplica el formulario de evaluación en Artes Gráficas Senefelder.

2. Definiciones estándares a aplicar en evaluación de riesgos

La evaluación de los riesgos es el proceso dirigido a estimar la magnitud de los riesgos, aquellos que no hayan podido evitarse y aquellos que pudieran ocurrir; obteniendo la información que nos permita decidir apropiadamente sobre la adopción de medidas preventivas y en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

Existen varios métodos que se utilizan para la evaluación de riesgos, se clasifican en tres tipos, cualitativo: usa palabras para describir la magnitud de consecuencias potenciales y la probabilidad de que eso ocurra, cuantitativo: involucra el cálculo de probabilidad y algunas veces consecuencias, usando datos numéricos, semi-cuantitativos: aquellos que, no llegando al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa del riesgo, suponen un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, en el sentido que son métodos que dan como resultado una clasificación relativa del riesgo asociado.

Las normativas y estándares a usar durante el desarrollo de la tesis son relativos a normas de diseño y normas de seguridad para instalaciones eléctricas. También están involucradas las normas de seguridad laboral al momento de realizar trabajos en instalaciones eléctricas, y aquellas que dictan consideraciones generales de seguridad.

3. Identificación de los peligros a las personas

La corriente eléctrica, al circular por el cuerpo humano, produce efectos fisiológicos conocidos como choque eléctrico, que van desde la simple contracción muscular o la destrucción de los tejidos por quemaduras hasta la fibrilación ventricular, como consecuencia de su acción sobre los órganos y sus mecanismos de funcionamiento.

Los efectos que la corriente eléctrica puede producir dependen de varios factores entre ellos la trayectoria, intensidad del contacto, duración del paso de la corriente, pero principalmente de la impedancia corporal, la cual juega un papel fundamental, la impedancia del cuerpo humano está compuesta por tres impedancias, las cuales se pueden clasificar en 2 grupos: la impedancia interna del cuerpo y la impedancia de la piel.

El arco llamarada

El arco llamarada (del inglés Arc Flash) es el resultado de una rápida liberación de energía debido a un falla de arco entre una fase, dos fases, fase y neutro o fase y tierra.

Figura 1.- Explosión de arco llamarada. Tomado de la página web de Electrical Products & Solutions www.epsmag.net

El arco llamarada produce intenso calor, explosiones sonoras y ondas de presión. Se tienen temperaturas extremadamente altas, intenso calor radiante, puede quemar la ropa y causar severas quemaduras en la piel que pueden ser fatales. El arco puede ser iniciado por las siguientes causas: Impurezas y polvo, corrosión, contactos accidentales, caída de herramientas, sobre voltajes a través de espacios estrechos, falla de los materiales aislantes.

El código NFPA 70-E en el artículo 130.3 indica que se debe realizar el análisis de peligro de arco llamarada, el mismo que entregará como resultado la frontera de protección contra el arco y el equipo de protección personal que se deben utilizar dentro de esta frontera. El anexo C del código NFPA 70E presenta el gráfico de limites de aproximación y fronteras el cual se reproduce en el gráfico a continuación.

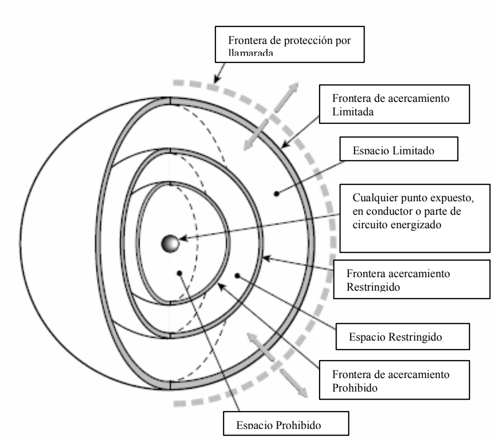

Figura 9.- Espacios y Fronteras, prohibidos, restringidos y de acercamiento. Figura C.1.2.4 tomado del NFPA 70-E Edición 2004.

4. Clases y de contactos eléctricos

Para que se produzca un choque eléctrico en una persona, ésta debe someter dos puntos de su cuerpo a puntos de distinto potencial eléctrico. Este cierre de circuito se puede producir de las siguientes causas:

- Se cortocircuitan dos conductores activos (fase y fase ó fase y neutro).
- Se cortocircuitan conductores activos y tierra.
- El cuerpo queda sometido a la diferencia de potencial existente entre dos masas o elementos conductores sometidos a potenciales distintos.

Existen dos tipos de contactos que se pueden dar en una instalación y estos son los contactos directos y los contactos indirectos.

En cualquiera de los casos es importante definir cual sería la tensión de contacto del individuo afectado, esta intensidad de contacto vendrá determinada por la relación entre la tensión de contacto y la impedancia de cierre del defecto (en este caso la impedancia corporal).

Contactos directos

También conocido como choque eléctrico en servicio normal, se produce cuando el individuo entra en contacto un conductor activo.

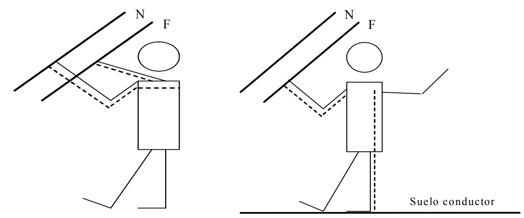

Figura 2.- Ejemplos de contactos directos de una persona.

Contactos indirectos

Los contactos pueden ser indirectos: cuando el mismo tiene lugar a través de una masa conductora accesible que, por un defecto de aislamiento, ha quedado sometida a tensión respecto a tierra o a otras masas.

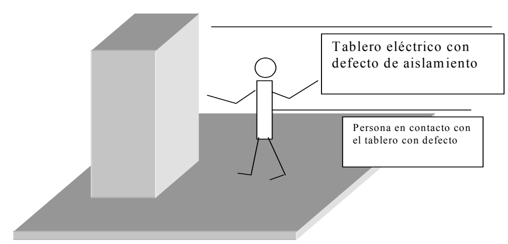

Figura 12.- Ejemplos de contacto eléctrico indirecto.

5. Evaluación de riesgos de contactos eléctricos en tableros industriales de baja tensión

Para realizar la evaluación de riesgos se seleccionó el método Que Pasa Si, para el análisis de los peligros, se seleccionó este método pues nos permite enfocarnos en una parte del sistema electrico de una instalación (tablero de distribución), es un método cualitativo adecuado para nuestro analisis pues no contamos con datos estadísticos sobre tableros de distribución.

Una vez identificados los peligros, debemos analizar el riesgo, para ello usamos la Norma Técnica de Prevención (NTP) número 330 del INSHT, es un método para cuantificar de manera cualitativa el riesgo.

Descripción del método Que Pasa Si…

El procedimiento para desarrollar un análisis "¿Qué pasa si…?" consiste de los siguientes pasos:

1. Definir la actividad del sistema de interés.
2. Recolección de la información necesaria .
3. Subdividir la actividad o sistema para el análisis.
4. Generar las preguntas "¿que pasa si…?" para cada elemento de la actividad o sistema.
5. Responder a las preguntas "¿que pasa si…?"
6. Una subdivisión adicional de los elementos del sistema puede ser necesaria si un análisis mas detallado es deseado.
7. Usar los resultados en la toma de decisiones.

Cabe indicar que el éxito de la aplicación de este método radicará en que el grupo que realice el análisis debe tener experiencia en el tema.

La subdivisión del sistema nos deja tres grupos para el análisis:

1. Entorno del tablero
2. Diseño del tablero
3. Operación del tablero

En base a estos grupos se generarán las preguntas, sin embargo para el grupo de "diseño del tablero existe una subdivisión adicional en los siguientes grupos:

1. Carcasa o envolvente
2. Interruptor principal
3. Barras de distribución y aisladores
4. Conductores y alimentadores.

6. Implementación de métodos de control

Las respuestas a las preguntas generadas, se hará respetando la división del sistema indicada. Las preguntas serán respondidas basándonos en las normas nacionales e internacionales existentes y se sugerirán los métodos de control a utilizar. Las normas usadas como parámetros y referencia para poder llevar a cabo el análisis son la mayoría de las veces específicas para cada caso, es necesario un estudio concienzudo de las mismas para interpretarlas y aplicarlas de manera correcta.

La metodología usada para la implementación de los métodos de control consiste en analizar cada pregunta, la respuesta indica por que se generaría un riesgo en base al peligro identificado, luego y en base a nuestro marco referencial se determina la norma pertinente que nos permita establecer de manera precisa las condiciones mininas necesarias que debe cumplir el tablero bien sea para eliminar el riesgo o para minimizarlo.

El resultado de las respuestas se reflejará en el formulario de evaluación, que se ha elaborado en base a las preguntas y respuestas que se han desarrollado dentro de este capítulo. Este formulario nos permitirá evaluar de manera rápida los tableros que vayan a ser objeto de un análisis de riesgo, sin embargo es necesario indicar que el formulario solo puede ser usado por personal que cuente con experiencia suficiente en instalaciones eléctricas y principalmente en tableros de distribución.

La primera página llevará los datos de la empresa, de las personas que participan en la evaluación, los valores nominales del sistema, corriente de cortocircuito, valores para arco llamarada y resistencia de aislamiento.

Es un requerimiento indispensable que antes de empezar la evaluación se haya reunido toda esta información ya que en esto nos basaremos para poder cuantificar el nivel de consecuencias para cada evento en caso de que se encuentren falencias que pudiesen dar a lugar a un accidente o incidente.

7. Aplicación de formulario de evaluación y control de riesgos

En las páginas siguientes se llevará a cabo la evaluación de un tablero de distribución de una industria local, sirviéndonos del formulario desarrollado.

El sistema seleccionado pertenece a la Industria "Artes Gráficas Senefelder", ubicada en el Km 4 1/2 de la vía Durán – Tambo. Se trata de un sistema de alimentación en Media tensión 13.8 KV, con secundario entregando 208/120.

Es una instalación prácticamente nueva pues Senefelder tiene un poco más de dos años de haber iniciado sus operaciones en esta planta. El tablero cuenta con cuatro años de antigüedad y aproximadamente dos y medio de haber sido puesto en estas nuevas instalaciones. Sin embargo y como vamos a evidenciarlo más adelante existen riesgos presentes debido a que no se cumple con ciertos requisitos mínimos señalados en este documento.

Figura 22.- Interior del tablero de distribución de Senefelder.

Tabulación de datos obtenidos y resultado

En este capítulo se mostrará el formulario luego de la evaluación, mostrando la calificación del riesgo cuando éste se presente, el método de control para minimizar el riesgo presente y las observaciones pertinentes a cada pregunta.

Antes de incluir el formulario se detallarán los cálculos realizados: de corriente de cortocircuito, arco llamarada, corrientes nominales, ampacidad, solicitación térmica y solicitación electrodinámica de las barras y cables. De manera que se pueda comenzar el análisis de riesgo con todos los datos necesarios para tal cometido.

Dentro del cálculo de arco llamarada, se debe determinar las fronteras de aproximación energía incidente a la distancia de trabajo, distancia de alcance de la llamarada, categoría del riesgo, toda esta información debe estar presente en el tablero, dentro de una etiqueta como la que se muestra a continuación:

ADVERTENCIA	
RIESGO DE CHOQUE ELÉCTRICO Y ARCO LLAMARADA	
SE REQUIERE EPP APROPIADO	
1163.27 mm	Frontera de Peligro de Llamarada
1.38 cal/cm^2	Peligro de Llamarada a 500 mm
Categoría 1	Camisa y Pantalón Resistente a la Llama
208 VAC	Peligro de Choque Eléctrico cuando la cubierta es removida
0	Usar guantes según el voltaje de trabajo
1070 mm	Acercamiento Limitado (circuito fijo)
304.8 mm	Acercamiento Restringido
25.4 mm	Acercamiento Prohibido
Tablero de distribución A.G. Senefelder	
Análisis: Escuela Superior Politécnica del Litoral	
Realizado:	29 de abril de 2008
Advertencia: Los cambios en los parámetros del equipo ó en la configuración del sistema invalidan los valores calculados y los requerimientos de EPP	

Figura 24.- Etiqueta de advertencia para arco llamarada, para Senefelder.

Una vez realizados todos los cálculos se puede proceder al análisis, el mismo que quedará plasmado en el formulario, a continuación se realiza el análisis costo/beneficio.

Análisis costo/beneficio

Antes de iniciar el análisis costo/beneficio (ACB) debemos puntualizar que el principal objetivo de el análisis de riesgos y la implementación de mejoras, es el de salvaguardar la vida de las personas, sin embargo es necesario para la empresa justificar la inversión en las mejoras que puedan surgir como necesarias después del desarrollo del análisis de riesgo, para llegar a un punto adecuado entre inversión y seguridad. Punto en el cual la empresa pueda garantizar que el nivel de riesgo se encuentre dentro de un parámetro tolerable.

Para el caso particular de Senefelder, tenemos inclusive, que las instalaciones son prácticamente nuevas y la empresa realizó ingentes gastos para el traslado de sus instalaciones a esta nueva planta en Durán, por lo tanto habrá mucha reticencia a efectuar gastos que la gerencia no considere absolutamente necesarios o cuyo costo sea muy elevado.

La técnica de ACB tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo. En nuestro caso vamos a dar un enfoque particular al ACB, como un balance entre el costo de las medidas de control y el riesgo remanente luego de aplicarlas. No obstante es necesario indicar que el análisis Costo/Beneficio solamente es una ayuda para la toma de decisiones, y existen muchos factores más que al final influirán sobre las medidas que serán finalmente implantadas.

8. Conclusiones

La cultura de seguridad es muy pobre en nuestro país, se necesita promover más esta cultura, mostrar los beneficios que no solamente se circunscriben al trabajador sino que nos ayudan a tener instalaciones y procesos con mayor fiabilidad, lo cual redunda en una mayor productividad.

- Como primera conclusión de nuestro análisis desechamos el paradigma que indica que la seguridad es antieconómica por obligar a unos gastos que no se rentabilizan, pues una vez conocidos las consecuencias de los peligros presentes podemos advertir que los gastos que se producen en un incidente tienen repercusiones en la planta mucho más caras que la simple implementación de políticas de seguridad.
- El método elegido fue el más idóneo de entre varios métodos existentes para evaluación de riesgos, debido a que es factible su aplicación en las diversas etapas de un sistema, en nuestro caso un sistema ya instalado y operativo.
- Dentro del proceso de recolección de información, el cual fue muy amplio, se logró recabar gran cantidad de información referente a normas de diseño y construcción de tableros, así como las referentes a la seguridad.
- En la empresa estudiada, se observó que algunas de las herramientas que poseía el personal no era adecuada o no estaba en buen estado.
- En las puertas del cuarto eléctrico en el que se encuentra el tablero analizado, existe una señal de advertencia de riesgo eléctrico. Sin embargo, no se indica de ninguna forma el tipo de equipamiento que se debe utilizar para ingresar en dicho cuarto.
- De la misma forma en las puertas del tablero se observa la simbología de riesgo de descarga eléctrica pero no existen las señales ni la información suficiente para conocer el tipo de equipos de protección personal que son necesarios utilizar para realizar las labores de manera segura.
- El tablero eléctrico analizado no posee información de carácter obligatoria como es el nombre del fabricante, año de manufactura, tensión de operación, tensión de aislamiento, corriente nominal, etc.
- Además hace falta delimitación de zonas seguras para personal no apto y la implementación de barreras.
- No existe un estudio de coordinación de protecciones, aunque se logró verificar que los parámetros de los disyuntores secundarios del tablero analizado se encuentran coordinados con el del disyuntor principal, no fue posible revisar las características aguas abajo.
- La empresa cuenta con los planos y diagramas unifilares de la planta. Sin embargo no cuenta con la memoria técnica eléctrica, por lo que no fue posible verificar los cálculos de dimensionamiento de las cargas.
- Pese a que el personal que labora en la empresa analizada ha recibido instrucción técnica, el mismo no ha sido capacitado en cuanto a los riesgos eléctricos presentes en el trabajo, por lo que se considera que no conocen la magnitud del peligro y riesgos presentes.
- No existe un procedimiento de revisión de las instalaciones y tableros luego de un cortocircuito.
- Concluimos además que el método utilizado para evaluación del riesgo ha sido muy útil y ha permitido descubrir falencias en el sistema de la empresa.
- Ha sido interesante esta conclusión pues se analizó una empresa cuyas instalaciones son relativamente nuevas. Sin embargo, fue posible demostrar que existen falencias y pese a que algunas de ellas no representan un peligro inminente, debemos dejar claro que los daños que pueden ocurrir en este tipo de instalaciones pueden ser fatales.
- Nuestro estudio permitió nutrirnos de varias normas y nuestro análisis concluye en un formulario de evaluación que permite evaluar el entorno de la instalación del tablero así como el tablero mismo, con lo que se cumple el objetivo planteado.
- El enfoque que se le dio al análisis costo – beneficio fue muy útil pues permitió realizar el análisis en la base de que los beneficios fueran la disminución de los niveles de riesgo.

9. Recomendaciones

- Es necesaria la implementación de políticas de seguridad y control por parte del estado.
- Se hace necesario la creación de especializaciones en Ingeniería en Seguridad y la creación de un marco legal que obligue a las empresas a la implementación de dichas políticas a nivel nacional. Hemos podido observar que países vecinos como Colombia, Venezuela, Perú, Argentina, Brasil, etc., poseen comités o sociedades Electrotécnicas, las cuales sirven de referentes a estas sociedades para la ejecución de instalaciones seguras.
- Estas políticas se deben difundir de tal manera que las empresas puedan implementarlas en sus instalaciones.

- Conociéndolas, los empresarios deben capacitar a sus empleados para la correcta utilización de equipos de protección y la correcta ejecución de instalaciones nuevas y mantenimientos.
- Dentro de este entrenamiento y capacitación se debe hacer conocer al personal los temas sobre:
  - Efectos de la corriente.
  - Efectos del arco llamarada.
  - Responsabilidad del empleado y del empleador.
  - Responsabilidad del empleador en la capacitación.
  - Para el caso analizado, recomendamos la capacitación de los jefes de área en normas de seguridad.
- Como consecuencia de la capacitación de los jefes de área, se debería crear un comité de seguridad, conformado por ellos mismos, e implementar prácticas y procedimientos de ejecución de trabajos seguros.
- Para ello además, estos jefes de área deberían transmitir estos conocimientos a sus sub-alternos, de manera que puedan lograr la concientización de los peligros presentes y la aceptación de los procedimientos de trabajo.
- Recomendamos además que se debe solicitar al Ingeniero Eléctrico constructor del proyecto una copia de la memoria eléctrica del sistema así como una copia del estudio de puesta a tierra.
- Con estos datos sería posible realizar un estudio de coordinación de protecciones, y con los resultados, la revisión de las protecciones instaladas en sitio.
- Recomendamos implementar las etiquetas que se muestran en el anexo B, las cuales son resultado del análisis realizado. Dichas etiquetas se deben instalar en la parte frontal del tablero y en ellas se indica el nivel de riesgo de explosión y de arco llamarada y la categoría de los EPP que se deben utilizar.
- Se recomienda delimitar permanentemente la zona para personal no calificado.
- Para la aplicación del formulario de evaluación se debe contar con personas de gran experiencia pues ese es uno de los requerimientos del método "que pasa si", caso contrario sería infructuosa su utilización.
- El análisis arco – llamarada debe ser realizado en base de un correcto cálculo de la corriente de cortocircuito, es muy importante que los tiempos de operación de la protección para los diferentes niveles de corriente de arco calculados sean determinados de manera precisa pues los resultados finales son directamente proporcionales a estos tiempos.

10. Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar a Dios quien nos ha permitido arribar a la terminación de nuestra tesis, a todas las personas, maestros, amigos y familiares que a través de este largo camino que nos ha llevado a la consecución del título de ingenieros, supieron brindarnos, no solo su conocimiento sino también su apoyo y su consejo.

Y agradecer especialmente a aquellas personas que estuvieron junto a nosotros en los momentos difíciles de la vida, que nunca dejaron de alentarnos y siempre estuvieron vigilantes del desarrollo de nuestra tesis.

11. Referencias

[1] Código Nacional Eléctrico (NFPA 70), Manual del ingeniero, versión en español, National Fire Protection Association, año 1999.

[2] National Electrical Code Handbook (NFPA 70), National Fire Protection Association, Décima Edición, año 2005.

[3] Norma Italiana CEI EN 60439-1 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies: Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies, Comité Electrotécnico Italiano, año 1999.

[4] Standard para Seguridad Eléctrica en lugares de trabajo (NFPA 70-E), versión en español, National Fire Protection Association, año 2004.

[5] NEMA Standards Publication PB 1.1-2002: Instrucciones Generales para la Instalación, Operación y el Mantenimiento Correcto de Tableros de Alumbrado y Control hasta 600 V nominales o menos, National Electric Manufacturer Association, Publication Book, año 2002, www.nema.org

[6] NEMA Standards Publication PB 2.1 -2002: Instrucciones Generales para el Manejo, Instalación, Operación y Mantenimiento Correcto de Tableros de Distribución de Frente Muerto hasta 600 V nominales o menos, National Electric Manufacturer Association, Publication Book, año 2002, www.nema.org

[7] NEMA Standards Publication PB 2.2-2004: Application Guide for Ground Fault Protective Devices for Equipment, publicado por: National Electrical Manufacturers Association, año 2004, www.nema.org

[8] NEMA Standards Publication: A brief comparison of NEMA 250-Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum) and IEC 60529 Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP

Code), National Electric Manufacturer Association, Publication Book, año 2002

[9] NEMA Standards Publication 250-2003: Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum), National Electric Manufacturer Association, Publication Book, año 2003

[10] "La puesta a Tierra en Instalaciones Eléctricas" Ing. Rogelio García Márquez Editorial PARANINFO, tercera edición año 1998

[11] The Other Electrical Hazard: Electric Arc Blast Burns, Lee Ralph, Lee Electrical Engineering, Inc., AVO Electrical Engineering Services, a Division of AVO Training Institute, año 1985.

[12] ELECTRICAL PLAN REVIEW Overcurrent Protection and Devices, Short-Circuit Calculations, Component Protection, Selective Coordination, and Other Considerations, Cooper Bussman, año 2002.

[13] Instrucción Técnica Complementaria para Baja Tensión: ITC-BT-24 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de Trabajo e Inmigración de España, año 2002.

[14] Baumeister Theodore, Avallone Eugene A., Baumeister III Theodore, Manual del ingeniero mecánico, octava edición, editorial MC Graw Hill, año 1982.

[15] Bestratén Belloví Manuel, Pareja Malagón Francisco, NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo Español.

[16] Copper for Busbars, COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION publication, año 2001.

[17] Arc Flash Hazards, http://www.alliantenergy.com/docs/groups/public/documents/pub/p015092.hcsp, año 2008

[18] Joy Jim Prof., NATIONAL MINERALS INDUSTRY SAFETY AND HEALTH RISK ASSESSMENT GUIDELINE, Minerals Industry Safety & Health Centre (MISHC), http://www.mishc.uq.edu.au/NMIRAG/NMISHRAG.asp, año 2005.

[19] Ma Johnny and Oriel Lowell, Arc Flash safety, Electrical Products & Solutions, http://www.epsmag.net/, año 2004.

[20] Llamas A. y de los Reyes Jorge, Tierras eléctricas, Publicación del Instituto Técnico Superior de Monterrey.

[21] Reglamento de Baja Tensión Capítulo V: Agrupamiento de Accesorios de Protección de Tableros, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de Trabajo e Inmigración de España, año 2000.

[22] ARC FLASH HAZARD ANALYSIS AND MITIGATION, Inshaw Christopher and Wilson Robert A., Emerson Process Management Electrical Reliability Services Inc. and Brea, CA ABB Inc Houston, año 2004.

[23] Distribución en Baja Tensión Capítulo 1, Schneider Electric, año 2003.

[24] Distribución en Baja Tensión Capítulo 3, Schneider Electric, año 2003.

[25] Los Riesgos Eléctricos y su ingeniería de seguridad, Dr. Máximo López Toledo Ingeniero Industrial, publicado por Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, año 2002.

[26] GUÍA TÉCNICA: Metodología para el análisis de riesgos Visión general, DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS de España, http://www.proteccioncivil.org/centrodoc/ año 2006.