ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

TESIS DE GRADO

“DISPOSICIÓN DE PRÁCTICAS DE PREVENCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTADA POR:

OSCAR LEONARDO REYES LEMA

PAOLA PRISCILA SILVA RODRIGUEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR
2008

AGRADECIMIENTO

A todos quienes contribuyeron de manera directa o indirecta en el desarrollo de este trabajo, en especial al Ing. Juan Gallo G.

DEDICATORIA

Nuestra dedicatoria y homenaje a nuestros padres por su inagotable paciencia, comprensión y apoyo en la realización de nuestra tesis.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

PRESIDENTE

____
Ing. Holger Cevallos Ulloa

DIRECTOR DE TESIS

____
Ing. Juan gallo G.

MIEMBROS PRINCIPALES

Ing. Alberto Manzur H.	Ing. Gustavo Bermúdez F.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

Oscar Leonardo Reyes Lema

Paola Priscila Silva Rodríguez

RESUMEN

El tipo de energía mayormente utilizado a nivel mundial es la Energía Eléctrica, una repentina ausencia de ella crea un caos especialmente si esta ausencia cubre amplias áreas como por ejemplo un país y traería graves consecuencias a nivel industrial, social, económico etc. Si bien es cierto la electricidad se ha vuelto esencial en esta era moderna y su uso se ha vuelto cotidiano en el hogar y la industria no debemos dejar de ignorar las consecuencias que traería si esta se manipula incorrectamente.

Todas las personas trabajan directa o indirectamente con electricidad, razón por la cual es obligación de todos conocer los requerimientos mínimos de seguridad para evitar ser sorprendidos por una electrización que va desde sentir ligeros cosquilleos pasando por quemaduras, que pueden ser leves o graves, y finalmente una situación extrema que puede presentarse es la electrocución. A nivel industrial el riesgo de sufrir un choque eléctrico es más alto debido a los altos niveles de voltaje y corriente con que se trabaja, es por esto que organizaciones internacionales como OSHA, entre otras, han desarrollado standards o normas que aplicados correctamente evitan o reducen el riesgo de sufrir un accidente eléctrico. En el caso de nuestro país el cumplimiento de dichas normas no es total y recién en estos últimos años las compañías se han venido preocupando por conseguir certificaciones de calidad y seguridad, pero es necesario que todas las compañías que trabajan con energía eléctrica se preocupen por conseguir dichas certificaciones de

seguridad. Con el presente trabajo no pretendemos desarrollar normas pero si procedimientos de prevención en trabajos eléctricos enfocados a una fabrica especifica, para ello primero evaluaremos los peligros y el nivel de riesgo de estos a través de la aplicación del método del árbol de sucesos que es un método cualitativo inductivo y a partir de esto se aplicaran las adecuadas hojas de trabajo y equipos de protección que debe llevar toda persona que vaya a realizar un mantenimiento eléctrico.

El tema de nuestra tesis es "Disposición de Practicas de Prevención y Procedimientos de Trabajo del Personal de Mantenimiento Eléctrico". En el primer capítulo haremos una breve revisión de la función del mantenimiento, su importancia a nivel industrial y como este ha venido evolucionando con el fin de evitar consecuencias en las personas, los bienes materiales y el medio ambiente que al final es un bien de todos. Para el segundo capítulo se hará una descripción del proceso de fabricación del vidrio. En el tercer capítulo se abordará el suministro de energía de la planta y se hará una primera evaluación de los puntos clave de la planta donde puede presentarse un peligro eléctrico como por ejemplo trabajos en centros de control de motores. Se hará un análisis extenso en el capítulo cuatro de los peligros y riesgos eléctricos asociados a una mala ejecución de un procedimiento de mantenimiento. En el quinto capítulo se aplicará el método de valoración de sucesos a los lugares más susceptibles de un riesgo eléctrico en CRIDESA. En el capítulo seis se desarrollarán hojas de trabajo que permitan evitar al máximo los riesgos eléctricos y finalmente el capítulo siete trata la correcta selección y uso de los equipos de protección personal.

INDICE GENERAL

ABREVIATURAS

CC1	Compresor centrífugo 1
CC2	Compresor Centrífugo 2
CT3	Compresor de tornillo 3
CC4	Compresor centrífugo 4
GLP	Gas licuado de petróleo
A1	Máquina 1 de formación de envases de vidrio
A2	Máquina 2 de formación de envases de vidrio
A3	Máquina 3 de formación de envases de vidrio
CCM	Centro de control de motores
NFPA	
NEC	Nacional Electric Code
CP	Conductor de protección
DDR	Dispositivos de protección diferencial
EPP	Equipo de protección personal

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

Sin lugar a dudas la explosión industrial dado en el siglo XV constituye el punto de partida para el avance tecnológico del mundo que actualmente estamos viviendo, las grandes invenciones que se han venido desarrollando a lo largo de este tiempo mejoran el aprovechamiento de los recursos naturales, mas allá de todos los beneficios que trae consigo el desarrollo y optimización de la tecnología se debe poner mucha atención en la manipulación de esta, especialmente si estos elementos para su funcionamiento precisan del consumo de Energía Eléctrica, y la mejor forma de evitar tener consecuencias fatales es implementar procedimientos de trabajo para el personal de mantenimiento eléctrico de acuerdo a su lugar de trabajo.

La valoración de los riesgos eléctricos en sistemas industriales nos ayudarán a desarrollar un plan de trabajo óptimo, es decir, se tendrá una hoja de trabajo en el que cada punto crítico a considerar tenga la valoración correspondiente, sin caer en sobrevaloraciones que puedan llevar a una industria a una inversión económica absurda y sin razón, también se debe evitar el otro extremo, una subvaloración, en este sentido la situación seria aun más crítica porque ya no incluirían solamente pérdidas materiales sino que también pérdidas humanas y el correspondiente daño al medio ambiente.

Las hojas o procedimientos de trabajo no tendrán éxito si las personas encargadas en hacerlas cumplir no están capacitadas para reconocer posibles riesgos o peor aun como sucede en nuestro medio no se le da la importancia y solo se lleva a cabo una revisión superficial u ocasional (cuando sucede una primera falla de importancia), de esta realidad salta a la luz un detalle importante en el éxito de los procedimientos de trabajo, una preocupación y capacitación continua del personal por parte de las industrias.

A través de este documento haremos un análisis de los riesgos eléctricos que pueden presentarse al disponerse a realizar trabajos eléctricos o trabajos en las cercanías de lugares o sistemas que funcionan con energía eléctrica.

1.2 FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Una función básica o de primera instancia de un programa de mantenimiento implementado en una planta industrial es evitar las paradas fortuitas de esta. Dentro de un programa de mantenimiento se tiene diferentes tipos cuyas funciones son mas especificas, pero al final todo converge hacia un mismo fin, un desempeño optimo de todas las instalaciones.

El programa de mantenimiento debe ser planificado o estructurado de acuerdo a las características de la planta industrial y con un manejo responsable los resultados no solo serán apreciables en el área técnica sino que también en el correcto desempeño de los trabajadores.

Por lo tanto la función del mantenimiento hoy en día no solo se centra en el buen funcionamiento de las plantas industriales sino también en la seguridad de los trabajadores.

Para lograr entender como ha ido mejorando la función del mantenimiento, conviene pasar revista a su evolución a través de las diferentes generaciones. Así tenemos:

Primera Generación

La primera generación del mantenimiento apunta a una época en la que la industria no estaba muy desarrollada, desde 1930 hasta la primera Guerra

Mundial, las maquinarias construidas en este tiempo eran simples y sobredimensionadas, y precisamente son estas dos características las que hacen que el único tipo de mantenimiento desarrollado en la primera generación sea solo un mantenimiento de tipo correctivo que consistía en simples rutinas de limpieza y lubricación o reparar cuando se ha producido una avería o fallo.

Segunda Generación

El desarrollo de una segunda generación del mantenimiento se dio a partir de la Segunda Guerra Mundial que aceleró el proceso de mecanización de la industria, el paro de un proceso debido a una falla en la maquinaria significaba cuantiosas perdidas económicas, se volvió entonces necesario revisar y actualizar el programa de mantenimiento de acuerdo con las nuevas circunstancias, enfocándose primordialmente en prevenir los fallos de los equipos y consecuentemente evitar o reducir los tiempos de parada forzada de maquinarias, es así como aparece el concepto de mantenimiento preventivo.

Tercera Generación

La tercera generación del mantenimiento se desarrolla a mediados de la década del 70, gracias al impulso generado por el rápido avance tecnológico, para este tiempo la mecanización y automatización se desarrolla con más fuerza, los tiempos de parada empezaban a incidir sobre los volúmenes de producción que significaban altos costos por pérdida de producción, los equipos y maquinarias se volvieron mas complejos y el hombre cada vez empezó a depender mas de ellos, con lo que la fiabilidad de estos componentes se torno un aspecto muy importante a considerar dentro del mantenimiento, así también factores como calidad, seguridad y medio ambiente cobraron importancia, permitiendo que el mantenimiento preventivo se consolide y desarrolle.

Cuarta Generación

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallos utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias del fallo, sino que se debe encontrar la causa de ese fallo para eliminarlo y evitar así que se repita.

Un punto importante dentro de la cuarta generación es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento. Mayor seguridad para poder operar equipos se busca dentro de la cuarta generación, y las expectativas por un mayor respeto al medio ambiente, mejor calidad de un producto, aumento de la vida operativa de los equipos, eficiencia de costes, etc., son características propias de un mantenimiento que esta dirigido no solamente a máquinas y equipos sino también al trabajador y al medio ambiente priorizando ante todo la seguridad.

En la siguiente Figura 1.1. se muestra como han ido evolucionando las técnicas del mantenimiento y sus objetivos en cada una de sus cuatro generaciones.

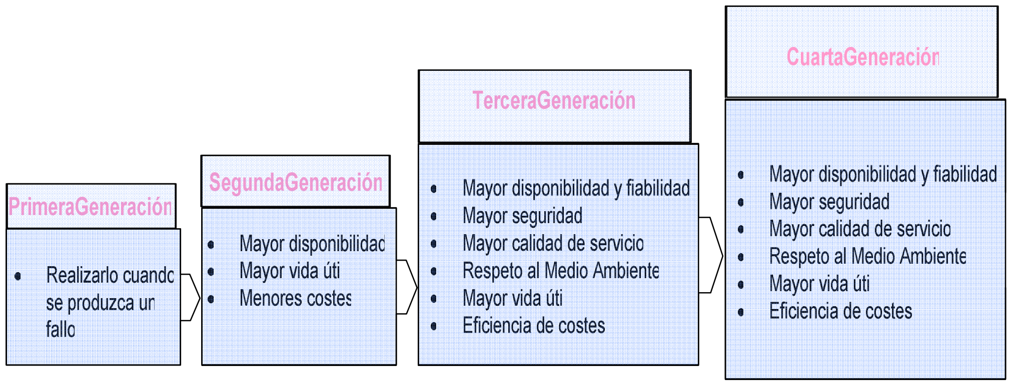


Figura 1.1. Evolución de las técnicas de mantenimiento.

1.3 OBJETO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

El mantenimiento es ante todo y sobretodo un servicio. Sus políticas, objetivos y manera de actuar deben ajustarse a las políticas, objetivos y estructuras de la empresa y deben desarrollarse y evolucionar con la misma; por consiguiente la evolución de la empresa da lugar a la evolución del servicio de mantenimiento.

Esta evolución o dinamismo no puede ser caprichoso es decir, debe seguir y marchar acorde con unas directrices marcadas. Por eso el mantenimiento esta sujeto a las políticas y objetivos generales de la empresa por una parte y, por otra, creando sus propias políticas y objetivos particulares.

En cualquier caso, es el jefe del servicio el responsable de informar a sus mandos de las políticas y objetivos a seguir, de medir las desviaciones que se vayan produciendo y de tomar las medidas correctivas oportunas.

Es misión del servicio de mantenimiento conseguir que las instalaciones funcionen con la Máxima seguridad para todo el personal: usuario y propios componentes del equipo de mantenimiento, y para las máquinas e instalaciones. Buen rendimiento energético: traducido en la eliminación de las pérdidas de energía, que gravan penosamente la economía de la empresa. Mínimo deterioro ambiental: no producir ataques y agresiones al ambiente.

Los objetivos del mantenimiento se podrían resumir en los siguientes literales:

Determinado número de horas de funcionamiento.

- Calidad del producto o servicio.- dato que puede aportar el servicio de control de calidad de la empresa. Por ejemplo 1% de rechazos por falta de calidad.
- Mínimo coste integral
- Máxima Seguridad para:
- Usuario
- Reparador
- Máquinas

CAPITULO 2

SUMINISTRO DE ENERGIA Y PROCESO DE FABRICACION DEL VIDRIO EN CRIDESA.

Cristalería del Ecuador S.A. CRIDESA, es una compañía Ecuatoriana productora de envases de vidrio con sede en la ciudad de Guayaquil y afiliada al grupo OWENS ILLINOIS.

CRIDESA fue fundada en 1965 como empresa ecuatoriana, en la fabricación de envases de vidrio. La primera planta inició su funcionamiento en el año de 1968, en sus instalaciones ubicadas al sur de la ciudad en la ciudadela 9 de Octubre.

Figura 2.1. Oficinas de CRIDESA

En 1978, Owens-Illinois adquirió la mayoría de acciones de CRIDESA, las cuales continúa manteniendo hasta la fecha. Owens Illinois Inc. es el fabricante de vidrio más importante del mundo, el cual brinda asistencia técnica para proveer a CRIDESA de la más alta tecnología.

Posteriormente, por presiones debido a que la planta utilizaba combustibles pesados y se encontraba en un sector densamente poblado, y por la necesidad de contar con instalaciones más amplias y tecnificadas, se construye una nueva planta a la altura del kilómetro 14 ½ de la Vía Daule (ver figura abajo), esta nueva planta comenzó a producir el 10 de Febrero de 1981. La entrada principal a la planta fue por mucho tiempo por la vía a Daule y luego, cuando se abrió al transito la Vía Perimetral la entrada principal fue a través de esta vía en el Km. 22.5, quedando la anterior como secundaria.

Distribución de la planta

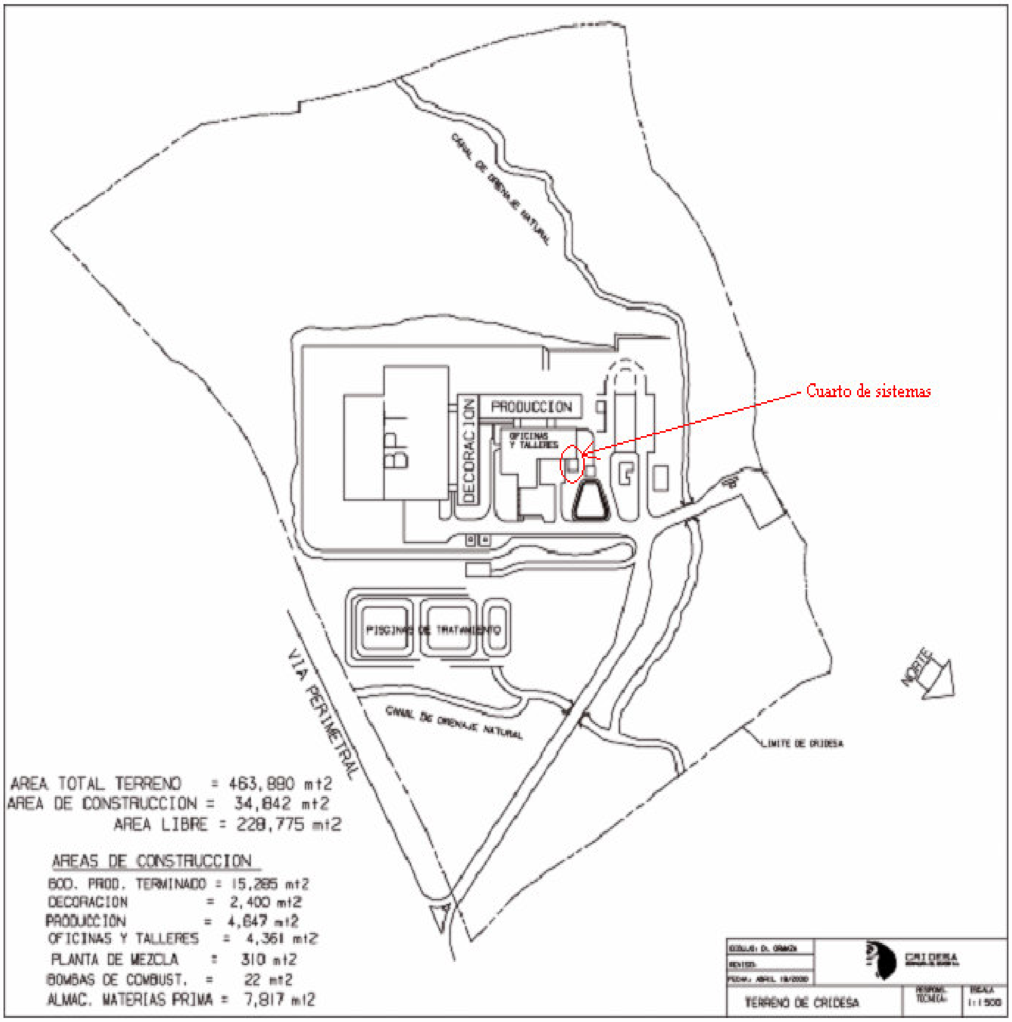


Figura 2.2. Distribución de la planta

En este capitulo se da a conocer acerca del proceso de manufactura del vidrio y del funcionamiento de las diferentes áreas de la Cristalería del Ecuador.

Para lograr entender los procesos realizados para la manufactura de un envase de vidrio, a continuación se presenta el flujo del proceso (Figura 2.3).

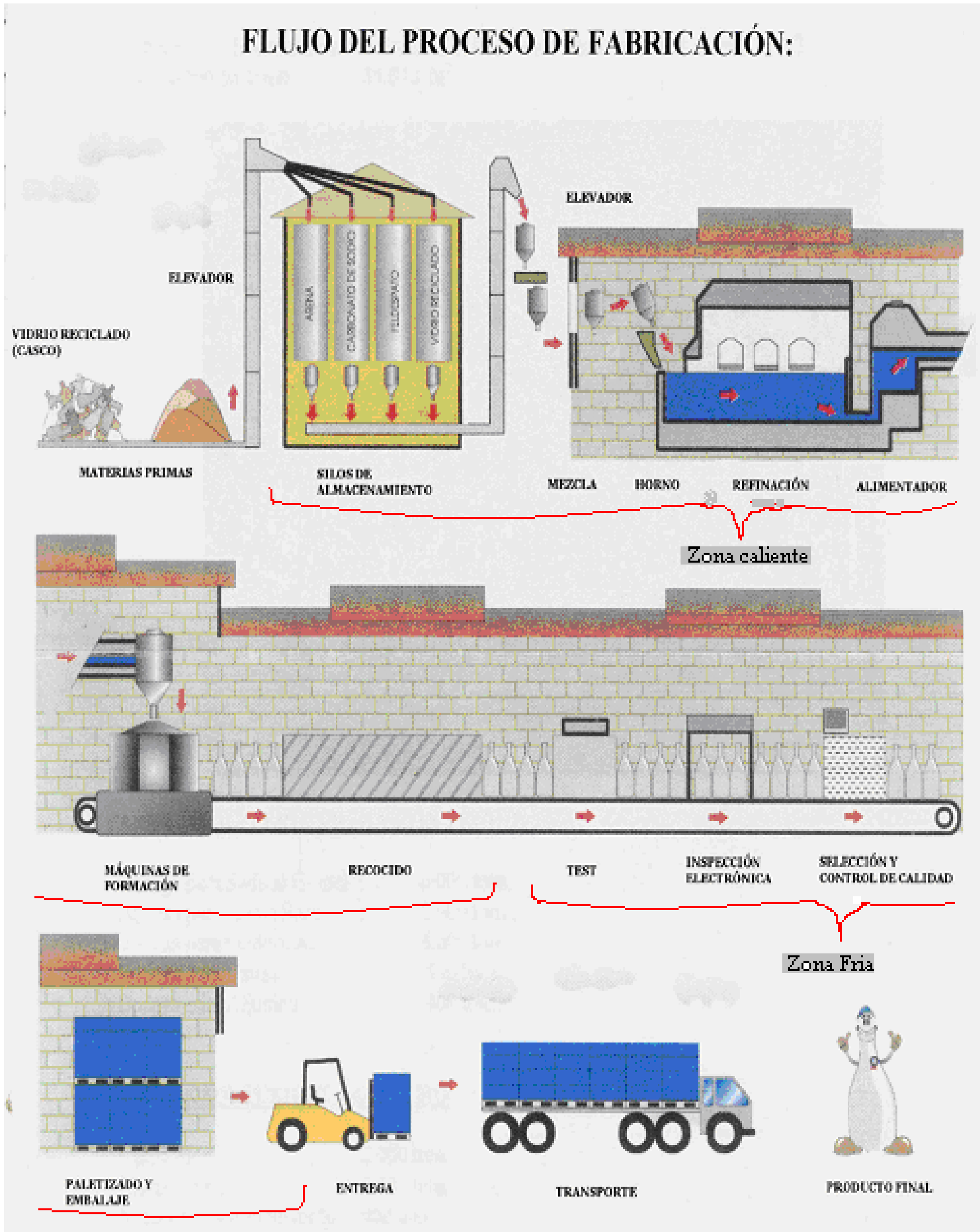


Figura 2.3. Flujo del Proceso de Fabricación del Vidrio

Dentro de la planta existen las denominadas Zona caliente y Zona fría (Figura 2.3).

- **Zona caliente.-** Es donde se realiza la mezcla, se funde y se forma el envase de vidrio.
    - La zona está conformada por:
    - Horno y planta de mezcla
    - Máquinas de formación de envases
    - Archas de recocido.
- **Zona fría.-** Está conformada por:
    - La inspección
    - Selección y control de calidad
    - Paletizado y embalaje
    - Bodega de producto terminado.

Este proyecto va orientado a analizar el sistema de alimentación de energía eléctrica concentrado en el denominado (Cuarto de sistemas), en el cual se hará un estudio de prevención de riesgos eléctricos y al final se le mejorará el sistema para prevenir riesgos de acuerdo al estudio realizado.

Después de conocer el flujo de fabricación de los envases, debemos definir que es el vidrio.

El vidrio es un compuesto inorgánico, formado por un sólido (mezcla de materias primas y vidrio reciclado) fundido a alta temperatura (Horno).

El vidrio cuando es enfriado desde altas temperaturas no debe mostrar cambios discontinuos (Reducción controlada de temperatura) y llega a ser rígido a través de un progresivo aumento en viscosidad (resistencia que presentan los materiales a fluir; a mayor resistencia mayor viscosidad).

Proceso de fabricación de los envases de vidrio.

El proceso de fabricación se inicia con la recepción de materias primas las cuales son importadas y también se recibe vidrio reciclado por empresas recicladoras de vidrio locales. La materia prima que es importada, pasa por rigurosas pruebas de calidad que certifican que la materia contiene las sustancias necesarias para obtener un buen producto final.

Luego de recibir las materias primas se procede a llenar los 5 silos (arena, soda, feldespato, caliza, reserva) y 2 silos de vidrio reciclado, para luego pesar las materias primas almacenadas en cada uno de los silos mediante un sistema automatizado de pesaje “NOVA TECHNOLOGY” el cual obedece a una fórmula predeterminada. Después de realizar el pesaje de todas las materias primas, el material que esta almacenado en la balanza pasa a un equipo conocido como la “mezcladora” el cual es el encargado de mezclar todo el material pesado.

Dicha mezcla de materias primas es enviada al horno para ser fundido a una temperatura de 1500ºC controlado por un sistema MCS (Melting Control System).

Luego del sistema de fundición, el vidrio en estado liquido pasa a un refinador para homogenizarlo, una vez homogenizado pasa a través de unos alimentadores que acondicionan el vidrio (hacerlo un poco viscoso) para luego ser usado por las máquinas de formación de envases.

Para la formación de los envases, la máquina cuenta con equipos de moldes que se instalan en ella. Dependiendo de la boca del envase (angosta o ancha) se usan los procesos soplo-soplo o prensa-soplo.

Después del proceso de formado, el envase es transportado a unos hornos llamados "archas de formación" que cumplen la función de reducir gradualmente la temperatura del envase para evitar que los envases se rompan debido a un choque térmico.

Todos los envases son sometidos a un control de calidad por equipos especiales llamados FP´s, los cuales inspeccionan el envase en busca de defectos originados en formación (vidrio grueso, piedras, sombras, grietas, rajadura, despostillado, terminado rajado, etc...). De encontrar algún defecto el equipo rechaza el envase. El material rechazado pasa a formar parte del vidrio reciclado para formar una nueva mezcla.

Luego del área de inspección, los envases son paletizados y llevados a la bodega de producto terminado.

Algunos envases, en especial los de refrescos, necesitan etiquetas. Para imprimir estas etiquetas, los envases se llevan al área de decoración en donde usan el sistema de impresión Silk Screem (procedimiento de impresión mediante una pantalla de seda, SERIGRAFIA), una vez que a todos los envases se les haya impreso la etiqueta se lleva a un horno especial llamado "archas de decoración" donde por medio de temperatura la pintura es vitrificada dando al envase el acabado final.

SUMINISTRO DE ENERGIA

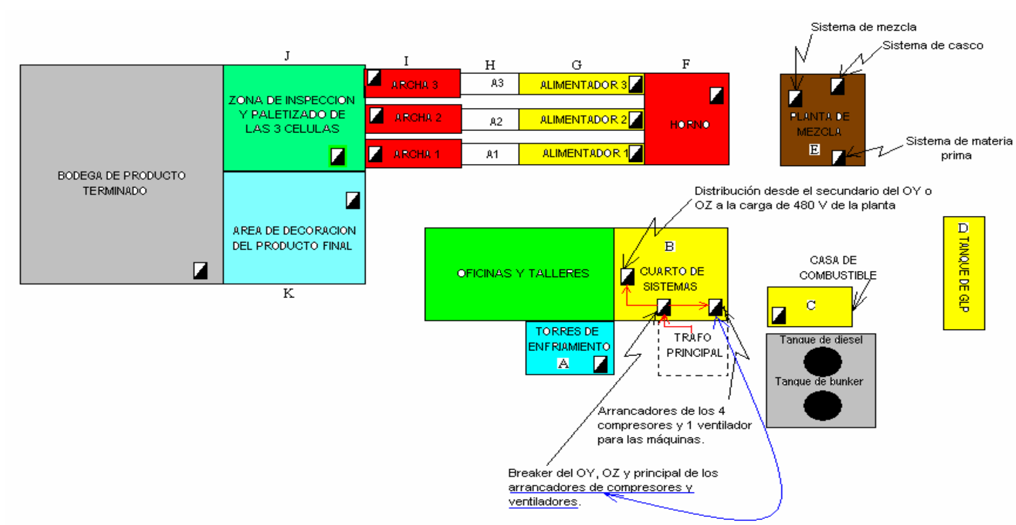


Figura 2.4. Ubicación de paneles y suministro de energía en la planta

La Figura 2.4 fue desarrollada de acuerdo a la distribución de la planta (Figura 2.2).

Para el desarrollo del proceso de fabricación de los envases de vidrio la planta usa servicios auxiliares como el agua, combustible, aire comprimido, etc... Por ello vamos hacer un desglose y a la vez explicar cada una de las diferentes áreas de la planta con su respectiva potencia instalada.

Torres de enfriamiento(A).- la función principal de este sistema es el de enviar agua para el enfriamiento del aceite que lubrica el sistema mecánico de los compresores y también de enfriar el agua caliente que retorna de ellos.

Esta área consta de determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA (HP) - (W)	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	fp	EFICIENCIA(%)	POTENCIA APARENTE
Motor bomba #1 y # 2	75 - 55950	89	460	0,88	94,1	67,56 KVA
Motor del ventilador # 1	10 - 7460	13,2	460	0,8	91,7	10,16 KVA
Motor del ventilador # 2	11 - 7460	13,2	460	0,8	91,7	10,16 KVA
Motor del ventilador # 3	12 - 7460	13,2	460	0,8	91,7	10,16 KVA
Total aproximado de este sistema						**98,04 KVA**

Tabla 2.1. Potencia instalada de los equipos en el sistema de torres de enfriamiento.

Para el cálculo de potencia aparente total solamente se toma en cuenta la potencia de un solo motor de la bomba porque funciona uno a la vez, el otro se encuentra de respaldo.

Para realizar el cálculo de las potencias aparentes individuales, se debe tomar en cuenta que los motores toman de la red:

Potencia activa: P_W= P*100/η

Potencia aparente: P_S=(P*100)/(η*cosΦ)

Potencia reactiva: P_b= (P*tanΦ*100)/η

Siendo

P=Potencia suministrada en el eje (Kw)

P_W=Potencia activa(Kw) absorbida de la red.

P_S=Potencia aparente (KVA)

P_b=Potencia reactiva (KVAR)

η =rendimiento (%)

cosΦ=factor de potencia

Cuarto de sistemas(B).- En este cuarto se encuentran los 2 generadores de emergencia, 2 transformadores OY y OZ de 4160/480 V, también dentro de este cuarto se encuentran los arrancadores de los 2 ventiladores que funcionan a 4160V (enfriamiento de molduras y axial cooling), compresores (CC1, CC2, CT3, CC4) que operan a 4160V y el panel de distribución principal en la cual se alimentan las diferentes áreas de 480 V.

Esta área consta de varios equipos, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA (HP) - (W)	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	fp	EFICIENCIA(%)	POTENCIA APARENTE
CC1	1250 -932500	154	4160	0,9	97	1068,15 KVA
CC2	1250 - 932500	154	4160	0,9	97	1068,15 KVA
CT3	300 - 223800	40	4160	0,88	95,8	265,46 KVA
CC4	300 - 223800	36,5	4160	0,88	95,4	266,58 KVA
Compresor de emergencia	100 - 74600	119	460	0,87	94,5	90,73 KVA
Ventilador axial cooling	250 - 186500	32	4160	0,87	95,8	223,76 KVA
Ventilador de enfriamiento de molduras	500 - 373000	60	4160	0,88	95,8	442,44 KVA
Total aproximado de este sistema						**3425,27 KVA**

Tabla 2.2. Potencia instalada de los equipos ubicados en el cuarto de sistemas.

En operación normal de la planta los equipos que funcionan son:

- Los ventiladores Axial cooling y el de molduras funcionan en todo momento.
- Compresor CC1 y CC2. Funciona solamente uno de los dos, el otro compresor queda de respaldo.
- CT3 y CC4 Funciona solamente uno de los dos, el otro compresor queda de respaldo.

El compresor y el generador de emergencia funcionan solamente cuando la energía eléctrica no es suministrada por la red local.

Casa de combustible(C).- este sistema consta de 6 motores, de los cuales 2 son utilizados para alimentar a la planta de diesel, 2 para alimentar al horno de bunker, 1 es usado para la descarga de diesel al tanque de almacenamiento y 1 para descargar bunker de los carros cisternas al tanque de bunker de almacenamiento.

Esta área consta de determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA (HP) - (W)	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	fp	EFICIENCIA(%)	POTENCIA APARENTE
2 motores bombas de bunker	6,5 - 4900 (c/u)	8,1	460	0,78	88,5	7,09 KVA
2 motores bombas de diesel	2,4 - 1790,4 (c/u)	3	460	0,72	86,5	2,87 KVA
1 motor bomba de descarga de diesel	10 - 7460	13,1	460	0,8	90,2	10,33 KVA
1 motor bomba de descarga de bunker	15 - 11190	20	460	0,77	91	15,96 KVA
Total aproximado de este sistema						**36,25 KVA**

Tabla 2.3. Potencia instalada de los equipos en casa de combustible.

De los motores de bunker y de diesel que alimentan a la planta, funciona solamente uno. El otro queda de respaldo.

Tanque de GLP(D).- se encarga de enviar gas a la planta.

Planta de mezcla(E).-en este bloque se crea la mezcla de materia prima combinado con el casco (vidrio reciclado), para luego enviarla al horno.

Para comprender mejor se explicará como funcionan los sistemas dentro de esta área:

2.1 Almacenamiento de Materias Primas.

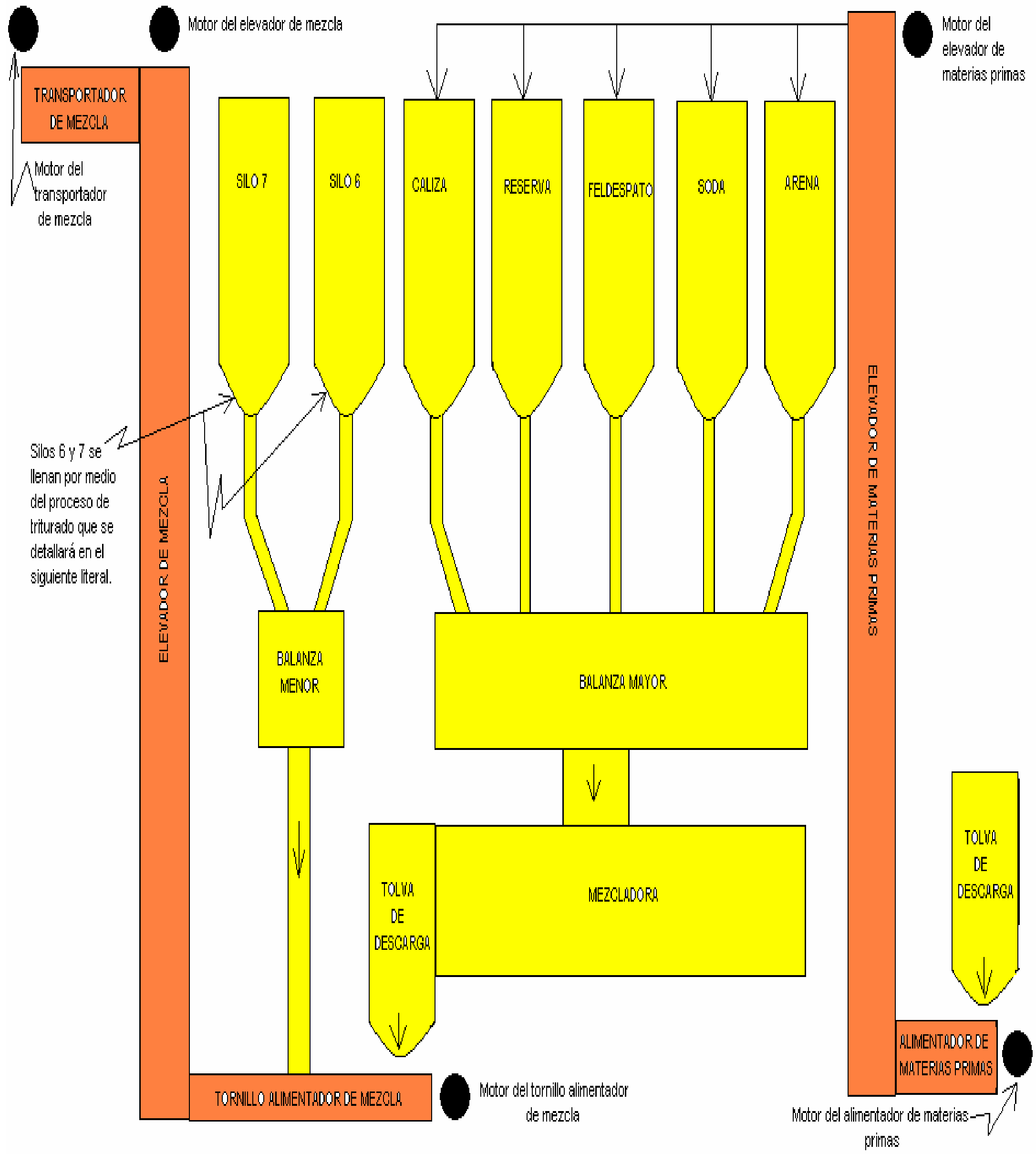


Figura 2.5. Dibujo del sistema de planta de mezcla

MATERIA PRIMA	OXIDOS MAYORES
Arena	$Si\ O_2$
Soda ASH	$Na_2\ O$
Caliza	$Ca\ O$
Alumina	$Al_2\ O_3$
Dolomita	$Ca\ O + Mg\ O$
Feldespato, Aplita, Nefelita, Sienita	$Al_2\ O_3 + Na_2\ O$
Borax	$B_2\ O_3$
Sulfato de Sodio, yeso	SO_3
Barita	$Ba\ O + S\ O_3$
Cromita	$Cr_2\ O_3$
Pirita	$Fe_2\ O_3$
Nitrato	$Na_2\ O + O_2$
Selenio	Se

Tabla 2.4.Materia prima que conforma la mezcla para realizar los envases de vidrio.

La mayor cantidad de estos materiales se emplea en la producción de vidrios tipo soda –cal-silica.

La sílica ($SI\ O_2$) Es el óxido formador. La soda es el agente fundente ($Na_2\ O$) y la caliza (CaO o CaO + MgO) es el material modificador. Otros óxidos pueden ser usados para mejorar o adicionar otras propiedades. Por ejemplo $Al_2\ O_3$ o $B_2\ O_3$ mejoran la durabilidad química. El color puede ser obtenido por la adición de óxidos, cromo, cobalto, hierro o níquel. La fusión y la refinación puede ser mejorada por la adición de azufre o compuestos de azufre.

Muchas de las materias primas proceden de minas y rocas y son seleccionadas por su pureza y composición estable o porque son susceptibles de ser beneficiadas.

Otras materias son de origen químico como por ejemplo la escoria de alto horno o el sulfato de sodio.

Las materias primas deben tener las siguientes características:

- Deben ser baratas y abundantes.
- Se deben fundir a las temperaturas usadas en hornos comerciales.
- El vidrio producido por ellas debe ser lo suficiente viscoso a su temperatura líquida para prevenir cristalización durante su fabricación.
- Deben ser consistentes en composición tanto química como en tamaño de grano.
- Debe existir una perfecta comunicación entre el suministrador de la materia prima y el consumidor.

La materia prima es almacenada por separado en una bodega para mediante el sistema de materias primas llenar los 5 silos de materia prima que se encuentran en planta de mezcla. La tolva de descarga de materias primas es llenada por medio de un Pailoader para después encender el sistema de materias primas y transportar el material por medio del alimentador de materias primas, elevador de materias primas y luego que caiga al silo seleccionado por acción de la gravedad.

Este sistema consta de determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA (HP) - (W)	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	fp	EFICIENCIA(%)	POTENCIA APARENTE
Elevador de materia prima	25 - 18650	32	460	0,87	93	23,05 KVA
Alimentador de materia prima	15 - 11190	19,5	460	0,77	91	15,96 KVA
Transportador de materia prima	7,5 - 5595	10	460	0,78	90,2	7,95 KVA
Distribuidor rotativo	1,5 - 1119	2	460	0,71	85,5	1,84 KVA
Total aproximado de este sistema						**48,8 KVA**

Tabla 2.5. Potencia instalada de los equipos en el sistema de materias primas.

2.2 Proceso de Triturado.

Este proceso es muy similar al de materias primas. El pailoader llena la tolva de descarga con casco (vidrio reciclado) este vidrio va a pasar por un molino de casco, el cual va a triturar el casco para luego enviarlo al elevador de casco. Del elevador de casco pasa el vidrio por un separador magnético (extracción de metal que puede venir con el vidrio) para después vaciar el material al silo de casco seleccionado.

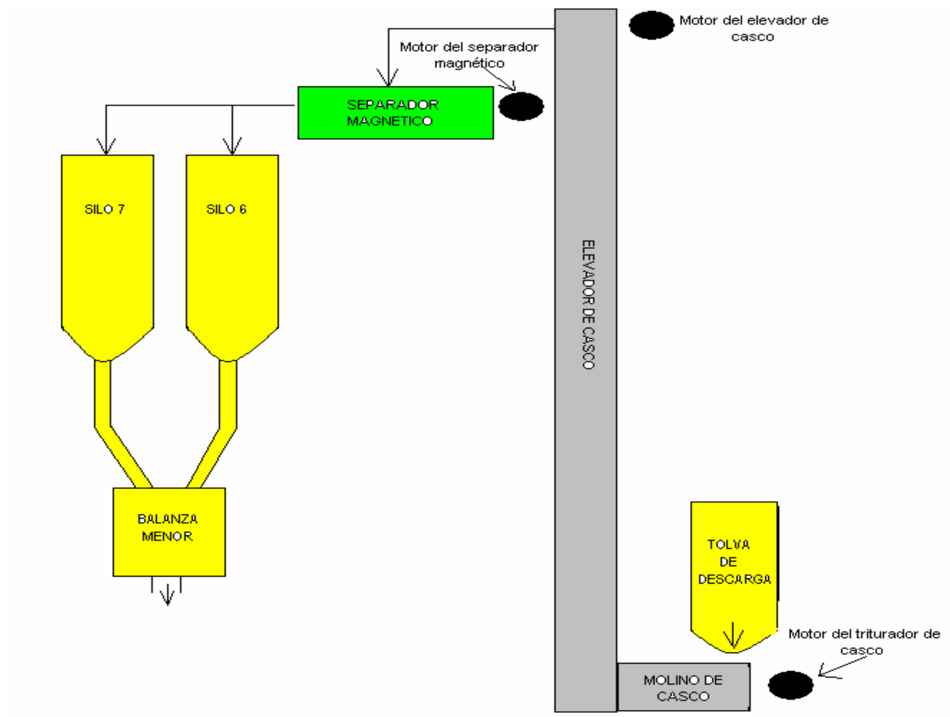


Figura 2.6. Sistema de casco

El sistema de casco consta de determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA (HP) - (W)	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	fp	EFICIENCIA(%)	POTENCIA APARENTE
Elevador de casco	20 - 14920	25	460	0,8	91,7	20,33 KVA
Separador magnético casco	5 - 3730	6,5	460	0,78	88,5	5,40 KVA
Alimentador de casco	25 - 18650	30	460	0,87	93	23,05 KVA
Total aproximado de este sistema						48,78 KVA

Tabla 2.6. Potencia instalada de los equipos en el sistema de casco(vidrio reciclado).

Sistema de mezcla.- se encarga de pesar los componentes mayores y el vidrio reciclado por medio de un sistema automatizado en la cual el coordinador de horno y mezcla ingresa una formula predeterminada (porcentajes de cada material) el cual abre las compuertas de los silos de materia prima y vidrio reciclado de manera ordenada para su respectivo pesaje.

Arena, carbonato de soda, feldespato y caliza forman los componentes mayores de la mezcla. La arena forma el 70% de los ingredientes, carbonato de soda permite un fundido parejo de la arena y caliza ayuda a que el envase sea mas fácil de formar y que sea durable. Los 2 últimos materiales son usados en menor porcentaje.

Las demás materias en muy pequeñas cantidades sirven para modificar el color. Por ejemplo el Hierro+sulfato+carbón forman un color marrón o ámbar que evitan los rayos ultravioletas.

El vidrio reciclado se pesa en la balanza menor mientras que los componentes mayores en la balanza mayor, para luego ser enviados al horno.

En el proceso de mezcla, luego de pesados los materiales en la balanza menor y en la mayor, se envía la mezcla mediante el alimentador de mezcla, luego al elevador de mezcla y después al transportador de mezcla para llenar un silo que se encuentra en la parte superior del horno de fundición.

Esta área consta de determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA (HP) - (W)	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	fp	EFICIENCIA(%)	POTENCIA APARENTE
Elevador de mezcla	30 - 22380	39	460	0,89	93	27,03 KVA
Alimentador de mezcla	7,5 - 5595	10	460	0,78	90,2	7,95 KVA
Transportador de mezcla	7,5 - 5595	10	460	0,78	90,2	7,95 KVA
Mezcladora	60 - 44760	74	460	0,85	93,6	56,25 KVA
Total aproximado de este sistema						**99,18 KVA**

Tabla 2.7. Potencia instalada de los equipos en el sistema de mezcla.

Después de explicar como funcionan y cuales son los consumos de energía de los diferentes sistemas que se encuentran en planta de mezcla, el consumo total de esta área se muestra en la siguiente tabla:

	POTENCIA APARENTE
Sistema de materia prima	48,8 KVA
Sistema de casco	48,78 KVA
Sistema de mezcla	99,18 KVA
Total aproximado del sistema	**196,76 KVA**

Tabla 2.8. Potencia total de equipos instalados en planta de mezcla.

2.3 Horno de Fundición(F).

El horno llega a 1500 ºC y funciona a base de bunker que es alimentado por la casa de combustibles. Para el ingreso de la mezcla (proveniente de planta de mezcla) al horno, se tiene la ayuda de un sistema automatizado llamado Hidramix (encargado de humedecer la mezcla antes de que entre al horno) y el sistema del cargador del horno (motor que se encarga del ingreso de la mezcla al horno).

El vidrio es fundido en el horno y es acondicionado en el área de los alimentadores para luego ser usado en las máquinas de formación de envases.

En el acondicionamiento se reduce la temperatura para hacer que el vidrio líquido se vuelva viscoso y manejable.

GLP es usado para acondicionar el vidrio en los alimentadores, el GLP proviene del tanque de GLP.

El horno está conformado por determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA (HP) - (W)	CORRIENTE (A)	TENSION (V)	fp	EFICIENCIA(%)	POTENCIA APARENTE
Extractor de gases de chimenea	40 - 29840	47	460	0,76	93,6	41,94 KVA
Ventilador aire de combustión del horno	20 - 14920	23,5	460	0,79	91,7	20,59 KVA
Válvula de péndulo	1,5 - 1119	2,2	460	0,71	85,5	1,84 KVA
Pala cargadora del horno	3 - 2238	4,3	460	0,82	87,5	3,11 KVA
Hidramixer	7,5 - 5595	10,1	460	0,78	90,2	7,95 KVA
Ventilador enfriamiento paredes horno 1	50 - 37300	59	460	0,86	93,6	46,33 KVA
Ventilador enfriamiento paredes horno 2	50 - 37300	59	460	0,86	93,6	46,33 KVA
Total aproximado de este sistema						**168,09 KVA**

Tabla 2.9. Potencia instalada de los equipos en el panel del horno de fundición.

Alimentadores(G).-en estos bloques se acondiciona el vidrio fundido para luego ser usado en las máquinas de formación.

2.4 Formación de Envases(H).

A1, A2, A3.- Máquinas de formación de envases.

Para la formación de los envases se usan las máquinas de formación que son controladas por medio de paneles electrónicos. Estas máquinas utilizan aire comprimido y componentes mecánicos (moldes) para su funcionamiento.

Total aproximado de los motores de este sistema = 74.01745 KVA

Archas de recocido A1, A2, A3 (I).- Son los hornos donde se reduce gradualmente la temperatura para evitar que los envases se rompan debido a un choque térmico. Las archas de recocido usan diesel (alimentado por el motor ubicado en la casa de combustibles) para realizar la combustión por medio de los quemadores distribuidos a lo largo de las archas.

En estos hornos también se encuentran en funcionamiento motores que cumplen la función de distribuir de manera uniforme la temperatura generada por los quemadores en el interior de cada módulo del archa (ventiladores de convección).

Existen 22 ventiladores de convección y 28 motores de los quemadores funcionando en las tres archas de recocido.

Esta área consta de determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA(HP)	CORRIENTE(A)	TENSION(V)	POTENCIA APARENTE	TOTAL
Ventiladores de convección	5	7.5	460	5.975 KVA **x 22**	131.45 KVA
Motor de combustión de los quemadores	0.5	0.9	460	0.717 KVA **x 28**	20.07 KVA
Total aproximado de este sistema					**151.52 KVA**

Tabla 2.10. Potencia instalada en las archas de recocido.

Área de inspección(J).- es donde se realiza la inspección de los defectos del producto (Calidad del envase). En esta zona se rechaza los envases con defecto.

Área de decoración(K).- es donde se pone la etiqueta vitrificada del cliente en el envase.

Existen 12 ventiladores de convección y 16 motores de combustión de los quemadores funcionando en el horno de decoración.

Esta área consta de determinados equipos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	POTENCIA(HP)	CORRIENTE(A)	TENSION(V)	POTENCIA APARENTE	TOTAL
Ventiladores de convección	5	7.5	460	5.975 KVA **x 12**	71.7 KVA
Motor de combustión de los quemadores	0.5	0.9	460	0.717 KVA **x 16**	11.47 KVA
Total aproximado de este sistema					**83.17 KVA**

Tabla 2.11. Potencia instalada en las archas de decoración.

Bodega de producto terminado.-donde se almacena y se distribuye el producto terminado.

2.5 Tratamientos Finales.

Los únicos tratamientos que se realizan a los envases son para evitar que se peguen y se aplican a la salida de las máquinas de formación, también a la salida de las archas de recocido.

Después de estos procesos vienen los procesos de inspección y decorado de la botella para tener como producto final el envase de vidrio.

La siguiente tabla muestra las potencias de las diferentes áreas de la planta, sumando todas nos dará como resultado la potencia total.

ÁREA	POTENCIA APARENTE
Cuarto de sistemas	3425.27 KVA
Planta de mezcla	196.76 KVA
Torres de enfriamiento	98.04 KVA
Casa de combustible	36.25 KVA
Horno	168.09 KVA
Máquinas de formación de envases	74.01 KVA
Archas de recocido A1, A2, A3	151.52 KVA
Decoración	83.17 KVA

Tabla 2.12. Potencias de todos los sistemas de la planta.

POTENCIA TOTAL APROXIMADA DE MOTORES DE LA PLANTA = 4.2 MVA

CAPITULO 3

RECONOCIMIENTO Y EVALUACION DEL AREA ELECTRICA EN CRIDESA

3.1 Cámara de Transformación y Alimentadores de Energía

Ubicación y Características del local

La cámara de transformación está conformada por dos transformadores trifásicos los cuales pueden funcionar simultáneamente o por separado. Los dos transformadores se encuentran ubicados dentro de un mismo emplazamiento, que dentro de la planta se lo conoce como cuarto de sistemas, la construcción de la edificación que alberga los transformadores es de ladrillo y tiene un área aproximada de 360 metros cuadrados, el piso es uniforme y en toda su extensión se encuentra pintado. Los transformadores se encuentran asentados directamente sobre el piso. En el cuarto de sistemas además de los 2 transformadores se encuentran otros equipos importantes como:

ITEM	EQUIPO	CANTIDAD
1	Banco de Baterías	1
2	Centro de Control de Motores	1
3	Compresores	5
4	Generadores	2
5	Panel Principal de Distribución	1
6	Transformadores Trifásicos	2

Tabla 3.1. Equipos instalados en el cuarto de sistemas.

El NFPA 70E[1] en su ***Parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones, Capitulo I, Sección 1-8.1.6 Espacios Dedicados para Equipos***, establece que:

Paneles de distribución para el control de iluminación y circuitos de potencia, paneles cargadores de baterías alimentados por luz solar o circuitos de potencia y centros de control de motores deben ser localizados en espacios dedicados y protegidos de daños como indican los artículos 1-8.1.6.1 y 1-8.1.6.2.
Excepción: Equipo de control que por su misma naturaleza o a causa de otras reglas del standard deben estar adyacentes a, o dentro de la vista de su maquinaria de operación debe ser permitido en estas localidades.

Esta regla es quebrantada en CRIDESA por que además de los tipos de paneles indicados por la regla también se ubican dentro del mismo espacio 2 transformadores de potencia elevada.

Capacidad Nominal y Distribución Eléctrica

Cada uno de los transformadores tiene el primario conectado en delta y el secundario conectado en estrella aterrizado, las demás características propias de los transformadores se detallan en la siguiente tabla.

Capacidad	**(KVA)**	**1500**
Voltaje	**(V)**	**4160- 480Y/277**
Corriente	**(A)**	**239.4/2074**
Impedancia	**(%)**	**8.05**

Tabla 3.2. Datos de placa de los transformadores

La alimentación para cualquiera de los dos transformadores se deriva del panel principal de distribución.

Forma Constructiva de los Transformadores

Los dos transformadores trifásicos están sumergidos en aceite aislante, con enfriamiento tipo OA/FA. El enfriamiento por aire forzado se lo obtiene a partir de dos ventiladores con una potencia de 1 HP cada uno, colocado sobre las alas de disipación de calor.

El NFPA 70E[1] en su ***Parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones, Capitulo III, Sección 3-10.5.4 Transformadores aislados en aceite instalados en interiores*** establece que:

Transformadores aislados en aceite instalados interiormente deben ser instalados en una cámara.

Esta parte no es cumplida en CRIDESA puesto que en un mismo ambiente se encuentran ubicados conjuntamente con los dos transformadores trifásicos, paneles de fuerza para el arranque de motores y compresores, además de paneles de iluminación, generadores, etc. Ciertamente se debe reconocer que durante los treinta años de funcionamiento de la planta estos elementos han permanecido ubicados y distribuidos de tal forma que comparten un mismo espacio, se debe procurar sin embargo, ajustarse a las normas para gestionar eficazmente la seguridad de los trabajadores. Se distingue que los dos transformadores trifásicos deben ser del tipo completamente autoprotegidos o poseer características similares a estos si la incorporación de medidas de seguridad es imposible por el momento.

3.2 Centro de Control de Motores.

Ubicación

El centro de control de motores ubicado también en el cuarto de sistemas se encuentra en medio de los dos transformadores trifásicos de baja tensión, (4160/440 V), señalados anteriormente, se debe hacer hincapié que no existe un mínimo de espaciamiento de los dos transformadores con respecto al centro de control de motores, esta forma de ubicación de estos tres equipos puede representar un riesgo importante si no se adoptan las medidas precautorias respectivas.

En el caso de que un riesgo llegara a materializarse, el resultado más posible es el de que se produzca un incendio lo que provocaría que toda la planta pare su producción y se pueda desencadenar un efecto dominó, ya que la distribución de carga de toda la fábrica proviene del cuarto de sistemas.

Como se señala en el NFPA 70E [1], en su ***Parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones, Capitulo I, Sección 1-8.1.6 Espacios Dedicados para Equipos*** detallado en la sección 3.1.1 Ubicación y Características del local, el CCM debe tener su propio espacio o compartirlo con otros equipos que no sean transformadores.

Características de construcción del Centro de Control de Motores (CCM).

El panel está construido de acero y está dividido por secciones, por la parte frontal se puede comandar cualquiera de los dispositivos de control, mientras que por la parte posterior se tiene acceso a las diferentes líneas de fuerza. La alimentación de corriente del CCM se lo realiza por la parte superior. Otro aspecto a mencionar es que no cuenta con iluminación propia dentro del panel. Este centro de control de motores está en funcionamiento desde que la fábrica empezó sus operaciones alrededor de 1980.

Distribución de los cables de alimentación dentro del CCM

La distribución de los cables y cualquier tipo de mantenimiento que estos requieran se hará por la parte posterior del panel, las puertas son abatibles pero la mala distribución de equipos en la parte posterior del centro de control de motores no permite abrirlas completamente, y cualquier persona que tenga que realizar trabajos de mantenimiento no tiene el espacio suficiente para moverse y maniobrar tranquilamente, la iluminación que proviene únicamente de las lámparas ubicadas en la parte superior del edificio no alcanzan para observar correctamente el interior del panel, lo que hace necesario que el trabajador utilice lámparas portátiles lo que hace mucho más difícil llevar a cabo un trabajo con un bajo grado de peligro. Es necesario también que trabajos con tensiones altas sean realizados por dos personas, pero al reducido espacio se accede con dificultad y la presencia de dos personas hace mas difícil la tarea. La ventilación correspondiente al tramo que se encuentra ubicado el CCM es insuficiente, hecho que ciertamente no ayuda en la realización de un buen trabajo.

De acuerdo con el ***NFPA 70E [1]***, ***Parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones***, ***Capítulo 1*** **sección** ***1-8.1.1.1 Profundidad de los Espacios de Trabajo, Excepción N°1*** establece que:

Excepción N°1: No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos como tableros de distribución de fuerza de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes reemplazables o ajustables como fusibles o desconectadores en su parte posterior, y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no sean las partes posteriores. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 762 mm en horizontal.

Si bien es cierto, por la parte posterior del centro de control de motores se encuentran ubicados solo los cables de alimentación, característica que lo ubica dentro de la excepción descrita, cabe mencionar también que tras del CCM se encuentran ubicados uno al lado del otro dos bancos de capacitores y un switch de transferencia, dejando un espacio de 0.73 m entre estos equipos y el CCM, un valor menor que lo requerido por el *NFPA 70E* en cuanto al espacio de trabajo.

Panel de Distribución Principal

Dentro del cuarto de sistemas también se encuentra ubicado un panel de distribución principal del que se deriva la alimentación para los dos transformadores y los tres compresores, el panel de distribución esta conformado por seccionadores y barras para la distribución de la carga. El panel se encuentra completamente sellado por todos sus lados, no existen partes en tensión visibles, este panel está en funcionamiento desde que la planta inició sus operaciones, tampoco se evidencian signos de corrosión en la estructura metálica. El panel de distribución principal cumple con los requisitos de la ***sección 1-8.1 del NFPA 70E [1]***, detallado en la sección anterior, acerca del espacio de trabajo alrededor de equipos eléctricos.

3.3 Tableros Eléctricos.

Torres de Enfriamiento

- **Ubicación e Identificación Preliminar de Riesgos Eléctricos**

El tablero eléctrico está ubicado junto a los motores de las bombas de agua que sirven para la refrigeración del aceite de los compresores, a un lado del tablero existe un pozo de 1 metro cúbico aproximadamente en el que se recoge agua proveniente del sistema de enfriamiento de los compresores. Aunque el tablero eléctrico está bajo cubierta su exposición parcial a la intemperie, la humedad del lugar y la falta de protección galvánica han favorecido la corrosión de su estructura metálica.

En el momento en el que se precise mantenimiento para el tablero, el electricista u operario no dispone del espacio de trabajo mínimo o necesario que exigen en sus artículos respectivos el NFPA. Esta afirmación se basa en el ***NFPA 70E [1]***, ***Parte I Requisitos de Seguridad en***

Instalaciones*, *Capítulo 1* sección *1-9.3 Espacios de Trabajo alrededor de Equipos, que especifica:

> **Suficiente espacio debe ser provisto y mantenido alrededor de equipos eléctricos para permitir una operación pronta y segura y el mantenimiento de tales equipos. Donde existan partes energizadas expuestas, el mínimo espacio de trabajo no debe tener menos de 6 ½ ft. (1.98 m) de alto (medido verticalmente desde el piso o plataforma), o menos de 3 ft. (914 mm.) de ancho (medido paralelamente al equipo). La profundidad debe ser como la especificada en 1-9.51 de la Parte I. En todos los casos, el espacio de trabajo debe ser el adecuado para permitir al menos una abertura de 90 grados de puertas o paneles abisagrados.**

Se exige que todo panel o tablero eléctrico tenga la simbología clara respecto a los riesgos eléctricos asociados a su funcionamiento, que cuente con una placa de información acerca de los valores nominales que dispone en sus terminales, esto es voltaje, corriente, frecuencia, corriente de cortocircuito, etc. Asimismo debe indicar el tipo de equipos de protección personal que debe utilizar un operario. Esto no se observa en ninguna parte del tablero eléctrico ubicado en la casa de bombas, sus puertas no están aseguradas a través de candados u otros elementos destinados para tal fin. Todas estas exigencias están apoyadas en las siguientes secciones del NFPA 70 National Electric Code ® 2002 Edition y NFPA 70E que se detallan a continuación.

El ***NFPA 70 National electric Code ® 2002 Edition [1], Capitulo I General, Articulo 110 Requisitos para Instalaciones Eléctricas, Sección 110-16 Protección de Arco Eléctrico*** establece que:

> **Paneles de distribución, paneles de control industrial, y centros de control de motores que son probables de requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras están energizados deben ser marcados para prevenir a personas calificadas del peligro potencial de arco eléctrico. Estas marcas deben ser localizadas en un lugar claramente visible para las personas calificadas antes de un examen, ajuste, servicio o mantenimiento del equipo.**

En el siguiente grafico se muestra un ejemplo del tipo de etiquetas que deben ser colocadas en áreas con riesgo eléctrico.

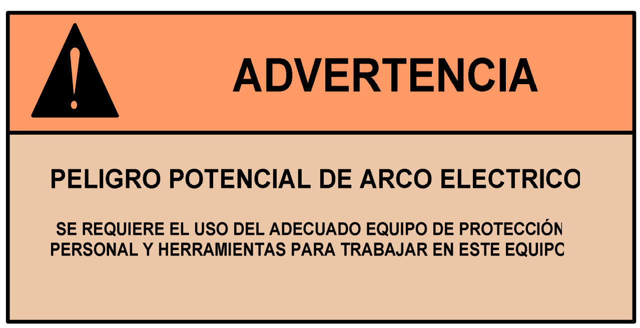


Figura 3.1. Ejemplo de etiquetas de seguridad.

El ***NFPA 70E [1], en su parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones, Capitulo I Requisitos Generales para Instalaciones Eléctricas, Sección 1-6 Señales***, establece que:

El nombre del fabricante, marca comercial, u otra marca descriptiva por el cual la organización responsable del producto pueda ser identificada debe ser colocado en todo equipo eléctrico. Otras marcas que indiquen voltaje, corriente, potencia u otras características nominales deben ser provistas. Las marcas deben ser de suficiente durabilidad para soportar el ambiente en el que permanecerán.

El ***NFPA 70E [1], en su parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones, Capitulo II Diseño y Protección de Instalaciones Eléctricas, Sección 2-4.2.2 Señales de Advertencia***, establece que:

Señales con las palabras "PELIGRO-ALTO VOLTAJE-MANTENERSE ALEJADO" deben ser colocados a la vista, donde personas no autorizadas podrían entrar en contacto con partes energizadas.

En Casa de Combustibles

Ubicación

El lugar en el que se alojan los motores que bombean combustible hacia el horno es una estructura que solo ofrece protección del sol y la lluvia a través de su techo, en este mismo lugar y ubicado en un costado está el tablero eléctrico que comanda todos los motores de esta área.

A simple vista se puede observar la corrosión que padece el tablero, principalmente debido a la exposición al aire libre, sin ningún tipo de protección, ni física ni catódica. En una inspección más minuciosa se puede observar la falta de limpieza de este tablero, las manchas de bunker no solo que afectan la estética del panel sino que también ayudan en el deterioro físico de la estructura metálica del mismo, el polvo es otro aspecto que esta presente en el interior del mismo, tampoco existe una identificación de los circuitos tal como lo exige el NFPA***.***

El NFPA 70 National Electric Code, Articulo 310 Conductores para Cableado General, Sección 310.9 Condiciones Corrosivas establece que:

Los conductores expuestos a aceite, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias, que tengan un efecto corrosivo sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo adecuado para esa aplicación

A un lado de la casa de máquinas pasan canalizaciones de bunker, gas y diesel, aproximadamente a 1 metro de distancia, situación que va en contra del estándar del NFPA 70E detallado a continuación.

El ***NFPA 70E [1], en su parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones, Capitulo I Requisitos Generales para Instalaciones Eléctricas, Sección 1-9.5.6 Protección de Equipos de Servicio, Paneles y Estructuras de Control Industrial***, establece que:

Tuberías de conductos extraños a las instalaciones eléctricas que requieren mantenimiento periódico o cuyo mal funcionamiento podría poner en peligro la operación del sistema eléctrico no debe estar localizado en la vecindad de los equipos de servicio, paneles o estructuras de control industrial. Protección debe ser provista donde es necesario evitar el daño que pueden producir las fugas y roturas en

tales sistemas extraños. Tuberías y otras instalaciones no deben ser consideradas extrañas si su finalidad es la protección del sistema eléctrico del incendio.

El NFPA 70 [1]National Electric Code, Artículo 430 Motores, Circuitos de Motores y sus Controladores, Sección 430-11 Protección contra Líquidos, establece que:

Debe instalarse protecciones o envolventes con el fin de dar la protección adecuada, tanto a los alimentadores al motor, como a los aislamientos de estos en sus conexiones, cuando se instalen en lugares en donde pueda presentarse goteo o rociarse sobre el motor: aceite, agua, o cualquier otro liquido que lo pueda dañar, a menos que el motor este diseñado para soportar esas condiciones existentes.

Los motores que se ubican en la casa de combustibles son motores de construcción a prueba de explosión, es decir, son motores construidos para operación en ambientes hostiles.

El NFPA 70 National Electric Code [1], Artículo 430 Motores, Circuitos de Motores y sus Controladores, Sección 430-12 Cajas para las terminales de motores, literal a) establece que:

a) Material. Cuando los motores están provistos de cajas terminales, estas deben ser metálicas y de construcción robusta.

En la siguiente grafica se aprecia que esta norma si es cumplida con los motores de la casa de combustibles en CRIDESA.

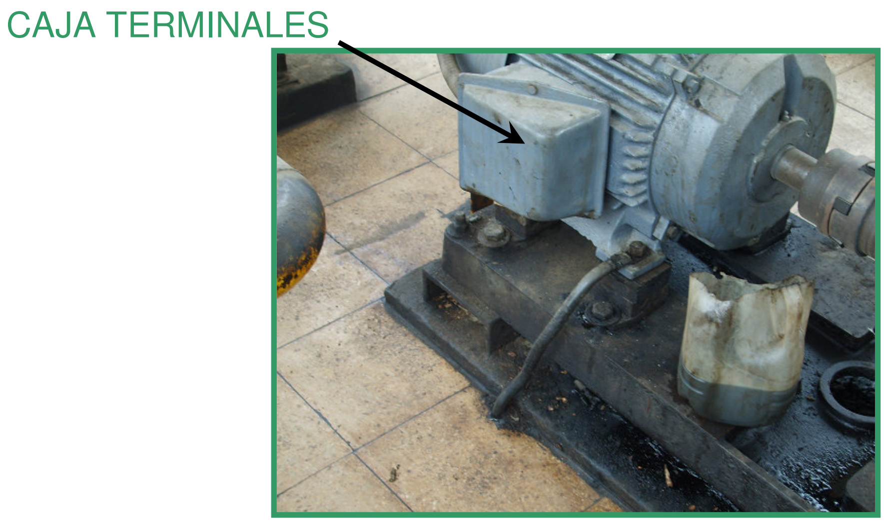


Figura 3.2. Motor de alimentación de diesel

En Bombas de Agua

Ubicación

La caseta en la que se encuentra ubicado el tablero eléctrico para la alimentación y control de las bombas de agua estaba localizada sobre un terreno que facilitaba la estanqueidad de las aguas cuando llovía. Los motores han sido reubicados y colocados sobre mesas.

En el tablero principalmente se puede observar la falta de identificación de equipos y circuitos, que pueda facilitar cualquier trabajo de mantenimiento. A simple vista se evidencia el deterioro del panel.

3.4 Aplicación de Motores Eléctricos.

Dentro de CRIDESA existen áreas en las cuales hay ambientes tales como:

- Mezcla peligrosa (Casa de bombas de combustible)
- Polvos que no son inflamables, pero que si llegaran a penetrar la carcaza del motor podrían dañarlo (Planta de mezcla).
- Áreas en donde la temperatura esta por los 100 ºC o mas y en las cuales deben trabajar ciertos motores (Horno, Formación, Archas de recocido y decoración).

En este documento, se ha elegido un motor de cada área en cuestión para analizar si su aplicación es la correcta.

Véase el apéndice A, el cual explica los conceptos de las variables involucradas en todas las placas de los motores, para poder llegar a una conclusión acerca de su aplicación.

Conociendo los conceptos de los datos más importantes de placa, se usarán estas teorías para mostrar cuales son las condiciones de servicio de los motores en las diferentes áreas de la planta.

Casa Bombas de Combustible

Esta área de CRIDESA es totalmente abierta, con lo cual se asegura una ventilación natural que es suficiente para prevenir la acumulación en cantidades significativas de vapor-aire (mezcla explosiva). Por esto el documento # NFR-036-PEMEX-2003 “clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico”, realizado por el “comité de normalización de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios”[4], nos indica lo siguiente:

Cuando existen fuentes de peligro cercanas al nivel de piso, en lugares adecuadamente ventilados, que manejen productos que desprendan vapores o gases inflamables, se debe considerar un área peligrosa de la Clase 1, división 2.

- **6.1.28 Área Clase I División 2. Son lugares en donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.**

- **8. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO ELÉCTRICO.**

    - **8.2.21 Motores y generadores.**
        - **8.2.21.4 División 2. En áreas Clase 1, División 2, los motores generadores y otras máquinas rotatorias que contengan contactos deslizantes, mecanismos de interrupción del tipo centrífugo o de otro tipo (incluyendo dispositivos de sobrecorriente o sobre temperatura de motores) o dispositivos con resistencias integradas, deben ser del tipo aprobado para lugares Clase 1, División 1, a menos que tales dispositivos o mecanismos se encuentren dentro de cubiertas aprobadas para lugares Clase I, División 2. Cuando operen a tensión nominal, la superficie expuesta de los aparatos calefactores usados para prevenir la condensación de mezclas durante cortos períodos no deben exceder de 80% de la temperatura de ignición en grados celsius del gas o vapor que lo rodea (Se aplica en CRIDESA ya que los motores son a**

prueba de explosión aprobados para lugares clase 1 división 1).

- **8.2.21.5 Los motores que no contengan escobillas, mecanismos de interrupción o dispositivos similares que produzcan arcos, tales como motores de inducción de jaula de ardilla, pueden ser abiertos o del tipo cerrado que no sea a prueba de explosión (Este literal no es aplicado en CRIDESA porque existen mecanismos de interrupción que producen arcos).**

Aplicación	Bomba Bunker
Tipo de motor	3 HP, 1800 RPM, Diseño Nema B, Código K, aislamiento clase F, Encl TE, Frame 182T, S.F. 1.25, Max KVAR 1.50
Tiempo de operación	3000 h/año
Corriente nominal	8.50 – 8.00/4.00 A
Voltaje nominal	208 – 230/460 V
Eficiencia	85.7%

Tabla 3.3. Datos de placa del motor de la bomba que alimenta de bunker a la planta

Diseño NEMA B.- En el arranque desarrolla pares a rotor bloqueado 215% y par máximo 250 % del par de plena carga como lo muestran las tablas 1 y 3 del apéndice A respectivamente.

Código K.- en la letra K los KVA máximo de rotor bloqueado es 9 (véase tabla 8 del apéndice A) y como el motor es de 3HP, entonces los KVA_{LR}=27. Con un voltaje de 480V nos da una corriente de arranque I_{LR}=32.47 A.

Aislamiento Clase F.- aguanta temperaturas de operación de 115ºC sobre la temperatura estándar de 40ºC, como lo muestra la tabla 5 del apéndice A.

Encl TE.- No hay datos

Motor a Prueba de explosión.

Frame 182T.- D=18/4=4.5”

Aplicación	Bomba Diesel
Tipo de motor	2.4HP, 1125 RPM, Diseño Nema B, Código K, Aislamiento clase B, BG100L
Tiempo de operación	3000 h/año
Corriente nominal	8.5 / 4.25 A
Voltaje nominal	220 / 440 V
Eficiencia	85.5%

Tabla 3.4. Datos de placa del motor de la bomba que alimenta de diesel a la planta

Diseño NEMA B.- En el arranque desarrolla pares a rotor bloqueado 160% y par máximo 240 % del par de plena carga como lo muestran las tablas 1 y 3 del apéndice A respectivamente.

Código K.- en la letra K los KVA máximo de rotor bloqueado es 9 (véase tabla 8 del apéndice A) y como el motor es de 2.4HP, entonces los KVA_{LR}=21.6. Con un voltaje de 480V nos da una corriente de arranque I_{LR}=25.98 A.

Aislamiento Clase B.- aguanta temperaturas de operación de 90ºC sobre la temperatura estándar de 40ºC (véase tabla 5 apéndice A).

Encl.- No hay datos.

Motor a prueba de explosión.

Torres de Enfriamiento

Aplicación	Bomba Agua
Tipo de motor	75 HP, 1770 RPM, Diseño Nema B, Código G, Aislamiento clase F, S.F. 1.15, Encl TEFC, 365T, fp 85, Max corr KVAR 16
Tiempo de operación	3000 h/año
Corriente nominal	186/93 A
Voltaje nominal	230/460 V

Tabla 3.5. Datos de placa del motor de la bomba que envía agua para el enfriamiento del aceite de los compresores.

Diseño NEMA B.- En el arranque desarrolla pares a rotor bloqueado de 140% y par Máximo de 200 % del par de plena carga como lo muestran las tablas 1 y 3 del Apéndice A respectivamente.

Código G.- en la letra G los KVA máximo de rotor bloqueado es 6.30 (véase tabla 8 del apéndice A) y como el motor es de 75HP, entonces los KVA_{LR}=472.5. Con un voltaje de 480V nos da una corriente de arranque I_{LR}=568.32 A.

Aislamiento Clase F.- aguanta temperaturas de operación de 115ºC sobre la temperatura estándar de 40ºC (véase tabla 7 del Apéndice A).

Encl TEFC.- totalmente cerrada enfriado con ventilador externo

Frame 365T.- D=36/4=9”

Alimentador de mezcla

Aplicación	Compresor de aire CC1
Tipo de motor	7.5HP, 1755 RPM, Diseño Nema B, Código H, aislamiento clase F, S.F. 1.15, Encl TEFC, 213T
Tiempo de operación	3000 h/año
Corriente nominal	21/10.5 A
Voltaje nominal	230/460 V

Tabla 3.6. Datos de placa del motor tornillo alimentador de mezcla.

Diseño NEMA B.- En el arranque desarrolla pares a rotor bloqueado de 175% y par máximo de 215 % del par de plena carga como lo muestran las tablas 1 y 3 del Apéndice A respectivamente.

Código H.- en la letra H los KVA máximo de rotor bloqueado es 7.10 (véase tabla 8 del Apéndice A) y como el motor es de 7.5HP, entonces los KVA_{LR}=53.25. Con un voltaje de 480V nos da una corriente de arranque I_{LR}=64.04 A.

Aislamiento Clase F.- aguanta temperaturas de operación de 115ºC sobre la temperatura estándar de 40ºC(véase tabla 7 del Apéndice A).

Encl TEFC.- totalmente cerrada enfriado con ventilador externo, con lo cual evita que el polvo existente a sus alrededores pueda penetrar la carcaza.

Frame 213T.- D=21/4=5.25”

Los motores con aislamiento clase F, Encl TEFC son aplicados en áreas en donde la temperatura esta aproximadamente a 100 ºC (Horno, Formación, Archas de recocido y decoración). Con esto se garantiza que los motores aguantaran temperaturas de trabajo elevadas.

3.5 Sistema de Puesta a Tierra

La implementación de un buen sistema de puesta a tierra es necesaria para garantizar la seguridad de las personas, operación de los equipos y un adecuado desempeño de los mismos, la omisión de este procedimiento hará que algunos voltajes puedan provocar fallas en el aislamiento de los equipos. La puesta a tierra del neutro de un sistema trifásico hace posible la operación de sistemas de protección basados en la detección de corrientes que circulan por los conductores de puesta a tierra despejando así el circuito bajo falla (Aplicación de los dispositivos de protección diferencial explicados en el capitulo 6 literal 6.4). A continuación se detallan las consecuencias de no tener una puesta a tierra segura.

- Discontinuidad en el servicio
- Sobretensiones del sistema de potencia
- Generación de tensiones anormales
- Dificultad para localizar fallas
- Posibilidad de incendios por arcos
- Fallas múltiples a tierra

En CRIDESA no existe documentación técnica que pueda dar soporte acerca del sistema de puesta a tierra implementado allí. Por inspección visual se puede afirmar de la existencia de conductores de puesta a tierra en la subestación principal y en el cuarto de sistemas, pero que sus mallas de puesta a tierra no están unidas. Aunque ciertamente no se puede afirmar que los diferentes conductores de puesta a tierra encontrados sean puntos independientes de aterrizamiento o verdaderamente todos se unen a través de una malla. A continuación se destacan algunos puntos con respecto a la forma en que se han implementado los sistemas de puesta a tierra en áreas críticas (Para una mejor comprensión, véase el apéndice B, el cual muestra de forma clara el diagrama de conexión de tierra de equipos y paneles existentes en la planta).

Condiciones Técnicas, Físicas y Mecánicas de la Malla de Puesta a Tierra existente:

- La malla de Puesta a Tierra de la subestación Principal 69/4.16 KV presenta buenas condiciones físicas en los cables # 4/0 utilizados para aterrizar las estructuras metálicas, carcasa del transformador de la subestación, equipos de protección y aislamiento.
- El neutro del transformador se encuentra auto regulado y debidamente aterrizado.
- Todas las estructuras metálicas de la subestación se encuentran debidamente aterrizadas.

- El cerramiento perimetral se encuentra aterrizado en varios puntos

Medición de Resistencia en Ohmios de la malla de Puesta a Tierra de la subestación Principal

Se procedió a la medición de la resistencia de la malla de puesta a tierra existente sin energía eléctrica, mediante el método de las 3 Puntas obteniendo el valor de **1,795 Ohms**, valor que demuestra que las condiciones de impedancia son bajas, el valor registrado cumpliría los requerimientos de conductancia requeridos para una operación eficiente de la misma.

Diseño de la Malla de Puesta a tierra existente:

No existe plano de la malla de tierra existente. En la línea de tierra que aterrizan los aisladores de la acometida de 4160v se empalman mediante grilletes 3 conductores # 2/0, ingresan al cuarto de sistemas y llegan a la barra de tierra del bastidor de entrada de la acometida eléctrica al seccionador principal.

De la malla de tierra de la S/E salen 2 conductores # 4/0 que ingresan al cuarto de sistemas y llegan a la barra de tierra ubicada en el bastidor donde ingresa la acometida del arrancador de motores y la otra llega a la barra de tierra del bastidor vacío del seccionador principal.

Cambios y/o medidas Correctivas a implementar:

- Se debe unir equipotencialmente la malla de la S/E con la del cuarto de sistemas mediante conductor # 4/0 AWG.

- Reubicar el conductor # 2/0 aislado acoplado al cerramiento a la malla de tierra de la S/E.
- Eliminar los 3 conductores # 2/0 que se acoplan en el jumper de aterrizamiento de los aisladores de la acometida eléctrica que ingresa al cuarto de sistemas.
- Se requiere la aplicación de PASTA DE CONTACTOS ELECTRICOS a los terminales de compresión # 4/0 de los jumpers de tierra de todas las estructuras de la S/E.
- Reemplazar los terminales (compresión y/o Talón) de los jumpers de tierra # 4/0 que aterrizan el cerramiento perimetral por conexiones exotérmicas (permanentes)
- Reemplazar los terminales (compresión y/o Talón) de los jumpers de tierra # 4/0 que aterrizan las estructuras metálicas de la acometidas de alta tensión por conexiones exotérmicas (permanentes)

TRANSFORMADORES O-Y Y O-Z Y TABLERO DISTRIBUCION PRINCIPAL:

Condiciones técnicas, Físicas y Mecánicas de las líneas de Puesta a Tierra existentes:

- La estructura metálica del transformador **O-Y** se encuentra aterrizada a la malla de tierra existente del cuarto de sistemas en un punto en forma independiente mediante cable # 2/0.
- El cajetín donde se ubica la alimentación eléctrica del transformador **O-Y** se encuentra aterrizado mediante cable # 2/0 que viene desde la barra de tierra del bastidor de alimentación ubicado en el seccionador y sigue su recorrido hasta terminar en otro punto de la malla de tierra del cuarto de sistemas.
- El cajetín donde se ubica la alimentación eléctrica del transformador **O-Z** se encuentra aterrizado mediante cable # 2/0 que viene desde la barra de tierra del bastidor de alimentación ubicado en el seccionador.
- La estructura metálica del transformador **O-Z** se encuentra aterrizada a un punto de la malla existente en el cuarto de sistemas en forma independiente mediante cable # 2/0.
- Los conductores de # 2/0 presentan condiciones físicas normales de acuerdo a la inspección física efectuada.
- La barra de tierra de los bastidores donde se ubican las líneas de alimentación eléctrica de los transformadores **O-Y** y **O-Z**, son aterrizadas mediante jumpers con cable # 4/0 que vienen de los bastidores vecinos.
- De la Barra de tierra del Tablero de distribución Principal se encuentran instaladas los conductores de tierra # 2 que viajan por los BUS WAY

hacia: cuarto de horno, cuartos de formación, Archa de Formación, zona fría, Decoración, Producto terminado, tableros líneas # 1, # 2 y # 3, taller de motores, taller de moldes, TDP área de aseo, cuarto de bombas agua potable/contra incendios y reserva (Z – 16).

- La barra de NEUTRO del transformador OY y OZ se encuentra aterrizada a la barra de tierra del CCM mediante una barra de Cu.
- No se efectuó medición de la resistencia de puesta a tierra debido a que:
  1) La falta de cajas de revisión no permite verificar si se está aterrizando a una malla de tierra ubicada en el cuarto de sistemas o son puntos independientes de tierra.
  2) La configuración actual de puesta a tierra de todos los equipos instalados en el cuarto de sistemas se encuentra unida a la malla de la S/E, razón por la cual se asume que el valor de Rspat de la malla de tierra de la S/E es el mismo.
  - No existen planos donde se grafique la existencia de alguna malla de puesta a tierra en el cuarto eléctrico.
  - Por la existencia de muchos jumpers de tierra podemos asumir que si existe una malla de puesta a tierra en el cuarto de sistemas, lo que no podemos determinar es el detalle de construcción.

Cambios y/o medidas Correctivas a implementar:

- Reemplazar los conductores desnudos # 2 por conductores THHN # 4/0 que brindan servicios a los bus way y tableros de distribución
- Mantenimiento a todos los terminales de compresión
- Eliminar el aterrizamiento adicional a la malla del cuarto de sistemas del cajetín de acometida del transformador **O-Y**

GENERADORES:

Condiciones técnicas y físicas de las líneas de tierra:

- A la carcasa del generador Caterpillar llega un conductor # 2/0 aislado que viene de un terminal talón acoplado a un jumper de tierra que aterriza el cerramiento de la S/E.
- Del mismo punto de tierra en la carcasa del generador Caterpillar salen 2 conductores # 2/0, uno llega a la base del motor y el otro llega a un dispositivo de arranque del motor.
- Del punto de tierra de la base del motor se encuentra un conductor # 2/0 y aterriza la carcasa del tablero de transferencia manual.
- De la carcasa del seleccionador sale un conductor # 2/0 el cual se encuentra sin servicio.
- El generador M instalado no se encuentra aterrizado en ningún sitio.

Cambios y/o medidas Correctivas a implementar:

- Reubicar la línea de tierra que se encuentra acoplada a la malla del cerramiento de S/E e instalarla directamente a la malla de puesta a tierra de la S/E.
- Aterrizar la estructura del generador Massey Ferguson

Bombas de Combustible.

Se aprecia la llegada de un conductor #250 MCM a la carcasa del panel de distribución eléctrica, cuando lo correcto seria que llegara hasta una barra de tierra. Aunque existe una barra de tierra esta no se encuentra aterrizada por ningún tipo de conductor. Existe un conductor # 1/0 que aterriza el transformador de 440/220 Voltios ubicado en la parte superior del panel. La carcasa de cada uno de los motores de combustible está aterrizada de forma directa a una malla de puesta a tierra existente. No se puede asegurar que la malla de puesta a tierra esta equipotencialmente unida a la malla de la subestación principal.

Torres de Enfriamiento.

Al panel de distribución eléctrica llega un conductor # 250 MCM y se acopla directamente a la carcasa y no a la barra de tierra existente.

Bomba de Agua Potable y Contra Incendios.

La estructura metálica del reservorio de diesel de la bomba contra incendios no se encuentra aterrizada. A la barra de tierra del panel de distribución eléctrica llega un conductor # 2/0. El controlador de la bomba contra incendios no se encuentra aterrizado. La estructura metálica de las bombas centrifugas de agua no se encuentran aterrizadas. No se observa conductor de puesta a tierra del panel de distribución. No existe malla de puesta a tierra.

CAPITULO 4

ANALISIS DE PELIGROS Y EVALUACION DE RIESGOS ELECTRICOS

4.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Lo primero que se debe tener claro antes de empezar el análisis de las instalaciones y los procedimientos de trabajo son los conceptos involucrados dentro de este tema, los cuales se presenta a continuación:

Peligro.- Es una fuente de posible daño o lesión para la salud. Probabilidad de que se produzca un daño, generalmente significando la calidad y cuantía del daño probable. Por ejemplo, peligro de muerte por electrocución.

Probabilidad.- La probabilidad se refiere a que el riesgo se puede materializar en mayor número de ocasiones debido al tiempo que se está expuesto al riesgo, a la cantidad de veces que se ejecuta la tarea, el número de personas implicadas en la tarea o en la zona que se desarrolla la misma, etc.

Riesgo.- La definición convencional del riesgo corresponde al producto del daño causado por la probabilidad de que tal daño se produzca.

Riesgo = Daño * Probabilidad

El riesgo es de naturaleza estocástica, y se basa en la existencia de un peligro, concretable en un daño, y al cual hay asociada una determinada probabilidad de ocurrencia.

Riesgo Eléctrico.- Es el riesgo originado por la energía eléctrica. Quedan específicamente incluidos los riesgos de choque Eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
Incendios o explosiones originados por la electricidad.

Riesgo Laboral .-Combinación de la frecuencia o probabilidad que puedan derivarse de la materialización de un peligro. El concepto de riesgo siempre tiene dos elementos: la frecuencia con la que se materializa el riesgo y las consecuencias que de el pueden derivarse.

Análisis del Riesgo.- El uso de la información disponible para identificar los peligros existentes y estimar el nivel de riesgo presente.

Daño.- Perjuicio causado en las personas, propiedades o medio ambiente, incluyendo tanto los de tipo biológico, con su repercusión económica correspondiente, y los meramente económicos.

Evaluación de Riesgos .- La evaluación de riesgos es la parte inicial y más importante de una actuación activa en prevención y es el proceso por el que los encargados en prevención pueden identificar el alcance de los riesgos que no hayan sido eliminados. Con la información obtenida en esta evaluación se podrá decidir acerca de la necesidad y tipo de las medidas preventivas.

La evaluación de riesgos es una parte del proceso preventivo que consiste en estimar la magnitud de aquellos *riesgos que no hayan podido evitarse*, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones para tomar la decisión apropiada sobre la necesidad de *adoptar medidas preventivas* y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

Gestión de Riesgo.- Proceso de decidir que debería hacerse respecto a un peligro, a la población expuesta o a los efectos adversos, implantando la decisión y evaluando sus resultados.

Severidad.- Es la gravedad de la lesión que pueda suponer el riesgo materializado

Trabajador autorizado.- Trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, basándose en su capacidad para hacerlos de forma correcta, según los procedimientos establecidos.

Trabajador Cualificado.- Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.

Jefe de Trabajo.- Persona designada por el empresario para sumir la responsabilidad efectiva de los trabajos.

4.2 PELIGROS ELECTRICOS DE LAS INSTALACIONES

Las personas que están expuestas a un riesgo eléctrico son aquellas que realizan trabajos con equipos eléctricos energizados, ya sea que su trabajo consista en un simple análisis o una inspección, o si se trata de un trabajo mas complejo como mantenimiento, sustitución o reparación de partes, se deben cumplir con los requisitos de seguridad exigidos por las instituciones de regulación, estas normas deben ser de reconocimiento a nivel nacional o internacional y su correcta aplicación evitará choques eléctricos u otros accidentes tanto a los trabajadores como a las instalaciones.

Peligros Eléctricos en el Cuarto Sistemas

Ya que en el cuarto de sistemas se encuentran varios equipos distribuidos en un área de 360 metros cuadrados, el análisis de los riesgos eléctricos es obligatorio. Aunque estos guardan una distancia de seguridad entre ellos, la regla no se cumple para todos los equipos tal como se mencionó en puntos anteriores, y es necesario a partir de los materiales de apoyo utilizados en el capitulo anterior proceder a la evaluación de los riesgos eléctricos.

- **Transformadores**

Todas las personas que se encuentren en las proximidades de un transformador, sean estas calificadas o no, y si no se han tomado las medidas precautelares para reducir el riesgo eléctrico, pueden ser víctimas de contactos eléctricos directos o indirectos, tensión de contacto, choques térmicos, etc. En base a las listas de chequeo utilizadas para identificación de peligros, se debe proceder al análisis de riesgos eléctricos en transformadores.

Seguridad

En lo que se refiere a los transformadores la mayoría de los requisitos de seguridad se cumplen, la protección de los terminales de entrada y salida es completa con lo que se evita entrar en contacto directo con las partes energizadas. A continuación se resalta la sección del NFPA 70E [1] que hace referencia a este punto.

El NFPA 70E [1] en su parte I Requisitos de Seguridad en Instalaciones, Capitulo I, Sección 1-8.2.1 Partes Vivas resguardadas contra Contactos Accidentales, establece que:

A excepción de lo requerido en otro sitio o permitido por este standard, las partes vivas de equipos eléctricos operando a 50 voltios o más deben ser resguardadas contra contactos accidentales a través de cercamientos aprobados o por cualquiera de los siguientes medios:

a) **Por localización en un cuarto, cámara o recinto similar que sea accesible solamente por personas calificadas.**
b) **Por divisiones permanentes apropiadas o pantallas que solamente personas calificadas tendrán acceso al espacio dentro del cual se pueden alcanzar las partes vivas. Cualquier apertura en tales divisiones o pantallas debe ser localizada y evaluada para que las personas no entren en contacto accidental con las partes vivas o a través de objetos conductores.**
c) **Por localización de balcones, galerías o plataformas elevadas y arregladas de tal forma de excluir a las personas no cualificadas.**
d) **Por elevación de 8 pies (2.44 m) o más arriba del piso u otra superficie de trabajo.**

Con respecto a esta sección del NFPA 70E [1] hay que resaltar que en CRIDESA y específicamente con los transformadores ubicados en el cuarto de sistemas se han tomado acciones dirigidas a evitar el contacto accidental con partes energizadas del transformador como son los bushings a través del recubrimiento.

El NEC también exige que todos los resguardos metálicos sean correctamente conectados a tierra, el cumplimiento de esta parte que hace referencia al **Capitulo 4 Equipos de Uso General, Artículo 450 Transformadores y Bóvedas para Transformadores, Sección 450.10 Puesta a Tierra**, del NFPA 70 [1] y que expresa lo siguiente:

Las partes metálicas de las instalaciones de los transformadores, que no transporte corriente y estén expuestas, incluyendo las cercas, resguardos, etc., se deben poner a tierra en las condiciones y en la forma prevista en el Articulo 250 para equipo eléctrico y para otras partes metálicas expuestas.

A partir de esta expresión se puede afirmar que el riesgo de contacto eléctrico directo con partes energizadas de transformadores o con partes que normalmente no se hallan bajo tensión es mínimo debido a las medidas de seguridad implementada por CRIDESA, medidas que van de acuerdo con las normas. En cuanto a la ventilación que tienen que tener estos tipos de transformadores, el ventilador colocado en la parte superior de las alas de disipación de calor no se encuentra en funcionamiento. Un tercer punto a considerar es que los transformadores están directamente asentados en el piso lo que si bien es cierto no representa un riesgo eléctrico para las personas si lo es para la instalación ante una eventual inundación del lugar que dicho sea de paso ya ha ocurrido en una ocasión anterior, motivo por el cual se construyó un pequeño muro en las puertas de acceso.

Explosión

Los transformadores no tienen la ventilación suficiente, que garantice una operación a temperatura nominal y evite la formación de contaminantes que afecten a las personas, o de gases corrosivos que destruyan la envolvente del transformador o de los demás equipos situados bajo el mismo techo. En el caso de presentarse un incendio no existe la cantidad suficiente de extintores y su ubicación no se ajusta a lo que las normas exigen, los extintores de polvo químico seco son los indicados para este tipo de áreas.

Las normas también exigen que para subestaciones con transformadores refrigerados por aceite, se provean los medios adecuados para recoger el aceite que pudiera escaparse.

Esta afirmación se encuentra sustentada por el **NFPA 70 [1] del Capitulo 4 Equipos de Uso General, Artículo 450 Transformadores y Bóvedas para Transformadores, Sección 450.46 Drenaje**, que expresa lo siguiente:

Cuando sea factible en las bóvedas que contengan transformadores con una capacidad superior a los 100 KVA, se debe construir un drenaje u otro medio que evacue hacia un deposito especial de confinamiento cualquier acumulación de liquido aislante o agua, a menos que las condiciones del local lo impidan; en este caso el piso debe tener una inclinación hacia dicho drenaje.

En el cuarto de sistemas, donde residen los dos transformadores trifásicos, no se observa ningún tipo de conducto que permita el drenaje de líquidos provenientes de los transformadores, en tanto que la construcción del piso no cuenta con inclinación. Estos factores contribuyen para que se puedan desencadenar incendios y/o explosiones. El riesgo de incendio con este tipo de transformadores es mayor debido a su característica no auto extinguible en caso de arco eléctrico.

Centro de Control de Motores

El centro de control de motores, del cual se derivan los circuitos de alimentación hacia todas las distintas cargas de la planta, constituye un equipo fundamental en el que el análisis y evaluación de riesgos es obligatoria. Como se señalaba en el capitulo anterior el CCM esta ubicado justo entre dos transformadores de 4160/440 V, el riesgo eléctrico es mayor debido a que una falla en cualquiera de estos equipos se transmite rápidamente a los demás, hecho que ciertamente sucedió cuando una de las protecciones del sistema no actuó y se produjo un cortocircuito, que derivó en un incendio del secundario del transformador que estaba en funcionamiento en ese momento, gracias a la acción oportuna de un operario evitó que el fuego se propagara hacia el CCM. La envolvente del CCM está conectada a tierra.

Tableros Eléctricos

- **En Torres de Enfriamiento**

Entre los varios requisitos de seguridad que deben cumplir tanto los trabajadores como las instalaciones para reducir el riesgo eléctrico están los señalados por el **NFPA 70E [1].** En el tablero eléctrico de la casa de bombas no se observan cuadros de información acerca de las señales y simbología de seguridad, tampoco se encuentra ubicado en el panel un cartel, tal como lo exige el **NEC en el artículo 110-16,** que indique acerca del peligro de arco eléctrico que puede llegar a suscitarse y de la obligatoriedad de utilizar el equipo de protección personal adecuado para reducir el impacto de quemaduras, lesión de órganos, golpes, etc. No existe el espacio suficiente en la parte frontal del panel para realizar los trabajos que sean requeridos, tal como lo exige el **NFPA 70E [1] Parte I Capítulo 1**

sección 1-8.1.1.1 Profundidad de los Espacios de Trabajo. En la estructura metálica del tablero los signos de corrosión se los puede apreciar a simple vista, la puerta del panel aun presenta firmeza pero es necesario que se aplique el mantenimiento respectivo, este panel no está asegurado por medio de candados.

En Casa de Combustibles

Seguridad

El tablero eléctrico ubicado en este lugar no cuenta con las señales o simbología de seguridad, o alguna etiqueta de prevención respecto al riesgo eléctrico al que están expuestos los trabajadores, este requisito de seguridad está especificado en el **NPFA 70E [1] Parte II Articulo 3.4.7 Señales y Etiquetas de Seguridad.** Todo tablero eléctrico también debe poseer una placa de información en el que se advierta la presencia de riesgo eléctrico y se exija el uso de equipos de protección personal adecuados, esta marca de advertencia no se encuentra ubicado en ninguna parte del panel, lo cual va en contra de lo especificado por el **NFPA 70 (NEC) Artículo 110-16 Protección de Arco Eléctrico.**

En la casa de bombas de combustibles o en sus cercanías no existen medios de extinción del fuego como hidrantes, mangueras, etc., para extinguir el fuego de grandes proporciones. En el caso de desarrollarse fuego de menor magnitud cuentan con un solo extintor el cual esta ubicado en la casa de bombas, pero su ubicación es tal que al producirse fuego en un motor cercano a el seria peligroso poder acceder al extintor para poder controlar el incendio y el extintor mas próximo esta ubicado a mas de 15 metros, esta situación eleva el riesgo de un incendio.

Estado Físico del Tablero

Figura 4.1. Estado físico del panel de bombas de combustible.

La estructura del panel está deteriorada mayormente debido a la acción corrosiva del ambiente en el que se encuentra, la puerta del panel no está asegurada por medio de candados o algún otro medio que haga imposible que se pueda abrir por si sola, aunque la puerta se puede abrir y cerrar la manija a través de la cual lo hace ha perdido su rigidez mecánica y en cualquier momento puede dejar de cumplir su función, esta situación representa un riesgo porque cualquier animalito puede acceder al interior del panel y producir un cortocircuito. Los circuitos de alimentación y control así como los elementos de protección están sucios por el polvo y manchas de combustibles. El espacio mínimo de trabajo requerido por el **NFPA 70E [1] Parte I Capítulo 1 sección 1-8.1.1.1 Profundidad de los Espacios de Trabajo** tampoco es el adecuado ya que los motores están distribuidos muy cerca del panel. Contiguo al lugar está el área en el que los camiones de bunker y diesel descargan el combustible, la conexión a tierra es muy deficiente y debido a la falta de mantenimiento el peligro es mayor.

Figura 4.2. Estado interno del panel de bombas de combustible.

- **En Bombas de Agua**

El hecho de que el tablero eléctrico se encontrara ubicado en un lugar no convencional hizo que a causa de las lluvias el lugar se inundará llegando a cubrir unos 0.50 m de la altura del tablero, a causa de esto recientemente el lugar ha sido mejorado en su estructura a través de paredes que han sido levantadas en sus cuatro lados con una altura de alrededor de 1.50 metros, el acceso al panel se lo hace a través de una escalera. De no haberse corregido este factor de riesgo, la situación descrita anteriormente se hubiera presentado de nuevo con las siguientes lluvias, lo que representa un peligro en mayor proporción para los equipos que para las personas ya que la frecuencia de acceso de las mismas a este lugar es escasa.

El objetivo principal del capitulo 3 y el literal 4.2 es hacer las observaciones de las normas que no se cumplen para luego realizar los cambios o ajustes necesarios para reducir el riesgo eléctrico y para tener un personal eléctrico más capacitado acerca de los riesgos que se exponen.

De acuerdo a las normas analizadas anteriormente se llega a la conclusión que en los próximos capítulos, para reducir los riesgos, se debe realizar los cuadros de información acerca de señales y simbología de seguridad, poner en cada panel un cartel que indique el peligro de arco eléctrico al cual esta expuesto un trabajador, la utilización de equipos de protección personal, sugerir dispositivos de seguridad contra contacto directo o indirecto y por ultimo crear procedimientos y formatos de trabajo.

4.3 RIESGOS ELECTRICOS Y SUS CONSECUENCIAS

Los riesgos eléctricos presentes en los principales sistemas de la planta, adicionales a las normas expuestas en los literales anteriores (Capitulo 3 y literal 4.2) se desglosaran a continuación.

Transformadores

- En operación normal no existe riesgo de contacto directo porque los terminales de entrada - salida están protegidos.

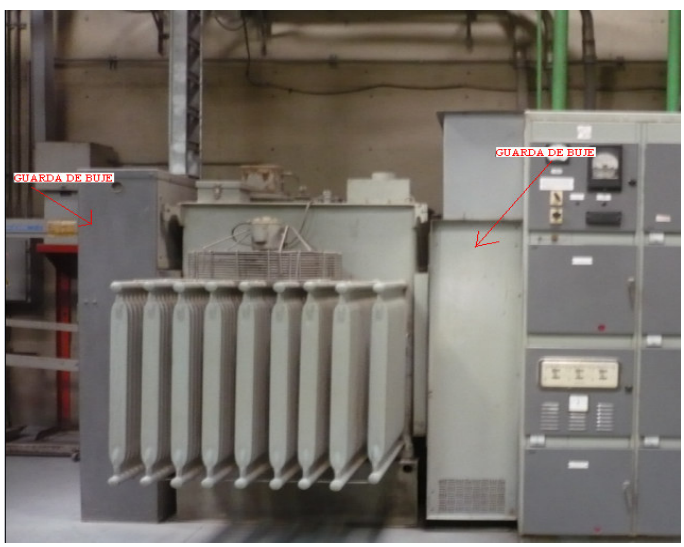


Figura 4.3. Transformador OY.

- Para realizar trabajos de ajuste de contactos en los bujes de alta o baja tensión debido a un incremento en su temperatura detectado por termografía, no se cuenta con conductores de puesta a tierra y en cortocircuito para los terminales, guantes aislantes, alfombras aislantes y herramientas adecuadas. Tampoco se cuenta con procedimientos de trabajo y un estudio previo para evitar un riesgo eléctrico.

- Los trabajadores eléctricos no están cualificados para realizar trabajos en los transformadores.
- No cuenta con sistemas de protección diferencial contra contactos indirectos.
- El piso en donde se asientan los transformadores es uniforme y se encuentra pintado lo cual generaría un riesgo en caso de derramamiento del aceite, ya que podría inflamarse debido a la atmósfera caliente existente en el cuarto de sistemas o a una falla de cortocircuito y desplazarse fácilmente hacia sus alrededores, provocando un incendio y por ende un efecto dominó ya que todos los equipos en el cuarto están próximos entre si.
- En caso de un incendio en el transformador generado por un cortocircuito o por una falla dieléctrica en el equipo, dicho incendio puede desplazarse hacia sus alrededores de forma rápida (CCM, banco de capacitores, switch de transferencia) y ocasionar daños mayores en la producción, trabajador y en la planta, ya que se

incendiaría todo el sistema de alimentación de energía y con esto dejaría de producir la planta.

- Existe riesgo de incendio del transformador debido a un cortocircuito generado en cualquier sistema alimentado por este, y en el que las protecciones fallen (por su tiempo de trabajo y falta de mantenimiento). Este inconveniente ya ocurrió y si no hubiera sido por un electricista que de forma rápida desconectó la alimentación principal, el incendio hubiera sido en mayores proporciones. En esta ocasión se dañó el transformador debido que todos los breakers encargados de proteger el sistema, fallaron.
- No existe ninguna pared que evite que se desplace el incendio hacia sus alrededores.
- El cuarto de sistemas no tiene suficiente ventilación y se siente una atmosfera muy caliente, lo cual crea un ambiente de trabajo incómodo para los trabajadores y equipos.
- Las consecuencias de todos los puntos antes mencionados son la electrocución y muerte.

Centro de Control de Motores

- Los disyuntores existentes no son confiables debido al tiempo de uso que llevan en la planta (casi 30 años). Prueba de esto es que una vez hubo un corto y los disyuntores nunca se accionaron, provocando con esto que el transformador se incendiara.

- Algunos sistemas que forman parte del centro de control de motores no cuentan con un conductor de protección CP que sale del CCM. Esto crea un riesgo para las personas y equipos.
- Los sistemas que no cuentan con un CP son:
    - Planta de mezcla
    - Bodega de producto terminado
- No existe ningún sistema de seguridad contra contactos directos e indirectos.
- Cuando se realizan trabajos en la parte posterior del centro de control de motores existe riesgo de contacto eléctrico directo debido a la falta de espacio de trabajo, iluminación, guantes aislantes, mantas aislantes y la proximidad de los puntos calientes.

Figura 4.4. Estado interno de la parte posterior del CCM.

Panel de torres de enfriamiento.

- Existe riesgo de contacto directo debido a que dentro de todos los paneles hay partes energizadas sin el menor aislamiento requerido y también porque no se cuenta con suficiente espacio de trabajo.

Figura 4.5. Partes energizadas sin el aislamiento requerido.

- Existe riesgo de contacto indirecto debido a que sus motores no tienen cable de protección a tierra.
- El cable de protección CP que sale del CCM solamente hace contacto con el panel eléctrico pero no con los equipos alimentados por este panel.
- No existe ningún sistema de seguridad contra contactos directos e indirectos.

Casa de combustibles.

- Existe riesgo de incendio debido a una chispa generada por un corto circuito en el interior del panel lleno de diesel-bunker, en los motores o por los cables de puesta a tierra deteriorados y sin mantenimiento alguno.

- El panel y cables no son los equipos que se deben usar en áreas peligrosas, lo cual es una fuente de riesgo de incendio.
- En caso de darse un incendio, no existe sistema contra incendio cerca.
- Existe riesgo de contacto directo debido a que dentro del panel hay partes energizadas sin el menor aislamiento requerido y también porque no se cuenta con suficiente espacio de trabajo.
- El personal no esta entrenado para saber que hacer en caso de incendio.
- No existe ningún sistema de seguridad contra contactos directos e indirectos.

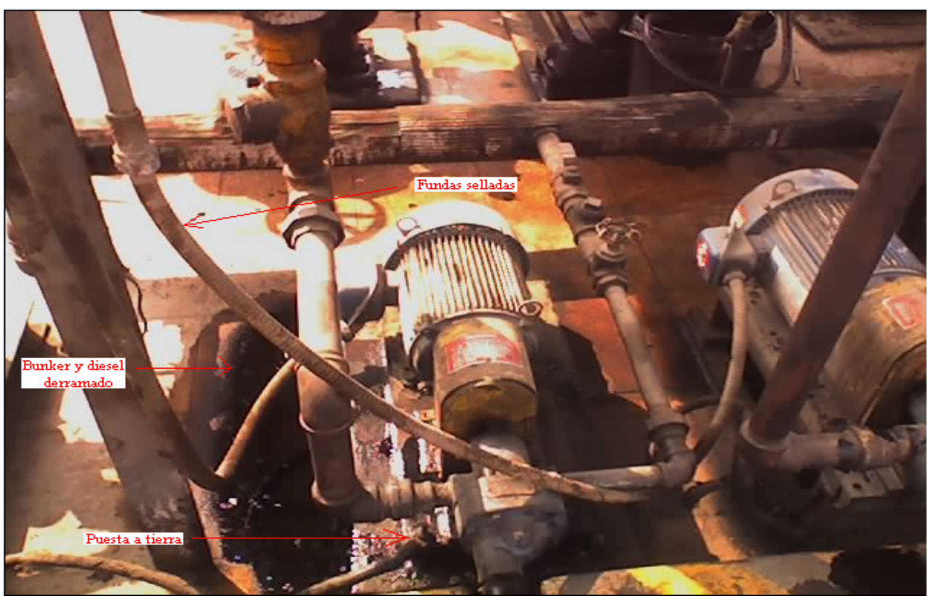


Figura 4.6. Ambiente de trabajo de las bombas de diesel y bunker.

Bombas de agua.

- Este panel tenía un riesgo de cortocircuito o electrocución debido que en las temporadas de invierno siempre se inunda.
- Existe riesgo de contacto directo debido a que dentro del panel hay partes energizadas sin el menor aislamiento requerido
- Los motores de las bombas no cuentan con el cable de protección CP.

4.4 Factores que intervienen en los efectos producidos en el organismo al paso de la corriente eléctrica.

El uso cotidiano hoy en día de la electricidad por todas las personas y en cualquier área, hace que nos comportemos como si no existiese ningún peligro. La electricidad representa un riesgo intangible pero en el momento en que todos los factores concurren para que un riesgo pase de un plano probabilístico a uno real las consecuencias serán destructivas, ya en un plano laboral los derechos y obligaciones a los cuales están sujetos tanto empleadores como empleados deben ser cumplidos, de no ser así las consecuencias serán serias, pero mas allá de las multas o penalizaciones que podrían recibir la empresa o el trabajador, esta lo doloroso y dramático que resulta para las personas que pierden parte de sus miembros o sus sentidos e inclusive la vida misma a causa de un accidente que en la mayor parte de los casos pudo ser evitado si se hubieran adoptado a tiempo controles de ingeniería, normas y/o procedimientos de trabajo.

Los principales riesgos de la electricidad constituyen la electrocución, incendio y explosión. Como en literales anteriores nos hemos percatado que existe un alto riesgo de contactos directos o indirectos, es necesario conocer los efectos ocasionados por la corriente eléctrica, los cuales detallamos a continuación.

El cuerpo humano presenta una baja resistencia al paso de la corriente eléctrica debido a su alto contenido de agua y electrolitos. Cuando existe la posibilidad de que la corriente eléctrica circule por el cuerpo cuando una persona se pone en contacto con ella ya sea de forma directa o indirecta, no todo el organismo se ve afectado por igual, ciertas partes del cuerpo pueden resultar más lesionadas que otras, estas son:

La piel

El corazón

El sistema muscular

El sistema nervioso

Piel: es el primer contacto del organismo con la electricidad. La principal lesión son las quemaduras debido al efecto térmico de la corriente. En baja tensión se originan unas quemaduras superficiales (manchas eléctricas) en el punto de entrada y salida de la corriente. En alta tensión se pueden llegar a producir grandes quemaduras con destrucción de tejidos con profundidad.

Músculos: Cuando un impulso eléctrico externo llega al músculo este se contrae. Si los impulsos son sucesivos produce contracciones sucesivas (tetanización) de forma que la persona es incapaz físicamente de soltarse del medio conductor por sus propios medios. En esta situación, y dependiendo del tiempo de contacto, la corriente sigue actuando con lo que pueden producirse daños en otros órganos, además de roturas musculares y tendinosas. La tetanización puede provocar además una contracción mantenida de los músculos respiratorios y generar una situación de asfixia que puede dañar irreversiblemente el cerebro y producir la muerte.

Corazón: La corriente eléctrica produce una alteración total en el sistema de conducción de los impulsos que rigen la contracción cardiaca. Se produce así la denominada fibrilación ventricular, en la que cada zona del ventrículo se contrae o relaja descoordinadamente. De esta forma, el corazón es incapaz de desempeñar con eficacia su función de mandar sangre al organismo, interrumpiendo su circulación y desembocando en una parada cardiaca.

Sistema Nervioso Los impulsos nerviosos son de hecho impulsos eléctricos. Cuando una corriente eléctrica externa interfiere con el sistema nervioso aparecen una serie de alteraciones, como vómitos, vértigo, alteraciones de la visión, perdidas de oído, parálisis, pérdida de conciencia o parada cardio respiratoria.

También pueden verse afectados otros órganos, como el riñón (insuficiencia renal), o los ojos (cataratas eléctricas, ceguera).

Intensidad de la corriente

Es uno de los factores que más inciden en los efectos ocasionados por el accidente eléctrico. Los valores de intensidad se establecen como valores estadísticos debido a que sus valores netos dependen de cada persona y del tipo de corriente. A intensidad de 10 mA existe tetanización muscular y la imposibilidad de soltarse del lugar donde se produce el contacto eléctrico. Al superarse los 50 mA de intensidad, se produce fibrilación ventricular.

Duración del contacto eléctrico

Junto con la intensidad de corriente es el que mas influye sobre los efectos del accidente ya que condiciona la gravedad del paso de la corriente por el organismo.

Forma de la corriente

Tanto la corriente alterna como la continua siguen los principios de la ley de Ohm, siendo la corriente alterna aproximadamente 3 a 4 veces menos peligrosa que la contínua. En términos generales, una corriente continua o alterna de 100 mA es considerada como muy peligrosa o mortal.

Tensión aplicada

La peligrosidad en el paso de la tensión depende directamente de la resistencia del organismo. Se han fijado valores de tensión de seguridad (tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de intensidad que no suponga riesgos para el individuo) de 50V para emplazamientos secos y de 24V para emplazamientos húmedos, siendo aplicables tanto para corriente continua como alterna, con una frecuencia de 60 Hz.

Frecuencia

A mayor frecuencia menos peligrosidad, siendo los valores superiores a 100000 Hz prácticamente inofensivos. Para valores de 10000 Hz la peligrosidad es similar a la de corriente continua.

La resistencia eléctrica del cuerpo humano

La resistencia que presenta el cuerpo humano al paso de la corriente depende de la resistencia eléctrica del cuerpo (que a su vez depende de factores como la superficie de contacto, la presión de contacto, el grado de humedad de la piel, etc.), la resistencia de contacto y la resistencia de salida. La resistencia eléctrica del cuerpo humano varía según las personas y el estado de salud que presenten, en especial, si tienen lesiones en la piel. Los valores generales de resistencia oscilan entre 100 y 500 Ω y, teniendo en cuenta la barrera de los tejidos, puede llegar a alcanzar valores de hasta 1000 Ω.

4.5 Valores Límites

- **Efectos de la corriente eléctrica en el organismo humano[5].**

Los efectos de la corriente eléctrica en el organismo humano (tetanización, quemaduras internas o externas, fibrilación ventricular y parada cardiaca) dependen de las características de la corriente que lo atraviesa, de la fisiología del individuo expuesto y del entorno húmedo o seco, etc...

Puesto que en el capitulo VI literal 6.4 vamos a tratar de los dispositivos de protección diferencial DDR y cuya misión principal de estos dispositivos es la protección de personas, es necesario conocer los umbrales de sensibilidad de los seres humanos y sus posibles riesgos para utilizar e instalar adecuadamente estos dispositivos.

- **Efectos en función de la intensidad de corriente.**

Los efectos de la corriente eléctrica que atraviesa el organismo humano dependen de la frecuencia y de la intensidad de corriente. En la siguiente figura les presentamos dichos efectos.

Efectos (para t < 10 s)	Intensidad de la corriente (mA)		
	continua	50/60 Hz	10 kHz
Ligero cosquilleo, umbral de percepción	3,5	0,5	8
Choque molesto, pero sin perder el control muscular	41	6	37
Umbral de no poder soltar	51	10	50
Gran dificultad respiratoria	60	15	61
Umbral de parálisis respiratoria	-	30	-

Tabla 4.1. Efectos de las bajas intensidades de corriente eléctrica sobre los seres humanos.

Fuente: Cuaderno Técnico Schneider nº 114/pag. 8 [5].

- **Efectos en función del tiempo de exposición.**

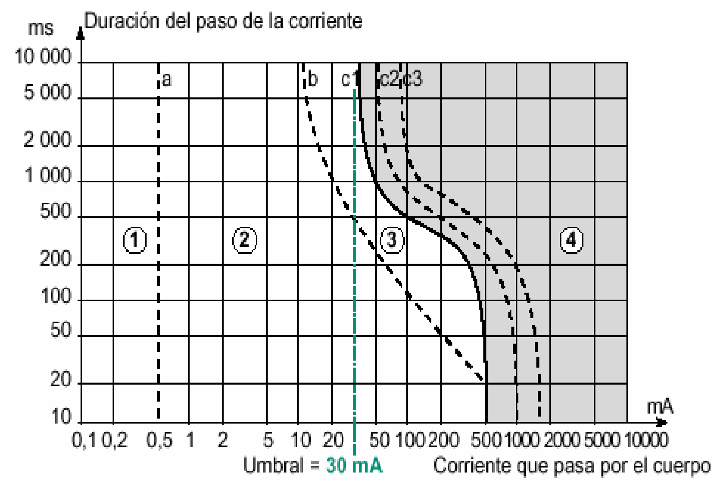


Figura 4.7. Duración del paso de la corriente por el cuerpo en función de la intensidad de esta corriente. En este ábaco, los efectos de la corriente alterna (de 15 a 100Hz) se han dividido en cuatro zonas (CEI 60497-1)

Fuente: Cuaderno Técnico Schneider nº114 / pág. 9

Como se puede apreciar en la gráfica, los riesgos de agarrotamiento muscular, de parada respiratoria o de fibrilación cardiaca irreversible aumentan proporcionalmente con el tiempo de exposición del cuerpo humano a la corriente eléctrica. En las zonas 1 y 2 no existe ningún tipo de peligro, pero en las zonas 3 y 4 es donde se encuentra el peligro real.

Efectos producidos:

Zona 3.- No hay ningún peligro para el organismo. Pero existe la probabilidad de contracción muscular, dificultades respiratorias y trastornos reversibles por la formación de impulsos que pueden afectar al corazón. Todos estos efectos aumentan con el valor de la intensidad de corriente y con el tiempo.

Zona 4.- además de los efectos indicados para la zona 3, la probabilidad de fibrilación ventricular es:

- Alrededor del 5% entre las curvas c1 y c2,
- Inferior al 50% entre las curvas c2 y c3,
- Más del 50% al sobrepasar la curva c3.

Los efectos fisiopatológicos como la parada cardiaca, la parada respiratoria y las quemaduras graves aumentan con el valor de la intensidad de corriente y el tiempo de exposición.

Por eso para evitar llegar a esta situación (Zona 3 y 4) y correr estos riesgos, se recomienda el empleo de los DDR (que vamos a ver en el capitulo VI literal 6.4) con un margen inferior a 30 mA.

Un parte muy importante para el desarrollo de buenos procedimientos y seguridad para los trabajadores, es el estudio de corto circuito, el cual nos servirá para definir el equipo de protección personal y también para conocer el riesgo asociado con un corto. El análisis realizado en CRIDESA se presenta a continuación.

Análisis de corto circuito[6][7][8][9].

- **Formulas utilizadas en el análisis de corto circuito.**

En el análisis de corto circuito se puede expresar las reactancias en tres sistemas diferentes: Ohmios, porcentaje y por unidad.

En este análisis se usará las ecuaciones para la conversión de ohmios a reactancia por unidad. Las ecuaciones para la conversión son las siguientes:

$$\text{Por unidad reactancia} = \frac{\text{porcentaje reactancia}}{100} \qquad ;\text{Ecuación 4.1}$$

$$\text{Por unidad reactancia(sobre escojido KVA base)} = \frac{\text{Ohms x KVA base}}{1000 \text{ x KV}^2} \qquad ;\text{Ecuación4.2}$$

Los elementos dentro de nuestros sistemas como por ejemplo transformadores, generadores, motores, etc.., normalmente tendrán sus reactancias dadas en porcentaje basado sobre su propio KVA rating.

Estas reactancias podrían ser convertidas sobre su escogido Kva base como sigue:

$$\text{Por unidad reactancia sobre la base KVA} =$$

$$\text{Reactancia por unidad sobre KVA rating} \times \frac{\text{base KVA}}{\text{KVA rating}} \qquad ;\text{Ecuación 4.3}$$

El procedimiento siguiente se realiza para calcular la corriente de falla trifásica en tres diferentes puntos. La figura # 4.8 muestra el sistema de distribución de la planta industrial.

Un completo estudio de corto circuito envuelve el cálculo de la corriente de falla en todas las locaciones en el sistema. Nosotros solamente vamos a calcular la corriente de falla en tres puntos dentro de nuestro sistema.

Todo el desarrollo del estudio se lo realizará usando el método por unidad, la base KVA se escogió de 10000 KVA para trabajar con valores por unidad que son fáciles de usar; esto es, valores que no son ni tan grandes ni tan pequeños.

Las siguientes ecuaciones se utilizan para transformar un valor de reactancia ohmica a un valor de reactancia por unidad con un KVA base escogido, tomadas de la ecuación 4.2.

(a) en 4160 V:

$$\text{Per unit reactance} = \frac{(\text{ohms reactance})(10000\ \text{KVA base})}{(4.16\ \text{KV}\ )^2(1000)}$$

$$= (\text{Ohms reactance})(0.576)$$

(b) en 480V:

$$\text{Per unit reactance} = \frac{(\text{ohms reactance})(10000\ \text{KVA base})}{(0.480\ \text{KV}\ )^2(1000)}$$

$$= (\text{Ohms reactance})(43.4)$$

Estos valores serán usados para simplificar la conversión de un valor ohmico a un valor por unidad.

Para calcular el valor de la reactancia de servicio público se necesitan los datos de potencia de cortocircuito los cuales fueron dados por la CATEG y se muestran en la tabla 4.2.

DATOS DE CRIDESA

Tipo de falla	**Corriente de corto circuito**	**Potencia de cortocircuito**
Trifásica	6,6 KA	**792 MVA**
Línea-tierra	5 KA	601 MVA
Línea-línea	5,8 KA	685 MVA
2 líneas a tierra	6,1 KA	731 MVA

Tabla 4.2. Datos de corriente y potencia de corto circuito.

Además del dato de potencia de corto circuito, se necesita también conocer el valor de la reactancia subtransiente por unidad que se la obtuvo del manual del generador y se muestra en la tabla 4.3.

GENERATOR PARAMETERS	
Subtransient Reactance	0.12 pu.
Transient Reactance	0.13 pu.
Synchronous Reactance	2.98 pu.

Tabla 4.3. Parámetros del generador.

Luego de conocer los datos antes mencionados, a continuación se presenta el diagrama unificar de la planta con sus cargas más significativas Figura 4.2.

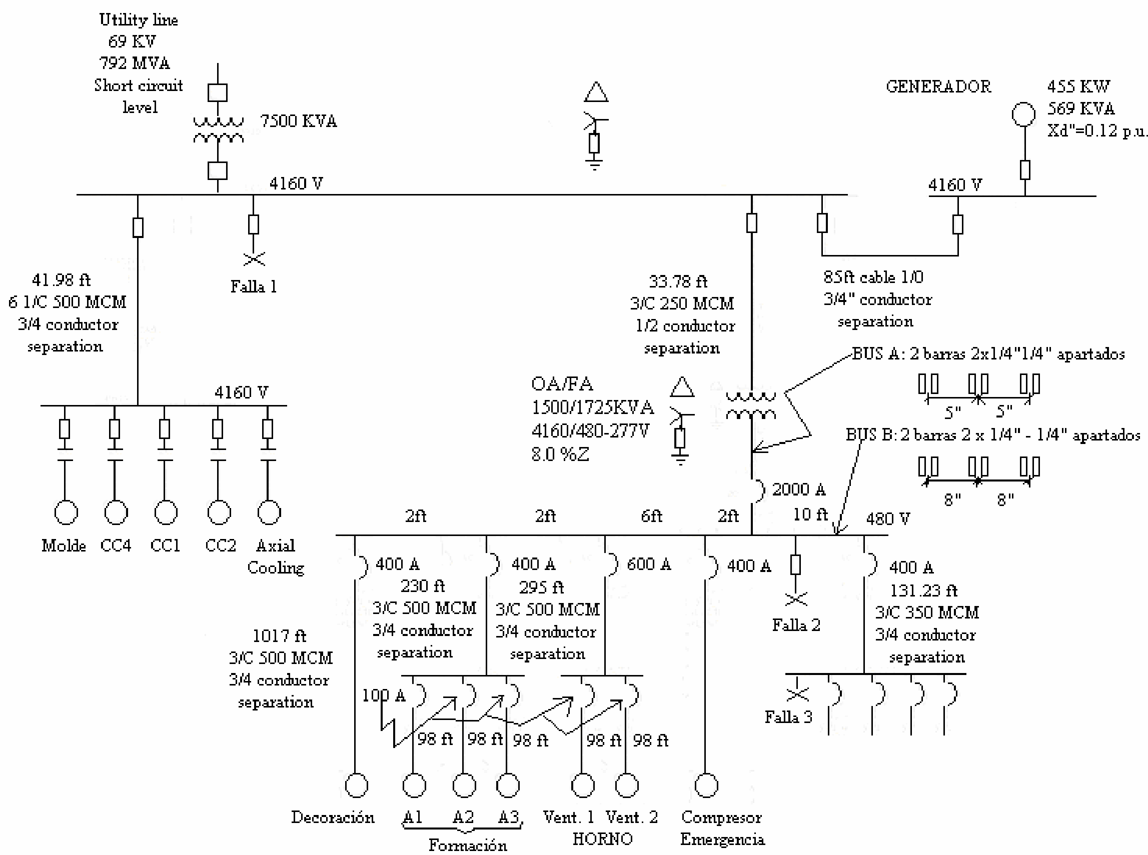


Figura 4.8.Diagrama unificar con las cargas más significativas de la planta.

Una vez conocido el diagrama unificar de la planta, el primer paso que debemos realizar es calcular la reactancia por unidad para cada sistema significativo de la Figura 4.2 que contribuirá o limitará la corriente de falla.

Reactancia equivalente de servicio publico.

La potencia de corto circuito del servicio público es la máxima potencia de cortocircuito que el servicio público puede generar; por consiguiente la reactancia por unidad del servicio público sobre su propia potencia de corto circuito base es 1.0. Utilizando la ecuación 4.4, la reactancia por unidad del servicio público sobre su escogido KVA base es igual a:

$$\frac{1.0 \times \text{escogido KVA base}}{\text{KVA de corto circuito del servicio publico}}; \qquad \text{Ecuación 4.4}$$

$$\text{Reactancia por unidad} = \frac{(1.0)(10000\ \text{KVA base})}{(792000\ \text{KVA})} = 0.012626262$$

Transformador de 7500 KVA

De la tabla 4.4,

Reactancias típicas de transformadores **Reactancias por unidad sobre el valor de KVA del transformador**			
Valor del voltaje Primario	**KVA trifásico**		
	25-100	100-500	sobre 500
2400/4160 V	(.015-.018)	0.050	0.055
13.8 KV	(.015-.025)	0.050	0.055
46 KV	------	0.060	0.065
69 KV	------	0.065	0.070

*Si es posible use las especificaciones de fábrica.

Tabla 4.4. Reactancias típicas de transformadores.

Reactancia por unidad = 0.07

De ecuación 4.3,

$$\text{Reactancia por unidad sobre } 10000\text{ KVA base} = \frac{0.07 \times (10000\text{ KVA})}{7500\text{ KVA}} = 0.0933333$$

Generador de 569 KVA.

Xd"=0.12 p.u.

De la ecuación 4.3,

$$\text{Reactancia por unidad sobre } 10000\text{ KVA base} = \frac{0.12 \times (10000\text{ KVA})}{569\text{ KVA}} = 2.1089$$

Constante de conductores de cobre para un pie de espacio simétrico Use tablas 4.7 y 4.8 para el factor de espaciamiento para otros espaciamientos			
Tamaño del conductor		**r_a resistencia Ohms/cond./1000ft en 50ºC, 60 Hertz**	**X_a Reactancia en 1 pie de espaciamiento ;60 Hertz Ohms/Cond,/1000ft**
Circular mils	AWG		
1,000,000		0.0130	0.0758
900,000		0.0142	0.0769
800,000		0.0159	0.0782
750,000		0.0168	0.0790
700,000		0.0179	0.0800
600,000		0.0206	0.0818
500,000		0.0246	0.0839
450,000		0.0273	0.0854
400,000		0.0307	0.0867
350,000		0.0348	0.0883
300,000		0.0407	0.0902
250,000		0.0487	0.0922
211,600	4/0	0.0574	0.0953
167,800	3/0	0.0724	0.0981
133,100	2/0	0.0911	0.101
105,500	1/0	0.115	0.103
83,690	1	0.145	0.106

66,370	2	0.181	0.108
52,630	3	0.227	0.111
41,740	4	0.288	0.113
33,100	5	0.362	0.116
26,250	6	0.453	0.121
20,800	7	0.570	0.123
16,510	8	0.720	0.126
Para un circuito trifásico la impedancia total línea-neutro es: $Z=r_a+j(x_a+x_d)$			

Tabla 4.5.Valores de reactancia y resistencia para conductores de cobre para un ft de espaciamiento.
Fuente: Simplified Calculation of Fault Currents[6]

Factor de espaciamiento a 60 Hz para reactancias(Xd) en Ohms por conductor por 1,000ft				
		Separación - cuartos de pulgadas		
Pulgadas	**0**	**1/4**	**2/4**	**3/4**
0	.....	.....	-0.0729	-0.0636
1	-0.0571	-0.0519	-0.0477	-0.0443
2	-0.0412	-0.0384	-0.0359	-0.0339
3	-0.0319	-0.0301	-0.0282	-0.0267
4	-0.0252	-0.0238	-0.0225	-0.0212
5	-0.0201	-0.01795	-0.01795	-0.01684
6	-0.0159	-0.01494	-0.01399	-0.01323
7	-0.0124	-0.01152	-0.01078	-0.01002
8	-0.0093	-0.00852	-0.00794	-0.00719
9	-0.0066	-0.00605	-0.00529	-0.00474
10	-0.0042			
11	-0.0020			
12	0.00			

Tabla 4.6.Factor de espaciamiento para reactancias en ohms por conductor para 1000 ft.
Fuente: Simplified Calculation of Fault Currents[6]

41.984 ft cable de alimentación arrancadores de los motores CC1, CC2, CC4, Molde, Axial cooling.

Tabla 4.5: $X_a = 0.0839\ \Omega/1000$ ft

Tabla 4.6: $X_d = -0.0636\ \Omega/1000$ ft para ¾ inch de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d = 0.0203\ \Omega/1000$ ft

$$X_T = 0.0203\Omega \times \frac{41.984\ \text{ft}}{1000\ \text{ft}} = 0.0008522752\Omega$$

Para 2 conductores paralelos por fase,

$$X_T = \frac{0.0008522752}{2} = 4.261376 \times 10^{-4}\ \Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 4.261376 \times 10^{-4}(0.576) = 2.454552 \times 10^{-4}$$

Motor CC1 y CC2

Reactancias por unidad típicas de motores de inducción Valores basados en los KVA de la máquina (valor de HP)		
	X"	X´
Sobre 600 Volts	.17	--
Menor o igual a 600 Volts	.25*	--

*El valor de X" para motores de 600 V o menos ha sido incrementado ligeramente para compensar el muy rápido decremento del corto circuito en estos pequeños motores.

Tabla 4.7. Reactancias por unidad típicas de los motores de inducción.
Fuente: Simplified Calculation of Fault Currents[6]

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd”= 0.17 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 1250 HP

$$X_d{''}_{CC1} = 0.17 \times \frac{10000\ \text{KVA}}{1250\ \text{KVA}} = 1.36 = X_d{''}_{CC2}$$

Motor CC4

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd"= 0.17 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 300 HP

$$X_d"_{CC4} = 0.17 \times \frac{10000\ KVA}{300\ KVA} = 5.6666$$

Motor ventilador de molduras

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd"= 0.17 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 500 HP

$$X_d"_{Molde} = 0.17 \times \frac{10000\ KVA}{500\ KVA} = 3.4$$

Motor ventilador axial cooling

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd"= 0.17 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 250 HP

$$X_d"_{Axial} = 0.17 \times \frac{10000\ KVA}{250\ KVA} = 6.8$$

85ft cable de alimentación (salida del generador de emergencia)– 1/0 MCM – ¾" separación.

Tabla 4.5: X_a = 0.103 Ω/1000 ft

Tabla 4.6: X_d = -0.0729 Ω/1000 ft para 3/4 inch de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d$ = 0.0301 Ω/1000 ft

$$X_T = 0.0301\Omega \times \frac{85\ \text{ft}}{1000\ \text{ft}} = 0.0255\Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 0.0255(43.4) = 0.014688$$

Cable de alimentación transformador OZ - 250 MCM - 1/2” de separación

Tabla 4.5: X_a = 0.0922 Ω/1000 ft

Tabla 4.6: X_d = -0.0729 Ω/1000 ft para1/2 inch de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d$ = 0.0193 Ω/1000 ft

$$X_T = 0.0193\Omega \times \frac{33.784\ \text{ft}}{1000\ \text{ft}} = 6.520312 \times 10^{-4}\ \Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 6.520312 \times 10^{-4}(0.576) = 3.755699 \times 10^{-4}$$

Transformador 1500 KVA (OZ).

De tabla 4.4,

Reactancia por unidad = 0.055

De ecuación 4.3,

$$\text{Reactancia por unidad sobre 10000 KVA base} = \frac{0.055 \times (10000\ \text{KVA})}{1500\ \text{KVA}} = 0.366666$$

Bus A - 2 barras 4” x ¼” - ¼” apartados (secundario transformador OZ).

De la figura 4.3 b, para un equivalente delta espaciamiento de

$$\sqrt[3]{(5)(5)(10)} = 6.3\ \text{in}$$

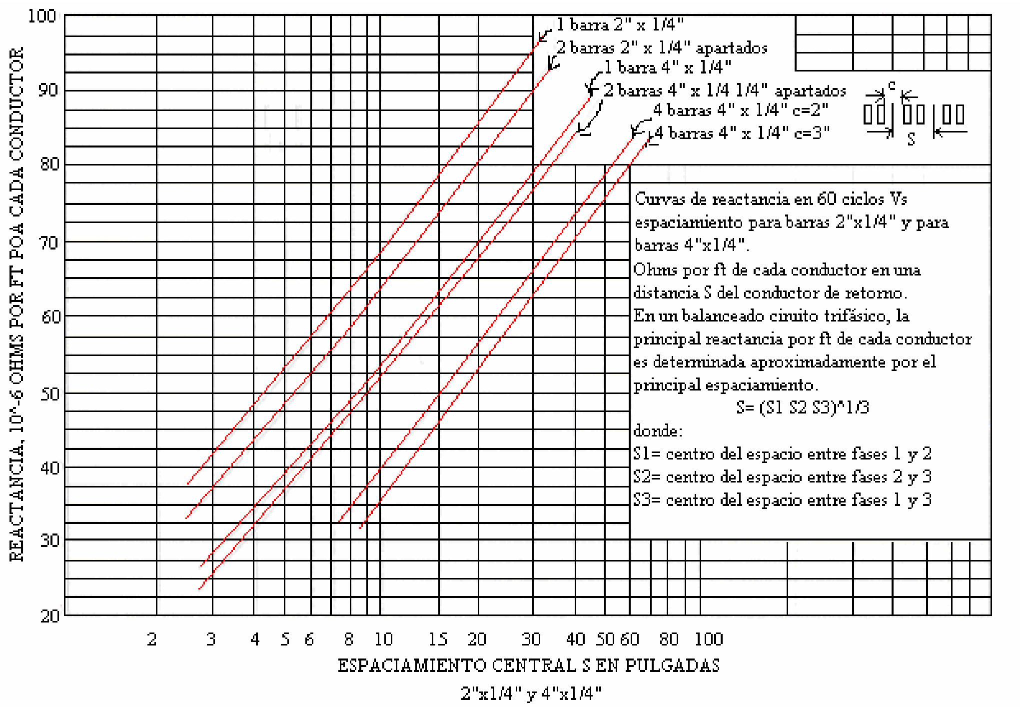


Figura 4.9. Curvas de espaciamiento Vs Reactancia por ft de las barras de cobre.

Fuente: Extended Regulation Curves for Six-phase-Double way and Double-wye Rectifiers[8]

+Reactancia hallada de figura 4.9= 42.5 X $10^{-6}\Omega$/ft

Para 13.123ft, reactancia = 42.5 X $10^{-6}\Omega$/ft (13.123ft) = 5.5774 x 10^{-4}

Reactancia por unidad = 5.5774 x 10^{-4} (43.4) = 0.024206036

Transformador de corriente – 2000 A

Aproximadas reactancias de transformadores de corriente.			
Valor de corriente del primario en amperios	**60 Hz Reactancia en ohmios para varios valores de voltaje**		
	600-500 V	**7500V**	**15000 V**
100 a 200	0.0022	0.0040	0.0009
250 a 400	0.0005	0.0008	0.0002
500 a 800	0.00019	0.00031	0.00007
1000 a 4000	0.00007	0.00007	0.00007

Tabla 4.8. Reactancias aproximadas de los transformadores de corriente.
Fuente: Simplified Calculation of Fault Currents[6]

Tabla 4.8, Reactancia = 0.00007

Reactancia por unidad = 0.00007 (43.4) = 3.038×10^{-3}

Breaker 2000 A

Reactancia de breakers de alimentación de bajo voltaje		
Breaker de interrupción Valor en amperios	**Valor amperios**	**60 Hertz Reactancia en ohmios**
15,000 y 25,000	15 a 35	0.04
	50 a 100	0.004
	125 a 225	0.001
	250 a 600	0.0002
50,000	200 a 800	0.0002
	1000 a 1600	0.00007
75,000	2000 a 3000	0.00008
100,000	4000	0.00008

Tabla 4.9. Reactancias de breakers de alimentación.

Fuente: Simplified Calculation of Fault Currents[6]

Tabla 4.9: Reactancia = 0.00008

Reactancia por unidad = 0.00008 (43.4) = 3.472 x 10^{-3}

Bus B - 2 barra 2 x ¼” –1/4 apartados

De la figura 4.9, para un equivalente delta espaciamiento de

$\sqrt[3]{(8)(8)(16)} = 10.08\,\text{in}$

Reactance = 64.5 X 10^{-6}Ω/ft

Para 2 feet, reactancia = 64.5 X 10^{-6}Ω/ft (2ft) = 0.000129 Ω

Reactancia por unidad = 0.000129 Ω (43.4) = 0.0056

A continuación se calculan las reactancias por unidad de las cargas más significativas de la planta que funcionan a 480 V y que son alimentadas desde el centro de control de motores CCM.

<u>Compresor de emergencia CT5</u>

Breaker 400 A

Tabla 4.9: Reactancia = 0.0002Ω

Reactancia por unidad = 0.0002 (43.4) = 0.00868

60ft cable de alimentación – 4/0 – 1” separación

De tabla 4.5, X_a = 0.0953 Ohm/1000 ft

De tabla 4.6, X_d = -0.0572 Ohm/1000 ft para 1 inch de espaciamiento

Total reactance $X_T = X_a + X_d$ = 0.0381 Ohm/1000 ft

Para 60 ft, $X_T = 0.0381 \times \frac{60}{1000} = 0.00229\Omega$

Reactancia por unidad = (0.00229)(43.4) = 0.0995

Motor compresor de emergencia - 100 HP - 480 V

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd"= 0.25 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 100 HP

$$X_d''_{pared} = 0.25 \times \frac{10000\,KVA}{100\,KVA} = 25\,X_d''$$

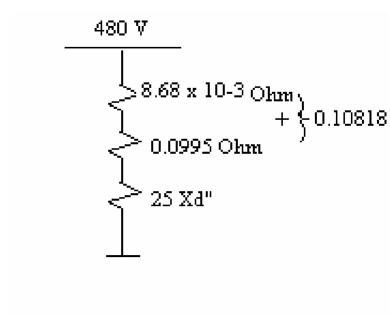


Figura 4.10.diagrama de reactancias del compresor de emergencia.

Torres de enfriamiento

Breaker 400 A

Tabla 4.9: Reactancia = 0.0002

Reactancia por unidad = 0.0002 (43.4) = 8.68 x 10^{-3}

131.23ft cable de alimentación – 350 MCM – ¾ " separación

Tabla 4.5: X_a = 0.0854 Ω/1000 ft

Tabla 4.6: X_d = -0.0636 Ω/1000 ft para 3/4 inch de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d = 0.0218\ \Omega/1000\ \text{ft}$

$$X_T = 0.0218\Omega \times \frac{131.2335\ \text{ft}}{1000\ \text{ft}} = 2.8608\text{x}10^{-3}\ \Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 2.8608\text{x}10^{-3}(43.4) = 0.12415872$$

<u>Horno</u>

Breaker 600 A

Tabla 4.9: Reactancia = 0.0002

Reactancia por unidad = 0.0002(43.4)= 8.68 x 10^{-3}

295ft cable de alimentación – 500 MCM – ¾" separación

Tabla 4.5: $X_a = 0.0839\ \Omega/1000\ \text{ft}$

Tabla 4.6: $X_d = -0.0636\ \Omega/1000\ \text{ft}$ para ¾" de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d = 0.0203\ \Omega/1000\ \text{ft}$

$$X_T = 0.0203\Omega \times \frac{295\ \text{ft}}{1000\ \text{ft}} = 5.98\text{x}10^{-3}\ \Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 5.98\text{x}10^{-3}(43.4) = 0.259532$$

Breaker 100 A

Tabla 4.9: Reactancia = 0.004

Reactancia por unidad = 0.004(43.4)= 0.1736

98ft Cable de alimentación ventiladores paredes del horno – 4 MCM – ¾" separación

Tabla 4.5: $X_a = 0.113\ \Omega/1000\ \text{ft}$

Tabla 4.6: $X_d = -0.0636\ \Omega/1000\ \text{ft}$ para ¾" de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d = 0.0494\ \Omega/1000\ \text{ft}$

$$X_T = 0.0494\Omega \times \frac{98\,\text{ft}}{1000\,\text{ft}} = 4.8412\text{x}10^{-3}\,\Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 4.8412\text{x}10^{-3}(43.4) = 0.2101$$

Motor ventilador pared del horno - 50 HP - 480 V

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd"= 0.25 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 50 HP

$$X_d{}''_{\text{pared}} = 0.25 \times \frac{10000\,\text{KVA}}{50\,\text{KVA}} = 50\,X_d{}''$$

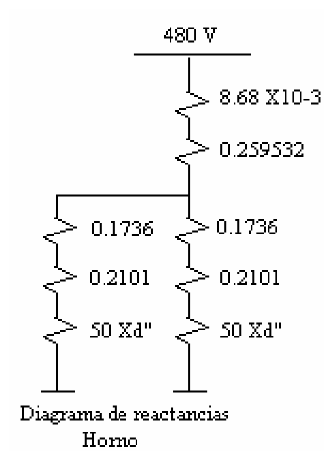


Figura 4.11. diagramas de reactancias del horno.

Al diagrama de reactancias del horno (Figura 4.5) se reduce por medio de circuitos serie y paralelo para obtener una reactancia equivalente como se puede apreciar en la figura abajo.

0.1736+0.2101=0.3837

0.3837$\perp\!\!\!\perp$0.3837=0.19185

50$\perp\!\!\!\perp$50=25Xd"

$8.68x10^{-3}$+0259532+0.19185=0.460062

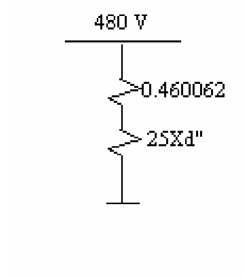


Figura 4.12.Diagrama equivalente de reactancias del horno.

Decoración

Breaker 400 A

Tabla 4.9: Reactancia = 0.0002

Reactancia por unidad = 0.0002(43.4)= 8.68 x 10^{-3}

1017ft Cable de alimentación – 500 MCM – ¾" separación

Tabla 4.5: X_a = 0.0839 Ω/1000 ft

Tabla 4.6: X_d = -0.0636 Ω/1000 ft para ¾" de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d$ = 0.0203 Ω/1000 ft

$$X_T = 0.0203\Omega \times \frac{1017\text{ ft}}{1000\text{ ft}} = 0.0206451\Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 0.0206451(43.4) = 0.8959$$

Motores decoración - 50 HP - 480 V

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd"= 0.25 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 50 HP

$$X_d''_{pared} = 0.25 \times \frac{10000\,KVA}{50\,KVA} = 50\,X_d''$$

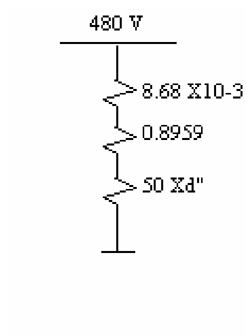


Figura 4.13. Diagrama de reactancias del área de decoración.

$8.68 \times 10^{-3} + 0.8959 = 0.91018$

<u>Formación</u>

Breaker 400 A

Tabla 4.9: Reactancia = 0.0002

Reactancia por unidad = 0.0002(43.4)= 8.68×10^{-3}

230ft Cable de alimentación – 500 MCM – ¾” separación

Tabla 4.5: X_a = 0.0839 Ω/1000 ft

Tabla 4.6: X_d = -0.0636 Ω/1000 ft para ¾” de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d$ = 0.0203 Ω/1000 ft

$$X_T = 0.0203\Omega \times \frac{230\,ft}{1000\,ft} = 4.669x10^{-3}\,\Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 4.669x10^{-3}(43.4) = 0.2026346$$

Breaker 100 A

Tabla 4.9: Reactancia = 0.004

Reactancia por unidad = 0.004(43.4)= 0.1736

98ft Cable de alimentación – 2 MCM – ¾" separación

Tabla 4.5: X_a = 0.0108 Ω/1000 ft

Tabla 4.6: X_d = -0.0636 Ω/1000 ft para ¾" de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d$ = 0.0444 Ω/1000 ft

$$X_T = 0.0203\Omega \times \frac{98\,\text{ft}}{1000\,\text{ft}} = 4.3512\text{x}10^{-3}\,\Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 4.3512\text{x}10^{-3}(43.4) = 0.1888$$

Motores formación - 50 HP - 480 V

De tabla 4.7, reactancia por unidad Xd"= 0.25 sobre los KVA base del motor.

Motor KVA base = hp rating aproximadamente = 50 HP

$$X_d{}''_{\text{pared}} = 0.25 \times \frac{10000\,\text{KVA}}{50\,\text{KVA}} = 50\,X_d{}''$$

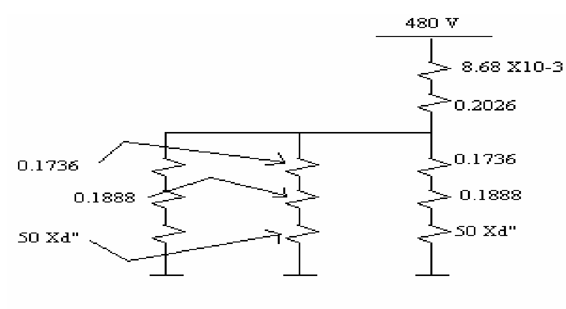


Figura 4.14. Diagrama de reactancias del área de formación.

Al diagrama de reactancias de formación de envases (Figura 4.8) se reduce por medio de circuitos serie y paralelo para obtener una reactancia equivalente como se puede apreciar en la figura abajo.

$0.1736+0.1888=0.3624$

$0.3624 \parallel 0.3624=0.1812$

$0.1812 \parallel 0.3624=0.1208$

$0.1208+0.20263446+8.68x10^{-3}=0.3321146$

$50 \parallel 50 \parallel 50=16.6666Xd''$

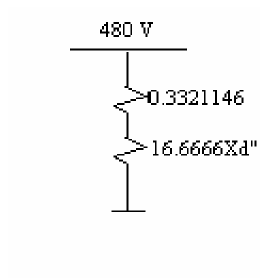


Figura 4.15. Diagrama de reactancias equivalentes de formación.

Luego de haber hallado y reducido a su circuito equivalente las reactancias por unidad de las cargas más significativas de la planta, presentamos el diagrama de reactancias por unidad equivalente de la planta Figura 4.16.

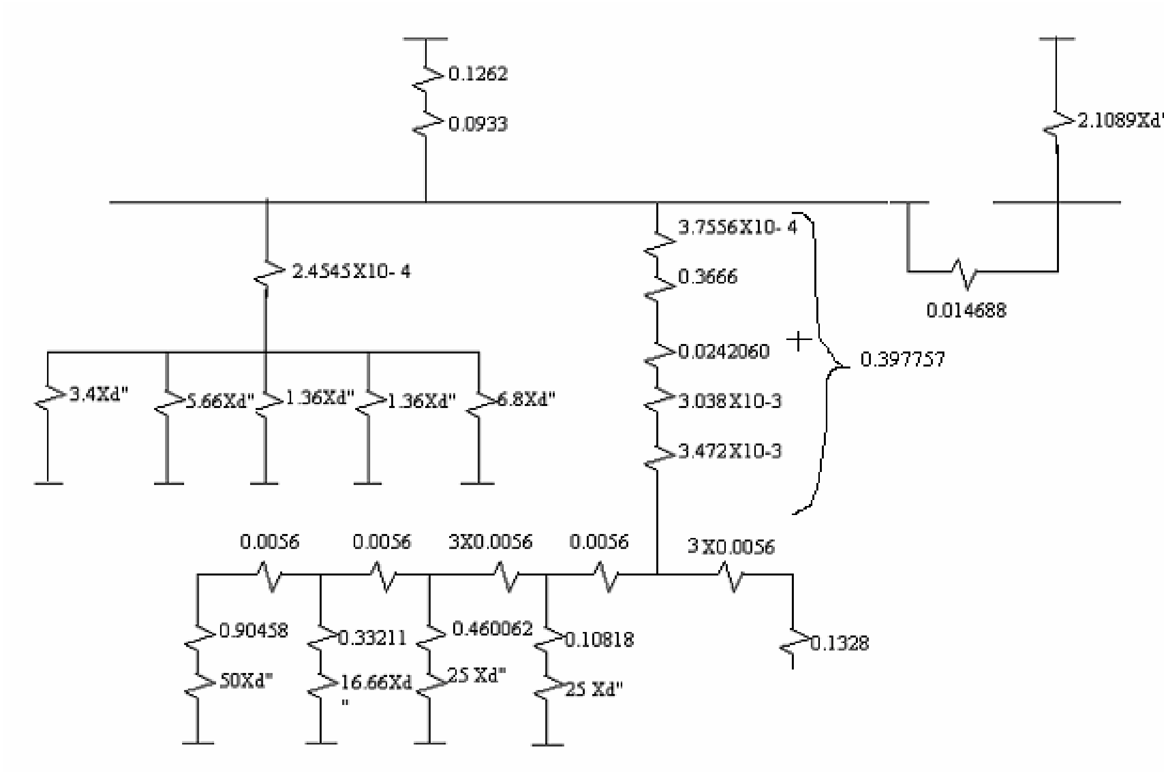


Figura 4.16. Circuito de reactancias por unidad total de la planta.

Generador: 2.1089+0.014688=2.123588

Para lograr hallar el circuito equivalente total de la planta necesitamos hacer reducciones por medio de cálculos serie y paralelo como se presenta en los siguientes diagramas. Primero empezaremos reduciendo todas las reactancias de las cargas de 480 V.

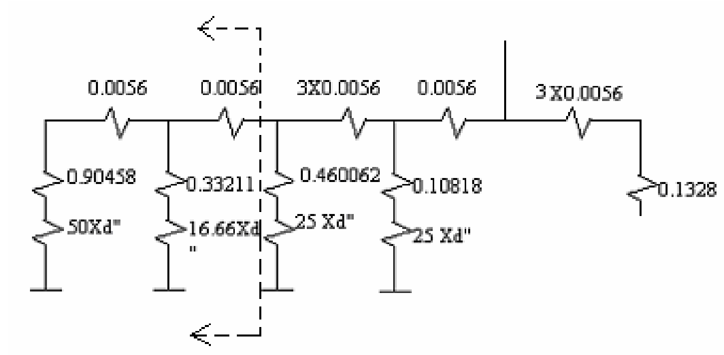


Figura 4.17. Circuito de reactancias de todas las cargas de 480 V.

0.9101╨0.3321146=0.2433272

50╨16.6666=12.4999Xd”

0.2433272+0.0056=0.2489272

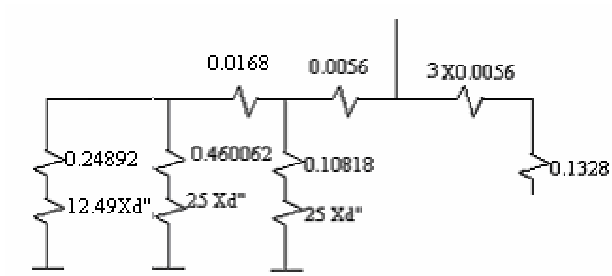


Figura 4.18. Reducción del circuito de las cargas de 480 V

0.2489272╨0.460062=0.161528

12.4999╨25=8.3332Xd”

0.161528+0.0168=0.178328

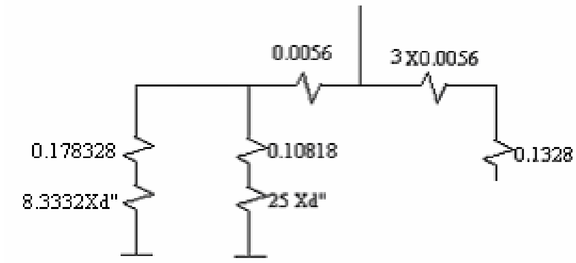


Figura 4.19. Reducción del circuito de las cargas de 480 V.

$0.178328 \parallel 0.10818=0.06733$

$8.3332 \parallel 25=6.249925Xd''$

$0.06733+0.0056=0.07293$

Luego de reducir las reactancias de las cargas de 480 V, se procederá a reducir todas las reactancias de la planta con el fin de hallar la reactancia equivalente total para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la falla 1.

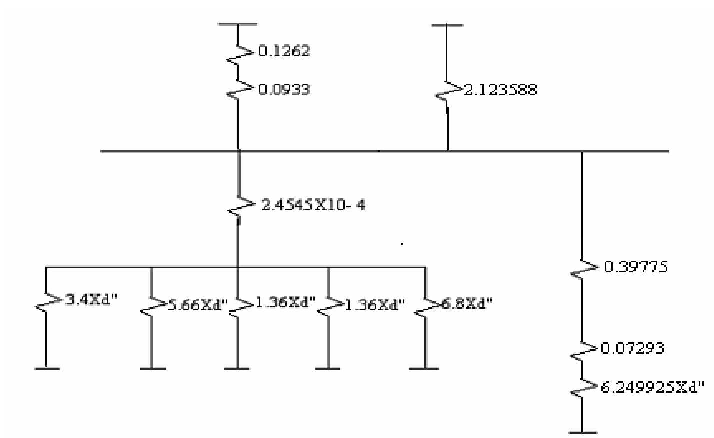


Figura 4.20. Reactancias de todos los equipos de la planta, con las cargas de 480V reducidas a su máxima expresión.

$(3.4 \parallel 5.66 \parallel 1.36 \parallel 1.36 \parallel 6.8)+2.4545x10^{-4}=0.479113Xd''$

0.39775+0.07293+6.249925Xd”=6.720612

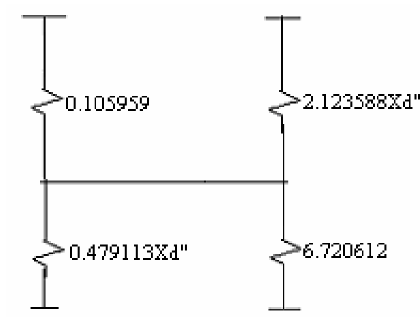


Figura 4.21. Reactancias de la planta reducidas por medio de circuito serie-paralelo.

$0.105959 \parallel 0.479113 = 0.0867693$

$2.123588 \parallel 6.720612 = 1.613691$

$0.0867693 \parallel 1.61369157 = 0.082341728$

$\frac{10000\text{KVA}}{\sqrt{3}(4.16\text{KV})(0.082341728)} = 16.8548KA$; corriente simétrica de corto circuito.

Table 4.12
Table of Multiplying Factors and Machine Reactances
To be used for Calculating Short-Circuit Currents for Circuit Breaker, Fuse, and Motor Starter Applications

Classification	*Circuit Voltage*	*Location in System*	*Multi-plying Factor*	*Machine Reactances to Use* Generators — Synchronous Converters — Synchronous Condensers — Frequency Changes	Synchronous Motors	Induction Motors
*Power Circuit Breakers				*Interrupting Duty*		
Eight cycle or slower (general case)	Above 600 V	Any place where symmetrical short-circuit kVA is less than 500 MVA	**1.0	Subtransient	Transient	Neglect
Five cycle	Above 600 V		**1.1	Subtransient	Transient	Neglect
				Momentary Duty		
General case	Above 600 V	Near generating station	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Less than 5 kV	601 to 5 kV	Remote from generating station (X/R ratio less than 10)	1.5	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Medium-Voltage Fuses				*Maximum rms Ampere Interrupting Duty*		
All types, including all-current-limiting fuses	Above 600 V	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Non-current-limiting types only	601 to 15 kV	Remote from generating station (X/R ratio less than 4)	1.2	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Medium-Voltage, Fused Motor Starters				*Maximum rms Ampere Interrupting Duty*		
All horsepower ratings	2400 & 4160 V	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Medium-Voltage Motor Starters				*Interrupting Duty*		
Circuit breaker or contactor type	601 V to 5 kV	Anywhere in system	1.0	Subtransient	Transient	Neglect
				Momentary Duty		
Circuit breaker or contactor type	601 V to 5 kV	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Circuit breaker or contactor type	601 V to 5 kV	Remote from generating station (X/R ratio less than 10)	1.5	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Apparatus, 600 Volts and Below				*Interrupting or Momentary Duty*		
Low-voltage power molded case circuit breakers, or low-voltage fuses	600 V or less	Anywhere in system	†1.0	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Low-voltage motor starters (with fuses or molded-case breakers)	600 V	Anywhere in system	†1.25	Subtransient	Subtransient	Subtransient

* Revisions to USA Standard C37.10 have been proposed (References 8, 9). These revisions eliminate the use of these multiplying factors in applying power circuit breakers.

** These factors are increased to 1.1 and 1.2 respectively if the symmetrical fault level is above 500 MVA and the system is fed predominantly by generators or through current-limiting reactors.

† Fuses which operate in under 0.004 second have a multiplying factor of 1.4 to 1.6.

Tabla 4.10. Factor de multiplicación para usarse en cálculo de cortocircuito. Fuente: Proposed Revisions of USA Standard C37.10, Application Guide for alternating-Current Power Circuit Breakers[9].

Usando la tabla # 4.10, la multiplicación con 1.6 se da por el efecto de la componente de corriente directa.

La corriente de falla Rms asimétrica es entonces:

16.8548(1.6)=26.96783 KA

$0.105959 \parallel 2.123588 = 0.100923309$

La simétrica falla KVA Rms (8 ciclos - breaker).

$$\text{Corto circuito simétrico KVA} = \frac{\text{Base KVA}}{\text{X por unidad}}; \text{ donde X es la combinación de las reactancias}$$

10000KVA/0.100923309=99.08513 KVA

La corriente de falla Rms simétrica (8 ciclos - breaker).

$$\frac{10000\text{KVA}}{\sqrt{3}(4.16\text{KV})(0.100923309)} = 13.751642 \text{ KA}$$

De la tabla 4.10 el factor 1.0 debe ser aplicado a obtener el requisito de interrupción para 8 ciclos del breaker.

Para una apropiada protección, el breaker debe ser capaz de aguantar **99.08513 KVA (13.751642 KA en 4160 V)** y ser también capaz de aguantar una corriente momentánea de **26.96783 KA**

Una vez hallada la corriente de cortocircuito en la falla 1, se deberá calcular la distancia del arco eléctrico y las calorías liberadas por dicho arco como se muestra a continuación:

Las fórmulas que se utilizarán para hallar la potencia de falla y la energía liberada por el arco eléctrico son sacadas del NFPA 70E-PART II, apéndice B.

La potencia de falla está dada en MVA

$$\mathrm{MVA} = \sqrt{3} \times 4160\mathrm{V} \times \mathrm{Icc(A)} \times 10^{-6}$$

$$\mathrm{MVA} = 1.73 \times 4160\mathrm{V} \times 13751 \times 10^{-6} = 99.08$$

$$\mathrm{Dc} = (2.65 \times \mathrm{MVA} \times \mathrm{t.\,apertura})^{1/2}$$

$$\mathrm{Dc} = (2.65 \times 99.08 \times 0.1)^{1/2} = 5.124\ \mathrm{ft} = 156.18\ \mathrm{cm} = 61.48\ \mathrm{in}$$

Donde la energía liberada por el arco eléctrico EMB es:

$$\mathrm{EMB} = 1038.7 \times D_B^{-1.4738} \times t_A \left[0.0093F^2 - 0.3453F + 5.9675\right] \mathrm{cal/cm^2}$$

EMB = Energía incidente ($\mathrm{cal/cm^2}$)

D_B = distancia (in)

t_A = duración del arco en seg.

F = corto circuito KA

$$\mathrm{EMB} = 1038.7 \times 43.47^{-1.4738} \times 0.1 \left[0.0093(13.751)^2 - 0.3453(13.751) + 5.9675\right] \mathrm{cal/cm^2}$$

$$\mathrm{EMB} = 0.71459\ \mathrm{cal/cm^2}$$

Corriente de corto circuito en falla 2.

En 600 voltios o menos, solamente el valor de la corriente de falla momentánea (1/2 a 1 ciclo) es de interés.

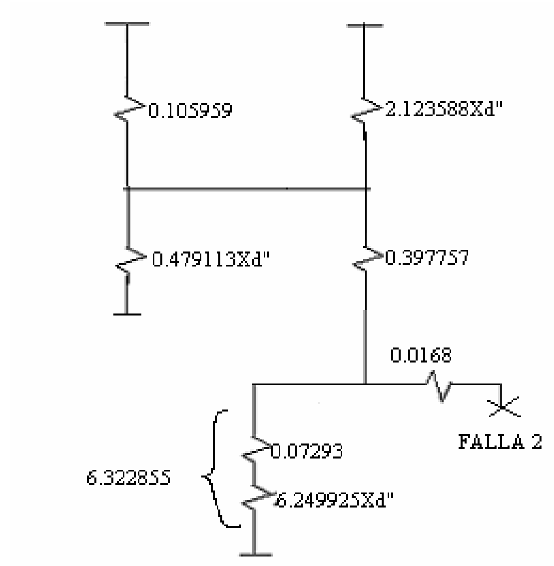


Figura 4.22. Circuito de reactancias para hallar el equivalente en la falla 2.

0.105959 $\parallel$ 0.479113=0.0867693

0.0867693 $\parallel$ 2.123588=0.083363103

0.083363103+0.397757=0.481120103

0.481120103 $\parallel$ 6.322855=0.447099

0.447099+0.0168=0.463899

$\frac{10000\text{KVA}}{\sqrt{3}(0.480\text{KV})(0.463899)} = 25.92833\ \text{KA}$; Corriente de ½ a 1 ciclo.

Una vez hallada la corriente de cortocircuito en la falla 2, se deberá calcular la distancia del arco eléctrico y las calorías liberadas por dicho arco como se muestra a continuación:

La potencia de falla está dada en MVA

$$MVA = \sqrt{3} \times 480 \times Icc(A) \times 10^{-6}$$

$$MVA = 1.73 \times 480V \times 25928 \times 10^{-6} = 21.53$$

$$Dc = (2.65 \times MVA \times t.\,apertura)^{1/2}$$

$$Dc = (2.65 \times 21.53 \times 0.027)^{1/2} = 1.24\ ft = 37.85\ cm = 14.90\ in$$

La energía liberada por el arco eléctrico está dada por:

$$EMB = 1038.7 \times D_B{}^{-1.4738} \times t_A \left[0.0093F^2 - 0.3453F + 5.9675\right] cal/cm^2$$

D_B = distancia (in)

t_A = duración del arco en seg.

F = corto circuito KA

$$EMB = 1038.7 \times 14.88^{-1.4738} \times 0.027\left[0.0093(25.982)^2 - 0.3453(25.982) + 5.9675\right] cal/cm^2$$

$$EMB = 1.7091\ cal/cm^2$$

FALLA 2						
t. apertura(Sg)	**ICC**	**MVA**	**Dc(ft)**	**Dc(cm)**	**Dc(in)**	**EMB(Cal/cm2)**
0,027	25,928	21,556	1,24	37,853	14,903	1,7091
0,05	**25,928**	**21,556**	**1,69**	**51,51**	**20,28**	**2**
0,1	25,928	21,556	2,39	72,84	28,68	2,41
0,3	25,928	21,556	4,13	126,17	49,67	3,22
1	25,928	21,556	7,55	230,37	90,69	4,42
2	25,928	21,556	10,68	325,79	128,26	5,305

Tabla 4.11 Distancias y energía liberada por el arco eléctrico calculados a varios tiempos de apertura del breaker.

La tabla 4.11 muestra varios tiempos de apertura, con el fin de dar a conocer hasta cuantas calorías puede liberar cuando el breaker no actúa porque se encuentra descalibrado o por falta de mantenimiento. Cabe recordar que en un escenario accidental presentado en meses anteriores se produjo un corto circuito y el breaker del CCM y el principal no se abrieron, provocando que el transformador de 1.5 MVA 4160/480V se queme. Gracias a la oportuna reacción de un electricista se pudo abrir el breaker principal de la planta, evitando con esto daños mayores.

Si se encuentra bien calibrado, el tiempo de apertura para este breaker es de 0.05 Sg con lo cual se libera 2 c/cm^2.

Corriente de corto circuito en falla 3.

Como el cable que alimenta a todos los motores del sistema de torres de enfriamiento se encuentra sobredimensionado, se realizó el cálculo de un conductor adecuado para los equipos conectados. El cable que debería alimentar al panel es un # 3/0 con el cual vamos a realizar el cálculo de corriente de cortocircuito y no con el de 350 MCM, ya que si usamos el cable de 350 MCM para los cálculos vamos a obtener un cálculo que nos da un número imaginario de la impedancia equivalente.

131.23ft cable de alimentación al panel de torres de enfriamiento – 3/0 MCM – ¾ " separación

Tabla 4.5: $X_a = 0.0981\ \Omega/1000$ ft

Tabla 4.6: $X_d = -0.0636\ \Omega/1000$ ft para 3/4 inch de espaciamiento.

$X_T = X_a + X_d = 0.0345\ \Omega/1000$ ft

$$X_T = 0.0345\Omega \times \frac{131.2335\,\text{ft}}{1000\,\text{ft}} = 4.527555 \text{ x } 10^{-3}\,\Omega$$

$$\text{Reactancia por unidad} = 4.527555 \text{ x } 10^{-3}(43.4) = 0.196495$$

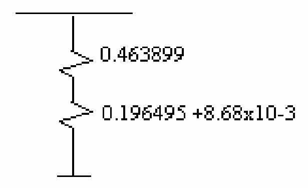


Figura 4.23. Circuito equivalente en la falla 3.

La reactancia de la fuente a la falla 2 = 0.463899 se va a utilizar para calcular la corriente de falla en el punto 3.

$0.463899+0.196495 + 8.68x10^{-3} = 0.6690749$

El valor de resistencia por unidad del cable de alimentación chequeado de la tabla 4.5

es:

$$r_a = 0.0724 \times \frac{131.23\,\text{ft}}{1000\ \text{ft}} \times 43.4 = 0.41234565$$

Este valor de resistencia es

$$\frac{0.41234565}{0.6690749} \times 100 = 61.63\%$$

Ahora debemos añadir el efecto de la resistencia del cable de alimentación para calcular el valor real de la corriente de falla.

X=0.463899

R=(0.35)(0.463899)=0.162364

$X=8.68x10^{-3}$

$R=8.68x10^{-3}(0.35)= 3.038x10^{-3}$

X=0.196495

R=0.41234565

$R_T = 0.162364+(3.038x10^{-3})+0.41234565 = 0.577747$

$X_T = 0.463899+(8.68x10^{-3})+0.196495 = 0.669074$

$Z=\sqrt{R_T^2+X_T^2} = 0.883997518$

$$\frac{10000\text{KVA}}{\sqrt{3}(0.480\text{KV})(0.8839)} = 13.60802 \text{ KA}$$

Una vez hallada la corriente de cortocircuito en la falla 3, se deberá calcular la distancia del arco eléctrico y las calorías liberadas por dicho arco como se muestra a continuación:

La potencia de falla está dada en MVA

$$\text{MVA} = \sqrt{3}\times 480\times \text{Icc(A)}\times 10^{-6}$$

$$\text{MVA} = 1.73\times 480\text{V}\times 13608\times 10^{-6} = 11.30$$

$$\text{Dc} = (2.65\times \text{MVA}\times \text{t. apertura})^{1/2}$$

$$\text{Dc} = (2.65\times 11.30\times 0.027)^{1/2} = 0.8991\,\text{ft} = 27.40\,\text{cm} = 10.78\,\text{in}$$

La energía liberada por el arco eléctrico EMB está dada por:

$$\text{EMB} = 1038.7\times \text{D}_\text{B}^{-1.4738}\times \text{t}_\text{A}\left[0.0093\text{F}^2 - 0.3453\text{F} + 5.9675\right]\text{cal/cm}^2$$

D_B = distancia (in)

t_A = duración del arco en seg.

F = corto circuito KA

$$\text{EMB} = 1038.7\times 10.78^{-1.4738}\times 0.027\left[0.0093(13.608)^2 - 0.3453(13.608) + 5.9675\right]\text{cal/cm}^2$$

$$\text{EMB} = 2.522139\ \text{cal/cm}^2$$

4.6 Sistemas de Protección: Controles y Defensas

Ya se mencionaron los riesgos eléctricos a los que puede estar expuesta cualquier persona que utilice la energía eléctrica y los efectos que esta produce en el organismo sino es manejada con responsabilidad. A continuación se revisan los diferentes sistemas de protección que existen y también los que no existen dentro de la planta para tratar de prevenir y reducir los peligros, como también los cuidados adicionales que nos pueden ayudar a reducir las consecuencias de los accidentes.

Transformadores:

- Existe protección contra sobrecorriente y sobrecarga en el primario y secundario del trasformador.
- Existe la interposición de obstáculos (guardas bien aseguradas que resisten esfuerzos mecánicos) de las partes activas del primario y secundario del transformador, evitando con esto un contacto directo accidental. Como los obstáculos son metálicos, la envolvente se encuentra conectada a tierra con el cable de protección CP para proteger contra contactos indirectos.

- Como este equipo maneja tensiones superiores a los 220V con relación a tierra, es necesario utilizar cualquiera de los sistemas de protección contra contactos indirectos por falla en aislamiento como por ejemplo la protección diferencial.

Centro de control de motores:

- Existe la protección contra sobrecorriente y sobrecarga en todos los sistemas alimentados por el CCM pero no cuenta con sistemas de protección contra contacto directo o indirecto en caso de falla de aislamiento.
- En condiciones normales de operación, no se puede tener contacto directo con las partes activas del centro de control de motores porque cuenta con guardas de seguridad (interposición de obstáculos).
- Cuenta con sistema de protección contra contacto indirecto de clase A, el cual separa las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección. Este se usa en las barras de distribución del secundario del transformador el cual posee un aislamiento con respecto a la envolvente del CCM.
- La envolvente metálica del CCM se encuentra conectada a tierra, pero no cuenta con protección diferencial contra contactos indirectos en caso de falla en el aislamiento de las partes activas como por

ejemplo el aislamiento de las barras de distribución del secundario del transformador.

Torres de enfriamiento:

- Existe la protección contra sobrecorriente y sobrecarga.
- El panel se encuentra conectado al neutro aterrizado que proviene del CCM.
- Las puertas de este panel no se pueden cerrar completamente y no logran cumplir su función principal la cual es proteger los circuitos existentes dentro del mismo.
- Los motores no cuentan con cable de protección a tierra CP.
- No cuenta con ningún sistema de protección contra contacto directo:
- Interposición de obstáculos de las partes activas para evitar un contacto accidental.
- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado.
- No cuenta con sistemas de protección diferencial contra contacto directo e indirecto en caso de falla de aislamiento.

Bombas de combustible:

- Existe la protección contra sobrecorriente y sobrecarga.
- En este panel la envolvente de los equipos se encuentran conectados a tierra mediante el conductor de protección CP y

tambien están conectados al neutro aterrizado que proviene del CCM garantizando un buen retorno de la corriente de fallo.

- No cuenta con ningún sistema de protección contra contacto directo:
  - Interposición de obstáculos de las partes activas para evitar un contacto accidental.
  - Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado.
- No cuenta con sistemas de protección diferencial contra contacto directo e indirecto en caso de falla de aislamiento.

- Las puertas de este panel no se pueden cerrar completamente y no logran cumplir su función principal la cual es proteger los circuitos existentes dentro del mismo.
- No cuenta con sistemas de protección contra incendio. Solamente se tiene un extintor pequeño que no serviría de presentarse el fuego.
- No cuenta con tableros para que trabajen en áreas peligrosas que son exigidos por el NFPA 70E, aunque la casa de combustible se encuentra al aire libre y muy bien ventilada.

Bombas de agua:

- Existe la protección contra sobrecorriente y sobrecarga.
- No cuenta con ningún sistema de protección contra contacto directo:

  - Interposición de obstáculos de las partes activas para evitar un contacto accidental.
  - Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado.
- Se cuenta con sistema de protección contra incendio.
- Los equipos se encuentran conectados al neutro que proviene del CCM y también la envolvente de los equipos se encuentran conectados a tierra por medio del cable de protección CP.
- No cuenta con sistemas de protección diferencial contra contacto directo e indirecto en caso de falla de aislamiento.

4.7 Técnicas de Seguridad

- Disponer de un cuadro general con diferenciales automáticos
- Disponer de interruptor diferencial adecuado, toma de tierra eficaz e interruptor automático de tensión (magnetotérmico)
- Disponer de líneas específicas para los equipos de alto consumo
- Instalar la fuerza y la iluminación por separado, con interruptores
- Emplear instalaciones entubadas rígidas (> 750 V)
- Aplicación de código de colores y grosores
- No emplear de forma permanente extensiones
- Usar circuitos específicos para aparatos especiales
- Aumentar la seguridad en los trabajos con inflamables

- Efectuar el mantenimiento adecuado y realizar inspecciones y comprobaciones periódicas
- Evitar instalaciones provisionales con especial cuidado a los trabajos realizados por subcontratistas.
- Deben protegerse convenientemente los hilos y cables contra los choques mecánicos, el desgaste por rozamiento y corrosión.
- Ha de verificarse frecuentemente el aislamiento de las canalizaciones con relación a materiales combustibles
- Comprobar la existencia de instalaciones protegidas o antideflagrantes en puntos de especial riesgo (pinturas, disolventes, generación de polvo, etc.)
- Deben respetarse al máximo las separaciones entre conductores, aun cuando se encuentren cuidadosamente aislados y con respecto a las piezas de carpintería metálica, tuberías de agua, etc.
- Deben evitarse al máximo zonas sobrecargadas en las que se puedan recalentar excesivamente las conexiones.
- No manipular o reparar equipos que tengan que ver con electricidad

4.8 Matrices de riesgos.

Las matrices de riesgo permiten de una forma sencilla obtener valoraciones de riesgo para las principales funciones y modos de fallo, se puede identificar los equipos más críticos sobre los cuales se deberán tomar acciones de reducción de riesgos, evaluar los programas actuales de inspección y mantenimiento y sugerir la implantación de nuevos programas, descubrir áreas con exceso o falta de mantenimiento.

Véase el apéndice C, el cual muestra la Matriz de riesgo. Los puntos evaluados por la matriz de riesgo fueron extraídos de los análisis realizados en el capitulo 3 y el literal 4.2, ya que gracias a la evaluación realizada a las instalaciones y procedimientos de la planta, se pudo llegar a la conclusión de cuales son los puntos con mayor grado de riesgo para realizarles las acciones correctivas del caso.

CAPITULO 5

VALORIZACION DE RIESGOS ELECTRICOS

INTRODUCCION

Los riesgos presentes en nuestra vida, ya sea a nivel profesional o en el diario vivir nos lleva a evaluarlos y a jerarquizarlos para poder tomar decisiones correctas, ejecutar planes de prevención y/o mitigación, o reducir las consecuencias que pueden derivarse de la concreción de estos riesgos. En el sector industrial uno de los principales riesgos es el eléctrico, pero el verdadero análisis de riesgos comienza a partir de catástrofes suscitadas en plantas nucleares, por lo tanto los primeros estudios, análisis, reglamentaciones y directrices estaban enfocados a controlar los riesgos químicos. Muchos años atrás para los empresarios de las grandes industrias de los países desarrollados, iniciar un análisis de riesgo eléctrico era un absurdo, proveer a sus trabajadores de herramientas y ropa adecuada para el trabajo tampoco estaba en sus planes y si se trataba de entrenamiento o capacitación del personal debía correr a cuenta de los propios trabajadores. La forma de abordar la seguridad y salud de los trabajadores en aquellos tiempos tenía más un enfoque puntual y reparador, solo se actuaba cuando algo ocurría, ahora el enfoque tiene un carácter preventivo y se prioriza la planificación. Para el análisis de riesgo existen diversos métodos los cuales se ajustan de acuerdo al tipo de riesgo a evaluar, el tiempo de operación de la planta, el nivel de experiencia de las persona a evaluar y demás variables. El método escogido para evaluar es el método de árbol de sucesos, su descripción y aplicación se detallan en las siguientes secciones de este capitulo.

5.1 Análisis General de riesgo de accidentes[10].

5.1.1 Definiciones

Función de seguridad

Un sistema de protección (sistemas de regulación automática, alarmas, enclavamientos, dispositivos de alivio de presión, barreras, etc.) o una actuación humana que puede responder ante el suceso iniciador o ante su evolución.

Suceso Iniciador

Evento interno o externo anómalo que puede conducir a un accidente. Ejemplo: fallo de un sistema de refrigeración, fugas, sismos, etc.

Sucesos Iniciadores Internos

Fallo de servicios (suministro eléctrico, agua de refrigeración o de proceso, aire, vapor, nitrógeno, combustible).

Fallo en el suministro/extracción de productos químicos.

Fallos de contención (fugas, escapes, colapsos, etc.)

Sucesos Iniciadores Externos

De origen natural: Inundaciones, sismos, lluvias torrenciales, incendios, vendavales, rayos, temperaturas externas extremas etc.

Tecnológicos u otros: actos de sabotaje, accidentes en instalaciones vecinas, accidente en vías de circulación próximas con mercancías peligrosas, etc.

Punto de Ramificación

Representación gráfica de dos o más resultados potenciales cuando una función de seguridad se pone a prueba.

Secuencia accidental o escenario

Un camino específico a través del árbol de sucesos, que va desde el suceso iniciador hasta alguno de los resultados finales

5.1.2 Metodología del Método del Sistema de Árbol de Sucesos[10].

Descripción

El árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas.

Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

Características Esenciales

Modela el rango de posibles accidentes que resultan de un suceso iniciador o de una categoría de los mismos.

- La estructura del árbol de sucesos es muy semejante a la que se utiliza en los análisis de los árboles de decisión que se utilizan ampliamente para análisis económicos y empresariales. Cada suceso de los que siguen al iniciador depende del suceso precursor. Los resultados de un suceso son, en la mayoría de los casos, binarios (si o no; éxito o fallo), pero también podrían ser múltiples (éxito, fallo parcial o fallo total).
- Cada rama de árbol representa una secuencia accidental diferenciada, que es una serie claramente definida de relaciones funcionales entre las funciones de seguridad para un suceso iniciador.
- La cuantificación de un árbol de sucesos permite predecir la frecuencia de cada uno de los posibles resultados. Estas se definen como el producto de la frecuencia del suceso iniciador y de todas las probabilidades condicionales de los sucesos subsiguientes que conducen a ese resultado.

- Es una técnica para la evaluación de riesgos que tiene en cuenta de modo efectivo la evolución temporal, la dependencia y los posibles efectos dominó entre los diferentes contribuyentes a un accidente, que resultarían engorrosos de modelar con árboles de fallos.

Los resultados del análisis permiten identificar debilidades en los procedimientos y en el diseño; también proporcionan recomendaciones para reducir la probabilidad y/o los efectos de los accidentes potenciales analizados.

Construcción del Árbol

La construcción del árbol comienza por la identificación de los N factores condicionantes de la evolución del suceso iniciador. A continuación se colocan estos como cabezales de la estructura gráfica. Partiendo del suceso iniciador se plantean sistemáticamente dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso condicionante y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del mismo. Se obtienen así 2^N combinaciones o secuencias teóricas.

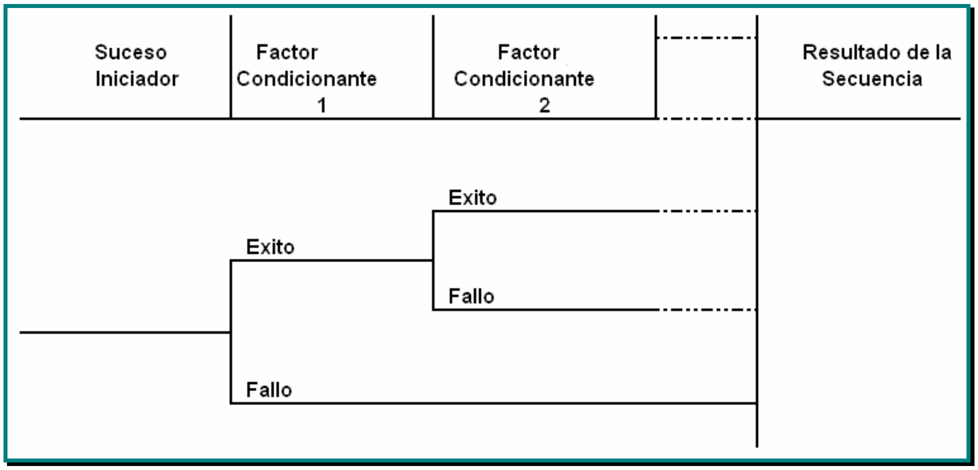


Figura 5.1. Estructura de un árbol de sucesos.

La disposición horizontal de los cabezales se suele hacer por orden cronológico de evolución del accidente, si bien este criterio es difícil de aplicar en algunos casos. La técnica así aplicada proporciona la lista de las secuencias accidentales posibles, números de elementos que la constituyen y tipo (éxito/fallo). De su estudio se podrán extraer las correspondientes conclusiones.

5.2 Valorización de Riesgos Eléctricos[10].

5.2.1 Principios de la Valorización de Riesgos Eléctricos.

El principio fundamental de la valorización de riesgos eléctricos es poder llegar a tener una comprensión amplia y detallada de la magnitud de todas las posibles consecuencias que pueden suscitarse en un entorno industrial con el fin de eliminar o reducir su impacto. La valorización de riesgos eléctricos debe enfocarse prioritariamente en la protección del trabajador y todos los medios de contingencia aplicados deben apuntar hacia la seguridad de las personas antes que los bienes materiales. Lo anterior no excluye la obligatoriedad del empresario de revisar minuciosamente el diseño de sus instalaciones y el cumplimiento con las normas nacionales o internacionales en cuanto a instalaciones eléctricas, así como también el de implementar programas de mantenimiento acordes al tipo de planta. Actualmente una de las razones fundamentales de la valorización de riesgos eléctricos tiene que ver con el medio ambiente del que se extrae la materia prima y al que se arrojan cualquier clase de desperdicios industriales. En estos tiempos es necesario que el empresario se preocupe por subsanar estos detalles.

5.2.2 Objeto de la Valorización de los Riesgos Eléctricos.

La evaluación de riesgos tiene por objeto la valoración de los riesgos laborales según las consecuencias y probabilidad de que ocurra el accidente o la enfermedad profesional, sobre la base de normas técnicas comúnmente establecidas y que permiten asignar un plan de intervención para los riesgos que no se hayan podido evitar.

La valorización de riesgos eléctricos es el resultado final de una evaluación de riesgos eléctricos por tanto el objeto es asignar un valor numérico dentro de una escala de valores a todos los posibles riesgos eléctricos presentes en un puesto de trabajo para que el empleador sobre la base de normativas técnicas sea capaz de tomar medidas correctoras o en su defecto medidas preventivas para disminuir los riesgos. Para una segunda evaluación y por consiguiente valorización de los riesgos eléctricos la magnitud de los valores permitirá determinar los medios de protección adecuados para el trabajador en función de su aplicación.

5.3 Aplicación del Método de Valoración: Sistema del Árbol de Sucesos en CRIDESA

A partir de la matriz de riesgo y de las listas de comprobación (Check Lists) que se aplicaron a la cámara de transformación, casa de bombas de combustible, casa de sistema contra incendios y panel de torres de enfriamiento, es posible identificar algunos sucesos iniciadores y factores condicionantes que al ser analizados a través de un árbol de sucesos de forma cualitativa, muestran gradualmente las secuencias accidentales y finalmente sus consecuencias. Las listas de comprobación se adjuntan en el Apéndice D.

En la siguiente tabla se muestran los principales sucesores iniciadores que pueden desencadenar accidentes graves para las personas, materiales o medio ambiente.

Suceso Iniciador		Causas Típicas
1.	Actuaciones erróneas o mal intencionadas como por ejemplo: ▪ No etiquetado y/o no colocación de candados de seguridad. ▪ No aplicación o aplicación incorrecta de las 5 reglas de oro para la seguridad.	Carencia de instrucciones de seguridad, falta de entrenamiento o irresponsabilidad del personal. No suministro de herramientas de seguridad por parte de la compañía.
2.	Dimensión insuficiente de conductores de corriente. Fallos de dispositivos de protección contra sobrecorriente.	Cálculos incorrectos o solicitaciones energéticas no consideradas en la fase de diseño Dispositivos de protección obsoletos y no acordes con el tipo de carga actual a proteger. Demandas energéticas que no fueron previstas en el momento de su selección.
3.	Fallos en el sistema de puesta a tierra	Sistema de puesta a tierra inexistente o con un pobre mantenimiento

Tabla 5.1. Sucesos iniciadores que pueden desencadenar en accidentes graves.

A continuación se describen como al presentarse un suceso iniciador y sus factores condicionantes conducen a diferentes escenarios accidentales.

- **Descuido por parte del personal de mantenimiento eléctrico en cuanto a la seguridad que debe llevarse en los puestos de trabajo.**

Este suceso iniciador se refiere al identificado como 1 en la tabla 5.1. Es decir, que todo personal de mantenimiento eléctrico que vaya a realizar trabajos sin tensión debe asegurarse que tal objetivo sea cumplido a través del cumplimiento de las 5 reglas de oro, etiquetado o colocación de candados. A continuación se propone un árbol de sucesos y analiza cada escenario accidental.

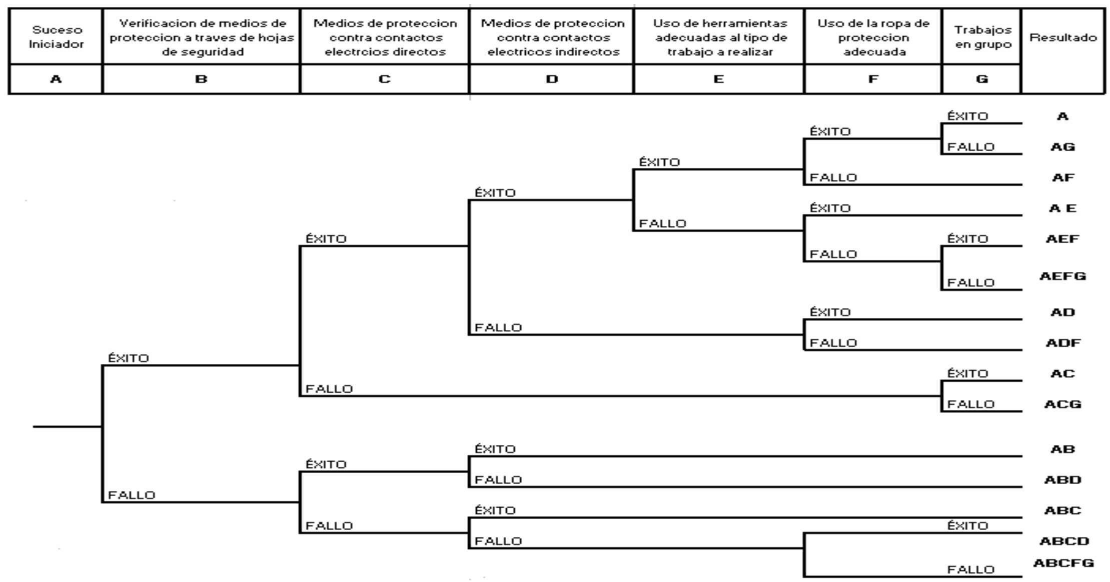


Figura 5.2.Estructura del árbol de sucesos por haber falla en la aplicación de los procedimientos de trabajo.

Secuencia	Resultados
A	Al disponerse a realizar cualquier trabajo que implique la presencia de energía eléctrica es obligatorio tomar las medidas de seguridad respectivas para evitar un choque eléctrico. Para asegurarse de que todas han sido ejecutadas correctamente se vuelve necesario la utilización de hojas de seguridad. Esto le permite al trabajador operar con mayor tranquilidad.
AF	En el escenario AF se han cumplido con las funciones de seguridad previas, pero la no utilización de los equipos de protección adecuada puede causar sordera, en el caso de una simple rutina de inspección de maquinas con altos decibeles si el trabajador no esta equipado con medios que protejan su sistema auditivo, o el no uso de los EPI puede causarle quemaduras en el caso que se presente un cortocircuito o un arco eléctrico.
AE	En este escenario el uso de herramientas en mal estado o no adecuadas al tipo de trabajo a realizar constituyen también un factor importante para que el trabajador sufra un accidente.

AEF	Este escenario se debe evitar a toda costa, y la responsabilidad recae tanto en el trabajador como en el empleador con un mayor grado de responsabilidad para este último.
AEFG	Situación muy critica. Para un mismo trabajo deben estar al menos dos personas.
AD	En este caso el trabajador al ponerse en contacto de forma indirecta con la corriente eléctrica, los medios de protección no funcionan, pero el uso de EPI's correctos reducen el riesgo eléctrico.
ADF	La situación anterior se agrava por el no uso de los respectivos EPI's, y dependerá del tiempo y la cantidad de corriente de falla que pase a través del cuerpo
AC	En este escenario los medios de protección contra contactos eléctricos directos fallan, pero la correcta utilización de los EPI's y la presencia de un compañero de trabajo es esencial.
ACG	El escenario anterior se agrava si la persona que realiza el trabajo esta sola.
ACFG	La secuencia anterior se agrava si no existe trabajo en equipo.
AB	En esta secuencia aunque las hojas de verificación no se cumplen, las demás funciones de seguridad funcionan, y no se presenta un resultado catastrófico
ABD	Para este escenario los medios de protección contra contactos eléctricos indirectos fallan pero las siguientes funciones de seguridad funcionan correctamente.
ABC	La falla de las dos primeras funciones de seguridad conducen al escenario ABC en el que el correcto uso de los EPI's adecuados atenúan las consecuencias
ABCFG	La no verificación a través de hojas de seguridad parece una acción irrelevante pero su omisión y la falla de los demás sistemas de seguridad nos conducen al escenario final ABCFG

Tabla 5.2. Escenarios accidentales por falla de los procedimientos de trabajo.

El peor resultado de la secuencia que se puede producir debido al suceso iniciador #1 de la tabla 5.1 y que es hallado por medio del árbol de sucesos es el ABCFG, el cual indica que no se han verificado los medios de protección mediante hojas de seguridad, fallaron o no existen los medios de protección contra contactos directos, no se usa el EPP y solo una persona realiza un trabajo. Con esto se llega a la conclusión que para minimizar los riesgos hay que crear procedimientos de trabajo, aplicar dispositivos de seguridad contra contactos directos o indirectos o medios de protección, las herramientas y el EPP deben ser las adecuados, para lograr con eso llegar a tener un escenario accidental A en el que todas las protecciones para el trabajador funcionan y en el cual no existe ningún daño. Las mejoras se mencionarán en los capítulos 6 y 7.

- **Dispositivos de protección contra sobrecorriente.**

Un chequeo periódico de los dispositivos de protección contra sobrecorriente dentro de una planta industrial es uno de los principales ítems a ser considerados dentro de un programa de mantenimiento. A continuación se desarrolla los posibles escenarios accidentales que pueden presentarse si el mantenimiento de estos elementos no es aplicado responsablemente. El árbol de sucesos en el que se considera como suceso iniciador a los dispositivos de protección en mal estado se muestra a continuación.

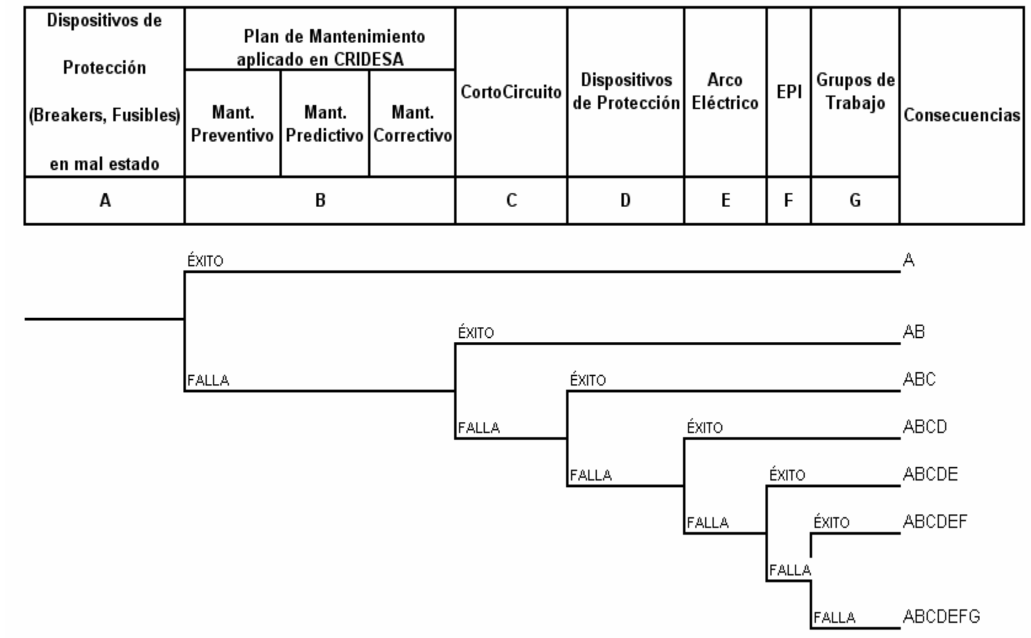


Figura 5.3. Estructura del árbol de sucesos debido a los dispositivos de protección en mal estado.

Secuencia	Resultados
A	Breakers o fusibles en mal estado, obsoletos o que ya no sean capaces de proteger su carga actual, se convierten inminentemente en un potencial suceso iniciador de accidentes.
AB	En el escenario AB el plan de mantenimiento aplicado en CRIDESA falla, poniendo en riesgo sus instalaciones, el panorama de esta situación empeora debido a que los mencionados elementos de protección son realmente antiguos.
ABC	En este escenario el peligro latente del anterior se materializa a través de un cortocircuito.
ABCD	Los dispositivos de protección por causa de una falta de mantenimiento efectivo no son capaces de actuar a tiempo y despejar la falla.
ABCDE	El escenario ABCD trae como consecuencia inevitable la presencia de un arco eléctrico, la cantidad de energía que llegue a liberarse dependerá de la corriente de cortocircuito en el punto de falla.
ABCDEF	La selección y utilización adecuada de los EPI´S será un punto clave para los trabajadores que pudieran resultar afectados por un arco eléctrico.
ABCDEFG	Siempre será aconsejable que los trabajos sean realizados por al

	menos dos personas, esta exigencia se vuelve aun mas relevante en los casos en que los trabajos a realizarse sean bajo tensión, o que el trabajo desarrollado implique un alto riesgo de cortocircuito o arco eléctrico.

Tabla 5.3.Escenarios accidentales debido a los dispositivos de protección en mal estado.

Como podemos apreciar en el árbol de sucesos, para lograr pasar de un suceso accidental ABCDEFG a un suceso A, es necesario mejorar el plan de mantenimiento y los procedimientos de trabajo. En los capítulos 6 y 7 se establecerán las mejoras respectivas.

5.3.3 Las necesidades de diseño a la época actual han sido superados o existe una variación en el tipo de carga. Falla de aislamiento o insuficiente calibre para las demandas actuales, equipos obsoletos y/o con un mantenimiento deficiente.

Este suceso apunta al numeral 3 de la tabla 5.1. Se considera básicamente la falla de aislamiento de los conductores como la principal causa de un cortocircuito, causa que es motivada por sobrecarga y el tiempo de vida útil de estos entre otros factores, y dadas las características de mantenimiento hace que se considere la falla de aislamiento como un suceso iniciador potencial debido a que la fábrica en sus casi 30 años de operación ha ido variando su carga tanto en tipo como en cantidad, adicional a eso se considera que los diferentes conductores de alimentación principal o de derivación se mantienen hasta la actualidad. Para este suceso iniciador se muestra el siguiente árbol de sucesos.

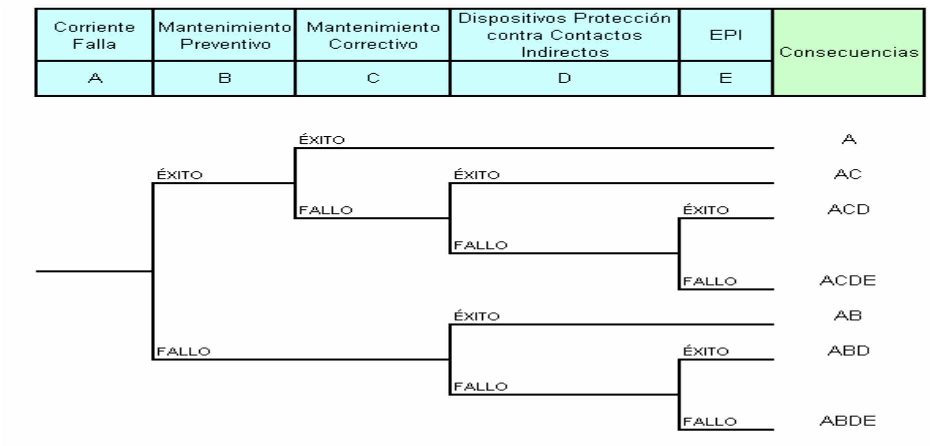


Figura 5.4. Estructura del árbol de sucesos debido a una falla en el aislamiento de los conductores.

Secuencia	Resultados
A	Se presenta como suceso iniciador la corriente de falla, que circula por el conductor de puesta a tierra. Este conductor debe ser un ítem importante a considerarse dentro de un plan de mantenimiento ejecutado dentro de la planta.
AC	En el suceso AC se ha cumplido exitosamente con una parte del mantenimiento, el mantenimiento preventivo, pero no así en el mantenimiento correctivo, gracias a que los dispositivos de protección que actúan correctamente logran despejar la falla antes que derive en un cortocircuito. Este suceso bien podría presentarse en el área de casa de combustibles, en este lugar de trasvase de líquidos inflamables, los conductores de puesta a tierra no logran hacer un buen contacto con el electrodo.
ACD	En este escenario los dispositivos no actúan a tiempo para despejar la falla, y las consecuencia de este suceso se materializan, el uso de los EPI´S reduce

	el riesgo de sufrir quemaduras o choques por contacto eléctrico directo o indirecto.
ACDE	Este escenario se presenta por el no uso o a su vez el uso incorrecto de los EPI´S.
AB	Si dentro del plan de mantenimiento no se contempla las instalaciones de puesta a tierra o los **DDR** se presenta el escenario AB
ABD	Del escenario anterior se pasa inmediatamente al ABD en el que los dispositivos de protección no detectan la falla
ABDE	Este escenario es el mas catastrófico por que ninguno de los sistemas de seguridad que obligatoriamente deben ser implementados no funcionó ya sea por que no existe realmente o por que las personas encargadas de ejecutarlas no las cumplen a tiempo o porque las acciones correctivas tampoco son ejecutadas a tiempo.

Tabla 5.4. Escenarios accidentales debido a la falla de aislamiento de los conductores.

Como podemos apreciar en el árbol de sucesos anterior, para lograr pasar de un suceso accidental ABDE a un suceso A, es necesario obligar a los supervisores a cumplir con el mantenimiento preventivo y correctivo, también es obligatorio que todos los paneles y equipos tengan un cable de protección CP para disminuir el riesgo de contacto indirecto, además se sugiere el uso de los dispositivos diferenciales de corriente residual DDR (capitulo 6, literal 6.4) para tener una mayor protección para el trabajador.

A continuación se presenta un caso práctico en función de los valores de cortocircuito y distancia de seguridad obtenidos en el capitulo anterior.

Secuencia	**Resultados**
A	Breakers o fusibles en mal estado, obsoletos o que ya no sean capaces de proteger su carga actual, se convierten inminentemente en un potencial suceso iniciador de accidentes.
AB	En el escenario AB el plan de mantenimiento aplicado en CRIDESA falla, poniendo en riesgo sus instalaciones, el panorama de esta situación empeora debido a que los mencionados elementos de protección son realmente antiguos.
ABC	En este escenario cuando el trabajador dentro de sus actividades de rutina pretende realizar trabajos en el panel de compresores que maneja un voltaje de 4160V, se presenta un cortocircuito que según los cálculos realizados tendrá una magnitud de 13.75 KA.
ABCD	En este escenario los dispositivos no logran despejar la falla, entre las posibles causas están: dimensión incorrecta de los mismos, falta de mantenimiento, o inclusive puede darse el caso de que no existan.
ABCDE	La posibilidad de un arco eléctrico siempre estará latente, y en esta parte del análisis se hace presente justamente porque los medios de protección han fallado. La cantidad de energía calorífica liberada en este punto tiene una magnitud aproximada de 3 cal/cm^2.
ABCDEF	Ante una cantidad de energía liberada de tal magnitud, la utilización de EPP en esta área es mandatario y su selección debe ser rigurosa. El EPP requerido se detalla en el capitulo 7.
ABCDEFG	De acuerdo con OSHA siempre será aconsejable trabajar sin tensión, salvo que el trabajo a realizar implique necesariamente efectuar las tareas con tensión es necesario que las mismas sean desarrolladas con la presencia de un supervisor o ayudante.

Tabla 5.5.Ejemplo de aplicación del análisis del árbol de sucesos.

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO DE ACUERDO AL AREA DE TRABAJO

INTRODUCCION

Crear un ambiente de trabajo propicio para el trabajador en lo que respecta a la seguridad de este, especialmente si su entorno de trabajo implica exposición a riesgos eléctricos, es una obligación que toda compañía esta sujeta a cumplir, siguiendo fielmente los estándares y normas que se aplican de acuerdo al tipo de industria. El establecer prácticas de seguridad y procedimientos de trabajo ayudaran para que tal acometimiento sea llevado y aplicado efectivamente.

Las técnicas y procedimientos de trabajo en instalaciones eléctricas o en sus proximidades, se establecerán de acuerdo a las siguientes consideraciones:

Evaluación de los potenciales riesgos que pueden presentarse en el lugar de trabajo, habida cuenta de las características de las instalaciones, del propio trabajo y del entorno en el que va a realizarse.

6.1 Tipos de Mantenimiento aplicados en la planta[11].

En CRIDESA el departamento de mantenimiento es el encargado de llevar a cabo los diferentes tipos de mantenimientos. Sin tiempos perdidos por fallas en los diferentes sistemas, máquinas y equipos, la producción no se ve afectada. En los porcentajes de producción se ve reflejada la eficiencia del departamento de Mantenimiento General.

Para esto en la planta se lleva a cabo los chequeos de todos los diferentes sistemas, equipos y máquinas. En esta parte se necesita de la ayuda de los operadores de sistemas (Técnicos eléctricos) para que realicen el chequeo de las variables de cada panel, equipo y maquina existentes en la planta.

Los técnicos realizan un chequeo durante los 3 turnos del día y también un chequeo mas profundo una vez por mes. Estos datos son entregados al encargado del mantenimiento preventivo del departamento para que el analice los valores de cada variable, ver si alguna a sufrido una desviación con respecto a lo normal y tomar las acciones correctivas del caso.

En este documento se dará información teórica y práctica de los diferentes tipos de mantenimiento, a crear listas de chequeo y a crear formatos y procedimientos para realizar de una mejor manera el mantenimiento.

A continuación se introducirá los conceptos de los diferentes mantenimientos.

Componentes de un sistema de mantenimiento completo.

Un sistema de mantenimiento se compone de mantenimiento Preventivo, Predictivo, Correctivo, modificativo, energético y ambiental. El mantenimiento modificativo muy pocas veces se usa en CRIDESA, por eso no lo vamos a analizar.

-Clases de mantenimiento.

Las clases de mantenimiento se distinguen entre sí por el tipo de control que ejercen sobre el estado de las máquinas, los medios utilizados en la realización de ese control, las instalaciones sobre las que actúa y el volumen de medios que despliegan.

En CRIDESA se utiliza mucho el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

-Mant. Preventivo formado por:

  -Mant. Hard Time (M.H.T.)

  -Mant. On Condition (M.O.C.)

-Mant. Predictivo o Condition Monitoring

-Mant. Correctivo.

-Mantenimiento Hard Time (M.H.T.)

La clase de Mantenimiento M.H.T. esencialmente consiste en la revisión total del componente, pieza o conjunto, o su cambio a intervalos programados aunque no haya habido fallo del mismo; con el requerimiento de que el componente o conjunto, después de cada revisión ha de quedar a "cero horas" de funcionamiento, es decir, como uno nuevo, desde el punto de vista del servicio que tiene que prestar.

Este tipo de mantenimiento es usado en CRIDESA pero solamente para todos los motores de la planta. Se cuenta con la ayuda de una base de datos en la que se encuentran todos los motores con sus características, y se tiene programado el cambio para cada motor dependiendo del tiempo de uso. El rango de cambio va desde los 12 (para motores indispensables para la producción y que forman parte de las máquinas de formación de envases) a 24 meses (resto de motores).

A los motores que son reemplazados se les hace un mantenimiento total (chequeo y reparación del aislamiento, rodamientos, cajera, bobinas, eje) para luego quedar a cero horas de funcionamiento y como repuesto para otro cambio.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Co	Nombre del equipo	Potenc	Frame	Corrien	Tensió	Velocida	Ult. Camb	Sto	Intervalo mar	Proximo mar	Estatus
M038	Feeder A1	7,5	256T	15,5	460	1350	24/07/2007	1	12	24/07/2008	---
M039	Transportador de maquina A1	5	254T	10,2	460	1350	24/07/2007	1	12	24/07/2008	---
M040	Estrella - cross conveyor A1	3	215T	7,9	460	1350	10/07/2007	1	12	10/07/2008	---
M041	Staker A1	5	254T	10	460	1350	06/07/2007		12	06/07/2008	---
M042	Feeder A2	5	256T	20,8	230	900	24/07/2007	2	12	24/07/2008	---
M043	Transportador de maquina A2	2	215T	10,6	230	900	06/02/2007	1	12	07/02/2008	---
M044	Estrella - cross conveyor A2	2	215T	10,6	230	900	09/08/2007	1	12	09/08/2008	---
M045	Staker A2	5	256T	20,8	230	900	20/03/2007	1	12	20/03/2008	---
M046	Feeder A3	7,5	256T	15,5	460	1350	11/07/2007	1	12	11/07/2008	---
M047	Transportador de maquina A3	5	254T	10,4	460	1350	12/10/2006		12	13/10/2007	VENCIDO
M048	Estrella - cross conveyor A3	3	215T	7,9	460	1350	10/04/2007		12	10/04/2008	---
M049	Staker A3	5	254T	10	460	1350	16/04/2007	1	12	16/04/2008	---
M050	Vent.conveccion Mod.1 A1	5	184T	7,5	460	1735	10/06/2005		15	10/09/2006	VENCIDO
M051	Vent.conveccion Mod.2 A1	5	184T	7,5	460	1735	10/06/2005		15	10/09/2006	VENCIDO
M052	Vent.conveccion Mod.3 A1	5	184T	7,5	460	1735	10/06/2005		15	10/09/2006	VENCIDO
M053	Vent.conveccion Mod.4 A1	5	184T	7,5	460	1735	10/06/2005		15	10/09/2006	VENCIDO
M054	Vent.conveccion Mod.5 A1	5	184T	7,5	460	1735	10/06/2005		15	10/09/2006	VENCIDO
M055	Vent.conveccion Mod.6 A1	5	184T	7,5	460	1735	10/06/2005		15	10/09/2006	VENCIDO
M056	Vent.conveccion Mod.7 A1	5	184T	6,4	460	1750	10/06/2005	1	15	10/09/2006	VENCIDO
M057	Vent.conveccion Mod.8 A1	5	184T	6,4	460	1750	10/06/2005		15	10/09/2006	VENCIDO

Figura 6.1. Base de datos del Mantenimiento Hard Time usado en CRIDESA

-Mantenimiento "On Condition"

La clase de Mantenimiento M.O.C. consiste en la revisión total (con desmontaje del componente de la máquina y traslado al taller) del componente o conjunto pero no a intervalos programados. sino variables, es decir, cuando la inspección que si se hace a intervalos fijos lo prescriba. Su principio básico descansa en la hipótesis de que una máquina no se avería sin que antes manifieste ciertos síntomas previos, que se traducen en un tiempo de preaviso y un nivel de alarma.

Para determinar cuando hay que desmontarlo y mandarlo al taller existen procedimientos de inspecciones On Condition y datos On condition [11]

Este método disminuye en un 75% los trabajos no programados y reduce los costos totales de la planta a un 15%.

Para sacarle provecho a este tipo de mantenimiento se debe contar con equipos de inspección, personal entrenado y un sistema informático. CRIDESA utiliza un sistema informático llamado Control de mantenimiento preventivo PMC, el cual crea rutinas no tan estructuradas de chequeo de sistemas o máquinas (Eléctrico y Mecánico) de forma periódica, tiene los equipos necesarios para este tipo de chequeo y los técnicos saben interpretar los diversos síntomas que presenta la máquina o equipo analizado.

Esta clase de Mantenimiento permite a los técnicos eléctricos y mecánicos de la planta tener conocimiento de las condiciones mecánicas o eléctricas de la máquina y promueve la planificación de las revisiones o reparaciones basándose en las reales condiciones del equipo. De este modo se eliminan revisiones, reparaciones y paradas inútiles y se mejora la utilización de la máquina.

El departamento de Mantenimiento General (Eléctrico y Mecánico) en CRIDESA, conocedor de las fases o puntos claves de vigilancia de cada máquina o sistema tiene establecido por escrito cuales son las variables de funcionamiento que se deben inspeccionar, es por eso que a los trabajadores de Mantenimiento General (Electricistas y Mecánicos) en cada turno (inspección de todos los sistemas de la planta) y 1 vez al mes por equipo o sistema (revisión con mayor profundidad) se les reparte un formato de chequeo con el fin de controlar y revisar el estado de los diferentes sistemas y máquinas (Mto. Preventivo), pero no se cuenta con un procedimiento de uso de los formatos. En el capitulo 6 literal 6.9 se realizará el procedimiento de uso para los formatos de mantenimiento preventivo y se lo mejorará.

-Mantenimiento Predictivo (M.P.) o Condition Monitoring (M.C.M.)

Esta clase de Mantenimiento persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad lanzando predicciones sobre la posible duración de sus componentes. Puede considerarse como un Mto. On Condition Automático y evolucionado.

Con los sistemas y equipos en marcha, en CRIDESA establece este tipo de mantenimiento para conocer los valores de temperatura, vibración, aislamiento de bobinas en transformadores, pruebas eléctricas, estado mecánico etc., para establecer si ha sufrido alguna desviación con respecto a lo que se considera normal. Si se presenta alguna desviación en alguna de las variables medidas, entonces se tomaran las medidas correctivas del caso.

-Técnicas de Mantenimiento Predictivo

En la actualidad, las técnicas más utilizadas de Mto. Predictivo son las siguientes:

• Análisis de vibraciones

• Termometría y Termografía

• Ensayos eléctricos de máquinas

• Análisis de gases de transformadores

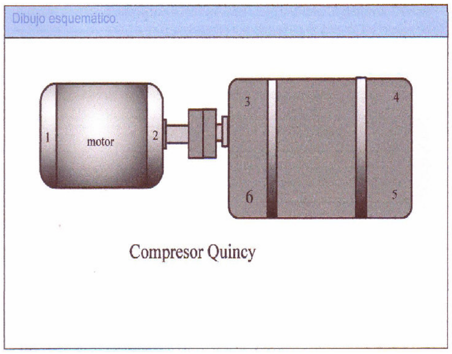
• Desgaste mecánico

1. Análisis de Vibraciones

Todas las máquinas en funcionamiento producen vibraciones, las cuales son imágenes de los esfuerzos dinámicos engendrados por las piezas en movimiento. Estas vibraciones son básicas como elementos de medida, cuando se quiere efectuar un diagnóstico. Constituyen, Junto con la elevación de temperatura, el primer síntoma de alguna anomalía, causa potencial de degradaciones y averías de la máquina.

El análisis del a) Nivel global de la vibración, b) las técnicas de resonancia y c) el análisis espectral o análisis de frecuencia, constituyen la herramienta # 1 del Mto. Predictivo [11].

A continuación se muestra dos estudios realizados a 2 motores de la planta, el primero (compresor Quincy) opera con 4160 V y el segundo (ventilador de paredes del horno) que opera a 480 V. En estos dos ejemplos se aplica el análisis espectral de frecuencias y el nivel global de vibración.



Equipo:
Compresor Quincy

Diagnóstico y recomendaciones:
El equipo registra valores de vibración dentro del rango tolerable. El gráfico de espectro de frecuencias nos muestra picos dominantes a la frecuencia de paso de los lóbulos del rotor del compresor (7140 cpm). La severidad de la vibración no amerita acciones correctivas adicionales a las de rutina.
En la prueba termográfica se detectaron temperaturas de 90 grados en el estator del motor. Se recomienda continuar atento a la tendencia térmica en este equipo.

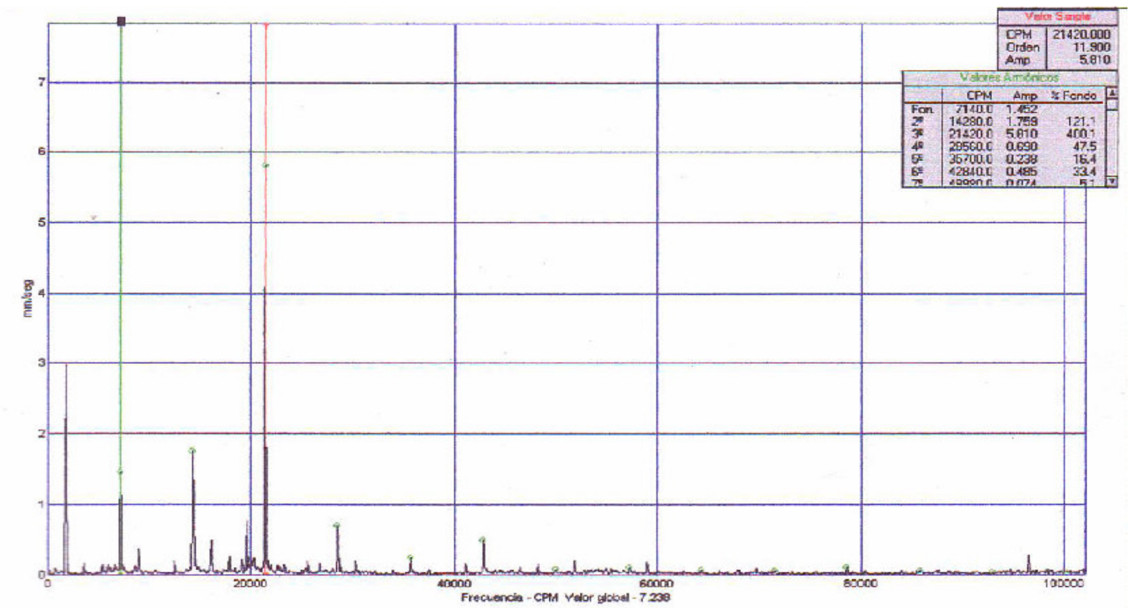


Figura 6.2. Análisis de espectro de frecuencias de compresor Quincy.

Gráfico de espectro de frecuencias, punto #6, dirección vertical. Nótese los picos a la frecuencia de paso de los lódulos.

COMPRESOR QUINCY

Ubicación	Diciembre 15, 2006	Agosto 31, 2006	Alerta
1H	6,3	4,3	4,5
1V	4,8	3,3	4,5
1A	2,8	2	4,5
2H	4	4,7	4,5
2V	4,3	3,9	4,5
2A	2	1,9	4,5
3H	3,2	6,1	4,5
3V	3,4	3,5	4,5
3A	2	1,2	4,5
4H	3,1	5,3	4,5
4V	2,7	2,5	4,5
4A	1,8	1,4	4,5
5H	3,9	6,6	4,5
5V	6,2	5	4,5
5A	2,7	3	4,5
6H	3,2	4,8	4,5
6V	7,2	3,6	4,5
6A	1,9	1,9	4,5

UNIDADES EN mm / seg. rms

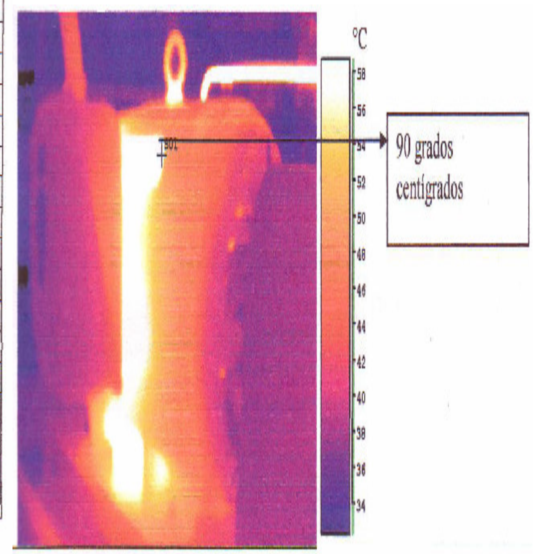


Figura 6.3. Análisis del nivel global de vibración y termografía aplicada al compresor Quincy.

El compresor Quincy tiene un factor de servicio de 1.15 y el aumento máximo permisible sobre la temperatura ambiente de 40ºC es 115ºC, la temperatura del motor se encuentra dentro del rango pero se recomienda continuar atento a la tendencia térmica.

Ventilador de enfriamiento de las paredes del horno No. 2

Los niveles de vibración total y de envolvente de aceleración obtenidos en el equipo se muestran a continuación.

ID	Unidades	Fecha	03-JUL-06
Máquina:			
1H	mm/seg	03-JUL-06	13.81
ENV 1H	gE	03-JUL-06	4.139
2H	mm/seg	03-JUL-06	14.21
ENV 2H	gE	03-JUL-06	3.457
3H	mm/seg	03-JUL-06	5.163
ENV 3H	gE	03-JUL-06	1.066
3V	mm/seg	03-JUL-06	4.347
3A	mm/seg	03-JUL-06	1.987
4H	mm/seg	03-JUL-06	5.381
ENV 4H	gE	03-JUL-06	2.283
4V	mm/seg	03-JUL-06	3.174
4A	mm/seg	03-JUL-06	1.048

Valor de alerta: 7.1 mm/seg rms, vibración total
4 gE envolvente de aceleración

Tabla 6.1.Niveles de vibración de la envolvente de aceleración del ventilador de paredes del horno #2.

Como podemos observar, el equipo registra elevados niveles de vibración en el motor y valores superiores a los obtenidos en el ventilador No. 1(motor con iguales características de placa y trabajo), en la parte del ducto y puntos No. 3 y No. 4. Adicionalmente, se registra un ruido proveniente de las bandas.

El gráfico de espectro de frecuencias nos muestra un pico dominante a la frecuencia de giro del ventilador (1180 cpm), señal de la presencia de desbalance.

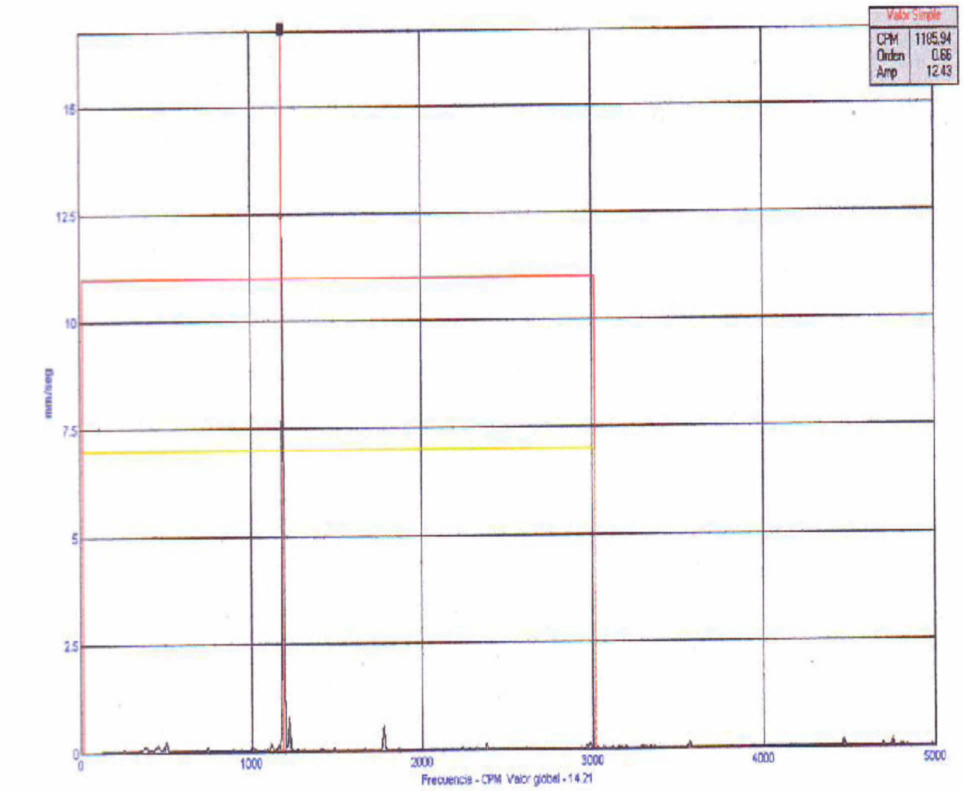


Gráfico de espectro de frecuencias, motor. Nótese el pico a la frecuencia de giro del ventilador.

Figura 6.4.Espectro de frecuencias del ventilador de paredes del horno #2.

Se recomienda tomar las siguientes acciones:

1. Comprobar el estado de las bandas y de la polea (canales y alineamiento).
2. Balancear dinámicamente el rotor del ventilador
3. Comprobar lubricación de rodamientos.

De los dos ejemplos mostrados anteriormente, el Compresor Quincy no tiene ningún problema de vibración ni de temperatura, en cambio el ventilador de enfriamiento de paredes del horno #2 presenta problemas de desbalance según el análisis mostrado.

Los ejemplos antes mostrados son los informes de análisis de vibraciones hecha por una compañía contratista y entregados a CRIDESA. Estos análisis se los realiza 2 veces al año para equipos que no muestran problemas de vibraciones y 3 o 4 veces al año para equipos con problemas de vibración.

Cuando un equipo presenta vibración fuera de los valores normales, se realizan los trabajos de corrección y se vuelve hacer el análisis vibracional para tener la certeza que se ha corregido el problema.

2. Termometría – Termografía [11].

Características Generales

La termografía infrarroja es un método de ensayo no destructivo que permite obtener imágenes de elementos calientes por captación de los rayos infrarrojos emitidos. Este método de medida permite conocer, con una buena precisión, la temperatura y radiación de cada punto de la superficie, en cada momento. Es una técnica de medida in situ aplicable a cualquier fenómeno que comporta una variación de temperatura, lo que permite determinar puntos calientes o fugas térmicas.

Aplicaciones Generales

Los cuerpos a analizar pueden ser prácticamente todos los que presenten gradientes térmicos. La termografía se realiza a:

A. Líneas eléctricas, aéreas y enterradas.

• Determinación de defectos en líneas y conexiones, en tensión.

B. Circuitos electrónicos

• Determinación de defectos en circuitos impresos y componentes, en tensión.

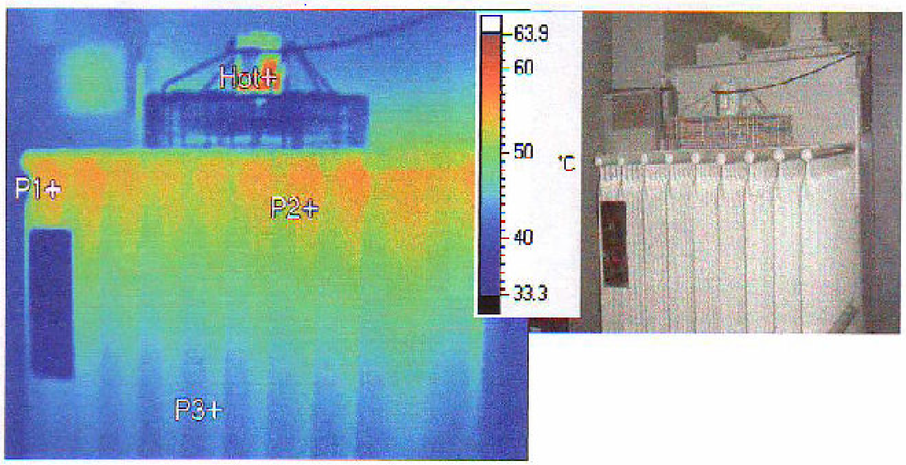
C. Equipos

• Determinación de defectos en los mecanismos, uniones, soldaduras, etc...

En CRIDESA se toman datos termográficos dos veces al año en los diferentes equipos y paneles de la planta. A continuación se presenta el análisis realizado al transformador OZ y al panel de bombas de combustible.

CUARTO DE SISTEMAS

Vista Transformador OZ (En servicio)



Data:

Label	Emissivity	Background	Average	Std Dev	Max	Min
Hot	0.96	30.0	63.06	0.00	63.1	63.1
P1	0.96	30.0	54.06	0.00	54.1	54.1
P2	0.96	30.0	53.75	0.00	53.8	53.8
P3	0.96	30.0	44.19	0.00	44.2	44.2

Termógrafo:	Roosswelt Saraguro	Licencia No.:	24149	Fecha Validez:	2/25/2010
Departamento de Mantenimiento de Subestaciones Eléctricas				Página 12 de 16	

Client	O.I. (Cridesa)
Image time	11/10/2006 16:20 PM
Emissivity	0.95
Background Temp	30.03 ºC
Image range	34.25 to 63.06 ºC
Average Temp	45.69 ºC
Calibration Range	0.00 to 100 ºC
Lens	40948-1722, 20 mm/F8
Camera S/N	FLX.05.01.039

Figura 6.5.Termografía realizada al transformador OZ instalado en el cuarto de sistemas.

Fuente: Compañía eléctrica del litoral. COELIT S.A.

Comentarios:

1. Temperaturas dentro de los rangos normales de operación (Temperatura máxima permisible es de 65ºC.
2. Temperatura en radiadores normales (operación correcta)

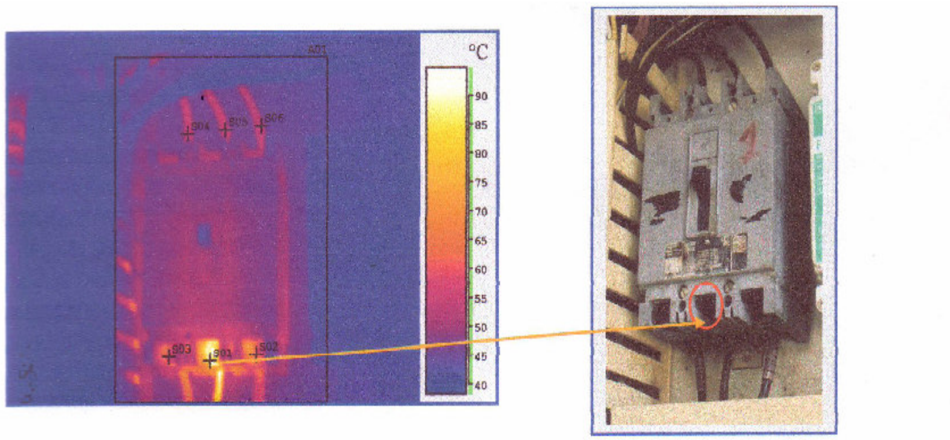
Bombas de combustible

El siguiente es el análisis termográfico del tablero eléctrico de bombas de combustible de la planta industrial (CRIDESA). El equipo utilizado fue una cámara termografía marca Electrophysics, modelo Hotshot.

Incident Summary	
Location	Panel de bunker
Equipment	Breaker CB1 resistencias de calentamiento
Incident Date	10/19/2007 12:16:37 PM
Recommendation	Revisión y reajuste
Severity	P4
Units	°C
Global Emissivity	0.95

Inspection Detail	
Thermographer	Daniel Moreta
Component Temperature	87.2
Reference Temperature	62.2
Temperature Rise	42.9
Component Emissivity	0.95
Background Temperature	26

Comments	Un contacto deficiente provoca incrementos en la temperatura de los componentes, Se recomienda, revisión y reajuste de la tornillería del breaker.



Spot Meter	Emissivity	Temp*
S01	0.95	87.2
S02	0.95	62.2
S03	0.95	57.9
S04	0.95	52.9
S05	0.95	53.3
S06	0.95	51.6

Analysis Tool	Emissivity	Mean Temp*	Min Temp*	Max Temp*
A01	0.95	47.9	40.1	94.8

Figura 6.6. Termografía realizada al breaker ubicado en el panel de bombas de combustible.

Comentarios: Como podemos apreciar la temperatura en el punto S01 esta demasiado elevada 87.2ºC con respecto a la temperatura de referencia de 62.2ºC. Este calentamiento se debe a un mal contacto y hay que arreglarlo en máximo dos semanas para evitar cualquier problema.

3. Ensayos Eléctricos de máquinas [11].

Si bien las máquinas eléctricas, sobretodo las rotativas, deben disfrutar de un buen Mto. Predictivo Mecánico (rodamientos, vibraciones, controles dimensionales, fugas de aceite, etc...) aquí nos referiremos exclusivamente a ensayos eléctricos. Veamos algunos de estos:

Índice de polarización

Sometiendo al aislamiento a una tensión de 500 Vcc, es la relación entre las corrientes de carga medidas a 1 minuto y a 10 minutos. Representa de forma aproximada la relación entre la corriente de fugas y la de absorción (corriente debida únicamente al efecto capacidad). Permite evaluar la existencia de humedad y contaminación.

Ip=(I fugas + I absorción)/I fugas = 1+ (I absorción / I fugas)

Ip <=1.2................Mucha hidratación.

1,2 <= Ip <=2,5.... Aislamiento húmedo o contaminado.

4>= Ip >=2.5..........Aislamiento seco y limpio.

Ip > 4....................Muy buena sequedad del aislamiento y sin contaminación.

Corriente de fugas

También a 500 Vcc es el valor de la corriente después de 30 minutos de carga. Permite evaluar el estado general del aislante.

Corriente de reabsorción

A 500 Vcc es la corriente de descarga medida 1 minuto después de cortocircuitar el aislamiento, cargado durante 30 minutos. Permite evaluar fenómenos asociados al envejecimiento del bobinado: formación de impurezas, separación de los materiales constituyentes del dieléctrico.

Relación de capacidades

Es la relación en % entre la capacidad del devanado a baja frecuencia y a 1.000 Hz. Permite evaluar la influencia de la contaminación en la parte externa del bobinado.

Si la tensión de la máquina es superior a 3 KV los ensayos pueden hacerse a 2.500Vcc.

En CRIDESA se para la planta una vez al año para realizar el mantenimiento a todos los equipos y celdas principales que se encuentran dentro del cuarto de sistema (trafos, compresores, paneles de los arrancadores, celda principal) y se aprovecha esta parada para realizar pruebas eléctricas a todos los equipos antes mencionados.

A continuación se presentan ejemplos de pruebas eléctricas realizadas al transformador principal de 7.5 MVA 69KV/4160V.

PRUEBA ELECTRICA: MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

INSTRUMENTO USADO EN LA PRUEBA:	MEGGER S1-5001

DATOS DEL EQUIPO A PROBAR			
EQUIPO PROBADO:	TRANSFORMADOR	**VOLTAJE:**	67/4.16 KV
ID EQUIPO:	TRAFO	**CAPACIDAD:**	7.5/8.4 MVA
MARCA:	SALOMON CORP.	**# DE FASES:**	3
# DE SERIE:	16239	**FECHA:**	09/11/2006
CLASE / TIPO:	OA	**TEMP AMB:**	32 ºC
TIPO DE CONEXIÓN:	Dyn1	**TEMP ACEITE:**	32 ºC
		AMBIENTE:	NUBLADO

PRUEBA Nº	**1**	**2**	**3**	
VDC	**5000**	**5000**	**2500**	
A LINEA	**H1H2H3**	**H1H2H3**	**X1X2X3X0**	

A GUARDA	TANQUE	X1X2X3X0	H1H2H3	
A TIERRA	X1X2X3X0	TANQUE	TANQUE	
TIEMPO(MIN)	GyGAOHMS	GyGAOHMS	GyGAOHMS	GyGAOHMS
0.25	4.52	9.2	2.14	
0.5	4.9	9.25	2.32	
0.75	5.15	9.25	2.46	
1	5.3	9.25	2.54	
2	5.75	9.65	2.84	
3	5.95	9.7	3.02	
4	6.1	9.7	3.1	
5	6.2	9.7	3.1	
6	6.3	9.7	3.38	
7	6.4	9.7	3.44	
8	6.45	9.7	3.52	
9	6.55	9.7	3.56	
10	6.6	9.7	3.68	
INDICE DE ABSORCION	1.08	1.00	1.11	
INDICE DE POLARIZACION	1.25	1.05	1.43	

Tabla 6.2.Medición de la resistencia de aislamiento del trafo principal de 67KV4160V.

Fuente: Coelit S.A.

Condición de aislamiento: Bueno.

PRUEBA ELECTRICA: MEDICION DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS

EQUIPO UTILIZADO EN LA PRUEBA:	DLRO 10X

DATOS DEL TRANSFORMADOR			
EQUIPO PROBADO:	TRANSFORMADOR	**CAPACIDAD:**	7.5/8.4 MVA
ID EQUIPO:	TRAFO	**VOLTAJE:**	67/4.16 KV
MARCA:	SALOMON CORP.	**CLASE:**	OA
TIPO DE CONEXIÓN:	Dyn1	**# FASES:**	3
Nº DE SERIE:	16239	**TEMP AMBIENTE**:	32 ºC
AMBIENTE:	NUBLADO	**TEMP ACEITE:**	32 ºC

TAP	**H1-H2**	**H1-H3**	**H2-H3**	**X1-X0**	**X2-X0**	**X3-X0**
	UNIDAD	**OHMIOS**		**UNIDAD**	**MILIOHMS**	
1	2.827	2.826	2.827	4.027	4.026	4.026
2	2.763	2.763	2.763			
3	2.676	2.677	2.678	***UNIDAD***	***	
4	2.605	2.607	2.606	***	***	***
5	2.555	2.556	2.554			

Tabla 6.3.Medición de resistencia en los devanados del trafo principal 67KV/4160V.

Condición de la resistencia de los devanados: Bueno.

4. Análisis de Gases de Transformadores [11].

Este análisis es muy importante en el mantenimiento predictivo de los transformadores, ya que por medio de este método de gases disueltos en el aceite podemos saber el grado de descomposición del aceite y de los aislantes sólidos.

El aceite aislante se degrada ya que se ve sometido a solicitaciones eléctricas, térmicas y por envejecimiento normal.

Los gases, cuando el defecto no es muy importante quedan disueltos en el aceite, del cual pueden extraerse para su análisis de cromatografía gaseosa.

A continuación se presenta que compuestos están disueltos en el aceite aislante.

Formación de gases de descomposición del aceite

La experiencia ha mostrado que el gas disuelto en el aceite aislante está formado por los siguientes compuestos:

Hidrógeno - H_2	Acetileno - C_2H_2	Monóxido de carbono - CO
Metano - CH_4	Propano - C_3H_8	Anhídrido carbónico - C02
Etano - C_2H_6	Propeno - C_3H_6	Oxígeno – 02
Etíleno C_2H_4	Propadieno - C_3H_4	Nitrógeno - N_2

A continuación se muestra un análisis realizado al transformador OZ 1.5 MVA(cuarto de sistemas) en el cual se aplica todo lo mencionado anteriormente. Para este análisis, se tomó una muestra del aceite aislante de este transformador.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

	Fecha de Recepción: 19- abril- 2007
	Fecha de Análisis: 20- abril- 2007
Cód.Sertinlab S.A.:	286-07
Empresa:	CRIDESA.
Equipo:	Transformador 3 TIPO AO/ FA
Ubicación:	..
Serie:	PBT 0693-0101
Fabricante:	westinghouse
Año de Fabricación:	1980
Potencia:	1500 KVA
Tensión:	4160/480/277 V
Carga:	-

INFORME DE RESULTADO Nº 2068-07

ITEM	PRUEBAS REALIZADAS	UNIDADES	NORMA ASTM	PARAMETROS REFERENC1ALES	RESULTADOS
1	CONTENIDO DE AGUA	ppm	D-1533	Acep: < 30 cuest: 30 - 34.9 inac: >= 35	26.63
2	GRAVEDAD ESPECIFICA	60/60ºF	D-1298	Acep: 0.84-0.91 cuest: < 0.84 inac: > 0.91	0.9677
3	COLOR	nº	D-1500	Acep: < 3.5 Inac: >3.5	< 0.5
4	EXAMEN VISUAL	--	D-1524	-	Claro, Brillante
5	PUNTO DE INFLAMACIÓN	° C	D-92	Min: 140	> 270
6	VISCOSIDAD CINEMATICA A 40 °C	cSt	D-445	Max: 12	39.28
7	NUMERO DE ACIDEZ	mg.KOH/gr	D-974	Acep: <=0.05 cuest: 0.06 - 0.1 Inac: > 0.1	0.044
8	TENSIÓN INTERFASIAL	Dinas/cm	D-971	Acep: >= 32 Cuest: 28 - 31.9 Inac: < 27.9	33
9	INDICE DE CALIDAD	-	-	-	

Tabla 6.4.Informe de resultados de un análisis realizado a una muestra de aceite del transformador OZ.

OBSERVACIONES: Los resultados de punto de inflamación, viscosidad, y gravedad especifica están fuera de los parámetros referenciales, lo que indica que el aceite corresponde a un tipo especial con características diferentes- por lo tanto el índice de calidad no es calculado, se debería tener la hoja técnica del aceite.

INFORME DE RESULTADOS DEL ANALISIS CROMATOGRAFICO DE GASES DISUELTOS EN ACEITE DE TRANSFORMADORES

MUESTRA Nº : 286-07 NORMA: ASTM D 3612 - A CR-108-07

EMPRESA: CRIDESA.
FECHA DE RECEPCION: 19 de Abril de 2007 FECHA DEL ANALISIS: 23 de Abril de 2007
EQUIPO: TRAFO 3
UBICACIÓN: FABICANTE: WESTINGHOUSE
AÑO DE FAB.: 1980 Nº SERIE: PBT 0695-0101
POTENCIA: 1500 KVA TENSION: 4160 / 480 / 277 V
% CARGA: VOL. ACEITE: OBSVR: T_{amb}: ºC H_R: %

SIST. PRESERVACION:		TEMP ACEITE AL MUESTREAR:	º C
VOL. ACEITE MUESTREADO:	40 cm^3	VOL. GAS COLECTADO:	13,6 cm^3
VOL. GAS CORREGIDO TPS:	10,84 cm^3	GASES EN EL ACEITE:	27,09 %
GASES COMBUSTIBLES:	7,37 %	GASES NO COMBUSTIBLES:	92,63 %

COMPONENTE		ppm (V/V)
HIDROGENO	H_2	893,91
DIOXIDO DE CARBONO	CO_2	23224,52
ETILENO	C_2H_4	69,07
ETANO	C_2H_6	25,44
ACETILENO	C_2H_2	N.D.
OXIGENO	O_2	2526,19
NITROGENO	N_2	82360,20
METANO	CH_4	584,87
MONOXIDO DE CARBONO	CO	7028,90

RELACIONES			
CH4 METANO / H_2 HIDROGENO	0,65	C2H6 ETANO / C2H2 ACETILENO	0,00
C2H6 ETANO / CH4 METANO	0,04	C2H2 ACETILENO / CH4 METANO	0,00
C2H4 ETILENO / C2H6 ETANO	2,71		
C2H2 ACETILENO / C2H4 ETILENO	0,00		
CO / CO_2	0,303	O2 / N2	0,03

Tabla 6.5. Informe de resultados del análisis cromatográfico de gases disueltos en aceite del transformador OZ.

OBSERVACIONES: ND = NO DETECTADO

NOTA: 1 ppm (V/V) = 10^{-6} Litros ó 1 mm^3 de gas disuelto en un Litro de aceite aislante

DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES:

Según el método de la CSUS (California State University Sacramento) la generación DIÓXIDO DE CARBONO (C02) > 15000 = Sobrecalentamiento Severo; de MONOXIDO DE CARBONO > 1000 = Sobrecalentamiento Severo, METANO > 80 = Chisporroteo. El HIDROGENO esta elevado por lo tanto recomendamos realizar inmediatamente una nueva cromatografía para medir la velocidad de generación de gases y análisis de furanos para determinar el grado de polimerización del papel.

Para poder entender de mejor manera los resultados de los análisis antes mostrados, a continuación presentamos algunos métodos de interpretación de resultados.

METODOS DE INTERPRETACION DE ANALISIS DE GASES

Método de Dornenburg.

GRAFICO: Consiste en relacionar las cantidades de metano e hidrógeno, así como las de acetileno y etileno; la intersección de estos dos valores en el gráfico indica la falla que está ocurriendo en el transformador.

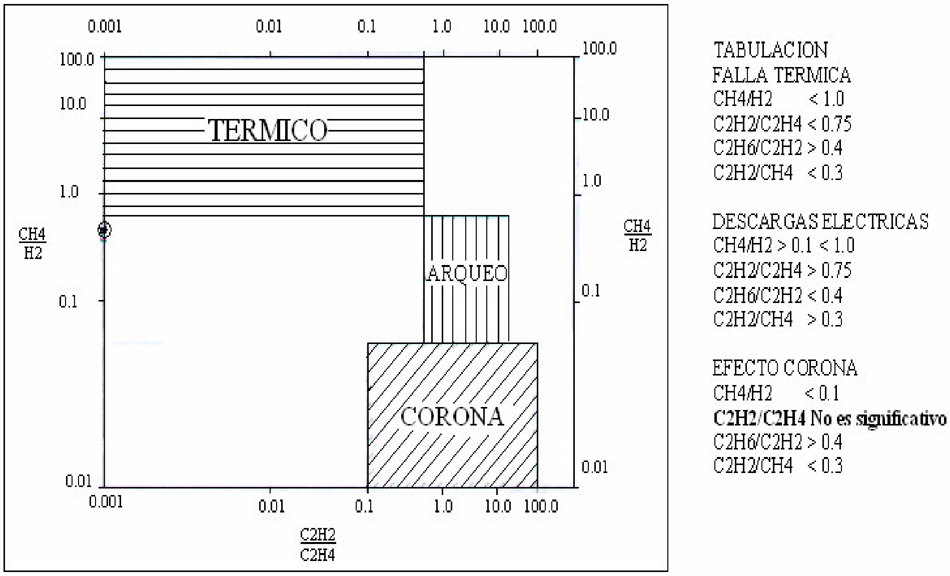


Figura 6.7. Interpretación de análisis de gases por el método de Dornenburg.

MÉTODO DE ROGERS.

Se basa en relacionar los 5 gases primarios de la descomposición del aceite de acuerdo a su aparición según sea la temperatura relativa de la falla.

RELACION DE GAS	RANGO	CODIGO
METANO / HIDROGENO	< 0.1	5
	~~> 0.1 < 1.0~~	~~0~~
	>= 1.0 < 3.0	1
	>= 3.0	2
ETANO / METANO	~~< 1.0~~	~~0~~
	>= 1.0	1
ETILENO / ETANO	< 1.0	0
	~~>= 1.0 < 3.0~~	~~1~~
	>= 3.0	2
ACETILENO / ETILENO	~~< 0.5~~	~~0~~
	>= 0.5 < 3.0	1
	>= 3.0	2

Tabla 6.6. Método de Rogers.

METANO / HIDROGENO	ETANO / METANO	ETILENO / ETANO	ACETILENO / ETILENO	DIAGNOSTICO
~~0~~	~~0~~	0	~~0~~	*DETERIORO NORMAL
5	~~0~~	0	~~0~~	*DESCARGA PARCIAL
1 ó 2	~~0~~	0	~~0~~	*LIGERO SOBRECAL. 150 ºC
1 ó 2	1	0	~~0~~	*SOBRECAL. DE 150 A 200 ºC
~~0~~	1	0	~~0~~	*SOBRECAL. DE 200 A 300 ºC
~~0~~	~~0~~	~~1 ó 2~~	~~0~~	*SOBRECAL. GENERAL EN CONDUCTORES
1	~~0~~	~~1~~	~~0~~	*CORRIENTES CIRCULARES EN DEVANADO
1	~~0~~	2	~~0~~	*CORRIENTES CIRCULARES EN NUCLEO Y TANQUE, UNIONES SOBRECALENTADAS
~~0~~	~~0~~	0	1	*FLASHEO CON BAJO FLUJO
~~0~~	~~0~~	2	2	*CHISPORROTEO CONTINUO DE POTENCIAL VARIABLE
5	~~0~~	0	1 ó 2	*DESCARGA PARCIAL CON HUELLA
~~0~~	~~0~~	~~1 ó 2~~	1 ó 2	*ARCO CON FUERTE FLUJO

Tabla 6.7. Tabulación de Rogers y/o CEGB.

METODO DE LA CSUS (California State University Sacramento)

Agrupa las fallas de transformadores en cuatro grupos diferentes, considerando cantidades normales y anormales de cada gas y aceite.

GAS	NORMAL ppm	ANORMAL ppm	INTERPETACION
HIDROGENO	< 150	> 1000	ARQUEO - CORONA
METANO	< 25	> 80	CHISPORROTEO
ETANO	< 10	> 35	SOBRECALENTAMIENTO LOCAL
ETILENO	< 20	> 150	SOBRECALENTAMIENTO SEVERO
ACETILENO	< 15	> 70	ARQUEO
MONOXIDO DE CARBONO	< 500	~~> 1000~~	SOBRECALENTAMIENTO SEVERO
DIOXIDO DE CARBONO	< 10000	~~> 15000~~	SOBRECALENTAMIENTO SEVERO
NITROGENO	1 - 10 %	NO ANORMAL	
OXIGENO	0.2 - 3.5 %	NO ANORMAL	
GASES COMBUSTIBLES	0.03 - 0.5 %	> 0.5 %	

Tabla 6.8. Interpretación del análisis de gases disueltos según el método de la CSUS.

6.2 Disposiciones Mínimas de Seguridad

Para lograr reducir los riesgos analizados (en los check list, matriz de riesgo, capitulo 3, capitulo 4 literal 4.2 y en el capitulo 5), todo trabajo eléctrico que sea ejecutado en CRIDESA necesita que se emita una orden de trabajo por parte del departamento de mantenimiento general. Este procedimiento no se cumple, la persona encargada de realizar el trabajo es el electricista de turno, nadie está a cargo de supervisarlo y la forma en como el trabajador realice su trabajo, las herramientas que utilice y las medidas de protección que aplique quedan bajo su criterio. La omisión de todas estas medidas de seguridad que deben cumplirse antes de proceder con cualquier tarea, le ha traído a la fábrica más de un incidente, entre estos está el conato de incendio.

La condición arriba mencionada no garantiza en ningún momento la seguridad que debe existir frente a un riesgo eléctrico, tanto el personal que se dispone a realizar la tarea como quienes puedan circular o incluso trabajadores de otras áreas tendrán altas probabilidades de sufrir no solo un accidente de tipo eléctrico, por la forma en que se lleve a cabo el trabajo las personas pueden sufrir caídas, cortaduras, golpes, choques contra objetos, etc. Existen diferentes tipos de trabajo que deben realizarse en el sector eléctrico, a continuación de detallan las disposiciones mínimas que todo empleador esta obligado a hacerlas cumplir, así mismo en el otro extremo el trabajador debe cumplirlas fielmente.

6.2.1 Trabajos en Tensión

Disposiciones Generales

- Realizado por trabajadores cualificados siguiendo procedimientos de trabajo.

- El método de trabajo y los equipos materiales utilizados aseguraran la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico.
- Los equipos y materiales se elegirán entre los concebidos para este fin.
- Los trabajadores deberán disponer de apoyo sólido y estable, iluminación adecuada.
- La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse, siempre que exista riesgos para otras personas o trabajadores ajenos.
- Los trabajos al aire libre tendrán en cuenta las condiciones ambientales.

Disposiciones Adicionales

- El trabajo se realizará bajo la dirección y vigilancia de un jefe de trabajo.
- Los trabajadores cualificados serán autorizados por escrito y trabajarán según procedimiento escrito que indicara:
    - Medidas de seguridad y procedimientos.
    - Materiales y medios de protección a utilizar .
- Las circunstancias que pudieran la interrupción del trabajo.
- Las autorizaciones deberán permanecer en un archivo para su control y estarán con las certificaciones de los trabajadores de haber superado las pruebas teóricas y prácticas así como el entrenamiento requerido.

- La autorización tendrá que renovarse:
    - Cuando existan cambios significativos en los procedimientos de trabajo.
    - Si el trabajador cuenta con más de un año sin realizar estos trabajos.
- La autorización será retirada:
    - Cuando el trabajador incumpla las normas de seguridad.
    - En el proceso de vigilancia de la salud así se pone de manifiesto.

6.3 Condiciones de Seguridad de los equipos de trabajo

Se ha podido observar el modo de trabajo del personal de mantenimiento eléctrico en CRIDESA, si bien sus trabajadores cuentan con herramientas, estas son muy básicas y sus portadores no las emplean correctamente, muchas de ellas están desgastadas o deterioradas, esto principalmente debido al mal uso por parte del personal. Hay que hacer hincapié que la empresa ha entregado las herramientas en buen estado pero la desinformación o el poco interés en cuidar las cosas por parte de los usuarios ha hecho que las herramientas resulten inseguras al momento de utilizarlas. Las principales causas por las que se puede resultar lesionado a causa de las herramientas son:

- Uso inapropiado
- Inadecuación de las mismas al trabajo

- Herramientas defectuosas
- Transporte y almacenamiento incorrecto.

En las siguientes líneas se listan las condiciones de seguridad que deben tener herramientas y equipos para garantizar un trabajo correcto y libre de accidentes.

- Las herramientas portátiles eléctricas manuales utilizadas en obras o emplazamientos muy conductores deben ser alimentadas con muy bajas tensiones de seguridad.
- La tensión de alimentación de las herramientas portátiles no podrá exceder de 250 voltios con relación a tierra. Dispondrán de doble aislamiento, y en el caso, de que no lo dispongan estarán conectadas a tomas a tierra.
- Cuando se empleen herramientas eléctricas portátiles en lugares muy conductores, estas estarán alimentadas por una tensión no superior a 24 voltios, si no son alimentadas por medio de un transformador separador de circuitos.
- Los cables de alimentación estarán protegidos por material resistente que no se deteriore por roces o torsiones.
- Evitar el empleo de conductores de alimentación excesivamente largos instalando enchufes próximos al lugar de utilización.
- Las lámparas eléctricas portátiles dispondrán de mango aislante y un dispositivo protector de la lámpara de suficiente resistencia

mecánica. Cuando se empleen en lugares muy conductores la tensión de alimentación no podrá ser superior a 24 voltios, si no son alimentados por medio de transformadores de separación de circuitos.

- Es importante usar las herramientas para la función diseñada.
- Cuando se utilicen herramientas manuales se elegirán las mas apropiadas a la operación que se va a realizar.
- Las herramientas se mantendrán limpias y en buen estado de conservación.
- Si no se utilizan deberán conservarse en lugares o contenedores adecuados. Para el transporte de herramientas cortantes o punzantes se utilizaran cajas o fundas adecuadas.
- Las herramientas solo deben tener el uso que les corresponde. Mantenerlas en perfecto estado y si están defectuosas o gastadas se deben reemplazar.
- Aquellas herramientas que por sus características puedan implicar riesgos deberán ser guardadas con los medios de protección y aislamiento adecuados.
- Las herramientas manuales deben estar convenientemente protegidas frente al contacto eléctrico y libre de grasas, aceites y otras sustancias deslizantes.

6.4 Dispositivos de Seguridad [5].

El no-cumplimiento de las normas analizadas en capítulos anteriores, la no-existencia de procedimientos de trabajo, mantenimiento defectuoso de las instalaciones y los sucesos accidentales analizados en el capítulo 5, nos muestran que el riesgo de contacto directo e indirecto es alto y puede perjudicar a la salud o la vida del trabajador, se propone la utilización de los dispositivos diferenciales de corriente residual (DDR) para disminuir dichos riesgos.

En los siguientes literales se explicará como funcionan y utilizan estos dispositivos para disminuir los riesgos asociados con el mantenimiento de los diferentes paneles y equipos de la planta.

- **El dispositivo diferencial de corriente residual y la protección diferencial.**

Los contactos directos e indirectos están siempre asociados a corrientes de defecto que no vuelven a la fuente por los conductores activos. Estos contactos representan un peligro para las personas y los bienes.

Los DDR se encargan de proteger a los equipos, instalaciones y trabajadores detectando las corrientes residuales debido a un defecto existente (dispositivo diferencial de corriente residual) y los defectos de aislamiento (dispositivo de protección diferencial), logrando con esto reducir los riesgos. Los dos dispositivos están asociados a un elemento de corte de la alimentación, que actúa cuando detecta una falla.

Fig A: *Protección diferencial a tierra.* Fig. B: *Protección diferencial de corriente.*

Figura 6.8. DDR existentes.

- **Tensión limite de seguridad (U_L).**

Es la tensión por debajo de la cual no hay riesgo para el hombre y se elige dependiendo de las condiciones del entorno, especialmente la presencia o no de agua. La tensión límite de seguridad en corriente alterna es de:

- 50 V para locales secos o húmedos,
- 25 V para locales mojados, por ejemplo para las canteras al aire libre.

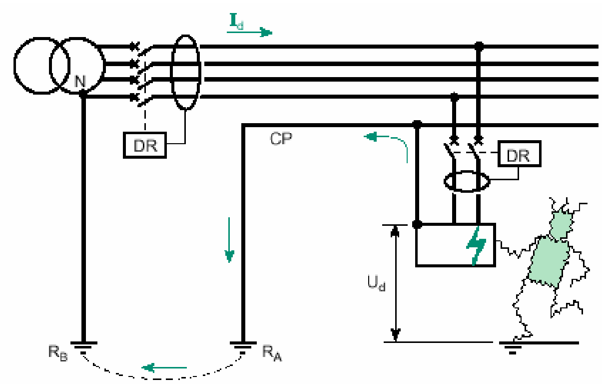
Contactos directos.

El DDR para protección de contacto directo con tensiones superiores a U_L es un elemento complementario, el cual detecta una corriente de defecto que atraviesa por una persona en cualquier tipo de Esquemas de conexión a tierra. Su umbral de funcionamiento debe ser instantáneo y menor o igual a 30 mA según la tabla del literal 4.5.2.

Este riesgo existe también cuando el conductor de protección puede estar cortado o no existir (maquinaria portátil, planta de mezcla).

Contactos indirectos.

La tensión de contacto del equipo puesto accidentalmente en tensión debe ser menor a U_L para que no exista peligro.



Principio de aparición de la tensión de defecto.

Figura 6.9. Principio de aparición de la tensión de defecto.

En la figura 6.9 se muestra un ECT – TT donde:

R_A = resistencia a tierra de las masas de la instalación y,

R_B = resistencia de la puesta a tierra del neutro,

Donde el umbral de funcionamiento ($I\Delta n$) del diferencial es igual a

$U_d = R_A\, I_d \leq U_L$

Y por lo tanto $I\Delta n \leq U_L / R_A$

El tiempo de actuación de la protección debe escogerse en función de la tensión de defecto de la figura 6.10.

$$U_d = \frac{R_A}{R_A + R_B} \times U$$

Tensión de contacto presunta (V)	Tiempo máximo de corte del dispositivo de protección (s)	
	corriente alterna	corriente continua
■ **Locales o emplazamientos secos o húmedos: $U_L \leq 50$ V**		
< 50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10
■ **Locales o emplazamientos húmedos: $U_L \leq 25$ V**		
25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,10	0,25
220	0,05	0,06
280	0,02	0,02

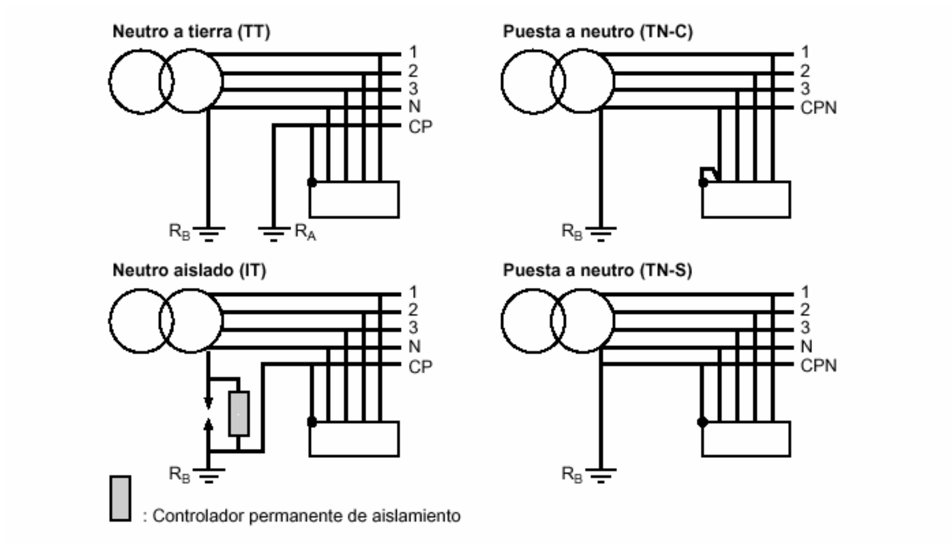
Duración máxima de mantenimiento de la tensión de contacto según la norma CEI 3 654.

Figura 6.10. Tiempo máximo de corte de los DDR dependiendo de la tensión de contacto.

Hay que indicar que si la equipotencialidad no es absoluta y correctamente asegurada, la tensión de contacto es igual a la tensión de defecto.

- **Protección contra los defectos de aislamiento.**

Según la norma CEI 60 364, nos dice que los tiempos de corte de este dispositivos deben de ser menores que el tiempo máximo definido en la figura 6.10, también nos dice que cada masa debe estar conectada a una toma de tierra mediante un conductor de protección, las masas de utilización simultáneamente accesibles deben de estar conectadas a la misma toma de tierra y que el dispositivo de corte debe desconectar toda la parte de la instalación donde aparezca una tensión de contacto peligrosa.



Los tres principales esquemas de conexión a tierra o ECT son los esquemas TT, TN e IT, definidos por la CEI 60364-3. El TN puede ser TN-C (con neutro y conductor de protección unificados) y TN-S (con neutro y conductor de protección separados).

Figura 6.11. Esquemas de conexión a tierra.

- **Protección contra incendios (Casa de bombas de combustible).**

En cualquier ECT, las instalaciones eléctricas de locales con riesgo de incendio o explosión deben estar protegidas con DDR de sensibilidad $I\Delta n \leq$ 500 mA, porque está demostrado que el contacto puntual entre dos piezas metálicas, puede producir incandescencia en dicho punto con una corriente de tan sólo 500 mA.

- **Esquema TT**

El esquema de conexión a tierra utilizado en CRIDESA en media y baja tensión es el esquema TT.

Una persona en contacto con la envolvente metálica de un receptor con defecto de aislamiento (figura 6.9) puede quedar sometida a la tensión desarrollada en la toma de tierra (R_A).

Ejemplo:

Con U = 480V, $R_A=R_B=2\Omega$ y $R_d=0$, si la persona no está en una zona equipotencial, queda sometida a $U_C=U_d$ = 240V

El DDR que se debería usar en esta instalación es de media o baja sensibilidad para desconectar el equipo desde el instante en que la tensión U_L es superada por U_d. Su umbral de funcionamiento debe ser igual a:

$I\Delta n \leq U_L / R_A = 50/2 = 25$ A

Los DDR protegen a las personas y también a los equipos, ya que sus umbrales de protección de personas están muy por debajo de los valores en los cuales un equipo se puede dañar.

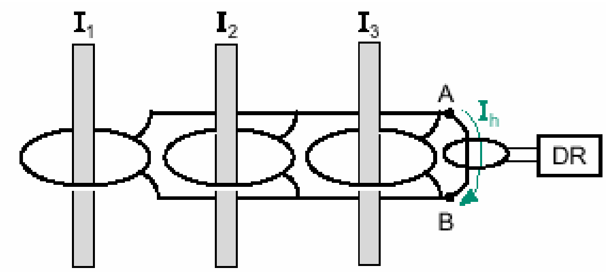
- **Principio de funcionamiento de los DDR.**

Los DDR constan de:

- **El captador.-** suministra la señal eléctrica cuando la suma de las corrientes que circulan por los conductores activos es distinta de cero.

  En circuitos de corriente alterna se utilizan dos tipos de captadores:

- Transformador toroidal, el cual se excita por el campo magnético residual de la suma de las corrientes de las 3 fases.
- Transformadores de corriente- TC- mide la corriente diferencial entre tres fases sin neutro.



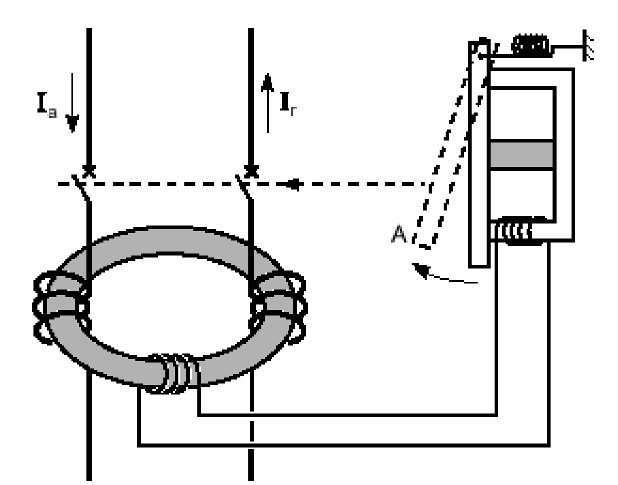
La suma vectorial de las corrientes de fase da la corriente diferencial.

Figura 6.12. Suma vectorial de las corrientes de fase de los DDR.

- **El relé de medida.-** Compara la señal eléctrica suministrada por el captador con un valor de referencia y da, con un posible retardo programado la orden de apertura del aparato de corte asociado.

Se pueden clasificar en tres categorías según su forma de instalación o su tecnología. A continuación se muestra un DDR y su forma de accionamiento.

- Dispositivos electromagnéticos



La corriente de defecto, mediante el toro, produce la energía que alimenta al electroimán cuya armadura móvil se mantiene cerrada debido a la atracción del imán permanente. Cuando se alcanza el umbral de disparo, el electroimán anula la atracción del imán permanente y el resorte abre el circuito magnético que actúa mecánicamente sobre el interruptor automático.

Figura 6.13. Principio de funcionamiento de los DDR.

- **Características de los DDR.**

Tipos de DDR.

Tipo AC.-para corrientes alternas senoidales

Tipo A.-para corrientes alternas senoidales continuas pulsantes con una componente continua de 0.006A, con o sin control de ángulo de fase.

Tipo B.-para las mismas corrientes del tipo A pero más puras porque provienen de rectificadores.

Sensibilidades (IΔn)

- alta sensibilidad –AS–: 6 - 10 y 30 mA,

- media sensibilidad –MS–: 100 - 300 y 500 mA,
- baja sensibilidad –BS–: 1 - 3 - 5 - 10 y 20 A.

AS se utiliza en contactos directos y las otras sensibilidades (MS y BS) para protección contra contactos indirectos (esquema TT), riesgo de incendio y destrucción de máquinas.

Para esquema TT usado en CRIDESA el tiempo de funcionamiento de los DDR se escoge en función de la tensión de defecto.

6.5 Selección de los Medios de Protección

Para que el personal pueda ejecutar los trabajos siguiendo las prácticas de seguridad para reducir riesgos, es necesario contar con algunos equipos y herramientas que faciliten los trabajos, disminuyan los contactos accidentales y aumenten los niveles de protección frente al arco, la explosión y el choque eléctrico.

Los equipos de seguridad requeridos dependen del tipo de trabajo que se va a realizar y de las características del sistema eléctrico.

Los equipos de seguridad más importantes son los siguientes:

- Puesta a tierra temporales
- Pértigas
- Etiquetas de seguridad
- Elementos de bloqueo
- Detectores de ausencia de tensión

- Escudos de protección

Puestas a tierra temporales: Son indispensables para garantizar una tensión baja (cercana a cero voltios) de los elementos conductores. Proporcionan una zona de seguridad para quienes trabajan cerca o sobre conductores desenergizados evitando que una reenergización accidental de los conductores pueda ocasionar lesiones al personal.

Es importante tener en cuenta que un conductor eléctrico debe considerarse energizado siempre que no se encuentre conectado a tierra con el equipo adecuado.

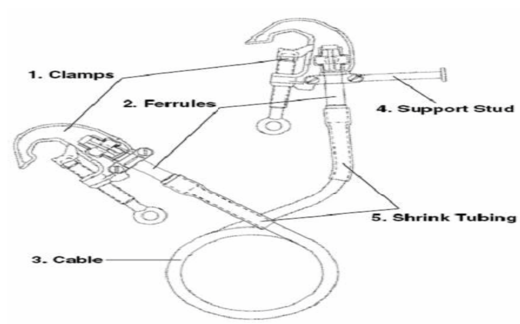


Figura 6.14.Dispositivo de puesta a tierra temporal.

Pértigas: permiten manipular conductores y equipo desde una distancia segura para el personal. También son indispensables para la conexión del equipo de puesta a tierra temporal, debido a que los conductores después de desconectada la fuente pueden quedar sometidos a tensiones peligrosas por la inducción de otros conductores.

Etiquetas de seguridad: se requieren para indicar que no se pueden realizar maniobras sobre un elemento determinado porque se encuentra personal realizando algún tipo de trabajo.

Figura 6.15. Aplicación de las etiquetas de seguridad.

Elementos de bloqueo: se aplica de la misma manera que los elementos de señalización, con la diferencia de que impiden físicamente la maniobra de los equipos.

Detectores de ausencia de tensión: detectar la ausencia de tensión es una medida de seguridad para verificar que la fuente ha sido desconectada, antes de la conexión a tierra de un equipo debe detectarse que no se encuentra conectado con su fuente de tensión. Estos detectores deben ser probados inmediatamente antes y después de chequear ausencia de tensión para garantizar que su indicación es confiable. Un punto importante a tener en cuenta es que la indicación de ausencia de tensión no implica que la tensión de los conductores es cercana a cero voltios, sino que su tensión es muy inferior a la tensión nominal del sistema, por ejemplo, en líneas de alta tensión desenergizadas y sometidas a inducción de otras líneas, los detectores indican que hay ausencia de tensión, pero la tensión puede ser de varios kilovoltios.

Escudos de protección: Se deben utilizar escudos o barreras de protección, o materiales aislantes para proteger a los trabajadores de choques, quemaduras u otras lesiones relacionadas con la electricidad, mientras el trabajador está laborando cerca a que podrían ser tocadas accidentalmente, o donde podría ocurrir calentamiento o arco eléctrico. Cuando las partes vivas normalmente encerradas son expuestas para mantenimiento o reparación, deben ser guardadas para proteger al personal no calificado del contacto con esas partes vivas. Los principales tipos de escudos son las mantas aislante utilizadas para cubrir superficies energizadas en general; y las cubiertas aislante que se utilizan para cubrir piezas específicas.

Estos equipos de seguridad deben estar certificados bajo normas aceptadas a nivel internacional para garantizar que son adecuados para el sitio y el tipo de trabajo que se va a realizar.

Equipo de seguridad	Normas
Puestas a tierra temporales	ASTM F 855, Standard Specification for Temporary Protective Ground to be Used on De-energized Electric Power Lines and Equipment.
Señalización y etiquetas de seguridad	ANSI Z535, Series of Standards for Safety Signs and Tags.
Cubiertas aislantes	ASTM D 1049, Standard Specification for Rubber Covers.
Mantas aislantes	ASTM D 1048, Standard Specification for Rubber Insulating Blankets.
Implementos de fibra de vidrio	ASTM F 711, Standard Specification for Fiberglass-Reinforced Plastic (FRP) Rod and Tube Used in Line Tools.
Herramientas de mano aisladas	ASTM F 1505, Standard Specification for Insulated and Insulating Hand Tools.

Tabla 6.9. Normas de los equipos de seguridad.

6.6 Cuestionarios de Chequeo o Control.

Estos cuestionarios son muy importantes al inicio de todo análisis de riesgos, ayudan a identificar las falencias de los procedimientos de trabajo o de una instalación mediante normas del NEC. Una vez identificados los puntos de riesgo, se inicia el análisis con cualquier método de análisis de riesgo. Véase el apéndice D, en el cual se muestra los check list realizados a la planta de CRIDESA.

6.8 Procedimientos de Trabajo de acuerdo al lugar

En el capitulo 5 se analizó un suceso iniciador, el cual era el #1 de la tabla 5.1 que no se cumplía con las 5 reglas de oro o los trabajadores carecían de conocimiento acerca de procedimientos que se deben cumplir al momento de disponerse a realizar trabajos eléctricos, por eso que en CRIDESA para evitar sucesos accidentales graves como los vistos en el análisis de árbol de sucesos y como medida de seguridad para los trabajadores, solamente se trabajará sin tensión y se aplicarán algunos procedimientos, de los cuales todo trabajador eléctrico esta obligado a seguir y se explican a continuación.

TRABAJOS SIN TENSION

Disposiciones Generales

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, antes de iniciar un "trabajo sin tensión", y la reposición de la tensión, al finalizarlo, las realizaran trabajadores autorizados que, en el caso de las instalaciones de alta tensión, deberán ser trabajadores cualificados.

1 Supresión de la tensión

Una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso que se describe a continuación, que se desarrolla secuencialmente en 5 etapas:

- Prevenir cualquier posible realimentación.
- Desconectar.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerara en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada podrá considerarse que la instalación esta sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

Desconectar

La parte de la instalación en la que se va a realizar el trabajo debe aislarse de todas las fuentes de alimentación. El aislamiento estar constituido por una distancia en aire, o la interposición de un aislante, suficientes para garantizar eléctricamente dicho aislamiento.

Los condensadores u otros elementos de la instalación que mantengan tensión después de la desconexión deberán descargarse mediante dispositivos adecuados.

Prevenir cualquier posible realimentación

Los dispositivos de maniobra utilizados para desconectar la instalación deben asegurarse contra cualquier posible reconexión, preferentemente por bloqueo del mecanismo de maniobra. En ausencia de bloqueo mecánico, se adoptaran medidas de protección equivalentes.

Cuando sea necesaria una fuente de energía auxiliar para maniobrar un dispositivo de corte, esta deberá desactivarse o deberá actuarse en los elementos de la instalación de forma que la separación entre el dispositivo y la fuente quede asegurada.

Verificar la ausencia de tensión

La ausencia de tensión deberá verificarse en todos los elemento activos de la instalación eléctrica en, o lo mas cerca posible, de la zona de trabajo. En el caso de alta tensión, el correcto funcionamiento de los dispositivos de verificación de ausencia de tensión deberá comprobarse antes y después de dicha verificación.

Para verificar la ausencia de tensión en cables o conductores aislados que puedan confundirse con otros existentes en la zona de trabajo, se utilizaran dispositivos que actúen directamente en los conductores, o se emplearan otros métodos, siguiéndose un procedimiento que asegure, en cualquier caso, la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico.

Poner a tierra y en cortocircuito

Las partes de la instalación donde se vaya a trabajar deben ponerse a tierra y en cortocircuito:

-En las instalaciones de alta tensión.

-En las instalaciones de baja tensión que, por inducción o por otras razones, puedan ponerse accidentalmente en tensión.

Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra y deben ser visibles desde la zona de trabajo. Si esto ultimo no fuera posible, las conexiones de puesta a tierra deben colocarse tan cerca de la zona de trabajo como se pueda.

Si en el curso del trabajo los conductores deben cortarse o conectarse y existe el peligro de que aparezcan diferencias de potencial en la instalación, deberán tomarse medidas de protección, tales como efectuar puentes o puestas a tierra en la zona de trabajo, antes de proceder al corte o conexión de estos conductores.

Los conductores utilizados para efectuar la puesta a tierra, el cortocircuito y, en su caso, el puente, deberán ser adecuados y tener la sección suficiente para la corriente de cortocircuito de la instalación en la que se colocan.

Se tomaran precauciones para asegurar que las puestas a tierra, permanezcan correctamente conectadas durante el tiempo en el que se realiza el trabajo. Cuando tengan que desconectarse para realizar mediciones o ensayos, se adoptaran medidas preventivas apropiadas adicionales.

Proteger frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Si hay elementos de una instalación, próximos a la zona de trabajo que tengan que permanecer en tensión, deberán adoptarse medidas de protección adicionales, que se aplicaran antes de iniciar el trabajo.

2. Reposición de la Tensión

La reposición de la tensión solo comenzara, una vez finalizado el trabajo, después de que se hayan retirado todos los trabajadores que no resulten indispensables y que se hayan recogido de la zona de trabajo las herramientas y equipos utilizados. El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

- Retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los limites de la zona de trabajo.
- Retirada, si las hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.
- El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
- El cierre de los circuitos para reponer la tensión

Desde el momento en que se suprima una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

Disposiciones Particulares

Las disposiciones particulares establecidas a continuación para determinados tipos de trabajo se considerarán complementarias a las indicadas en la parte de disposiciones generales, salvo en los casos en los que las modifiquen explícitamente.

3. Reposición de Fusibles

En el caso particular de la reposición de fusibles en las instalaciones indicadas en la sección de puesta a tierra y en cortocircuito:

a) No será necesaria la puesta a tierra y en cortocircuito cuando los dispositivos de desconexión a ambos lados del fusible estén a la vista del trabajador, el corte sea visible o el dispositivo proporcione garantías de seguridad equivalentes, y no exista posibilidad de cierre intempestivo.

b) Cuando los fusibles estén conectados directamente al primario de un transformador, será suficiente con la puesta a tierra y en cortocircuito del lado de alta tensión, entre los fusibles y el transformador.

4. Trabajos en instalaciones con condensadores que permitan una acumulación peligrosa de energía.

Para dejar sin tensión una instalación eléctrica con condensadores cuya capacidad y tensión permitan una acumulación peligrosa de energía eléctrica se seguirá el siguiente proceso:

a) Se efectuara y asegurara la separación de las posibles fuentes de tensión mediante su desconexión, ya sea con corte visible o testigos de ausencia de tensión fiables.

b) Se aplicara un circuito de descarga a los bornes de los condensadores, que podrá ser el circuito de puesta a tierra y en cortocircuito, a que se hace referencia en el apartado siguiente cuando incluya un seccionador de tierra y se esperara el tiempo necesario para la descarga.

c) Se efectuará la puesta a tierra y en cortocircuito de los condensadores. Cuando entre estos y el medio de corte existan elementos semiconductores, fusibles o interruptores automáticos, la operación se realizara sobre los bornes de los condensadores.

5. Maniobras, Mediciones, Ensayos y Verificaciones

Disposiciones Generales

- Las maniobras locales ya sea en alta o baja tensión pueden ser realizadas por trabajadores autorizados y también pueden realizar en instalaciones de baja tensión mediciones, ensayos y verificaciones, pero cuando se trata de instalaciones de alta tensión estas tareas serán reservadas para los trabajadores cualificados.
- Los equipos y materiales se elegirán entre los diseñados para este fin.
- Los trabajadores dispondrán de apoyo sólido y estable de una iluminación adecuada.
- La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse, siempre que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona.
- Los trabajos al aire libre tendrán en cuenta las condiciones ambientales.

- El método de trabajo y los equipos y materiales utilizados asegurarán la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico. Entre los equipos y materiales de protección citados se encuentran:
    - Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.
    - Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
    - Las pértigas aislantes.
    - Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
    - Los equipos de protección individual (pantallas, guantes, gafas, cascos, etc.).

Disposiciones Particulares

En las maniobras locales con interruptores o seccionadores:

Seccionadores:

Pueden abrir y cerrar un circuito cuando la corriente a interrumpir o establecer es despreciable, es decir, cuando no hay cargas conectadas.

Interruptores:

Son capaces de interrumpir o establecer corrientes en las condiciones normales del circuito, comprendidas circunstancialmente las condiciones especificadas de sobrecarga en servicio.

Entre las medidas preventivas que se pueden adoptar para estos trabajos están:

- Instalación de dispositivos automáticos de enclavamiento que impidan la apertura del seccionador con carga.
- Instalación de resguardos entre el aparato de maniobra y el dispositivo de accionamiento manual.
- Instalación de sistemas de accionamiento a distancia en los interruptores automáticos.

En los seccionadores de puesta a tierra y en cortocircuito, la instalación de dispositivos de enclavamiento automático que impidan su accionamiento antes de haber desconectado la fuente de tensión.

En las mediciones, ensayos y verificaciones:

- Si es necesario retirar algún dispositivo de puesta a tierra, tomar precauciones para evitar la realimentación de la instalación, por ejemplo, trabajar mediante el método de trabajo en tensión durante el tiempo de desconexión de la toma de tierra.
- Cuando sea necesario utilizar una fuente de alimentación exterior tomar las precauciones para asegurar:
    - No puede ser realimentada por una fuente de tensión distinta de la prevista.

- Los puntos de corte tiene suficiente aislamiento para la aplicación simultánea de la tensión de ensayo y la de servicio.
- Las medidas de prevención contra el riesgo eléctrico, cortocircuito o arco, adecuadas al nivel de tensión utilizado.

6. Trabajos en Proximidad

Disposiciones Generales

En todo trabajo en proximidad de elementos en tensión, el trabajador deberá permanecer fuera de la zona de peligro y lo más alejado de ella que el trabajo permita.

Preparación del trabajo

a). Antes de iniciar el trabajo en proximidad de elementos en tensión, un trabajador autorizado, en el caso de trabajos en baja tensión, o un trabajador cualificado, en el caso de trabajos en alta tensión, determinara la viabilidad del trabajo, teniendo en cuenta lo dispuesto en el párrafo anterior y las restantes disposiciones.

b). De ser el trabajo viable, deberán adoptarse las medidas de seguridad necesarias para reducir al mínimo posible:

- El número de elementos en tensión.
- Las zonas de peligro de los elementos que permanezcan en tensión, mediante la colocación de pantallas, barreras, envolventes o protectores aislantes cuyas características

(mecánicas y eléctricas) y forma de instalación garanticen su eficacia protectora.

c). Si, a pesar de las medidas adoptadas, siguen existiendo elementos en tensión cuyas zonas de peligro son accesibles, se deberá:

- Delimitar la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro; la delimitación será eficaz respecto a cada zona de peligro y se efectuara con el material adecuado.
- Informar a los trabajadores directa o indirectamente implicados, de los riesgos existentes, la situación de los elementos en tensión, los limites de la zona de trabajo y cuantas precauciones y medidas de seguridad deban adoptar para no invadir la zona de peligro, comunicándoles, además, la necesidad de que ellos, a su vez, informen sobre cualquier circunstancia que muestre la insuficiencia de las medidas adoptadas.

4. Sin perjuicio de lo dispuesto en los ítems anteriores, en las empresas cuyas actividades habituales conlleven la realización de trabajos en proximidad de elementos en tensión, particularmente si tienen lugar fuera del centro de trabajo, el empresario deberá asegurarse que los trabajadores poseen conocimientos que les permiten identificar las instalaciones eléctricas, detectar los posibles riesgos y obrar en consecuencia.

Realización del trabajo

a). Cuando las medidas adoptadas en aplicación de lo dispuesto en el ítem b de preparación del trabajo no sean suficientes para proteger a los trabajadores frente a riesgo eléctrico, los trabajos serán realizados, una vez tomadas las medidas de delimitación e información indicadas en el ítem c del párrafo de preparación del trabajo, por trabajadores autorizados, o bajo la vigilancia de uno de estos.

b). En el desempeño de su función de vigilancia, los trabajadores autorizados deberán velar por el cumplimiento de las medidas de seguridad y controlar, en particular, el movimiento de los trabajadores y objetos en la zona de trabajo, teniendo en cuenta sus características, sus posibles desplazamientos accidentales y cualquier otra circunstancia que pudiera alterar las condiciones en que se ha basado la planificación del trabajo. La vigilancia no será visible cuando los trabajos lo realicen fuera de la zona de proximidad o en instalaciones de baja tensión.

Disposiciones Particulares

7. Acceso a recintos de servicio y envolventes de material eléctrico.

1. El acceso al cuarto de sistemas eléctricos de CRIDESA (transformadores, compresores, paneles de distribución), estará restringido a los trabajadores autorizados, o a personal, bajo la vigilancia continuada de estos, que haya sido previamente informado de los riesgos existentes y las precauciones a tomar.

Las puertas de estos recintos deberán señalizarse indicando la prohibición de entrada al personal no autorizado. Cuando en el recinto no haya personal de servicio las puertas deberán permanecer cerradas de forma que se impida la entrada del personal no autorizado.

2. La apertura de celdas, armarios y demás envolventes de material eléctrico estará restringida a trabajadores autorizados.

3. El acceso a los recintos y la apertura de las envolventes por parte de los trabajadores autorizados solo podrá realizarse, en el caso de que el empresario para el que estos trabajan y el titular de la instalación no sean una misma persona, con el conocimiento y permiso de este último.

6.9 Formato de Mantenimiento de aplicación para los diferentes equipos.

El departamento de mantenimiento en CRIDESA no cuenta con pasos, formatos y procedimientos para realizar sus tareas administrativas y operativas relacionadas con la conservación, mantenimiento de equipos y seguridad de sus trabajadores. Para lograr reducir los riesgos analizados en capitulos anteriores, se presentarán formatos y procedimientos que todos los trabajadores del departamento de mantenimiento General deberán cumplir para una mejor administración y una operación de los sistemas eléctricos de forma segura.

Como se analizó en la matriz de riesgo del literal 4.8, en CRIDESA no existe documentación técnica y manuales de instrucción del fabricante de muchos equipos, con lo cual se genera un riesgo porque el trabajador puede realizar actos inseguros debido a que no conoce solidamente el modo de funcionamiento del equipo o sistema. Para mejorar esa situación, se propone lo siguiente:

1.-Inventario técnico: El objetivo principal de tener un inventario técnico es el tener una base de datos con información técnica y administrativa de los equipos, sobre el cual se basa la planeación, programación, adquisición de partes para realizar todas las acciones operativas del mantenimiento.

Procedimiento de uso del formato:

1. Identificar grupo funcional al que pertenece (código) y anotarlo en el inventario técnico para identificar el formato a utilizar.
2. Para la identificación y ubicación del equipo detallar:

   Nombre del equipo

   Marca

   Área de servicio: es una o varias áreas en las cuales el equipo da Servicio.

   Serie

   Orden de compra

   Costo

   Localización

   Departamento

   Fecha de instalación: si hubiere problemas para identificar la fecha de instalación, se deberá investigar en el departamento de logística si existe un registro de año en que se compró o preguntar al operador de sistemas con mayor tiempo de servicio en la planta.

3. Para los datos técnicos, detallar la información requerida en los espacios.
4. Marcar en la casilla correspondiente la información técnica existente y registrar los cambios de equipos o partes en la casilla OTROS DATOS DE ACTUALIZACION (esto se debe hacer si al realizar una actualización de inventario técnico se encuentra con modificaciones en el equipo).
5. Se registrará el estado del equipo en las casillas dependiendo de la situación del equipo en el momento de realizarse el inventario (bueno, defectuoso, reparable, descartable), esto se hará siempre que se actualice el inventario técnico.
6. Una vez terminado el inventario técnico se deberá poner el nombre, cargo, firma y fecha de la persona que realizó la actualización del formato. El formato se ha diseñado para actualizarlo 6 veces.

Véase el apéndice E, el cual muestra un ejemplo de aplicación para mostrar como deberían ser llenados los formatos de todos los equipos siguiendo los pasos del procedimiento.

Otra fuente de peligro para los trabajadores analizado en la matriz de riesgos y en el análisis de árbol de sucesos, es la Falta de procedimientos y equipos que se deben utilizar para evitar un riesgo eléctrico en el mantenimiento preventivo. Para reducir ese riesgo, proponemos lo siguiente:

2. Rutinas de mantenimiento preventivo. Se las realizan para alargar la vida útil del equipo y para mejorar el rendimiento, efectividad y seguridad del personal.

<u>Descripción del formato</u>:

Para lograr una buena explicación de cómo llenar los formatos, primero se explicará cada una de las partes que constituyen el formato para luego determinar los pasos a seguir.

2.1.Encabezado. Cada encabezado solicita la siguiente información:

- Formato.- Se debe anotar el nombre de la rutina.
- Ubicación.- en que área se encuentra el equipo.
- Área de servicio.- es una o varias áreas en las cuales el equipo da servicio.
- Periodo de tiempo en que se realiza el chequeo.

2.2.-Preguntas de seguridad que debe contestar el trabajador para el buen desempeño y también para su seguridad personal.

2.3.- Registro de los pasos de la rutina.

Este contiene los pasos de la operación del mantenimiento preventivo.

2.4.-Registro de datos.

En este bloque se deberá detallar la siguiente información:

- Fecha de realización
- Técnico
- Firma del técnico
- Supervisor
- Firma del supervisor

2.5.- Observaciones. Al final de cada formato se incluye un espacio para que sean escritas todas las observaciones pertinentes sobre el estado y funcionamiento del equipo.

A continuación se presentan como ejemplos unos formatos y procedimientos realizados para un sistema y para un equipo de la planta.

Procedimiento de uso del formato de chequeo panel agua de casco.

Generales:

- Buscar la hoja para ejecutar la rutina correspondiente.
- Leer reportes realizados por los demás técnicos acerca del funcionamiento del equipo con el fin de detectar fallas. Si es posible realizar una prueba del equipo con el técnico que reporta la falla.
- Preparar el material, las herramientas, los equipos, EPP y los repuestos necesarios para ejecutar el chequeo.
- Dirigirse hacia el lugar que se encuentra el equipo.
- Llenar el encabezado del formato.

1. Observaciones de seguridad:

   - Responda las preguntas que se encuentran en las observaciones de seguridad. Si no se cumple con alguno de estos requisitos, entonces no podrá continuar realizando el chequeo. Si cumple, entonces pase al literal # 2 de formato. Si no cumple, reportar al supervisor para que le de los materiales, capacitación que requiera el trabajo o para que le asigne el trabajo a otro trabajador. Una vez corregido el problema, pasar al literal # 2.

2. Medición de amperajes:

   - Con la ayuda del amperímetro entregado por el supervisor, tomar las lecturas de las corrientes de los motores en las tres fases y compararla con la nominal.

Nota: tener cuidado con realizar cualquier movimiento que pueda ocasionar un contacto directo debido a que hay elementos activos expuestos sin ningún resguardo.

3. Medición de temperaturas:

   - Utilizar el instrumento termográfico entregado por el supervisor para tomar lecturas de temperaturas del motor en el lado del eje, centro y en la parte de atrás junto al ventilador.

4. Revisión del estado mecánico:

   - Utilizar el estetoscopio para revisar el estado de los rodamientos de los motores (existencia de ruidos extraños) y poner en observaciones cualquier anomalía. También revisar el estado de las demás piezas móviles.

Nota: Anotar en el casillero bueno o malo según el estado en que se encuentre durante la inspección.

5. Inspección de los elementos de accionamiento de equipos:
   - Inspeccionar el control, accionamiento, protecciones. Se debe chequear:
     - Estado del contactor
     - Estado del relé térmico
     - Estado del breaker
     - Verificar estado de los contactos eléctricos
     - Verificar la puesta a tierra
     - Limpieza de panel y equipos
     - Revisión de elementos de control (switch de presión y nivel)
     - Controlar el apriete de los bornes.

   Nota: Tener cuidado con los contactos directos y utilizar el equipo de protección personal completo.
6. Chequeo de cableado y conexiones:
   - Llenar las casillas con SI o NO dependiendo del estado de lo que se envía a inspeccionar en el formato.
7. Finalización de la rutina de chequeo:

- Si el problema indicado por el operador no ha sido corregido, anotarlo en observaciones para que el jefe de mantenimiento pueda programar una visita para brindar el mantenimiento correctivo.
- Regresar la hoja al departamento de mantenimiento para la firma de

Aceptación, en la cual tiene que constar: técnico, firma del técnico, supervisor, firma del supervisor

NOTA: si existe algo inusual o que merezca anotarse, registrarlo en el espacio para observaciones de la hoja.

Véase el apéndice F, el cual muestra el formato de la rutina de chequeo del panel de agua de casco en CRIDESA.

Luego de presentar lo que es una rutina de mantenimiento, se explicará los diferentes planes que deben existir para que el mantenimiento se de con éxito y en el que las rutinas de mantenimiento forman parte importante.

Programa maestro de mantenimiento.

Permite planear mantenimientos mayores y normales a los equipos en un periodo de un año con el fin de planificar necesidades del personal, de material, de equipos y personal externo basándose en un presupuesto de mantenimiento.

Plan semanal.

Planear las actividades de mantenimiento de acuerdo a frecuencias ya establecidas (inspecciones, órdenes de trabajo y reporte semanal de mantenimiento) para asegurar la operación, la disponibilidad óptima y la seguridad de los trabajadores.

Reporte de turno.

Es el reporte que se genera diariamente de las actividades realizadas por el personal de mantenimiento, el cual debe contener los datos de trabajos realizados, tiempo empleado, numero de personas, material utilizado, actividades pendientes y actividades imprevistas.

El objetivo principal es evaluar los resultados para tomar acciones correctivas o de mejora que nos lleven al cumplimiento del plan de mantenimiento, tanto en lo operativo como en la seguridad de las personas. Para lograr comprender de una mejor forma lo explicado anteriormente, a continuación se explicará como llenar el formato anual (Plan maestro de mantenimiento).

3. PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como se mencionó en el literal 6.1 “tipos de mantenimiento aplicados en la planta”, se establece lo siguiente:

- Al inicio de cada turno se realiza la medición de datos y los técnicos deben llenar los registros de las variables de cada sistema y equipo (Corrientes, Presiones etc...). Este tipo de mantenimiento se da 3 veces al día(inspecciones), con la finalidad de llevar un control del funcionamiento de todos los sistemas y equipos de la planta.

- El mantenimiento para el cambio de motores de la planta (M.H.T, Hart Time), se lo realiza por medio de una base de datos, en el cual consta la fecha del ultimo cambio del motor y según el periodo de tiempo que se le asigne (1 o 2 años), se establecerá el próximo cambio, a menos que por el mantenimiento M.O.C. se tenga que realizar dicho cambio.
- En el mantenimiento On Condition (M.O.C.), el periodo de tiempo de revisión se la deja a criterio del jefe de mantenimiento y según la experiencia se establecerá la revisión una vez por mes para cada equipo o sistema de forma muy minuciosa (órdenes de trabajo). Esta revisión se la realizará con la ayuda de las rutinas de mantenimiento preventivo.

A continuación se presenta el procedimiento para llenar el formato de mantenimiento preventivo anual de chequeo.

Nota: Todos los trabajos de mantenimiento preventivo deberán ser realizados por un electricista siguiendo el formato y el procedimiento para realizar el formato, además deberá estar acompañado por el supervisor.

Procedimiento de uso del formato:

1. Se deberá hacer un programa anual de mantenimiento preventivo de todos los sistemas y equipos.
2. En el formato, se deberá detallar:
   2.1 Año en el que se ejecutará el programa anual.

2.2 En la columna máquina o sistema, se colocará el nombre del equipo o sistema que se le realizará la inspección y revisión.

2.3 Posición.- deberá anotarse si el equipo esta en marcha (M), parado (P) o desmontado (D).

2.4 En la columna de frecuencia, se colocará el periodo en el cual se debe realizar la rutina de inspección. Los periodos serán s(semanal), m(mensual) o t (trimestral).

2.5 En la columna de turno, se colocará el turno del electricista al cual le toca realizar la rutina de mantenimiento.

Nota: recuerde que los técnicos realizan 3 turnos rotativos.

2.6 En el cuerpo central del formato se encuentra un cronograma, sobre el cual se deberá poner los días del mes en el cual se tendrá planeado realizar la rutina de inspección para dicho equipo o sistema.

2.7 En la parte inferior del formato está destinada para escribir el nombre , firma y cargo del responsable de que se ejecute el programa.

Véase el Apéndice G, el cual muestra el formato del programa anual de manteniendo preventivo.

En el literal 6.2 "disposiciones mínimas de seguridad", se puso mucho énfasis en que todo trabajo eléctrico que sea ejecutado en CRIDESA necesita que se emita una orden de trabajo por parte del departamento de mantenimiento general. En CRIDESA no se les emite orden de trabajo a sus electricistas, provocando un riesgo por no cumplir con los procedimientos. Para disminuir ese riesgo, se propone lo siguiente:

4. Orden o solicitud de trabajo.

El objetivo principal es lograr que ningún trabajo que requiera cierto nivel de preparación, se realice si no viene acompañado de su orden o solicitud de trabajo. Además, por medio de este documento se podrá documentar y respaldar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Procedimiento de uso del formato:

El formato se deberá llenar de la siguiente manera:

(1) Se colocará: 1 = Mant. Preventivo, 2 = Usuario de equipo, 3 = ejecutivo de mantenimiento, 4 = Ingeniería, 5 = Seguridad.

(2) Fecha y hora que se emite la orden de trabajo.

(3) Máquinas o equipos averiados o con falla.

(4) El solicitante debe describir de forma exacta o estimativa el fallo o el trabajo a realizar.

(5) Se colocará: 1 = no hay parada, 2 = Parada máquina, 3 = Parada del sistema, 4 = Parada de la planta, 5 = problema de seguridad.

(6) Indica el tiempo que hay que esperar por diversos motivos para realizar la orden o petición de trabajo. Ejemplo: Programación de otros trabajos.

(7) Se anotará: MP = Mant. Preventivo, MC = Mant. Correctivo, MM = Mant. Modificativo.

(8) Anotar una "X" en SI o NO para conocer si el trabajo necesita preparación.

(9) Tiempo que el personal se demoró en realizar el trabajo.

(10) Terminado el trabajo, se realizará la prueba de funcionamiento y se entregará el documento al solicitante del trabajo.

(11) Fecha y hora de entrega del equipo reparado.

La hoja del reverso está destinada a ser llenada por el técnico que está realizando la orden de trabajo, y debe ser llenada de la siguiente manera:

(12) Anotar el equipo o parte del equipo que está con falla.

(13) Que tipo de trabajo realizó: cambio, modificación, regulación o reparación del equipo o sistema.

(14, 15, 16) Sirve para determinar el rendimiento de la mano de obra.

(17, 18) Sirve para detallar el tipo y causa del fallo.

(19) Materiales utilizados para realizar la orden.

(20) Otras pérdidas producidas por el fallo de la instalación.

(21) Nombre y firma del técnico reparador.

Todo trabajo de chequeo, rutina de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y modificativo realizado por los técnicos, deberá llevar adjunta la orden o petición de trabajo.

Anverso

CRIDESA

Solicitante(1): .... Fecha y hora de emisión OT(2): ....

<u>Petición del trabajo</u>(3)

Máquina o equipo y lugar: ....

<u>Descripción del fallo o del trabajo</u>(4)

....

....

....

Grado de urgencia(5): .... Tiempo de ejecución de la orden(9): ....

Tiempo de espera(6):.......... Consignas de seguridad(10): ....

Tipo de trabajo(7): ....

Exige preparación(8): SI..... No......

Prueba final o verificación(10): .... Fecha y hora(11): ....

Conforme reparado y firma

Reverso

Información de la OT

Equipo y partes afectadas(12): ....
....
Tipo de intervención(13): ....
....
Tiempo asignado(14): .... Lugar de reparación(17): ....
Tiempo real(15): ....
de hombres(16): .... Tipo de fallo(18): ....
....
Causa del fallo(18): ....
Materiales utilizados(19): ....
....
....
Pérdidas inducidas(20): ....
....
....
Nombre del reparador(21):...

____
Firma del reparador

Figura 6.16. Formato de la orden de trabajo.

CAPITULO 7

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL DE ACUERDO AL AREA DE TRABAJO

INTRODUCCION

De todas las medidas de protección o seguridad que deben adoptarse en cadena para proteger a las personas de graves lesiones o incluso la muerte, especialmente cuando estas tienen que trabajar con energía eléctrica, los **E**quipos de **P**rotección **P**ersonal (**EPP**) constituyen el último eslabón. Es decir, que previamente se han adoptado una serie de controles técnicos, laborales y administrativos con el fin de reducir al máximo los peligros a los que pudieran estar expuestos los trabajadores. En el caso de presentarse un arco eléctrico el haber adoptado previamente las medidas arriba mencionadas reducirían el nivel de energía liberado que afectaría no solamente a las propiedades sino que también incidiría sobre el trabajador.

7.1 Definición de Equipos de Protección Personal EPP

7.1.1 Conceptos

Definición de Equipos de Protección Personal

Se entiende por Equipo de Protección Personal (EPP), cualquier equipo o dispositivo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que lo proteja de uno o varios riesgos y que pueda aumentar su seguridad o salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Valor de Protección Térmica del Arco (ATPV)

Este valor esta presente en calorías por centímetro cuadrado, y representa la capacidad máxima para la protección del arco eléctrico de una indumentaria en particular. Este valor también se aplica a telas. Sin embargo una prenda fabricada de más de una capa de tela resistente al arco tendrá una caloría por cm^2, dando un valor mayor que la suma de los valores ATPV de las telas originales. El valor de las calorías por centímetro cuadrado asignado a la mayoría de la ropa de protección de arco eléctrico, overoles, chaquetas, suele bordarse a la tela en letras grandes en la parte exterior de la prenda.

Las Calorías por cm^2 (cal/cm^2) indica la cantidad energía que puede entregarse a un punto a una distancia en particular desde un arco eléctrico. Una vez que este valor es conocido, la clasificación ATPV de la prenda requerida para el trabajo a distancia de un peligro potencial de arco también es conocida.

7.1.2 Categorías

Categorías

Tipos de Equipos de Protección Individual

Los EPP'S se clasifican en diversos grupos atendiendo a los diferentes conceptos de protección:

- Según el **grado de protección** que ofrecen :

  Protección parcial

  Protección integral

- Según el **tipo de riesgo** a que se destina

  Protección frente a agresivos de tipo físico

  Protección frente a agresivos de tipo químico

  Protección frente a agresivos de tipo biológico

- Según la **zona del cuerpo** a proteger

  Protección de la cabeza

  Protección del oído

  Protección de ojos y cara

  Protección de vías respiratorias

  Protección de brazos y manos

  Protección de pies y piernas

  Protección de la piel

  Protección del tronco y abdomen

  Protección de todo el cuerpo

Los EPP los provee el empleador y estos son seleccionados de acuerdo a un estudio previo sobre los riesgos a los que están expuestos sus empleados.

Dependiendo de la complejidad del diseño y de la magnitud del riesgo contra el que protegen los EPP se clasifican en tres categorías:

- **Categoría I**

De diseño sencillo, donde el usuario por si mismo puede juzgar la eficacia o no contra los riesgos. Pertenecen a esta categoría aquellos EPP'S que tiene por finalidad proteger al usuario de:

- Agresiones mecánicas cuyos efectos son superficiales (p.ej dedales)
- Productos de mantenimiento poco nocivos, cuyos efectos son reversibles (p ej. Guantes de protección contra soluciones detergentes)
- Protección en tareas de manipulación de piezas calientes, que no expongan al usuario a temperaturas superiores a los 50 °C ni a choques (p.ej guantes)
- Protección frente agentes atmosféricos que no sean excepcionales ni extremos (p.ej gorros o ropas de temporada)

- Protección frente a pequeños choques y vibraciones que no afecten a partes vitales del organismo y no produzcan lesiones irreversibles (p. ej cascos)
- Protección a la radiación solar (p.ej gafas de sol)

- **Categoría II**

Son modelos de EPI que suponen un compromiso medio respecto del riesgo. Se encuadran dentro de esta categoría todos los EPI que no responden a la definición establecida por la norma para las categorías I y III.

- **Categoría III**

Corresponden aquellos EPI'S de diseño complejo destinados a proteger al usuario de todo peligro mortal o que pueda dañar gravemente y de forma irreversible la salud. Pertenecen a esta categoría:

- Equipos de protección respiratoria filtrantes que protegen frente a aerosoles sólidos y líquidos o gases irritantes.
- Equipos de protección respiratoria aislantes de la atmósfera
- EPI'S de protección contra las agresiones químicas o contra las radiaciones ionizantes
- EPI'S de intervención en ambientes calidos, cuyos efectos sean comparables a los de una temperatura ambiente igual o superior a 100 °C , con o sin radiación de infrarrojos

- EPI’S de intervención en ambientes fríos, cuyos efectos sean comparables a los de una temperatura ambiente igual o inferior a –50 ℃
- EPI’S destinados a proteger contra caídas de altura
- EPI’S destinados proteger contra los riesgos eléctricos para los trabajos realizados bajo tensiones peligrosas o los que se utilicen como aislantes de alta tensión

Ropa de Protección

La selección de un EPP determinado será de acuerdo a la duración del riesgo al que se expone, en este caso un riesgo eléctrico, la frecuencia y gravedad, las condiciones existentes en el trabajo y su entorno, el tipo de daños posibles para el trabajador y la constitución física de este. Sin duda llevar puesto un EPP puede ser molesto y hacer lento el trabajo, sin embargo el trabajador debe comprender la necesidad de estos y estar consciente de los peligros del que se protege. La tabla que a continuación se presenta, tomada del NFPA 70E, hace una clasificación de la indumentaria cuando existe falla por arco eléctrico.

NFPA 70E EDICION 2004

Tabla 130.7 (C) (11) Características de la Indumentaria de Protección

Categoría de Riesgos peligrosos (HRC)	**Descripción de la Indumentaria (Numero típico de capas de indumentaria entre paréntesis)**	**Valor de exposición de rendimiento térmico al arco, mínimo (ATPV) o energía de umbral abierto (EBT) Calificación de EPP**
0	Algodón no Tratado (1)	No corresponde
1	Camisa FR y Pantalón FR (1)	4 cal/cm^2 (16.74 J/cm^2)
2	Ropa Interior de Algodón mas Camisa FR	8 cal/cm^2 (33.47 J/cm^2)
3	Ropa Interior de Algodón mas Camisa FR y Pantalones FR mas cubre todo FR (2 o 3)	25 cal/cm^2 (104.6 J/cm^2)
4	Ropa Interior de algodón mas Camisa FR y Pantalones FR mas doble capa	40 cal/cm^2 (167.36 J/cm^2)

Tabla 7.1.Características de la indumentaria de protección.

Protección de Manos y Brazos

La clase de guante a utilizar será en función del voltaje presente en el área de trabajo, para una selección segura se muestra la siguiente tabla informativa acerca de la clasificación de guantes de acuerdo a su voltaje.

CLASE	**Máximo Voltaje de Uso**	**Voltaje de Prueba**
00	500 V	2500 V
0	1000 V	5000 V
1	7500 V	10000 V
2	17000 V	20000 V
3	26500 V	30000 V
4	36000 V	40000 V

Tabla 7.2. Clasificación de guantes de acuerdo a su voltaje.

Protección de la Cabeza

Si de los estudios previos se concluye que el trabajador esta expuesto a por lo menos uno de los siguientes puntos, entre otros, el uso de cascos protectores es obligatorio:

- Objetos que pueden caer y golpear la cabeza
- Golpes en la cabeza contra objetos fijos tales como tuberías o vigas
- Trabajos en la cercanía de conductores eléctricos (EPI para los electricistas).

En general los cascos deben:

- Resistir la penetración de objetos
- Amortiguar los golpes
- Ser resistente al agua y combustión lenta
- Cumplir con las normas

A continuación se detalla la clasificación de los cascos de seguridad que plantea OSHA.

Clases de Cascos

Clase A

Destinado para un servicio general (por ejemplo, minería, construcción de edificios, etc.).

Provee una adecuada protección contra impactos pero es limitado en cuanto a la protección de voltaje.

Clase B

Utilizado para trabajos eléctricos (EPI´S para los electricistas).

Protección contra la caída de objetos y choques de alto voltaje y quemaduras.

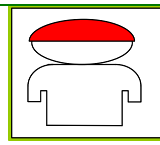
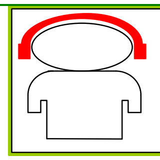
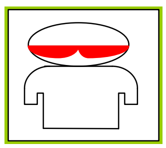
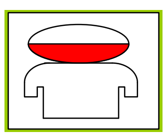
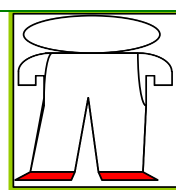
Clase C

Ofrece comodidad pero su protección es limitada.

Protege la cabeza de golpes contra objetos fijos pero no protege contra caída de objetos o choques eléctricos.

Conviene destacar que todos los cascos confeccionados y aprobados desde 1997 hasta la fecha, ahora vienen identificados como Clase E, mientras que los que fueron hechos hasta antes de esta fecha se clasifican como Clase B.

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida los equipos de protección personal que un trabajador eléctrico debe llevar puesto para evitar o reducir los impactos de un accidente de tipo eléctrico.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI'S)	CAT	PARTE DEL CUERPO QUE PROTEGE	NORMA QUE CUMPLE	RIESGO QUE PROTEGE
CASCO	**III**	 Parte Superior de la Cabeza	**ANSI Z89.1** **OSHA 1910.135**	♣ Objetos en caída. ♣ Riesgo Eléctrico.
TAPONES AUDITIVOS	**II**	 Protectores Auditivos	**OSHA 1910.95**	♣ Ruido
GAFAS INTEGRALES	**III**	 Ojos	**ANSI Z87.1** **OSHA 1910.133**	♣ Impacto de partículas a gran velocidad (puede producirse por la explosión producida por un arco eléctrico) ♣ Soldadura ♣ Gotas de Líquidos ♣ Metal fundido y sólidos calientes
PANTALLAS FACIALES	**III**	 Ojos y Cara	**ANSI Z87.1** **1910.133**	♣ Impactos de partículas a gran velocidad (puede producirse por la explosión producida por un arco eléctrico) ♣ ♣ Luz infrarroja, ultravioleta y solar ♣ Salpicaduras de líquidos ♣ Arco eléctrico por cortocircuito ♣ Metal fundido y sólidos calientes.
CALZADO DE SEGURIDAD	**III**	 Pies	**ASTM F 1117** **OSHA 1910.136** **ANSI Z41**	♣ Caída de objetos ♣ Perforación ♣ Electricidad estática ♣ Penetración de agua

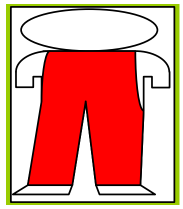
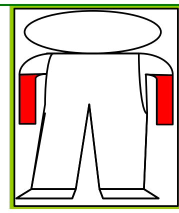
ROPA DE PROTECCION	**III**	 Cuerpo	**NFPA 70E**	♣ Suciedad ♣ Salpicaduras ♣ Cortes ♣ Calor y llamas ♣ Frío ♣ Penetración de agua ♣ Baja visibilidad ♣ Atrapamientos
GUANTES DE PROTECCION	**III**	 Manos, Antebrazo y Brazo	**ASTM D 120 OSHA 1910.138**	♣ Riesgos Térmicos ♣ Impacto de pequeñas salpicaduras de metal fundido ♣ Contacto con llama o fuente de calor

Tabla 7.3. Equipos de protección personal requerido por un trabajador de mantenimiento eléctrico.

7.1.3 Exigencias Esenciales de Seguridad y Sanidad

Los EPP que se vayan a suministrar a los trabajadores deben tener una contraseña oficial de un organismo de certificación, acreditado y aprobado de acuerdo con las disposiciones que establezca el Ministerio de Trabajo del Ecuador.

En el caso de que el Ministerio de Trabajo no haya promulgado o establecido normas para la regularización y utilización de estos productos se debe solicitar al fabricante o proveedor la garantía por escrito de que el EPP cubre los riesgos para los cuales está destinado.

OSHA, en la Subparte I de la Parte 1910, exige que el empleador capacite a sus trabajadores para que estos sepan como hacer uso del EPP. Los detalles en los que se deben profundizar son los siguientes:

- Uso adecuado del EPP
- Saber cuando es necesario el EPP
- Conocer que tipo de EPP es necesario
- Conocer las limitaciones del EPP seleccionado
- Mantener en buen estado el EPP

7.1.3.1 Distancias de Seguridad

Cuando se determine realizar un trabajo eléctrico, sea mantenimiento o inspección, además del EPP la persona encargada de la seguridad dentro de la planta debe especificar a sus trabajadores quienes están habilitados a trabajar dentro de determinada área, todo esto en función de una evaluación del personal y de los limites de aproximación. El NFPA70E define o clasifica los límites de aproximación para un trabajo seguro.

Limite de Aproximación Segura: Es la distancia mínima desde un punto energizado del equipo, hasta la cual el personal no calificado puede situarse sin riesgo por arco eléctrico.

Limite de Aproximación Restringida: Es la distancia mínima hasta la cual el personal calificado puede situarse sin llevar los elementos de protección personal certificados contra riesgo por arco eléctrico.

Limite de Aproximación Técnica: Es la distancia mínima en la cual solo el personal calificado que lleva elementos de protección personal certificados contra arco eléctrico realiza trabajos en la zona de influencia directa de las partes energizadas de un equipo.

NFPA 70E EDICION 2001

Tabla 2-1.3.4 Limite de Aproximación a Partes Vivas

Protección de Choque Eléctrico

Tensión Nominal Del Sistema (Fase – Fase)	Limite Aprox. Seguro (m)		Limite Aprox. Restringida	Limite de Aproximación Técnica
	Parte Móvil Expuesta	Parte Fija Expuesta	Incluye Movimientos Involuntarios	
51 V - 300 V	3,00	1,10	Evitar Contacto	Evitar Contacto
301 V - 750 V	3,00	1,10	0,3	0,025
751 V - 15 KV	3,00	1,50	0,66	0,18
15,1 KV - 36 KV	3,00	1,80	0,78	0,25
36,1 KV - 46 KV	3,00	2,44	0,84	0,43
46,1 KV - 72,5 KV	3,00	2,44	0,96	0,63
72,6 KV - 121 KV	3,25	2,44	1,0	0,81
138 KV – 145 KV	3,35	3,00	1,09	0,94
161 KV – 169 KV	3,56	3,56	1,22	1,07
230 KV – 242 KV	3,96	3,96	1,6	1,45
345 KV – 362 KV	4,70	4,70	2,6	2,44
500 KV – 550 KV	5,80	5,80	3,43	3,28

Tabla 7.4. Limite de aproximación a partes vivas.

Un riesgo eléctrico se acrecienta cuando el personal no esta debidamente capacitado o entrenado, dicha capacitación debe ser enfocada no solo en la parte técnica sino también en el conocimiento de los riesgos asociados a su trabajo y de las medidas de seguridad que reducen el mismo. Un tercer punto que se debe procurar es que el personal en su gran mayoría debe estar preparado para brindar los primeros auxilios.

Ocupational Safety and Health Administration, (OSHA), es un organismo de regulación federal de Estados Unidos, que difunde estándares para diferentes áreas con el objetivo de precautelar ante todo la seguridad y salud del trabajador.

Los estándares que OSHA difunde para la seguridad eléctrica de la industria en general son publicados como “Title 29 Code of Federal Regulations (CFR)”, dentro de esta sección esta la Parte 1910, que comprende normas sobre seguridad y salud ocupacional, este apartado a su vez esta dividido en subpartes.

- La Subparte I regula todo lo relacionado con equipo de protección personal.
- La Subparte S regula todo lo relacionado con seguridad eléctrica en instalaciones de usuarios en general.

La Parte 1926 hace referencia a las regulaciones para las construcciones en relación con la seguridad y salud ocupacional. Esta parte también se fragmenta en subpartes.

- La subparte K contiene los requisitos de seguridad de instalaciones eléctricas
- La subparte V reseña los requisitos de seguridad para la construcción de líneas de transmisión, redes de distribución y equipo asociado.

7.1.4 Comercialización

Los EPP elegidos deberán cumplir con la reglamentación que sobre comercialización (diseño y fabricación) les afecta, a fin de garantizar las exigencias técnicas que de los mismos se requieren.

Junto con los equipos de protección personal el fabricante de los mismos debe proveer un folleto informativo, en el que se explique claramente los niveles de protección ofrecidos por el equipo, el mantenimiento y, en su caso, las sustituciones necesarias, etc. El folleto debe contener la mayor cantidad de datos útiles referentes a: almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, accesorios, piezas de repuesto, fecha o plazo de caducidad, etc.

En el mercado existe una gran cantidad de compañías dedicadas a la confección de equipos de protección personal, una de ellas es DuPont con su marca registrada NOMEX ®, en cuanto a equipos de protección contra arco eléctrico o incendios. La tela de la ropa de protección DuPont ™Nomex® esta compuesta por fibras de meta y para aramida. Estas fibras hacen que la tela sea altamente resistente al desgaste, además de mantener las características antiflama aun después de frecuentes lavados. Además de DuPont sobresalen también compañías como Ignifuga®, Salisbury, etc., todas ellas deben cumplir con la certificación de laboratorios que se rijan a las normas internacionales que delinean parámetros de seguridad en cuanto a la confección de la ropa de protección contra el fuego. Uno de esos laboratorios es UL (Underwriter Laboratories). La selección de la marca de la ropa de protección requerida, vendrá dado en función de factores como costo, duración estimada de cada traje, numero de lavadas que soporta, confort y apariencia del uniforme, y un último factor que se debe tener en cuenta es que la confección no aumente el riesgo de quemaduras.

Se debe exigir que el fabricante de las prendas cosa las instrucciones de mantenimiento y lavado dentro de las mismas. Las etiquetas de instrucción deberán incluir la siguiente información:

- Nombre del Fabricante
- Talla
- Contenido de Fibra
- Instrucciones de lavado
- Valor APTV de la tela

- La frase “No remover esta etiqueta”
- Identificación corporativa

7.1.5 EPP más utilizados

Los equipos de protección personal mas utilizados corresponden a sectores como el eléctrico y el químico, sectores en los que los trabajadores se ven mas afectados debido a las consecuencias fatales que se pueden derivar del no uso de los mismos o inclusive a causa de un empleo incorrecto. En estos sectores la indumentaria y guantes a ser llevados por el trabajador son esenciales, de ahí que los mismos han tenido que ser clasificados conforme a una evaluación de riesgos y de los impactos destinados a evitar. Se puede decir que le siguen los equipos de protección de la cabeza y vías respiratorias, aplicables en el área eléctrica y química respectivamente.

7.2 Equipos de Protección Personal

7.2.1 Funciones y Limitaciones

La función de los equipos de protección personal es proporcionar una protección eficaz frente a los riesgos que motivan su uso, sin suponer que por si mismos puedan ocasionar riesgos adicionales o molestias innecesarias. Los EPP no tienen por finalidad realizar una tarea o actividad, sino proteger de los riesgos que la tarea o actividad presenta. Los EPP’S deben ser utilizados conforme a las instrucciones previstas por los fabricantes y su diseño depende del tipo de riesgo a proteger, razón por la cual debe emplearse en sus respectivas áreas. No utilizarlos adecuadamente aumenta el riesgo.

7.2.2 Selección y Utilización Efectiva

Luego del análisis de riesgos por medio de normas realizado en el capitulo 3, 4, check list, matriz de riesgo y la valorización cualitativa realizada en el capitulo 5 por medio del árbol de sucesos, gracias a dichos análisis, en el capitulo 6 se presentaron soluciones, tomando medidas correctivas en casi todos los riesgos hallados, faltando solamente la solución a lo que tiene que ver con los equipos de protección personal y las etiquetas de información que las normas obligan a mostrar en todo panel de distribución, la cual se la presentará en este literal.

La selección del equipo de protección personal frente a riesgos eléctricos potenciales como electrocución o arco eléctrico será establecido de acuerdo al informe de evaluación de riesgos ordenada por el empleador en el que se especifique de forma cuantitativa los niveles de energía peligrosos a los cuales un trabajador estaría expuesto al realizar sus tareas rutinarias, se hace hincapié en que se recurre como ultimo recurso de protección a la selección de EPP ante la imposibilidad de eliminar un riesgo completamente. Específicamente en cuanto a que un arco eléctrico se desencadene estos niveles de energía se refieren a la cantidad de energía calorífica que puede llegar a liberar un accidente de este tipo, enormes ráfagas de presión y lanzamiento de partículas a muy alta velocidad se incluyen también como otros tipos de energía liberados.

En el estudio de cortocircuito realizado a tres áreas de peligro potencial dentro de la planta CRIDESA se resaltan los siguientes valores.

FALLA 1	**FALLA 2**	**FALLA 3**
D_C = 5.124 ft (156.18 cm.)	D_C = 2.38 ft (72.54 cm.)	D_C = 1.73 ft (52.73 cm.)
E_{MB} = 4.36 cal/cm^2	E_{MB} = 4.8 cal/cm^2	E_{MB} = 4.38 cal/cm^2

Tabla 7.5. Datos de distancias y energía liberada según el análisis realizado en el capitulo 4, literal 4.5

La selección de la ropa de protección idónea para estos lugares será en función de los valores de energía incidentes arrojados en el estudio antes mencionado. La ropa tendrá un índice de protección de al menos las calorías por centímetro cuadrado mostrados en la tabla anterior.

La ropa de trabajo que se debe utilizar en lugares en los que el riesgo de arco eléctrico es elevado debe ser cuidadosamente seleccionada, teniendo en cuenta que las quemaduras mas graves no siempre son producidas por el fuego sino que en la mayoría de los casos proviene de la ropa no adecuada que se esta utilizando, a diferencia de las prendas hechas a base de algodón que una vez que arde se mantiene y la del poliéster que se pega a la piel, es conveniente utilizar prendas hechas a base de fibras de algodón o lana químicamente tratados en su estructura molecular con características de auto extinción del fuego.

En función de la **Tabla 130.7 (C) (11)** Características de la Indumentaria de Protección del **NFPA 70E Edición 2004**, presentada en paginas anteriores, y del nivel de energía calculado y que se puede liberar durante el desarrollo de un arco eléctrico, la ropa de protección deberá contar con un APTV de 4 cal/cm^2 para proteger al operador de quemaduras de segundo grado. Adicional a la ropa se requieren de gafas, pantallas faciales, guantes, tapones auditivos y capuchas. Tal como se muestra en la grafica a continuación.

Figura 7.1. Trabajador eléctrico utilizando el equipo de protección personal.

De los diferentes paneles de fuerza a los cuales se les ha hecho un análisis de riesgo eléctrico a través del presente trabajo, los paneles correspondientes al sistema de bombas contra incendio y el de torres de enfriamiento son lugares en los que un trabajo eléctrico tiene el menor riesgo para el operador y por lo tanto el tipo de EPP a utilizar corresponde al de Categoría I. En estos dos lugares el mayor riesgo que existe es el de contacto eléctrico indirecto, debido al poco espacio para el desenvolvimiento libre y cómodo de los trabajadores al realizar su labor. Una vez que se han tomado todas las medidas para reducir el riesgo, el

EPP esencial en estos lugares constituyen los guantes que serán seleccionados en base al voltaje que se maneja en los respectivos paneles, según la tabla correspondiente el grado mínimo de protección que los guantes deben proteger contra choques eléctricos es de clasificación 00. El siguiente elemento importante que el trabajador debe llevar puesto es un casco que de la tabla correspondiente se desprende que el indicado es el clase E. Por supuesto la ropa de trabajo debe ser cómoda y el trabajador debe llevarla bien puesta. Para realizar trabajos en estos lugares no es necesario indumentaria de características especiales. Las gafas a utilizarse deben ser normalizadas, es decir, tienen que llevar impreso el código Z87.1.

Algo mucho más peligroso que el “simple” paso de corriente eléctrica a través de nuestro cuerpo es el arco eléctrico ya que con este no solo viene asociado la liberación de una enorme cantidad de energía calorífica sino también generación de gases nocivos, explosiones y proyecciones de partículas de las cuales también se debe proteger el trabajador. Los EPP que se necesitan cuando se van a realizar trabajos con un alto riesgo de falla por arco eléctrico caen dentro de la Categoría III, el área de CRIDESA altamente crítica en este sentido constituye el cuarto de sistemas donde se alojan transformadores, paneles de fuerza, CCM. Para protegerse de la radiación generada por el desarrollo de un arco eléctrico es indispensable la utilización de ropa de trabajo que brinde un aislamiento térmico a la persona. Se recomienda que en áreas con riesgo de arco eléctrico, sus paneles contengan etiquetas que revelen la mayor cantidad de información respecto al riesgo y sus medios de mitigación.

Conforme a lo especificado por el **NEC en su sección 110.16** y que fue presentada en páginas anteriores, los equipos susceptibles de llevar una etiqueta de información sobre los riesgos eléctricos a los que se expone el personal calificado cuando pretende realizar trabajos sobre estos tienen el fin de servir como recordatorio al trabajador eléctrico de los riesgos asociados a su trabajo y de las medidas de seguridad mínimas que deben ser respetadas. Aunque la sección **110.16** solo especifica que debe indicarse el riesgo de un arco eléctrico, es aconsejable que la mencionada etiqueta muestre la mayor cantidad de información y se precisa que esta sea clara, de fácil entendimiento y que esté en el idioma propio de las personas que van a realizar los trabajos, para el caso que estamos analizando, los paneles de distribución general, centros de control de motores, paneles de fuerza o control sus etiquetas deben estar en idioma español. La información adicional que se aconseja mostrarse en la etiqueta se detalla a continuación

- Corriente de Corto-Circuito disponible
- Limite de protección de arco eléctrico

- Energía incidente expresada en cal/cm2
- Equipo de Protección Personal requerido
- Voltaje disponible
- Distancia de aproximación segura
- Distancia de aproximación restringida
- Distancia de aproximación técnica

No importa el tipo ni el número de medidas de protección que se adopten para evitar ser las victimas de un arco eléctrico o un choque eléctrico, siempre será recomendable trabajar sin tensión, comprobando que todos los equipos sobre los cuales se va a trabajar estén sin energía, sin embargo OSHA en la parte 1910.333 afirma que:

Los trabajadores no deben ejecutar sus labores sobre equipos energizados (concretamente más de 50 Voltios) excepto por una de dos razones:

- Que la desenergizacion introduzca riesgos adicionales o incremente la magnitud de los riesgos existentes.
- Que no sea factible debido al diseño del equipo o limitaciones de operación.

Si el trabajo a realizar cumple con una de las razones indicadas, el empleador o supervisor de seguridad industrial junto con el trabajador deben primero evaluar los riesgos y cumplir con exigencias claves de seguridad, estas exigencias son: procedimientos efectivos de trabajo seguro, EPP, selección del personal idóneo para el tipo de trabajo a realizar, entrenamiento del mismo, etc.

Para el cuarto de sistemas se han desarrollado las siguientes etiquetas de información respecto a cada panel de fuerza.

De acuerdo al análisis de cortocircuito realizado en tres puntos críticos del sistema de fuerza, el primero de ellos corresponde a panel principal donde alimenta a las cargas con 4160 V.

En este punto de falla el panel maneja 4160 V, y las tareas que representan un riesgo y que pueden realizar en el, de acuerdo con la ***Tabla 3-3.9.1 Clasificación de las Categorías de Riesgo*** se detallan a continuación.

Tareas (Asume Equipo Energizado, y trabajo realizado dentro de los limites de arco eléctrico)	Categoría de Riesgo	Guantes (Voltaje)	Herramientas (Voltaje)
Operación de fusibles o breakers con las puertas del panel cerradas	2	N	N
Trabajos en partes energizadas, incluyendo pruebas de voltaje.	4	S	S
Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con las puertas abiertas	4	N	N
Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con las puertas cerradas	2	N	N
Remoción de cubiertas atornilladas	4	N	N
Apertura de cubiertas abisagradas	3	N	N
Apertura de compartimentos de transformadores de voltaje o potencia	4	N	N
Aplicación de aterrizamiento seguridad, después de pruebas de voltaje.	4	S	N

Tabla 7.6.Clasificación de las categorías de riesgo en la falla #1 (4160V).

El tipo de indumentaria necesaria para cada actividad se muestra a continuación.

	Fibra Natural No Tratada	**Ropa de Flama Retardante**	**Equipo de Protección de Flama Retardante**
Operación de fusibles o breakers con las puertas del panel cerradas	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Casco, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.7. Indumentaria necesaria para la operación de fusibles o breakers con las puertas del panel cerradas.

Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con las puertas abiertas.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Chaqueta doble capa, pantalones doble capa, casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.8. Indumentaria necesaria para la inserción o remoción de breakers desde cubículos con la puerta cerrada.

Trabajos en partes energizadas, incluyendo pruebas de voltaje.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Chaqueta doble capa, pantalones doble capa, casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.9. Indumentaria necesaria para trabajos en partes energizadas.

Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con las puertas cerradas.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Casco, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.10. Indumentaria necesaria para la inserción o remoción de breakers desde cubículos con las puertas cerradas.

Remoción de cubiertas atornilladas	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Chaqueta doble capa, pantalones doble capa, casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.11. Indumentaria necesaria para remoción de cubiertas atornilladas.

Apertura de cubiertas abisagradas	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.12. Indumentaria necesaria para la apertura de cubiertas abisagradas.

	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
Apertura de compartimentos de transformadores de voltaje o potencia	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Chaqueta doble capa, pantalones doble capa, casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.13. Indumentaria necesaria para la apertura de compartimentos de transformadores de voltaje o potencia.

	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
Aplicación de aterrizamiento seguridad, después de pruebas de voltaje.	Pantalón largo, camisa manga larga.	Camisa manga larga, pantalones, cubre todo, chaqueta.	Chaqueta doble capa, pantalones doble capa, casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.14. Indumentaria necesaria para la aplicación de aterrizamiento de seguridad después de las pruebas de voltaje.

Se detalla la etiqueta correspondiente que debería ser ubicada en una parte externa visible del panel.

Figura 7.2. Etiqueta de seguridad requerida en el panel principal donde se realizó el análisis de la falla 1 en el capítulo 4 literal 4.5.

Para la falla 2, localizada en las barras del secundario que alimentan al CCM.

En el panel ubicado en este punto de falla los trabajos que pueden realizarse y que conllevan riesgo de arco eléctrico de acuerdo con la ***Tabla 3-3.9.1 Clasificación de las Categorías de Riesgo*** son:

Tareas (Asume Equipo Energizado, y trabajo realizado dentro de los limites de arco eléctrico)	**Categoría de Riesgo**	**Guantes (Voltaje)**	**Herramientas (Voltaje)**
Cierre o apertura de fusibles o breakers dentro de cajas	0	N	S
Apertura, cierre o extracción de fusibles o breakers sin caja	1	N	S
Trabajos en partes energizadas, incluyendo medición de voltaje.	2*	N	S

Tabla 7.15.Clasificación de las categorías de riesgo en la falla #2, localizada en la barra de alimentación de 480 V.

A continuación se lista la ropa y el equipo de protección personal requerido para cada actividad.

Cierre o apertura de fusibles o breakers dentro de cajas	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo y camisa manga larga	----------------	Gafas de Seguridad

Tabla 7.16. Indumentaria necesaria para cierre o apertura de fusibles o breakers dentro de cajas.

Apertura, cierre o extracción de fusibles o breakers sin caja	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo	Camisa manga larga, pantalones, overol, chaqueta.	Caso, gafas de seguridad, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.17. Indumentaria necesaria para apertura, cierre o extracción de fusibles o breakers sin caja.

Trabajos en partes energizadas, incluyendo medición de voltaje.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Camiseta manga corta, pantalones largos.	Camisa manga larga, pantalones, overol, chaqueta.	Casco, gafas de seguridad, capucha de doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.18. Indumentaria necesaria para trabajos en partes energizadas, incluyendo medición de voltaje.

La etiqueta de seguridad para el panel respectivo se muestra a continuación.

Figura 7.3. Etiqueta de seguridad requerida en el panel CCM donde se realizó el análisis de la falla 2 en el capítulo 4 literal 4.5.

La tercera falla en ser analizada corresponde al panel de torres de enfriamiento en este panel se maneja una carga de 400 A. De igual forma según la ***Tabla 3-3.9.1 (Tabla 7.6) Clasificación de las Categorías de Riesgo*** los trabajos que conllevan un riesgo de arco eléctrico se pormenorizan a continuación.

Tareas (Asume Equipo Energizado, y trabajo realizado dentro de los limites de arco eléctrico)	Categoría de Riesgo	Guantes (Voltaje)	Herramientas (Voltaje)
Cierre o apertura de fusibles o breakers con paneles de puertas cerradas	0	N	N
Cierre o apertura de fusibles o breakers con paneles de puertas abiertas.	1	N	N
Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con puertas abiertas	3	N	N
Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con puertas cerradas	2	N	N
Apertura de cubiertas abisagradas	2	N	N
Remoción de cubiertas atornilladas	3	N	N

Tabla 7.19.Clasificación de las categorías de riesgo en la falla #3, localizada en el panel de torres de enfriamiento.

Cierre o apertura de fusibles o breakers con paneles de puertas cerradas.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalón largo, camisa manga larga.	-------------------	Gafas de seguridad.

Tabla 7.20.Indumentaria necesaria para cierre o apertura de fusibles o breakers con paneles de puertas cerradas.

Cierre o apertura de fusibles o breakers con paneles de puertas abiertas.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Pantalones largos.	Camisa manga larga, pantalones, chaqueta.	Casco, gafas de seguridad, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.21.Indumentaria necesaria para cierre o apertura de fusibles o breakers con paneles de puertas abiertas.

Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con puertas abiertas	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Camiseta manga corta y pantalones largos.	Camisa manga larga, pantalones, cubretodo, chaqueta.	Casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.22.Indumentaria necesaria para inserción o remoción de breakers desde cubículos, con puertas abiertas.

Inserción o remoción de breakers desde cubículos, con puertas cerradas.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Camisa manga corta y pantalones largos.	Camisa manga larga, pantalones, cubretodo, chaqueta.	Casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.23.Indumentaria necesaria para inserción o remoción de breakers desde cubículos, con puertas cerradas.

Apertura de cubiertas abisagradas.	Fibra Natural No Tratada	Ropa de Flama Retardante	Equipo de Protección de Flama Retardante
	Camisa manga corta y pantalones largos.	Camisa manga larga, pantalones, cubretodo, chaqueta.	Casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.
Remoción de cubiertas atornilladas	**Fibra Natural No Tratada**	**Ropa de Flama Retardante**	**Equipo de Protección de Flama Retardante**
	Pantalones largos.	Camisa manga larga, pantalones, chaqueta, cubretodo.	Casco FR, gafas de seguridad, capuchas doble capa, protección auditiva, guantes de cuero, zapatos de trabajo de cuero.

Tabla 7.24.Indumentaria necesaria para la apertura de cubiertas abisagradas y remoción de cubiertas atornilladas.

Figura 7.4. Etiqueta de seguridad requerida en el panel de torres de enfriamiento donde se realizó el análisis de la falla 3 en el capítulo 4 literal 4.5.

7.3 Normativa Aplicable

Al no existir una legislación coherente con la prevención de riesgos laborales en Ecuador, tanto la industria de capital nacional o extranjera como las multinacionales se rigen bajo normativas europeas o de países como Estados Unidos, Canadá o del país del que provienen. Aunque recientemente el país a acogido el NFPA como fuente de estándares para promover una regularización en las industrias, el camino por transitar se vislumbra espinoso, tema complejo que le corresponde al INEN agilitarlo.

OSHA es una entidad federal del gobierno de los Estados Unidos que promulga leyes para todos los sectores. Para el sector eléctrico y específicamente para el área relacionada con los equipos de protección personal, el standard promulgado es el 1910.137

Los Equipos de Protección Personal presentes en el mercado deben cumplir con pruebas de calidad que estándares como OSHA, ANSI, ASTM o cualquier otro organismo reconocido internacionalmente promueven con el objetivo de asegurar la salud de trabajadores en cualquier área. Para los diferentes equipos de protección que se necesitan para realizar un trabajo de forma segura se listan sus normas a continuación.

NORMAS DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL		
EQUIPO	**NORMA**	**TITULO**
Protección de la cabeza	ANSI Z89.1	Requisitos de protección de la cabeza para trabajadores industriales.
Protección de Ojos y Cara	ANSI Z87.1	Practicas para la protección ocupacional y educacional de Ojos y Cara.
Guantes	ASTM D 120	Standard de especificaciones para guantes aislantes de caucho
Mangas	ASTM D 1051	Standard de especificaciones para mangas aislantes de caucho
Guantes y Mangas	ASTM F 496	Standard de especificaciones para el uso y cuidado de guantes y mangas aislantes.
Protectores de cuero	ASTM F 696	Standard de especificaciones para protectores de cuero para guantes aislantes de caucho
Calzado	ASTM F 1117 ANSI Z41	Standard de especificaciones para calzado dieléctrico Estándar para protección personal. Calzado de protección.

Tabla 7.25.Normas de equipos de protección personal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La ubicación dentro de un mismo ambiente de dos transformadores trifásicos, paneles de fuerza, CCM, banco de capacitores y baterías aumenta significativamente el riesgo eléctrico al cual se exponen los trabajadores de CRIDESA.

No todos los paneles cuentan con señales de advertencia de riesgo eléctrico y la información que se proporciona no es la suficiente, razón por la cual los trabajadores o las personas que se encuentran en esta área no pueden tener una mayor comprensión de los riesgos eléctricos asociados a este lugar.

2. Espacios de trabajo insuficientes alrededor de paneles, no permiten que el personal de mantenimiento eléctrico desarrolle sus actividades de acuerdo con lo estipulado por los organismos de regulación respectivos.

3. La rotura o averia de una de las tuberías de GLP (Gas Licuado de Petróleo), bunker y diesel que pasan a un costado de la casa de combustibles, clasificada como área explosiva, magnifica el riesgo de incendio debido a una chispa eléctrica generada por el funcionamiento de los circuitos o a causa de la electrostática. Otras causas de un conato de incendio pueden ser de origen no eléctrico. Terceras causas para que se produzca un incendio constituyen el aceite y combustibles que se derraman inadvertidamente al piso en el momento del trasvase. Estos productos inflamables penetran en el suelo y se van acumulando con cada trasiegue.

4. No existe una persona encargada o responsable de la seguridad industrial en CRIDESA que se ocupe de emitir órdenes de trabajo y establecer procedimientos de trabajo eléctrico que oriente al trabajador a ejecutar sus labores de forma consciente y segura.

No se promueve en CRIDESA la capacitación y el entrenamiento continuo de sus trabajadores. Organismos internacionales establecen que estas son obligaciones del empleador.

5. De acuerdo a los cálculos de cortocircuito y el nivel de energía calorífica liberada en un arco eléctrico, alrededor de 4 cal/cm^2 , el tipo de ropa de protección personal debe tener características FR, es decir, retardantes de flama, así mismo equipo de protección adicional como guantes, capuchas y calzado dieléctrico, debe ser llevado por todo aquel que vaya a trabajar en los paneles de compresores, arrancadores o CCM ubicados en el cuarto de sistemas de CRIDESA.

RECOMENDACIONES

1. Se debe construir un resguardo de concreto de tal forma que aísle los dos transformadores trifásicos (1.5MVA, 4160/480V), del resto de paneles y CCM, esto contribuirá a reducir los impactos que podrían producirse en el caso no deseado de explosión de uno de los transformadores.

Se recomienda también la construcción de un canal por donde se pueda evacuar el aceite proveniente de los transformadores, o la implementación de otras medidas que CRIDESA considere pertinentes para evitar el confinamiento del aceite alrededor de transformadores y paneles.

2. La elaboración de hojas de trabajos de acuerdo a los planes de mantenimiento establecidos en CRIDESA deben ser de cumplimiento obligatorio.
3. Se exhorta a que se aplique la sustitución del panel de casa de combustibles debido a su gran deterioro por suciedad y corrosión, adicional a esto el mencionado panel no cumple con la protección que se demanda de el para los circuitos que se encuentran en su interior. En el caso de paneles que se encuentran a la intemperie se sugiere que se aplique correctivos con el objetivo de evitar la humedad y demás ambientes ambientales a los que se exponen, que van deteriorando sus piezas metálicas.
4. CRIDESA debe promover programas de capacitación para su personal tanto en el área técnica como en lo concerniente a la seguridad,

poniendo mucho énfasis en este ultimo si los trabajos a realizarse son de tipo eléctrico.

5. El empleador después de obtener una valoración de los riesgos eléctricos en su planta, CRIDESA, está obligado hacer las correcciones técnicas respectivas de las áreas evaluadas y proveer de la indumentaria y equipos de protección personal a sus trabajadores.

ANEXOS

ANEXO A: VARIABLES HALLADAS EN LA PLACA DE UN MOTOR.

Todo motor debe mostrar una placa de datos, la cual debe constar de las siguientes variables:

Design= clase de diseño

Frame= tamaño de armazón

Enclosure= tipo de carcaza. Ejm:

TEFC=totalmente cerrado enfriado con ventilador externo

ODP= Armazón abierta a prueba de goteo.

Code=código de rotor bloqueado

Amps= corriente de plena carga

S.F.=factor de servicio

Phase= # de fases

Insulation class= clase de aislamiento

Factor de potencia

Eficiencia garantizada a plena carga

Max corr Kva.= cantidad máxima de capacitores que se han de instalar si se desconectan a la vez que el motor.

A continuación se explicará los datos más importantes que se encuentran en la placa del motor.

Diseño.

Todos los motores que operan en la planta no tienen sistemas de arranques como por ejemplo arranque Y-Δ, auto transformador, resistencia e inductancia. Por esto todos los motores utilizados son de diseño B.

Diseño B[3].- Es un motor de inducción de jaula de ardilla diseñado para soportar arranque a pleno voltaje que desarrolla pares a rotor bloqueado (tabla 1) y máximo(tabla 3) adecuados para el uso general, que consume una corriente a rotor bloqueado que no excedan los valores mostrados en la (tabla 4), y con un deslizamiento con carga nominal inferior al 5%.

Son motores estándar de propósito general usados cuando se requiere una corriente a rotor bloqueado baja y un par a rotor bloqueado moderado, junto con una velocidad a plena carga y una eficiencia altas.

Tabla 1, Par a rotor bloqueado en porcentaje del par a plena carga de motores de potencia integral continua, jaula de ardilla, polifásicos de una velocidad, Diseños A y B.

HP	Velocidad sincrónica, r/min			
	60 Hz 3600	1800	1200	900
	50 Hz 3000	1500	1000	750
1/2	...	...	...	140
3/4	...	...	175	135
1	...	275	170	135
1 1/2	175	250	165	130
2	170	235	160	130
3	160	215	155	130
5	150	185	150	130
7 1/2	140	175	150	125
10	135	165	150	125
15	130	160	140	125
20	130	150	135	125
25	130	150	135	125
30	130	150	135	125
40	125	140	135	125
50	120	140	135	125
60	120	140	135	125
75	105	140	135	125
100	105	125	125	125
125	100	110	125	120
150	100	110	120	120
200	100	100	120	120
250	70	80	100	100
300	70	80	100	
350	70	80	100	
400	70	80		
450	70	80		
500	70	80		

Tabla 3. Par máximo en porcentaje del par de plena carga de motores de potencia integral continua, polifásicos de jaula de ardilla de una velocidad, diseños A y B.

HP	Velocidad sincrónica, r/min			
	60 Hz 3600	1800	1200	900
	50 Hz 3000	1500	1000	750
1/2	...	...	...	225
3/4	...	...	275	220
1	...	300	265	215
1 1/2	250	280	250	210
2	240	270	240	210
3	230	250	230	205
5	215	225	215	205
7 1/2	200	215	205	200
10-125 inclusive	200	200	200	200
150	200	200	200	200
200	200	200	200	200
250	175	175	175	175
300-350	175	175	175	
400-500 inclusive	175	175		

Fuente: Robert W. Smeaton, "Motores eléctricos. Selección, mantenimiento y reparación",pag.5 y 7[3].

Tabla 4. Corriente a rotor bloqueado de motores de inducción de jaula de ardilla de potencia integral, trifásicos de 60Hz para 220V o 230 V.

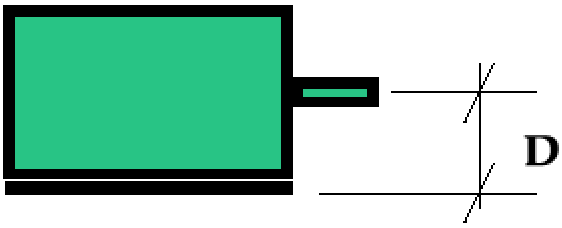
HP	Corriente a rotor bloqueado, A	Letras de diseño
1/2	20	B,D
3/4	25	B,D
1	30	B,D
1 1/2	40	B,D
2	50	B,D
3	64	B,C,D
5	92	B,C,D
7 1/2	127	B,C,D
10	162	B,C,D
15	232	B,C,D
20	290	B,C,D
25	365	B,C,D
30	435	B,C,D
40	580	B,C,D
50	725	B,C,D
60	870	B,C,D
75	1085	B,C,D
100	1450	B,C,D
125	1815	B,C,D
150	2170	B,C,D
200	2900	B,C
250	3650	B
300	4400	B
350	5100	B
400	5800	B
450	6500	B
500	7250	B

Nota: La corriente a rotor bloqueado de motores diseñados para voltajes diferentes de 230V será inversamente proporcional a los voltajes.

Fuente: NEMA Standard MG 1-12.34[2].

Robert W. Smeaton, “Motores eléctricos. Selección, mantenimiento y reparación”, pag.8[3]

Frame.- Los tamaños de armazón integrales son de tres dígitos, por ejemplo 326T, 50HP, 1800 rpm, TEFC. Las dos primeras cifras divididas entre 4 resultan en D en pulgadas D=32/4=8”



Insulation class (Temperatura ambiente y elevación de temperatura).- El aumento máximo permisible de temperatura es sobre el estándar AIEEE Nº1, 1947 de 40ºC. Esta temperatura se resta de la temperatura medida en la máquina para determinar el aumento de temperatura bajo condiciones específicas de prueba.

La vida esperada del motor se reduce a la mitad al operar a una temperatura 10ºC por arriba del máximo permisible.

Las clases más comunes en motores de inducción jaula de ardilla son:

Clase	**Aumento máximo permisible sobre 40ºC**	**Temperatura máxima del punto más caliente**
B	90	130
F	115	155
H	140	180

Tabla 5. Temperaturas que puede alcanzar un motor dependiendo de la clase de aislamiento.

Fuente: Energy-efficient Electric Motor Selection Handbook, p 40.

Factor de servicio o factor de seguridad.- un factor de 1.15 indica que el motor es capaz de entregar HPnom x 1.15 de manera continua bajo condiciones usuales de servicio sin que el aumento de temperatura exceda su valor máximo permisible de acuerdo a la clasificación NEMA de aislamientos. Los factores de servicio comunes en motores jaula de ardilla 1.0 y 1.15

Factor de servicio: 1.0

Clase	Aumento máximo permisible sobre 40ºC	Temperatura máxima del punto más caliente
B	80	120
F	105	145

Tabla 6. Temperatura máxima permisible con un factor de servicio de 1.

Factor de servicio: 1.15

Clase	Aumento máximo permisible sobre 40ºC	Temperatura máxima del punto más caliente
B	90	130
F	115	155

Tabla 7. Temperatura máxima permisible con un factor de servicio de 1.15.

Fuente: Energy-efficient Electric Motor Selection Handbook, p 40.

Código de rotor bloqueado.- la letra de código corresponde a un rango de rotor bloqueado por cada HP nominal. Ejemplo, la letra G los KVA a rotor bloqueado es máximo 6.30, si el motor fuera 50 HP, KVA_{LR}=315. Y si VLL=460V, I_{LR}=395.4 A

$$KVA_{LR} = \frac{\sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LR}}{1000},$$

donde,

KVA_{LR} son los KVA de rotor bloqueado

V_{LL} es el voltage nominal entre líneas

I_{LR} es la corriente de línea de rotor bloqueado o de arranque, A

$$I_{LR} = \frac{1000 \times KVA_{LR}}{\sqrt{3} \times V_{LL}}$$

Código de rotor bloqueado NEMA MG-1

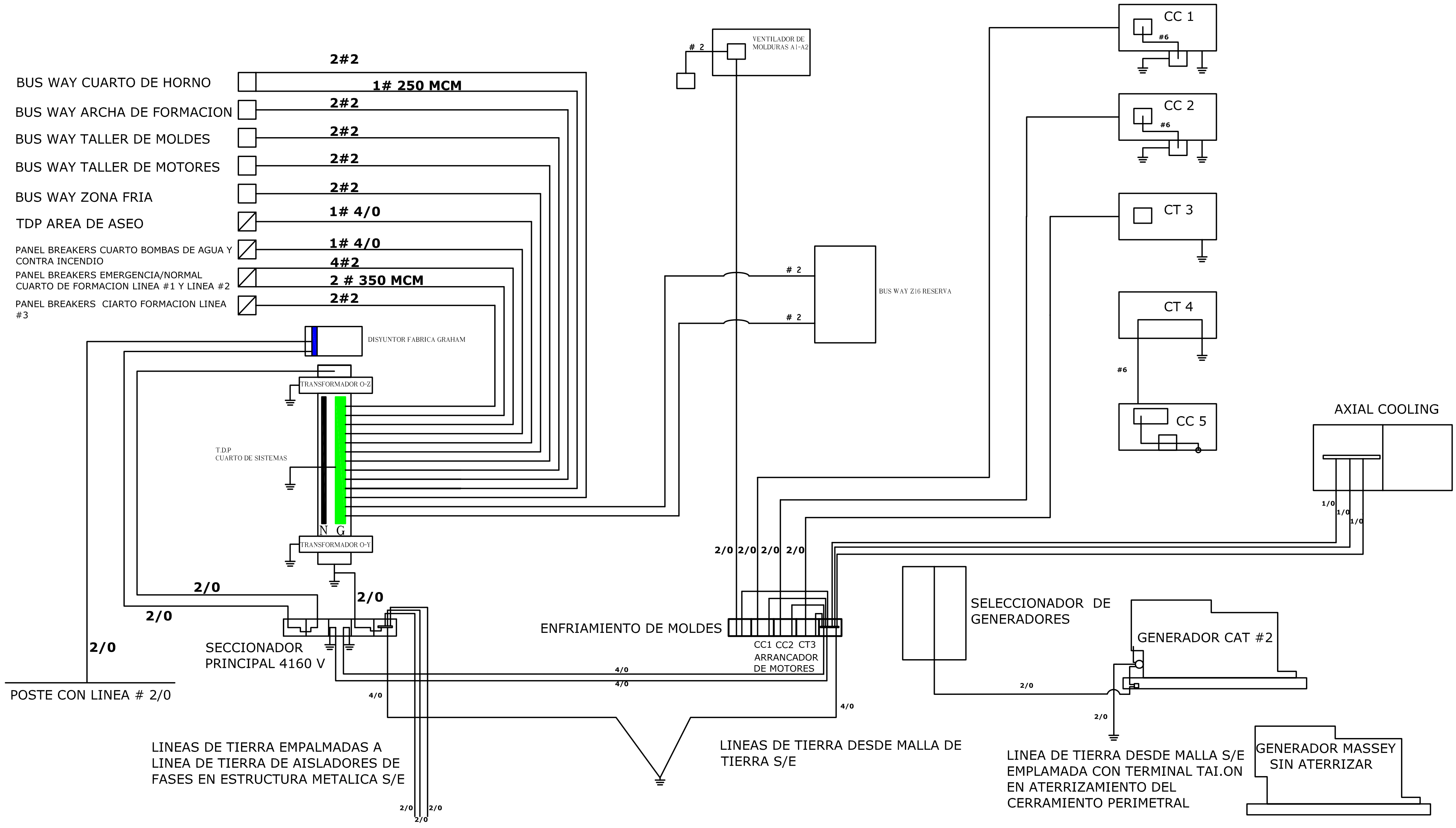
Letra de código	Rotor bloqueado, KVA / HP	
A	0.00	3.15
B	3.15	3.55
C	3.55	4.00
D	4.00	4.50
E	4.50	5.00
F	5.00	5.60
G	5.60	6.30
H	6.30	7.10
J	7.10	8.00
K	8.00	9.00
L	9.00	10.00
M	10.00	11.00
N	11.00	12.50
P	12.50	14.00
R	14.00	16.00
S	16.00	18.00
T	18.00	20.00
U	20.00	22.40
V	22.40	arriba

Tabla 8. Código de rotor bloqueado NEMA MG-1.

Fuente: NEMA Standard MG 1-12.34[2].

ANEXO B

DIAGRAMA DE CONEXIÓN A TIERRA DE LOS EQUIPOS Y PANELES DE LA PLANTA.


BUS WAY CUARTO DE HORNO
BUS WAY ARCHA DE FORMACION
BUS WAY TALLER DE MOLDES
BUS WAY TALLER DE MOTORES
BUS WAY ZONA FRIA
TDP AREA DE ASEO
PANEL BREAKERS CUARTO BOMBAS DE AGUA Y CONTRA INCENDIO
PANEL BREAKERS EMERGENCIA/NORMAL CUARTO DE FORMACION LINEA #1 Y LINEA #2
PANEL BREAKERS CIARTO FORMACION LINEA #3
2#2
1# 250 MCM
2#2
2#2
2#2
2#2
1# 4/0
1# 4/0
4#2
2 # 350 MCM
2#2
DISYUNTOR FABRICA GRAHAM
TRANSFORMADOR O-Z
T.D.P
CUARTO DE SISTEMAS
N G
TRANSFORMADOR O-Y
2/0
2/0
2/0
2/0
SECCIONADOR
PRINCIPAL 4160 V
POSTE CON LINEA # 2/0
4/0
LINEAS DE TIERRA EMPALMADAS A LINEA DE TIERRA DE AISLADORES DE FASES EN ESTRUCTURA METALICA S/E
2/0 2/0 2/0
VENTILADOR DE MOLDURAS A1-A2
2
2
2
BUS WAY Z16 RESERVA
2/0 2/0 2/0 2/0
ENFRIAMIENTO DE MOLDES
CC1 CC2 CT3
ARRANCADOR DE MOTORES
4/0
4/0
4/0
LINEAS DE TIERRA DESDE MALLA DE TIERRA S/E
CC 1
#6
CC 2
#6
CT 3
CT 4
#6
CC 5
AXIAL COOLING
1/0
1/0
1/0
SELECCIONADOR DE GENERADORES
GENERADOR CAT #2
2/0
2/0
LINEA DE TIERRA DESDE MALLA S/E EMPLAMADA CON TERMINAL TAI.ON EN ATERRIZAMIENTO DEL CERRAMIENTO PERIMETRAL
GENERADOR MASSEY SIN ATERRIZAR

ANEXO C
MATRIZ DE RIESGO.

MATRIZ RIESGO

FACTOR RIESGO	MEDIDAS CONTROL IMPLEMENTADAS/IMPLEMENTAR			PROBABILIDAD					Indice Severidad	Grado Riesgo
	Fuente	Medio	Persona	Indice Personas Expuestas	Indice Procedimientos Existentes	Indice Capacitacion	Indice Exposicion Riesgo	Indice Probabilidad		
Iluminación del puesto de trabajo no adecuada a las características de trabajo u operación.	Cuenta con iluminacion natural por el dia, por las noches es deficiente la iluminación que proviene de las lamparas.	Ubicación de lamparas en el interior del panel Mantenimiento de las luminarias.	Capacitacion frente al riesgo	2	3	3	2	BAJA(1)	2	TO
Separación insuficiente entre materiales del puesto de trabajo para realizar trabajos en condiciones de seguridad y salud.	Espacio insuficiente, los propios receptores se convierten en obstaculos.	Reubicacion de panel y mejorar la distribucion de los receptores(motores)	Prevencion frente al riesgo mediante el conocimiento de los mismos, capacitacion frente al riesgo.	2	3	2	1	ALTA(3)	3	IN
Falta de orden y limpieza en las áreas de trabajo.	Panel y receptores sucios por polvo y grasa.	Mejorar el procedimiento de trasvase de combustibles y de limpieza del lugar	Capacitacion en normas de seguridad en el trasvase de combustibles, equipos de protección personal para fuego.	2	3	3	3	ALTA(3)	3	IN
Falta de procedimientos y equipos que se deben utilizar para evitar un riesgo eléctrico en el mantenimiento preventivo	Ordenes de trabajo emitidas no contemplan los procedimientos y equipos de seguridad para los trabajadores frente al riesgo eléctrico	Desarrollo de charlas informativas de aplicación correcta de normas	Capacitar al supervisor y a los electricistas con normas y equipos de seguridad para que sean aplicadas correctamente dentro de la planta	2	3	3	2	ALTA(3)	3	IN
Falta de dispositivos de accionamiento para parada total en condiciones de seguridad.	Los contactos de los dispositivos se encuentran llenos de polvo y grasa	Mantenimiento e implementacion de dispostivos que permitan una parada segura en forma local o remota.	Manual de operación del sistema	2	3	2	3	ALTA(3)	2	I
Inexistencia de manual de instrucciones del fabricante del equipo o sistema o, en caso de existir, no comprensible para el usuario.	No existen manuales de ningun tipo para los equipos o los mismos no se encuentran en el lugar que les corresponde.	Realizar un inventario de equipos con sus respectivos manuales y para los que no exista conseguir la documentacion con el fabricante o por otros medios (internet).	Evitar actos inseguros si no se conoce solidamente el modo de funcionamaiento de los equipos	2	2	2	1	MEDIA(2)	1	T

FACTOR RIESGO	MEDIDAS CONTROL IMPLEMENTADAS/IMPLEMENTAR			PROBABILIDAD					Indice Severidad	Grado Riesgo
	Fuente	Medio	Persona	Indice Personas Expuestas	Indice Procedimientos Existentes	Indice Capacitacion	Indice Exposicion Riesgo	Indice Probabilidad		
Utilización de los equipos de trabajo contrario a los usos previstos por el fabricante.	Los equipos de trabajo no son utilizados correctamente por los trabajadores	Informar a sus trabajadores acerca del uso correcto de equipos	Autoconciencia acerca del uso de los equipos de trabajo en las tareas para las cuales fueron construidas.	2	3	3	3	ALTA(3)	2	I
Existencia de elementos en tensión accesibles por falta de protección contra contactos eléctricos directos.	existen elementos vivos que puedan ser alcanzados	Desenergizar el area para la manipulacion de instalaciones eléctricas	Capacitacion frente al riesgo, utilizacion correcta de los EPI´S correctos.	2	3	2	2	ALTA (3)	3	IN
Ausencia de sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos o sistema de protección ineficaz.	Paneles con conductores de puesta a tierra pero sin dispositivos de protección diferencial.	Analisis de cortocircuito y estudio de un sistema de puesta a tierra en funcion del lugar.	Capacitacion frente al riesgo, utilizacion correcta de los EPI´S correctos.	2	3	3	3	ALTA(3)	3	IN
Los equipos de detección, alarma, extinción, etc., no están en buen estado de funcionamiento.	No existen equipos o dispositivos auditivos o visuales como balizas que indiquen fallo de un sistema	Implementacion de equipos de deteccion de fallo,incrementar el numero de extintores y ubicación de los mismos a distancias prudenciales según normas.	Prevencion frente al riesgo a traves del autocuidado	2	3	3	3	ALTA(3)	3	IN
Instalaciones eléctricas en mal estado	La instalación de puesta a tierra de motores no es la adecuada, los cables de alimentacion no cuentan con la proteccion exigida por las normas de acuerdo al lugar.	Mantenimiento correctivo de instalaciones de puesta a tierra y alimentacion a motores	Capacitación frente al riesgo	2	3	2	3	ALTA(3)	3	IN

INDICE	PROBABILIDAD				CONSECUENCIAS
	Personas Expuestas	**Procedimientos Existentes**	**Capacitacion**	**Exposicion al riesgo**	
1	De 1 a 3	Existen son satisfactorios y suficientes	Personal entrenado. Conoce el peligro y lo previene	Al menos una vez al año	Lesion sin incapacidad
				BAJA	Disconfort/Inconformidad (LD)
2	De 4 a 12	Existen parcialmente y no son satisfactorios o suficientes	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro pero no toma acciones de control	Al menos una vez al mes	Lesion con incapacidad temporal (S)
				MEDIA	Daño a la salud reversible (D)
3	Mas de 12	No existen	Personal no entrenado, no conoce peligros, no toma acciones de control.	Al menos una vez al dia	Lesion con incapacidad permanente
				ALTA	Daño a la salud irreversible(ED)

		CONSECUENCIAS		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
		LD	D	ED
PROBABILIDAD	BAJA	TRIVIAL (T)	TOLERABLE (TO)	MODERADO (MO)
	MEDIA	TOLERABLE (TO)	MODERADO (MO)	IMPORTANTE (I)
	ALTA	MODERADO (MO)	IMPORTANTE (I)	INTOLERABLE (IN)

Estimacion del Grado Riesgo	
GRADO RIESGO	**PUNTAJE**
Trivial	4
Tolerable	De 5 a 8
Moderado (MO)	De 9 a 16
Importante (IM)	De 17 a 24
Intolerable (IT)	De 25 a 36

ANEXO D
LISTA DE CHEQUEO.

CHECK LISTS

CAMARA DE TRANSFORMACION

PLANTA: **LUGAR:** **FECHA:** **EQUIPO REVISADO:** **REALIZADO POR:**	**CRIDESA** **CUARTO SISTEMAS** TRANSFORMADOR OY	

	REFERENCIA	**SI**	**NO**	**OBSERVACIONES**
LUGAR				
¿ La iluminación del lugar es la adecuada ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 16 Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico. Literal d) Iluminación			
¿ Existen objetos extraños al lugar ?	Norma NOM Artículo 450 Sección 48 Almacenamiento dentro de las bóvedas			
¿ El lugar es utilizado como bodega ?	Norma NOM Artículo 450 Sección 48 Almacenamiento dentro de las Bóvedas			
¿ Las vías de escape se encuentran despejadas ?				
¿Existen las señalizaciones de seguridad correspondientes al lugar ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 17 Resguardo de partes Vivas. Literal c) Señales Preventivas			
¿ Los transformadores se encuentran ubicados en lugares ventilados?	Norma NOM Artículo 450 Sección 9 Ventilación.			
¿ La simbología está ubicada correctamente y es clara ?				

OBSERVACIONES:

____

____

____

____

REFERENCIA		SI	NO	OBSERVACIONES
EQUIPO				
¿ Existen partes vivas que esten desprotegidas, sin resguardo ?	Norma NOM Artículo 110-17 Resguardo de partes Vivas (de 600 V nominales o menos)			
¿ Existe un drenaje o via de evacuación de liquidos provenientes del transformador ?	Norma NOM Artículo 450 Sección 46 Drenaje			
¿Existen filtraciones o fugas de aceite del transformador?				
¿ Existe la respectiva placa de informacion acerca de sus valores nominales de operación (Voltaje, Corriente, Potencia, etc) ?	Norma NOM Artículo 450 Seccion 11 Marcado			
PUESTA A TIERRA				
¿ La instalación del cable de puesta a tierra es correcta ?	Noma NOM Articulo 250 Seeción 92 Instalación			
¿ El conductor de puesta a tierra es el apropiado de acuerdo con las características del transformador ?	Norma NOM Artículo 250 Sección 95 Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo			
¿ Las partes metálicas colocadas como resguardos estan puestas a tierra ?	Norma NOM Artículo 250 Sección 33 Envolventes y canalizaciones para otros conductores. Norma NOM Artículo 450 Sección 10 Puesta a tierra			

OBSERVACIONES:

____

____

CHECK LISTS

LUGAR: **CASA BOMBAS**
PLANTA: **CRIDESA**
FECHA:
REALIZADO POR:
EQUIPO REVISADO: TABLEROS ELECTRICOS

	REFERENCIA	SI	NO	OBSERVACIONES
LUGAR				
¿ Existen las señalizaciones de seguridad correspondientes al lugar ? (Riesgo Eléctrico, Alto Voltaje, etc.)	NFPA 70E Parte I Sección 2-4.2.2 Warning Signs			
¿ Las señalizaciones son suficientes para evitar un accidente ?	NFPA 70E Parte II Sección 3-4.7 Safety Signs and Tags			
¿ La simbología se encuentra ubicada correctamente y es clara ?				
¿ El lugar es utilizado como bodega o almacén ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 16 Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico. Literal b) Espacios Libres			
¿ La iluminación del lugar es la adecuada ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 16 Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico. Literal d) Iluminación			
¿ Las vías de escape se encuentran despejadas ?				
¿El lugar dispone de ilumiacion de emergencia en las salidas y en las vias que conducen a esta ?				

	REFERENCIA	SI	NO	OBSERVACIONES
EQUIPO				
¿ El tablero cuenta con la identificacion que le corresponde; "Tablero Electrico Principal", "Centro Control Motores", o "Tablero Eléctrico" ?				
¿ El tablero eléctrico tiene placa de informacion sobre sus valores nominales de operación (Voltaje, Corriente, Frecuencia, etc) ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 21 Marcado (aplicado a la información)			
¿ El tablero eléctrico tiene la placa de informacion con los valores de corriente de cortocircuito, arco eléctrico, distancias máximas, etc ?	NEC 110-16 Flash Protection			
¿ En la parte frontal del cuadro eléctrico está ubicada de forma clara la simbología de riesgo eléctico ?	NFPA 70E Parte II Sección 3-4.7 Safety Signs and Tags			
Características Constructivas				
¿Existen componentes electricos montados directamente sobre las caras posteriores o laterales del tablero ?				
¿Tiene partes bajo tension accesibles desde el exterior?				
¿ El armario está construido en láminas de acero o hierro ?				

	REFERENCIA	SI	NO	OBSERVACIONES
¿ Cuentan con la protección galvánica las partes metálicas no pintadas, tornillería y demás partes ?				
¿ El tablero eléctrico contiene alguna placa de informacion sobre voltaje, corriente, potencia y demás valores nominales de operación ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 21 (Marcado aplicado a información)			
¿ El tablero eléctrico contiene la placa de información acerca del fabricante y su marca comercial ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 21 (Marcado aplicado a información)			
Disposición Fisica de Elementos ¿ La separación de las barras de alimentación (fases) cumple con las normas ?	Norma NOM Artículo 430 Sección 97 Barras principales y conductores. Literal e) Barreras			
¿ Existe algún medio de separación entre fases (Ej: Barreras de fibra de vidrio,..etc..) ?				
¿ Se verifica periodicamente el funcionamiento de los sistemas de protección ?				
¿ La separación entre circuitos es la especificada por las normas ?				
¿ Los conductores activos son identificados y protegidos correctamente ?				
¿ La sulfatación de contactos empieza a hacerse visible ?				

	REFERENCIA	SI	NO	OBSERVACIONES
¿ Los tableros eléctricos en su parte interior contiene etiquetados de sus circuitos (Potencia, Mando, Informacion) ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 22 Identificación de los medios de desconexión			
¿ El grado de protección IP de conductores, tomas de corriente, son conforme a las normas ?				
¿ Existen aparatos o conexiones eléctricas defectuosas ?				
¿Se empiezan a apreciar los efectos de humedad y corrosión ?				
¿ Hay una ausencia o no funcionamiento de elementos que constituyen el sistema de prevención contra contactos eléctricos indirectos ?				
¿ El interruptor diferencial cumple con las normas ?				
¿ Existen dispositivos de enclavamiento violentados (Ej: puenteados, anulados, etc) ?				
¿Existen protecciones contra cortocircuito o sobrecarga ?	Norma NOM Artículo 240 Protección contra sobrecorriente			
¿ Las palancas o elementos de mando de los dispositivos de accionamiento son fácilmente accionables ?	IRAM			

	REFERENCIA	SI	NO	OBSERVACIONES
¿ Las palancas o elementos de mando de los dispositivos de accionamiento están ubicados a la altura correcta ? (Entre 0,90 m y 2 m)	IRAM			
¿ Los circuitos están correctamente identificados ?	Norma NOM Artículo 110 Sección 22 Identificación de los medios de desconexión			
EXTINCION DEL FUEGO				
¿ Existen medios de extinicón del fuego ?				
¿ Los medios de extinción del fuego son apropiados de acuerdo a su lugar de acción ?				
¿ El número de medios de extinción del fuego son suficentes en número y capacidad de acuerdo a su lugar de acción ?				
¿ Los medios de extincion del fuego son fácilmente visibles y accesibles ?	Real Decreto			
¿ Las pruebas dieléctricas, de aislamiento y resistencia mecánica son conforme a las normas ?				
¿ El cuadro eléctrico se encuentra próximo a otras instalaciones con riesgo de incendio ?				

	REFERENCIA	SI	NO	OBSERVACIONES
PUESTA A TIERRA				
¿ El tablero eléctrico tiene conductor de puesta a tierra ?				
¿ La instalacion de puesta a tierra es correcta ?				
¿ El color de identificación del conductor de puesta a tierra es el correcto?	NEC Sección 200.6			
¿ Existe equipotencialidad ? ***				
¿ Existe un borne de conexión de los conductores de protección o conductor de tierra donde llega el conductor general de tierra ?				
ESTADO FISICO DEL TABLERO				
¿ Las cerraduras están deterioradas ?				
¿ Se observa suciedad en el tablero ?				
¿ Existe humedad ?				
¿ Existe corrosión u oxidación ?				
¿ Los barras están en mal estado o son de sección insuficiente ?				

	REFERENCIA	SI	NO	OBSERVACIONES
¿ La sujeción del cuadro eléctrio es correcta ?				
¿ El tablero se encuentra cerrado hermeticamente ?				
¿ El tablero siempre permanece cerrado bajo llave cuando nadie lo esta utilizando ?				
¿ Las luces pilotos indicadoras de tensión funcionan correctamente ?				

Norma NOM	
Artículo 110	Requisitos de las Instalaciones Eléctricas
Artículo 240	Protección contra Sobrecorriente
Artículo 250	Puesta a Tierra
NFPA 70E	Edición 2002
NEC	Edición 2002

OBSERVACIONES:

ANEXO E
FORMATO DE INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPOS Y SISTEMAS.

LA CRISTALERIA DEL ECUADOR
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GENERAL

Nombre del equipo: Sistema de alimentación de kerex
Marca: Worthington
Area de servicio: Refinador, archas y generador
Serie:
Orden de compra: E-314
Costo: $474
Localización: Casa de bombas de combustible
Departamento: Mantenimiento
Fecha de instalación: 21/01/1998

MOTOR	**Especificaciones de la bomba**
Marca: Reliance	Marca Worthington
Modelo:	Bomba rotativa
Frame: FL 145T	Tipo 2 GAUM
HP: 1 1/2 HP	Capacidad 5 GPM de kerex(combustible #2)
RPM: 1140	1200 RPM
Fases: 3	Presión 100 PSI
Información adicional:	Calibración de disparo de la válvula de seguridad
Diseño Nema tipo B	110 PSI.
Código K	Diámetro de las tuberías de succión y descarga 3/
Equipo a prueba de explosión	

OTROS DATOS DE ACTUALIZACION:

Información técnica adjunta			**Estado del equipo**
	SI	NO	**Actualización**
Manual de Operación del motor	X		1.
Manual de Operación de la bomba	X		
Manual de Instalación del motor	X		2.
Manual de Instalación de la bomba	X		
Manual de partes del motor	X		3.
Manual de partes de la bomba	X		4.
Otra literatura			5.
No existe información técnica			6.

REGISTRO DE ELABORACION Y ACTUALIZACIÓN			
1. Elaborado por primera vez.	**NOMBRE**	**FIRMA**	**FECHA**
Nombre:	2.		
Cargo:	3.		
Firma:	4.		
Fecha:	5.		
	6.		

ANEXO F
EJEMPLO DEL FORMATO DE UNA RUTINA DE CHEQUEO.

LA CRISTALERIA DEL ECUADOR			
Formato:	Chequeo del compresor CT3	**Hoja:**	1/2
Ubicación:	Cuarto de sistemas	**Fecha:**	
Área de servicio:	Horno y planta de mezcla		

1. Equipo. Observaciones de seguridad

	SI	NO	Apéndices
Se ha previsto de los elementos de protección personal?			
Se ha delimitado – aislado convenientemente el área de trabajo?			
Se encuentran los equipos y/o herramientas revisadas y en buen estado?			
Está capacitado en relación con los riesgos que puedan presentarse durante este trabajo?			
Permiten los factores externos (dirección del viento, condiciones atmosféricas etc.) que el trabajo se realice con seguridad?			
Cuenta con todos los equipos necesarios para realizar este chequeo? Ejemplo: amperimetro, multímetro, tacómetro, termómetro, estetoscópico etc..			

2. Medición de amperajes.

Equipo	Fase A	Fase B	Fase C	I nominal placa	I en vacio
Motor					

3. Medición de temperaturas.

	Lado del eje	Lado del centro	Lado del ventilador
Motor			

4. Revisar el estado mecánico				
	Rodamiento frontal	Rodamiento Posterior	Estado del Ventilador	Otras piezas móviles del motor
Motor				

5. Inspección de los elementos de accionamiento de equipos.			
	Contactor	Relé Termico	Fusible
Motor			

6. Chequeo de cableado, conexiones y funcionamiento del equipo.		
	SI	**NO**
Verificar funcionamiento de válvula de carga y diferencial de presión.		
Verificar funcionamiento de drenaje del condensado en el equipo y tanque de almacenamiento (pulmones)		
Revisar estado de cañerias de cobre y de nylon, indicadores de presion y luces pilotos.		
Estado de las conexiones de los cables a la salida del respectivo elemento de control		
Chequear estado de los cables de alimentación, tuberías y carcaza		
Horas de trabajo:	Horas del filtro de aceite:	

Observaciones:

....

....

....

....

7.Finalización de la rutina.	
FECHA DE REALIZACIÓN:	
TÉCNICO:	
FIRMA DEL TÉCNICO:	
SUPERVISOR:	
FIRMA DEL SUPERVISOR:	

LA CRISTALERIA DEL ECUADOR			
Formato:	Chequeo de sistema de casco	**Hoja:**	1/2
Ubicación:	sistema de agua de casco	**Chequeo mensual**	
Área de servicio:	Máquinas de formación, torres de enfriamiento		

1. Equipo. Observaciones de seguridad			
	SI	**NO**	**Notas**
Se ha previsto de los elementos de protección personal?			Ver literal 6.5 y literal 7.2.2
Se ha delimitado – aislado convenientemente el área de trabajo?			Ver literal 6.8
Se encuentran los equipos y/o herramientas revisadas y en buen estado?			Ver literal 6.3
Está capacitado en relación con los riesgos que puedan presentarse durante este trabajo?			Ver 5.3 y 6.8
Permiten los factores externos (dirección del viento, condiciones atmosféricas etc.) que el trabajo se realice con seguridad?			
Cuenta con todos los equipos necesarios para realizar este chequeo? Ejemplo: amperimetro, multímetro, tacómetro, termómetro, estetoscópico etc..			

2. Medición de amperajes.					
Equipo	Fase A	Fase B	Fase C	I nominal placa	I en vacio
Bomba de entrada 1					
Bomba de entrada 2					
Bomba de retorno 1					

3. Medición de temperaturas.

Bomba de entrada 1	Lado del eje	Lado del centro		Lado del ventilador
Bomba de entrada 2				
Bomba de retorno 1				
4. Revisar el estado mecánico				
	Rodamiento frontal	Rodamiento Posterior	Estado del Ventilador	Otras piezas móviles del motor
Bomba de entrada 1				
Bomba de entrada 2				
Bomba de retorno 1				
5. Inspección de los elementos de accionamiento de equipos.				
	Contactor	Relé Termico		Breaker
Bomba de entrada 1				
Bomba de entrada 2				
Bomba de retorno 1				
6. Chequeo de cableado y conexiones.				
		SI		NO
Estado de las conexiones de los cables a la salida del respectivo elemento de control y en la bornera del motor.				
Chequear estado de los cables de alimentación, tuberías y carcaza				

Observaciones:

....

....

....

....

....

....

....

7.Finalización de la rutina.

FECHA DE REALIZACIÓN:	
TÉCNICO:	
FIRMA DEL TÉCNICO:	
SUPERVISOR:	
FIRMA DEL SUPERVISOR:	

ANEXO G
FORMATO DEL PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

PROGRAMA ANUAL DE M.P.	LA CRISTALERIA DEL ECUADOR
AÑO:2008	PLANIFICACIÓN ANUAL DE INSPECCIONES Y REVISIONES

MÁQUINA O SISTEMA	POSICIÓN	FRECUENCIA	TURNO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Casa de bombas de combustible	M	m	8/4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Torres de enfriamiento	M	m	4/12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ventiladores de planchas muertas	M	m	12/8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sistema de pesado de mezcla	M	m	8/4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Calentadores de bunker del horno	M	m	4/12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Alumbrado del cuarto de sistemas	M	m	12/8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sistema de materia prima	M	m	8/4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ventilador de enfriamiento molduras	M	m	4/12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Sistema de agua de casco	M	m	12/8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

MÁQUINA O SISTEMA	POSICIÓN	FRECUENCIA	TURNO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Sistema de vidrio reciclado	M	m	8/4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Sistema de agua potable	M	m	4/12	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Sistema de osmosis inversa	M	m	12/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Archa de recocido 1	M	m	8/4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
CC1	M	m	4/12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
CT3	M	m	12/8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Archa de recocido 2	M	m	8/4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Sistema de agua de tijeras	M	m	4/12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ventilador axial cooling	M	m	12/8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Archa de recocido 3	M	m	8/4	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Sistema del horno	M	m	4/12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Alumbrado de máquinas I.S.	M	m	12/8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Archa de decoración 3	M	m	8/4	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Bombas de agua de casco	M	m	4/12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

CC2	M	m	12/8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
MÁQUINA O SISTEMA	**POSICIÓN**	**FRECUENCIA**	**TURNO**	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**JULIO**	**AGOSTO**	**SEPTIEMBRE**	**OCTUBRE**	**NOVIEMBRE**	**DICIEMBRE**
CC4	M	m	8/4	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Sistema de frita colorante	M	m	4/12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Generador de emergencia caterpillar	M	m	12/8	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Transformador OZ	M	m	8/4	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Compresor de emergencia	M	m	4/12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Sistema del cargador del horno	M	m	12/8	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Nombre del responsable:															
Firma del responsable:															
Cargo:															

BIBLIOGRAFÍA.

[1] NFPA 70 National electric Code ® 2002 Edition

[2] NEMA Standard MG 1-12.34[1].

[3] Robert W. Smeaton, "Motores eléctricos. Selección, mantenimiento y reparación", Schitchgear and Control Handbook.

[4] Comité de normalización de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios, "clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico (# de documento NFR-036-PEMEX-2003)", 17 de mayo de 2003, pag.9 y 35.

[5] Cuaderno Técnico Schneider nº 114,"Los dispositivos residuales de corriente diferencial en BT", pagina 6 a 24.

[6] Simplified Calculation of Fault Currents, AIEE committee Report. AIEEE Transactions vol.67, 1948, pp 1433-35.

[7] Short –Circuit Currents in Low-Voltage Systems, NEMA Committee Report. Ibid, Nov. 1955, pp.276-86.

[8] Extended Regulation Curves for Six-phase-Double way and Double-wye Rectifiers, I. K. Dortort, AIEEE Transactions, vol. 72 Pt. 1 p. 192

[9] Proposed Revisions of USA Standard C37.10, Application Guide for alternating-Current Power Circuit Breakers, AIEEE Committee Report. Ibid, vol. 79, 1960, pp.477-493.

[10] Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Ministerio del

Interior Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia Análisis del riesgo en establecimientos afectados a nivel inferior(En el ámbito del real decreto 1254/1999), 2004, Pág. 11-58 y Pág. 87-106.

[11] Dr. Emilio Lezana García, Curso Superior De Mantenimiento Industrial TMI 10, Quito 4 de Abril del 2008, Pág. 3-101.

[12] Ministerio de salud pública, Manual de procedimientos estandarizados para mantenimiento, Noviembre de 1998.