

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“EVALUACION Y VALORIZACION DE LOS RIESGOS DE
INCENDIO EN INSTALACIONES ELECTRICAS EN LAS
AREAS DE PROCESOS INDUSTRIALES APLICADO EN
LA INDUSTRIA CARTONERA ECUATORIANA”

TESIS DE GRADUACION

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización

Electrónica y Automatización Industrial

Presentado por

Denny Moscoso Solórzano
Roberto Arévalo Alvarado
Juan José Márquez Ramírez

Profesor

Ing. Juan Gallo Galarza

Guayaquil – Ecuador

2008

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser el dador de energía, sabiduría y la paciencia necesaria para vencer con amor las dificultades presentadas.

A nuestros padres, hermanos por su apoyo incondicional.

Al director de Tópico Ing. Juan Gallo.

A las personas que conforman la Industria Cartonera Ecuatoriana por permitirnos desarrollar este proyecto y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para cumplir nuestro objetivo de ser profesionales.

DEDICATORIA

A Dios,
A nuestros padres, hermanos y abuelos,
por ser el pilar fundamental de nuestras vidas.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Holger Cevallos
SUBDECANO DE LA FIEC
PRESIDENTE

Ing. Juan Gallo G.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Alberto Manzur
MIEMBRO PRINCIPAL

Ing. Alberto Larco
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION 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”

Denny Moscoso Solórzano
AUTOR DE TESIS

Roberto Arévalo Alvarado
AUTOR DE TESIS

Juan José Márquez Ramírez
AUTOR DE TESIS

RESUMEN

La Evaluación y Valorización de los riesgos de Incendio en Instalaciones Eléctricas de la planta Industrial Cartonera Ecuatoriana se la realizó por áreas con sus respectivos lugares con el fin de identificar los posibles peligros que llevan a clasificarlos en los diferentes riesgos como eléctrico, ambiente, higiene y seguridad, a los cuales se le determinó el grado de riesgo, aplicando los controles y defensas a utilizar en un tiempo determinado con el fin de disminuir el grado siempre y cuando lo requiera .

El método utilizado para hallar los posibles peligros es la lista de chequeo que es basada en el NEC, Normas Técnicas de Prevención españolas, luego se realiza la valorización mediante la estimación del riesgo en equipos donde intervienen las variables de probabilidad, consecuencia; y el grado de riesgo en personas con sus variables respectivas probabilidad, consecuencia y exposición.

Para el análisis de riesgos de incendio en las instalaciones eléctricas se utiliza el árbol de fallos que trabaja con lógica Booleana, compuesto de un suceso principal y de sucesos intermedios conectados mediante puertas lógicas.

Como suceso principal tenemos el incendio y sucesos intermedios el sobrecarga, arco eléctrico en tableros y cortocircuito, a cada suceso intermedio se le asigna una probabilidad.

Las puertas lógica AND o puerta OR se la utilizan para multiplicar o sumar las probabilidades y así obtener un resultado que nos dará la probabilidad de que ocurra el suceso principal.

También se verifica el estado de las instalaciones eléctricas de la planta realizando los cálculos con sus respectivas fórmulas para comparar con los conductores y protecciones eléctricas instaladas, además se realiza el estudio de cortocircuito para saber si la protección instalada soporta o corta la corriente de falla en los puntos seleccionados en el sistema eléctrico.

El estudio del arco eléctrico parte de las corrientes de cortocircuitos halladas en los puntos de falla que ya en el capítulo correspondiente de la tesis se explicará. Este estudio nos ayuda a determinar el grado de protección que debe tener el equipo personal de trabajo para evitar los contactos directos e

indirectos que pueden producir quemaduras, caídas, golpes y electrocución que podría causar la muerte.

En lo referente a los métodos de análisis de riesgo contra incendio se ha aplicado el riesgo Intrínseco y el Gustav Purt. El método Intrínseco evalúa cada área que se ha clasificado dando como resultado su capacidad calorífica en Mcal/m², el cual se lo clasifica como riesgo bajo, medio y alto, cuyos resultados se los comparan con el Reglamento de Seguridad contra Incendio obteniendo el sistema de protección contra incendio adecuado para cada área evaluada.

El método de Gustav Purt evalúa dos parámetros los cuales son Riesgo del Edificio y Riesgo del Contenido y esos resultados obtenidos se los localiza en un diagrama de medidas que lleva a obtener las medidas de detección y extinción más adecuadas para el riesgo encontrado.

Una vez realizado el estudio con los métodos contra incendio es elaborado un plan de evacuación, en caso de que se produzca el incendio todo el personal debe conocer como actuar y como conducirse por las rutas mas accesibles hacia un punto de encuentro.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGIA.....	IX
INTRODUCCION.....	1

CAPITULO 1

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. Causas de los Riesgos de Explosión y de Incendio.....	3
1.1.1. Chispas o Arcos eléctricos debidas a interruptores, motores,etc.....	4
1.1.1.1. Interruptores y fusibles.....	4
1.1.1.2. Motores Eléctricos.....	7
1.1.1.3. Tableros Eléctricos.....	8
1.1.1.4. Arco Eléctrico.....	11
1.1.1.5 Energía incidente.....	21
1.1.2. Mal dimensionamiento de Conductores.....	23
1.1.2.1 Canalizaciones eléctricas.....	24
1.1.2.2 Conductor Eléctrico.....	25
1.1.3. Cortocircuitos.....	27

1.1.4.	Sobrecargas por medio Ambiente alterado.....	34
1.1.5.	Errores en el puesto de trabajo.....	37
1.1.5.1	Accidentes Eléctricos.....	38
1.1.6.	Electricidad Estática.....	39
1.2.	Grado de Riesgo.....	41
1.2.1	Factores de Riesgos.....	47
1.2.2	Niveles de los riesgos.	51
1.3	Probabilidad De Ocurrencia.....	53

CAPITULO 2

2. FUENTE DE INFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA CARTONERA

	ECUATORIANA (ICE).....	59
2.1.	Áreas de Ocupación y Tipos de construcción de La Industria....	60
2.1.1.	Infraestructura de la Industria.	60
2.2.	Áreas de Trabajo.....	62
2.3	Distribución de Personal de planta de acuerdo al área de trabajo.....	63
2.4	Descripción del proceso.....	65
2.4.1.	Materia Prima, Mezclas Inflamables o Explosivas.....	65
2.4.2.	Identificación de las etapas del proceso.....	68
2.4.2.1	Subestación de Media a Baja Tensión.....	75

2.4.2.2 Equipos de la Línea de Doble Corrugado.....	76
2.4.2.3. Maquinarias Industriales de la línea.....	79
2.4.2.4 Instalaciones Eléctricas y Paneles de Distribución.....	80

CAPITULO 3

3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y VALORIZACIÓN. APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECK LIST) CON MAPEO DE RIESGO, ÁRBOL DE FALLOS, GUSTAV PURT E INTRÍNSECO.....	81
3.1. Criterios a considerar y reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.....	92
3.2. Clasificación de las instalaciones industriales y de almacenamiento en función de su nivel de riesgo intrínseco.....	92
3.3. Factores evaluados.....	98
3.4. Factores generadores y agravantes.	98
3.5. Fundamento de Calculo del Riesgo de Incendio.....	99
3.6. Calculo de Riesgo del Contenido de IR.....	101
3.7. Cálculos de los diferentes factores.....	102
3.8. Diagramas de medidas.....	103

CAPITULO 4

4. FACTORES DE RIESGOS EN INSTALACIONES DE LA INDUSTRIA DE CARTÓN.....	105
4.1. Distribución de Energía.....	105
4.1.1. Paneles de distribución.....	108
4.1.2. Dispositivos de Protección: Fusible y Disyuntor.....	109
4.1.3. Motores de AC y de C.C.....	109
4.2. Corriente de Cortocircuito del sistema.....	111
4.2.1. Método aplicado para el cálculo de cortocircuito.....	111
4.2.2. Sistema de puesta a tierra.....	111
4.3 Efectos de Arco Eléctrico.....	122
4.4. Clasificación de las áreas peligrosas de acuerdo al NEC,NFPA 70E... ..	123
4.4.1. Tipos de zonas, divisiones y clases.....	123

CAPITULO 5

5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS MÉTODOS APLICADOS.....	128
5.1. Análisis de Resultados del Grado de Riesgo.....	128
5.2. Comparación de resultados.....	138
5.3. Aplicación y ajustes de Controles y Defensas.....	141
5.3.1. Seguridad Intrínseca.....	142
5.3.2. Clases de Equipos.....	145

5.3.3. Parámetros.....	145
5.3.4. Lugares.....	146
5.3.5 Elementos y Dispositivos.....	147
5.3.5.1 Clases de Equipos.....	147
5.4. Protección Personal y Primeros Auxilios.....	149
5.5. Equipos de protección personal.....	151
5.6. Herramientas de trabajo.....	154
5.7 Áreas de Trabajo.....	154
5.8. Conocimiento y Capacitación del trabajo a realizar.....	157
5.9. Grado de Consecuencias sobre la salud de los Trabajadores.....	158
5.10. Sistemas de combate contra incendios.....	159
5.11. Clasificación de Incendio.....	160
5.12. Equipos Auxiliares.....	162
5.13. Ubicación de Hidrantes.....	169
5.14 Plan de Evacuación.....	171
CONCLUSIONES.....	175
RECOMENDACIONES.....	179
APENDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

AC	Corriente Alterna
AFO	Análisis Funcional de Operabilidad
AT	Alta Tensión
BT	Baja Tensión
C	Consecuencia
CC	Corriente Continua
CO₂	Dióxido de Carbono
EPP	Equipos de Protección Personal
ER	Estimación del Riesgo
FTA	Árbol de Fallos
I²	Corriente al Cuadrado
ICE	Industria Cartonera Ecuatoriana
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE	Instituto de Electricidad e Ingeniería Electrónica
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
KV	Kilo Voltio
JdB	Juego de Barras
ma	mili-amperios
Mcal/m²	Mega Calorías sobre Metros Cuadrados
MT	Mediana Tensión
MVA	Mega Voltios Amperios
NEC	Código Eléctrico Nacional
NFPA 70E	Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo
NTP	Notas Técnicas de Prevención
NTP600	Normas Técnicas Españolas
PEC	Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad
UNE	Normas Españolas
V_{ac}	Voltaje Alterno
V_{dc}	Voltaje Continuo

SIMBOLOGIA

I_a	Corriente del Arco Eléctrico
I_{cc}	Corriente de Corto Circuito
I_{bf}	Corriente de falla trifásica
IR	Riesgo del Contenido
C_i	Coeficiente Adimensional
COSφ	Factor Potencia
D_c	Distancia en pies desde la persona hasta la fuente del ardo
E_f	Tensión de fase
E_n	Energía Incidente normalizada para tiempo y distancia
ft	Pies
H_i	Poder Calorífico
H_p	Potencia
Hz	Frecuencia
I_{SMCC}	Corriente Simétrica en Centro Control de Motores
I_{AMCC}	Corriente Asimétrica en Centro de Control de Motores
L	Longitud
P	Potencia
Q_p	Carga de Fuego Ponderada
R_m	Resistencia de malla
∑R	Suma de todas las resistencias en serie
S_{cc}	Potencia de Corto Circuito
V	Voltaje
V_s	Voltaje Secundario
V_P	Voltaje Primario
X	Reactancia
∑X	Suma de todas las reactancias en serie
Δ	Conexión Delta
Y	Conexión Estrella
δ_t	Resistividad
U_p	Tensión de Paso
Z_{cc}	Impedancia de Corto Circuito
Z_T	Impedancia del Transformador

INTRODUCCION

El desarrollo de la Evaluación y Valorización de los Riesgos de Incendio en Instalaciones Eléctricas se la realizó en la Industria Cartonera Ecuatoriana, lugar donde se aplicó los métodos de Análisis de riesgos y métodos contra incendio que ayudaron a encontrar los grados de riesgos en las áreas y con sus respectivos lugares dentro de la empresa.

El principal riesgo analizado en la planta industrial es el eléctrico, ya que la electricidad se la puede considerar como una fuente de ignición que sumada a materiales, sustancias combustibles y el oxígeno llega a formar el fuego.

Se ha observado en las instalaciones eléctricas mucho polvo de cartón, formado en capas sobre conductores, motores y tableros eléctricos, lo cual es uno de los temas a tratar en la tesis y las protecciones que deben tener estos equipos sobre este.

Además se verifica el correcto dimensionamiento de los conductores y protecciones eléctricas en las diferentes derivaciones de la línea langston y se desarrolla el estudio de cortocircuito y arco eléctrico en diferentes puntos de las instalaciones eléctricas con el objetivo de seleccionar correctamente el poder de corte de acuerdo a las corrientes de cortocircuito que se presentan en cada punto y el equipo de protección personal apropiado para realizar el

trabajo eléctrico de mantenimiento y de reparación, para así evitar quemaduras o incluso la muerte.

No sólo se ha analizado los riesgos eléctricos si no también los de ambiente, higiene y seguridad basados en el NEC, NFPA 70E, Normas Técnicas de Prevención españolas NTP 333, 567 y 600 lo que ayudó a identificar los riesgos presentes en la planta Industrial Cartonera Ecuatoriana.

Con la utilización de la NTP 36, 599 y 100 se obtuvieron la carga ponderada por cada lugar, dando paso a elegir un sistema de protección pasiva y activa acompañado de un plan de evacuación con las rutas más accesibles hacia el punto de encuentro en caso de producirse el incendio.

CAPITULO 1

1. MARCO TEÓRICO.

En este capítulo se presenta los conceptos teóricos acerca de los dispositivos y equipos de la instalación eléctrica de la Industria Cartonera Ecuatoriana, así como los riesgos eléctricos que se pueden presentar y las consecuencias de estos sobre las personas y bienes de la empresa.

1.1. Causas de los Riesgos de Explosión y de Incendio.

Las principales causas que pueden originar un riesgo de incendio en la Industria Cartonera Ecuatoriana son "

- La acumulación de polvo de cartón sobre las instalaciones eléctricas.
- Fallas eléctricas por sobrecargas y cortocircuito.

Al presentarse estas corrientes de cortocircuito pueden tener tal magnitud que causarían explosiones en los tableros y grandes daños en los equipos eléctricos.

1.1.1. Chispas o Arcos eléctricos debidas a interruptores y motores.

Se puede decir que un arco eléctrico es una descarga de corriente eléctrica a través del aire en los equipos eléctricos con un conductor vivo expuesto a otro o a tierra. El arco eléctrico es peligroso debido a la exposición excesiva de calor y serios daños por quemaduras causadas por una falla en los sistemas eléctricos (1).

1.1.1.1. Interruptores y fusibles.

El arco eléctrico en los interruptores se puede manifestar en las terminales como resultado de un mal contacto, debido a un incorrecto mantenimiento y esto conlleva a imposibilitar el funcionamiento adecuado de la instalación.

Entre los dispositivos de la instalación eléctrica industrial se tiene a las protecciones automáticas y accesorios que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y equipos (motores), como de las personas que han de trabajar con ella.

Las protecciones más empleadas para el cortocircuito y sobrecarga son (2):

- Interruptores automáticos termomagnéticos.
- Fusibles (también llamados cortacircuitos).

▪ ***Interruptores Automáticos Termomagnéticos.***

Estos dispositivos se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, ya que tienen la ventaja de que no hay que reponerlos.

En la instalación eléctrica de la Industria Cartonera Ecuatoriana, utilizan los interruptores tripolares (tres polos) y su capacidad es de acuerdo al circuito de derivación que está protegiendo.

Fusibles o Cortacircuitos.

Al producirse un arco eléctrico el fusible actúa de tal forma que contiene en su interior la explosión, evitando un posible incendio. Los fusibles que son

colocados antes del interruptor termomagnético, tiene como función evitar que la corriente aumente debido a un cortocircuito o sobrecarga, por lo que al calentarse será el primero en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito principalmente el conductor ya no sufre daño alguno pero el personal no está protegido durante el cambio de fusible. Otra disposición y es la que recomendamos es que vaya primero el interruptor y a continuación el fusible porque esta configuración protege al equipo, conductores y además al personal durante el cambio de fusible.

En la siguiente FIGURA 1.1., se muestra uno de los principales tableros que se encuentran en la planta que controla el motor de la flauta que forma el corrugado de cartón de la línea langston.



FIGURA. 1.1. Tablero Eléctrico que comanda un motor de C.C.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

1.1.1.2. Motores Eléctricos.

Los motores eléctricos que se utilizan en la industria que se está analizando, son:

- Motores de Corriente Continua con tipo de conexión excitación separada, donde la armadura se alimenta a 500V, y el campo a 350V.
- Motores de Corriente alterna asíncronos, tipo jaula de Ardilla.

No hay que olvidar que cualesquiera sea el tipo de motor, debe estar ubicado en un lugar apropiado con sus terminales identificadas y ajustadas, con protecciones adecuadas para proteger de cualquier

falla eléctrica que se presente (3).

En la siguiente figura se visualiza un motor de AC, que acciona un elevador de portabobina de la planta Industrial Cartonera Ecuatoriana.



FIGURA 1.2. Elevador de bobina accionado por un motor AC Jaula de Ardilla.

FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

1.1.1.3. TABLEROS ELECTRICOS.

Los tableros eléctricos que tienen en la Industria Cartonera Ecuatoriana son de tipo distribución (incluye barras colectoras), de fuerza y de control (4).

Los *tableros de distribución* son aquellos que suministran energía eléctrica por medio de las barras colectoras y conductores.

Los tableros de Fuerza o también llamados de mando, son aquellos que comanda al equipo o máquina que pueden ser de corriente continua o de corriente alterna mediante dispositivos electrónicos y eléctricos. (5)

En La línea Langston tienen algunos tipos de motores de corriente continua, que son controlados por Convertidores o accionadores AC/DC. Y uno de ellos se muestra en la siguiente FIGURA 1.3.



FIGURA 1.3. Tableros de control de la Línea Langston.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana

Los *tableros de Control*, como su palabra lo indica su función es controlar al motor como sus sentidos de giros, las secuencias de encendido y apagado entre otras funciones. En estos tableros se puede encontrar

dispositivos eléctricos que son alimentados por voltajes de 120Vac y 24 o 12 Vdc.

Existen dos modelos de tableros eléctricos que son: Tableros de pared y Tableros de piso que difieren únicamente en su accesibilidad, donde los de pared están diseñados para ser montados en pared o columna, de manera que son accesibles por el frente. que son los más utilizados en la planta de la Industria Cartonera Ecuatoriana (7).

Mientras que los tableros de piso, están diseñados para ser instalados para montarse por medio de soportes, así permitiendo el acceso ya sea por el frente o por la parte trasera, este es el caso de los tableros de la subestación Langston.



FIGURA 1.4. Tableros de fuerza de la Línea Langston tipo pared y de frente muerto.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

Los tableros eléctricos deben cumplir ciertas normas de instalaciones según el lugar donde vayan a ser instalados, el tipo de carga, los dispositivos de protección y debe estar la señalización de seguridad visible (5).

En el Apéndice A se presenta una lista de chequeo basados en normas eléctrica nacional (NEC) y reglamentos españoles, en cuya lista de verificación se ha anotado ciertos puntos importantes de condiciones de trabajo de los diferentes lugares de la instalación eléctrica de la Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

1.1.1.4. Arco Eléctrico.

El arco eléctrico *es una corriente eléctrica entre dos conductores a través del aire*. El aire en condiciones normales es aislante siempre que no se supere su rigidez dieléctrica. Un arco puede producirse por modificar las condiciones de manera que se supere la rigidez dieléctrica del aire, o como consecuencia de la

maniobra de apertura o cierre de un elemento de interrupción de la corriente eléctrica (1).

El arco eléctrico es peligroso debido a la exposición excesiva de calor que produce serios daños por quemaduras causadas por el arqueo de una falla en los sistemas eléctricos. El arco eléctrico produce también intenso calor, explosiones sonoras y ondas de presión. Por lo tanto se tienen temperaturas extremadamente altas, con un intenso calor radiante que puede quemar la ropa y causar fuego y serias quemaduras en el cuerpo de un operario o mantenedor que pueden ser fatales.

En la siguiente FIGURA 1.5 se muestra el arco eléctrico entre dos terminales y se describen cada consecuencia al ocurrir dicho arco.

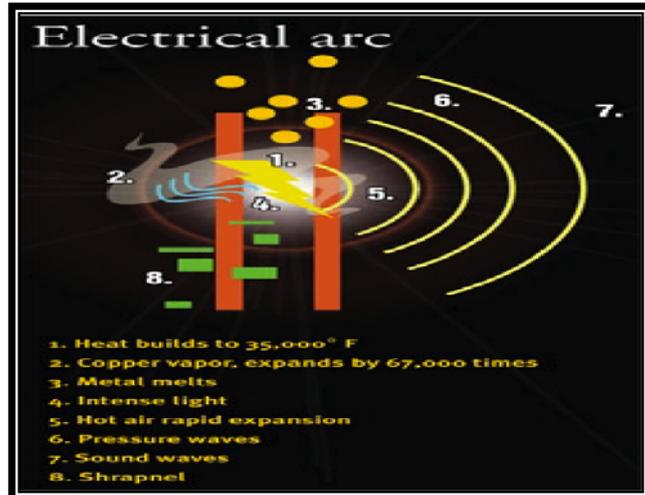


FIGURA 1.5. Características de un Arco Eléctrico
FUENTE: www.alliantenergy.com

Causas para la presencia del arco eléctrico.

El arco puede ser iniciado por las siguientes causas:

1.- Impurezas y Polvo:

Las impurezas y polvo en la superficie del aislamiento pueden proporcionar un camino para la corriente, permitiendo una descarga del arco a través de la superficie. Esto puede desarrollar un mayor arqueo.

2.- Corrosión:

La corrosión de los equipos puede proporcionar impurezas en la superficie del aislamiento. La corrosión también debilita el contacto entre las terminales de los conductores incrementando la

resistencia de contacto a través de la oxidación u alguna otra contaminación corrosiva.

3.- Contactos Accidentales:

El contacto accidental con la exposición de las partes vivas puede iniciar el arco de una falla.

4.- Caída de Herramientas:

La caída accidental de la herramienta puede causar un cortocircuito momentáneo, produciendo chispas e iniciando el arco.

5.- Sobre-Voltajes a través de espacios estrechos:

Cuando el espacio de aire entre conductores de diferentes fases es muy estrecho (debido a la mala calidad o al daño de los conductores), el arco puede ocurrir durante el sobre-voltaje temporal.

Importancia del análisis del arco eléctrico.

El análisis del arco eléctrico tiene como objetivo identificar el límite de protección del arco y la energía incidente en las distancias de trabajo a zonas energizadas, así como también el adecuado equipo de

protección personal (EPP), el cual debe ser del tipo y calidad para proteger todas las partes del cuerpo que estén expuestas al Arco eléctrico. Dicho (EPP) está conformado por ropa resistente a la flama, casco, protector para cara, lentes, guantes y zapatos de seguridad.

Para calcular el arco eléctrico se usa la información disponible de:

NFPA 70 E Y IEEE Standard 1584

Si la distancia entre una persona y los conductores o partes de circuitos energizados expuestos disminuye, la posibilidad de que ocurra un accidente eléctrico se incrementa. Es por esto que la NFPA 70E ha determinado distancias de aproximación a zonas energizadas como se muestra en la siguiente FIGURA 1.6:

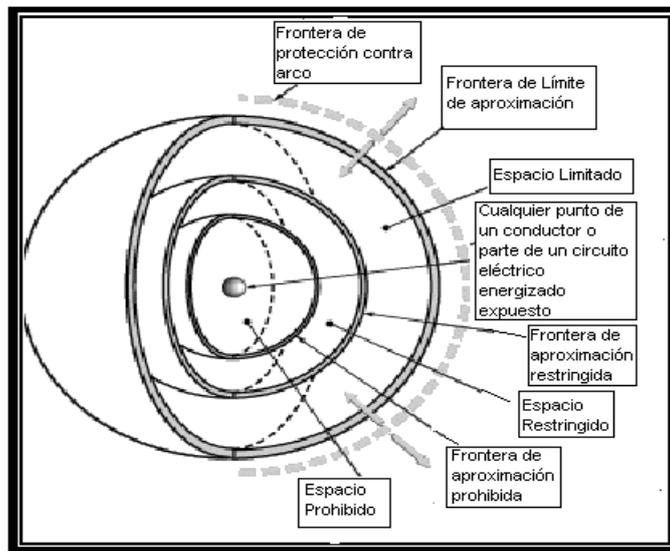


FIGURA 1.6. Frontera de protección del arco eléctrico
FUENTE: NFPA 70E.

De acuerdo a la Figura 1.6 mostrada explicaremos rápidamente en que consisten los diferentes límites de protección contra arco eléctrico, los cuales son (8):

Distancia de Aproximación.

Es la distancia límite donde las lesiones producidas por un arco eléctrico son curables. Si esta frontera es cruzada, la persona debe utilizar el equipo de protección personal (EPP) apropiado.

Limite de aproximación (Limited approach boundary)

A partir de esta distancia el personal debe estar calificado para realizar cualquier tipo de trabajos.

Distancia restringida (Restricted approach boundary)

Al atravesar este límite y entrar al espacio restringido, la persona debe:

- Tener un plan documentado y aprobado por la autoridad de control
- Utilizar el EPP apropiado
- Estar atento a que ninguna parte del cuerpo entre al espacio prohibido
- Reducir el riesgo, evitando movimientos inadvertidos.

Distancia Prohibida (Prohibited approach boundary).

Entrar al espacio prohibido se considera establecer contacto con las partes energizadas.

La siguiente tabla #1 contiene las distancias de aproximación a partes energizadas para protección contra choques eléctricos.

Tensión Nominal del sistema, fase a fase.	Frontera de aproximación limitada		Frontera de aproximación restringida; incluye suma de movimiento inadvertido	Frontera aproximación prohibida
	Conductor móvil expuesto	Parte de circuito fija expuesta		
Menos de 50	No especificado	No especificado	No especificado	No especificado
50 a 300	3.05 m (10 ft 0 in.)	1.07 m (3 ft 6 in.)	Evitar contacto	Evitar contacto
301 a 750	3.05 m (10 ft 0 in.)	1.07 m (3 ft 6 in.)	304.8 mm (1 ft 0 in.)	25.4 mm (0 ft 1 in.)
751 a 15 kV	3.05 m (10 ft 0 in.)	1.53 m (5 ft 0 in.)	660.4 mm (2 ft 2 in.)	177.8 mm (0 ft 7 in.)
15.1 kV a 36 kV	3.05 m (10 ft 0 in.)	1.83 m (6 ft 0 in.)	787.4 mm (2 ft 7 in.)	254 mm (0 ft 10 in.)
36.1 kV a 46 kV	3.05 m (10 ft 0 in.)n.	2.44 m (8 ft 0 in)	838.2 mm(2 ft 9 in.)	431.8 mm (1 ft 5 in.)
46.1 Kv a 72.5 kV	3.05 m (10 ft 0 in.)	2.44 m (8 ft 0 in.)	965 mm (3 ft 3 in.)	635 mm(2 ft 1 in.)
72.6 kV a 121 kV	3.25 m (10 ft 8 in.)	2.44 m (8 ft 0 in)	991 mm (3 ft 2 in.)	812.8 mm (2 ft 8 in.)
138 kV a 145 kV	3.36 m (11 ft 0 in.)	3.05 m (10 ft 0 in.)n.	1.093 m(3 ft 7 in.)	939.8 mm (3 ft 1 in.)
161 kV a 169 kV	3.56 m (11 ft 8 in.)in.	3.56 m (11 ft 8 in.)in.	1.22 m (4 ft 0 in.)	1.07 m (3 ft 6 in.)
230 kV a 242 kV	3.97 m(13 ft 0 in.)	3.97 m(13 ft 0 in.)	1.6 m (5 ft 3 in.)	1.45 m (4 ft 9 in.)
345 kV a 362 kV	4.68 m (15 ft 4 in.)	.68 m (15 ft 4 in.)	2.59 m (8 ft 6 in.)	2.44 m) (8 ft 0 in)
500 kV a 550 kV	5.8 m (19 ft 0 in.)	5.8 m (19 ft 0 in.)	3.43 m (11 ft 3 in.)	2.44 m (10 ft 9 in.)
765 kV a 800 kV	7.24 m (23 ft 9 in.)	7.24 m (23 ft 9 in.)	4.55 m (14 ft 11 in.)	4.4 m (14 ft 5 in.)

TABLA # 1 Fronteras de aproximación entre partes energizadas y empleado
FUENTE: NFPA 70E, Tabla 130.2C

Cálculo de Arco Eléctrico.-

Para el cálculo de arco eléctrico es necesario tener los resultados del estudio de cortocircuito y conocer ciertos valores estandarizados que se muestran a continuación:

Tiempo de operación de los equipos de protección.

La siguiente tabla # 2 muestra los tiempos estandarizados de operación en equipos de protección contra fallas.

Circuit breaker rating and type	Opening time at 60 Hz (cycles)	Opening time (seconds)
Low voltage (molded case) (< 1000 V) (integral trip)	1.5	0.025
Low voltage (insulated case) (< 1000 V) power circuit breaker (integral trip or relay operated)	3.0	0.050
Medium voltage (1-35 kV)	5.0	0.080
Some high voltage (> 35 kV)	8.0	0.130

TABLA # 2 Tiempos estandarizados de operación en protecciones contra fallas.

FUENTE: Tabla de la IEEE std 1584 del 2002.

La tabla # 3 muestra las distancias comunes en equipos y sistemas eléctricos.

Classes of equipment	Typical bus gaps (mm)
15 kV switchgear	152
5 kV switchgear	104
Low-voltage switchgear	32
Low-voltage MCCs and panelboards	25
Cable	13
Other	Not required

TABLA # 3 Clases de Equipos y distancias típicas.
FUENTE: Tabla de la IEEE std 1584 del 2002.

La siguiente tabla # 4 muestra la distancia típica de trabajo según la clase de equipo.

Classes of equipment	Typical working distance ^a (mm)
15 kV switchgear	910
5 kV switchgear	910
Low-voltage switchgear	610
Low-voltage MCCs and panelboards	455
Cable	455
Other	To be determined in field

TABLA # 4 Distancia típica de trabajo según la clase de equipos.
FUENTE: Tabla de la IEEE std 1584 del 2002.

A continuación se muestran las fórmulas que se utilizan para el cálculo de arco eléctrico (9) (10).

Corriente de arco.

La corriente de arco esta dada por la fórmula 1):

$$I_{gl_a} = K + 0.662I_{gl_{br}} + 0.0966V + 0.000526G + 0.5588V(I_{gl_{bf}}) - 0.00304G(I_{gl_{bf}})$$

Donde:

L_g : Logaritmo en base 10

I_a : Corriente de arco en kA

K : 0,153 para configuraciones abiertas y 0.097 para configuraciones cerradas

I_{bf} : Corriente de falla trifásica en kA

V : Tensión del sistema en kV

G : Espacio entre conductores o electrodos en mm.

Para sistemas con tensiones de 1kV o mayores se utilizan la siguiente fórmula 2):

$$I_g I_a = 0.00402 + 0.983 I_g I_{bf}$$

1.1.1.5 Energía incidente

La energía Incidente normalizada viene dada por la fórmula 3):

$$I_g E_n = K_1 + K_2 + 1.081 I_g I_a + 0.0011 G$$

Donde:

E_n : Energía incidente normalizada para tiempo y distancia en J/cm^2)

K_1 : 0,792 para configuraciones abiertas

K_2 : 0.097 para configuraciones cerradas

G : Espacio entre conductores o electrodos en mm

La fórmula de la energía incidente normalizada necesita datos sobre el tipo de configuración y el espacio entre conductores, es decir información sobre

el equipo y su entorno, lo cual sirve para la aplicación de la fórmula de energía incidente (E) que se desea conocer en el punto de falla.

La energía Incidente viene dada por la fórmula 4):

$$E = 4.184C_f E_n \left(\frac{t}{0.2} \right) \left(\frac{610^x}{D^x} \right)$$

Donde:

E: Energía incidente en J/cm²

C_f: Factor de calculo – 1.0 para tensiones superiores a 1kV y 1.5 para tensiones de 1kV o menores

E_n: Energía incidente normalizada en J/cm².

T: Duración del arco en segundos.

D: Distancia entre el posible punto de arco y la persona en mm.

X: Exponente de la distancia.

En la siguiente tabla # 5 se puede seleccionar el valor

X que es el exponente de la distancia y la distancia

entre el posible punto de arco y la persona.

System voltage (kV)	Equipment type	Typical gap between conductors (mm)	Distance x factor
0.208-1	Open air	10-40	2.000
	Switchgear	32	1.473
	MCC and panels	25	1.641
	Cable	13	2.000
>1- 5	Open air	102	2.000
	Switchgear	13-102	0.973
	Cable	13	2.000
>5-15	Open air	13-153	2.000
	Switchgear	153	0.973
	Cable	13	2.000

TABLA # 5 Factor X de acuerdo al equipo y Clase de voltaje
FUENTE: Tabla de la IEEE std 1584 del 2002.

Lo que se ha indicado en esta sección son los pasos que utilizamos para el desarrollo del estudio de Arco Eléctrico. Estos cálculos se presentan con más detalle en el capítulo 4 y en el capítulo 5 el análisis de resultados.

1.1.2 Mal Dimensionamiento de Conductores.

Antes de describir sobre los conductores, se debe indicar una parte importante dentro de la instalación eléctrica que son las canalizaciones.

1.1.2.1 Canalizaciones eléctricas.

Se entiende por canalizaciones eléctricas a la estructura que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener y sostener a los conductores de manera que queden protegidos contra deterioro mecánico.

En la Industria Cartonera Ecuatoriana tienen dos tipos de canalizaciones tales como:

- **Tubo conduit**, es un tipo de tubo (de metal, no metálico o plástico) usado para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones. Pero se debe considerar que los conductores emitirán calor radiado y ese calor se quedara encerrado dentro de la tubería y hay que evitar que se acumule más del límite para evitar un incendio.

- **Charolas soportes tipo escalera de malla o fondo ventilado**, es una unidad o conjunto de unidades, que forman un sistema estructural rígido utilizado para soportar cables.

Los soportes tipo charola para cables deben tener la resistencia y rigidez suficiente para que ofrezcan un soporte adecuado a todos los cables instalados en ellos, y además no deben tener bordes afilados o salientes que puedan dañar las cubiertas o aislamientos de los cables (12). En la siguiente FIGURA 1.7 se indica el tipo de canalización que tienen en la empresa.

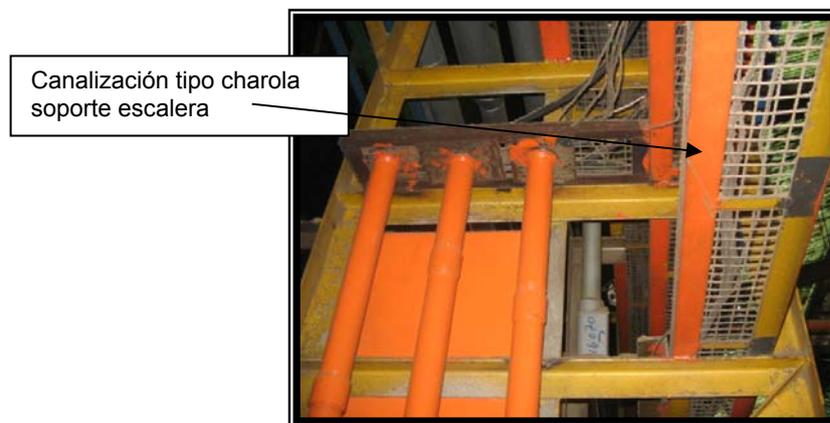


FIGURA 1.7. Charola soporte tipo escalera para conductores
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

1.1.2.2 Conductor Eléctrico

Los conductores eléctricos que forman parte de la instalación eléctrica de la Industria Cartonera Ecuatoriana, son de diferentes secciones y aislamiento. De acuerdo a su tipo de aislamiento pueden ser colocados en lugares secos, mojados y

llegar a soportar temperatura adecuada según el lugar donde esté instalado que es un punto importante de la evaluación que se realizó.

En el lugar analizado de la línea de producción Langston que forma doble pared de corrugado hay la presencia de polvo de cartón que se presenta por el proceso que se desarrolla, lo cual puede provocar un sobrecalentamiento en los conductores que con el paso del tiempo y la acumulación excesiva de este puede llegar a producir un incendio. Un punto fundamental al evaluar y no debe pasar por alto es el factor de agrupamiento que ayuda a evitar un sobrecalentamiento en éstos.

Por lo que ningún conductor debe utilizarse de modo que su temperatura de operación supere la designada para el tipo de conductor aislado al que pertenezca, esto se refiere a su límite térmico (temperatura máxima que resiste el conductor)(13).

1.1.3 Cortocircuitos.

El cortocircuito es una falla perjudicial en una instalación eléctrica pero controlable por las protecciones debidamente seleccionadas con respecto a la corriente de interrupción fijada (15) (16).

Se ha realizado el cálculo de cortocircuito en la instalación eléctrica Industria Cartonera Ecuatoriana, mediante el método de Impedancia, el cual se va a describir las partes importantes que se debe conocer para la aplicación de este método (17).

Cortocircuito Trifásico:

Hay que tener en cuenta que en el cortocircuito trifásico se tiene las corrientes mas elevadas. Ver FIGURA 1.8.

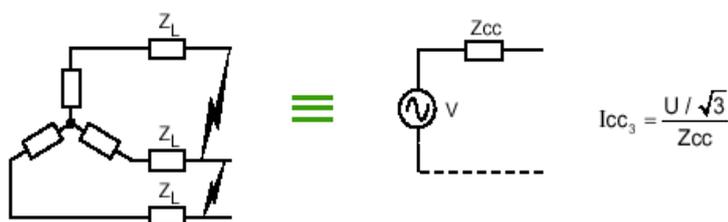


FIGURA 1.8. Cortocircuito trifásico.
FUENTE: Cuaderno Técnico de Schneider # 158.

El cortocircuito trifásico es el que se produce debido a la unión de las tres fases, donde la intensidad de cortocircuito está dada por la fórmula 5):

$$I_{cc_3} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc}}$$

Siendo: **U** la que corresponde a la tensión de vacío del transformador.

El cálculo de la corriente de cortocircuito se reduce entonces a determinar la impedancia **Z_{cc}**, que es equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas) recorridas por **I_{cc}** desde la fuente hasta el punto de defecto, entonces la impedancia está dada por la fórmula 6:

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

Donde: $\sum R$ =Suma de todas las resistencias en serie,

$\sum X$ =Suma de todas las reactancias en serie.

Origen del cortocircuito

Entre los orígenes se tiene:

- Calentamiento excesivo.
- Factores mecánicos.

Calentamiento excesivo como resultado de una corriente excesiva, esto hace que el aislamiento del conductor se deteriore rápidamente, lo que conduce a una falla de aislamiento y el subsiguiente cortocircuito de línea a tierra o de línea a línea.

Factores mecánicos que se debe a la rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales.

Cálculo de las corrientes de cortocircuito.

Para el desarrollo del cálculo de cortocircuito se ha elegido el **método de Impedancias**, el cual permite calcular las corrientes de falla en cualquier punto de una instalación eléctrica con una precisión aceptable a diferencia de los otros métodos.

Método de impedancias.

Este método consiste en sumar separadamente las diferentes **resistencias** y **reactancias** del punto de defecto y con esto obtendremos la impedancia correspondiente, entonces la I_{cc} se obtiene aplicando la fórmula 7 la ley de Ohm: (17)

$$I_{cc} = U_n / \sum(Z)$$

Determinación de las diversas impedancias de cortocircuito.

Impedancias de la red

El conocimiento de la red aguas arriba se limita generalmente a las indicaciones facilitadas por el distribuidor, es decir, únicamente a la potencia de cortocircuito S_{cc} (en MVA) en el punto de conexión a la red.

La impedancia equivalente a la red aguas arriba la podemos ver de la fórmula 8) la cual es:

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

Siendo U la tensión compuesta de la red, en vacío.

La resistencia y la reactancia del circuito aguas arriba se deducen a partir de R_a/Z_a en AT, mediante:

$$R_a/Z_a \gg 0,3 \text{ en } 0,6 \text{ kV,}$$

$$R_a/Z_a \gg 0,2 \text{ en } 20 \text{ kV,}$$

$$R_a/Z_a \gg 0,1 \text{ en } 150 \text{ kV,}$$

Ahora bien:

$$X_a = \sqrt{Z_a^2 - R_a^2}, \quad \text{de donde:}$$

Para 20 kV, se tiene por tanto que:

$$\frac{X_a}{Z_a} = \sqrt{1 - (0,2)^2} = 0,980$$

$$X_a = 0,980 Z_a,$$

y de ahí la aproximación $X_a \approx Z_a$.

Para los transformadores de distribución de MT/BT, las normas (HD 428.1S1) fijan los valores de u_{cc} (FIGURA 1.9).

Es importante destacar que la precisión de estos valores influye directamente en el cálculo de la I_{cc} , puesto que un error de $x\%$ sobre u_{cc} induce a un error del mismo orden ($x\%$) sobre Z_T . Ver FIGURA 1.9.

Potencia del transformador MT/BT (en kVA)	≤ 630	800	1000	1250	1600	2000
Tensión de cortocircuito u_{cc} (en %)	4	4,5	5	5,5	6	7

FIGURA 1.9 Tensión de cortocircuito u_{cc} para transformadores MT/BT
FUENTE: Cuaderno Técnico de Schneider # 158.

En general $R_T \ll X_T$, del orden de 0,2 X_T y la impedancia interna de los transformadores puede asimilarse a la reactancia X_T . Para pequeñas potencias, es necesario el cálculo de Z_T ya que la relación R_T/X_T es mayor. Ver FIGURA 1.10.

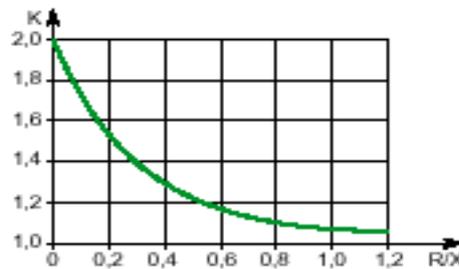


FIGURA 1.10. Comparación del factor K en función de R/X o R/L (CEI 909).
FUENTE: Cuaderno Técnico de Schneider # 158.

Dispositivos eléctricos de protección..

Ciertos aparatos (interruptores automáticos, relés térmicos directos, entre otros.) presentan una impedancia que puede tener su importancia. Por ejemplo: para los interruptores automáticos en BT, es correcto tomar un valor de 0,15 mili ohmios para su reactancia y despreciar la resistencia.

Relaciones entre las impedancias de los diferentes niveles de tensión de una instalación.

La potencia de cortocircuito implica, por definición, que Z_{cc} es invariable, en un punto determinado de la red, cualquiera que sea la tensión.

Y la expresión de la corriente de corto circuito Simétrico (rms) para cada punto de falla, de acuerdo a la fórmula 9

$$I_{cc3} = \frac{U}{1.73 \times Z_{cc}}$$

Contribución de motores al cortocircuito.

Cuando la falla se presenta en cualquier punto instalación eléctrica hay considerar la contribución de los motores porque se comportan como fuentes que aportan temporalmente y alimentan la corriente de cortocircuito hasta que paran. Lo anteriormente descrito puede calcularse con las fórmulas 10, 11 y 12:

Contribución Asimétrica de los motores= 5 X (Inplena a carga)

Contribución Simétrica=(contribución Asimétrica de los motores)/1.25

Corriente Total de Cortocircuito Simétrica(rms)=I_{cc3}+ Contribución simétrica

El desarrollo de este método se encuentra en la sección del apéndice G, donde está detallado paso a paso el cálculo de cortocircuito de las instalaciones eléctricas de la Industria Cartonera Ecuatoriana.

1.1.4 Sobrecargas por medio Ambiente alterado.

Para la evaluación de los riesgos laborales y eléctricos se ha involucrado a las personas con los equipos tomando en cuenta el factor ambiental del lugar de trabajo, donde se tienen diferentes contaminantes como:

- Químicos.
- Físicos.

Químicos: Dentro de este grupo se tiene contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos.

Como un contaminante **sólido** que se presenta en gran cantidad en la Industria Cartonera Ecuatoriana es el polvo de cartón que es un riesgo presente tanto para las personas como para la instalación eléctrica.

En la siguiente figura 1.11 se muestra el polvo que se acumula sobre los conductores de la Línea Langston que se encuentran en la canalización., por lo que este polvo es uno de los factores que pueden originar un calentamiento en los conductores a largo plazo.



FIGURA 1.11. Canalización con polvo sobre los conductores eléctricos.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.(ICE)

Dentro de los contaminantes **gaseosos** se tiene los producidos por la resina Dacrez M la cual es una solución acuosa que es utilizada como aditivo para adhesivos resistentes al agua aplicados sobre papel corrugado, donde esta resina al hacer el preparado con el Novalon emana al ambiente gases que en algunas ocasiones afecta a los operarios.

Como contaminante **líquido** se puede nombrar a las tintas para impresión en maquinas Flexográficas las que deben estar alejadas de las fuentes de calor y en un lugar amplio para evitar daños a la salud. Ver FIGURA 1.12.



FIGURA 1.12. Sección de imprentas (Uso de tintas).
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.(ICE)

Físicos: Dentro de este tipo de contaminante se encuentran el ruido, y vibraciones producidas por las máquinas de la línea, así como también los campos electromagnéticos emitidos por las instalaciones eléctricas como tableros, conductores, motores etc. Observar la FIGURA 1.13.

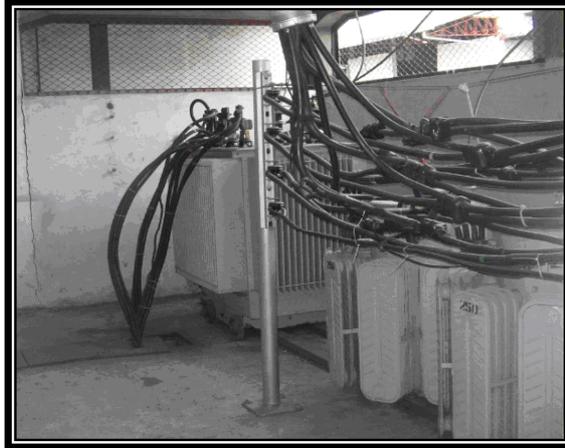


FIGURA 1.13. Subestación Langston de 13.8KV / 460V.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana. (ICE)

En lo que corresponde con lo indicado anteriormente se ha utilizado el NEC sección 500 para identificar la clase o Zona de acuerdo al tipo de lugar de trabajo.

1.1.5. Errores en el puesto de trabajo.

Los errores en el puesto de trabajo se pueden presentar por causa del exceso de la carga física y mental de trabajo, así como también enfermedades y la insatisfacción laboral. Esto ha sido considerado para el desarrollo del método de árbol de fallos y errores, donde se considera los riesgos eléctricos, riesgos de higiene y de medio ambiente. (18).

1.1.5.1 Accidentes Eléctricos.

Para que ocurra un accidente eléctrico debe presentarse la posibilidad de circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano se requiere (19):

- El cuerpo humano sea conductor.
- El cuerpo humano pueda formar parte del circuito.
- Exista una diferencia de tensiones entre dos puntos de contacto.

Dentro de los Factores que condicionan la probabilidad del riesgo eléctrico y sus efectos sobre la salud se encuentran los siguientes (19):

- Intensidad de la corriente.
- Duración del contacto eléctrico.
- Forma de la corriente.
- Tensión aplicada.
- Frecuencia.
- La resistencia eléctrica del cuerpo humano.

Tipos de accidentes eléctricos.

Los accidentes eléctricos se producen por el contacto de una persona con partes activas en tensión. Pueden ser de dos tipos:

- Contactos Eléctricos Indirectos.
- Contactos Eléctricos Directos.

El efecto que producen los accidentes eléctricos sobre el organismo, depende de la Intensidad de la corriente que reciba una persona ya sea hombre o mujer como se muestra en la siguiente tabla # 6,

INTENSIDAD (mA)				EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
c.c.		c.a. (50Hz)		
HOMBRE	MUJER	HOMBRE	MUJER	
1	0.6	0.4	0.3	Ninguna sensación
5.2	3.5	1.1	0.7	Umbral de percepción
76	51	16	10.5	Umbral de intensidad límite
90	80	23	15	Choque doloroso y grave (contracción muscular y dificultad respiratoria)
200	170	50	35	Principio de fibrilación ventricular
1300	1300	1000	1000	Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Corta duración (hasta 0.03 segundos)
500	500	100	100	Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Duración 3 segundos

TABLA # 6 Efectos sobre el organismo de la intensidad.
FUENTE: Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPV.

1.1.6. Electricidad Estática.

La electricidad estática es una fuente de ignición que podría ocasionar un incendio siempre y cuando se tenga en

proximidad una fuente de calor o material inflamable o combustible.

En la planta Industria Cartonera Ecuatoriana en la sección donde se elabora cartón de una sola y de doble pared corrugada, existe éste problema ya que se tiene en la zona de precalentadores y single facer rodillos precalentadores, rodillos corrugadores y rodillos de presión que al hacer contacto con la lámina de papel y al girar los rodillos a una determinada revolución se produce fricción y su consecuente acumulación de carga eléctrica que se presenta como chispa que debe inmediatamente eliminarse a través de unos cepillos giratorios que están conectados a tierra para descargar toda esa energía.

Así mismo se tiene en la línea Langston bandas transportadoras en el puente rápido y el puente lento que originaría el mismo problema. También se tiene una zona de secado y pegado donde existe una banda de arrastre superior, planchas calientes y rodillos tensores, que al hacer contacto con el cartón formado produce la acumulación de carga

estática que igualmente se la elimina a través de unos cepillos giratorios colocados arriba de la banda de arrastre.

En la zona de arrastre se tiene rodillos pisadores, banda de arrastre inferior y unos rodillos tensores los cuales llevan el cartón hacia los tambores de arrastre y de ahí al corte longitudinal y transversal. También se establece una velocidad reducida en los rodillos y bandas para no acumular mucha carga estática.

1.2. Grado de Riesgo.

Antes de entrar al tema de lo que es Grado de Riesgo hay que aclarar ciertos puntos tales como evaluación y minimización del riesgo.

La ***evaluación del riesgo*** ayuda a comprobar si las instalaciones eléctricas y lugares de trabajo son apropiados, para que el trabajador labore en condiciones seguras.

La **evaluación del riesgo** consiste en dos partes (24):

1.- Análisis del Riesgo.

2.- Valorización del Riesgo.

Como resultado de la evaluación, si el riesgo resulta tolerable no se modifica las condiciones del lugar evaluado y en caso contrario se debe corregir aplicando: Minimización o Control de Riesgo

Se analizará cada etapa nombrada anteriormente para tener una idea de lo que se ha aplicado para la evaluación que se ha realizado en las instalaciones de Industria Cartonera Ecuatoriana.

El **Análisis de Riesgos** es un conjunto de parámetros en el que se incluye:

- *Identificación de peligros*, donde se puede usar como herramientas: Análisis históricos de accidentes de trabajo, Observación de las formas y lugar de trabajo (lista de verificación), donde están localizadas las instalaciones eléctricas a evaluar.
- *Estimación de riesgos*, clasificación de los riesgos asociados de acuerdo a los peligros identificados, con su respectivo índice de riesgos (frecuencia y probabilidad de ocurrencia).

En la **Valorización de Riesgos**, se permite determina si los resultados obtenidos son tolerables y caso contrario se toman medidas de control y defensas.

La **Minimización o Control de Riesgo**, consiste en mitigar los riesgos presentes en el lugar de trabajo, ya sea por medio de controles y defensas. Tomando medidas de prevención en el origen, organizativas, de protección colectiva, de protección individual o de formación e información a los trabajadores. Y así controlar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo y el estado de salud de los trabajadores.

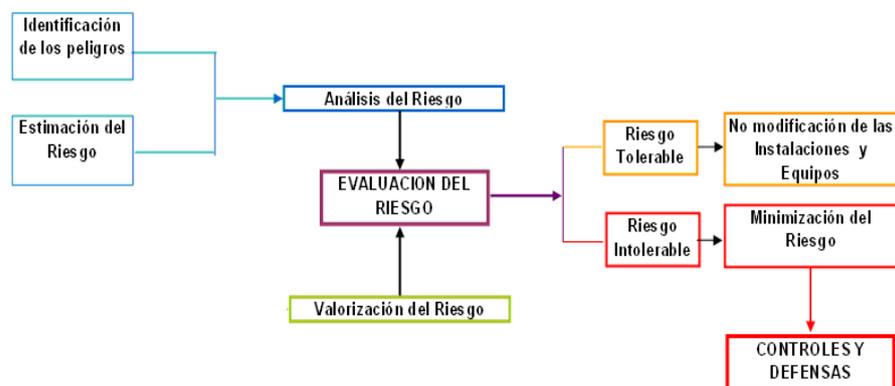


FIGURA 1.14. Diagrama de Gestión de Riesgo (Evaluación y Minimización del Riesgo)
FUENTE: Propia

Lo anterior descrito sobre como evaluar y minimizar el riesgo, es de forma general para cualquier tipo de riesgo que se quiera

evaluar, para el análisis que se realiza es de tipo riesgo eléctrico en baja tensión que puede producir un incendio. Para la evaluación de incendio de una actividad se debe tener presente la identificación de peligros de incendio, el control del fuego y la protección adecuada la diferencia es en el momento de selección de métodos de incendio que se vaya a usar de acuerdo a la actividad de la empresa a analizar

Grado del Riesgo (GR).

El Grado de Riesgo hace referencia el potencial de severidad o consecuencia del daño, la probabilidad de ocurrencia y la exposición a la que está expuesta la persona según su actividad y tiempo de trabajo.

Este GR se mide por medio de las variables:

- La Consecuencia del daño y/o pérdida (C).
- La probabilidad de Ocurrencia. (P)
- La frecuencia de presencia o exposición.(E)

Después de conocer las variables, entonces la fórmula 13 del Grado de Riesgo quedaría:

$$GR= CXPXE \quad (13)$$

En las tablas siguientes se muestra los valores para estimar los niveles de riesgo eléctrico ya sea en el caso de personas o equipos y su probabilidad estimada con sus consecuencias respectivas

ESTIMACIÓN DE RIESGOS ELECTRICOS/ AMBIENTE/ HIGIENE Y SEGURIDAD.

ESTIMACIÓN DE RIESGO EN PERSONAS

P \ C	1	3	5	8	10
1	1	3	5	8	10
2	2	6	10	16	20
3	3	9	15	24	30
4	4	12	20	32	40
6	6	18	30	48	60
10	10	30	50	80	100

TABLA # 7 Estimación de Riesgos en personas.
FUENTE: Propia

ESTIMACIÓN DE RIESGO EN EQUIPOS

P \ C	1	3	4	5	8	10
1	1	3	4	5	8	10
2	2	6	8	10	16	20
3	3	9	12	15	24	30
4	4	12	16	20	32	40
6	6	18	24	30	48	60
10	10	30	40	50	80	100

TABLA # 8. Estimación de Riesgos en Equipos.
FUENTE: Propia

De acuerdo al nivel de estimación de riesgo encontrado se lo puede clasificar de acuerdo a la tabla # 9:

ER > 40	Muy Alto
$30 < \mathbf{ER} \leq 40$	Alto.
$20 < \mathbf{ER} \leq 30$	Moderado.
$10 < \mathbf{ER} \leq 20$	Bajo.
ER ≤ 10	Muy Bajo.

TABLA # 9 Clasificación del Riesgo.
FUENTE: Propia

RIESGOS DE AMBIENTE / HIGIENE Y SEGURIDAD

GRADO DE RIESGO EN PERSONAS

P \ C	2	5	7	10	EXP
1	2	5	7	10	1
2	12	30	42	60	3
3	30	75	105	150	5
4	56	140	196	280	7
6	96	240	336	480	8
10	200	500	700	1000	10

Tabla # 10. Grado de Riesgo de Ambiente, higiene y Seguridad en personas.
Fuente: Propia

Entonces el Grado de Riesgo tiene la siguiente clasificación:

GR > 280	Muy Alto
$150 < \mathbf{GR} \leq 280$	Alto.
$60 < \mathbf{GR} \leq 150$	Moderado.
$10 < \mathbf{GR} \leq 60$	Bajo.
GR ≤ 10	Muy Bajo.

Tabla # 11 Clasificación de Riesgos.
Fuente: Propia

1.2.1 Factores de Riesgos.

Para identificar los factores que originan los Riesgos eléctricos que pueden producir un Incendio hay que considerar ciertos riesgos que van relacionados de una forma indirecta a las personas como es el Riesgo de Higiene/Seguridad y de Ambiente de Trabajo.

Factores que aumentan la posibilidad del riesgo.

La lista que se dará a conocer a continuación ayudará a reconocer los factores que influyen para que se produzca los riesgos mencionados, pero antes una pequeña definición de lo que significa cada riesgo:

Riesgo Eléctrico, es aquel que puede ser producido por cualquier tipo de operación en instalaciones eléctricas y/o con equipos y aparatos de baja, media y alta tensión, como pueden ser operaciones de montaje o mantenimiento, experimentación con aparatos e instalaciones eléctricas.

Factores que originan la presencia del Riesgo Eléctrico

- ✓ Técnicos eléctricos sin experiencia o nuevos.
- ✓ Tiempo excesivo de las horas de trabajo.
- ✓ Apuro en la realización de algún trabajo en particular.
- ✓ No poner la debida atención al trabajo que se esta haciendo.
- ✓ Descuido en el uso de los equipos de protección personal.
- ✓ No ordenamiento de las acciones operativas.
- ✓ Fallos en los componentes de las instalaciones y de las máquinas, así como en los dispositivos de protección.
- ✓ Falta de herramientas apropiadas para el trabajo.

Riesgo de Higiene y Seguridad de Trabajo, se puede definir como el riesgo que se presenta al realizar un trabajo en condiciones no adecuadas (lugar, EPP), que puede influenciar sobre la salud de la persona al estar expuesto a un proceso industrial por un cierto tiempo, en donde intervienen presencia de sustancias químicas tóxicas o elevaciones de niveles de ruido, presencias de radiaciones y condiciones externas de humedad, temperatura, etc.

Factores que originan la presencia del Riesgo de Higiene:

- ✓ *Contacto con sustancias químicas como tinta flexográfica, bórax, almidón, resina acrílica, etc.*
- ✓ *Inhalación constante de polvo de cartón que hay en el ambiente.*
- ✓ *Ruido.*
- ✓ *Temperaturas altas que producen estrés térmico.*
- ✓ *Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos (características personales o estado biológico).*
- ✓ *Frecuencia de exposición alta.*

Factores que originan la presencia del Riesgo de Seguridad de Trabajo:

- ✓ *Resbalón o tropezón de una persona desde una altura determinada.*
- ✓ *Atrapamiento por algún elemento.*
- ✓ *Pisar un objeto cortante*
- ✓ *Proyección de partículas en fragmentos (vidrio, metal o plástico).*

Riesgo de Ambiente de Trabajo, se puede definir su origen como la presencia de aspectos de orden y limpieza no adecuados del puesto de trabajo que tiene el trabajador, lo cual puede traer consecuencias no deseadas para el mismo.

Factores que originan la presencia del Riesgo de Ambiente de Trabajo:

- ✓ *Falta de iluminación en los puestos de trabajo.*
- ✓ *Obstrucción del lugar de trabajo por objeto o maquina.*
- ✓ *Aspecto y limpieza del puesto de trabajo inadecuado.*
- ✓ *Falta de ventilación.*

La identificación de peligros en la planta Industria Cartonera Ecuatoriana que se ha llevado a cabo se basa en las listas de verificaciones evaluadas por áreas y lugares, las cuales nos ha ayudado a clasificar en diferentes riesgos como ya nombrados, donde una vez clasificado se realiza la valorización con ayuda de las tablas que se ha elaborado.

1.2.2 Niveles de los riesgos.

Para poder clasificar el riesgo por niveles hay que conocer qué es la valoración de riesgos por lo que se describe a continuación (26):

Valoración de Riesgos

Es necesario valorar la probabilidad de los elementos peligrosos identificados que producirían en los trabajadores un daño (accidente, enfermedad etc.), así como su gravedad en las condiciones en que se utilizan habitualmente en la empresa.

Con lo que se menciona a continuación se puede realizar la valoración que está basada en requisitos y recomendaciones existentes:

- Requisitos legales, niveles de exposición a riesgo de Higiene y Seguridad.
- Normas UNE, normas internacionales y/o de distintos sectores industriales, en nuestro caso la actividad de elaboración de cajas de cartón.

- Correcto uso y mantenimiento de los sistemas de control que existan (sistemas de ventilación o extracción, equipos de protección individual, entre otros.).
- Guías de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Acciones y temporización de acuerdo al riesgo presente.

En la tabla # 14 se indica los niveles de riesgos que se pueden presentar y así decidir si estos requieren mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos.

RIESGO	ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN
MUY BAJO	Puede omitirse la corrección.
BAJO	Se requiere inspecciones periódicas , en caso que no se mantenga la eficacia de las medidas de control debe corregirse(1 mes).
MODERADO	Es necesario corregirlo cuánto antes (1semana) para reducir el riesgo, porque puede traer consecuencias dañinas.
ALTO	Es preciso corregirlo inmediatamente. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando debe remediarse el problema en un tiempo inferior (1 día) al el riesgo moderado.
MUY ALTO	Es preciso paralizar la actividad y los trabajos, y no debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo.

TABLA # 12. Toma de decisiones de acuerdo a la severidad del riesgo.
FUENTE: Instituto Nacional de Higiene y Seguridad En el Trabajo.

1.3 Probabilidad De Ocurrencia

La Probabilidad de Ocurrencia, se refiere a que un accidente se materialice cuando se está expuesto al riesgo, por lo cual se ha elaborado una tabla donde se incluyen riesgos con su respectiva clasificación y valorización, no es solamente la única variable que interviene en la Estimación y Grado de Riesgo, también se considera la Consecuencia, y Exposición.

A continuación se describe abreviadamente las variables que intervienen ya sea para la Estimación del Riesgo (ER) o la Gravedad del Riesgo (GR).

En el caso de Riesgos Eléctricos se aplicará la ER para la evaluación de la Industria Cartonera Ecuatoriana para personas y equipos, mientras para los Riesgos de Higiene y Seguridad, de Ambiente de trabajo se les aplica el GR.

La Consecuencia o Severidad del daño, hace referencia a los diferentes niveles de gravedad de las lesiones derivadas del accidente en la que se puede materializar el riesgo estableciendo una clasificación y valorización, para lo cual se ha elaborado las

tablas #13, #14, #15, donde están clasificadas de acuerdo al tipo de riesgo ya anteriormente nombrado.

Para la elaboración de la siguiente tabla # 16 se ha considerado la experiencia y colaboración de los trabajadores del lugar a evaluar de la planta industrial. Los factores que influyen en la probabilidad de ocurrencia son: *Frecuencia de las acciones y su duración* basadas en algunos textos que son indicados en la bibliografía.

Exposición al daño, se refiere a la frecuencia con la que ocurre la situación del riesgo de accidente estableciéndolo en la tabla # 17

Entonces tenemos las siguientes tablas:

RIESGOS ELECTRICOS

CONSECUENCIAS EN PERSONAS		
TIPO	VALOR	DESCRIPCIÓN
ALTA	10	Puede causar la muerte o invalidez permanente (Electrocución por contacto directo: paro respiratorio, paro cardíaco, fibrilación ventricular y caídas de altura).
	8	Puede causar lesiones graves (Quemaduras de segundo grado, pérdida de algún miembro del cuerpo y pérdida de algún sentido como la vista, auditivo, entre otros).
MEDIA	5	Puede causar incapacidades transitorias (Fracturas, quemaduras de primer grado).
BAJA	3	Puede causar lesiones leves (Golpes, cosquillo por contacto indirecto).
	1	Puede causar lesiones sin consideración (Rasguños, resbalón).

TABLA # 13 Consecuencias en personas. Riesgos Eléctricos.

FUENTE: Propia

CONSECUENCIAS EN EQUIPOS ELÉCTRICOS

TIPO	VALOR	DESCRIPCIÓN
ALTA	10	Incendio por Cortocircuitos o Arco Eléctrico.
	8	Grandes daños con pérdidas de Máquinas y Equipos Eléctrico por sobrecarga.
MEDIA	5	Daños considerables en Equipos Eléctricos por Cortes de Energía causados por alguna falla eléctrica.
	4	Daños muy leves, por calentamiento anormal de Conductores Eléctricos causados por mal dimensionamiento del conductor o por mala selección de protecciones eléctricas.
BAJA	3	Daños leves , radiaciones eléctricas entre equipos eléctricos. Corte de energía eléctrica por la empresa suministradora.
	1	No hay daños.

TABLA #14 Consecuencias en Equipos Eléctricos. Riesgo Eléctrico
FUENTE: Propia

RIESGOS DE AMBIENTE / HIGIENE Y SEGURIDAD

CONSECUENCIAS EN PERSONAS

TIPO	VALOR	DESCRIPCIÓN
ALTA	10	Accidente Catastrófico (Incendio, atropello).
MEDIA	7	Accidentes Graves (Caídas a diferente nivel, derrame de sustancias químicas sobre el cuerpo)
	5	Accidentes Importantes (Asfixia o enfermedades respiratoria, alergias en la piel, quemaduras, pérdida auditiva).
BAJA	2	Accidentes leves (Resbalones, rasguños, atrapamientos).

TABLA # 15 Consecuencia en personas. Riesgos de Ambiente/ Higiene y Seguridad.
FUENTE: Propia.

RIESGOS ELECTRICO / DE AMBIENTE / HIGIENE Y SEGURIDAD

PROBABILIDAD

TIPO	VALOR	DESCRIPCIÓN
ALTA	10	Es muy probable y esperado que se produzca.
	6	Es probable que se produzca en un corto período de tiempo .
MEDIA	4	Es probable que se produzca a medio plazo
	3	Es posible que se llegue a producir.
BAJA	2	Es remoto pero concebible.
	1	Es improbable que se llegue a producir.

TABLA # 16. Probabilidad de Riesgos Eléctrico, Ambiente, Higiene y Seguridad.

FUENTE: Propia

RIESGOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD

EXPOSICIÓN PARA PERSONAS

TIPO	VALOR	DESCRIPCIÓN
ALTA	10	Continuamente (muchas veces al día).
	8	Frecuentemente (algunas veces al día).
MEDIA	5	Irregularmente (una vez al año).
BAJA	3	Raramente que ocurra (alguna vez en varios años).
	1	No ocurre pero no se descarta.

TABLA # 17. Exposición de Riesgos de Higiene y Limpieza.

FUENTE: Propia

Estimación del riesgo.

Para cada peligro detectado debe estimarse el riesgo, mediante dos variables de acuerdo a la fórmula 14):

- La Consecuencia o severidad del daño (C) y
- La probabilidad de que ocurra el hecho (P).

$$ER = C \times P \quad (14)$$

Después de haber indicado las variables, factores que intervienen en una valorización, se puede decir que la evaluación de riesgos es el punto de partida de la acción preventiva de una empresa y no es un fin en si misma, sino un medio, con el objetivo último de prevenir los riesgos, siendo prioritario actuar antes de que aparezcan las consecuencias.

Teniendo un conocimiento más claro en que consiste una evaluación no se debe olvidar de los métodos de análisis de riesgo que son herramientas básicas para la evaluación de riesgos en las empresas, y hay un sin numero de estos métodos, pero se podría decir que están clasificados de acuerdo a la necesidad o tipo de peligro que se quiere evaluar. Para el caso que se analiza se usará

métodos específicos de análisis de riesgo o sistemas técnicos junto con métodos de aplicación de riesgo de incendio el cual es el tema que se va a tratar en el capítulo 3.

CAPITULO 2

2. FUENTE DE INFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA CARTONERA ECUATORIANA (ICE).

Se considera la primera fábrica en producir embalaje de **cartón corrugado en el Ecuador**, donde el 85% de la producción está destinada al mercado bananero y el 15% al mercado doméstico.

La caja de cartón corrugado revolucionó el sistema de empaquetaduras y protección al producto, antes de su existencia todos los productos eran empaquetados especialmente en cajas de madera, barriles, contenedores para el área de su industrialización de producción. Al hacer la caja de cartón corrugado el comercio se volvió más ágil debido a que por su fabricación en serie podría cubrir las grandes demandas de productos requeridos por la industria.

2.1. Áreas de Ocupación y Tipos de construcción de la Industria

2.1.1. Infraestructura de la Industria.

El tipo de construcción de la empresa esta distribuido de acuerdo al área de ocupación.

- ***La recepción de materia prima***, es la correspondiente a la bodega de papel Kraft médium, es de construcción tipo metal clad, con techo y paredes steel panel y piso de cemento.

- ***El área de mantenimiento***, es de construcción de techo de eternit con estructura metálica, paredes de bloque, piso de cemento, puertas metálicas enrollables, ventanas de malla metálica.

- ***El área de proceso***, es de construcción tipo metal clad, con techo y paredes steel panel, piso de cemento, acceso las 24 horas.

- ***El área de bodega de materiales y materias primas***, compuesta por paredes de bloques, piso de cemento y techo de eternit con estructura metálica.

- ***El área de bodegas de productos terminados,*** compuesta por paredes de bloques, piso de cemento y techo de eternit con estructura metálica.

- ***El área donde se encuentran las calderas, compresores y la subestación eléctrica,*** está conformada por paredes de bloques, techo de eternit, puerta de mallas.

- ***El área de talleres de soldadura, y automotriz – carpintería,*** conformada por techo de eternit con estructura metálica, paredes de bloque, piso de cemento, puertas metálicas enrollables, ventanas de malla metálica.

- ***El área de Recursos Humanos, Comedor, Fotomecánica y montaje de clisé, sala de conferencia, departamento de diseño, departamento de troqueles, departamento de muestras,*** tienen construcción tipo resistente al fuego, es decir techo de eternit, cielo raso de fibrolit, paredes de cemento, piso de baldosas, puertas de madera, ventanas de vidrio con marco de aluminio.

2.2. Áreas de Trabajo.

La planta industrial esta conformada por:

1. **Líneas de producción**, en la cual se elaboran láminas de cartón corrugado de pared simple y doble llamadas respectivamente línea S&S y línea Langston.
2. **Líneas de Imprentas**, que elaboran cajas de uso doméstico, uso para frutas principalmente para banano.
3. **Zonas de Almacenamiento de bobinas Liner y bobinas Médium**. Las bobinas liner pueden estar a la intemperie, mientras que las bobinas médium deben estar bajo cubierta en galpón, porque la humedad hace que el papel se expanda y al pasarlo por la máquina se rompa.
4. **Zona de Aditamento**, a esta sección llegan los desperdicios del cartón de la planta y luego pasan por un triturador que los convierten en residuos de cartón y luego pasan a formar pacas. También en este lugar se elaboran las piezas interiores o ranura de los lotes que tienen forma de cuadrados o separadores de gajos de bananos.
5. **Zona de preparación del almidón**, en este lugar se prepara el almidón y luego de su preparación pasa a unos tanques de almacenamiento, donde estos proporcionan almidón a los tanques dosificadores.

6. Tanques dosificadores, son aquellos que distribuyen almidón mezclado con resina a los rodillos engomadores y además reciben el almidón sobrante que se encuentra en las bandejas de cada flauta para nuevamente mezclarse.

7. Departamento Administrativo de Planta, donde están ubicadas las oficinas de Gerente de Planta, de Control de Calidad y planificación.

Lugares que rodean a la planta industrial son los siguientes:

- Departamento de mantenimiento Eléctrico y Mecánico.
- Bodegas de materiales.
- Depósitos de tintas.
- Bodegas de productos terminados.
- Departamento de despacho de producto terminado.

En el Apéndice B, se tiene la FIGURA 2.1 se muestran las diferentes áreas de trabajo de la Industria Cartonera Ecuatoriana.

2.3 Distribución de personal de planta de acuerdo al área de trabajo.

En la tabla # 18 y tabla # 19 se muestra el número de personas por turno que trabajan en la Industria Cartonera Ecuatoriana.

Números de personas por cada turno de acuerdo al área de trabajo.	
Corrugadora Langston	11
Corrugadora S&S	9
Imprenta United 1	16
Imprenta United 2	16
Imprenta United 3	10
WARD	11
Hooper S.	12
IMP. S&S	8
Aditamento	8
Papelera 1	7
Papelera 2	7
TOTAL	115

TABLA # 18. Números de personas por el área de trabajo.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

PERSONAL VARIOS	
Montacargas	3
Almidonero	1
Anotador	1
Tintero	1
Embalaje triturador	4
Planta de Tratamiento	1
TOTAL	11

TABLA. # 19. Números de personas por el área de trabajo.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

2.4. Descripción del proceso.

Antes de describir las etapas del proceso de la línea de Doble Corrugado (Langston) hay que conocer los componentes que utilizan para conformar la caja de cartón.

2.4.1. Materia Prima, Mezclas Inflamables o Explosivas.

Las principales materias primas para la producción del cartón corrugado son:

- **El Papel**

Se trabaja con dos tipos de papel, tipo liner y Médium. El papel liner que puede ser blanco o Kraft, que son 100% importados.

El médium es nacional, su principal proveedor es Papelera Nacional S.A.

- **El Novalón.**

El Novalón es un almidón precocinado especial, y de alto rendimiento fabricado con almidones, derivados del maíz, cuya presentación es en polvo blanco. Se lo usa para reducir el consumo de adhesivo, también sirve para mejorar la calidad de pegado, para desarrollar altos niveles de resistencia al

agua, cuando es utilizado con resinas especiales tales como Dacrez.

- **Almidón Roquette.**

Es un almidón perla que se lo mezcla con el bórax y otros adhesivos, para obtener un almidón de mejor calidad.

- **La Resina Dacrez M.**

Es una solución acuosa termofijable de acetona-aldehído de color transparente ámbar, usada como aditivo resistente al agua aplicada sobre papel corrugado.

- **El Bórax.**

Es un solvente en polvo utilizado para preparar el almidón y que es obtenido del maíz vegetal.

- **La Tinta.**

Son de tipo Hidroflex o tinta flexo-agua cuyos ingredientes son los pigmentos, resinas acrílicas, aditivos y agua, cuyo

contacto prolongado puede causar irritación a los ojos y a la piel.

- **Soda Cáustica.** Es un adhesivo que sirve para disolver el almidón precocinado.

En las siguientes figuras 2.2, 2.3, 2.4, se muestra la materia prima y algunos de los componentes que se usan para elaborar la caja de cartón.



FIGURA 2.2. Bobinas Liner colocadas en el patio de ICE.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).



FIGURA 2.3. Lugar de Preparación del almidón.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).



FIGURA 2.4. Tanques que contienen a la Tinta. (Imprenta)
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

2.4.2. Identificación de las etapas del proceso.

El proceso esta conformado por varias etapas, las cuales son las siguientes:

- 1)** Comienza con la selección de la bobina de papel, por su gramaje y dependiendo de las especificaciones de la caja que se vaya elaborar. Las bobinas son extraídas de las bodegas de almacenamiento por medio del montacargas. Luego una vez de haber identificado las bobinas que se van a usar, se las coloca y empalma al sistema de la línea del elevador de bobina.

2) Luego de estar colocadas en la porta bobina, el papel es pasado por los precalentadores, estos tienen una temperatura aproximadamente de 170°C a 180 °C. La función de los precalentadores es quitarle la humedad al papel y que llegue a una temperatura aproximadamente de 90°C a 100°C, para que el pegado sea óptimo. Si el papel supera la temperatura indicada, corre el riesgo de que el almidón se cristalice y no se adhiera al papel, es decir se hace un pegado falso, lo que va a provocar un deslaminado. Los operadores controlan la temperatura del papel por medio de un pirómetro, porque la temperatura es uno de los factores principales para la correcta elaboración de la lámina de cartón.

3) Después de que las láminas de papel liner y médium llegan a la temperatura adecuada, ellos ingresan por cada lado de la flauta C, pasan el papel por el rodillo de presión que se encuentra a 182°C , luego por los rodillos gemelos que se encuentra a 190°C, luego por el rodillo engomador que se encuentra entre 40°C a 42°C y este junto con el rodillo corrugador unen a las dos capas de papel por medio de unos dedos , una es lámina de papel medium en forma de ondulado y la otra lamina de papel liner, así forman una pared simple .

Este mismo proceso de la flauta C se repite a la vez para la flauta B.

4) Después de que la lámina de la pared simple sale de la flauta B, pasa por el puente lento y luego se dirige al precalentador triples junto con la pared simple de la flauta C y además también ingresa una lámina de papel liner para así poder formar la lámina de cartón corrugado de doble pared.

5) La lámina de papel corrugado de doble pared es aquella que esta conformada por la primera capa de liner, luego por la lámina corrugada que es de papel médium y luego por el papel liner, nuevamente se coloca el médium corrugado y finalmente liner es decir son 5 capas de láminas de papel que se usa para formar la pared de doble corrugado y no hay que olvidar que el precalentador prepara las láminas de papel a una temperatura indicada, para así poder realizar el pegado adecuado entre ellas.

6) Después que sale del precalentador triples, se dirigen al Engomador o Doble Backer, en donde la función de este es engomar y unir a las láminas de papel anteriormente

mencionadas para así poder formar la lámina de cartón de doble corrugado.

7) Una vez que se obtiene la lámina de cartón de doble corrugado o de doble pared, este se dirige a la zona de secado o también llamada zona de arrastre, donde permite que el almidón se adhiere a las láminas provocando la unión adecuada de estas capas.

8) De esta zona de secado pasa por la zona de la cuchilla Triplex, la que me hace el corte transversal.

9) De la Zona de la cuchilla Tipler, se dirige a la zona de rayado, donde a la lámina de cartón se le hacen los respectivos dobleces tanto longitudinal como transversal, a través de unas cuchillas, las mismas que son calibradas para cumplir las medidas que solicita el cliente.

10) Luego de las medidas de los dobleces transversal y longitudinal se obtienen las láminas de cartón las que se van a los apiladores automático o manual y de aquí obtenemos el

producto semielaborado, el cual pasa a las imprentas. Para una comprensión detallada, en la parte de apéndice E, se encuentra una representación gráfica del proceso del producto semielaborado que se realiza en esta línea langston.

11) Una vez obtenido el producto semielaborado, es decir la lámina de cartón corrugado, esta es llevada de los pallets hacia la sección de imprentas. Aquí comienza otro ciclo pero a la vez la continuación del proceso de lámina de cartón de doble pared corrugado hasta tener el producto terminado.

En la ***sección de imprentas***, se revisa la condición de las láminas, se apila láminas en la alimentadora y estas son empujadas al rodillo alimentador.

12) Después de ser empujadas las láminas al rodillo alimentador, estas se dirigen hacia el cuerpo(s) impresor(es). La cantidad de cuerpos de impresión depende de los colores de la caja, es decir cada cuerpo impresor representa un color. Normalmente se usa en las cajas un color o dos colores para

las letras y logotipos. En el cuerpo impresor la tinta es recirculada, luego al pasar la lámina se forma la impresión.

13) A continuación pasan al cuerpo rayador y dotador, donde se realiza los cortes de los extremos (exceso).

14) Como etapa siguiente la lámina de cartón corrugado pasa al cuerpo troquelador, donde su función es realizar perforaciones para agarraderas y ventilación.

15) Después de pasar por el cuerpo troquelador, continúa a la sección de engomado y doblado. En esta sección no solo se adhiere la goma, sino también se verifica si hay descuadres y el cumplimiento de todas las medidas de la caja solicitada.

16) Luego de haber pasado por la sección de engomado y doblado, las láminas son transportadas por el tren de avance hacia la cortadora. Las láminas son cortadas y a la vez verificadas las condiciones de las cajas.

17) Como etapa final se forman bultos con las cajas, se embalan los bultos y son ubicados en pallets. Se paletizan los bultos y se los llevan a las bodegas de almacenamientos de productos terminados.

Observar la FIGURA 2.5 el producto terminado, la cual es la caja ya armada que se muestra a continuación.



FIGURA 2.5. Caja de Banano tipo Calixto.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

Se ha colocado en el apéndice C la siguiente FIGURA 2.6 donde se muestra el diagrama de bloque de las etapas del proceso.

2.4.2.1 Subestación de Media a Baja Tensión.

La subestación principal que se encarga de la distribución de energía de media tensión, se encuentra ubicada a la entrada de la industria. Esta subestación tiene un transformador trifásico de potencia de 3.75 MVA que transforma de 69 kV a 13.8KV de tipo intemperie, para luego con este voltaje distribuirlo a las tres subestaciones que son mencionadas en el capítulo 4

- Subestación que está conformada por un banco de transformadores monofásicos de 3X250KVA que alimenta a la línea corrugadora langston, tablero de alumbrado de S&S, alumbrado de muelle y tablero de planificación, despacho. y además de un transformador trifásico de 1000KVA con tensiones de 13.8 KV/480 V. Para el análisis eléctrico se considera solamente lo que corresponde a la línea langston (derivaciones 1,2, 3).

- Subestación Caldero, esta conformada por un banco de transformadores monofásicos cuya capacidad es de 3x167KVA con tensión de 13.8 KV/480 V.
- Subestación de Administración, está conformada por un Banco transformadores monofásicos, cuya capacidad 3x50KVA con tensión de 13.8 KV/480/240V.

2.4.2.2 Equipos de la Línea de Doble Corrugado.

Se indican brevemente los equipos que contiene la línea de doble corrugado o Langston:

- **Elevadores de Bobina o Portabobina**, son portadores de bobinas y al comienzo de la línea langston hay 10 de ellos.
- **Acondicionadores**, son los que sirven como puente entre el elevador de bobina y el precalentador.

- **Puente Rápido o Banda Sanduche,** Es la sección donde se recibe una sola pared que sale de la sección flauta C” o “B”.
- **Puente lento,** es el que transporta la lámina de papel con un lámina de corrugado al precalentador triples.
- **Precalentadores,** son los que se encargan de dar la temperatura adecuada al papel. Existen dos a lo largo de la línea langston.
- **Flautas C y B,** Son las que se encargan de dar al papel el ondulado deseado. Está compuesta de algunos cilindros y adicional tiene una bandeja de almidón que hace que se una la pared del papel liner con el ondulado médium.
- **Bandeja de almidón,** esta ubicada debajo de los precalentadores de cada una de las flautas. Su función es recoger el almidón que se derrama del rodillo engomador y recircularlo hacia los tanques dosificadores.
- **Tanques dosificadores,** son tanques donde se realiza la mezcla del almidón con resina para la elaboración de cajas de banano.

- **Pre calentador triple**, está conformador por tres rodillos pre calentadores cuya función es darle la temperatura adecuada al papel para que pueda adherirse correctamente el almidón cuando llegue al engomador.
- **Engomador o doble Backer**, es donde se coloca el almidón a las láminas de papel y se realiza la función de pegado de las paredes para formar la lámina de cartón de doble corrugado.
- **Zona de secado o arrastre**, es donde se realiza el secado del papel después que sale del engomador. La zona de arrastre esta formada por 18 planchas calientes, y a la vez trabaja una lona que lleva a la lámina de cartón corrugado.
- **La Cuchilla Triplex**, es la que realiza el corte transversal.
- **Sección de rayadores**, es donde se realiza los dobleces y cortes longitudinales.
- **Apilador Martín automático y Apilador manual**, es donde se recoge la lámina de cartón corrugado de doble pared y son colocadas en pallets.

2.4.2.3. Maquinarias Industriales de la línea

Las máquinas eléctricas industriales que serán descritas en la siguiente tabla # 20 son las de la línea de doble corrugado (Langston).

MAQUINA	CAPACIDAD (HP)
La Flauta C	75
La Flauta B	75
Ventilador de personal	10
Precalentadores(3)	(3/4)
Engomador	10
Elevadores de bobinas (10)	3
Absorbente de langston – S&S	50
Doble Backer	125
Cuchilla Inferior	2
Cuchilla Superior	2
Triples	30
Apilador Martín	3
Banda Sanduche	5
Banda superior	1.5
<i>Acondicionador</i>	3

TABLA # 20 Máquinas eléctricas que conforman la línea langston.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

2.4.2.4 Instalaciones Eléctricas y Paneles de Distribución.

Para la evaluación de las instalaciones eléctricas solo se va considerar la línea langston con sus respectivos tableros o paneles de distribución por ser la línea de mayor producción. Esto se describirá en el capítulo 4.

CAPITULO. 3.

3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y VALORIZACIÓN. APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS LISTA DE CHEQUEO CON MAPEO DE RIESGO, ÁRBOL DE FALLOS, GUSTAV PURT E INTRÍNSECO.

En este capítulo se presenta la aplicación de los métodos de evaluación y valorización de riesgos., donde se ha elaborado una lista de verificación para identificar los posibles riesgos de la instalación de la Industria Cartonera Ecuatoriana.

Otro método de análisis es el árbol de fallos y errores, el cual ayuda a identificar los posibles focos de ignición o peligros que pueden formar el incendio, que es nuestro tema central de la tesis. Luego de esto se utiliza dos métodos de incendio para poder evaluar la intensidad de

carga de fuego ponderada así como la Energía Calorífica en la instalación de la planta Industria Cartonera Ecuatoriana.

Identificación de Peligros y clases de riesgos.

En esta sección se presenta los peligros ya identificados mediante la lista de verificación basados en el NEC, NFPA 70E y Notas Técnicas Españolas (NTP 600), en la que se aplicó en algunos sectores de la planta, la cual ayudó a identificar los riesgos como los Eléctricos, Ambiente de trabajo, Higiene y Seguridad. En el apéndice A se encuentran las listas de verificación e identificación de riesgos:

Valorización y Temporización de Riesgos Identificados Mediante Mapas de riesgos.

La valorización consiste en la asignación del grado y estimación a los riesgos, basados en los peligros ya identificados de acuerdo a la lista de verificación. Además se utiliza la temporización del riesgo, lo que se refiere a las medidas de control y el tiempo que se deben tomar para solucionar los riesgos que se pueden presentar.

Hay que aclarar que esta valorización y temporización de la Planta Industria Cartonera Ecuatoriana, está basada en las tablas # 15 hasta la tabla # 19 que se encuentran en el capítulo 1.

Estas tablas han sido elaboradas por nosotros considerando las investigaciones, observaciones, consultas de los libros, artículos mencionados en la bibliografía de la tesis, las cuales se encuentran en el Apéndice D se tiene las tablas de valorización de la instalación eléctrica, que contiene los riesgos eléctricos, ambiente de trabajo, seguridad y higiene, de la Industria Cartonera Ecuatoriana del Ecuador.

Los métodos que se emplearon para el análisis de riesgos son (27):

- **Check list o lista de verificación.** Constituyen listas exhaustivas de posibles iniciadores/accidentes a contemplar en la identificación de riesgos.

Se ha acoplado los mapas de riesgos a las listas de verificación donde definimos como **mapa de riesgo** el documento que contiene información sobre los riesgos existentes en la empresa. Permite identificar los peligros, localizar y valorar los riesgos existentes, así como

conocer el grado de exposición a que están sometidos los diferentes grupos de trabajadores.

- **Método de Árbol de Fallos y errores**, este método es de tipo cuantitativo es decir se le ha asignado probabilidades a cada suceso, mediante la búsqueda de caminos críticos que conduce al riesgo no deseado.

- **Método de Riesgo intrínseco de incendio**, este método es para establecimientos de uso industrial. Evalúa el nivel de riesgo de incendio por la carga térmica y combustibilidad de los materiales y por la actividad industrial desarrollada. Se trata de un método que está respaldado por un reglamento en cuanto a las medidas constructivas y de protección.

- **Método de Gustav Purt**, este método se lo aplica para lugares de riesgo medio. Evalúa el riesgo de incendio mediante dos valores, el riesgo para el edificio y para el contenido, considerando indirectamente a las personas. Además analiza la carga térmica del tanto del contenido como del edificio, combustibilidad, sector cortafuego, peligro para las personas, humos y bienes. Proporciona medidas de detección y extinción orientativas.

Los métodos de análisis de riesgo se ajustan de acuerdo a la necesidad del evaluador. Por lo tanto para el estudio se ha seleccionado como método cualitativo la lista de verificación o Check List, acoplado la elaboración de mapas de riesgos y basándose estas tablas en el método de Fine.

Método de Árbol de Fallos y errores.

Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un "suceso no deseado o evento que se pretende evitar", sea éste un accidente de gran magnitud.

La técnica del árbol de fallos permite la obtención de resultados cualitativos y también resultados cuantitativos a través de las probabilidades.

Este método aplicado de forma sistemática y lógica representa las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas". El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una

serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" es decir por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

Los nudos de las diferentes puertas y los "sucesos básicos o no desarrollados" deben estar claramente identificados. Estos "sucesos básicos o no desarrollados" que se encuentran en la parte inferior de las ramas del árbol se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Son independientes entre ellos.
- Las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas.

Generalmente se realizan gráficamente análisis de árbol de falla usando una estructura lógica de AND Y OR.

Si los eventos básicos solo activarían el evento TOP que es nuestro caso, entonces ellos se agruparían bajo una puerta de OR.

Desarrollo del árbol.

Para la representación gráfica de los árboles de fallos y con el fin de normalizar y universalizar la representación nos hemos basado para el estudio en ciertos símbolos que se representan en la Tabla # 21.

SÍMBOLOS	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.
	<p>PUERTA "Y"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1).</p>
	<p>PUERTA "O"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1).</p>
	SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar.
	PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si, y sólo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta.
	PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.
	PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y sólo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X).

TABLA # 21. Símbolos utilizados para la representación del árbol de fallos.
FUENTE: Notas Técnicas de Prevención. NTP 333.

Además, la estructura lógica de un árbol de fallos permite utilizar el álgebra de Boole, traduciendo esta estructura a ecuaciones lógicas. Para ello se expone muy brevemente tal sistema de equivalencia lógica:

- Una puerta "O" equivale a un signo "+", no de adición sino de unión en teoría de conjuntos.

- Una puerta "Y" equivale a un signo "." equivalente a la intersección.

Algunas de las leyes y propiedades básicas del álgebra de Boole más importantes son:

▪ **Propiedad idempotente:**

$$x \cdot x = x$$

$$x + x = x$$

▪ **Ley de absorción:**

$$x \cdot (x + y) = x$$

$$x + x \cdot y = x$$

De ello se extraen las siguientes consecuencias:

- Transformar el árbol de fallos en una función lógica.
- La posibilidad de simplificar la función lógica del árbol gracias a la verificación de falsas redundancias. La reducción de falsas redundancias (reducción booleana) consiste en simplificar ciertas expresiones booleanas y consecuentemente los elementos de estructura que las mismas representan.

Lo anterior resalta la importancia de identificar durante el análisis, además de los fallos individuales de los componentes, los posibles fallos

debidos a una causa común o la determinación de los componentes que fallan del mismo modo.

Para la *resolución de árboles de fallos* se realizan los siguientes pasos:

1. Identificación de todas las puertas lógicas y sucesos básicos.
2. Resolución de todas las puertas en sus sucesos básicos.
3. Eliminación de los sucesos repetidos en los conjuntos de fallo: aplicación de la propiedad idempotente del álgebra de Boole.
4. Eliminación de los conjuntos de fallo que contengan a su vez conjuntos de fallo más pequeños, es decir, determinación de entre todas las combinaciones posibles, los conjuntos mínimos de fallo: aplicación de la ley de absorción del álgebra de Boole.

Luego de desarrollar los anteriores pasos, lo siguiente es tratar de ir descendiendo en el árbol para su resolución, eliminando y sustituyendo los sucesivos símbolos de identificación de las puertas hasta obtener las diferentes combinaciones de fallos primarios identificados.

Evaluación cuantitativa.

Precisa conocer la indisponibilidad o probabilidad de fallo de aquellos sucesos que en el árbol se representan en un círculo (sucesos básicos). Según el modo en que ha fallado el componente, se calcula la probabilidad de fallo del mismo en función de la tasa de fallo que se puede obtener en bancos de datos y fundamentalmente, de la propia experiencia. Existe así mismo, información que nos proporciona datos estimativos sobre tasas de errores humanos que permite asignar valores probabilísticos a su ocurrencia. El conocimiento de los valores de probabilidad de los sucesos primarios (básicos o no desarrollados) permite:

- Determinar la probabilidad global de aparición del "suceso no deseado" o "evento que se pretende evitar".
- Determinar las vías de fallo más críticas, es decir, las más probables entre las combinaciones de sucesos susceptibles de ocasionar el "suceso no deseado".

Para la valoración de la probabilidad global de aparición del "suceso no deseado" se realizan los siguientes pasos:

1. Se asignan valores probabilísticos a los sucesos primarios.

2. Se determinan las combinaciones mínimas de sucesos primarios cuya ocurrencia simultánea garantiza la aparición del "suceso no deseado": establecimiento de los "conjuntos mínimos de fallos".

3. Se calcula la probabilidad de cada una de las vías de fallo representada por los conjuntos mínimos de fallos, la cual es igual al producto (intersección lógica en álgebra de Boole) de las probabilidades de los sucesos primarios que la componen.

4. Se calcula la "probabilidad de que se produzca el "acontecimiento final", como la suma de las probabilidades (unión lógica de todos los N conjuntos mínimos de fallo en álgebra de Boole) de los conjuntos mínimos de fallo.

En este árbol hemos considerado los sucesos intermedios y básicos que pudieran ocurrir en la planta. Estos sucesos son básicamente de tipo eléctrico que están relacionados con los equipos, el personal de trabajo y otros factores que pueden llegar a formar un incendio que es el suceso a evitar. En el Apéndice E se muestra el árbol elaborado.

3.1. Criterios a considerar y reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

Se considera para la evaluación del riesgo de incendio en la instalación eléctrica de Industria Cartonera Ecuatoriana (29):

- La resistencia al fuego de los materiales constructivos de las paredes, techo y pisos de la planta.
- Las características físicas y químicas de la materia prima y elementos que se utilizan para el proceso de elaboración de cajas de cartón.
- El área de la actividad de producción y de almacenamiento.
- El poder calorífico de los materiales para el proceso y producto terminado almacenado en las bodegas.
- La instalación y ubicación del sistema de protección contra incendio, y plan de evacuación o de emergencia.

3.2. Clasificación de las instalaciones industriales y de almacenamiento en función de su nivel de riesgo intrínseco.

Los establecimientos industriales se caracterizan por su configuración y ubicación con relación a su entorno, y por su nivel de riesgo intrínseco.

Configuración y ubicación con relación a su entorno

Los establecimientos industriales quedan clasificados en 5 configuraciones dependiendo si están ubicados en un edificio o en espacios abiertos que no constituyen un edificio (29)

Establecimientos industriales ubicados en un edificio

Tipo A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos ya sean estos de uso industrial o de otros usos.

Tipo B: el edificio industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro/s ya sean de uso industrial o de otros usos.

Tipo C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de 3 m del edificio más próximo de otros establecimientos.

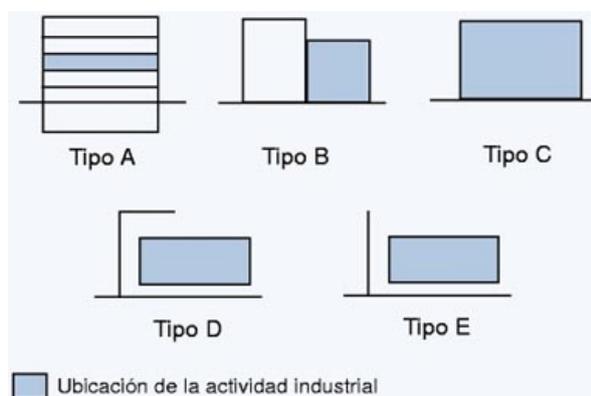


Figura # 3.1. Configuraciones tipo de los establecimientos industriales.
FUENTE: NTP 600

Se puede decir que el peligro de incendio, se refiere a una condición que puede contribuir al inicio o propagación del fuego o a la puesta en peligro de la vida o la propiedad.

Los peligros de ignición son condiciones bajo la cual algo que puede arder (combustible) está o puede estar demasiado cerca de algo que está caliente (fuente de energía).

Los peligros de incendio pueden llevar a considerables daños y someter a personas expuestas a un riesgo indebido. Las cuatro categorías generales de peligros de incendio son **combustibilidad, ignición, comburente, y reacción en cadena (peligros estructurales de incendio y peligros a las personas)**, los tres primero se lo conoce "triángulo del fuego"; y para que el incendio progrese, la energía desprendida en el proceso tiene que ser suficiente para que se produzca la reacción en cadena. Estos cuatro factores forman lo que se denomina el "tetraedro del fuego"(30).

Clases de incendios

Según la norma NFPA 10, Portable Fire Extinguishers clasifica:

Fuegos de la clase A: Materiales combustibles ordinarios como Madera, tela, papel, caucho y plásticos

Fuegos de la clase B.- Incendio de líquidos combustibles o inflamables, gases inflamables, grasas y materiales similares.

Fuegos de la clase C.- Incendio de equipo eléctrico vivo donde la seguridad del operario exige el uso de agentes extinguidores que no sean conductores eléctricos.

Fuegos de la clase D.- Incendio de ciertos metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio y potasio; que precisan un medio extinguidor que absorba el calor y que reaccione con los metales que se queman.

Método de Riesgo Intrínseco.

El citado método fue ideado para ser utilizado, en el aspecto de incendios, para la Regulación del Uso industrial.

Las industrias y almacenamientos se clasificarán conforme el nivel de riesgo intrínseco de dichas instalaciones, quedando dichos niveles establecidos de la siguiente forma, en función de la densidad

de carga de fuego ponderada y corregida del área o sector de incendio (31):

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA		
		Mcal/m ²	MJ/m ²
Bajo	1	Q _s ≤ 100	Q _s ≤ 425
	2	100 < Q _s ≤ 200	425 < Q _s ≤ 850
Medio	3	200 < Q _s ≤ 300	850 < Q _s ≤ 1275
	4	300 < Q _s ≤ 400	1275 < Q _s ≤ 1700
	5	400 < Q _s ≤ 800	1700 < Q _s ≤ 3400
Alto	6	800 < Q _s ≤ 1600	3400 < Q _s ≤ 6800
	7	1600 < Q _s ≤ 3200	6800 < Q _s ≤ 13600
	8	3200 < Q _s	13600 < Q _s

FIGURA 3.2. Niveles de Riesgo Intrínseco.
FUENTE: Notas Técnicas de Prevención (NTP)

La densidad de la carga de fuego ponderada Q_s de una industria o almacenamiento se calculará considerando todos los materiales combustibles que formen parte de la construcción, así como aquellos que se prevean como normalmente utilizables en los procesos de fabricación y todas las materias combustibles que puedan ser almacenadas. La densidad de cálculo de la carga de fuego ponderada y corregida Q_s establecerá mediante la fórmula 15):

$$Q_s = \frac{\sum G_i q_i C_i}{A} Ra(MJ / m^2) \rightarrow (Mcal/m^2)$$

Siendo:

G_i: peso en kg de cada una de las diferentes materias combustibles.

q_i: poder calorífico de cada una de las diferentes materias en Mcal/kg.

C_i: coeficiente adimensional que refleja la peligrosidad de los productos.

A: superficie construida del local, considerada en m².

R_a: Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por 100 de la superficie del sector. coeficiente adimensional que pondera el riesgo de activación inherente a la actividad industrial.

A fin de establecer la evaluación del riesgo de incendio de la Industria Cartonera Ecuatoriana y el cálculo de su carga ponderada y corregida se la ha separado por sectores de acuerdo a la caracterización del establecimiento que es de tipo C, los cuales están definidos como sector de planta que está conformado por la línea langston y S&S, almacenamiento de bobinas y producto terminado, aditamento e imprentas. Y como edificio contiguo al

sector conformado por la subestación, almacenamiento de resina y pinturas, almacenamiento de maíz.

En la sección del apéndice F se facilita los cálculos del método Intrínseco.

3.3. Factores evaluados.

Las zonas evaluadas de la planta Industria Cartonera Ecuatoriana son analizadas por áreas y lugares indicados en la lista de chequeo.

En estas zonas se ha considerado los materiales y materia prima tales como:

Bobinas de papel.

Tanque de Resina.

Sacos de almidón.

Canecas de tintas.

Láminas de cartón corrugado, entre otros.

3.4. Factores generadores y agravantes.

Se ha evaluado por sectores de acuerdo a la actividad de trabajo de la planta Industrial, por lo cual vamos a tener diferentes valores de

carga de fuego ponderada por lugares evaluados. Como factores generadores y agravantes se ha considerado los diferentes materiales de infraestructura de la planta, aceite de transformadores y sustancias que intervienen en el proceso que son indicadas anteriormente.

3.5. Fundamento de Cálculo del Riesgo de Incendio.

El fundamento de cálculo de riesgo de incendio se refiere al cálculo mediante el método de Gustav Purt, por lo que procedemos a describir el método para aplicarlo con sus respectivas fórmulas que se utiliza en la evaluación de incendio en la planta Industria Cartonera Ecuatoriana.

Método de Gustav Purt.

El principio fundamental es la acción destructora del fuego que se desarrolla en dos ámbitos distintos: *Los edificios y su contenido* (32).

El **riesgo del edificio** consiste en la posibilidad de que se produzca un daño importante como la destrucción del inmueble.

Depende esencialmente, del conocimiento de los dos factores:

- La intensidad y duración del incendio.
- La resistencia de la construcción.

El **riesgo del contenido** está constituido por el daño a las personas y a los bienes materiales que se encuentran en el interior del edificio.

Los dos riesgos están hasta tal punto unidos el uno al otro que, por una parte, la destrucción del edificio lleva consigo también, generalmente, la destrucción de su contenido mientras que, inversamente, la carga térmica liberada por su contenido representa, muy frecuentemente, el principal peligro para el edificio. De todos modos, estos dos riesgos pueden existir también independientemente uno del otro.

El cálculo del riesgo del edificio está condicionado esencialmente por las consideraciones siguientes: En caso de incendio, ¿hasta qué punto existe un peligro inmediato para las personas que se

encuentran eventualmente en el edificio? o en el mismo caso, ¿hasta que punto existe un peligro inmediato para los bienes, bien porque presenten un gran valor, o porque sean irremplazables o particularmente sensibles a los productos de extinción? Y también, ¿en qué medida el humo incrementa, todavía más, el peligro para las personas y los bienes?

3.6. Cálculo de Riesgo del Contenido de IR.

El riesgo del contenido esta conformado por tres factores de influencia da el riesgo del contenido, que se muestra en la siguiente fórmula 16):

$$I R = H. D. F. \quad (16)$$

H = Coeficiente de daño a las personas.

D = Coeficiente de peligro para los bienes.

F = Coeficiente de influencia del humo.

Los cálculos que se presentan en el Apéndice F es de acuerdo a lo evaluado en la planta industrial Industria Cartonera Ecuatoriana por lugares de trabajo donde se presenta el cálculo del IR.

3.7. Cálculos de los diferentes factores.

Cálculo del riesgo del edificio GR.

Aumentan el peligro en relación con el riesgo del edificio los siguientes factores principales (32):

La carga térmica (Q) y la combustibilidad (C). La carga térmica se compone de la carga térmica del contenido (Q_m) y la carga calorífica del inmueble (Q_i). La situación desfavorable y gran extensión del sector corta fuegos (B) considerado. Largo período de tiempo para iniciar la actuación de los bomberos y eficacia de intervención insuficiente comprendidos en el coeficiente de tiempo necesario para iniciar la extinción (L).

Por el contrario favorecen la disminución del riesgo:

Una gran resistencia al fuego de la estructura portante de la construcción (W). Numerosos factores de influencia secundaria (por ejemplo focos de ignición, almacenaje favorable que hay que tener en cuenta como factores de reducción del riesgo (R_i)).

De acuerdo con los factores mencionados anteriormente, se puede calcular con la fórmula 17 el riesgo del edificio de la manera siguiente:

$$GR = \frac{(Q_m) \cdot C + Q_i) \cdot B \cdot L}{W \cdot R_i} \quad (17)$$

Donde:

Q_m = Coeficiente de carga calorífica.

C = Coeficiente de combustibilidad.

Q_i = Valor adicional correspondiente a la carga calorífica del inmueble.

B = Coeficiente correspondiente a la situación e importancia del sector corta fuegos.

L = Coeficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción.

W = Factor correspondiente a la resistencia al fuego de la estructura portante de la construcción.

R_i = Coeficiente de reducción del riesgo.

Estas variables mencionadas tienen sus respectivas tablas, las cuales están en el Apéndice F se presenta el cálculo del riesgo del edificio GR y del contenido IR.

3.8 Diagramas de medidas.

La obtención de los valores de GR e IR, a partir de los factores señalados, los cuales se encuentran tabulados, permite una vez llevado al siguiente gráfico, obtener de forma rápida las medidas de detección y extinción mas adecuadas al riesgo evaluado,

dependiendo de la zona del diagrama en la que se encuentren las rectas X conocidas como abscisa que contienen a los datos de IR y en la Y conocida como ordenada contiene los datos de GR.

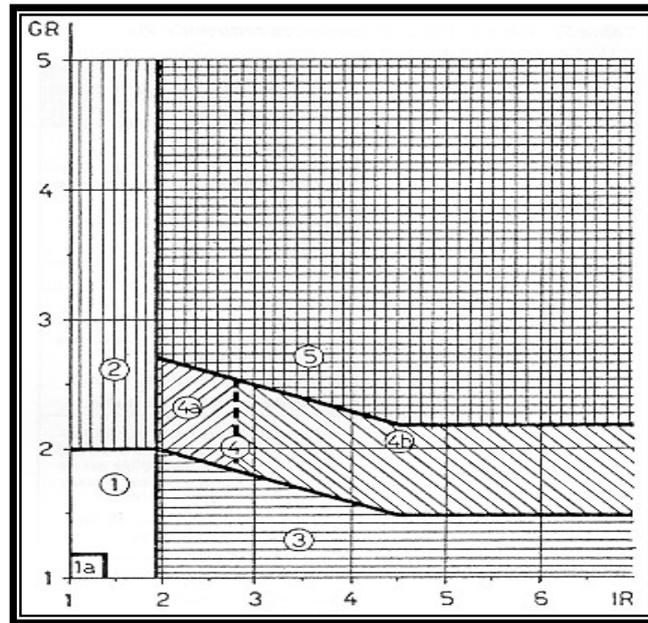


FIGURA 3.3. Diagrama de medidas.
FUENTE: Nota Técnica de Prevención 100 (NTP100)

CAPITULO 4

4. FACTORES DE RIESGOS EN INSTALACIONES DE LA INDUSTRIA DE CARTÓN

Las presentes especificaciones técnicas se refieren a los diferentes equipos y materiales que se encuentran instalados en la Industria Cartonera Ecuatoriana.

4.1. Distribución de Energía.

La subestación principal que se encarga de la distribución de energía de media tensión, se encuentra ubicada a la entrada de la misma. Esta subestación tiene un transformador trifásico de 3.75 MVA que transforma de 69 kV a 13.8KV de tipo intemperie, para luego con este voltaje llevarlo a las tres subestaciones de baja tensión, las cuales son las siguientes:

- Subestación que está conformada por un banco de transformadores monofásicos de 3X250KVA que alimenta a la línea corrugadora langston, tablero de alumbrado de S&S, alumbrado de muelle y tablero de planificación, despacho. y además de un transformador trifásico de 1000KVA con tensiones de 13.8 KV/480 V. Para el análisis eléctrico se considera solamente lo que corresponde a la línea langston (derivaciones 1,2, 3).Con conexión Y- Δ para el banco y conexión Δ -Y para el transformador trifásico.

- Subestación Caldero, esta conformada por un Banco transformadores monofásico cuya capacidad es de 3x167KVA que distribuye energía a las calderas, sección de compresores y a la zona de aditamento. Cuya capacidad de transformación es de 13.8KV a 480/240, de tipo interior con conexión Y- Δ .

- Subestación de Administración, esta conformada por un Banco de tres transformadores monofásicos, cuya capacidad 3x50KVA que distribuye energía a las oficinas de administración, comedor, entre otras. cuya capacidad de transformación es de 13.8KV a 480/240 V, de tipo interior con conexión Y- Δ .

A continuación se presenta las tablas # 26 y # 27 que contienen datos de los transformadores que conforman la subestación Langston.

BANCO DE TRES TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
(Transformadores de Potencia)
GENERAL ELECTRIC

TENSIONES NOMINALES	Lado de Alta Tensión	13800 voltios
	Lado de Baja tensión	480voltios
CAPACIDAD NOMINAL	Potencia	3X250KVA
	Frecuencia	60 Hz
	Conexión	Estrella-Delta
	Impedancia	2.55% para c/d trafo
	Temperatura	28.6 °C
AISLAMIENTO	Clase de aislamiento de los bujes de alta tensión	15 KV
	Clase de aislamiento de los bujes de baja tensión	1 KV
	Rigidez dieléctrica del aceite	Mín 30 KV
	Líquido aislante	Aceite
	Tipo de Refrigerante	OA

TABLA # 26 Datos Técnicos del Banco de Transformadores de la Subestación Langston.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ECUATRAN
(Transformador de Potencia)

TENSIONES NOMINALES	Lado de Alta Tensión	13800 voltios
	Lado de Baja tensión	480 voltios de línea
CAPACIDAD NOMINAL	Potencia	1000 KVA
	Frecuencia	60 Hz
	Conexión	Delta-Estrella
	Impedancia	5.4
	Temperatura	27.4 C
	Tipo de refrigerante	OA
	Líquido aislante	Aceite

TABLA # 27 Datos Técnicos de Transformadores Trifásico de la Subestación Langston.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

4.1.1. Paneles de distribución.

En las siguientes tablas #24, #25 se indican las características de los tableros de distribución principal de Corrugadora Langston, tablero de distribución secundaria derivación 1, tablero de distribución secundaria derivación 2, tablero de distribución secundaria derivación 3 y tablero de fuerza MAX PAK de motor Flauta B.

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

SECCIÓN DE LAS BARRAS	80X10 mm ²
LONGITUD DE LAS BARRAS	0.8 m
CAPACIDAD EN AMPERIOS DE LA BARRA	1240 A
INTERRUPTOR PRINCIPAL	1600 A

TABLERO PRINCIPAL DE CORRUGADORA LANGSTON

INTERRUPTOR PRINCIPAL	600 A
-----------------------	-------

TABLA # 28 Tableros Eléctricos de la Subestación Langston
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA DERIVACIÓN 1

SECCIÓN DE LAS BARRAS	20X10 mm ²
LONGITUD DE LAS BARRAS	0.5 m
CAPACIDAD EN AMPERIOS DE LA BARRA	427 A
INTERRUPTOR PRINCIPAL	400 A
INTERRUPTOR FLAUTA C	250 A
INTERRUPTOR FLAUTA B	250 A
INTERRUPTOR PRECALENTADORES	40 A
INTERRUPTOR ENGOMADORA LANGSTON	63 A
INTERRUPTOR VENTILADOR PERSONAL	40 A

TABLA # 29 Tablero Eléctrico de la línea de producción de doble corrugado (Langston)
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA DERIVACIÓN 2

INTERRUPTOR PRINCIPAL 250 A

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA DERIVACIÓN 3

INTERRUPTOR PRINCIPAL 400 A

TABLERO DE FUERZA MAX PAK DE MOTOR FLAUTA B

INTERRUPTOR PRINCIPAL 225 A
MODULO DRIVE DE POTENCIA RELIANCE 55 A

TABLA # 30 Tableros Eléctricos de la línea Langston
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana (ICE).

4.1.2. Dispositivos de Protección: Fusible y Disyuntor.

Se presentará en el Apéndice G el cálculo realizado a la instalación eléctrica de la línea de cartón de pared de doble corrugado. En este cálculo se ha considerado las características de la carga a proteger, para así poder seleccionar el tipo de conductor y su respectiva protección. Todas estas consideraciones han sido basadas en el Código Eléctrico Nacional (NEC).

4.1.3. Motores de AC y de CC.

Esta sección hace referencia sobre los tipos de motores que se encuentran en la línea de producción de doble pared tales como de corriente continua (C.C) o corriente alterna (C.A).

A continuación se presenta la tabla #31 que con tienen datos de los motores de AC y CC.

Contribución de motores de acuerdo a las derivaciones.				
Circuitos eléctricos	Carga	Capacidad (Hp)	Voltaje	Amperaje (A)
Derivación 1	<i>La Flauta C</i>	75	500 V _{DC}	78,026
	<i>La Flauta B</i>	75	500 V _{DC}	78,026
	<i>Ventilador de personal</i>	10	460 V _{AC}	14
	<i>Precalentadores(3)</i>	(3/4)	460V _{AC}	1,6
	<i>Engomador</i>	10	500V _{DC}	11,704
	<i>Acondicionador</i>	3	460V _{AC}	4,8
Derivación 2	Elevadores de bobinas (10)	3	460 V _{AC}	4,8
	Absorbente de langston -S&S	50	460 V _{AC}	65
Derivación 3	Doble Backer	125	500 V _{DC}	130,043
	Cuchilla Inferior	2	460 V _{AC}	2,7
	Cuchilla Superior	2	460 V _{AC}	2,7
	Banda superior	1.5	460 V _{AC}	3
	Triplex	30	500 V _{DC}	35,112
	Apilador Martin	3	460 V _{AC}	4,8
	Banda Sanduche	5	500 V _{DC}	5,852

TABLA # 31. Contribución de motores de acuerdo a las derivaciones de la línea Langston.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

4.2. Corriente de Cortocircuito del sistema.

4.2.1. Método aplicado para el cálculo de cortocircuito.

En el capítulo 1 se describió el análisis de corto circuito mediante el método de Impedancias, cuyo método está desarrollado en el Apéndice G, donde se analiza los posibles puntos de fallas en la instalación que alimenta a la línea langston.

4.2.2. Sistema de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra tiene como objetivo proteger a las personas y equipos de diferencias de potencial peligrosas ocasionadas por corrientes de fallas y al mismo tiempo permitir el paso de estas corrientes a tierra (33).

El lugar que se considera para la realización de los cálculos de puesta a tierra es la subestación eléctrica de 3X250 KVA.

A continuación se presenta los datos técnicos que se usan para el cálculo de la malla:

Duración del cortocircuito:

Se toma como valor referencial tiempo a 0,02 s.

Resistividad de terreno.

De acuerdo a las condiciones de la naturaleza del terreno, se establece como valor de resistividad media superficial de 200 ohmios metro.

Corriente de cortocircuito:

El dato de la corriente de cortocircuito se presenta como una “potencia de cortocircuito” monofásica en kA y resulta de considerar la mayor corriente posible de falla monofásica desde sistema del 13,8kV o del sistema de 480 V.

El valor mayor de corriente de cálculo del supuesto cortocircuito relacionado con la malla lo debe transmitir hacia tierra.

Cálculos**La corriente de cortocircuito.**

El dato de la corriente de cortocircuito se presenta como una “potencia de cortocircuito” monofásica en kA y resulta de

considerar la mayor corriente posible de falla monofásica desde sistema del 13,8 kV o del sistema de 480V.

El valor mayor de corriente de cálculo del supuesto cortocircuito relacionado con la malla lo debe transmitir hacia tierra. Mediante la fórmula 18 se calcula la corriente de cortocircuito.

$$I_{cc} = 0,8 \frac{E_f}{R_m} \quad (18)$$

Donde:

E_f : Tensión de fase

R_m : Resistencia de malla

De esta fórmula aproximada (máximo valor de I_{cc}); y considerando que el mínimo valor de R_t de la malla y electrodos asociadas sea igual a **1 Ohm**, resulta un valor de máxima de I_{cc} relacionado con la menor tensión del Banco de 3 transformadores monofásicos:

$$I_{cc1, mx} = 0,8 \frac{7620}{1} = 6100 \text{ A}$$

Ahora se analiza para el transformador trifásico. Se tiene la siguiente $I_{cc,max}$ con la fórmula anterior:

$$I_{cc,max} = 0,8 \frac{13200}{1} = 10560 \text{ A}$$

El cálculo de una única malla que abarcará las dos tensiones se realizará considerando el valor de referencia del voltaje mas bajo.

Sección de cobre de cable o platina.

Al conductor de cobre se le adjudica una capacidad de transmitir una densidad de corriente del orden de 150 A/mm^2 ; por lo cual la sección mínima necesaria se calcula como fórmula 19:

$$S [\text{mm}^2] = \frac{I_t}{150} \quad (19)$$

Y en este caso da:

$$S = \frac{6100}{150} = 40 [\text{mm}^2]$$

Según el resultado obtenido nos da una sección del conductor de 40 mm^2 pero la Norma Oficial Mexicana (NOM) que es la

traducción del NEC, la cual establece que la sección mínima de conductor de la malla es de 50 mm² (1/0 AWG). de largo “teórico” aproximado de los conductores de la malla, asumiendo que toda la I_{cc} es dispersada por ella, por lo que se recomienda un conductor de sección de 1/0 AWG.

La cantidad de metros de cobre de la malla está relacionada con la resistividad eléctrica del terreno y la corriente I_t a evacuar así como a la verificación posterior del resultado de la máxima tensión de contacto U_c especificada en la tesis como se verá más adelante.

El diseño de la malla y sus dimensiones debe resolver el problema de evacuar la I_t hacia un terreno de una resistividad (δt) que NOM asume 200 Ohm.m.

El largo necesario en metros de los conductores de la malla resulta de calcular la fórmula 20:

$$L_c [m] = \frac{0,7 \delta_m I_t}{U_c} \quad (20)$$

Donde:

δ_m : Resistividad eléctrica del terreno a la profundidad de Implantación de la malla. (Terrenos arcillosos, sin piedras, valor máximo: 200 Ohm.m).

U_c (**V**): Dato de tensión máxima a lograr (del orden de 125 V).

$$L_c [m] = \frac{0,7 \times 200 \times 6100}{125} = 6832 \text{ m}$$

Resistencia de la malla (R_m). Sólo con cables de cobre

Este ítem consiste en calcular el valor resultante de la resistencia hacia tierra lograda por la presencia de la malla enterrada.

$$R_m [Ohm] = \frac{\delta_m}{2d} + \frac{\delta_m}{L_c} \quad (21)$$

Siendo:

L_c : Longitud de conductores de la malla propuesta en metros.

d : Diámetro equivalente del círculo de igual superficie que la superficie de la malla propuesta, en metros, tomando sólo la malla propia de la estación:

$$8\text{m} \times 5\text{m} = 40\text{m}^2.$$

Con lo cual:

$$d = \sqrt{4 \times \frac{40}{\pi}} = 7m$$

$$R_m = \frac{200}{2 \times 7} + \frac{200}{73} = 17 [Ohm]$$

Resistencia del electrodo (Jabalina) (R_j)

La sección circular y el material químico de la jabalina aseguran que la misma, tendrá una buena duración frente a la acción corrosiva del terreno sobre ella, así como un valor de puesta a tierra por jabalina de 5 Ohm.

Corriente dispersada por la malla propuesta: I_m

$$R_j = 5 Ohm$$

Esta corriente se calcula luego de aplicar los diversos datos técnicos y establecer la malla que cubrirá el terreno y de proponer lo exigido en cuanto a “cuadrículas” (cuadrados que se forman por cruce de cables de la malla).

Para la subestación se establece una cuadrícula de 1 x 2 m para mallas de estaciones transformadoras de tipo interior, de tensión máxima 13,8kV, donde se toma cuadros de acuerdo

al área que es de 40m² (8x5) y por lo tanto tenemos 5 conductores paralelos de longitud de cinco metros y 6 conductores de longitud de ocho metros (5x5)+ (6x8) un total de 73m es la longitud total de los conductores de la malla, más un conjunto de jabalinas de tipo químicas que, en definitiva, dispersarán la mayor parte de I_{cc}.

Del conjunto resultará una determinada malla en la cual se debe verificar su capacidad de corriente de dispersión (I_m), en

Ampere:

$$I_m [A] = \frac{I_t \cdot k}{100} \quad (22)$$

Siendo:

i_m.: la capacidad de corriente de la malla diseñada

K: Relación porcentual de I_t que puede dispersar la malla propuesta

$$k [A] = \frac{100 \cdot U_c \cdot L_m}{0,7 \cdot \delta_m \cdot ISUBt} \quad (23)$$

Reemplazando resulta:

$$I_m = \frac{U_c \cdot L_m}{0,7 \cdot \delta_m} = \frac{125 \times 73}{0,7 \times 200} = 65A$$

Número de jabalinas necesarias (n)

$$n = \frac{I_j \cdot R_j}{I_m \cdot R_m} \quad (24)$$

$$\text{Donde: } I_j = (I_t - I_m) [A]$$

Se adopta un número mínimo de jabalinas igual a 8 a partir de considerar una corriente límite de 6100 A. Este número abarca la protección de los 2 sistemas de transformación (Banco y Trifásico) con sus respectivos tableros y las 4 esquinas del lugar.

Distribución de la corriente evacuada en conjunto (parte por malla y parte por jabalinas)

Primero se determina el valor de la resistencia del conjunto R_t del "paralelo" malla y jabalina:

$$\frac{1}{R_t} = \left(\frac{1}{R_m} + \frac{1}{R_{jt}} \right) \left[\frac{1}{\text{Ohm}} \right]$$

$$R_{jt} = \frac{R_j}{n}$$

R_{jt} : Resistencia total del conjunto de jabalinas, valor que se obtiene de:

$$n = \frac{(6100 - 65) \times 5}{65 \times 16} = 29 \text{ jabalinas} \quad (25)$$

En este caso el número de jabalinas $n=6$ y $R_j = 5$.

Reemplazando:

$$R_{jt} = \frac{5}{6} = 0.83 \text{ Ohm}$$

Con este valor y el de R_m calculado, tenemos:

$$\frac{1}{R_t} = \left(\frac{1}{17} + \frac{1}{0.83} \right) \left[\frac{1}{\text{Ohm}} \right] \quad (26)$$

$$R_t = 0.8 [\text{Ohm}]$$

Finalmente se puede discriminar la corriente en Ampere que, malla y jabalinas, dispersan de la corriente total a dispersar por el conjunto:

$$(27) \quad I_m = I_t \left(\frac{R_t}{R_m} \right) [A]$$

$$(28) \quad I_j = I_t \left(\frac{R_t}{R_{jt}} \right) [A]$$

$$I_m = 6100 \times \frac{0.8}{17} = 287 [A]$$

$$I_j = 6100 \times \frac{0.8}{0.83} = 5880 [A]$$

Obsérvese que la mayor parte de la corriente de falla será dispersada por las jabalinas.

Verificación de la tensión de contacto máxima exigida (del orden de 125V)

La circulación de corriente de frecuencia industrial por todo el circuito de puesta a tierra originará tensiones de paso y de contacto en el interior y el exterior de la malla.

La Norma VDE 0121 aconseja verificar las tensiones de paso y de contacto en el interior de la estación con un tiempo referencial de 0,02 segundo, como tiempo de actuación de las protecciones asociadas al sistema de puesta a tierra, estableciendo el valor de seguridad ya mencionado de 250 V.

A continuación la Fórmula 29

$$U_c = \frac{0,7 \times \delta_m \times I_m}{L_m \times h} [V] \quad (29)$$

h: Profundidad de instalación. Haciendo h = 1m tenemos

Para tiempos de actuación de 0,02 s.

$$U_c = \frac{0,7 \times 200 \times 65}{73 \times 1,00} = 124[V] < 125 [V]$$

Verificación de la tensión de paso (U_p) máxima exigida en proyecto (del orden de 125 Volt/metro)

En este punto se procura resolver una hipotética situación de descarga a tierra y donde una persona ubicada sobre el terreno de la malla o en el exterior de la estación y sus pies separados 1 metro (paso), no se originen en ella tensiones mayores a las exigidas en este caso, es decir los 125 V.

$$U_p = \frac{0,16 \times \delta_m \times I_m}{L_m \times h} [V] \quad (30)$$

$$U_p = \frac{0,16 \times 200 \times 65}{73 \times 1} = 28 [V] < 125 [V]$$

4.3 Efectos de Arco Eléctrico

El estudio de arco eléctrico nos ayuda a medir las distancias de trabajo que se deben cumplir para evitar accidentes eléctricos como quemaduras, trastornos auditivo, visual y corporal a la persona que está trabajando y esto depende de la onda de expansión del arco que se produzca

Se muestran en el Apéndice G los cálculos del arco eléctrico realizado en la instalación eléctrica de la línea Langston.

4.4. Clasificación de las áreas peligrosas de acuerdo al NEC, NFPA 70E.

4.4.1. Tipos de zonas, divisiones y clases.

Las clases de áreas que se tiene en la Industria Cartonera Ecuatoriana se las clasificaran dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos, gases inflamables, polvos combustibles que estén presentes en el ambiente o en almacenamiento dentro de la planta de fabricación del cartón de doble corrugado.

Clasificación de Áreas

Se tiene una clasificación por grupos basada en el NEC sección 500 y 501. (Aplicado en Estados Unidos, Canadá).

Con el propósito de prueba, y aprobación de una determinada área. Para lo cual se cita el siguiente grupo al que pertenecerían la o las sustancias que originarían un incendio

Área Clase II. Grupo G.

Se tiene como elemento combustible a la madera conforma los pallets que utiliza para soporte y traslado de los materiales almacenados como sacos, cartón.

Los pallets son ubicados en el área de almacenamiento de producto terminado y semielaborado, así como en los diferentes sitios dentro de la planta.

Otro factor que contribuya al ambiente es el polvo producido por el papel médium y liner que al conformar el cartón se acumula en gran cantidad en las canalizaciones, tableros eléctricos y carcasa de los motores lo que podrían causar taponamientos y sobrecargas consecuentes en cables y motores que llevarían a un posible incendio.

También en el área de Aditamento existe mucho polvo en el ambiente que se genera al triturar y conformar pacas de cartón para la elaboración de bobinas de papel. Para ésta área descrita se requiere que las uniones de tuberías, canalizaciones, estén ajustadas y apretadas; entonces se necesita que el equipo instalado sea aprobado para ésta clase.

Con respecto a lo anterior se tiene que el equipo Clase II ya sea un motor o un tablero para distribuir corriente no debe

tener una temperatura externa más alta que la especificada en el NEC tabla 500-5 (f) que establece una temperatura de ignición si el equipo no está sujeto a sobrecarga para Clase II grupo G de 165° C.

Área Clase I División 1.

Como área Clase I División 1 se tienen los cuerpos de impresión de las imprentas Hooper y Ward las cuales se encargan de realizar la operación de pintado y rociado con disolventes (tintas) los cuales están almacenados en envases cerrados como canecas o tachos en lugares frescos y envases retirados de las fuentes de calor.

También se considera dentro de estas áreas Clase I División 1 a los transformadores que están en la subestación Langston los cuales contienen líquido inflamable dentro de los tanques.

Como punto analizar dentro de esta clase están los tableros conformados por los medidores electrónicos, relés térmicos,

transformadores de instrumento, resistencias, y rectificadores de onda (drives) por lo que deben estar contruidos bajo normas aprobadas para esta clase.

Área Clase II División 1.

Como Clase II División 1, se tiene las áreas donde se encuentran los tableros de distribución primaria que es donde se encuentran las barras colectoras y conectadas a ellas varios dispositivos de protección o breakers que protegen las líneas y cargas conectadas, así como los tableros de fuerza que contienen breaker, fusibles, drive para control de velocidad y arranque de los motores de corriente continua de la línea langston.

Estos dispositivos de protección como el breaker y el fusible están colocados para evitar que los arcos eléctricos producidos por fallas mecánicas o un funcionamiento anormal de la maquinaria o equipo puedan generar incendio.

Área Clase II División 2.

En el interior de la canalización las acumulaciones de polvo de cartón son mayoritarias y puede interferir con la disipación segura de calor de los conductores, y cuando el polvo se deposita en los motores o en las terminales de ellos, puede sobrecargarse el equipo y disparar los reles de protección para evitar un posible incendio.

CAPITULO 5

5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS MÉTODOS APLICADOS.

Mediante los resultados obtenidos se indicarán las medidas de control y defensa para equipos de acuerdo a su nivel de riesgo encontrado, siempre y cuando lo requiera.

Para la protección de las personas se analizará los tipos de equipos de protección personal que deben usar de acuerdo al lugar de trabajo que se ha evaluado.

5.1. Análisis de Resultados del Grado de Riesgo.

Análisis de resultados de la lista de verificación y mapa de riesgos

Se ha analizado las diferentes áreas con sus respectivos lugares mediante la lista de verificación donde se han encontrado diferentes

peligros, a los cuales se le ha aplicado la valorización por medio de mapas de riesgos para medir su grado de riesgo, lo anterior mencionado se encuentra en el Apéndice A y D.

A continuación se muestra 5 lugares dentro de la planta industrial Cartonera Ecuatoriana los cuales son:

Área 1 (A1): Subestación (Banco de 3X250KVA y Transformador de 1000KVA) con tensiones de 13.8KV a 480 V en interior.

Lugar 1 (L1): Edificación y Transformadores.



FIGURA # 5.1. Banco de transformadores monofásico y transformador trifásico.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana

- No hay placa del banco de transformadores (3x 250 kVA).
- Transformadores no tienen áreas de confinamiento para el aceite en caso de derrame.

- No existe soporte tipo charola para los cables del secundario del banco de transformadores de 3x 250kVA.
- No se tiene identificado y etiquetado los conductores de fase y neutro (el neutro para el sistema Δ -Y para el transformador trifásico).
- Selección no adecuada de los conductores para las condiciones ambientales del lugar.
- Iluminación no adecuada para realizar trabajos de mantenimiento y reparación.
- No existencia de medios de combate contra incendios en lugar adecuado (extintores, rociadores, entre otros).
- No existencia de medios de seguridad contra incendios(alarmas, detectores de humo, entre otros).
- Falta de candados o llaves en la puerta de entrada del cuarto de transformador.

ÁREA 2 (A2): PLANTA DE ELABORACIÓN DE CAJAS DE CARTÓN DE DOBLE CORRUGADO.

Lugar 3 (L3): Línea Langston (Tableros de Distribución de Baja Tensión).



FIGURA # 5.2. Tablero eléctrico de la flauta B.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana

- No existe el cable de puesta a tierra en los tableros de fuerza.
- No se tiene identificado y etiquetado los conductores de fase.
- La mayoría de interruptores automáticos no tienen marcados la corriente máxima de cortocircuito.
- Los tableros no tienen candados de seguridad.

Lugar 4 (L4): Línea Langston (Cables y Canalizaciones).



FIGURA #5.3. Conductores y canalizaciones que contienen polvo sobre ellos.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana

- Selección no adecuada de los conductores de fase para ambientes especiales (polvo, vapor).
- Incorrecto agrupamiento de los conductores dentro de charolas.
- No existe unión con puesta a tierra entre charolas.
- Acumulación de polvo en charolas.
- Daño del aislamiento en el conductor.

Lugar 7 (L7): Triturador y Empaquetamiento de Residuos De Cartón. (Aditamento).



FIGURA # 5.4. Aditamento.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana

- Elevado ruido en el lugar de trabajo.
- Presencia de polvo en el ambiente de trabajo.
- Los operadores no utilizan correctamente los equipos de protección personal.
- No verificación periódica del departamento de seguridad con respecto al uso de los equipos de protección personal para los trabajadores.

Solo se ha explicado algunas áreas, lugares de la planta industrial y el resto de lugares se encuentran evaluados en las tablas de valorización que están ubicados en el Apéndice D

En las áreas y Lugares no sólo se ha evaluado el riesgo eléctrico sino también los riesgos de ambiente de trabajo, Higiene y Seguridad.

Análisis de resultados del método árbol de fallos y errores.

Los resultados obtenidos del método de Árbol de Fallos son los siguientes:

La Puerta A que conlleva al suceso no deseado que en nuestro caso es el de incendio, esta puerta es de tipo OR Exclusiva que recibe información de tres sucesos independientes que son de las Puertas B (Sobrecarga), Puerta G (Arco Eléctrico en tableros) y Puerta I (Cortocircuito) y son de tipo OR.

Las probabilidades son independientes y no combinables entre sí de cada puerta de entrada como PB, PG y PI. Para que se produzca el suceso no deseado se ha encontrado los siguientes porcentajes:

PB: 67,5 %

PR: 40%

PS: 52 %

De acuerdo a las probabilidades que salieron decimos que la puerta de entrada B (Sobrecarga) es la más elevada para que contribuya a la formación de incendio en la planta Industrial Cartonera Ecuatoriana. Nos referimos a la sobrecarga debida a la concentración de calor en tableros de fuerza y fallas en motores eléctricos que se ha observado.

Punto de Falla	R (Ω)	X (Ω)	Z (Ω)	I _{Simetrica Total} (KA)	I _{Asimetrica Total} (KA)
F1	4,77E-01	7,54E-01	0,892361837	9,556033411	18,7144649
F2	3,38E-03	1,48E-02	0,015177902	21,86709725	45,3087431
F3	1,07E-02	1,76E-02	0,020601923	15,40581831	25,27088

Tabla # 32 Valores de los puntos de falla evaluados en los 3 puntos de fallas.

Análisis de resultados del cálculo de cortocircuito y arco eléctrico.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los tres puntos de fallas analizados, se puede observar que la mayor magnitud de corriente de cortocircuito se produce en el punto de la falla 2, debido a que se concentra toda la contribución de los motores de las diferentes derivaciones eléctricas, las cuales son indicadas en el diagrama unifilar ubicado en el Apéndice H. El propósito de este estudio es dar a conocer el valor de la corriente interruptiva, la cual ayuda en la selección apropiada del dispositivo eléctrico para que pueda actuar en un tiempo mínimo, que debe ser en fracciones de segundos para

evitar daños en los conductores, equipos y personas. Además con los valores de las corrientes de cortocircuito de los puntos F2 y F3 se puede analizar la intensidad de la corriente de arco eléctrico y su energía incidente para hallar las distancias de trabajo entre el trabajador y el tablero. Dichas distancias se muestran en las siguientes tablas.

Lugares Analizados (Punto de Falla)	Tensión (KV)	Ia (KA)	En(J/cm2)	E(cal/cm2)	Frontera protección arco eléctrico (cm)
En F2	0,48	20,08	131,7307567	31,46936376	47,31
En F3	0,48	14,37	127,0670613	30,35524636	39,71

TABLA # 33. Valores encontrados para la protección del trabajador frente al arco eléctrico

Lugares Analizados (Punto de Falla)	Límite de aproximación (cm)	Distancia restringida (cm)	Distancia prohibida (cm)	Distancia de trabajo (cm)
En F2	106,68	30,48	2,54	45
En F3	106,68	30,48	2,54	45

TABLA # 34. Valores encontrados para la protección del trabajador frente al arco eléctrico

Análisis de resultados del cálculo del riesgo de incendio.

Los métodos que se usaron fueron los de Gustav Purty e Intrínseco basadas en las tablas del reglamento Industrial y la norma técnica de prevención 100.

Los cálculos obtenidos para el Riesgo del Edificio (GR) y de Contenido (IR) que están ubicados en el Apéndice F, muestran que el área de almacenamiento de bobinas medium tiene un valor elevado por su carga calorífica Q_m comparadas con otras debido a la cantidad de bobinas y su alto índice de inflamabilidad que contribuye al crecimiento del fuego en caso de que se produzca el incendio.

Los resultados que se han obtenido en el cálculo del riesgo intrínseco se dan en el lugar mediante la carga ponderada de la planta que está conformada por los sectores 1 y 2, donde Q_s de $817,72 \text{ Mcal/m}^2$ que representa un nivel alto de grado 6 dentro de la escala, también hay que considerar como un edificio contiguo donde está ubicado el almacenamiento de resina y tintas con Q_s de $1559,95 \text{ Mcal/m}^2$ con nivel alto de grado 7 y por último el área de la subestación con Q_s de $2152,71 \text{ Mcal/m}^2$ con riesgo de grado 7.

Como riesgo eléctrico que podría aportar al incendio es el lugar de la subestación eléctrica de bajo voltaje que alimenta a la línea langston donde la principal sustancia inflamable es el aceite mineral contenido en los tanques de los transformadores y considerando como fuente de ignición la electricidad en condiciones anormales por ejemplo una falla eléctrica debida a una sobrecorriente.

5.2. Comparación de resultados.

El objetivo de la comparación de resultados es verificar las condiciones en que se encuentra la planta Industria Cartonera Ecuatoriana tanto a nivel eléctrico como seguridad industrial y laboral con los cálculos y normas (NEC, NFPA 70E y NTP) que se aplicó.

Se tiene que la instalación eléctrica de la planta tiene en sus tableros eléctricos protecciones y conductores eléctricos instalados que están en algunos casos sobredimensionados comparados con los cálculos que hemos realizado, como es el caso del tablero de distribución principal de la subestación langston donde sus conductores que salen del secundario del banco 3x 250 KVA de transformadores monofásicos son 3 conductores de 600 MCM por

fase con tipo de aislamiento TW y en el cálculo que se realizó, se obtuvo que deben tener 3 conductores de 4/0 AWG por fase y con tipo de aislamiento THW.

Con respecto a las protecciones (interruptores termomagnéticos) no se ha encontrado mucha variación en la capacidad nominal de estos, y en lo referente a la capacidad interruptiva no existe información por lo que no se puede comparar dichos valores.

A continuación se presenta la siguiente tabla donde se hace la comparación en las diferentes derivaciones.

UBicación		Elemento	Dispositivos y conductores Instalados	Dispositivos y conductores recomendados
Subestación Langston (L2)	Banco 3x250KVA y Tablero de Distribución Principal	Conductor del secundario del transformador	600 MCM/TW/ 3 por fase	4/0 AWG/THW/ 3 por fase.
		Barras de Alimentación	80mmx10mm	60mmx10mm
		Conductor que sale del Tablero Distribución Principal.	300 MCM/TW/4 por fase	2/0 AWG/THW/ 4 por fase
		Interruptor Principal	1600(A) de tres polos	1200(A) de tres polos
Línea Langston (L4)	Tablero de Distribución Secundario.	Conductor que llega al T.D.S	300 MCM/TW/ 3 por fase	1/0 AWG/THW/ 3 por fase
		Interruptor	600 (A) de tres polos	400 (A) de tres polos
Derivación 1	Tablero de Distribución Secundario Derivación 1	Conductor que llega al T.D.S.D1.	300MCM/TW/ 1 por fase	1/0 AWG/THW/ 1 por fase
		Interruptor	400 (A) de tres polos	400 (A) de tres polos
Derivación 2	Tablero de Distribución Secundario Derivación 2	Conductor que llega al T.D.S.D2.	300 MCM/TW 1 por fase	1/0AWG/THW/1 por fase
		Interruptor	250 (A) de tres polos	250 (A) de tres polos
Derivación 3	Tablero de Distribución Secundario Derivación 3	Conductor que llega al T.D.S.D2.	1/0 AWG TW/1 por fase	1/0 AWG/THW/ 1por fase
		Interruptor	400 (A) de tres polos	100 (A) de tres polos
Tablero De Fuerza	Tablero de Fuerza de motor de Flauta B	Conductor para el motor	# 4 AWG/THW por línea	# 6 AWG /THW por línea
		Interruptor	225 (A) de tres polos	200 (A) de tres polos

TABLA # 35. Tabla de comparación entre lo instalado y recomendado en la instalación Eléctrica.

Los resultados que se han obtenido de los métodos de combate contra incendio no se los puede comparar, debido a que cada método tiene diferente alcance con respecto a la forma de evaluar; así como el método de Gustav Purt evalúa el riesgo del contenido y del edificio, el cual localiza los resultados en un diagrama de medidas para elegir el sistema de protección del lugar, mientras que el intrínseco evalúa por áreas de acuerdo a su actividad de producción y almacenamiento, cuyo resultado se halla las medidas de corrección a tomar mediante el reglamento de establecimiento industrial.

5.3. Aplicación y ajustes de Controles y Defensas.

Con los resultados ya obtenidos y analizados la siguiente etapa será la de corregir y aplicar controles y defensas a las áreas con sus respectivos lugares que hayan presentado un riesgo alto ya sea de tipo eléctrico que es el principal punto en analizar de la planta Industria Cartonera Ecuatoriana y los riesgos Higiene y Seguridad y Ambiente de Trabajo que son el complemento para la seguridad del trabajador.

5.3.1. Seguridad Intrínseca.

La seguridad intrínseca se refiere a la prevención de riesgo de explosión en las peores condiciones como mezcla explosiva o de atmósfera explosiva del lugar evaluado.

En nuestro caso tenemos que en algunos lugares de la planta específicamente el lugar donde se encuentran las líneas de producción aparecen acumulaciones de capas de polvo combustible a partir de las cuales pueden producirse atmósferas explosivas.

Las medidas preventivas que se deben considerar sobre el riesgo de incendio y explosión en atmósferas explosivas debido a la presencia de polvos combustibles deberían centrarse en dos ámbitos:

a. Sobre las instalaciones

– La ventilación general es contraproducente, ya que ésta puede levantar las capas de polvo depositadas sobre los equipos y ponerlas en forma de nube, aumentando el riesgo de incendio y explosión. Por ello las corrientes de aire y

- turbulencias deben de controlarse adecuadamente, aplicando extracción localizada para disminuir la concentración de polvo combustible.
- Evitar las acumulaciones de polvo mediante su recogida o eliminación.

b. Sobre los equipos eléctricos

- Impedir la entrada de polvo en el interior de equipos eléctricos mediante los grados de protección IP. Se utilizan los siguientes índices:
 - IP5x. Protección contra la entrada perjudicial de polvo.
 - IP6x. Protección total contra la entrada de polvo.

Se debe considerar que en la planta hay abundancia de polvo inflamable en el ambiente hasta incluso el polvo inflamable de cartón se encuentra sobre los conductores que están en canalización por lo que vendría ser un conductor de la electricidad, por lo que se recomienda el grado IP64.

Además se debe considerar la limitación de la temperatura superficial máxima (T.S.M) de los equipos eléctricos a la

temperatura de ignición en capa (TIC) menos a 75 °C, teniendo en cuenta que los valores de TIC son para espesores de capa de 5mm, se debe disminuir esta temperatura en 3 °C por cada milímetro adicional (a) que se prevea de capa de polvo, tomando el valor más desfavorable. Es decir: $T.S.M. \text{ menor de } TIC - 75 \text{ °C} - 3^{\circ}\text{C}(a)$

De acuerdo a diferentes pruebas de ensayos se determina que la temperatura de ignición para la capa de polvo de cartón es de 220°C y considerando el espesor de capa que es 10mm, entonces se tiene que la temperatura superficial máxima a la que debe estar los conductores que se encuentran en la canalización de las líneas de producción de la planta Industria Cartonera Ecuatoriana debe ser:

$TIC = 220^{\circ}\text{C}$

Espesor de la capa de polvo = 10mm

$T.S.M. \text{ menor de } TIC - 75 \text{ °C} - 3^{\circ}\text{C}(a)$

$T.S.M. \text{ menor de } 220 \text{ °C} - 75 \text{ °C} - 3^{\circ}\text{C}(5)$

Donde T.S.M. debe ser menor de 130°C, hay considerar que el tipo de aislamiento de los conductores THW es de 75°C, por

lo cual se debe limitar la T.S.M por debajo de ésta para así poder evitar el daño del aislamiento y posible incendio.

5.3.2. Clases de Equipos.

Para reducir las emisiones de polvo en los puestos de trabajo, deberá dotarse a las máquinas de dispositivos de aspiración. Esta medida se basa tanto en la prevención de la salud para los empleados como en la protección frente a incendios y explosiones. Deberán blindarse las máquinas y dimensionarse los dispositivos de aspiración y de transporte de modo que se consiga una succión del polvo suficiente.

5.3.3 Parámetros.

Los parámetros que se han considerado en la selección de equipos y dispositivos eléctricos para la planta son:

- El polvo de cartón,
- Agua utilizada para las limpiezas,
- Calor generado por las maquinarias y por las fugas de vapor de tuberías cercanas a conductores y tableros.

- Las distancias que se deben cumplir entre conductores dentro de las canalizaciones, distancias entre dispositivos eléctricos y electrónicos dentro de un tablero.
- La selección adecuada de la protección eléctrica tanto el valor nominal como de capacidad interruptiva.
- La selección del aislamiento apropiado de acuerdo a la temperatura de trabajo y agentes como el polvo, vapor.
- Distancias de trabajo que debe cumplir el trabajador para realizar el mantenimiento y reparaciones en los tableros eléctricos.
- Ubicación accesible de los extintores portátiles.
- Ubicación adecuada del sistema de detección considerando la altura y el área a proteger.

Todo lo anterior indicado se considera que ayuda a reducir el riesgo de incendio en las instalaciones eléctricas de la planta.

5.3.4 Lugares.

Los controles y defensas que se recomienda van hacer ubicados de acuerdo a la evaluación y valorización de los riesgos encontrados dentro de la planta por áreas y lugares con el fin de disminuir el nivel de riesgo de incendio que puede

ser originado por un riesgo eléctrico, riesgo de ambiente de trabajo, riesgo higiene y seguridad.

5.3.5 Elementos y Dispositivos.

Con el análisis de resultados de los métodos aplicados para la evaluación y valorización queda realizar la siguiente etapa que es la selección de los elementos y dispositivos para la disminución del grado y estimación del riesgo presente en un lugar dentro de la planta.

5.3.5.1 Clases.

De acuerdo a las áreas y lugares tenemos las siguientes clases y grado de protección IP donde se ha considerado los parámetros ya indicados anteriormente y la norma IEC 79 donde indica el tipo de envolvente que debe instalarse de acuerdo al lugar que está instalado, que el caso que se está tratando, donde hay presencia de polvo de cartón, vapor y además el agua se debe de considerar cuando se

realiza la limpieza. En la siguiente tabla se indica el tipo de protección de los equipos instalados.

Área/Lugar	Clase	Tipo de Protección		Observación
		IEC	IP	
A1/L2 y A2/L3	I	Antideflagrante (d)	55	No existe información sobre el tipo de protección de estos equipos en la planta
A1/L1	I	Inmersión en aceite (o) y Aumentada	34	No existe información sobre el tipo de protección de estos equipos en la planta
A2/L3 y A2/L5	II	Antideflagrante (d)	24/ 65	No existe información sobre el tipo de protección de estos equipos en la planta
A2/L4	II	Antideflagrante (d) y Aumentada	65	Recomendamos que Los conductores deben tener el tipo de aislamiento THW. NEC tabla 310-13
A2/L7	II	Antideflagrante (d)	54	No existe información sobre el tipo de protección de estos equipos en la planta

TABLA # 36. Tipo de protección IP y IEC para equipos de la planta.

FUENTE: Propia.

Las clases de aislamiento, número de conductor, capacidad del interruptor que se recomienda para los diferentes circuitos derivados se muestran en la columna de capacidad calculada de la tabla # 35 que son el resultado del cálculo que se encuentra en el apéndice G.

También se ha considerado la clase de extintores de acuerdo al tipo de fuego que se puede originar en los diferentes lugares de la planta tales como:

- Agua
- Polvo ABC
- Espumas.
- CO2
- Polvo Químico Seco (PQS)

Las medidas de control y defensas que se sugieren para las respectivas áreas y lugares están desarrolladas en el Apéndice I.

5.4 Protección Personal y Primeros Auxilios.

La vida del trabajador es lo más importante de una empresa, por lo que se debe dar a conocer el gran riesgo que hay frente a la electricidad y otros riesgos de menor grado que igual puede causarle accidentes. Se debe considerar lo siguiente:

- **Alejamiento de partes vivas de la instalación eléctrica,** donde comprende las distancias de trabajo entre el tablero y el trabajador para realizar trabajos ya sean de mantenimiento o de reparación lo cual puede presentar un arco eléctrico que viene consigo una energía incidente que producirle quemaduras si no cumple con el uso del equipo de protección personal y las distancias indicadas de trabajo. A continuación se muestra la tabla de resultados obtenidos del cálculo de arco eléctrico.

Lugares Analizados (Punto de Falla)	E (cal/cm ²)	Frontera protección arco eléctrico Ó Dc (cm)	Limited de aproximación (cm)	Distancia restringida (cm)	Distancia de trabajo (cm)
En F2	31,46936376	47,31	106,68	30,48	45
En F3	30,35524636	39,71	106,68	30,48	45

TABLA # 37. Distancias de trabajo permitidas entre el trabajador y el tablero eléctrico.

- **Interposición de obstáculos,** se los usan para evitar contacto directos con las partes vivas y estos pueden ser:
 - 1.- Colocación de candados a las puertas de los tableros eléctricos.
 - 2.- Colocación a la puerta de entrada/ salida de la subestación eléctrica Langston.
 - 3.- Colocación de muros o barreras a las partes energizadas con el objetivo de limitar contacto directo del trabajador con el equipo

eléctrico por ejemplo terminales de entrada y salida de los transformadores de la subestación langston.

- **Recubrimientos de las partes energizadas**, usando pantallas de protección con respecto barras y cables de alimentación.

5.5 Equipos de protección personal.

Los equipos de protección personal (EPP) deben proteger al trabajador de cualquier tipo de accidente que se pueda presentar en el puesto de trabajo.

Se recomiendan los siguientes equipos de protección personal de acuerdo al área y lugar de trabajo:

En el área A2 de la planta de elaboración de cajas de cartón de doble corrugado tienen los operadores los siguientes equipos de protección personal:

- Protector Auditivo de Tapón.
- Guantes de cuero corto.
- Botas de caucho media caña.
- Pantalón
- Camiseta.

Se recomienda lo siguiente:

- El uso obligatorio del protector auditivo de tapón
- El uso obligatorio de las botas de caucho media caña, porque los operadores van con zapatos de lona que no son los adecuados.

En el lugar de preparación de almidón L6 tenemos:

- Delantal de Vinil (Ind. P/Químicos).
- Guantes de Cuero Largo.
- Mascarilla Plástica/Polvo 7250.
- Botas de Caucho Largas.
- Faja Antilumbargo.

Se recomienda lo siguiente:

- Protector Visual Monogafas
- También las mascarillas.

En el lugar del triturador y empaquetamiento del residuo de cartón

(L7) tenemos:

- Guantes anticortes.
- Mascarilla Plástica/Polvo 7250.
- Protector Auditivo tapón.
- Botas de Caucho Media Caña.

Se recomienda lo siguiente:

- Uso Obligatorio del casco de Seguridad.
- Protector Auditivo Orejeras.
- Y Faja antilumbargo.

En el lugar de Imprentas (L9) tenemos:

- Mascarilla / Respiradores.
- Guantes Resistentes a Químicos.
- Botas de Caucho Largas.

Se recomienda lo siguiente:

- Uso del casco de seguridad.
- Protectores Auditivos de Tapón.
- Delantal de Vinil (Ind. P/Químicos).

A continuación se complementa la selección de equipos de protección personal para protección del arco eléctrico tomada del NFPA 70E:

La selección de los EPP depende de las calorías que se ha calculado de acuerdo a los lugares evaluados, por lo que se identificará con un color amarillo el sistema de protección que se debe utilizar de acuerdo a las categorías de peligro/ grado de riesgo,

el cual se indica en las tablas #38 y #39 ubicadas en el Apéndice I.

5.6. Herramientas de trabajo.

Para evitar los accidentes eléctricos hay que verificar las condiciones físicas y uso apropiado de las herramientas de trabajo de acuerdo a la actividad de trabajo, tales como:

- Destornilladores, pinzas, entre otras con mango aislante.
- Multimetros encerados.
- Amperímetros encerados.
- Cinta aislante.
- Pértigas aislantes.

5.7 Áreas de Trabajo.

El área de trabajo debe ser un lugar accesible donde pueda realizar el trabajador su actividad.

En el caso que se va a tratar es el área de trabajo donde se encuentran los tableros eléctricos, entonces se debe conocer que un tablero eléctrico es un sistema compuesto de un fluido (el aire) y de cuerpos sólidos en los que el paso de corriente eléctrica va acompañada de pérdidas de energía que provocan una elevación

de temperatura. Por lo que se puede decir que los dispositivos eléctricos que conforman un tablero son fuente de calor donde se producen los fenómenos térmicos de conducción, radiación y convección. Una vez indicado lo anterior se puede describir lo observado y recomendado del área de trabajo:

En el área A1 Subestación de Baja Tensión y lugar L2 tenemos 2 tableros de distribución opuestos entre sí que alimentan a las líneas de producción Langston, S&S y otros circuitos donde se ha verificado que la distancia para trabajo entre tableros es de 0.80 m por lo que se puede decir que es muy peligroso realizar mantenimiento al mismo tiempo a equipos opuestos entre sí, por lo que el NEC 110-16 indica que se debe mantener una distancia 1.1m entre equipos para poder realizar mantenimientos y en caso de que no se cumpla se puede proceder a trabajar siempre y cuando el personal de trabajo sea calificado, solo se vaya a realizar trabajos en un solo tablero y existan procedimientos de trabajos. Además se tiene en este lugar los conductores que salen del transformador sin barreras de protección, con incorrecta ordenación

y sin identificación de los conductores, lo cual es un riesgo presente para los trabajadores.

En la figura se muestra lo expuestos.



FIGURA # 5.5. Ubicación de los tableros eléctricos.
FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana

Se ha verificado que en el área A2 y lugar L3 donde están los tableros eléctricos de baja tensión de la línea Langston, la distancia entre tableros de las flautas B y C es menor que 4 pies (1.20 m) lo cual se verifica que no cumple con lo indicado en el NEC artículo 110.16. Se debe cumplir con esta distancia con el fin de evitar el intercambio de calor por efecto de radiación, inducción electromagnética que puede perjudicar las señales de voltajes de las tarjetas de campo que conforman el driver de cada flauta de corrugado.

Se muestra a continuación la distancia en que se encuentran los tableros de fuerza de las dos flautas en la siguiente figura.



FIGURA. 5.6. Lugar de trabajo.

FUENTE: Industria Cartonera Ecuatoriana.

5.8. Conocimiento y capacitación del trabajo a realizar.

El trabajador debe ser calificado y capacitado para poder desarrollar correctamente sus tareas asignadas.

Se va ha considerar el tipo de trabajo eléctrico donde el grupo de trabajo debe conocer las condiciones en que se debe de trabajar con tensión y sin tensión, porque todo trabajo en una instalación eléctrica con tensión, o en su proximidad, conlleva un riesgo eléctrico.

A continuación se indicara algunos pasos que se debe considerar en el momento de realizar un trabajo eléctrico.

1.-Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación deben hacerse antes de realizar un trabajo y reponerla al terminar el trabajo.

2.- Usar candados o cartillas cuando se vaya a realizar la desconexión del circuito a trabajar, se debe verificar la ausencia de tensión en el sistema eléctrico para evitar voltajes residuales peligrosos y tomar las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación.

3.- La zona de trabajo deberá delimitarse o señalizarse siempre que exista riesgo para otros trabajadores o personas ajenas a la actividad.

5.9. Grado de Consecuencias sobre la salud de los trabajadores.

Para obtener el grado de consecuencias sobre la salud de los trabajadores se ha desarrollado una tabla basada en algunos artículos técnicos del instituto nacional de seguridad de higiene en el trabajo (España) y el libro de Seguridad e Higiene de Trabajo, dicha

tabla # 13 hasta tabla # 17 se han usado para valorizar las áreas de la planta Industria Cartonera Ecuatoriana

Con respecto al grado de consecuencia se ha tratado de recomendar los equipos de protección personal de acuerdo a la actividad y ambiente de trabajo con la finalidad de evitar enfermedades respiratorias, que son las más propensas que el trabajador las adquieran por la gran cantidad de polvo de cartón que se encuentra en el ambiente.

En el Apéndice I se detalla las medidas de control tomar en consideración para prevenir posibles riesgos.

5.10. Sistemas de combate contra incendios.

Para determinar el sistema de combate contra incendios nos basaremos en los dos métodos de riesgo intrínseco y de Gustav Purt que nos dan las Mega calorías/ metros cuadrados (Mcal/m²) por área de estudio, edificio y contenido. Las Mcal/m² nos sirven para considerar la cantidad de agua o sustancias químicas mínimas necesarias para poder apagar el incendio.

La protección contra incendios comprende dos etapas que son: protección pasiva y protección activa.

La protección pasiva son las medidas a adoptar de acuerdo a un diseño funcional y que logre llevar el peligro de incendio al mínimo, con la utilización de muros cortafuegos y estructuras resistentes al calor, salidas de emergencia.

La protección Activa esta conformada de sistema automático y sistema no automático. Para el caso que se analiza su protección activa va ha ser de sistema no automático o manual y se refiere a un sistema convencional formada por las etapas: Fuego, Detección, Alarma, extinción, sirenas, llamada a bomberos. Dentro de la etapa extinción se tiene establecimientos fijos como bocas de incendio, motobombas, extintores.

5.11. Clasificación de Incendio.

La clasificación de incendio se ha realizado según el tipo de material inflamable de acuerdo a los sectores de la planta Industria

Cartonera Ecuatoriana y a la vez se recomienda el tipo de extintor a usar, los cuales son:

Clase A: Los materiales sólidos que se ha clasificado en esta clase son:

- Bobinas de papel,
- Residuos de cartón,
- Polvo de almidón.
- Pallets,
- Láminas de cartón,
- Plásticos que se usan para cubrir el producto terminado.

Extintores recomendados para combatir fuego Clase A:

- Agua
- Polvo ABC

Clase B: Producidas sobre las superficies líquidas inflamable tales como: - Solvente: Resina,

- Tintas Flexográficas,
- Aceites de Transformadores.

Extintores recomendados para combatir fuego Clase B:

- Espumas.
- CO2

Clase C: Producidas sobre equipos eléctricos que están con tensión eléctrica tales como:

- Tableros eléctricos de fuerza y control,
- Motores Eléctricos,
- Transformadores eléctricos,
- Conductores Eléctricos.

En el caso no haber tensión eléctrica en estos equipos, pasan a ser de clase A o clase B.

Extintores recomendados para combatir fuego Clase C:

- Polvo ABC
- CO₂,
- Polvo Químico Seco (PQS)

5.12. Equipos auxiliares.

Los equipos auxiliares nos ayudan a prevenir un incendio desde la etapa de su formación; usando los resultados del método de Gustav Purt en el diagrama de medida se obtiene el sistema de protección a usar, se ha elaborado una tabla con sus respectivas medidas, la cual es presentada a continuación.

Sectores que conforman el establecimiento industrial.	IR	GR	Obtenidas del Diagrama de Medidas (Medidas de protección)
Almacenamiento de bobinas médium.	12	4,62	Doble protección por instalación de predetención y de extinción automática necesaria.
Almacenamiento de producto terminado (cajas de banano)	12	1,62	Instalación de predetención
Almacenamiento de producto terminado (cajas domestica)	12	1,62	Instalación de predetención
Aditamento	1,5	0,67	El riesgo es todavía menor, en general, no son importantes las medidas de protección.
Pallets.	8	1,2	Instalación de predetención necesaria; instalación automática de rociadores no apropiadas al riesgo.
Almacenamiento de Resina sintética líquida	1	0,77	El riesgo es todavía menor, en general, no son importantes las medidas de protección.
Almacenamiento de Almidón de Maíz.	1	1,11	El riesgo es todavía menor, en general, no son importantes las medidas de protección.
Almacenamiento de Tinta para impresión de cajas.	3	1,31	Instalación de predetención necesaria; instalación automática de rociadores no apropiadas al riesgo.
Subestación Eléctrica.	8	1,11	Instalación de predetención necesaria; instalación automática de rociadores no apropiadas al riesgo.
	8	1,31	Instalación de predetención necesaria; instalación automática de rociadores no apropiadas al riesgo.

TABLA # 40. Medidas de protección basados en el diagrama de medidas.

FUENTE: Propia.

Para complementar las medidas de protección se ha seleccionado mediante el método intrínseco y NTP600 el tipo de la caracterización del establecimiento industrial Cartonera Ecuatoriana

como tipo C, lo que conlleva a la siguiente tabla # 41 donde se muestra la protección contra incendio que se recomienda de acuerdo al área y lugar evaluado

	Sectores que conforman el establecimiento industrial.	Superficie total construida del sector de incendio S(m2)	Nivel Riesgo Intrínseco	Protección Contra Incendio
Almacenamiento	Almacenamiento de bobinas Médiun y producto terminado	36243	Alto	Sistema automático de detección o rociadores automático de agua Sistema manual de alarma de incendio y sistema de extinción.
	Almacenamiento de Resina sintética líquida y tinta de impresión	263	Alto	Sistema automático de detección o rociadores automático de agua Sistema manual de alarma de incendio. y sistema de extinción.
	Almacenamiento de Almidón de Maíz.	454	Medio	Sistema de extinción mediante agentes extintores gaseosos y sistema de extinción.
Producción y Transformación	Línea Langston y S&S Y	36243	Alto	Sistema manual de alarma de incendio. y sistema de extinción.
	Imprenta	36243	Alto	Sistema automático de detección o rociadores automático de agua nebulizada y sistema de extinción.
	Aditamento	1083	Alto	Sistema manual de alarma de incendio y sistema de extinción.
	Subestación Eléctrica.	40	Alto	Sistema automático de detección (fototérmico) o rociadores automático de agua nebulizada y sistema de extinción.

TABLA # 41. Medidas de protección contra incendios recomendadas para la Industria Cartonera Ecuatoriana.

FUENTE: Propia.

Las medidas del sistema manual de protección contra Incendio tienen el siguiente orden:

Detección-Alarma-Extinción, Sirenas y Llamada a bomberos.

Según los resultados obtenidos por los dos métodos de evaluación de incendio aplicado en la Industria Cartonera Ecuatoriana, se selecciona el sistema de protección manual en los lugares:

- *En la subestación eléctrica* cuya superficie es de 40 m² se recomienda el uso de detectores tipo fototérmico porque su aplicación es para lugares donde se acumula rápidamente el calor como el caso de un cortocircuito. Por lo que se requiere 1 detector fototérmico por el área ya que estos tienen un máximo de 80 m², colocado en la parte superior, entre los transformadores que es la superficie a proteger. En el caso de que ocurra un incendio este debe activar una alarma auditiva o visual que indique el siniestro y así tomar el respectivo medio de extinción.

En lo referente al medio de extinción de acuerdo a las tablas mencionadas se recomienda el sistema de forma automática y seleccionamos el de tipo inundación mediante gas CO₂ que es la más recomendada para lugares de salas técnicas, se entiende como sala técnica aquellas donde se ubican equipos concretos,

como son los transformadores, generadores u otros. Además hay que adicionar otro sistema de tipo de extinción mediante extintores manuales que de acuerdo a la sección 5.11 indica la clase a usar.

- *En el almacenamiento de tintas para cajas de cartón* cuya superficie es 263 m², se requiere detectores de llama los cuales se usan generalmente donde puede presentarse un fuego en forma de llama abierta en los cuales su evolución es rápida, por lo que sugerimos la colocación de 3 detectores ubicados entre ellos a una distancia entre 8 a 9 m. Antes de actuar el medio de extinción automática debe activarse la alarma para indicar al personal lo ocurrido. Entonces el medio de extinción es del mismo tipo anterior por CO₂. Como extintores manuales se usa de acuerdo a la sección 5.11.

- *Los pallets* cuya área se la considera como la misma área que contiene al producto terminado la cual es 1689 m², se recomienda detectores ópticos de humo donde pueden existir fuegos de evolución lenta. La cantidad requerida de detectores son 20 y hay que recordar que cada uno tiene la cobertura máxima de 80 m² y una distancia entre ellos de 8 a 9 metros. Uso de alarma luego de

detectar humo. Recomendamos el sistema de extinción automático por agua conocido como rociador o sprinklers. Además el uso de extintores manuales es de acuerdo a la sección 5.11.

- *En el almacenamiento de bobinas médium* donde el área es 21906 m² se recomienda como medio de detección al detector óptico de humo, y como medio de extinción manual tenemos de acuerdo a la clase de fuego el extintor portátil a usar como lo indica la sección 5.11, pero por la gran superficie a considerar y el resultado de la tablas anteriores también se recomienda al sistema de hidrantes exteriores, el cual va hacer desarrollado en la siguiente sección.

- *En el Almacenamiento de almidón de maíz* cuya superficie es de 454 m² se recomienda el sistema de extinción mediante extintores portátiles manuales de acuerdo a la sección 5.11.y su respectiva activación del sistema de alarma.

- *En el almacenamiento de resina sintética líquida* cuya superficie es 263 m² se recomienda el sistema de extinción mediante agente

extintores gaseoso manuales lo que indica la sección 5.11. Sin olvidar el sistema de alarma que se debe activar.

- *En el lugar de aditamentos* donde la superficie de esta es de 1083 m² se recomienda el sistema manual de alarma de incendio por medio de transmisión por pulsadores de alarma o por megafonía. La cobertura y la ubicación de los pulsadores de alarma se indicaran en el Apéndice H.

Como medio extinción por extintores portátiles lo que indica la sección 5.11.

- *El área de almacenamiento de producto terminado (caja domesticas S&S)* la cual es 1484 m² donde se recomienda el uso de detectores ópticos de humo. Uso de sistema de alarma. sistema de extinción mediante extintores portátiles de acuerdo a la clase de fuego que se puede producir según la sección 5.11.

Sistemas de Alarmas de Incendio.

A continuación se expone en lo que consiste el sistema de alarma.

El sistema de alarma puede ser manual o automática y los elementos de transmisión a base de sirenas. Esta instalación de

alarma hace posible la transmisión de una señal de alarma a los ocupantes del lugar, activándose desde un lugar de acceso restringido para que únicamente pueda ser puesta en funcionamiento por las personas encargadas de la evacuación.

Se recomienda instalar sistemas manuales de alarma de incendio de acuerdo a los resultados obtenidos, situando un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, en todos los lugares ya evaluados.

5.13. Ubicación de Hidrantes.

Se recomienda para la protección contra incendio en la planta Industria Cartonera Ecuatoriana colocar 20 hidrantes con 14 gabinetes de mangueras y pitones (tomas) de 1 ½ y 2 ½ plg., cubren todo el perímetro de la planta.

Existen dos sistemas de combate contra incendio aplicados para la planta, el cual consta de un sistema de baja presión y uno alta presión.

El sistema de baja presión cubre todo el contorno de la planta, para disponer de un adecuado abastecimiento de agua la instalación

deberá de disponer de una reserva propia de agua de 169.000 galones, mientras que el de alta presión protege el interior de los galpones de producción y de almacenamiento de material en proceso y terminado, el cual consta de 2 tanques de agua, de capacidad 4500 galones por c/u localizados cerca del área de calderas.

Se requiere de un grupo de bombeo o bomba contra incendio para baja presión cuya potencia es de 150 Hp con una presión de 100 a 120 psi y una entrega de 500 GPM.

Las bocas tomas para acoplamiento de mangueras son de 1 ½ y 2 ½ plg, similar a la utilizadas por el cuerpo de bomberos.

Los gabinetes tienen casetas metálicas con techo de Zinc que sirve para proteger a las mangueras de un 1 ½ y 2 ½ plg.

En alta presión se tiene un equipo de bombeo cuya capacidad de entrega es de 600 GPM con un rango de presión de 700 a 800 PSI.

Las mangueras tienen una longitud de 30 m con un alcance de

chorro de 15 m, así podemos llegar a cualquier origen del incendio que esté a unos 45 m.

Las necesidades del uso de hidrantes exteriores vienen establecidas de acuerdo a la clase de establecimiento Industrial que indica el reglamento de seguridad contra incendios en establecimiento industrial donde se tiene un que la Industria Cartonera Ecuatoriana es de tipo C y con nivel de riesgo intrínseco alto por lo cual se obtiene un caudal de 3000 litros/minuto para los respectivos hidrantes, donde este caudal se ajustara a la presión requerida y la reserva de agua será igual o superior a la requerida por el sistema.

5.14 Plan de Evacuación

El plan de evacuación se lleva a efecto cuando se desencadena la alarma general. En caso que se produzca un incendio las personas capacitadas y asignadas para realizar la evacuación por cada turno, deben guiar al personal de trabajo a abandonar el área del siniestro y llevarlos al punto de encuentro exterior.

Las puertas de salidas de la planta industrial permanecen abiertas o utilizables en todo instante. Cada puerta de salida tiene un ancho de 6m y la longitud aproximada de la planta es de 80 m.

De acuerdo a la NFPA 101, da una disposición de las vías para las salidas en caso de emergencias para plantas industriales, en nuestro caso el recorrido máximo desde la ubicación de la persona hasta la más próxima puerta de salida de emergencia, no debe ser mayor a 30m porque no presentan la instalación rociadores automáticos.

En el plano de Evacuación, el cual está en el apéndice H, se indica la cantidad de puertas de salida emergencia que son 8, donde se muestran las diferentes rutas de salida mediante flechas de color rojo, que conduce a la persona dependiendo del lugar que se produzca el incendio hasta el punto de encuentro.

Dichas puertas de salidas de emergencias están ubicadas en las partes laterales de los galpones. Las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

- La puerta # 1 está ubicada a la entrada/salida de la planta.
- La puerta #2 está ubicada a la entrada/salida del lugar de imprentas United 2 y 3.
- La puerta # 3 está ubicada a la entrada/salida del lugar de imprentas Ward, United 1.
- La puerta # 4 está ubicada a la entrada/salida del lugar del almacenamiento de producto terminado.
- La puerta # 5 está ubicada a la entrada/salida del lugar de las líneas S&S Y Langston.
- Las puertas # 6 y # 7 están ubicadas a la entrada/salida del lugar almacenamiento de bobinas médium.
- La puerta # 8 está ubicada a la entrada/salida del lugar aditamento.

Además cabe indicar que en la sección de corrugadoras, imprentas se debe evitar transitar en el espacio entre ellas para disminuir el riesgo de caídas, resbalones, golpes a causa de pánico formado por el incendio.

Las salidas de emergencia hacia el exterior deben ser conocidas por los trabajadores mediante simulacros realizados con las personas asignadas para ayudar a evacuar al resto del personal,

además todos deben conocer los lugares donde se encuentran dichas puertas mediante el plan de evacuación de la planta, el cual debe estar ubicado en un lugar accesible, y visible.

También se debe de asegurar la evacuación de forma ordenada.

Comprobar que todas las personas ubicadas en sus zonas abandonen las instalaciones y se dirijan al punto de reunión exterior.

Si el lugar no es el afectado también se dirigirán al punto de reunión exterior., en cambio si el lugar es el afectado se pondrán las máquinas en posición segura, desconectando la parte eléctrica.

Prestar los primeros auxilios a posibles accidentes.

Informar al responsable del punto de reunión exterior de las personas extraviadas.

El punto de encuentro / reunión del personal evacuado de la Industria Cartonera Ecuatoriana es el parqueadero, que queda a la entrada de la instalaciones. En este punto se procede al recuento y comprobar que no quede nadie dentro de los lugares afectados o en caso contrario informar a los bomberos para que procedan a su búsqueda.

CONCLUSIONES

1. La instalación eléctrica de la línea de producción langston está expuesta a un ambiente muy polvoriento que es causado por el propio proceso de elaboración de las láminas de cartón, el cual está en mayor cantidad formando capa sobre los cables que están colocados en canalizaciones tipo escalera. Estos cables se encuentran mal agrupados, y combinados los conductores de control y de fuerza en la misma canalización.

La acumulación de polvo formando la capa de 10mm y la incorrecta agrupación trae como resultado una mala disipación de calor, más la inducción que produce la cercanía de estos, lo cual altera el valor de la corriente nominal de la carga y siendo esto una causa de sobrecarga. Además se produce un daño en el aislamiento por la elevación de la corriente y la incorrecta disipación por la capa de polvo. Y si a esto se le agrega la mala agrupación puede provocar un cortocircuito pudiendo originar un incendio que es lo que se considera de mayor riesgo en la planta de la Industria Cartonera Ecuatoriana.

2. Los tableros eléctricos de fuerza de la línea langston que pertenecen a las flautas B y C se puede decir que no cumple con la distancia entre los dispositivos eléctricos que determina el NFPA 70E con el fin disminuir los efectos térmicos e inductivos que se producen en los tableros.

Además se ha comprobado que los trabajadores del departamento eléctrico no trabajan a una distancia de seguridad y no usan los equipos de protección personal adecuados para realizar mantenimiento o reparación en estos, por lo cual se ha calculado estas distancias por las fórmulas que indica la IEEE std 1584 para evitar accidentes eléctricos.

3. Como ya se indicó que el polvo de cartón está presente en el ambiente deben seleccionarse para tableros, motores y canalización el índice de protección tanto para el polvo y el agua que puede caer en todas las direcciones cuando se realiza la limpieza.

4. En la subestación eléctrica langston, se tiene un banco de transformadores monofásicos y un transformador trifásico. Donde los cables de la parte secundaria del banco están de una forma no apropiada, los cuales no están en canalización y solo se encuentran sujetos por los extremos mediante aisladores, que es un riesgo presente para la persona autorizada que ingresa a lugar, y así pudiendo originar accidentes de electrocución .

El NEC sección 450-27, indica que todo transformador debe tener una área de confinamiento o cuba en caso de que se produzca un derrame de aceite mineral, el cual es un producto contaminante e inflamable que puede iniciar un incendio. Este lugar no presenta ningún sistema de detección y alarma en caso de que se presenta un incendio.

5. Se ha evaluado y valorizado el lugar de aditamento, donde se obtuvo un nivel de riesgo alto por la presencia de material combustible como son las pacas de residuos de cartón y la presencia de mucho polvo en el ambiente por el proceso de la formación de estas. Todo este polvo del ambiente se deposita tanto en tableros eléctricos, cables y motores y con respecto al operador no usa el equipo de protección personal adecuado para trabajar en este lugar.
6. El lugar de las imprentas presenta un riesgo bajo, a pesar de esto hay presencia de olores fuertes debido a la tinta, el cual es respirado por los operadores que no usan el adecuado equipo de protección personal y también la presencia de pisos mojados que pueden originar accidentes por caídas
7. Con respecto a los lugares de almacenamiento de bobinas de papel y cajas de cartón se tiene que no existe un sistema de detección del

incendio, donde estos lugares presentan un nivel de riesgo alto, tanto por contener materiales inflamables y la cantidad que está presente.

8. Después de haber indicado lo anterior queda por finalizar que no existe un control de la velocidad de los montacargas y el no cumplimiento de los sitios donde deben colocarse las bobinas que van a ser utilizadas en el turno.

RECOMENDACIONES

1) Realizar limpieza de polvo en las canalizaciones cada trimestre. Se sugiere la colocación de colectores de polvo en las canalizaciones. Esto reemplaza lo indicado anteriormente. Además debe corregirse el dimensionamiento, tipo de aislamiento, agrupación, identificación de los cables por circuitos y la separación de los circuitos de control y fuerza en diferentes canalizaciones.

2) Realizar el ajuste de la corriente de cortocircuito al valor I_K en los interruptores termomagnético de cada carga a proteger.

Reordenamiento en base a las distancias entre dispositivos eléctricos dentro del tablero que se debe mantener.

Considerar la puesta a tierra de cada tablero eléctrico.

Colocar sobre las puertas de los tableros eléctricos candados y carteles acerca donde indiquen las distancias de seguridad que debe cumplir el personal autorizado cuando realiza un trabajo con sus respectivos equipos de protección.

3) Considerar los índices de protección que se han ubicado en una tabla del capítulo 5 que deben tener los tableros, motores y canalizaciones para el ambiente que existe en la planta el cual esta conformado por polvo y agua.

4) En la subestación eléctrica Langston se debe identificar las fases y considerar el tipo de aislamiento adecuado (THW) para los conductores de baja tensión con la cantidad adecuada de los conductores por fase. Estos conductores tienen que estar soportados por canalización considerando el lugar donde se va instalar.

Se debe elaborar cartillas donde indiquen las características físicas, químicas y eléctricas para cada transformador. También se debe construir un área de confinamiento de derrame de aceite para el banco de transformadores monofásicos y otro para el transformador trifásico.

Instalar un sistema de detección, alarma y sistema de extinción considerando el estudio realizado para el lugar.

Colocar candados seguridad para evitar el ingreso de personas no autorizadas al lugar.

5) Se exige en Aditamento el uso obligatorio de equipo de protección personal tanto por ruido como por el polvo y otros peligros que pueden

existir en el trabajo al realizar. Con respecto a los equipos eléctricos considerar el índice de protección para estos.

6) En la sección de imprentas se recomienda el uso obligatorio de equipo de protección personal tanto por ruido como por los olores fuertes de la tinta y otros peligros que pueden existir en el trabajo al realizar. Con respecto a los equipos eléctricos considerar el índice de protección para estos.

7) Instalar sistemas de detección de incendio y sistema de combate contra incendio para las áreas de almacenamiento de materia prima y producto terminado considerando los resultados obtenidos de los métodos contra incendio ya desarrollados en la tesis.

8) Mayor control en el trabajo de los montacargas tanto por la colocación de las bobinas como otras actividades que conciernen al proceso y la reducción de la velocidad de manejo de estos.

BIBLIOGRAFIA

1. [http:// www.funken.com.mx](http://www.funken.com.mx).
2. Protecciones Eléctrica: [http:// www.monografia.com](http://www.monografia.com)
3. Código Eléctrico Nacional (NEC), traducido por México, Edición 1999, sección (430-10) (a)(c) PAG. 37.
4. Código Eléctrico Nacional (NEC), traducido por México, Edición 1999, sección (384-5) PAG. 37.
5. Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo (NFPA 70E), Edición 2004, artículo 420.4.
6. Gilberto Enríquez, El ABC de las instalaciones Eléctricas Industriales, Editorial LIMUSA S.A, PAG. 421-423.
7. Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo (NFPA 70E), Edición 2004, artículo 400.20

8. Estudio de Arco Eléctrico, UCROMILES., Año 2007.
9. Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo (NFPA 70E), Edición 2004, Anexo D, PAG..102.
10. Norma IEEE Std 1584 del 2002.
11. Gilberto Enríquez, El ABC de las instalaciones Eléctricas Industriales, Editorial LIMUSA S.A, PAG. 122.
12. Código Eléctrico Norteamericano, traducido por México, Edición 1999, sección (318-5(a)). PAG.. 30.
13. Código Eléctrico Norteamericano, traducido por México, Edición 1999, sección (310-10). PAG.. 30.
14. Gilberto Enríquez, El ABC de las instalaciones Eléctricas Industriales, Editorial LIMUSA S.A, PAG. 198.
15. Código Eléctrico Norteamericano, traducido por México, Edición 1999, sección (240-80). PAG. 80.

16. Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo (NFPA 70E), Edición 2004, artículo 400-14.
17. Cuaderno Técnico nº 158. Cálculo de corrientes de cortocircuito. Schneider Electric España S.A.
18. Libro de Seguridad e Higiene del trabajo, Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales, Cortés Díaz José Maria. Edición Tercera. Año 2002. PAG.371-373
19. Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.spri.upv.es>.
20. Guía de Seguridad de Laboratorios Universidad de Alcalá: <http://www.gsl.upa.es>.
21. Riesgos Eléctricos. <http://www.monografias.com>.
22. Guía técnica: Riesgo eléctrico. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2003.

23. NTP 567: Protección frente a cargas electrostáticas:
<http://www.mtas.es/insht>.

24. Seguridad e Higiene del trabajo, Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales, Cortés Díaz José Maria. Edición Tercera. Año 2002.PAG.116.

25. Seguridad e Higiene del trabajo, Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales, Cortés Díaz José Maria. Edición Tercera. Año 2002.PAG.526.

26. Seguridad e Higiene del trabajo, Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales, Cortés Díaz José Maria. Edición Tercera. Año 2002.PAG.120-121, 151-154.

27. Resumen de métodos y Características para la identificación de riesgos. Dirección General de Protección Civil y de Emergencia, Organismo del Ministerio Interior de España.

28. Nota Técnica de Prevención 333: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores": Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

29. Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales. RD 2267/2004. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

30. Nota Técnica de Prevención 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

31. Nota Técnica de Prevención 36: Riesgo intrínseco de incendio. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

32. Nota Técnica de Prevención 100: Evaluación del riesgo de incendio. Método de Gustav Purl. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

33. Mallas de puesta a tierra. D.E.A. - oficina de normalización. España