**CAPÍTULO 5**

**5. DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO BASADO EN NORMAS NFPA**

* 1. **Análisis de Riesgos Existentes.**

El objetivo principal de este análisis es determinar los factores más influyentes en la gravedad de los accidentes que podrían afectar las instalaciones, la continuidad de las operaciones de la Empresa y las personas que trabajan en ella y sobre todo poder desarrollar un sistema de protección contra incendios para minimizar el potencial peligro en caso de accidentes.

Por tanto, para poder decidir si un tipo de riesgo es aceptable, se requiere estimar su magnitud, por lo que se requiere realizar un análisis sistemático y lo más completo posible de todos los aspectos que implica. Se trata de estimar el nivel de peligro potencial de la actividad que se realiza en la Agencia para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.

Como primer paso para este procedimiento se debió realizar una inspección técnica minuciosa a lo largo de todas las instalaciones de la Empresa para de esta manera establecer el tipo de riesgo existente, tomándose en cuenta factores como son protecciones existentes, organización de la seguridad (orden y limpieza, manipulación y almacenamiento de materiales, prohibiciones, etc.), protecciones externas como Cuerpo de Bomberos más cercano, entre otros.

La Empresa se encuentra distribuida o sectorizada en las siguientes áreas:

* Oficinas Administrativas
* Galpón para almacenamiento en estanterías de productos terminados.
* Bodegas adicionales
* Parqueo cubierto y patio
* Duchas, vestidores y baños
* Comedor
* Cuarto de panel eléctrico

En el plano se observa la distribución de la Empresa y se ilustra el Sistema Contra Incendio para los sectores más delicados. **Ver anexo Plano 2**

Por las inspecciones realizadas y evaluando el riesgo basándose en las definiciones que estipula la norma NFPA 13 sobre la cantidad y la combustibilidad de los contenidos, las tasas de liberación de calor esperadas, el potencial de liberación de energía, la altura de las estanterías de almacenamiento y la presencia de líquidos inflamables y combustibles, se pudo determinar que el área de mayor riesgo es la del galpón para almacenamiento de producto terminado, por consiguiente se lo define como **Riesgo Ordinario Tipo II**

Las características del mismo son:

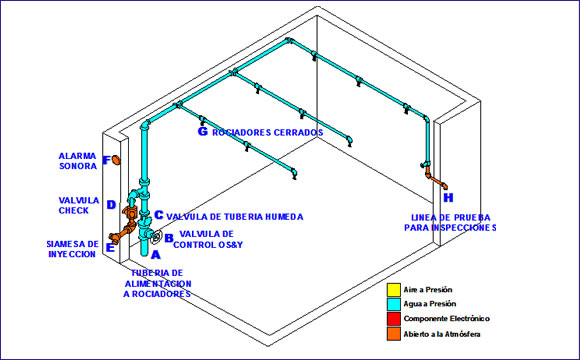
* Altura del techo: 4.5 – 6.0 m
* Altura de almacenamiento: 4.0 – 5.0 m (piso)
* Área de construcción: 4200 m2
* Tipo de material: cajas con producto y otros materiales de embalaje
  1. **Método de Extinción a Aplicarse.**

De acuerdo a las normas de Prevención y Seguridad Contra Incendios establecidas por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, se recomienda como Sistema de Defensa Contra Incendios uno mixto compuesto de una parte hidráulica (bocatomas y rociadores automáticos) y otra a base de extintores (extintores manuales y sobre ruedas).

* 1. **Selección del Tipo de Sistema de Rociadores Automáticos.**

En este proyecto se seleccionó el sistema de tubería húmeda que es un sistema de rociadores cerrados en el cual los ramales de tubería están normalmente llenos de agua a presión. Tras la operación del elemento fusible de uno o más rociadores, el agua es descargada inmediatamente en el área protegida.

Es un sistema que por su sencillez y rapidez de actuación es altamente confiable y requiere poco mantenimiento



**FIGURA 5.1 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍA HÚMEDA**

* 1. **Determinación del Caudal requerido y Cálculo del cabezal dinámico total.**

Para determinar el caudal necesario primero se calcula el área a proteger. En el análisis de riesgo que existen, se determinó que el área a proteger por sistema de rociadores automáticos es el galpón para almacenamiento de producto terminado.

El caudal requerido será el necesario para abastecer el sistema de rociadores más el caudal de una bocatoma contra incendio equipado.

**Densidad y Área de diseño**

El área del galpón destinada para el almacenamiento en estanterías para producto terminado se determinó en 216 m2 (2325 ft2) y con el tipo de riesgo establecido (Riesgo Ordinario Tipo II) se calcula la densidad de aplicación la cual viene dada en galones por minuto y por pie cuadrado (gpm/ft2)(figura 3.1)

Para la curva del grupo Ordinario II se obtiene que el caudal de agua necesaria en la red de rociadores automáticos es:

Donde:

**Q =** caudal necesario en la red de rociadores (gpm)

**A =** área de operación de los sprinklers (m2 ó ft2)

**ρ =** densidad (gpm/ft2)

Se considera normalmente que la presión para obtener una acción eficaz del caudal de un rociador es de 7 psi (48 Kpa); se selecciona un rociador abierto estándar de ½” con una constante k de 5.6 y una presión de 10 psi, el caudal de cada rociador es:

Tomando en cuenta los datos obtenidos se calcula el número de rociadores necesarios para proteger el área de almacenamiento establecida, el cálculo se realiza en base al tipo de riesgo que en este caso corresponde a Riesgo Ordinario, al área de operación y el área de cobertura de cada rociador.

Se necesitan 18 rociadores para cubrir el área de operación establecida.

Donde:

**A =** área de operación (m2)

**S =** distancia máxima entre rociadores (m2)

Se determina que el sistema está formado por 3 ramales, cada ramal compuesto por 6 rociadores automáticos.

Al caudal necesario para abastecer los rociadores se debe agregar el caudal requerido para abastecer al menos un gabinete contra incendio: por lo tanto el caudal necesario para proteger el área de almacenamiento es:

|  |  |
| --- | --- |
| Caudal necesario para los rociadores | 141.67 gpm |
| Caudal necesario para un monitor Tipo III | 250.00 gpm |
| **Caudal Total Requerido** | **391.67 gpm** |

**Cálculo de la Potencia del motor de la Bomba para Gabinete Contra Incendio más alejado**

Para la determinación de la potencia del motor de la bomba que será empleado en el suministro de agua para el gabinete más alejado de la bomba, se aplicará la siguiente fórmula:

Considerando que en las operaciones existen rangos de eficiencia, se determinará por tanto, la potencia real, considerando lo siguiente:

Donde:

**% =** eficiencia

**HB =** altura dinámica (carga de trabajo de la bomba)

**ρ =** densidad del agua

**g =** coeficiente de gravedad

**QT =**caudal

De estos datos se determinarán el caudal (QT) y la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (HB).

Para la determinación del caudal se considerará el caudal obtenido para una manguera por el número de mangueras requeridas para atención de emergencias al interior de la Empresa.

Para la determinación de la altura dinámica se empleará la fórmula siguiente:

-

Donde:

**hftotal =** pérdida de carga (m)

**P2 =** presión en la salida de manguera = 65 psi = 448155.3 N/m2

**V2 =** velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera

**Z2 =** altura de gabinetes respecto a la bomba = 1.6 m

**P1 =** presión en el nivel de toma de agua en la cisterna = 0 psi

**V1 =** velocidad de flujo de agua en la cisterna = 0 m/seg

**Z1 =** altura toma de agua en cisterna respecto a bomba = -2.5 m

**ρ =** densidad del agua = 1000 kg/m3

**g =** coeficiente de gravedad = 9.8 m/seg2

Para el cálculo correspondiente se requiere determinar previamente, la velocidad de flujo de agua a la salida de los rociadores (rociador más alejado de la bomba) [V2] y la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería [hftotal]

Para el cálculo de la velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera se empleará la siguiente fórmula:

Donde:

**Q =** caudal en el extremo de la manguera (m3/seg)

**A =** sección interna de la tubería (m2)

Para la determinación de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería se empleará la siguiente fórmula:

Donde:

**f =** coeficiente de fricción

**Leq =** longitud equivalente (m)

**Ø =** diámetro interior real de la tubería (m)

**V2 =** velocidad de flujo de agua de la manguera (m/seg)

**g =** coeficiente de gravedad (m/seg2)

Para conocer la pérdida de carga total, se requerirá determinar previamente, tanto el coeficiente de fricción de la tubería como la longitud equivalente de la tubería de suministro de agua de los rociadores, que son datos aún sin determinar.

El coeficiente de fricción (f) se determinará a partir del nanograma *“Factor de fricción en función del número de Reynolds con Rugosidad Relativa como parámetro”*, para lo cual se necesita conocer previamente, tanto el número de Reynolds (NRE), como la rugosidad relativa (E/D) de la tubería.

Para el cálculo del número de Reynolds se empleará la siguiente fórmula:

Donde:

**Ø =** diámetro interior real de la tubería (m)

**V2 =** velocidad del agua de la manguera (m/seg)

**ρ =** densidad del agua (kg/m3)

**μ =** viscosidad = 0.001 cp (centipoise)

La rugosidad relativa se determina a partir del nanograma *“Rugosidad Relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales”.* (Ver Apéndice 1).

Considerando que para suministrar agua a los rociadores se empleará tuberías de acero comercial se determina:

Con los datos obtenidos para el NRE y la se emplea el Diagrama de Moody (Ver Apéndice 2) para determinar el coeficiente de fricción, observando que:

La longitud equivalente de la tubería está comprendida por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que participan en la línea de suministro de agua.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Accesorio** | **Cantidad** | **Leq (ft)** | **Leqtotal (ft)** |
| Codo 90° x 4” | 11 | 10 | 110 |
| Codo 90° x 3” | 4 | 7 | 28 |
| Válvula mariposa 4” | 4 | 22 | 88 |
| **Long. Equiv. Accesorios** | | | **226 (68.88m)** |

Con estos datos se determinará la pérdida de carga total

Con estos datos se determinará la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (HB), a partir de la siguiente fórmula, en la que se han excluido las variables con valor cero.

Reemplazando los siguientes datos:

= 44.017 m

**P2 =** 448155.5 N/m2

**ρ =** 1000 kg/m3

**g =** 9.8 3/seg2

**V2 =** 3.06 m/seg

**Z2 =** 1.6 m

**Z1 =** -2.5 m

+

**Cálculo de la Potencia del motor de la Bomba**

Considerando la equivalencia de 1HP=745W

Eficiencia de la Bomba = 60%

Potencia real del motor de la Bomba:

* 1. **Dimensionamiento de la Red de Tuberías.**

En el diseño de la red de distribución deberán tenerse en cuenta los siguientes requerimientos:

* El dimensionamiento de la red principal de tuberías será el resultado del cálculo hidráulico correspondiente, considerando como caudal de diseño el requerido en la sección, o bloque con mayor demanda. En el cálculo hidráulico, normalmente se utiliza una combinación de los métodos de Darcy-Weibach y Hazen-Williams, con C= 120 para tuberías de acero comercial.
* La velocidad del agua en las tuberías principales de la red de distribución, no será mayor de 3 m/s (10 pie/s).
* La tubería principal de la red no será de diámetro inferior a 102.3 mm (4 plg).
* Las tuberías principales de la red de agua contra incendios, se instalarán a 800 mm del nivel del terreno, convenientemente soportados y anclados de acuerdo a normas y prácticas aprobadas de ingeniería.
* La máxima presión de trabajo admisible en cualquier punto de la red, no será mayor de 0,5 kg/cm2 (150 Ib/plg2). En este sentido y en función de la curva característica de la bomba, se requerirá el uso de válvulas de recirculación y/o alivio en la descarga de las bombas, que impidan la sobre presurización del sistema en caso de bajo caudal.
* Las tuberías serán de acero al carbono, según ASTM A-53 Gr. B, SCH 40 como mínimo.
* Se deberá prestar especial atención a la protección del sistema de tuberías frente a la corrosión, tanto interna como externa.
* No se instalarán conexiones permanentes a la red de agua contra incendio, para usos diferentes al de combate de incendios.
* En la red de agua contra incendio, podrán instalarse manómetros ubicados en sitios estratégicos, con el fin de facilitar en cualquier momento la rápida comprobación de la presión en el sistema.
* Las tuberías de la red de agua contra incendio se pintarán de color rojo de seguridad
  1. **Selección de Rociadores.**

Se considera normalmente que la presión para obtener una acción eficaz de un rociador es de 48 kPa (7 psi). En este caso se ha seleccionando un rociador abierto estándar con un diámetro de rosca ½”, tipo NPT, con una constante de 5.6 y una presión de salida de 10 psi, el caudal de cada rociador será mínimo 17.71 gpm.



**FIGURA 5.2 DESCARGA DE AGUA DE UN ROCIADOR DE ½” Y 17/32” DE ORIFICIO NOMINAL**

**Fuente: Manual de Protección Contra Incendio Fig. 5-12E**

En el Apéndice 3 se adjunta información del rociador abierto que se ha preferido para el tipo de riesgo que se maneja en la Agencia.

* 1. **Selección de Extintores.**

Antes de la elección de un extintor es importante saber:

* La naturaleza de los combustibles presentes.
* Las condiciones ambientales del lugar donde va a situarse el extintor.
* Quién utilizará el extintor.
* Si existen sustancias químicas, en la zona, que puedan reaccionar negativamente con el agente extintor.

Cuando se elija entre distintos extintores, debe considerarse:

* Si es eficaz contra los riesgos específicos presentes.
* Si resulta fácil de manejar.
* El mantenimiento que requiere.
* El potencial usuario del extintor no debe salir lesionado por haber elegido en plena emergencia un extintor equivocado. El potencial usuario, en el momento del problema, no debe pensar en la selección adecuada del extintor, sino solamente en usarlo.
* Por ejemplo, NO se debe colocar en el mismo puesto un extintor de polvo ABC y uno de agua presurizada, exteriormente y a simple vista son iguales, esto puede hacer que el usuario tome por equivocación o desconocimiento, el extintor de agua para apagar el fuego que se está desarrollando en un tablero eléctrico.

Por lo anteriormente descrito se selecciona el Extintor de Polvo Químico Seco Tipo ABC por las siguientes propiedades:

* Cuando se descarga un equipo contra incendios de polvo químico seco sobre un incendio el fuego se apaga de forma prácticamente instantánea.
* Los polvos químicos que se utilizan actualmente en los extintores PQS no son tóxicos aunque pueden causar problemas para respirar y dificultar la visibilidad durante o inmediatamente después de su descarga.
* Cuando se utiliza un extintor de polvo químico seco sobre un combustible sólido en llamas se crea un residuo pegajoso que cubre el combustible aislándolo del oxígeno del aire e impidiendo así la combustión.
* El principal uso de los extintores de polvos químicos secos PQS es para extinguir fuegos producidos por combustibles líquidos. Otra de las propiedades de los polvos químicos secos es que no son conductores de la electricidad por lo que también están recomendados para su utilización en incendios eléctricos.
* Los matafuegos de polvo químico ABC, tienen un alcance aproximado de 6 metros. El conservar las correctas distancias de actuación frente al fuego, facilita su control con una mayor eficacia y seguridad. Debe recordarse además, que generalmente la descarga de un equipo extintor manual, está alrededor de los 50 segundos.

Características técnicas:

* Extintor de presión contenida, a base de Polvo químico seco ABC al 75% de fosfato mono amónico de 6 Kilos.
* son cargados con polvo químico seco normado a base de fosfato monoamónico con efectividad en fuegos tipo a-b-c, lo que los hace indispensables en oficinas, almacenes, fábricas, vehículos, gasolineras y sitios riesgo alto de incendio.
* Cilindro fabricado en lámina calibre 14 rolada en frió.
* Acabado en pintura horneada de alta resistencia color rojo, resistente a la corrosión y a la intemperie. Recomendado para usos en oficinas, fabricas, almacenes, bodegas, comercios, industrias, etc.
* Válvula de fácil operación fabricada en perfil de aluminio.
* Manómetro indicador de presión.

****

**FIGURA 5.3 EXTINTOR PQS TIPO ABC**

La distribución de los extintores por toda la instalación de la Empresa se la realizó considerando:

* El equipo extinguidor debe colocarse en sitios de acceso inmediato en caso de Incendio.
* El extinguidor debe montarse a no más de 1,5 m sobre el piso.
* Todo el equipo extinguidor debe colocarse de tal modo que quede perfectamente visible. Nunca debe colocarse fuera del campo visual de las personas.
* Estén cerca de los trayectos normales de paso.
* Estén cerca de entradas y salidas.
* No sean propensos a recibir daños físicos.
  1. **Selección de Cajetines o Gabinetes Contra Incendio.**

Para minimizar y controlar emergencias se dispuso de 11 cajetines contra incendio dentro de las instalaciones de la Empresa, uniformemente distribuidos entre el área de almacenamiento de productos, oficinas administrativas, áreas de parqueo y bodega de repuestos.

Los cajetines seleccionados son del Tipo III con su respectiva manguera de extensión flexible del tipo usado por los bomberos para una presión de 65 psi en sus extremos, los cuales están adosados a las paredes perimetrales al interior de la Agencia, en posición estratégica de tal forma que permitan atender y combatir con eficacia una emergencia que se presente en cualquier lugar de la instalación.



**FIGURA 5.4 ESQUEMA GABINETE CONTRA INCENDIO TIPO 3**

* Gabinete para equipo contra incendio fabricado en lámina cold rolled cal 0.20 de 75 x 75 x 25 cm (alto – ancho – fondo) de sobreponer, terminado en pintura electrostática roja, con vidrio.
* Válvula angular tipo globo en bronce de 1 ½” x 1 ½” NPT x NH (hembra – macho).
* Válvula angular tipo globo en bronce de 2 ½” x 2 ½” NPT x NH (hembra – macho).
* Tramo de manguera de 1 ½” x 100 pies (30metros) acoplada, compuesta de un tejido exterior 100% poliéster y un tubo interior en caucho sintético, presión de servicio 150 psi, presión de prueba 300 psi, presión de rotura 500 psi, cumple norma de fabricación y mantenimiento NFPA 1961 y 1962.
* Boquilla de chorro y niebla de 1 ½” en policarbonato, certificada “UL”.
* Extintor de polvo químico seco ABC de 10 libras de capacidad.
  1. **Selección del Sistema de Bombeo.**

En los cálculos realizados se determinó un caudal necesario para el sistema contra incendios de 400 GPM, se toma en cuenta que las bombas contra incendios están diseñadas para satisfacer un 150% del caudal total requerido.

La bomba seleccionada para el sistema contra incendio, conociendo que se cuenta con una cisterna como reservorio de agua, es una bomba centrífuga tipo vertical en línea.

Las características de la bomba seleccionada se encuentran en los Apéndices 4 y 5.

**Bomba Jockey**

La bomba jockey debe mantener la presión deseada en el sistema, se ha determinado que su capacidad variará entre el 1 al 5% con respecto a la capacidad de la bomba principal, por lo tanto el caudal de la bomba jockey es:

La presión de la bomba jockey se considera 10 psi más que la presión de la bomba principal, por lo tanto la presión será de 145 psi.

Las características de la Bomba Jockey seleccionada se encuentran en los Apéndices 6 y 7.

**Equipo Motriz y Tablero de Control de la Bomba Principal**

Se consideró el sistema de bombeo con motor eléctrico 220V tensión trifásica.

El tablero de control de una bomba contra incendio está diseñado de tal manera que asegure que el equipo entregue su vida técnica en presencia de un siniestro. El tablero de control integra un control electrónico montado sobre un circuito impreso y encapsulado para protegerlo de la humedad que existe siempre en los lugares o zonas donde se instalan los tableros.

Este control arranca el motor de acuerdo a la señal que recibe del interruptor de presión, básicamente el control electrónico es el que opera el sistema en posición automático, recibe la señal de los electrodos del cabezal del sistema mandando las respuestas de salida de arranque o paro del sistema, según la condición en la que esté, por lo tanto será importante que en la instalación se observe con cuidado las indicaciones para el correcto funcionamiento del sistema.

Los tableros de control de los equipos de bombeo con motores eléctricos contarán con los siguientes elementos:

* Tarjeta de poder con transformador, con relays de salida
* Breakers
* Contactores
* Válvula selenoide
* Transductor de presión
* Pantalla fluorescente de interfase con 80 caracteres montada en la puerta, botones de control tipo membrana y leds indicadores de fácil lectura.
* Tarjeta de control lógico con software de protocolo y puerto USB.
* Menú para configuración de parámetros de operación, protocolo de pruebas.



**FIGURA 5.5 TABLERO DE CONTROL BOMBA PRINCIPAL CONTRA INCENDIO**

**TABLERO DE CONTROL DE LA BOMBA JOCKEY**

La Bomba Jockey se encarga de mantener todo el sistema presurizado y compensa en caso de pequeñas fugas en el sistema.

Los componentes stándard de un controlador para una bomba jockey son los siguientes:

* Breakers
* Contactor
* Relé térmico
* Transductor de presión



**FIGURA 5.6 TABLERO DE CONTROL BOMBA JOCKEY**