**RESUMEN**

La Agencia Guayaquil es la encargada de la distribución del producto terminado, que proviene de la planta principal ubicada en la ciudad de Manta, para satisfacer la demanda de combustibles a nivel nacional.

La Agencia Guayaquil consta entre sus áreas: bodegas de almacenamiento de aceites, jabones, comida para perros, productos enlatados como sardina y atún, patios externos de almacenamiento y parqueos y áreas administrativas.

Los incendios son una de las mayores catástrofes naturales y dentro de este campo cabe destacar los Incendios en plantas industriales, que han producido accidentes industriales mayores, con falta de seguridad humana y de planes de emergencias adecuados lo que ha provocado situaciones de pérdidas irreparables, desde la imagen de la empresa hasta desastres cuantiosos.

Ante esta situación, el Departamento de Proyectos de Empresa decidió la construcción de un sistema contra incendios debido a normas internacionales de seguridad. Este trabajo consiste en el diseño del sistema, que comprende reservorio, sistema de tuberías, sistema de rociadores automáticos y sistema de bombeo, basándonos en normas NFPA.

Se comenzará con el análisis de la situación actual para determinar las condiciones de la instalación. Luego se procederá al diseño del sistema, el cual se basa en las normas NFPA las mismas que recogen las recomendaciones mínimas de seguridad y protección que deben tomarse en cuenta para proteger un área, usando una combinación de sistemas y equipos: mangueras, extintores y rociadores. Esta parte contendrá los cálculos correspondientes al diseño. Posteriormente se realizará la selección de los materiales para poder hacer los planos correspondientes a la instalación.

El diseño del Sistema Hidráulico de Protección Contra Incendios considera los siguientes criterios de diseño:

* Las bodegas, por su riesgo Especial de Almacenamiento, deben tener un sistema húmedo de rociadores (sprinklers) y de mangueras en gabinetes Clase III. Todos estos datos se obtuvieron mediante información de apilamiento, empaquetamiento, pendientes y alturas de techos proporcionadas por visitas realizadas por el autor de la tesis.
* La planta en general y zonas de almacenamiento tendrán gabinetes clase III estratégicamente distribuidos.
* El suministro de agua contra incendios debe ser independiente del suministro de agua potable, es decir, exclusivo para el sistema contra incendios, y se lo hará desde su reserva en cisterna para mantener el sistema funcionando bajo condiciones de incendio.
* El Sistema dispondrá de un cuarto de bombas contra incendios. La red de incendios se mantiene presurizada mediante una bomba tipo jockey. Las bombas tanto la principal como la jockey van de acuerdo con la NFPA 20, listadas UL y aprobadas FM.
* En las instalaciones de agua contra incendios se utilizará tubería de acero negro ranurada por deformación.
* Existirá en el exterior de la Planta 1 toma Siamesa de 4”x 2 ½” x 2 ½” rosca NST (NH), para conexión del cuerpo de bomberos, ubicada en un lugar estratégico. El sistema contará con válvulas seccionadoras para no deshabilitar todos los elementos del sistema en caso de mantenimiento o problemas puntuales en el sistema.
* Se ubicaran en cada uno de los gabinetes de manguera extintores ABC portátiles, de acuerdo a la norma NFPA 10.

Se realizan los estudios y análisis de costos de la mano de obra, materiales, dirección técnica y responsabilidad; además de los cronogramas de ejecución de obra y selección de personal capacitado de mando técnico que garantice el desarrollo del proyecto sin contratiempo. Al concluir estas fases se inicia la construcción del Sistema Contra Incendio. Al término de la construcción del sistema de incendio de acuerdo al cronograma aprobado, se ejecutarán las pruebas del Sistema de acuerdo a formatos y parámetros normalizados.

**ÍNDICE GENERAL**

Pág.

RESUMEN…………………………………………………………………………. I

ÍNDICE GENERAL…………………………………………………………….…. V

ABREVIATURAS………………………………………….………………...…… XII

SIMBOLOGÍA……………………………………………………………………. XIII

ÍNDICE DE FIGURAS………………………………...………….…………….. XVI

ÍNDICE DE TABLAS…………………………………………………...……….. XIX

ÍNDICE DE PLANOS…………………………………..…………………..…… XXI

INTRODUCCIÓN……………………………………………………………………1

CAPÍTULO 1

1. INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN ………………………………..…………. 3
   1. Inspección del Lugar……………………………………………………. 4
      1. Identificación de la Empresa…………………………........ 5
      2. Actividad y Ocupación de la Empresa………………….... 6
      3. Tipo de Construcción y Riesgos Existentes……..…….. 11
   2. Análisis de Riesgo del Sitio……..………………..…….………...…. 14
      1. Sistema y Medios de Extinción………………………….. 15
      2. Suministro de Agua y Depósitos………………………… 15
      3. Sistema de Protección………………………………….... 16

CAPÍTULO 2

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS……………………...………………...….… 18
   1. Fundamentos Teóricos de Fluidos…………………………….…….. 18
      1. Generalidades y Propiedades Físicas………………............ 23
      2. Ecuación de la Continuidad………...……………….............. 26
      3. Ecuación de la Energía General “Teorema de

Bernoulli”………………………………………………........ 28

* + 1. Números de Reynolds…………………………………........... 29
    2. Fórmula de Darcy’s y Factor de Fricción………………........ 30
    3. Ecuación de Poiseuille…………………...……………......... 32
    4. Longitud Equivalente L/D…………………..……………….. 35
    5. Coeficiente de Resistencia (K)…………………………......... 36
    6. Coeficiente de Flujo (Cv)……………………………….......... 37
  1. Flujos de Líquido…………………………………………………….... 38
     1. Flujo en Tuberías…………………….……………………....... 40
     2. Flujo en Válvulas y Accesorios…………………………........ 42
  2. Selección de Materiales y Accesorios………………………………. 46
  3. El Agua y el Fuego…………….…………………………………….... 49
     1. El Fuego……………………………………………………....... 49
     2. El Agua………………………….…………………………........ 54
  4. Resistencia al fuego de diversos materiales……….………………. 56
  5. Transmisión de calor………….……………………….…………….... 59
  6. Métodos para extinguir el fuego……..………………………………. 67
  7. Clasificación del fuego.……….……………………………….…….... 73
  8. Clasificación de las ocupaciones según norma NFPA 13…..……. 76

CAPÍTULO 3

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS………………………………………….…...……... 79
   1. Introducción……………….……………….…………………...……... 79
   2. Abastecimiento y Uso del Agua………………………...………….. 81
      1. Red de uso público..………………………………….…........ 83
      2. Fuentes inagotables…...……………………...…………....... 83
      3. Depósitos o cisternas…….…………………………….......... 83
   3. Cálculo de la reserva de agua………….………………..………….. 84
      1. Reserva para bocatoma de incendios…….…………..……. 85
      2. Reserva para rociadores automáticos…………....……....... 86
   4. Tipo de Tuberías y Accesorios………………………..…………… 88
      1. Tuberías………………………………. …….…………..……. 88
      2. Uniones…………………………………………..…..……....... 90
      3. Accesorios………………………………………..…………… 90
   5. Dimensionamiento de las redes …….……………..……………… 94
      1. Requerimientos mínimos……………….……………………. 96
      2. Pérdidas de cargas……………………………..…..……....... 97
   6. Bocatomas de incendio, Siamesa y Extintores …...…………… 100
      1. Bocatoma de Incendio... …………….…….………………. 100
      2. Siamesa…………..………………………………………..... 106
      3. Extintores.………………………………………...………… 108
         1. Clasificación de Extintores……………………... 109
         2. Aplicación en sistemas contra incendio………. 112
   7. Rociadores automáticos……………………………...…………… 113
      1. Requerimientos hidráulicos...……………..………...……. 119
      2. Requerimientos para su instalación……………..……....... 121
      3. Métodos de cálculo para su instalación……..…………… 126
         1. Método Hidráulico……….. ……………………... 126
         2. Diseño por medio de tablas…………….………. 129

CAPÍTULO 4

1. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE BOMBAS CONTRA INCENDIO……. 132
   1. Cálculos y aplicación de parámetros para la selección de bombas contra incendio……………………………………………….…….. 133
      1. Caudal…………………………………………………………. 135
      2. Cabezal o Presión Total……….………...………………..... 137
      3. Velocidad específica ( *Ns* )……...………………………....... 138
      4. Presión de Aspiración positiva Neta (NPSH)……………... 139
      5. Cavitación……………………………...…………………..... 142
      6. Leyes de Afinidad…………………………...……………..... 144
      7. Capacidad, presión Nominal y potencia de las Bombas Contra Incendio………………………………………...…… 145
   2. Selección de Bombas y Fuerza Motriz…………………………... 146
      1. Selección de la Fuerza Motriz para Bombas Contra Incendio………………………………………….……………. 147
         1. Motores Eléctricos………..……………………... 148
         2. Motores a Diesel………………………...………. 151
      2. Clases y Selección de Bombas Contra Incendio………………………………………….………...…. 153
         1. Clases de Bombas…...…..……………………... 154
            1. Centrifugas de Eje Horizontal……… 156
            2. Tipo Turbinas de Eje Vertical...……. 162
         2. Selección de Bombas…...……...…………….... 170
            1. Bomba Eléctrica Principal…..…….… 172
            2. Bomba a Diesel Auxiliar…….…...…. 174
            3. Bomba Jockey……………………..... 178
   3. Selección de Protecciones, Controles y Accesorios de Bombas Contra Incendio y Motores…………….……………………..……... 181

CAPÍTULO 5

1. DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO BASADO EN NORMAS NFPA………………………………………………….…………...……….. 194
   1. Análisis de Riesgos existentes……………...……………...……... 194
   2. Método de Extinción a aplicarse………………………...………... 197
   3. Selección del Tipo de Sistema de Rociadores Automáticos…… 197
   4. Determinación del caudal requerido y Cálculo del Cabezal Dinámico Total…………………………………………………………………... 198
   5. Dimensionamiento de la Red de Tuberías……………………….. 208
   6. Selección de Rociadores…………………………………………… 210
   7. Selección de Extintores…………………………………………….. 211
   8. Selección de Cajetines o Gabinetes contra Incendio…………… 215
   9. Selección del Sistema de Bombeo………………………………... 217

CAPÍTULO 6

1. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS PRINCIPALES Y ANEXOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS…. 222
   1. Cronograma de Construcción…………………..…………...……. 227
      1. Selección del Personal de Mando, Supervisión y

Técnico……………………………………..…………….….. 227

* + 1. Pruebas de Personal Calificado……………………………. 229
    2. Selección de Logística y Herramientas……………………. 231
  1. Normas de Seguridad del Personal………………………………... 232
  2. Normas de Métodos de Trabajo………………………...……….... 237
     1. Métodos de Soldaduras a Aplicarse……………………….. 245
     2. Método de Selección de Soportería……………………….. 249
     3. Sistemas de Aplicación de Pinturas para Protección de Equipos, Accesorios y Otros………………………………... 250

CAPÍTULO 7

1. PRUEBAS, MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES DE

ACUERDO A NORMAS (NFPA)……………………………...………… 253

* 1. Pruebas Hidrostáticas y Gradiente Hidráulico……………...…… 256
     1. Pruebas de Tuberías y Mangueras……………...………... 260
     2. Prueba de Extintores……………………………....……….. 263
     3. Pruebas de Sprinkles……………………………………….. 270
     4. Pruebas del Sistemas Presurizado………………………… 274
     5. Prueba de Bombas Contra Incendio…………...…………. 274
  2. Mantenimiento de todos los Componentes del Sistema Contra Incendios................................................................................. 282

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES………………..……………… 303

ANEXOS………………………………………….…………………………….. 307

APÉNDICES…………………………………………………………...……….. 316

BIBLIOGRAFÍA

**ABREVIATURAS**

NFPA National Fire Protection Association

ANSI American National Standards Institute, Inc

ASME American Society Mechanical Engineers

ASTM American Society for Testing and Materials

AWS American Welding Society

AWWA American Water Works Association, Inc

NEMA National Electrical Manufactures Association

NPSH Presión de aspiración positiva neta

OSHA Ley de Seguridad e Higiene Ocupacional

Cv Coeficiente de flujo

Cd Coeficiente de contracción

CEMA Canadían Electrical Manufactures Association

ΔP Pérdidas por fricción en psi/ft

RPM Revoluciones por minuto

HP Horse power

**SIMBOLOGÍA**

A Área

a Radio

Ø Diámetro

du/dy Gradiente de velocidad

E Rendimiento

F Fuerza

f Factor de fricción

ft Esfuerzo de tensión permisible

fr Esfuerzo de tensión permisible

Fy Esfuerzo comercial de las placas de material

Fu Esfuerzo último de las placas de material

g Gravedad

G Gravedad específica líquida (1.0 para el agua)

H Energía total, altura presión total o cabezal (bomba); altura de

liquido (pies)

Hp Potencia efectiva

h Altura

hd Altura de impulsión pies (m)

he Pérdida de contracción brusca

hf Pérdidas en tuberías

hl Pérdidas en tuberías

hs Altura de aspiración

hv Altura de velocidad

hvd Altura de velocidad de descarga pies (m)

hvs Altura cinética de aspiración pies (m)

hp Altura piezométrica (presión normal)

K Coeficiente de resistencia o pérdida

KPa Kilopondio de aire (absoluta)

L Longitud

Le Longitud equivalente

m Flujo de masa

N Velocidad

Ns Velocidad específica

P Presión

Pv Presión de velocidad

Q Caudal o flujo de volumen

Re Número de Reynolds

ºC Grados centígrados

ºF Grados farenheit

Q Flujo total en gpm en un tramo específico

d Diámetro interno real de la tubería, en pulgadas

C Coeficiente de fricción

Pf Pérdida de presión debido a la fricción entre los puntos

indicados

Pv Pérdidas por fricción en psi/ft

h Elevación en pies

Pe Pérdidas por elevación en psi/ft

k Factor de diseño para rociadores

m Metros

m2 Metros cuadrados

m3 Metros cúbicos

gpm Galones por minuto

ft Pies

ft2 Pies cuadrados

gpm/ft2 Galones por minuto por pie cuadrado

l/min/m2 Liros por minuto por metro cuadrado

m/s Metros por segundos

mm Milímetros

psi Libra por pulgada cuadrada

min Minutos

r Fuerza transmitida por los pernos

t Tiempo

U Velocidad en lámina superior

UL Underwriter Laboratories.Inc

V Velocidad media del fluido; volumen

Vs Volumen especifico

v velocidad

Z Elevación

ρ Densidad

 Peso especifico

ζ Tensión de cortadura

 Viscosidad absoluta

 Viscosidad cinemática

ε Rugosidad

 Caída de presión (Lbs. /pulgs²)

 Viscosidad de remolino

 Rugosidad relativa

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**Pág.**

Figura 1.1 Croquis de las Instalaciones de la Empresa…………….……...… 4

Figura 1.2 Croquis de Vista General de la Empresa………………..…..……. 7

Figura 1.3 Vista Calle Exterior de la Empresa…...…………………….....….. 11

Figura 1.4 Vista calle Exterior y los Negocios Informales…………….……. 12

Figura 1.5 Periferia Sur de la Empresa…..……………………………….…... 12

Figura 1.6 Periferia Este de la Empresa……..……..……………...………… 13

Figura 1.7 Periferia Oeste de la Empresa…...…………………………...….. 13

Figura 2.1 Deformación Resultante de la Aplicación de una Fuerza

de Cortadura Constante………………………….…….……….….. 21

Figura 2.2 Representación Gráfica de la Aplicación del teorema de Bernoulli a un Depósito con una Tubería……………..……………………... 29

Figura 2.3 Distribución de la Velocidad, Cortadura y Pérdidas en un

Tubo Redondo……………………..…………………….….……... 33

Figura 2.4 Contracción Brusca en una Tubería…………………………….... 43

Figura 2.5 Representación de Fuego Clase A…………………………......... 74

Figura 2.6 Representación de Fuego Clase B………………...……..…….... 74

Figura 2.7 Representación de Fuego Clase C……………….……...……….. 75

Figura 2.8 Representación de Fuego Clase D…….....….…………………... 75

Figura 3.1 Demanda para Rociadores………….…...….…………..………... 87

Figura 3.2 Accesorios más Empleados en los Sistemas Contra

Incendios.................................................................................... 91

Figura 3.3 Pérdidas de Fricción, Hazen – Williams…………..……….......... 99

Figura 3.4 Bocatoma Tipo 1………………………….…………....……….. 102

Figura 3.5 Bocatoma Tipo 2…………………………………….....………... 103

Figura 3.6 Bocatoma Tipo 3………………………………..………...…........ 104

Figura 3.7 Válvula Siamesa.…………………………………...……..…...... 108

Figura 3.8 Partes de un Rociador Automático...……………….………..... 116

Figura 3.9 Rociadores Básicos………………..………………......……….... 117

Figura 3.10 Rociadores Almacenamiento………………………….….......... 117

Figura 3.11 Rociadores Decorativos……….…………………...………….... 118

Figura 3.12 Rociadores Cobertura Extendidas…………..…………...…..... 118

Figura 3.13 Rociadores Institucionales………..…………..………..……..... 119

Figura 3.14 Rociadores Secos……………………………..…………...…..... 119

Figura 4.1 Curva de Presión de Aspiración positiva Neta NPSH……........ 141

Figura 4.2 Bomba Centrífuga Eje Horizontal………………………...…...... 157

Figura 4.3 Bomba Centrífuga Eje Vertical…………...……………..…….... 163

Figura 4.4 Verificación de Alineación Paralela y Angular de Conjunto

Bomba - Motor…....................................................................... 171

Figura 4.5 Curva Normalizada de Presión – Caudal para

Bombas de Incendios Horizontales y Verticales……..……….... 173

Figura 4.6 Bomba Jockey…………….…………………………………….... 181

Figura 5.1 Esquema de Conexión de Sistema de Tubería Húmeda..….. 198

Figura 5.2 Descarga de Agua de un Rociador de ½” y 17/32” de

Orificio Nominal………………………………..…………..…….... 210

Figura 5.3 Extintor PQS Tipo ABC…………………………………….…..... 214

Figura 5.4 Esquema Gabinete Contra Incendio Tipo 3…………..……….. 216

Figura 5.5 Tablero de Control Bomba Principal Contra Incendio…………. 220

Figura 5.6 Tablero de Control Bomba Jockey………………..................... 221

Figura 6.1 Soporte Tubería Sistema Contra Incendio……………......….. 250

Figura 7.1 Placa Identificativa del Extintor…………………………………... 263

Figura 7.2 Placa que Identifica que el Extintor está Homologado…....….. 264

Figura 7.3 Marcado Ph sobre Extintor….…………………........................ 264

Figura 7.4 Extintor con la Válvula Desenroscada……..…………..…....... 267

Figura 7.5 Máquina para Vaciado y Recarga Automática de Extintores

de Polvo……………………………………………...…………..... 267

Figura 7.6 Fase en la que el Extintor se Llena con Agua………….……... 268

Figura 7.7 Máquina Neumática para dar Presión a Extintores de Polvo

y CO2……................................................................................ 268

Figura 7.8 Máquina de Secado para Extintores…………………..……....... 268

Figura 7.9 Recarga de Extintor con Polvo……………………..…..……...... 269

Figura 7.10 Extintor Retimbrado con su Válvula………………….……....... 269

Figura 7.11 Recarga Manual de Nitrógeno………………...……..……….... 269

Figura 7.12 Extintor Retimbrado y Preparado para Entregárselo

al Cliente…..……………………………………………..……..... 270

**INDICE DE TABLAS**

**Pág.**

Tabla 1 Productos y Marcas de la Empresa – Oleaginosas y Mantecas..... 8

Tabla 2 Productos y Marcas de la Empresa – Limpieza………...………...... 9

Tabla 3 Coeficiente de Pérdidas K para Diversas Transiciones

de tubería……………………………………………………….……... 45

Tabla 4 Listado de Materiales y Accesorios Sistema Contra Incendio….. 48

Tabla 5 Resistencia al Fuego de Muros de Fábrica de Bloque

de Hormigón…............................................................................. 58

Tabla 6 Resistencia al Fuego de Muros de Hormigón Armado……....….... 59

Tabla 7 Resistencia al Fuego de Losas Macizas de Hormigón Armado... 59

Tabla 8 Guía Básica para Combate de Incendio……………………..…..... 78

Tabla 9 Abastecimiento de Agua para Clases de Riesgo…………...….... 85

Tabla 10 Reservas Mínimas Requeridas de Agua Potable…………...….... 85

Tabla 11 Recomendación de Uso de Tuberías………………………......... 89

Tabla 12 Comparación de Materiales de Tubería……………………...….... 89

Tabla 13 Flujo Requerido para Velocidad no Menor a 3 m/s…………........ 97

Tabla 14 Valores C de Hazen – Williams…………………..………..…….... 98

Tabla 15 Longitudes Equivalentes………………………….……...…...….. 100

Tabla 16 Tipos de Extintores que se deben Usar Según la

Clase de Fuego………………………………………………..….... 113

Tabla 17 Máxima Área de Cobertura de un Sistema de Acuerdo al

Tipo de Riesgo…………………………………………..……...….... 122

Tabla 18 Rangos de Temperatura, Clasificación de Temperatura y

Código de Color………………………………………………......... 123

Tabla 19 Área de Cobertura para Rociador de Acuerdo al

Tipo de Riesgo…………………………………………………...….. 124

Tabla 20 Máxima Distancia entre Rociadores de Acuerdo al

Tipo de riesgo…………………………………………………..….... 125

Tabla 21 Tabulación de Tuberías para Riesgo Leve……..…………..….... 130

Tabla 22 Tabulación de Tuberías para Riesgo Ordinario...………….….... 131

Tabla 23 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de

Sistema de Rociadores………………………………………..….... 283

Tabla 24 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de

Sistema de Columna y Manguera………..……………….....….... 291

Tabla 25 Mantenimiento de Componentes Sistemas de

Columna y Mangueras…....................................................….... 292

Tabla 26 Mantenimiento de Casetas de Mangueras………………....….... 295

Tabla 27 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de

Bomba de Incendio………………………………...…………...….... 296

Tabla 28 Resumen de Inspección, Prueba y Mantenimiento de Bombas de Incendio, en Ausencia de Recomendaciones de Fabricantes..... 299

**INDICE DE PLANOS**

Plano 1 Croquis de la Empresa

Plano 2 Distribución de la Red Contra Incendio

Plano 3 Modelo Cálculo

Plano 4 Detalle Cisterna