

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DEL  
SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA PARA  
LOS PROCESOS INDUSTRIALES Y DEL SISTEMA CONTRA  
INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA CHOVA DEL ECUADOR S.A.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**LUIS ALBERTO TORRES TAPIA  
JORGE LUIS VALENCIA PÉREZ**

**DIRECTOR: ING. JAVIER POZO**

**CODIRECTORA: ING. ROSA ALBUJA**

**Sangolquí, 2011-11-15**

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El proyecto “INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA PARA LOS PROCESOS INDUSTRIALES Y DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA CHOVA DEL ECUADOR S.A.” fue realizado en su totalidad por Luis Alberto Torres Tapia y Jorge Luis Valencia Pérez, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. Javier Pozo**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Rosa Albuja**

**CODIRECTORA**

**Sangolquí, 2011-11-15**

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA PARA LOS PROCESOS INDUSTRIALES Y DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA NUEVA PLANTA CHOVA DEL ECUADOR S.A.”**

**ELABORADO POR:**

---

**Luis Alberto Torres Tapia**

---

**Jorge Luis Valencia Pérez**

**DIRECTOR DE LA CARRERA  
DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**Ing. Xavier Sánchez**

**Sangolquí, 2011-11-24**

## DEDICATORIA

Luis

Dedico este trabajo a mis padres y a mi hermana, que han sido mis ejemplos a seguir a lo largo de mi vida. También a todas las personas que me han apoyado y que siempre están a mi lado.

Jorge

Dedico este trabajo a mi mamá Lupita, a mis abuelitos Gonzalo y Gloria, quienes con amor me educaron, a mis ñañas, tíos, primos, primas que son la bendición más grande que me ha dado Dios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Javier Pozo y a la ingeniera Rosa Albuja colaboradores profesionales, y a todas las personas que nos han ayudado directa e indirectamente en la elaboración del presente proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS	vii
RESUMEN	xiv
<b>CAPITULO 1: Generalidades</b>	
1.1 Antecedentes	16
1.2 Definición del problema	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 General	17
1.3.2 Específicos	17
1.4 Justificación e Importancia del proyecto	18
1.5 Alcance	18
<b>CAPITULO 2: Marco teórico</b>	
2.1 Sistema de circulación y enfriamiento de aguas de proceso	20
2.1.1 Aguas de proceso	20
2.1.2 Aguas residuales	22
2.1.3 Flujo en tuberías	22
2.1.4 Bombas centrífugas	24
2.1.5 Factores hidráulicos del sistema	25
2.2 Sistema contra incendios	28
2.2.1 Normas NFPA	29
2.2.2 Reglamento incendios en establecimientos industriales de España	31
2.2.3 Clasificación de las ocupaciones con riesgo de incendio	31
2.2.4 Clases de fuego	33

2.2.5 Equipos y medios utilizados para la extinción de incendios	33
--	----

### **CAPITULO 3 : Situación actual**

3.1 Áreas de la planta	37
3.1.1 Áreas de producción	37
3.1.2 Áreas de almacenamiento	40
3.1.3 Área del transformador	43
3.1.4 Área de calderos	43
3.2 Producción de láminas asfálticas	43
3.2.1 Descripción del proceso	43
3.2.2 Máquina de laminación	44
3.2.3 Secadora	45
3.3 Producción de emulsiones asfálticas	45
3.3.1 Descripción del proceso	45

### **CAPITULO 4: Ingeniería conceptual**

4.1 Requerimientos para el sistema de circulación y enfriamiento del agua para los procesos industriales	46
4.1.1 Velocidad de laminación	46
4.1.2 Temperatura de entrada y salida del agua y de las láminas asfálticas en el proceso de laminación	46
4.1.3 Flujo másico del agua para los procesos	47
4.1.4 Cargas del sistema de circulación del agua	51
4.2 Requerimientos del sistema contra incendios	52
4.2.1 Requerimientos del sistema	52
4.2.2 Medios de extinción recomendados para las materias primas	56
4.2.3 Determinación del equipo a ser implementado de acuerdo al tipo de riesgo existente en cada área	60
4.2.4 Caudal requerido para el sistema	64

## **CAPITULO 5: Ingeniería básica**

5.1	Sistema de circulación y enfriamiento del agua para los procesos industriales	67
5.1.1	Diseño hidráulico	67
5.1.2	Selección de bombas	79
5.1.3	Diseño del sistema de enfriamiento	80
5.1.4	Elaboración del P&ID del sistema de circulación de agua	80
5.2	Sistema contra incendios	80
5.2.1	Distribución de equipos para el sistema contra incendios	80
5.2.2	Diseño hidráulico del sistema de agua	88
5.2.3	Diseño hidráulico del sistema de espuma	103
5.2.4	Volumen necesario para el sistema contra incendios	105
5.2.5	Selección de bombas	106
5.2.6	Materiales	110
5.2.7	Soportería	112
5.2.8	Elaboración del P&ID del sistema contra incendios	112

## **CAPITULO 6: Ingeniería de detalle**

6.1	Planos de construcción del sistema circulación y enfriamiento del agua para los procesos industriales	113
6.2	Planos del sistema contra incendios	113

## **CAPITULO 7: Análisis económico y financiero**

7.1	Costos del sistema de circulación	114
7.1.1	Costos directos	114
7.1.2	Costos indirectos	115
7.1.3	Total sistema de circulación de agua	116
7.2	Costos sistema de extinción de incendios	116
7.2.1	Costos directos	116
7.2.2	Costos indirectos	117
7.2.3	Total sistema de extinción de incendios	117



7.3	Análisis de TIR y VAN	117
<b>CAPITULO 8: Conclusiones y recomendaciones</b>		
8.1	Conclusiones	119
8.2	Recomendaciones	121
	Glosario de términos	123
	ANEXOS	129
	BIBLIOGRAFÍA	251

## TABLAS

Tabla 4.1 Valores de densidad de carga de fuego y coeficiente Ra	53
Tabla 4.2 Densidad de carga de fuego	54
Tabla 4.3 Áreas de producción de la nueva planta	55
Tabla 4.4 Nivel de riesgo intrínseco	56
Tabla 4.5 Riesgo de inflamabilidad	57
Tabla 4.6 Medios de extinción materias primas	58
Tabla 4.7 Tamaño y localización de extintores para riesgos Clase A	61
Tabla 4.8 Tamaño y localización de extintores para riesgos clase B	61
Tabla 4.9 Demanda de chorro de mangueras y duración de suministro de agua	62
Tabla 4.10 Protección de monitores para tanques que contienen hidrocarburos	63
Tabla 4.11 Caudales Sistema Contraincendios	64
Tabla 4.12 Criterio de determinación del caudal del Sistema Contraincendios	65
Tabla 5.1 Carga hidrostática neta requerida Piscina-Reservorio	67
Tabla 5.2 Selección del diámetro de la tubería Piscina-Reservorio	68
Tabla 5.3 Carga neta positiva de succión disponible Piscina-Reservorio	68
Tabla 5.4 Carga hidrostática neta requerida Reservorio – Laminación	69
Tabla 5.5 Selección del diámetro de la tubería Reservorio – Laminación	69
Tabla 5.6 Carga neta positiva de succión disponible Reservorio - Laminación	70
Tabla 5.7 Carga hidrostática neta requerida Piscina - Reservorio	70
Tabla 5.8 Selección del diámetro de la tubería Piscina Reservorio	71
Tabla 5.9 Carga neta positiva de succión disponible Reservorio-Laminación	71
Tabla 5.10 Carga hidrostática neta requerida Pozo – Potabilización	71
Tabla 5.11 Selección del diámetro de la tubería Pozo - Potabilización	72
Tabla 5.12 Resumen de las cargas y caudales del sistema de circulación	78
Tabla 5.13 Bombas dimensionadas para el sistema de circulación del agua	79
Tabla 5.14 Área máxima protegida por extintor clasificación A	81
Tabla 5.15 Extintores	84
Tabla 5.16 Valores C de Hanzen Williams	89
Tabla 5.17 Longitudes equivalentes de tubería de acero cédula 40	90
Tabla 5.18 Área protegida y espaciamiento máximo de los rociadores	91

Tabla 5.19 Presiones requeridas de los equipos	94
Tabla 5.20 Tabulación de tuberías para riesgo ordinario	94
Tabla 5.21 Rociadores e hidrante de mayor demanda hidráulica	95
Tabla 5.22 Tabulación de tuberías de riesgo extra	101
Tabla 5.23 Presión y caudal de boquillas aspersoras para tanques de asfalto	102
Tabla 5.24 Drenajes de tubería vertical	103
Tabla 5.25 Datos de los tanques de diesel	104
Tabla 5.26 Sumario de bombas contra incendio	107
Tabla 5.27 Cargas del Sistema Contra incendios	108
Tabla 5.28 Bomba Eléctrica Principal	108
Tabla 5.29 Bomba Jockey	109
Tabla 5.30 Bomba Diesel Secundaria	109
Tabla 5.31 Especificaciones de tubería	110
Tabla 5.32 Especificaciones de accesorios	111
Tabla 5.33 Materiales para el sistema de extinción	111
Tabla 5.34 Distancia máxima entre soportes (pies-pulgadas)	112
Tabla 7.1 Materiales directos	114
Tabla 7.2 Mano de obra directa	115
Tabla 7.3 Mano de obra indirecta	115
Tabla 7.4 Gastos indirectos	115
Tabla 7.5 Costo total sistema de circulación	116
Tabla 7.6 Materiales directos	116
Tabla 7.7 Mano de obra directa	116
Tabla 7.8 Mano de obra indirecta	117
Tabla 7.9 Gastos indirectos	117
Tabla 7.10 Costo total sistema de extinción	117

## FIGURAS

Figura 2.1 Características de rendimiento de una bomba centrífuga	26
Figura 2.2 NPSH disponible y requerida varían con la capacidad	28
Figura 3.1 Proceso laminación	38
Figura 3.2 Proceso de emulsiones	38
Figura 3.3 Proceso revestimientos líquidos	39
Figura 3.4 Proceso metales	40
Figura 4.1 Alternativa 1	47
Figura 4.2 Alternativa 2	48
Figura 4.3 Diagrama del sistema de circulación del agua	51
Figura 4.4 Curvas área/densidad	62
Figura 5.1 Implantación general del sistema contra incendios	81
Figura 5.2 Distribución de extintores en bodegas y planta de laminación	83
Figura 5.3 Distribución de extintores en planta de emulsiones	83
Figura 5.4 Área de cobertura de los gabinetes	85
Figura 5.5 Área de cobertura de los hidrantes	86
Figura 5.6 Áreas de diseño de mayor demanda hidráulica	93
Figura 5.7 Rociadores de las bodegas e hidrante	95
Figura 5.8 Boquillas aspersoras para tanques de asfalto e hidrante	100
Figura 5.9 Boquilla proporcionadora portable	105

## **ANEXOS**

Anexo A: Cálculos del calor transferido de la lámina hacia el agua y del flujo másico de agua calentada	130
Anexo B: Curvas de las bombas del sistema de circulación del agua	144
Anexo C: Planos: P&ID, implantación general, isométricos y vistas del sistema de circulación del agua	149
Anexo D: Datos técnicos equipos y medios para el sistema de extinción.	163
Anexo E: Curvas de las bombas del sistema contra incendios.	172
Anexo F: Planos: P&ID, implantación general, isométricos y vistas del sistema contra incendios	176
Anexo G: Materiales directos de los sistemas de circulación y contra incendios	244
Anexo H: Carta de satisfacción del proyecto	249

## RESUMEN

**Chova del Ecuador** es una empresa que fábrica láminas y emulsiones asfálticas para la industria de la construcción. Actualmente está implementando una nueva planta industrial en el sector del Inga, con la finalidad de ampliar la producción y crear nuevos productos.

En los procesos industriales de la empresa se utiliza el agua como medio de refrigeración o como parte del producto, para ello es necesario contar con un **sistema de circulación del agua** que abastezca las respectivas líneas de producción, aprovechando de manera óptima el recurso.

Actualmente es un requisito para las instalaciones industriales contar con un **sistema contra incendios**, por lo que en el diseño de la nueva planta también se considera la implementación del mismo como parte importante de la seguridad, con el objeto de precautelar la integridad del personal y de las instalaciones.

En la primera etapa del proyecto se diseña el sistema de circulación del agua para los procesos industriales, el cual aprovechará de mejor manera el recurso al recircular el mismo, con lo que se consigue disminuir los gastos para la empresa, y además contribuir con el ambiente. En el diseño, las tuberías y bombas están dimensionadas para tener un consumo moderado de energía, cumpliendo con los requerimientos de carga y caudal de los procesos de laminación y de emulsiones.

En la segunda etapa se diseña el sistema de extinción de incendios, cumpliendo con los requerimientos del Reglamento Nacional y normas internacionales, para que la nueva planta cuente con los mecanismos de defensa en caso de un eventual siniestro.

A continuación se describe brevemente los temas abordados en el presente proyecto.

En el capítulo de la situación actual se determinan los procesos industriales que se efectúan en la planta, los equipos, materias primas y productos existentes. Estos procesos y materiales también estarán presentes en la nueva planta, por lo que

conocerlos permite diseñar de manera adecuada los sistemas de circulación y de incendios.

En el capítulo de ingeniería conceptual se proporcionan los datos iniciales en base a los cuales parte el diseño. En el caso del sistema de circulación se obtienen caudales y temperaturas del agua en función a mediciones y proyecciones realizadas. Para el sistema de incendios se determinan niveles de riesgo de la planta, medios de extinción recomendados por los fabricantes de los productos almacenados y los equipos a ser implementados para la extinción de incendios.

En la ingeniería básica se efectúan los cálculos para el sistema de circulación en la que se establecen los diámetros de la tubería y las bombas para el mismo. Para el sistema contra incendios se determina la distribución de los componentes del sistema de extinción, es decir: rociadores, boquillas, gabinetes, hidrantes, extintores, monitor de espuma; y, se realiza el cálculo hidráulico para el dimensionamiento de las bombas. Adicionalmente se seleccionan los materiales para los componentes del sistema.

En la ingeniería de detalle se incluyen los planos de construcción de los sistemas que contienen: la implantación general, isométricos y vistas.

Finalmente en el análisis económico se establecen los costos directos e indirectos de implementación para cada sistema.

Se concluye que para el sistema de circulación del agua, se dimensionaron las tuberías y bombas, de tal manera que el consumo de energía sea moderado y conjuntamente con la recirculación del fluido se obtendrán ahorros significativos para la empresa; mientras que para el sistema contra incendios se estableció que la implementación del proyecto es una inversión en cuanto a la seguridad del personal, maquinaria e instalaciones, el mismo que ayudará a salvaguardar la integridad de la compañía en caso de un posible siniestro.

# **CAPITULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Chova del Ecuador S.A. requiere la construcción de una nueva infraestructura con el objeto de mejorar el desempeño en su industria, es por ello que la empresa inició el desarrollo del proyecto de la nueva planta, el mismo que contempla estudios relativos a la distribución de la infraestructura y maquinaria, la ubicación de las fuentes de agua, el traslado de las líneas de producción, laminación, emulsión, e inclusive estudios sobre seguridad, ya que un previo análisis de riegos de incendios en la planta actual, demuestra que existe la posibilidad de producirse un siniestro, por esta razón, también es necesario realizar el diseño del sistema contra incendios.

El proyecto a desarrollar abarca dos aspectos, el primero se refiere al diseño del sistema de circulación de agua y el segundo, al sistema contra incendios, los mismos que llevarán a una mayor eficiencia y seguridad en la empresa.

### **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La Planta Industrial de Chova del Ecuador S.A. está localizada en la zona de Cashapamba, que con el transcurso de los años, pasó de ser rural a residencial. La población aledaña ha venido incrementándose y la ubicación de la compañía involucra riesgos para la comunidad, es por ello que los directivos de la empresa han empezado la construcción de la nueva planta en una zona industrial, situada en el sector el Inga.

Actualmente no se realiza un aprovechamiento adecuado del agua en los procesos industriales, por tal motivo, si en la nueva planta se operaría de la misma manera que en la actual, se continuaría utilizando ineficazmente el agua, dando como resultado mayores gastos. Adicionalmente, si el agua no tiene la temperatura adecuada, se afectaría la calidad de los procesos de laminación y



emulsiones de la planta, es por ello que existe la necesidad de diseñar un sistema de circulación que aproveche y provea de agua con los requerimientos adecuados para los procesos industriales.

Las actividades industriales de la empresa presentan áreas de potencial riesgo de incendios, y en caso de producirse una emergencia, la nueva planta deberá contar con los mecanismos de defensa, es por ello que es necesario implementar un sistema contra incendios que brinde seguridad tanto al personal como a las instalaciones, el mismo que deberá cumplir con las normas nacionales e internacionales, a fin de garantizar su efectivo funcionamiento.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 GENERAL**

Desarrollar la ingeniería básica conceptual y de detalle del sistema de circulación y enfriamiento del agua para los procesos industriales y del sistema contra incendios de la nueva planta de Chova del Ecuador S.A.

#### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

Sistema de circulación y enfriamiento del agua:

- Determinar los parámetros del proceso.
- Determinar la temperatura adecuada del agua para los procesos industriales.
- Determinar las alternativas para la circulación del agua para los procesos industriales.
- Diseñar el sistema de circulación y enfriamiento del agua para los procesos industriales.
- Elaborar los planos del sistema de circulación y enfriamiento del agua para los procesos industriales.
- Realizar el análisis de costos de la implementación del sistema de circulación y enfriamiento de agua para los procesos industriales.

### Sistema contra incendios:

- Clasificar las áreas de la empresa según su nivel de riesgo.
- Determinar las acciones a tomar de acuerdo a cada área establecida.
- Diseñar el sistema contra incendios según las normas NFPA.
- Elaborar los planos del sistema contra incendios.
- Realizar el análisis de costos de la implementación del sistema contra incendios.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO**

En la actualidad, las industrias llevan a cabo proyectos que tienden a una producción más limpia con el objeto de reducir el impacto ambiental, en este sentido, el desarrollo del sistema de circulación y enfriamiento del agua en los procesos de producción de la nueva planta, permitirá optimizar su consumo, lo que conlleva a la reducción de gastos y mayores beneficios para la empresa, la sociedad y el ambiente.

Las actividades industriales conllevan permanentes riesgos, entre los cuales están los incendios, por tal motivo actualmente es un requisito indispensable que las nuevas construcciones cuenten con sistemas contra incendios encaminados a precautelar la vida e integridad física del personal y de las instalaciones.

El desarrollo del sistema contra incendios brindará al personal de la empresa los mecanismos necesarios para combatir un eventual siniestro y así atender las emergencias que puedan presentarse.

## **1.5 ALCANCE**

El presente estudio consta de dos partes, en la primera se determinarán los parámetros de los procesos industriales y se dimensionarán los equipos requeridos para el sistema de circulación y enfriamiento del agua.

La segunda parte del proyecto desarrollará el sistema de extinción de incendios, en el que se determinarán los equipos y medios necesarios para combatir el fuego. El sistema de extinción de incendios no contempla los siguientes aspectos:

planes de emergencia en caso de incendio, alertas, señalización, detección, ni las conexiones eléctricas de los equipos.

Adicionalmente para los sistemas mencionados se efectuarán los planos de construcción, y se determinarán sus costos de implementación.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y ENFRIAMIENTO DE AGUAS DE PROCESO**

##### **2.1.1 AGUAS DE PROCESO**

Las aguas naturales difícilmente se encuentran en condiciones de ser usadas en los procesos industriales, ya que contienen impurezas que suelen ser inadecuadas para aplicaciones como refrigeración, generación de vapor, etc.

“El término aguas de proceso abarca aguas de calderas, agua de refrigeración, agua para intercambiadores de calor y motores, disolución de productos químicos, etc. Los requerimientos de la calidad del agua varían según el uso que se le vaya a dar. Normalmente su dureza es muy baja con la finalidad de evitar la formación de depósitos en los equipos de intercambio de calor.

En las aguas de proceso se deben eliminar tanto el oxígeno, como de dióxido de carbono ya que provocan corrosión.”<sup>1</sup>

##### **2.1.1.1 El uso del agua como medio de refrigeración**

El agua es usada como medio de refrigeración debido a su gran disponibilidad y a su elevado calor específico.

Se debe tomar en cuenta que las incrustaciones que se forman en la superficie de intercambio de calor disminuyen la velocidad de transferencia, ya que actúan como aislantes, por esta razón a las instalaciones se las debe dar un mantenimiento periódico o utilizar pintura con la finalidad de reducir este fenómeno.

---

<sup>1</sup>"www.lenntech.es." <http://www.lenntech.es/aplicaciones/proceso/agua-de-proceso.htm>.

Los sistemas de refrigeración se clasifican en sistemas abiertos y sistemas cerrados:

- **Sistemas abiertos:** son aquellos que hacen uso del agua una sola vez y, posteriormente, la devuelven al exterior.
- **Sistemas cerrados:** reutilizan el agua en forma continua, haciéndola recircular. Los sistemas cerrados además pueden subdividirse en *sistemas con recirculación abierta* y en *sistemas con recirculación cerrada*; en los *sistemas con recirculación abierta* el agua que se calienta en el proceso de refrigeración, se enfría nuevamente cuando una parte se evapora, cediendo calor latente, mientras que los *sistemas con recirculación cerrada*, el agua es enfriada por medio de otro fluido como el aire.

La contaminación del agua de refrigeración se produce por: corrosión-incrustaciones - crecimiento microbiológico - depósito de fangos

- **Control de la corrosión:** Los inhibidores de corrosión se clasifican según la reacción que controlan. Estos pueden reaccionar con el agente corrosivo, formar una película protectora o propiciar una película de óxido del propio metal que se intenta proteger. Por lo general se utilizan dos o más inhibidores complementando sus ventajas individuales, a menudo la mejor protección se alcanza combinando un inhibidor anódico con un catódico.
- **Control de depósitos e incrustaciones:** La formación de depósitos reduce la eficacia de los sistemas de refrigeración, ya que estos actúan como aislantes térmicos, reduciendo la velocidad de transferencia de calor. Los depósitos también aceleran la corrosión debida a la formación de células de oxigenación diferencial. Los depósitos pueden tener distintos orígenes como son: las partículas en suspensión que lleva el agua; en las torres de refrigeración las partículas en suspensión en el aire son arrastradas por el agua; las sales de calcio y magnesio precipitadas; el calcio y bicarbonato presentes en el agua, etc. Para prevenir la formación de depósitos se debe dar un tratamiento previo externo, como la implementación de piscinas de decantación y sistemas de filtración. Los

precipitados se pueden eliminar mediante floculación y desmineralización del agua.

- **Control microbiológico:** Los microorganismos pueden ser agentes directos de la corrosión o formar depósitos, y se introducen al sistema por medio del agua o el aire que cruza las torres de enfriamiento.

La temperatura y el pH se encuentran en condiciones idóneas para el crecimiento bacteriano, y con el objeto de controlar la acción microbiana, se emplean agentes microbicidas oxidantes y no oxidantes, pero debe considerarse el impacto al ambiente que estos presentan.

## **2.1.2 AGUAS RESIDUALES**

Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales, cuyos contaminantes son estrictamente controlados debido a políticas ambientales.

Los contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y por su naturaleza química pueden ser orgánicos o inorgánicos. A continuación tenemos una lista de contaminantes que pueden presentarse:

- Materia orgánica soluble, medida de: demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) o carbono orgánico total (COT).
- Aceites, grasas y material flotante.
- Nutrientes.
- Sólidos en suspensión y material coloidal.
- Color, turbidez y olor.
- Acidez o alcalinidad.
- Metales de buceo.
- Contaminantes orgánicos.<sup>2</sup>

## **2.1.3 FLUJO EN TUBERÍAS**

### **2.1.3.1 Factor de fricción f**

Se puede determinar el factor de fricción a partir del diagrama de Moody o utilizando la ecuación de Colebrook.

---

<sup>2</sup> Miguel Rigola. Aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. s. ed. Barcelona. Marcombo, S.A. 2005. p 137

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad 2.1$$

En donde:

$f$ : Factor de fricción

$\varepsilon$ : Rugosidad del material

$D$ : Diámetro interno de la tubería

$Re$ : Número de Reynolds

### 2.1.3.2 Pérdida de Carga Total $h_L$

$$h_L = \sum_i f_i \frac{L_i}{D_i} \frac{V_i^2}{2g} + \sum_j k_{Lj} \frac{V_j^2}{2g} \quad 2.2$$

Si el  $D =$  constante

$$h_L = \left( f \frac{L}{D} + k_L \right) \frac{V^2}{2g} \quad 2.3$$

En donde:

$L$ : Longitud de la tubería

$k_L$ : Coeficiente por pérdidas menores

$V$ : Velocidad del fluido

$g$ : Aceleración de la gravedad

### 2.1.3.3 Carga Hidrostática Neta Necesaria

$$H_{necesaria} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_L \quad 2.4$$

En donde:

$P_1$  y  $P_2$ : Presiones sobre las superficies libres del líquido

$\rho$ : Densidad

$\alpha_1$  y  $\alpha_2$ : Factores de corrección de corrección de la energía cinética en las secciones 1 y 2

$z_1 - z_2$ : Diferencia de alturas

$h_L$ : Pérdida de carga

### 2.1.3.4 Carga de Aspiración Neta Positiva Disponible

$$NPSH_{disponible} = \left( \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right)_{\text{entrada de la bomba}} - \frac{P_v}{\rho g} \quad 2.5$$

En donde:

$P$ : Presión a la entrada de la bomba

$\rho$  : Densidad

$g$ : Aceleración de la gravedad

$V$ : Velocidad del fluido

$P_v$ : Presión de vapor

#### 2.1.4 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Para seleccionar una bomba adecuada se debe tener un conocimiento completo del sistema en donde va a trabajar el dispositivo, para esto es necesario contar con hojas de flujo de proceso y diagramas de la tubería con sus accesorios.

Las bombas centrífugas poseen un impulsor de paletas giratorio sumergido en el líquido. El fluido ingresa en la bomba donde los álabes lo arrastran hacia sus extremos a alta presión, convirtiendo de esta manera energía cinemática en energía potencial.

##### Clasificación de las bombas centrífugas:

- **Bombas de tipo voluta:** el impulsor descarga en una caja espiral que se expande progresivamente, proporcionada en tal forma que la velocidad del líquido se reduce en forma gradual. Por este medio parte de la energía de velocidad del líquido se convierte en presión estática.
- **Bombas de tipo difusor:** poseen álabes direccionales estacionarios que rodean al impulsor. Estos pasajes con expansión gradual cambian la dirección del flujo del líquido y convierten la energía cinética en columna de presión.
- **Bombas de tipo turbina:** también conocidas como bombas de vórtice, en este tipo de bombas se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas dentro del canal anular en el que gira el impulsor. El líquido va recibiendo impulsos de energía.

##### Clasificación de las bombas centrífugas según el tipo de flujo:

- **Flujo Mixto:** Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido. El diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de entrada.



- **Flujo Axial:** Estas bombas de flujo axial desarrollan su columna por la acción de impulso o elevación de las paletas sobre el líquido. El diámetro del impulsor es el mismo en el lado de succión y en el de descarga.<sup>3</sup>

### 2.1.5 FACTORES HIDRÁULICOS DEL SISTEMA

En la mayoría de los procesos industriales, se incluyen la conducción de líquidos o transferencia de un valor de presión o energía estática a otro. La bomba es el medio mecánico para realizar este fin, por lo cual, es necesario conocer cómo funcionan y cuáles son los factores hidráulicos que intervienen en el sistema.

#### **Carga del sistema:**

Para entregar un volumen dado de líquido en un sistema, la bomba debe aplicar al fluido, una energía formada por los siguientes componentes:

- **Carga Estática**

La carga estática significa una diferencia en elevación. Por tanto la carga estática total de un sistema, es la diferencia en elevación, entre los niveles de líquido en los puntos de descarga y succión de la bomba. La carga estática de descarga es la diferencia en elevación entre el nivel de líquido de descarga y la línea de centros de la bomba. Si la carga estática de succión tiene valor negativo porque el nivel del líquido para succión está debajo de la línea de centros de la bomba, se la suele llamar altura estática de aspiración. Si el nivel de líquido de succión o de descarga está sometido a una presión que no sea la atmosférica, ésta se puede considerar como parte de la carga estática o como una adición por separado a la carga estática.

- **Carga de Fricción**

La carga de fricción es la necesaria para contrarrestar las pérdidas por fricción ocasionadas por el flujo de líquido en la tubería, válvulas, accesorios y otros componentes como pudiera ser los intercambiadores de calor. Estas pérdidas varían más o menos proporcionalmente al cuadrado del flujo del sistema. También varían de acuerdo con el tamaño, tipo y

---

<sup>3</sup> Tyler Hicks. *Bombas su selección y aplicación* . 1ra ed. Cecsca, 1993.pp. 23-24.

condiciones de las superficies de los tubos y accesorios y las características del líquido bombeado.

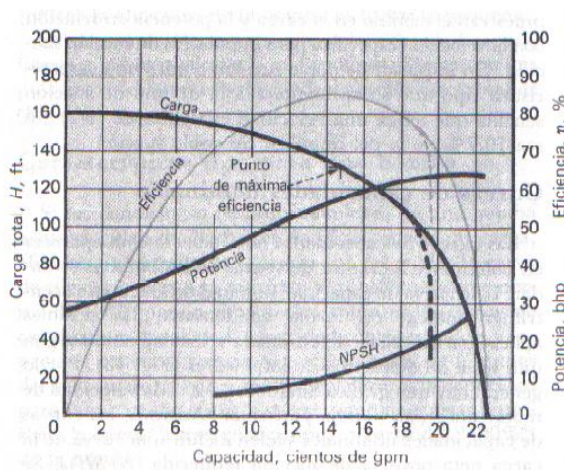
Al calcular las pérdidas por fricción, se debe tener en cuenta que aumentan conforme la tubería se deteriora con el tiempo. Se acostumbra basar las pérdidas en los datos establecidos para tuberías promedio que tiene de 10 a 15 años de uso.

- **Pérdidas en la entrada y salida**

Si la toma de la bomba está en un depósito, tanque o cámara de entrada, las pérdidas ocurren en el punto de conexión de la tubería de succión con el suministro. La magnitud de las pérdidas depende del diseño de la entrada al tubo. Una boca acampanada bien diseñada produce la mínima pérdida. Asimismo, en el lado de descarga del sistema cuando el tubo de descarga termina en algún cuerpo líquido, se pierde por completo la carga de velocidad del líquido y se debe considerar como parte de las pérdidas totales por fricción del sistema.<sup>4</sup>

### **Características de Rendimiento de una bomba centrífuga**

Las curvas características muestran la relación existente entre la columna de bomba, capacidad, potencia y eficiencia para un diámetro de impulsor específico y para un determinado tamaño de carcasa.



Fuente: Bombas. Selección, uso y mantenimiento

**Figura 2.1 Características de rendimiento de una bomba centrífuga**

<sup>4</sup> Igor Karassik. "Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema." *Bombas selección, uso y mantenimiento*. Kenneth McNaughton. México: McGraw Hill, 1988. pp.70-75

### Condiciones de succión:

“Una gran cantidad de problemas con las bombas centrífugas ocurren en el lado de la succión. Por esta razón es muy importante entender la forma de relacionar la capacidad de succión de la bomba con las características de succión del sistema en que funcionará.”<sup>5</sup>

- **Carga neta positiva de succión disponible (NPSH)<sub>A</sub>**- Es la cantidad de energía disponible en la boquilla de succión, se la determina como:

$$NPSH_A = P_{succión} - P_{fricción} \pm P_{estática} - P_{vapor} \quad 2.6$$

- **“Presión de vapor.”**- La presión en un recipiente de gas se debe a que cada una de las moléculas de este colisiona con la pared del recipiente y ejercen una fuerza sobre él, la cual es proporcional a la velocidad promedio de las moléculas y al número de moléculas por unidad de volumen del recipiente (es decir la densidad molar). Por lo tanto, la presión que ejerce un gas depende mucho de su densidad y su temperatura. Para una mezcla de gas, la presión medida por un sensor, por ejemplo transductor, es la suma de las presiones que ejerce cada uno de los gases, nombradas como presión parcial. Es posible mostrar que la presión parcial de un gas en una mezcla es proporcional al número de moles (o fracción molar) de ese gas.

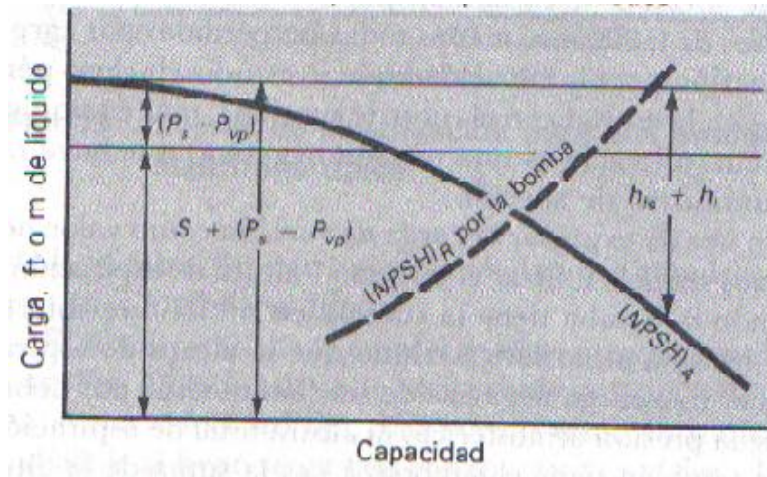
El aire atmosférico se puede considerar como una mezcla de aire seco (con cero contenido de humedad) y vapor de agua (conocido también como humedad), mientras que la presión atmosférica es la suma de la presión del aire seco  $P_a$  y la presión de vapor de agua, llamada presión del vapor  $P_v$ ”<sup>6</sup>

- **Carga neta positiva de succión requerida (NPSH)<sub>R</sub>**- Es función del diseño de la bomba (forma, el número de paletas, el ángulo de ataque del impulsor, las dimensiones de la zona de succión, etc.), representa el margen mínimo requerido entre la carga de succión y la presión de vapor.

---

<sup>5</sup> Igor Karassik. "Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema." *Bombas selección, uso y mantenimiento*. Kenneth McNaughton. México: McGraw Hill, 1988. p.78

<sup>6</sup> Cengel, Yunus. Termodinámica. 6ta. México: McGraw Hill, 2009. p.149.



Fuente: Bombas. Selección, uso y mantenimiento

**Figura 2.2 NPSH disponible y requerida varían con la capacidad**

Como se puede observar en la figura tanto la  $(NPSH)_A$  como la  $(NPSH)_R$  varían según la capacidad. Cuando existen caudales mayores la  $(NPSH)_A$  se reduce debido a la pérdida por fricción, mientras que la  $(NPSH)_R$  aumenta, ya que es función de las velocidades en los conductos de succión de la bomba y en la entrada al impulsor.

Los cambios en la  $(NPSH)_A$  no alteran el rendimiento de la bomba siempre y cuando la  $(NPSH)_A$  sea mayor que la  $(NPSH)_R$ .

## 2.2 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Antes de iniciar el diseño del sistema contra incendios para una instalación industrial, se debe consultar con la autoridad local, ya que ellos son los que establecen los requisitos mínimos con los que debe contar el establecimiento para su funcionamiento. Estos requerimientos constan en la normativa sobre prevención, mitigación y protección contra incendios del Ecuador.

Para diseñar sistemas contra incendios, es recomendable utilizar criterios contenidos en normas o reglamentos internacionales existentes, como son las NFPA (Asociación Nacional para la Protección Contra Incendios) y el Reglamento de seguridad contra incendios en instalaciones industriales basado en las normativas UNE (Unificación de Normativas Españolas).

Una vez finalizado el diseño del sistema contra incendios y para llevar a cabo la instalación del mismo, se debe contar con la respectiva aprobación, que en nuestro caso la otorga el Cuerpo de Bomberos.

### 2.2.1 NORMAS NFPA

Las normas NFPA (National Fire Protection Association) describen cómo diseñar e instalar los componentes del sistema, pero no determinan qué tipo de sistema es el requerido para una determinada instalación, ni contemplan el nivel de protección necesario para las instalaciones.

Para establecer los criterios de diseño del sistema contra incendios, se tomará como referencia las siguientes normas enumeradas a continuación:

- **NFPA 10 Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios**

“Esta norma contiene los criterios para la selección, instalación, inspección, mantenimiento y prueba de equipos de extinción portátiles.”<sup>7</sup>

- **NFPA 11 Norma para Espumas de Baja, Media y Alta expansión**

“Esta norma trata sobre el diseño, instalación, operación, prueba y mantenimiento de sistemas de espuma de baja, mediana y alta expansión para protección contra incendios.”<sup>8</sup>

- **NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores**

“Esta norma contiene los requisitos mínimos para el diseño y la instalación de sistemas de rociadores automáticos contra incendio y de sistemas de rociadores para protección contra la exposición al fuego incluidos en esta norma.”<sup>9</sup>

---

<sup>7</sup> NFPA, NFPA 10, *Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios*. 2007. Colombia: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCI, 2006.p.9.

<sup>8</sup> NFPA. NFPA 11, *Norma para Espumas de Baja, Mediana y Alta Expansión*. 2005. Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCI, 2005.p.3.

<sup>9</sup> NFPA. NFPA 13, *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*.2007. Instituto IRAM, 2008.p.13.

- **NFPA 14 Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras**

“Esta norma contiene los requisitos mínimos para la instalación de sistemas de tubería vertical y mangueras.”<sup>10</sup>

- **NFPA 15 Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios**

“Esta norma provee los requerimientos mínimos para el diseño, instalación y pruebas de aceptación de los sistemas fijos aspersores de agua para servicio de protección contra incendios.”<sup>11</sup>

- **NFPA 20 Norma para la instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios**

“Esta norma trata lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas privados de protección contra incendio.”<sup>12</sup>

- **NFPA 24 Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios**

“Esta norma debe cubrir los requisitos mínimos para la instalación de tuberías principales para el servicio privado de incendios y sus accesorios que aprovisionan lo siguiente:

- Sistemas de rociadores automáticos
- Sistemas de rociadores abiertos
- Sistemas fijos de aspersion de agua
- Sistemas de espuma
- Hidrantes privados

---

<sup>10</sup> NFPA. NFPA 14, *Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y Mangueras*. Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCI, 2007.p.5.

<sup>11</sup> NFPA. NFPA 15, *Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios*.2001. Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCI, 2003.p.5.

<sup>12</sup> NFPA. NFPA 20, *Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios*.2007. p.5.

- Boquillas monitoras o sistemas de tubería vertical con referencia a suministro de agua
- Casetas de manguera “<sup>13</sup>

## **2.2.2 REGLAMENTO INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES DE ESPAÑA**

“Este reglamento tiene por objeto establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes”.<sup>14</sup>

## **2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS OCUPACIONES CON RIESGO DE INCENDIO**

La norma NFPA 13 clasifica los riesgos de ocupación de la siguiente manera:

### **2.2.3.1 Ocupaciones de riesgo ligero**

Las ocupaciones de riesgo ligero se definen como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja, y se esperan incendios con bajos índices de calor. Por ejemplo iglesias, clubs, instalaciones educativas, hospitales, oficinas, etc.

### **2.2.3.2 Ocupaciones de Riesgo Ordinario**

- ***Riesgo ordinario (Grupo 1)***

Las ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo 1) se definen como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada, las pilas de

---

<sup>13</sup> NFPA. NFPA 24, *Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios*. 2007. Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCI.p.6.

<sup>14</sup> "Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales." p.9

almacenamiento de combustible no superan los 8 pies (2,4 m) y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado. Por ejemplo: salas de exhibición y garajes de automóviles, panaderías, lavanderías, áreas de servicio de restaurantes, etc.

- ***Riesgo ordinario (Grupo 2)***

Las ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo 2) se definen como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es de moderada a alta, donde las pilas de almacenamiento de contenidos con un índice de liberación de calor elevado no superan los 12 pies (3,7 m). Por ejemplo: molinos, tintorerías, talleres mecánicos, fábricas de productos de cuero, plantas procesadoras de papel, fábricas de neumáticos.

### **2.2.3.3 Ocupaciones de Riesgo Extra**

- ***Ocupaciones de Riesgo Extra (Grupo 1)***

Las ocupaciones de riesgo extra (Grupo 1) se definen como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y hay presentes polvos, pelusas u otros materiales, que introducen la probabilidad de incendios que se desarrollan rápidamente con elevados índices de liberación de calor pero con poco o ningún líquido inflamable o combustible. Por ejemplo: hangares de aviones, fundiciones, extrusión de metales, aserraderos, tapizados con espumas plásticas.

- ***Ocupaciones de Riesgo Extra (Grupo 2)***

Las ocupaciones de riesgo extra (Grupo 2) se definen como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones con cantidades desde moderadas hasta considerables de líquidos inflamables o combustibles, u ocupaciones donde el escudo de los combustibles es extenso. Por ejemplo: saturación de asfaltos, pulverización de líquidos inflamables, procesamiento de plásticos, limpieza con disolventes, barnizada y pintada por inmersión.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>NFPA. NFPA 13, *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*.2007. Instituto IRAM, 2008.p.25-26.



## 2.2.4 CLASES DE FUEGO

Clases de fuego de acuerdo a la NFPA 10:

- **Fuegos Clase A.** Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos.
- **Fuegos Clase B.** Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
- **Fuegos Clase C.** Son incendios en sitios que involucran equipos eléctricos energizados.
- **Fuegos Clase D.** Son aquellos fuegos en metales combustibles como Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio, Litio y Potasio.
- **Fuegos Clase K.** Fuegos en aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina (aceites minerales, animales y grasas).

## 2.2.5 EQUIPOS Y MEDIOS UTILIZADOS PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Las siguientes definiciones son tomadas de la norma PE-SHI-018 de E.P. Petroecuador (Sistemas de agua contra incendios para instalaciones petroleras)

### a. Hidrante

Es un dispositivo de suministro de agua para el combate de incendios, conectado a la red contra incendio o acueducto y situado en áreas estratégicas de dominio público o privado. Pueden ser de columna seca o de columna húmeda.

### b. Monitor

Dispositivo fijo, portátil o móvil, diseñado para descargar un caudal de agua o espuma en forma de chorro directo o neblina.

### c. Rociador

Es un dispositivo conectado a un ramal de tubería por medio del cual se logra la aspersion del agua o espuma. Conocido en inglés como “sprinkler”. Existen dos tipos de rociadores: abiertos y cerrados, en el primero no se cuenta con un sistema de activación por lo que el orificio de descarga se encuentra siempre abierto; el segundo tipo está diseñado para abrirse

automáticamente por la operación de un elemento fusible, el cual mantiene cerrado el orificio de descarga.

**d. Conexión siamesa**

Dispositivo que posee 2 bocas de 2.5” de diámetro con rosca normalizada hembra NST, a las cuales se conectan mangueras contra incendio.

**e. Carretes de mangueras**

Son dispositivos que contienen una manguera enrollada en un soporte o carrete metálico rotatorio, que permiten la rápida aplicación de agua por parte de un solo operador. Su utilidad fundamental es el control de fuegos incipientes en áreas con presencia habitual de personal.

**f. Gabinetes de mangueras**

Estos dispositivos se los utiliza en interiores de edificios, depósitos y almacenes. Consisten fundamentalmente en un gabinete o cajetín metálico adosado a las paredes, dotado de un porta mangueras y puerta de vidrio. El marco inferior deberá estar a una altura del piso entre 0.8 y 1.5 metros.

**g. Extintor**

Es un artefacto que sirve para apagar fuegos. Consiste en un recipiente metálico (bombona o cilindro de acero) que contiene un agente extintor de incendios a presión, de modo que al abrir una válvula, el agente sale por una manguera que se debe dirigir a la base del fuego. Se clasifican de acuerdo a la clase de fuego.

**h. Espuma.**

Según la NFPA 16 *“Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores de Agua-Espuma y Pulverizadores de Agua-Espuma”*, es un agregado estable de pequeñas burbujas de densidad menor que el aceite o el agua, que exhibe tenacidad para cubrir superficies horizontales.

La espuma se genera con la mezcla de aire en una solución de agua que contiene concentrado de espuma, por medio de un equipo diseñado adecuadamente. Esta fluye libremente sobre la superficie de un líquido incendiado y forma una capa fuerte y continua que excluye el aire y sella

el acceso de los vapores combustibles volátiles al aire. Las espumas también se definen por expansión y se dividen en tres categorías:

- Espuma de baja expansión: expansión hasta de 20.
- Espuma de expansión mediana: expansión de 20 hasta de 200.
- Espuma de alta expansión: expansión de 200 hasta de 1000 aproximadamente.

**i. Concentrado de Espuma.**

La NFPA 16, menciona que es un agente líquido espumante concentrado como se recibe del fabricante, y puede ser:

- **Concentrado de Espuma Resistente al Alcohol:** usado para combatir incendios sobre materiales solubles en agua y otros combustibles destructores de espumas comunes, AFFF o FFFP.
- **Concentrado de Espuma Formante de Película Acuosa (AFFF):** Concentrado a base de surfactantes fluorados más estabilizadores de espuma y diluido generalmente con agua para formar una solución a 1 por ciento, 3 por ciento o 6 por ciento.
- **Concentrado de Espuma de Fluoroproteína Formante de Película (FFFP):** Concentrado que usa surfactantes fluorados para producir una película fluida acuosa para suprimir los vapores de combustibles hidrocarburos.
- **Concentrado de Espuma de Fluoroproteína:** Concentrado muy similar al concentrado de espuma y proteína pero con un aditivo fluorado surfactante sintético
- **Concentrado de Espuma de Mediana y Alta Expansión:** Concentrado generalmente derivado de surfactantes hidrocarburos, usado en equipos diseñados especialmente para producir espumas con relaciones volumétricas espuma-solución de 20:1 hasta aproximadamente 1000:1.
- **Concentrado de Espuma de Proteína:** Concentrado que consiste principalmente de productos de una proteína hidrolizada, más aditivos estabilizadores e inhibidores para protegerla contra

la congelación, para evitar corrosión del equipo y recipientes, resistir la descomposición bacterial, controlar la viscosidad, y además asegurar la disponibilidad para uso en emergencias.

- **Concentrado de Espuma Sintética.** Concentrado a base de agentes espumantes diferentes a las proteínas hidrolizadas y que incluye concentrados de espuma de formación de película acuosa (AFFF), concentrados de espuma de mediana y alta expansión, y otros concentrados de espumas sintéticas.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup>NFPA. NFPA 16, *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores de Agua-Espuma y Pulverizadores de Agua-Espuma*. 2007. Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCI.p.9-10,22.

# CAPITULO 3

## SITUACIÓN ACTUAL

### 3.1 ÁREAS DE LA PLANTA

Para diseñar el sistema de circulación, enfriamiento y contra incendios de la nueva planta de producción, se debe tomar en consideración la situación actual de la empresa, con la finalidad de que los sistemas a diseñar trabajen de una manera óptima.

Es preciso analizar cada sector de la planta para determinar el tipo de acción a tomar en caso de incendio, y mediante la toma de datos, establecer la cantidad y las características de agua necesarias para la elaboración de los productos.

#### 3.1.1 ÁREAS DE PRODUCCIÓN

##### 3.1.1.1 Laminación

Es el área designada para la fabricación de láminas asfálticas, en la que se elaboran los diferentes tipos de láminas para la impermeabilización, y en ella se encuentra:

**a. Máquina de laminación**

Consta de varias partes como son: el desenbobinador, compensador 1, balsa de impregnación, piscina de rodillos de laminación, compensador 2 y la enrolladora. Estos elementos, dependiendo del producto, son utilizados para la fabricación de las láminas.

**b. Tanque de pre-mezcla**

Es el equipo donde se realiza la mezcla del asfalto, el polímero y el aceite.

**c. Tanques de cargas minerales**

Una vez que se mezcla el aceite y el polímero con el asfalto, esta pasa a otros dos tanques en donde se le añade las cargas minerales que son el carbonato de calcio y el caolín.

#### d. Tableros de control eléctrico

Existen tableros eléctricos que controlan algunos parámetros del proceso de fabricación de las láminas asfálticas.



**Figura 3.1 Proceso laminación**

#### 3.1.1.2 Emulsiones

En esta área se fabrican las emulsiones utilizadas en pavimentos de vías, en la que se encuentra lo siguiente:

##### a. Tanques de preparación de solución jabonosa

En estos tanques, con ayuda de agitadores, se mezclan: el emulsificante, el ácido clorhídrico y el agua, para formar la solución jabonosa.

##### b. Molino coloidal

En este se mezclan el asfalto con la solución jabonosa para formar la emulsión.



**Figura 3.2 Proceso de emulsiones**

### 3.1.1.3 Revestimiento de Líquidos

En esta área se fabrican los impermeabilizantes líquidos y se encuentra lo siguiente:

#### a. Tanque de mezclado

En este tanque se fabrican los revestimientos líquidos y los imprimantes que también son impermeabilizantes de fácil uso. Según los datos del fabricante se trata de productos no inflamables.

#### b. Máquina de envasado

Es una máquina automática utilizada para el envasar los revestimientos e imprimantes líquidos.



**Figura 3.3 Proceso revestimientos líquidos**

### 3.1.1.4 Metales

En esta área se fabrican los canales de acero de agua lluvia, en la que se encuentran los siguientes elementos:

#### a. Cortadora de flejes

Se utiliza para el corte de rollos de acero, que son usados en el proceso de fabricación de canales.

#### b. Tren de laminación

En este tren los flejes de acero son laminados y adquieren la forma de canales. Existen dos máquinas en las cuales se fabrican canales abiertos y cerrados.

#### c. Conformadora de codos

Esta máquina fabrica codos para unir los canales cerrados.

#### d. Máquina grofadora

Realiza un grabado sobre la lámina de aluminio, la cual forma parte del producto de impermeabilización denominado “Alumnband”.



**Figura 3.4 Proceso metales**

### 3.1.2 ÁREAS DE ALMACENAMIENTO

#### 3.1.2.1 Almacenamiento de materias primas

Se almacenan diferentes tipos de materiales de acuerdo al producto a fabricar. Se tiene:

##### a. Asfalto

Se usa en la fabricación de láminas y emulsiones asfálticas debido a sus propiedades de consistencia, adhesividad, impermeabilidad y durabilidad.

De acuerdo a la hoja seguridad, el asfalto tiene un punto de inflamación mayor a los 230°C. En caso de incendio lo recomendable es utilizar espumas, polvo químico seco, dióxido de carbono, gas inerte, arena o agua pulverizada.

##### b. Aceite plastificante

Se almacena en tanques de plástico. Se lo usa en la fabricación de láminas asfálticas y emulsiones. Posee un punto de inflamación de 229.1°C

##### c. Butonal SBR (estireno butadieno)

Se lo usa en la elaboración de emulsiones asfálticas para darle mayor elasticidad al asfalto. Tiene un punto de inflamación mayor a los 100°C, y en caso de incendio, el fabricante recomienda utilizar los siguientes medios para la extinción: agua pulverizada, espuma o extintor de polvo. Posee un punto de inflamabilidad de 1.



**d. Ácido clorhídrico**

La emulsión debe poseer una carga positiva por lo que se le agrega ácido clorhídrico para cumplir con esta condición. Este producto no es inflamable.

**e. Diesel MC-30**

Se lo utiliza en la fabricación del imprimante que es la primera capa que se coloca en la pavimentación. Es un producto inflamable ya que tiene una temperatura de inflamación de 30°C.

**f. Diesel 1**

Es utilizado como combustible de los calderos. Su punto de inflamación es mayor a 38 °C.

**g. Emulsificante**

Es almacenado en barriles y es utilizado para formar la emulsión. Tiene un grado de inflamabilidad de 1.

**h. Fibra de vidrio**

Es un material que tiene suficiente flexibilidad y se lo utiliza en diferentes procesos industriales. Sus principales propiedades son: buen aislamiento térmico, inerte ante ácidos y soporta altas temperaturas.

En la planta se lo utiliza en la fabricación de determinadas láminas debido a sus propiedades. Se trata de un producto no inflamable.

**i. Poliéster**

Es un polímero que se utiliza para dar una mayor resistencia mecánica a la lámina. Este producto, según las especificaciones del fabricante, no es inflamable, pero cuando supera los 300 °C puede liberar gases tóxicos e inflamables. El material fundido no puede estar en contacto con la piel, ya que este se puede adherir y causar quemaduras. En caso de incendio el fabricante recomienda el uso de agua pulverizada, químicos secos o extintor de CO<sub>2</sub>.

**j. Polímero SBS (estireno - butadieno - estireno)**

Este producto se le añade a la mezcla de la lámina para que tenga elasticidad. También es utilizado en la fabricación de emulsiones para brindar mayor resistencia al asfalto. De acuerdo al fabricante, los vapores

del producto fundido pueden resultar irritantes para el sistema respiratorio y pueden provocar mareos o respiración dificultosa. No posee punto de inflamación y en caso de incendio lo recomendable según la hoja de seguridad, es utilizar espumas, químicos secos, CO<sub>2</sub> o aguas pulverizadas.

#### **k. Polietileno**

Este producto se lo usa en la fabricación de las láminas asfálticas. Tiene una temperatura de inflamación de 340°C. De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, en caso de incendios menores se debe usar dióxido de carbono o extinción en seco, y en caso de grandes siniestros se debe usar agua o espuma.

#### **l. Cargas minerales**

Las cargas minerales que se almacenan son el carbonato de calcio y el caolín, y proporcionan mayor consistencia a las láminas. Estos productos no son inflamables.

#### **m. Aluminio**

Se lo usa en la fabricación de lámina impermeabilizante “Alumband”, que provee a la misma mayor resistencia. No es un producto inflamable.

#### **n. Gránulos**

Se los utiliza de manera decorativa en la lámina de impermeabilización. Este es un producto mineral que no es inflamable.

#### **o. Resinas acrílicas**

Se las usa para la fabricación de los revestimientos. Según las especificaciones del fabricante, este producto tiene un riesgo de inflamabilidad de 1.

#### **p. Tubos de cartón**

En estos se enrollan las láminas impermeabilizantes. No posee punto de inflamación, pero en caso de incendio lo recomendable de acuerdo al fabricante, es utilizar agua, productos químicos secos o CO<sub>2</sub>.

### **3.1.2.2 Almacenamiento de productos**

La empresa elabora diferentes tipos de productos de impermeabilización como son: el Techofield, Super K, Alumband, Asfalum, Imperpol, Imperglass, Polibrea, Cemento Asfáltico.

Después de analizar las materias primas que forman estos productos, se puede deducir que en caso de incendio, es permitido utilizar como medio de extinción, agua, productos químicos secos o CO<sub>2</sub>.

### **3.1.3 ÁREA DEL TRANSFORMADOR**

Existe un transformador a la entrada de la planta que tiene una potencia de 250 kVA.

En caso de incendio se requiere el uso de productos químicos o CO<sub>2</sub>.

### **3.1.4 ÁREA DE CALDEROS**

La planta actual posee un caldero de aceite térmico, el cual calienta las tuberías para que el asfalto pueda fluir a través de ellas. En caso de incendios menores, el fabricante recomienda el uso de extintores, y en siniestros mayores se debe utilizar agua pulverizada y espuma.

Es importante tener en cuenta que los calderos deben estar a una distancia prudencial de los tanques de combustible.

## **3.2 PRODUCCIÓN DE LÁMINAS ASFÁLTICAS**

Las láminas asfálticas son utilizadas en sistemas de impermeabilización de casas, edificios, etc. tanto para techos como para cimientos, de esta manera se impide el ingreso de humedad en la construcción.

### **3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El asfalto llega en tanqueros y es almacenado en dos recipientes, posteriormente es transportado por medio de tuberías hacia la máquina laminadora y a los tanques de emulsión para formar los diferentes productos de impermeabilización y emulsiones asfálticas.

### **3.2.2 MÁQUINA DE LAMINACIÓN**

La máquina de laminación está formada por varias partes a través de las cuales ingresa la materia prima en las diferentes etapas hasta formar el producto final.

#### **3.2.2.1 Desenbobinador**

Este es el componente inicial de la máquina de laminación en el que se desenrolla el material a utilizarse en los diferentes tipos de láminas. Consta de soportes donde se colocan los rollos de fibra de vidrio o de poliéster que forman parte de la lámina asfáltica.

#### **3.2.2.2 Compensador 1**

Es un sistema de rodillos que con su propio peso regula la cantidad de fibra de vidrio o de poliéster según la velocidad con la que se fabrica la lámina.

#### **3.2.2.3 Balsa de impregnación**

Es donde se impregna el mástico asfáltico a la fibra de vidrio o poliéster y empieza a formarse la lámina.

#### **3.2.2.4 Tren y piscina de laminación**

El tren de laminación está formado por un juego de rodillos que permite dar el espesor requerido a la lámina y además ayuda al proceso de enfriamiento, el mismo que se lo realiza de dos maneras dependiendo del tipo de producto a elaborarse. En el caso de la fabricación de láminas lisas, el enfriamiento se lo efectúa con la piscina llena de agua, los rodillos se encargan de sumergir la lámina en el agua para que esta se enfríe por convección. Cuando se trata de láminas con gránulos, la piscina debe estar vacía, a fin de que el producto se enfríe por convección hacia el aire.

En estos procedimientos, los rodillos también se calientan y son enfriados por agua que circula por el interior de estos, a través de un sistema de tubería.

La piscina de laminación tiene un volumen aproximado de 40 metros cúbicos. Durante el proceso, el agua recircula entre esta piscina y la piscina de enfriamiento.

### **3.2.3 SECADORA**

Una vez que la lámina emerge del agua, se debe eliminar el exceso de humedad, para lo cual se utiliza una secadora que calienta el aire mediante resistencias eléctricas.

#### **3.2.3.1 Compensador 2**

Existe otro sistema compensador de rodillos después del tren de laminación, el mismo que con su propio peso regula la cantidad de lámina asfáltica producida, según la velocidad de fabricación.

#### **3.2.3.2 Enrolladora**

Al final del proceso, para su almacenamiento, transporte y venta, la planta cuenta con una máquina que corta y enrolla la lámina automáticamente.

Finalmente los operadores pegan cinta y embalan los rollos.

## **3.3 PRODUCCIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS**

Las emulsiones asfálticas son utilizadas para la adhesión del asfalto con el material pétreo en la fabricación de carpetas asfálticas para caminos. También son usadas en la fabricación de otros productos como los selladores e impermeabilizantes.

### **3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Para la producción de la emulsión asfáltica se utiliza un tanque con un agitador para formar la solución jabonosa, la misma está compuesta por agua, emulsificante y ácido clorhídrico (solución catiónica). Una vez creada, la solución es bombeada hasta un molino coloidal donde se mezcla con el asfalto para así formar la emulsión asfáltica. Finalmente la emulsión se bombea hacia los tanques de almacenamiento o hacia los tanqueros según los requerimientos.

# CAPITULO 4

## INGENIERÍA CONCEPTUAL

### 4.1 REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA PARA LOS PROCESOS INDUSTRIALES

#### 4.1.1 VELOCIDAD DE LAMINACIÓN

La velocidad de laminación depende del producto a fabricar. Para determinar este parámetro se procede a analizar la lámina con mayor temperatura de ingreso.

La lámina ATR (anti ruido) alcanza una temperatura de ingreso de hasta 220°C. Para la producción de esta lámina, los rodillos giran a una velocidad angular de 4 rpm (0.42 rad/s). Se conoce además que el radio del rodillo es 0.28 m, con lo que se determina una velocidad de un punto sobre la superficie del rodillo de 0.117 m/s y por ende la velocidad de la lámina.

#### 4.1.2 TEMPERATURA DE ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA Y DE LAS LÁMINAS ASFÁLTICAS EN EL PROCESO DE LAMINACIÓN

Según mediciones realizadas en la actual laminadora y cálculos aproximados mostrados a continuación, se determinó que en el caso más crítico (lámina ATR), la temperatura de ingreso del agua es de 18 °C y la de salida es aproximadamente de 30 °C.

Se efectuó un cálculo aproximado de la temperatura de salida de la lámina y del calor transferido por la misma; adicionalmente, se asumió que existe una transferencia de calor por convección externa forzada, en la que la velocidad del agua es la velocidad relativa de la lámina.

Se obtuvo una temperatura de salida de la lámina de 28.2°C y un calor total transferido de la lámina hacia el agua de 151697 W. (VER ANEXO A).

### 4.1.3 FLUJO MÁSSICO DEL AGUA PARA LOS PROCESOS

#### 4.1.3.1 Alternativas para el sistema de circulación.

La nueva planta contará con un reservorio de 270 m<sup>3</sup> del que se obtendrá el agua para los procesos. Se implementarán líneas de tubería para el transporte del fluido desde el reservorio hasta laminación y emulsiones. El agua de descarga se recolectará en una piscina y de allí será bombeada de regreso al reservorio, a través de una tubería, con la finalidad de recircular el agua.

El reservorio se llenará con agua de acequia y de pozo. El pozo además abastecerá a la planta de potabilización a través de la tubería implementada para este propósito. Esta línea será independiente de las otras, porque el líquido transportado será utilizado para el consumo del personal y no se debe mezclar con las aguas de proceso, debido a que puede contaminarse.

El proceso de emulsiones requiere de agua a una temperatura de alrededor de los 30°C, que es un valor cercano a la temperatura de salida del líquido de laminación, por lo que se puede utilizar parte del agua de descarga de laminación en emulsiones. Para cumplir con esto se tienen dos alternativas:

- Conectar la línea piscina – reservorio con la línea reservorio – emulsiones como se observa en la Figura 4.1
- Establecer una línea de tubería en común para el abastecimiento de emulsiones y para la recirculación del agua de laminación como se muestra en la Figura 4.2.

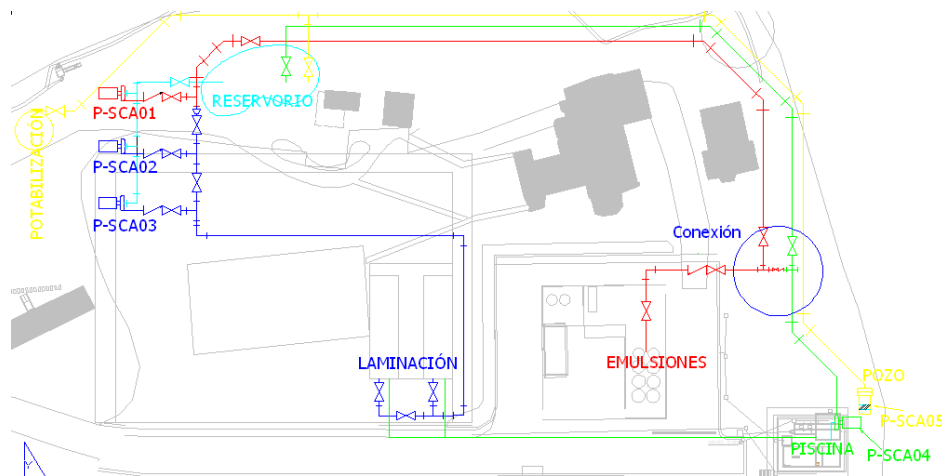
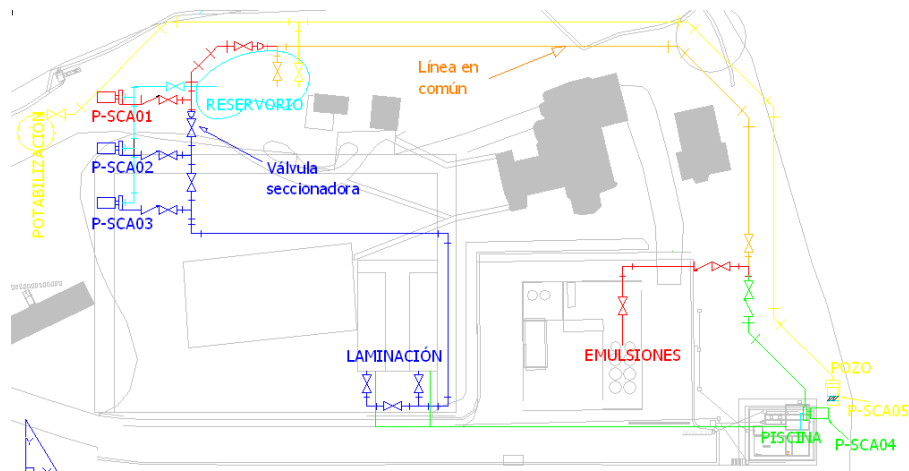


Figura 4.1 Alternativa 1



**Figura 4.2 Alternativa 2**

De las alternativas presentadas se selecciona la Figura 4.2, ya que mediante la apertura y cierre de válvulas se puede abastecer a emulsiones y recircular parte del fluido de descarga de laminación, utilizando una sola línea de tubería en común, con lo que se obtiene un ahorro significativo.

En la Figura 4.2 se observa también que se utilizan dos bombas en paralelo (P-SCA02 y P-SCA03) para abastecer al proceso de laminación, debido a que al existir dos máquinas laminadoras cada una con sus respectivas demandas de caudal y presión, se estableció que utilizar dos bombas para abastecer sus requerimientos es mejor que utilizar una de mayor capacidad, ya que si se instala una sola y se necesita trabajar en una sola máquina, se estaría entregando un caudal mayor del requerido por la máquina y además el equipo empezaría a trabajar en un punto menos eficiente, con lo que se hace evidente que trabajar con dos bombas en paralelo es mejor que con una sola, ya que se puede desconectar la una cuando así se lo requiera.

Otro detalle de la Figura 4.2, es que la bomba que abastece a emulsiones (P-SCA01) se la puede conectar en paralelo con las de laminación (P-SCA02 y P-SCA03) al abrir la válvula seccionadora, con el propósito de que si alguna de las tres sufre un daño o si se necesita hacer un mantenimiento no previsto, mediante válvulas puedan reemplazarse mutuamente, garantizando el abastecimiento de agua para los procesos.



#### 4.1.3.2 Flujo másico de agua para los procesos de laminación

Al conocer el calor total trasferido de la lámina hacia el agua y las temperaturas de ingreso y salida del fluido, se puede conocer que el flujo másico que se calienta en el proceso es de, aproximadamente, 3.1 kg/s, el mismo que debe ser cambiado para continuar con el enfriamiento de la lámina.

El dato obtenido con el cálculo es cercano al valor tomado de la laminadora actual, donde se trabaja con un flujo másico de agua de 3.15 kg/s. Para la nueva planta se considera un aumento del 20% del flujo másico para que exista una mejor transferencia de calor, lo que resulta 3.78 kg/s, y tomando en cuenta que se instalarán 2 laminadoras, se necesitará 7.57 kg/s.

Para la planta de laminación se plantea dimensionar dos bombas que abastezcan los 7.57 kg/s, por lo tanto el caudal total requerido será:

$$\dot{m} = 7.57 \text{ kg/s}$$

$$Q = \dot{m}/\rho$$

$$Q = 7.57/1000$$

$$Q = 0.0075 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 120 \text{ gpm}$$

$$Q' = 60 \text{ gpm por bomba.}$$

#### 4.1.3.3 Flujo másico de agua para los procesos de emulsiones

Según una proyección realizada en Chova en el año 2011, para la planta de emulsiones asfálticas se considera un consumo promedio de agua de 0.038 kg/s (138.96 kg/h) durante todo el año.

Según los requerimientos de la empresa, se tiene previsto construir 2 tanques de almacenamiento de agua de 6000 gal (22.5 m<sup>3</sup>) para abastecer el proceso de emulsiones asfálticas.

El consumo promedio de 0.038 kg/s (138.96 kg/h) durante todo el año, resulta un caudal de 0.139 m<sup>3</sup>/h y un gasto diario de 3.3 m<sup>3</sup>.

Se plantea instalar una bomba que provea de un caudal de 100 gpm para llenar cada tanque en aproximadamente 1 hora; y si las necesidades de producción de la planta aumentan con el transcurso de los años, la bomba estará en capacidad de

abastecer estos requerimientos. Adicionalmente servirá como bypass, al momento que se realice el mantenimiento de una de las bombas para el proceso de laminación.

#### **4.1.3.4 Flujo másico de agua para la recirculación**

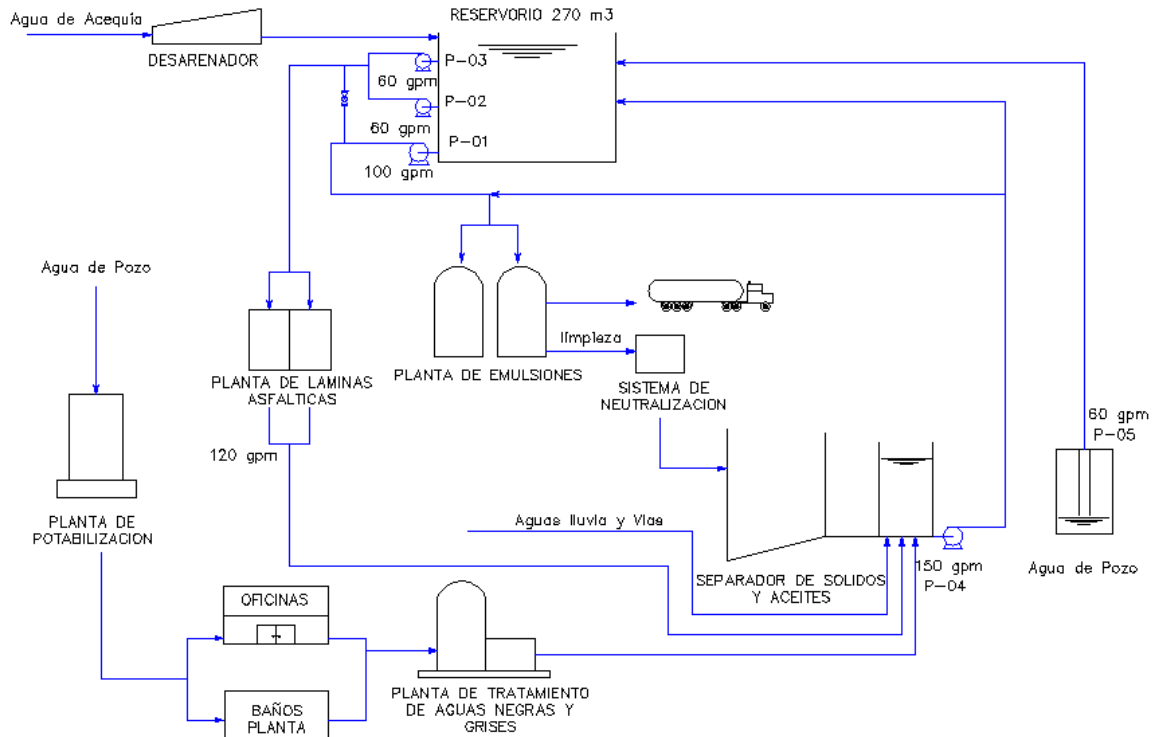
El flujo a recircular desde la piscina de recolección hasta el reservorio son 120 gpm de la planta de laminación, más un 10% de agua lluvia, que para el sector del Inga con una precipitación de  $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$  al día para un área de  $5830 \text{ m}^2$ , resulta un caudal de 214 gpm ( $48.6 \text{ m}^3/\text{h}$ ), por lo tanto se recogerán 21.4 gpm de agua lluvia. Además se considera 8 gpm de la planta de tratamiento de agua y se obtiene un total de 150 gpm para la recirculación, con lo que se tiene un flujo másico de 9.5 kg/s.

#### **4.1.3.5 Flujo másico de agua del pozo**

De acuerdo a los requerimientos de la empresa y al tener en cuenta que el reservorio será alimentado por agua de acequia, se considera necesario un flujo másico de 3.78 kg/s (60 gpm) que se obtendrá del pozo para mantener el nivel del líquido en el depósito en caso de escases, parte de este caudal será utilizado en la planta de potabilización.

#### **4.1.3.6 Diagrama del sistema de circulación del agua**

A continuación se muestra un diagrama que indica el flujo de agua de los procesos y los componentes de la planta de tratamiento de agua que va a ser construida por la empresa “Agua y Automatismo Industrial NAGANT” contratada por Chova del Ecuador S.A.



**Figura 4.3 Diagrama del sistema de circulación del agua**

#### 4.1.4 CARGAS DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA

A continuación se muestran las fórmulas mediante las cuales se calculan las cargas hidrostáticas netas necesarias y las cargas de succión netas disponibles de los sistemas de transporte de agua. Describas anteriormente en el capítulo 2.

$$H_{necesaria} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_L \quad 2.4$$

$$NPSH_{disponible} = \left( \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right)_{entradadelabomba} - \frac{P_v}{\rho g} \quad 2.5$$

En el cálculo de la carga hidrostática neta para el sistema de transporte del agua desde el reservorio hasta laminación, al tener dos bombas en paralelo se debe tener en cuenta que la pérdida de carga total  $h_L$  en el tramo en que se unen los dos caudales se divide para dos, ya que se calcula la carga hidrostática neta necesaria que debe proporcionar una bomba.

Para el sistema de transporte de fluido desde el pozo a la planta de potabilización no se calcula la NPSH disponible, ya que en los estudios del pozo no se dispone de los datos como la presión y la altura de líquido disponibles en el pozo de agua.

## 4.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

### 4.2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Para establecer los requerimientos del sistema contra incendios, es necesario determinar el grado de riesgo que presenta la planta, esto se lo realizará conforme a una evaluación de riesgo intrínseco según la Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales de España.

#### 4.2.1.1 Evaluación de riesgo intrínseco:

Se determina en base a la siguiente ecuación:

$$Q_s = \frac{\sum G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} * Ra \quad 4.1$$

- **Q<sub>s</sub>**: densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en (MJ/m<sup>2</sup>)
- **G<sub>i</sub>**: masa de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (kg).
- **q<sub>i</sub>**: poder calorífico de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio (MJ/kg o Mcal/kg).
- **C<sub>i</sub>**: coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C<sub>i</sub> puede tomar los siguientes valores según el grado de peligrosidad de los combustibles:

Alto= 1.6, Medio= 1.3, Bajo= 1

- **R<sub>a</sub>**: 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.

Este coeficiente puede tomar los valores de 1 (bajo), 1.5 (medio), 2 (alto) y 3 (en casos especiales como artículos pirotécnicos); según el grado de peligrosidad propio de la actividad industrial, estos coeficientes están tabulados conforme a la actividad industrial.

- **A:** superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en (m<sup>2</sup>).

A continuación se muestra en la Tabla 4.1, los valores que puede tomar el coeficiente adimensional *Ra*, según la actividad de la industria.

**Tabla 4.1 Valores de densidad de carga de fuego y coeficiente *Ra***

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	q <sub>s</sub>		Ra	q <sub>v</sub>		Ra
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>		MJ/m <sup>3</sup>	Mcal/m <sup>3</sup>	
Artículos metálicos, forjado	80	19	1,0			
Artículos metálicos, fresado	200	48	1,0			
Artículos metálicos, fundición	40	10	1,0			
Artículos metálicos, grabación	200	48	1,0			
Artículos metálicos, soldadura	80	19	1,0			
Artículos metálicos, soldadura ligera	300	72	1,0			
Artículos pirotécnicos	Especial	Especial	Especial	2.000	481	3,0
Aserraderos	400	96	1,5			
Asfalto (bidones, bloques)				3.400	817	2,0
Asfalto, manipulación de	800	192	1,5	3.400	817	2,0
Automóvil, carrocerías de	200	48	1,0			

Fuente: Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales.

Para el área de emulsiones, donde se encuentran los tanques de almacenamiento de diesel y asfalto, se toma el número *Ra*=2; y para el proceso de laminación y bodegas *Ra*=1.5

Una vez determinados los coeficientes *Ra*, se procede a calcular la densidad de carga de fuego (*Qs*) mostrada en la siguiente tabla:

**Tabla 4.2 Densidad de carga de fuego**

<b>Materia Prima</b>						
<b>PRODUCTO</b>	<b>G<sub>i</sub> (kg o m<sup>3</sup>)</b>	<b>q<sub>i</sub><sup>17</sup></b>	<b>Unidad</b>	<b>C<sub>i</sub><sup>18</sup></b>	<b>Ra</b>	<b>Qs (MJ)</b>
Asfalto	227	3400	MJ/m3	1	2	1543600
Diesel	25700	42	MJ/kg	1,3	2	2806440
Aceite Plastificante	12000	42	MJ/kg	1	1,5	756000
Ácido Clorhídrico	2000	21	MJ/kg	1	1,5	63000
Emulsificante	18000	43	MJ/kg	1	1,5	1161000
Fibra de vidrio	8500	18	MJ/kg	1	1,5	229500
Poliéster	45000	25	MJ/kg	1	1,5	1687500
Polietileno	16000	42	MJ/kg	1	1,5	1008000
Polímero SBS	40000	30	MJ/kg	1	1,5	1800000
Resinas acrílicas	7000	21	MJ/kg	1	1,5	220500
Cargas minerales	100000	4,2	MJ/kg	1	1,5	630000
Foil aluminio	36000	17	MJ/kg	1	1,5	918000
Fleje de aluminio	25000	14	MJ/kg	1	1,5	525000
<b>Suministro de producción</b>						
Cajas de cartón	6000	16,7	MJ/kg	1	1,5	150300
Tubos de cartón	22000	16,7	MJ/kg	1	1,5	551100
Palet madera	6500	16,7	MJ/kg	1	1,5	162825
Envases	11000	18,8	MJ/kg	1	1,5	310200
Tapas	3500	18,8	MJ/kg	1	1,5	98700

<sup>17</sup> "Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales." 59-60

<sup>18</sup> Coeficientes considerados por los autores

**Tabla 4.2 Densidad de carga de fuego (continuación)**

<b>Productos terminados</b>						
Techofielt	70000	25	MJ/kg	1	1,5	2625000
Superk	40000	30	MJ/kg	1	1,5	1800000
Imperpol	50000	25	MJ/kg	1	1,5	1875000
Imperglass	20000	25	MJ/kg	1	1,5	750000
Alumband	87500	25	MJ/kg	1	1,5	3281250
Asfalum	30000	25	MJ/kg	1	1,5	1125000
Cemento asfáltico	6000	25	MJ/kg	1	1,5	225000
Imperlastic	13200	25	MJ/kg	1	1,5	495000
Polibrea	27500	30	MJ/kg	1	1,5	1237500
ATR	12500	25	MJ/kg	1	1,5	468750
Canales galvanizados	20000	17	MJ/kg	1	1,5	510000
Impermeabilizante acrílico	6000	33	MJ/kg	1	1,5	297000
					<b>ΣQs</b>	29311165

Las áreas de producción se muestran a continuación:

**Tabla 4.3 Áreas de producción de la nueva planta**

<b>Área de la planta</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Área emulsiones	890
Área de emulsiones + Área bodegas	4930
<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>5820</b>

Finalmente con la ecuación 4.1 se obtiene:

$$Q_s = \frac{29311165 \text{ MJ}}{5820 \text{ m}^2} = 5036 \text{ MJ/ m}^2$$

Por medio de la Tabla 4.4, se concluye que la planta posee un nivel de riesgo intrínseco alto 6.

**Tabla 4.4 Nivel de riesgo intrínseco**

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Fuente: Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales.

#### **4.2.2 MEDIOS DE EXTINCIÓN RECOMENDADOS PARA LAS MATERIAS PRIMAS**

Los medios de extinción de fuego para las materias primas constan en las hojas de seguridad proporcionadas por los fabricantes, los mismos que deben ser tomados en cuenta para el diseño del sistema contra incendios.

La Tabla 4.5 indica el riesgo de inflamabilidad que pueden tener los diferentes productos.



**Tabla 4.5 Riesgo de inflamabilidad**

Norma NFPA 704	
0	No Arde
1	Arde a más de 93°C
2	Arde a menos de 93°C
3	Arde a menos de 37°C
4	Arde a menos de 25°C

Fuente: Norma NFPA 704

De acuerdo a las hojas de seguridad de los fabricantes de las materias primas, se establecen los siguientes medios de extinción para los diferentes productos que almacena la empresa:

**Tabla 4.6 Medios de extinción materias primas**

No	MATERIAS PRIMAS	Clase de fuego			Riesgo de Inflamabilidad					Medios de Extinción Recomendados (de acuerdo a la hojas de seguridad de los fabricantes)				
		A	B	C	0	1	2	3	4	Espuma	Polvo Químico	CO2	Agua Pulverizada	Chorro de Agua
1	Asfalto		X			X				X	X	X	X	
2	Aceite Plastificante		X			X				X	X	X	X	
3	Butonal		X			X				X	X	X	X	
4	Ácido Clorhídrico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Diesel MC-30		X						X	X	X			
6	Diesel		X				X			X	X			
7	Emulsificante		X			X					X	X		
8	Fibra de vidrio				X									
9	Poliéster	X				X					X	X	X	
10	Polímero SBS	X			X					X	X	X	X	

**Tabla 4.6 Medios de extinción materias primas (continuación)**

No	MATERIAS PRIMAS	Clase de fuego			Riesgo de Inflamabilidad					Medios de Extinción Recomendados (de acuerdo a la hojas de seguridad de los fabricantes)				
		A	B	C	0	1	2	3	4	Espuma	Polvo Químico	CO2	Agua Pulverizada	Chorro de Agua
11	Polietileno	X				X				X	X	X	X	
12	CaCO3, Caolín	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	Aluminio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	Gránulos	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15	Resinas acrílicas	X				X				X	X	X	X	
16	Tubos de cartón	X			X							X	X	X

Fuente: Hojas de seguridad de los fabricantes

### **4.2.3 DETERMINACIÓN DEL EQUIPO A SER IMPLEMENTADO DE ACUERDO AL TIPO DE RIESGO EXISTENTE EN CADA ÁREA**

Una vez que se ha determinado que la planta posee un nivel intrínseco alto, y en base a las hojas de seguridad de los fabricantes y el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, se procede a diseñar un sistema de extinción de incendios en el que se incluyen los siguientes elementos:

*Área de almacenamiento de materias primas y productos terminados:*

- Rociadores
- Gabinetes.

*Planta de emulsiones:*

- Monitor de espuma que cubra los tanques de almacenamiento de diesel y calderos.
- Boquillas aspersoras de agua para el enfriamiento de las paredes de los tanques de asfalto.

También se considera necesario la instalación de hidrantes y extintores ubicados en lugares estratégicos para que cubran las instalaciones de la planta en general.

#### **4.2.3.1 Extintores**

Para determinar la ubicación y las áreas cubiertas por los extintores, se toma los criterios citados en la norma NFPA 10.

La zona de bodegas, la planta de laminación y emulsiones, según esta norma poseen un riesgo extra (alto), ya que fabrican, empacan y almacenan materiales o combustibles de Clase A, y además la cantidad total de inflamable Clase B es mayor a 5 galones.

El tamaño y la ubicación de los extintores se determinan de acuerdo a las tablas indicadas a continuación.

**Tabla 4.7 Tamaño y localización de extintores para riesgos Clase A**

Criterio	Riesgo Leve (bajo)		Ocupación Riesgo Ordinario (moderado)		Riesgo Extra (alto)	
Clasificación mínima por extintor individual	2-A		2-A		4-A	
Máximo de área por piso por unidad A	3000 ft <sup>2</sup>	279 m <sup>2</sup>	1500 ft <sup>2</sup>	139 m <sup>2</sup>	1000 ft <sup>2</sup>	93 m <sup>2</sup>
Área máxima cubierta por extintor	11250 ft <sup>2</sup>	1045 m <sup>2</sup>	11250 ft <sup>2</sup>	1045 m <sup>2</sup>	11250 ft <sup>2</sup>	1045 m <sup>2</sup>
Distancia máxima de recorrido hasta el extintor	75 ft	22.86 m	75 ft	22.86 m	75 ft	22.86 m

Fuente: NFPA 10 - Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios

**Tabla 4.8 Tamaño y localización de extintores para riesgos clase B**

Tipo de Riesgo	Clasificación Básica Mínima del Extintor	Distancia Máxima a recorrer hasta el Extintor	
		(pies)	(m)
Leve (bajo)	5B	30	9.15
	10B	50	15.25
Ordinario (moderado)	10B	30	9.15
	20B	50	15.25
Extra (alto)	40B	30	9.15
	80B	50	15.25

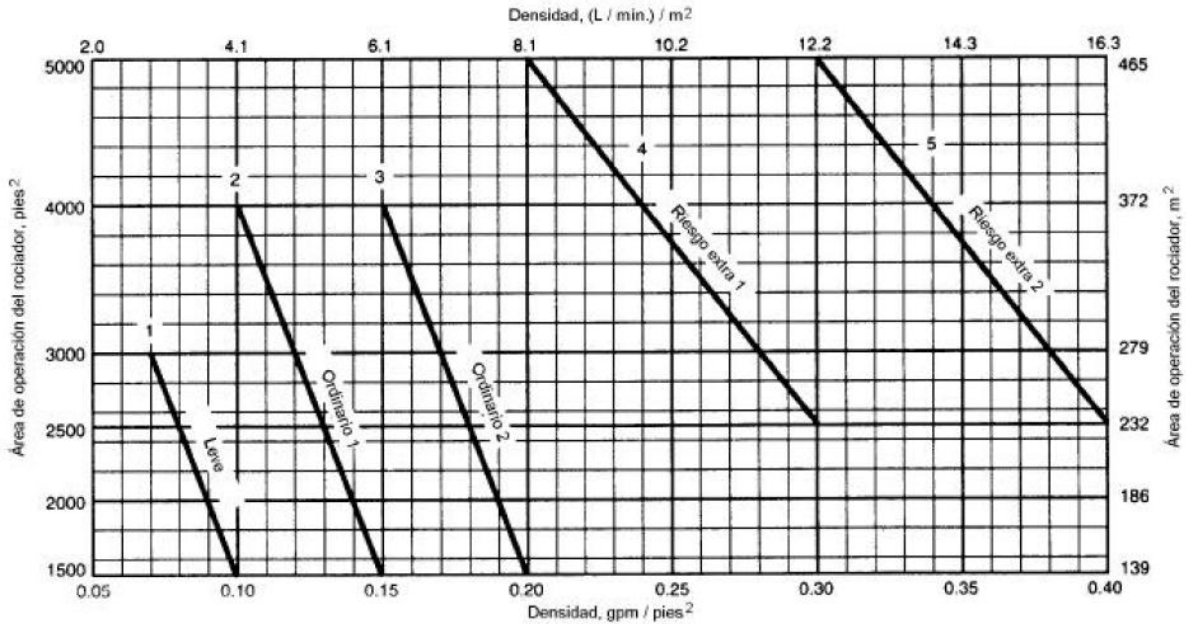
Fuente: NFPA 10 - Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios

#### 4.2.3.2 Sistema de rociadores y gabinetes

Para diseñar el sistema de rociadores, es necesario determinar el tipo de riesgo de la ocupación de la fábrica según la norma NFPA 13.

La nueva planta de Chova del Ecuador S.A. de acuerdo a los ejemplos de la norma NFPA 13 tendrá un uso y condiciones similares a una ocupación con Riesgo Ordinario Grupo 2.

Una vez determinado el tipo de riesgo, según la Figura 4.4 se procede a tomar un área de diseño de 1500 pies<sup>2</sup> y una densidad de 0.2 gpm/pie<sup>2</sup>.



Fuente: NFPA 13 - Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores

**Figura 4.4 Curvas área/densidad**

Para los gabinetes se considera los requisitos de demanda mostrados en la siguiente tabla, y según la norma NFPA 14 requieren una presión mínima de 65 psi para sistemas clase II.

**Tabla 4.9 Requisitos para demanda de chorros de mangueras y duración del suministro de agua**

Clasificación de la Ocupación	Mangueras Interiores (gpm)	Total combinado de las Mangueras Interiores y Exteriores		Duración en Minutos
		Interiores (gpm)	Exteriores (gpm)	
Riesgo Leve	0, 50, ó 100		100	30
Riesgo Ordinario	0, 50, ó 100		250	60 - 90
Riesgo Extra	0, 50, ó 100		500	90 - 120

Para Unidades SI: 1 gpm = 3,785 L/min.

Fuente: NFPA 13 - Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores

Adicionalmente, de acuerdo a la norma NFPA 14, los sistemas Clase II cuentan con estaciones de manguera de  $\varnothing 38$  mm ( $\varnothing 1\text{-}1/2$  pulgadas), ubicados a no menos de 0.9 m o a más 1.5 m sobre el piso. La conexión debe poseer una manguera de  $\varnothing 1\text{-}1/2$ " de tal forma que todas las partes del edificio estén distanciadas a no más de 39.7 m de una conexión.

#### 4.2.3.3 Sistema de espuma

La norma NFPA 11 permite utilizar, como método primario de protección, una boquilla monitora que provea espuma de baja expansión, puesto que los tanques de la planta tienen un diámetro menor a 18 m.

Cuando se utilizan boquillas monitoras para protección de tanques que contienen hidrocarburos, los parámetros de diseño deben realizarse en base a la siguiente tabla:

**Tabla 4.10 Protección de monitores para tanques de techo fijo que contienen hidrocarburos**

Tipo Hidrocarburo	Tasa Mínima de Aplicación		Tiempo Mínimo de Descarga (min)
	L/min.m <sup>2</sup>	gpm/pie <sup>2</sup>	
Punto de inflamación entre 37.8°C y 60°C (100°F y 140°F)	6.5	0.16	50
Punto de inflamación menores de 37.8°C (100°F) o líquidos calentados por encima de sus puntos de inflamación	6.5	0.16	65
Petróleo crudo	6.5	0.16	65

Fuente: NFPA 11 - Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión

#### 4.2.3.4 Sistema de boquillas aspersoras de agua

El sistema de boquillas aspersoras se lo realiza únicamente para los tanques de asfalto debido a que no cumplen con las distancias mínimas de separación (según la NFPA 30, mínimo 0.9 m), y además en caso de incendio pueden presentar efectos de desbordamiento por ebullición (boil over). Para los tanques de diesel no

se justifica la implementación del sistema, puesto que su capacidad es menor que 50000 gal.<sup>19</sup>

Para el diseño de las boquillas aspersoras de agua para el enfriamiento de las paredes de los tanques de asfalto, se toma como referencia la norma NFPA 15 que indica que el agua pulverizada debe aplicarse a una densidad no menor a 0,30 gpm/pie<sup>2</sup> para controlar la combustión; mientras que, para los tanques expuestos al fuego la tasa neta no debe ser inferior a 0,25 gpm/pie<sup>2</sup>.

#### 4.2.3.5 Hidrantes

Para la ubicación de los hidrantes se consideran las recomendaciones del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales que señala que la zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 m. Su caudal debe ser 500 gpm a una presión de 100 psi.

#### 4.2.4 CAUDAL REQUERIDO PARA EL SISTEMA

Con un cálculo previo mostrado en la Tabla 4.11, se establece el caudal necesario para la planta. Este valor es referencial, ya que variará según los cálculos hidráulicos que se realizarán en el siguiente capítulo.

**Tabla 4.11 Caudales Sistema Contra incendios**

Descripción	Área a proteger (ft <sup>2</sup> )	Densidad requerida (gpm/ft <sup>2</sup> )	Caudal (gpm)	Norma
Monitor espuma 2 tanques Diesel (V) $\Phi=2.4m$	97,34	0,16	15,6	NFPA 11
Calderos	600,00	0,16	96,0	NFPA 11
Protección suplementaria			50,0	NFPA 11
<b>Subsistema 1</b>			161,6	
Boquillas aspersoras 4 tanques asfalto (H) $\Phi=3,2 L=7m$	1155,00	0,25	288,75	NFPA 15
<b>Subsistema 2</b>			288,75	

<sup>19</sup> Criterio en base a la norma PE-SHI-018 de E.P. Petroecuador (Sistemas de agua contra incendios para instalaciones petroleras) -. p.266



**Tabla 4.11 Caudales Sistema Contraincendios (continuación)**

Descripción	Área a proteger (ft <sup>2</sup> )	Densidad requerida (gpm/ft <sup>2</sup> )	Caudal (gpm)	Norma
Hidrantes			500,0	R.S.C en los Establecimientos Industriales
<b>Subsistema 3</b>			500,0	
Rociadores bodegas	98,76	0,2	316,0	NFPA 13
Planta de laminación y bodegas - protección con Gabinetes, Clase II			250,0	NFPA 14
<b>Subsistema 4</b>			566,0	

Una vez determinados los caudales necesarios para cada subsistema, se utiliza el criterio tomado de la Tabla 4.12 para establecer el caudal requerido.

$Q: Q_{RA} > Q_H$

$Q=566 \text{ gpm}$

En donde:

$Q_{RA}$ : Caudal de rociadores.

$Q_H$ : Caudal de hidrantes.

**Tabla 4.12 Criterio para la determinación del caudal del Sistema Contraincendios**

TIPO DE INSTALACIÓN	BIE [1]	HIDRANTES [2]	ROCIADORES AUTOMÁTICOS [3]	AGUA PULVERIZADA [4]	ESPUMA [5]
[1] BIE	$Q_B/R_B$	(a) $Q_H/R_H$ (b) $Q_B+Q_H/R_B+R_H$	$Q_{RA}/R_{RA}$		
----- $0,5 Q_H+Q_{RA} \quad 0,5 R_H+R_{RA}$					
[2] HIDRANTES	(a) $Q_H/R_H$ (b) $Q_B+Q_H/R_B+R_H$	$0,5 Q_H + Q_{RA}$ $0,5 R_H + R_{RA}$	$Q_{RA}/R_{RA}$	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instal.)	$0,5 Q_H + Q_{AP}/0,5 R_H + R_{AP}$
-----					
[3] ROCIADORES AUTOMÁTICOS	$Q_{RA}/R_{RA}$	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instal.)	$Q_{RA}/R_{RA}$	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instal.)	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instal.)
-----					
				$Q_{AP} + Q_E$	$R_{AP} + R_E$

**Tabla 4.12 Criterio para la determinación del caudal del Sistema  
Contra incendios (continuación)**

[4] AGUA PULVERIZADA		Q mayor R mayor (una instal.)	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$	Q mayor R mayor (una instalación)	$Q_{AP}/R_{AP}$	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$
[5] ESPUMA		Q mayor R mayor (una instal.)		Q mayor R mayor (una instalación)	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$	$Q_E/R_E$

Fuente: Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

# CAPITULO 5

## INGENIERÍA BÁSICA

### 5.1 SISTEMA DE CIRCULACIÓN Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA PARA LOS PROCESOS INDUSTRIALES

#### 5.1.1 DISEÑO HIDRÁULICO

Se plantea instalar tres bombas desde el reservorio hacia cada proceso, conectadas con un bypass, debido a que se tiene que proveer de agua tanto a laminación como a emulsiones.

A continuación se indica el cálculo de la carga hidrostática neta requerida y de la carga neta positiva para cada sistema de transporte de agua:

**Tabla 5.1 Carga hidrostática neta requerida Reservorio - Emulsiones**

<b>Sistema de Transporte de Fluido Reservorio - Emulsiones (Hn necesaria)</b>				
<i>Fluido</i>				
T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (Kg/m.s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	v (m/s)
20	998	0,001002	0,006309019	1,180223037
<i>Tubería (Ø3 Pulgadas)</i>				
NPS (pulg)	Di (m)	$\varepsilon$ (m)	L (m)	AT (m <sup>2</sup> )
3	0,0825	0,00015	71,505	0,005345616
Re	<i>f</i>	Ec. Colebrook	$\Sigma$ KL	hL (m)
96979,70434	0,024675724	0,024675724	6,9825	2,016163117
<i>Tubería (Ø4 Pulgadas)</i>				
NPS (pulg)	Di (m)	$\varepsilon$ (m)	L (m)	AT (m <sup>2</sup> )
4	0,1071	0,00015	208,2885	0,009008839
Re	<i>f</i>	Ec. Colebrook	$\Sigma$ KL	hL (m)
125897,2889	0,023060354	0,023060354	9,5235	0,386404659
<i>Carga Hidrostática Neta Necesaria</i>				
$\alpha z$	$\alpha V^2/2g$ (m)	z2	z1 (m)	<b>Hn (m)</b>
1,05	0,074621058	2	0	<b>4,48</b>
Potencia Útil		Eficiencia %	bhp	
Kw	Hp			
0,276263745	0,370475721	50	<b>0,740951442</b>	

**Tabla 5.2 Selección del diámetro de la tubería Reservorio - Emulsiones**

Fabricante	NPS (pulg)	Di (m)	Hn (m)	bhp	Selección
Dipac	2	0,055	46,49853187	7,695264931	
Dipac	2 1/2	0,0666	18,71797589	3,097727556	
Dipac	3	0,0825	7,656559511	1,267120735	OK
Dipac	4	0,1071	3,538567924	0,585614568	
-	5	0,1345	2,503043062	0,414240595	
-	6	0,1615	2,20761782	0,365349255	

**Tabla 5.3 Carga neta positiva de succión disponible Reservorio - Emulsiones**

Sistema de Transporte de Fluido Reservorio - Emulsiones (NPSH Disponible)					
Tubería					Dato
NPS (pulg)	Di (m)	$\varepsilon$	L (m)	AT (m <sup>2</sup> )	Patm (N/m <sup>2</sup> )
3	0,07792	0,00015	4,67	0,004768566	101300
Fluido					
T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (Kg/ms)	Pv (N/m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	v (m/s)
20	998	0,001002	2339	0,006309019	1,323043419
Carga de Aspiración Neta Disponible NPSH (m)					
Re	Ec. Colebrook	$f$	$\Sigma KL$	hL (m)	
102680,0001	0,024870343	0,024870343	2,255	0,334509902	
$\alpha V^2(\alpha - 1)/2g$ (m)	z1 (m)	z2 (m)	z (m)	P (m)	NPSH (m)
0,004688689	1	0,1	0,9	10,11829782	10,68

**Tabla 5.4 Carga hidrostática neta requerida Reservoirio – Laminación**

<b>Sistema de Transporte de Fluido Reservoirio Laminación (Hn necesaria)</b>				
<i>Pérdida de Carga hL1, hL2</i>				
NPS (pulg)	Di (m)	e (m)	L (m)	AT (m2)
2 1/2	0,0666	0,00015	3	0,003483681
T (°C)	ρ (Kg/m3)	μ (Kg/m.s)	Q (m3/s)	v (m/s)
20	998	0,001002	0,003785411	1,08661254
Re	Ec. Colebrook	f	ΣKL	hL 1, hL2(m)
72079,4994	0,026279695	0,026279695	6,27	0,449023783
<i>Pérdida de Carga hL3</i>				
L (m)	Q (m3/s)	v (m/s)	Re	Ec. Colebrook
170,52	0,007570822	2,173225081	144158,9988	0,02529538
f	ΣKL	hL3 (m)	hL Total	
0,02529538	9,35	17,8591652	9,378606381	
Carga Hidrostática Neta Necesaria Hn (m)				
aV <sup>2</sup> /2g (m)	z2 (m)	z1 (m)	z (m)	Hn (m)
0,063253222	2	0	2	<b>11,44</b>
<i>Potencia Útil</i>		Eficiencia %	bhp P-SCA02 & P-SCA03	
Kw	Hp			
0,423610078	0,568070374	50	1,136140749	

**Tabla 5.5 Selección del diámetro de la tubería Reservoirio – Laminación**

Fabricante	NPS (pulg)	Di (m)	Hn(m)	bhp	Selección
Dipac	2	0,055	23,988	2,382	
Dipac	2 1/2	0,0666	11,442	1,114	OK
Dipac	3	0,0825	4,911	0,488	
Dipac	4	0,1071	2,818	0,280	
-	5	0,1345	2,276	0,226	

**Tabla 5.6 Carga neta positiva de succión disponible Reservoirio - Laminación**

<b>Sistema de Transporte de Fluido Reservoirio Laminación (NPSH Disponible)</b>					
<i>Tubería de Succión de la Bomba</i>					<i>Dato</i>
NPS (pulg)	Di (m)	e (m)	L (m)	AT (m2)	Patm (N/m2)
2	0,055	0,00015	8	0,002375829	101300
<i>Fluido</i>					
T (°C)	ρ (Kg/m3)	μ (Kg/ms)	Pv (N/m2)	Q (m3/s)	v (m/s)
20	998	0,001002	2339	0,003785411	1,593300866
<i>Carga de Aspiración Neta Disponible NPSH (m)</i>					
Re	f	Ec. Colebrook	Σ KL	hL (m)	
87281,72109	0,027051058	0,027051058	2,05	0,775143044	
$aV^2(a-1)/2g$ (m)	z1 (m)	z2 (m)	z (m)	P (m)	<b>NPSH (m)</b>
0,006799842	1	0,1	0,9	10,11829782	<b>10,24</b>

**Tabla 5.7 Carga hidrostática neta requerida Piscina - Reservoirio**

<b>Sistema de Transporte de Fluido Piscina - Reservoirio (Hn necesaria)</b>				
<i>Tubería</i>				
NPS (pulg)	Di (m)	e (m)	L (m)	AT (m2)
4	0,1071	0,00015	237,09	0,009008839
<i>Fluido</i>				
T (°C)	ρ (Kg/m3)	μ (Kg/m.s)	Q (m3/s)	v (m/s)
25	997	0,000891	0,009463529	1,050471549
<i>Carga Hidrostática Neta Necesaria Hn (m)</i>				
Re	Ec. Colebrook	f	S KL	hL (m)
125889,9959	0,023060442	0,023060442	9,13	3,388137313
$aV^2/2g$ (m)	z2 (m)	z1 (m)	z (m)	<b>Hn (m)</b>
0,059115561	5,5	0	5,5	<b>8,95</b>
<i>Potencia Útil</i>		<i>Potencia al Freno</i>		
Kw	Hp	Eficiencia %	bhp	
0,827301979	1,109430038	50	2,218860075	

**Tabla 5.8 Selección del diámetro de la tubería Piscina Reservorio**

Favricante	NPS (pulg)	Di (m)	Hn (m)	bhp	Selección
Dipac	2	0,055	144,1901189	40,94716773	
Dipac	2 1/2	0,0666	57,55406115	16,34422534	
Dipac	3	0,0825	23,08114969	6,554594134	
Dipac	4	0,1071	8,947252874	2,218860075	ok
-	6	0,1615	6,141777312	1,744144381	

**Tabla 5.9 Carga neta positiva de succión disponible Piscina Reservorio**

Sistema de Transporte de Fluido Piscina - Reservorio (NPSH Disponible)					
Tubería					Dato
NPS (pulg)	Di	$\varepsilon$ (m)	L (m)	AT (m2)	Patm (N/m2)
3	0,07792	0,00015	1,8	0,00476857	101300
Fluido					
T (°C)	$\rho$ (Kg/m3)	$\mu$ (Kg/ms)	Q (m3/s)	v (m/s)	Pv (N/m2)
20	998	0,001002	0,010837	2,27255034	2339
Carga de Aspiración Neta Disponible NPSH (m)					
Re	Ec. Colebrook	f	$\Sigma$ KL	hL (m)	
176370,2276	0,024210453	0,02421	0,45	0,265938404	
$\alpha V^2(\alpha - 1)/2g$ (m)	z1 (m)	z2 (m)	z (m)	P (m)	NPSH (m)
0,013833442	2	0,4	1,6	10,1182978	<b>11,438526</b>

**Tabla 5.10 Carga hidrostática neta requerida Pozo – Potabilización**

Sistema de Transporte de Fluido Pozo - Potabilización				
Tubería				
NPS (pulg)	Di (m)	$\varepsilon$ (m)	L (m)	AT (m2)
2 1/2	0,0666	0,00015	322,35	0,003483681
Fluido				
T (°C)	$\rho$ (Kg/m3)	$\mu$ (Kg/m.s)	Q (m3/s)	v (m/s)
18	998,44	0,0010564	0,003785411	1,08661254

**Tabla .10 Carga hidrostática neta requerida Pozo – Potabilización (continuación)**

<i>Carga Hidrostática Neta Necesaria</i>				
Re	<i>Factor de fricción f</i>		S KL	hL (m)
	<i>f</i>	Ec. Colebrook		
68397,86113	0,026379368	0,026379368	9,68	8,274636952
$aV^2/2g$ (m)	z2 (m)	z1 (m)	z (m)	<b>Hn (m)</b>
0,063253222	190	0	190	<b>198,3378902</b>
Potencia Útil		Eficiencia %	bhp	
Kw	Hp			
7,346268357	9,851506446	50	19,70301289	

**Tabla 5.11 Selección del diámetro de la tubería Pozo - Potabilización**

Fabricante	NPS (pulg)	Di (m)	H necesaria (m)	Potencia	Selección
Dipac	2	0,055	211,9831684	21,05854356	
Dipac	2 1/2	0,0666	198,3378902	19,70301289	OK
Dipac	3	0,0825	192,8565141	19,15848949	
Dipac	4	0,1071	190,7901276	18,95321333	
-	5	0,1345	190,2621719	18,90076588	
-	6	0,1615	190,1094013	18,88558955	

### Ejemplo de Cálculo

- Cálculo de la carga hidrostática neta necesaria y selección del diámetro de la tubería

#### DATOS

#### Tubería

Tamaño nominal de la tubería

NPS: 4"

Diámetro interno

$Di = 0.1071 m$



Rugosidad

$$\varepsilon = 0.00015$$

Longitud

$$L = 254.87 \text{ m}$$

Área transversal del tubo

$$At = \frac{\pi}{4} * Di^2$$

$$At = 0.009 \text{ m}^2$$

Fluido

Temperatura

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Densidad

$$\rho = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Viscosidad dinámica

$$\mu = 0.000891 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}$$

Caudal

$$Caudal = 0.010836808 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

RESOLUCIÓN

Velocidad del fluido

$$v = \frac{Caudal}{At} \tag{5.1}$$

$$v = 1.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho * v * Di}{\mu} \tag{5.2}$$

En donde:

$\rho$ , es la densidad

$v$ , la velocidad del fluido

$D_i$ , diámetro interno de la tubería

$\mu$ , la viscosidad dinámica

$Re = 144158.2106$  Fluido Turbulento

$\alpha = 1.05$  Factor de corrección de energía cinética para flujo turbulento

Factor de fricción

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \text{ Ecuación de Colebrook Ec. 2.1}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{0.00015/0.1071}{3.7} + \frac{2.51}{144158.21\sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.02865841$$

Sumatoria de coeficientes por pérdidas menores (accesorios y válvulas)

$$\sum KL = 9.13$$

Se calcula la pérdida de carga total utilizando la ecuación 2.3

$$h_L = \left( f \frac{L}{D} + \sum k_L \right) \frac{V^2}{2g}$$

$$h_L = \left( 0.02865841 * \frac{254.87}{0.1071} + 9.13 \right) * \frac{(1.2)^2}{2 * 9.81}$$

$$h_L = 4.7 \text{ m}$$

De la ecuación 2.4 se calcula la carga de velocidad

$$\frac{\alpha * V^2}{2 * g} = \frac{1.05 * 1.2^2}{2 * 9.8}$$

$$\frac{\alpha * V^2}{2 * g} = 0.07751 \text{ m}$$

De la ecuación 2.4 se calcula la carga de elevación

$$z_2 = 5.5 \text{ m}$$

$$z_1 = 0 \text{ m}$$

$$z = 5.5 \text{ m}$$

Entonces utilizando la ecuación 2.4 se tiene que la carga neta necesaria es:

$$H_{necesaria} = (z_2 - z_1) + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_L$$

$$H_{necesaria} = 5.5 + 0.07751 + 4.7$$

$$H_{necesaria} = 10.26 \text{ m}$$

Potencia útil

$$W_{\text{útil}} = \frac{\rho * g * \text{Caudal} * H_{necesaria}}{1000} \quad 5.3$$

$$W_{\text{útil}} = 1.08 \text{ Kw}$$

$$W_{\text{útil}} = 1.45 \text{ Hp}$$

Asumiendo una eficiencia del  $\eta = 50\%$  se calcula la potencia al freno *bhp*

$$bhp = \frac{W_{\text{útil}}}{\eta} \quad 5.4$$

$$bhp = \frac{1.45}{0.5}$$

$$bhp = 2.91 \text{ Hp}$$

- Cálculo de la carga neta de succión disponible

### DATOS

Presión atmosférica

$$P_{atm} = 101300 \frac{N}{m^2}$$

### Tubería

Tamaño nominal de la tubería

NPS: 3"

Diámetro interno

$$D_i = 0.07792 \text{ m}$$

Rugosidad

$$\varepsilon = 0.00015$$

Longitud

$$L = 11.1 \text{ m}$$

Área transversal del tubo

$$A_t = \frac{\pi}{4} * D_i^2$$

5.5

$$A_t = 0.00477 \text{ m}^2$$

Fluido

Temperatura

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Densidad

$$\rho = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Viscosidad dinámica

$$\mu = 0.001002 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}$$

Presión de vapor

$$P_v = 2339 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Caudal

$$\text{Caudal} = 0.006309019 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

## RESOLUCIÓN

Velocidad del fluido

$$v = \frac{\text{Caudal}}{At}$$

$$v = 1.323 \frac{m}{s}$$

Reynolds

$$Re = \frac{\rho * v * Di}{\mu}$$

$Re = 102680$  Fluido Turbulento

$$\alpha = 1.05$$

Factor de fricción

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \text{ Ecuación de Colebrook}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{0.00015/0.07792}{3.7} + \frac{2.51}{102680\sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.024870343$$

Sumatoria de coeficientes por pérdidas menores (accesorios y válvulas)

$$\sum K_L = 2.255$$

Pérdida de carga total

$$h_L = \left( f \frac{L}{D} + \sum k_L \right) \frac{V^2}{2g}$$

$$h_L = \left( 0.024870343 * \frac{11.1}{0.07792} + 2.255 \right) * \frac{(1.323)^2}{2 * 9.81}$$

$$h_L = 0.517 \text{ m}$$

De la ecuación 2.4 se calcula la carga de velocidad

$$\frac{V^2}{2 * g} (\alpha - 1) = \frac{1.323^2}{2 * 9.8} * (1.02 - 1)$$

$$\frac{V^2}{2 * g} (\alpha - 1) = 0.004465418 m$$

De la ecuación 2.4 se calcula la carga de elevación

$$z_2 = 0.4 m$$

$$z_1 = 2 m$$

$$z = 1.6 m$$

Carga de presión

$$\frac{P_{atm} - P_v}{\rho g} = \frac{101300 - 2339}{998 * 9.8}$$

$$\frac{P_{atm} - P_v}{\rho g} = 10.12 m$$

Entonces al utilizar la ecuación 2.4 se tiene que la carga neta necesaria es:

$$NPSH_{dsponible} = \frac{P_{atm} - P_v}{\rho g} + (z_1 - z_2) - \frac{V_2^2}{2g} (\alpha_2 - 1) - h_L$$

$$NPSH_{dsponible} = 10.12 + 1.6 - 0.0045 - 0.5178$$

$$NPSH_{dsponible} = 11.2 m$$

A continuación se presenta el resumen del cálculo de las cargas hidrostáticas netas requeridas y de las cargas de aspiración netas disponibles para los diferentes transportes de fluido.

**Tabla 5.12 Resumen de las cargas y caudales de los sistemas de transporte de fluido**

BOMBAS	CARGAS DEL SISTEMA			
	Transporte de Fluido (desde - hacia)	Hn (m)	NPSH (m)	Q (gpm)
P-SCA01	Reservorio - Emulsiones	4,4	10,7	100
P-SCA02	Reservorio - Laminación	11,2	10,2	60
P-SCA03	Reservorio - Laminación	11,2	10,2	60
P-SCA04	Piscina - Reservorio	9,0	11,4	150
P-SCA05	Pozo- Reservorio-Planta potabilización	198,33	N/D	60

## 5.1.2 SELECCIÓN DE BOMBAS

Para la selección de las bombas se debe tener en cuenta los requerimientos de los sistemas de transporte del fluido y la disponibilidad de los equipos en el mercado.

Con los datos obtenidos de los subsistemas de transporte del agua, es decir la carga hidrostática neta requerida, la carga neta positiva de succión disponible y el caudal, y con ayuda de las curvas características proporcionadas por el fabricante, se procede a seleccionar la bomba más adecuada para cada subsistema.

Se debe encontrar el punto de operación en la gráfica que contiene las curvas de la bomba. El punto de operación del sistema es donde la carga hidrostática neta necesaria es igual a la carga hidrostática neta disponible ( $H_{\text{necesario}} = H_{\text{disponible}}$ ) a un determinado caudal.

De la gráfica con las curvas de la bomba se determina la eficiencia de la misma, la potencia, el número de etapas, el diámetro del impulsor, y su tamaño (es decir los diámetros de succión y descarga).

Para dimensionar las bombas se debe tener en cuenta criterios como la eficiencia y la potencia; sin embargo, al momento de elegir es recomendable priorizar la segunda, ya que esta se traduce en consumo de energía y que finalmente se convierte en mayores gastos.

Utilizando los datos obtenidos de cargas y caudales de los sistemas de transporte del agua, se determinaron las siguientes bombas para el sistema de circulación:

**Tabla 5.13 Bombas dimensionadas para el sistema de circulación del agua**

BOMBAS	PUNTO DE OPERACIÓN				BOMBAS SELECCIONADAS				
	Tag	Transporte de Fluido (desde - hacia)	Hd (m)	NPSHr (m)	Caudal (gpm)	Marca/ Modelo	Size	RPM	Diámetro Impeler (in)
P-SCA01	Reservorio - Emulsiones	4,57	1,22	100	Goulds 3656	3x4-7	1750	4 11/16	1
P-SCA02	Reservorio - Laminación	12,80	4,27	60	Goulds 3642	1,25x1,5-5	3500	3 5/8	1

**Tabla 5.13 Bombas dimensionadas para el sistema de circulación del agua (continuación)**

BOMBAS	PUNTO DE OPERACIÓN				BOMBAS SELECCIONADAS				
Tag	Transporte de Fluido (desde - hacia)	Hd (m)	NPSHr (m)	Caudal (gpm)	Marca/ Modelo	Size	RPM	Diámetro Impeler (in)	Power (Hp)
P-SCA03	Reservorio - Laminación	12,80	4,27	60	Goulds 3642	1,25x1,5-5	3500	3 5/8	1
P-SCA04	Piscina - Reservorio	9,75	1,22	150	Goulds 3656	3x4-7	1750	6 3/8	3
P-SCA05	Pozo - Reservorio y Planta de Potabilización	213,0	N/D	60	Goulds 70J15 13 st	6	3450	s/d	15

Las curvas de las bombas se muestran en el ANEXO B

### 5.1.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

En el diseño inicial del sistema de circulación, se consideró la instalación de una torre de enfriamiento, la misma que fue descartada en reuniones con los encargados del proyecto, ya que la nueva planta contará con un reservorio de 270 m<sup>3</sup>, el cual se lo considera como un sumidero térmico debido a su gran masa, es decir, la temperatura del agua en el reservorio no se verá afectada al mezclarse con el agua que proviene del proceso de laminación.

### 5.1.4 ELABORACIÓN DEL P&ID DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA

El P&ID se lo elaboró con ayuda del programa AUTOCad P&ID 2010, en el que constan equipos, válvulas, tubería, accesorios, y se muestra en el ANEXO C del presente trabajo.

## 5.2 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

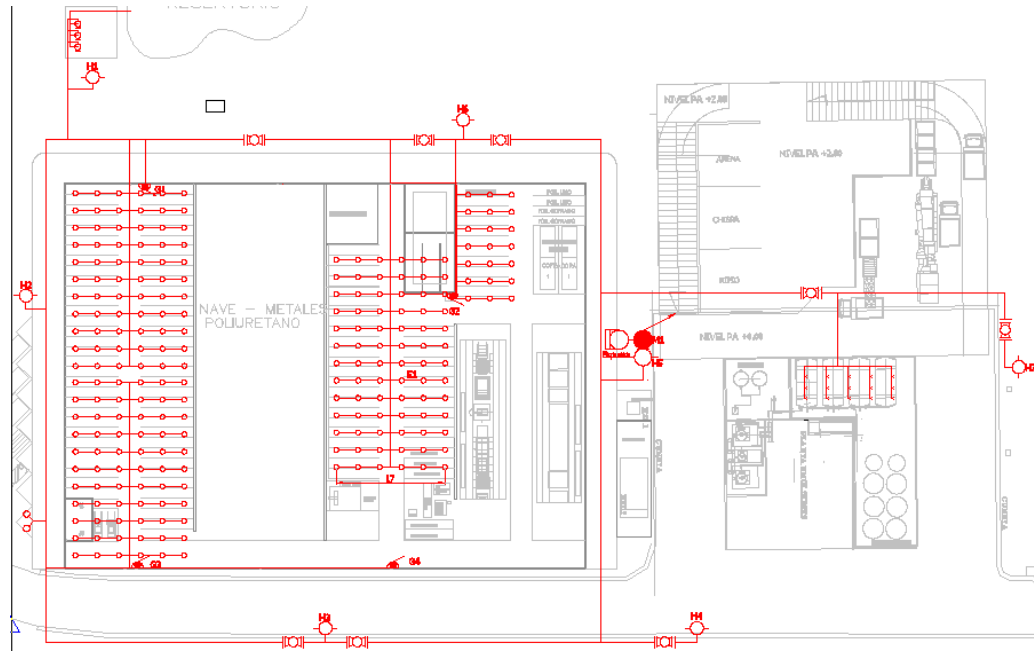
### 5.2.1 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Para el diseño del sistema contra incendios se plantea implementar un anillo de Ø6" alrededor de la planta de laminación y el área de almacenamiento, el mismo alimentará las líneas para los diferentes equipos del sistema de extinción; además



se planea colocar válvulas seccionadoras, las cuales faciliten realizar el mantenimiento a la tubería, sin necesidad de que el sistema deje de trabajar.

A continuación se presenta un esquema sobre el diseño.



**Figura 5.1 Distribución general de tubería y de equipos para el sistema contra incendios**

### 5.2.1.1 Extintores

Para determinar el número de extintores necesarios para la planta, se toma como referencia las Tablas: 5.14 y 4.8; de esta manera, se establece el área máxima protegida por equipo.

**Tabla 5.14 Área máxima protegida por extintor clasificación A**

Clasificación de Extintor	Ocupación de Riesgo leve	Ocupación de Riesgo ordinario (moderado)	Ocupación Riesgo alto
1A	—	—	—
2A	6.000	3.000	—
3A	9.000	4.500	—
4A	11.250	6.000	4.000
6A	11.250	9.000	6.000
10A	11.250	11.250	10.000
20A	11.250	11.250	11.250
30A	11.250	11.250	11.250
40A	11.250	11.250	11.250

Fuente: NFPA 10 - Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios

Debido a que la planta de laminación y las bodegas poseen un riesgo alto según la norma NFPA 10, para un área de 53046 ft<sup>2</sup> (4928 m<sup>2</sup>) se procede a determinar el número aproximado de extintores:

$$\frac{53046 \text{ ft}^2}{4000 \text{ ft}^2} = 14 \text{ extintores tipo 4-A}$$

$$\frac{53046 \text{ ft}^2}{6000 \text{ ft}^2} = 9 \text{ extintores tipo 6-A}$$

$$\frac{53046 \text{ ft}^2}{10000 \text{ ft}^2} = 6 \text{ extintores tipo 10-A}$$

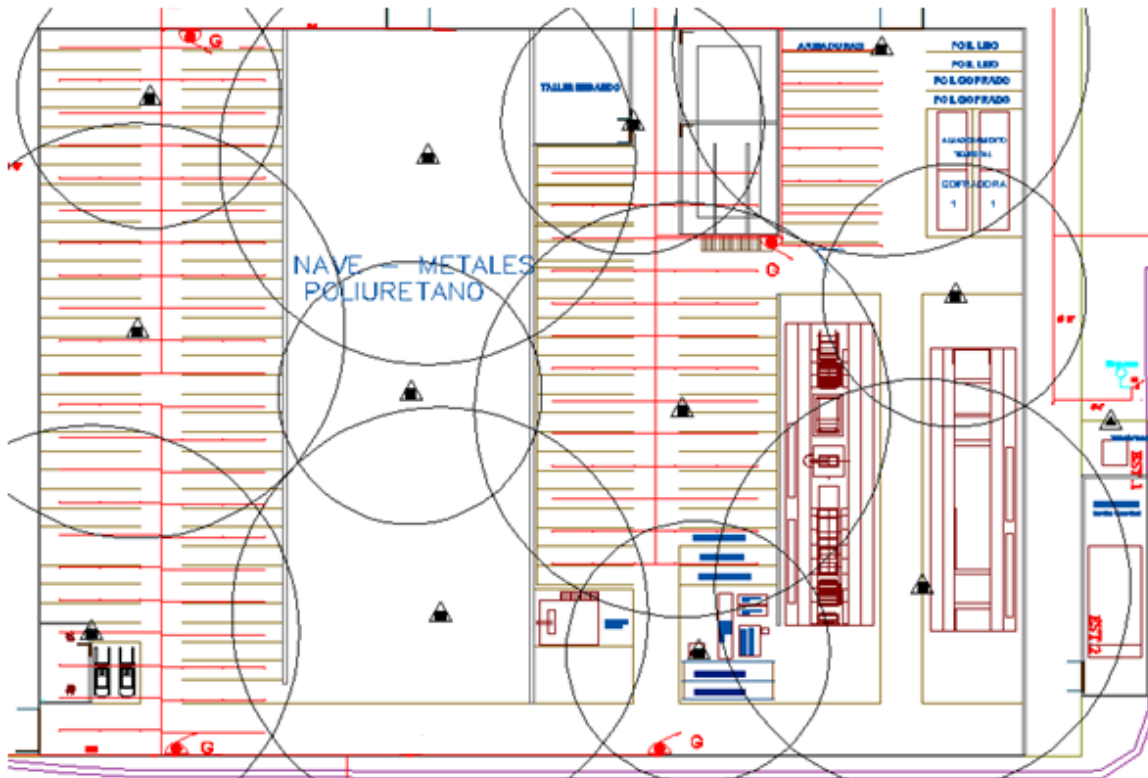
Según la Tabla 4.8, para la planta de emulsiones se determina que, para extintores tipo 40-B y 80-B, la distancia máxima a recorrer es 9.15 m y 15.25 m respectivamente. Además, según una publicación para calderas de [www.energuia.com](http://www.energuia.com), sugiere que se debe tener un extintor de clasificación mínima 21A -113B para el área de calderos.

Con estas consideraciones se procede a distribuir el número real de extintores necesarios en el plano de la empresa, con la finalidad de que toda la planta se encuentre dentro del área de cobertura de los equipos.

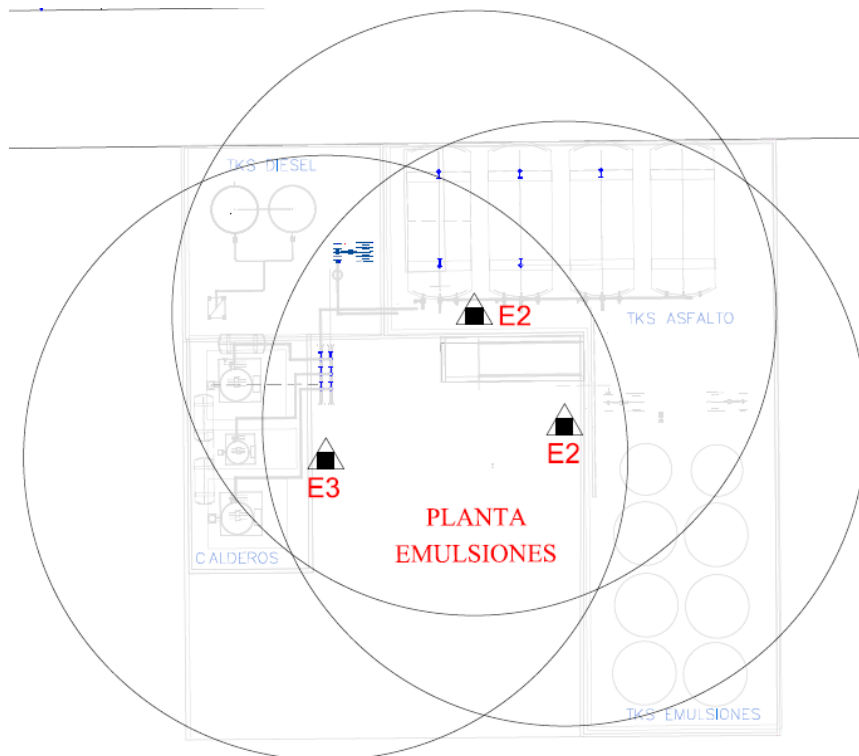
 Extintor CO2

 Extintor ABC

 Gabinetes



**Figura 5.2 Distribución de extintores en bodegas y planta de laminación**



**Figura 5.3 Distribución de extintores en planta de emulsiones**

De acuerdo a las Figuras 5.2 y 5.3, se determina:

- 7 extintores tipo 10-A (planta de laminación)
- 5 extintores tipo 4-A (planta de laminación)
- 2 extintores tipo 80-B (planta de emulsiones)
- 1 extintor 21A -113B (para zona de calderos)
- 1 extintor de CO2 (transformador)

Con esta distribución se garantiza que la distancia máxima a recorrer desde cualquier lugar dentro de la planta de laminación y emulsiones hacia un extintor, será igual o menor que 22.9 m y 15.25 m respectivamente.

A continuación se muestra los extintores disponibles en el mercado:

**Tabla 5.15 Extintores**

<b>Extintor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Fire Rating</b>
Extintor Polvo químico ABC- Marca BADGER	7	21 lb	10-A: 60-B:C
Extintor Polvo químico ABC- Marca BADGER	7	10 lb	4-A: 80-B:C
Extintor Polvo químico ABC- Marca BADGER	1	50 lb	30-A:160-B:C
Extintor de CO2	1	20 lb	C

### 5.2.1.2 Gabinetes

Los gabinetes deben estar ubicados a una altura no mayor de 1.5 m sobre el piso, y a una distancia no superior a 39.7 m entre sí, según lo establece la NFPA 14. Además las líneas que alimentarán los gabinetes contarán con una válvula reguladora de presión, la misma que limitará la presión a 100 psi.

A continuación se muestra la distribución de los gabinetes en la planta.



**Figura 5.4 Área de cobertura de los gabinetes**

Según la figura se tiene:

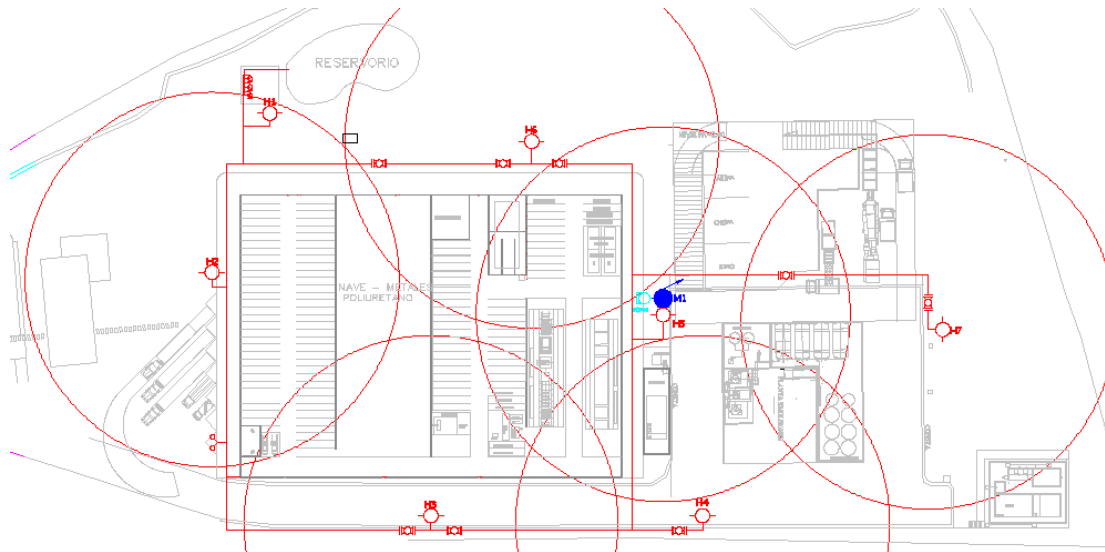
4 gabinetes que dispondrán de los siguientes elementos:

- Cajetín metálico de 80x80x18
- Válvulas de ángulo tipo globo  $\varnothing$  1½ hembra – hembra, para 350 psi
- Rack porta manguera de  $\varnothing$  1½ x 15 metros
- Tramo de manguera  $\varnothing$  1½ x 15 para 150 psi
- Extintor de 10 libras polvo químico seco tipo ABC
- Hacha para gabinete de incendios

### 5.2.1.3 Hidrantes

Los hidrantes a utilizarse en la nueva planta son de tipo columna húmeda, es decir, tienen carga de agua permanente, y se los ubica de tal manera que cubran un área formada por un radio de 40 m, según lo indica el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

De igual manera que los gabinetes, los hidrantes también contarán con válvulas reguladoras de presión a fin de limitar la presión a 100 psi, según lo establece la NFPA 14.



**Figura 5.5 Área de cobertura de los hidrantes**

Como se observa en la figura, se necesita:

- 5 hidrantes con entrada inferior bridada de  $\varnothing 4''$  y terminación con dos válvulas de compuerta de  $\varnothing 1\frac{1}{2}''$  rosca NST para conexión de manguera, con tapas y cadenas instaladas.
- 1 hidrante con entrada inferior bridada de  $\varnothing 4''$  y salida bridada de  $\varnothing 3''$  para conexión del monitor y válvulas de compuerta de  $\varnothing 1\frac{1}{2}''$  rosca NST para conexión de manguera.
- 1 cabezal de prueba con entrada inferior bridada de  $\varnothing 4''$  y terminación con dos válvulas de compuerta de  $\varnothing 1\frac{1}{2}''$  rosca NST para conexión de manguera.

#### 5.2.1.4 Monitor de espuma <sup>20</sup>

Se pretende instalar un monitor sobre el hidrante que provea de espuma para cubrir el área de los tanques de diesel y la zona de calderos. Este equipo tiene los siguientes datos técnicos:

- Caudales de hasta 1250 gpm.

<sup>20</sup> Ver ANEXO D para especificaciones técnicas

- Desplazamiento: horizontal de 360°, vertical de 135° (+90/-45).
- Entrada bridada de Ø 3”.
- Descarga de Ø 2.5” con rosca macho NHT.

Adicionalmente se contará con una boquilla auto-inductora de espuma instalada en el monitor, la misma posee los siguientes datos técnicos: <sup>21</sup>

- Conexión hembra de Ø 2.5” con rosca NHT.
- Caudal constante de 350 gpm @ 100psi.

#### **5.2.1.5 Siamesas**

Se plantea colocar una válvula siamesa cerca del estacionamiento en la fachada de la construcción de bodegas.

La siamesa posee una doble salida hembra en bronce bruñido con rosca NST, ubicada a una altura de 90 centímetros del piso. Las salidas serán de Ø 2½” cada una, y además esta debe contar con una válvula check en la línea como lo dispone el Reglamento de Prevención de Incendios del Ecuador.

#### **5.2.1.6 Rociadores <sup>22</sup>**

Los rociadores a utilizarse en las bodegas y en la planta de laminación son del tipo montantes y contienen las siguientes características:

Bodegas y planta de laminación:

- Marca: Viking
- Orificio Nominal: ½”
- Tipo de Orificio: estándar
- Factor de descarga: k=5.6
- Conexión roscada: NPT 1/2”
- Bulbo de Vidrio: 155°F (68.33°C)
- Color del bulbo de vidrio: Rojo
- Total para instalación: 240
- Número de rociadores de repuesto: 6 (según NFPA 13)

---

<sup>21</sup> Ver ANEXO D para especificaciones técnicas

<sup>22</sup> Ver ANEXO D para especificaciones técnicas

### 5.2.1.7 Boquillas aspersoras: <sup>23</sup>

Las boquillas aspersoras de agua para el enfriamiento de las paredes de los tanques de asfalto son de tipo abiertas, y poseen las siguientes características:

- Marca: Viking
- Orificio Nominal: ½ pulgada
- Tipo de Orificio: Estándar
- Presión mínima de trabajo: 10 psi
- Presión máxima de trabajo: 170 psi
- Factor de descarga K: 5.6
- Conexión roscada: NPT 1/2
- Ángulo de descarga: 140°
- Total para instalación: 15
- Número de boquillas aspersoras de repuesto: 6 (según NFPA 15)

## 5.2.2 DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA

### 5.2.2.1 Consideraciones de diseño

A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas para realizar el cálculo hidráulico, en base a la norma NFPA 13:

- **Pérdida por fricción:** las pérdidas por fricción de las tuberías deben ser determinadas en base a la fórmula de Hazen-Williams:

$$pf = \frac{4.52 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}} \quad 5.6$$

En donde:

*pf*: resistencia por fricción (psi/ft)

*Q*: flujo (gpm)

*d*: diámetro interior real de la tubería (in)

*C*: coeficiente de pérdida por fricción de Hazen-Williams.

---

<sup>23</sup> Ver ANEXO D para especificaciones técnicas



Los valores que puede tomar el coeficiente C de Hazen-Williams se basan en el material de la tubería, los mismos que se los determinan de la siguiente tabla:

**Tabla 5.16 Valores C de Hanzen Willams**

<b>Tubería o Tubo</b>	<b>Valor C*</b>
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento interior	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de preacción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120
Plástico (listada), toda	150
Fundición de hierro o fundición dúctil, revestida de cemento	140
Cobre o acero inoxidable	150

\* La autoridad competente podrá considerar otros valores de C.

Fuente: NFPA 13

Para el cálculo se toma un valor C=120, ya que el sistema es de tipo tubería húmeda y se lo realiza con acero al carbono, puesto que es un material permitido por las normas NFPA, presenta propiedades mecánicas adecuadas, su costo es moderado y se lo puede adquirir con facilidad en el mercado nacional. La especificación del material se menciona en el apartado 5.2.6.

- **Presión de velocidad:** se la calcula en base a la siguiente fórmula:

$$Pv = \frac{0.001123 * Q^2}{d^4} \quad 5.7$$

*Pv*: medida de la energía requerida para mantener el fluido de la tubería en movimiento (psi).

- **Presión normal:** se la determina de acuerdo a la ecuación:

$$Pn = Pt - Pv \quad 5.8$$

*Pn*: presión normal (psi).

*Pt*: presión total (psi).

Para establecer las longitudes equivalentes para accesorios y dispositivos se debe utilizar la tabla mostrada a continuación:

**Tabla 5.17 Longitudes equivalentes de tubería de acero cédula 40**

Accesorios y Válvulas (en pulgadas)	Accesorios y Válvulas expresados en Pies Equivalentes de Tubería														
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4	5	6	8	10	12
Codo a 45°		1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
Codo estándar a 90°	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
Codo Largo a 90°	0,5	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
Té o Cruz (giro de flujo de 90°)	3	4	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Válvula Mariposa	-	-	-	-	6	7	10	-	12	9	10	12	19	21	
Válvula de Cortina	-	-	-	-	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6	
Válvula de Retención tipo charnela*	-	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65	

Para unidades SI: 1 pulgada = 25,4 mm; 1 pie = 0,3048 m

\*Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas de retención, las longitudes de tubo equivalentes indicadas en el cuadro anterior deben ser consideradas como promedios.

NOTA 1: Esta tabla se aplica a todos los tipos de tubo listados en la Tabla 6-4.4.5.

NOTA 2: La información sobre tubería de 1/2 pulg. se incluye en la tabla sólo porque se permite bajo 4-13.18.2 y 4-13.18.3.

Fuente: NFPA 13

### 5.2.2.2 Procedimiento de cálculo

Se debe considerar los siguientes aspectos:

#### 1. Determinar la disponibilidad de una fuente de agua

En la nueva planta, se tiene previsto construir un reservorio de agua que cuente con un volumen de 270 m<sup>3</sup>, el mismo que será alimentado por agua de acequia y de pozo.

La cantidad necesaria de agua para el sistema contra incendios se la obtendrá del reservorio en mención.

#### 2. Determinar el estándar apropiado

Las normas a utilizarse para el diseño de los componentes del sistema contra incendios están listadas en el capítulo 1.

#### 3. Determinar la ocupación adecuada

La nueva planta de Chova del Ecuador de acuerdo a los ejemplos de la norma NFPA 13 tendrá un uso y condiciones similares a una ocupación con Riesgo Ordinario Grupo 2.

#### 4. Determinar el enfoque de diseño

El enfoque de diseño a usarse es el de “control del incendio de acuerdo al riesgo de la ocupación”, el mismo que indica la cédula y NPS de la tubería a

implementarse, además establece el área y el gasto volumétrico por pie cuadrado.

### 5. Determinar el número de sistemas a implementarse

El sistema contra incendios consta de rociadores, boquillas aspersoras, gabinetes y un monitor, los mismos que cubrirán un área aproximada de 2300 m<sup>2</sup>. Además se requiere la instalación de hidrantes con un gasto volumétrico de 500 gpm, a una presión de 100 psi. Todos los equipos se diseñarán para un mismo sistema de bombeo.

### 6. Determinación del espaciamiento entre rociadores

El área de cobertura de un rociador se la determina mediante:

$$A = SxL \quad 5.9$$

En donde:

S: distancia entre rociadores

L: distancia entre ramales

Para el diseño, el área máxima de cobertura por rociador para apilamiento alto es de 9.3 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) (Ver Tabla 5.18)

En el diseño se establece:

$$S = 3.4 \text{ m}$$

$$L = 2.7 \text{ m}$$

Por lo tanto, el área de cobertura por rociador resulta:

$$A = 9.18 \text{ m}^2 \text{ (98.81 ft}^2\text{)}$$

**Tabla 5.18 Área protegida y espaciamiento máximo de los rociadores**

Tipo de Construcción	Riesgo Leve		Riesgo ordinario		Riesgo Extra		Almacenamiento en Pilas Altas	
	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)	Área Protegida	Espaciamiento (máx.)
	pies <sup>2</sup>	pies	pies <sup>2</sup>	pies	pies <sup>2</sup>	pies	pies <sup>2</sup>	pies
No combustible obstruida y sin obstrucciones, y combustible sin obstrucciones	225	15	130	15	100	12	100	12
Combustible obstruida	168	15	130	15	100	12	100	12

Fuente: NFPA 13

De la Figura 4.4 se conoce que, el área de diseño aceptable ( $A_d$ ) para un riesgo ordinario grupo 2 es  $1500 \text{ ft}^2$  ( $139.35 \text{ m}^2$ ).

Se debe cumplir con la Norma NFPA 13, donde se menciona que el área de diseño debe ser rectangular paralela a los ramales, no menor a 1.2 veces la raíz cuadrada del área de operación de los rociadores; es decir:

$$1.2\sqrt{A_d} < A \quad 5.10$$

$$1.2\sqrt{1500} = 46.48 \text{ ft} < 98.81 \text{ ft}$$

El número de rociadores ( $\#spk$ ), para el área de diseño viene dado por:

$$\#spk = \frac{A_d}{S_x L} \quad 5.11$$

En donde:

$$\#spk = \frac{1500 \text{ ft}^2}{98.81 \text{ ft}^2} = 16$$

Para el cálculo hidráulico del sistema se considera que los 16 rociadores funcionarían simultáneamente en caso de incendio.

Adicionalmente el número de rociadores por ramal ( $\#spkb$ ), viene dado por:

$$\#spkb = \frac{1.2\sqrt{A_d}}{s} \quad 5.12$$

$$\#spkb = \frac{1.2\sqrt{1500 \text{ ft}^2}}{11.15 \text{ ft}} = 4.17$$

Por lo tanto para el cálculo se considerará 5 rociadores por ramal.

## 7. Determinación del criterio hidráulico

Una vez determinado el riesgo de ocupación de la planta y según la gráfica con las curvas área – densidad (Figura 4.4) se determina:

$$\text{Área de diseño: } A_d = 1500 \text{ ft}^2$$

$$\text{Densidad: } d = 0.2 \text{ gpm/ft}^2$$

## 8. Determinación del flujo por rociador

El flujo por rociador se determina con la siguiente fórmula:

$$Q = A \times d \quad 5.13$$

En donde:

$$A = 98.81 \text{ ft}^2$$

$$d = 0.2 \text{ gpm/ft}^2.$$

Por lo tanto el flujo por rociador es de  $Q = 19.76 \text{ gpm}$ .

### 9. Determinación de la presión inicial requerida para la descarga

Se obtiene en base a la ecuación:

$$Q = k\sqrt{p} \quad 5.14$$

$$Q = 19.76 \text{ gpm},$$

$k$  = factor de descarga, de acuerdo a la norma NFPA 13 para rociadores de estanterías debe ser 5.6 o mayor.

Se despeja la presión de la ecuación 5.14, y se obtiene la presión inicial requerida para la descarga:

$$p = \left(\frac{Q}{k}\right)^2$$
$$p = \left(\frac{19.76}{5.6}\right)^2 = 12.45 \text{ psi}$$

### 10. Determinación del área de mayor demanda hidráulica

En el sistema de extinción de incendio se presentan 4 zonas críticas para el cálculo hidráulico según la figura 5.6, en donde se debe garantizar que el caudal y las presiones requeridas estén de acuerdo a lo establecido por las normas y la autoridad local.

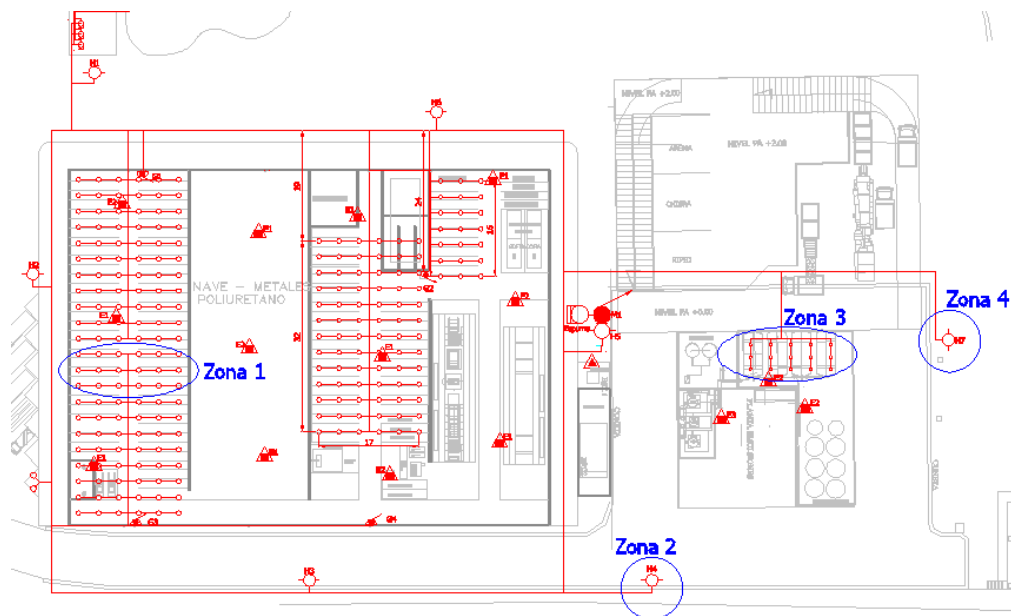


Figura 5.6 Áreas de diseño de mayor demanda hidráulica

Zona 1: Sistema de rociadores

Zona 2: Hidrante N°4

Zona 3: Sistema de boquillas aspersoras

Zona 4: Hidrante N°7

### 5.2.2.3 Cálculo hidráulico

Para iniciar el cálculo hidráulico, se resume en la siguiente tabla, los requerimientos de descarga de cada equipo a utilizarse en el sistema de extinción:

**Tabla 5.19 Presiones requeridas de los equipos**

Equipo	Presión	Norma
Hidrantes	100 psi	NFPA 14
Gabinetes	65 psi	NFPA 14
Rociadores	12,5 psi	NFPA 13
Boquillas aspersoras para tanques	20 psi	NFPA 15
Monitor	100 psi	Fabricante

Los diámetros de las tuberías para riesgo ordinario deben estar de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 5.20 Tabulación de tuberías para riesgo ordinario**

Acero		Cobre	
1"	2 rociadores	1"	2 rociadores
1 ¼"	3 rociadores	1 ¼"	3 rociadores
1 ½"	5 rociadores	1 ½"	5 rociadores
2"	10 rociadores	2"	12 rociadores
2 ½"	20 rociadores	2 ½"	25 rociadores
3"	40 rociadores	3"	45 rociadores
3 ½"	65 rociadores	3 ½"	75 rociadores
4"	100 rociadores	4"	115 rociadores
5"	160 rociadores	5"	180 rociadores
6"	275 rociadores	6"	300 rociadores
8"	Ver Sección 4-2	8"	Ver Sección 4-2

Para unidades SI: 1 pulgada = 25,4 mm

Fuente: NFPA 13

De acuerdo a las figuras 5.6 y 5.7, se procede a realizar el cálculo hidráulico para la zona 1 (área de rociadores) y zona 2 (hidrante 4):

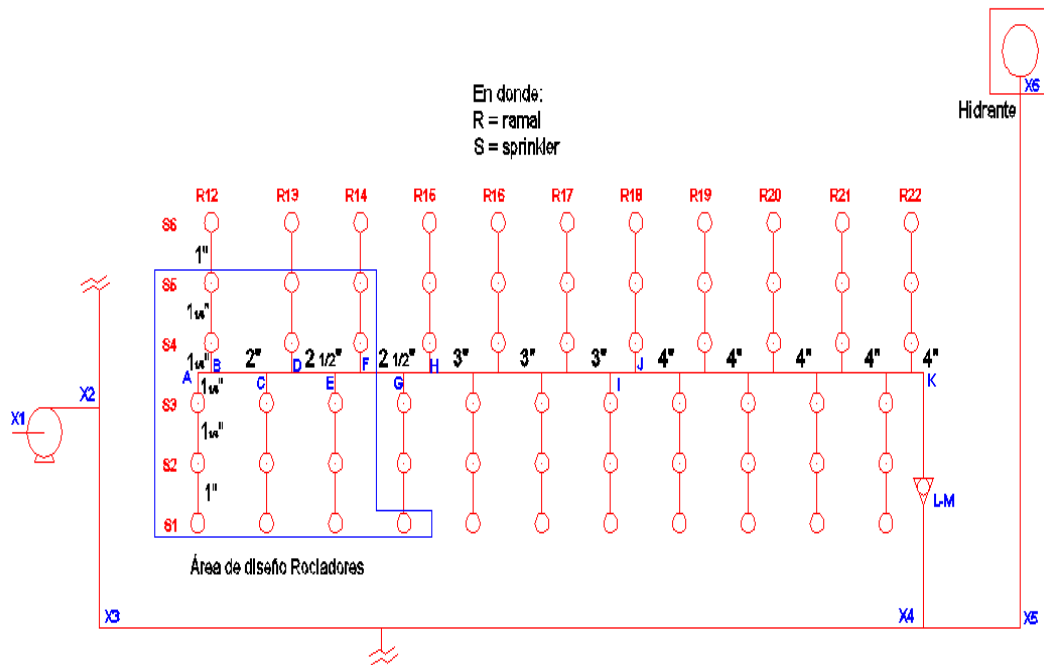


Figura 5.7 Rociadores de las bodegas e hidrante

Tabla 5.21 Caudal y presión del área de rociadores e hidrante de mayor demanda

Tramo	Flujo (gpm)		Diámetro tubería (in)	Accesorios (m)	Longitud tubería (m)		Pérdidas por fricción (psi/ft)	Resumen de Presiones (psi)			Notas	
	q	Q			Lp	Ls		Pt	Pe	Pf		Pn
R12-S1	q	19,8	NPS 1 1,049	1c 90	Lp	3,4	0,128	Pt	12,5	Pt	12,50	$p=(Q/k)^2$
	Ls				0,6	Pe		0,071	Pv	0,36		
	Lt				4	Pf		1,676	Pn	12,14		
R12-S2	q	21,14	NPS 1 1/4 1,38	1 T	Lp	3,4	0,129	Pt	14,25	Pt	14,25	
	Ls	1,8			Pe	0,071		Pv	0,52			
	Lt	5,2			Pf	2,197		Pn	13,73			
R12-S3	q	22,76	NPS 1 1/4 1,38	1 T 1 c90	Lp	1,7	0,292	Pt	16,52	Pt	16,52	
	Ls	3,6			Pe	0,071		Pv	1,26			
	Lt	5,3			Pf	5,072		Pn	15,26			
Nodo A-B	q	63,7	NPS 2 2,067		Lp	0,2	0,041	Pt	21,66	Pt	21,66	$k=Q/\sqrt{(p)}$ $k=64/\sqrt{(21,7)}$ 13,6866
	Ls					Pe		0,071	Pv	0,25		
	Lt				0,2	Pf		0,027	Pn	21,41		
								Pt	21,76			

**Tabla 5.21 Caudal y presión del área de rociadores e hidrante de mayor demanda (continuación 1)**

Tramo	Flujo (gpm)		Diámetro tubería (in)	Accesorios (m)	Longitud tubería (m)		Pérdidas por fricción (psi/ft)	Resumen de Presiones (psi)		Presiones normal (psi)		Notas
	q	Q			Lp	Ls		Lt	Pt	Pe	Pf	
R12-S5	q		NPS 1 1/4 1,38	1 T	Lp	3,4	0,034	Pt	12,5	Pt	12,50	
	Q	19,8			Ls	1,8		Pe	0,071	Pv	0,12	
					Lt	5,2		Pf	0,573	Pn	12,38	
R12-S4	q	20,3	NPS 1 1/4 1,38	2 T	Lp	1,7	0,124	Pt	13,14	Pt	13,14	
	Q	40,1			Ls	3,6		Pe	0,071	Pv	0,50	
					Lt	5,3		Pf	2,155	Pn	12,65	
	Q	47,71					Pt	15,37				Q2=Q1*√(p2/p1) k=Q/√(p) 10,2290311
Nodo B-C	Q	111,4	NPS 2 2,067		Lp	2,5	0,115	Pt	21,76	Pt	21,76	
				Ls		Pe			Pv	0,76		
				Lt	2,5	Pf		0,941	Pn	20,99		
Nodo C-D	q	65,2	NPS 2 1/2 2,469		Lp	0,2	0,113	Pt	22,7	Pt	22,70	
	Q	176,6		Ls		Pe			Pv	0,94		
				Lt	0,2	Pf		0,074	Pn	21,75		
Nodo D-E	q	48,81	NPS 2 1/2 2,469		Lp	2,5	0,178	Pt	22,77	Pt	22,77	
	Q	225,4		Ls		Pe			Pv	1,54		
				Lt	2,5	Pf		1,459	Pn	21,24		
Nodo E-F	q	67,37	NPS 2 1/2 2,469		Lp	0,2	0,289	Pt	24,23	Pt	24,23	
	Q	292,8		Ls		Pe			Pv	2,59		
				Lt	0,2	Pf		0,189	Pn	21,64		
Nodo F-G	q	50,55	NPS 2 1/2 2,469		Lp	2,5	0,387	Pt	24,42	Pt	24,42	
	Q	343,3		Ls		Pe			Pv	3,56		
				Lt	2,5	Pf		3,177	Pn	20,86		
							Pt	27,6				
R15-S1	q		NPS 1 1,049	1c 90	Lp	8,5	0,128	Pt	12,5	Pt	12,50	k=Q/√(p) 5,60
	Q	19,8		1 T	Ls	2,4		Pe	0,071	Pv	0,36	
					Lt	10,9		Pf	4,567	Pn	12,14	
	Q	25,1					Pt	17,14			Q2=Q1*√(p2/p1) Q2= 25,13	
Nodo G-I	q		NPS 3 3,068		Lp	8,1	0,153	Pt	27,6	Pt	27,60	
	Q	368,5		Ls		Pe			Pv	1,72		
				Lt	8,1	Pf		4,073	Pn	25,87		
Nodo I-K	q		NPS 4 4,026	1 T	Lp	13	0,041	Pt	31,67	Pt	31,67	
	Q	368,5			Ls	6,1		Pe		Pv	0,58	
					Lt	19,1		Pf	2,557	Pn	31,09	



**Tabla 5.21 Caudal y presión del área de rociadores e hidrante de mayor demanda (continuación 2)**

Tramo	Flujo (gpm)		Diámetro tubería (in)	Accesorios (m)	Longitud tubería (m)		Pérdidas por fricción (psi/ft)	Resumen de Presiones (psi)		Presiones normal (psi)		Notas
	q	Q			Lp	Ls		Pt	Pe	Pt	Pv	
Nodo K-M	q		NPS 4 4,026	2C 90 1 T	Lp	19,5	0,041	Pt	34,22	Pt	34,22	
	Q	368,5			Ls	12,2		Pe	7,811	Pv	0,58	
					Lt	31,7		Pf	4,243	Pn	33,64	
	q	250						Pt	46,28			
	Q	618,5										
x6-x4	q		NPS 6 6,065	2c 90 1T-1Vm	Lp	117	0,010	Pt	100	Pt	100,00	500 gpm para hidrantes
	Q	500,0			Ls	20,7		Pe	-2,13	Pv	0,21	
					Lt	138		Pf	4,409	Pn	99,79	
x4-x2	q		NPS 6 6,065	2c-1T	Lp	71	0,014	Pt	102,3	Pt	102,28	619 gpm para rociadores
	Q	618,5			Ls	17,7		Pe		Pv	0,32	
					Lt	88,7		Pf	4,208	Pn	101,96	
x2-x1	q		NPS 6 6,065	9c-2T-2 Vm- 1 V ch	Lp	31,5	0,014	Pt	106,5	Pt	106,49	
	Q	618,5			Ls	58,8		Pe	-1,07	Pv	0,32	
					Lt	90,3		Pf	4,286	Pn	106,17	
									109,7			

**Ejemplos de cálculos:**

- Rociador R12-S1:

Caudal requerido por rociador:

$$Q_1 = q_1 = 19.8 \text{ gpm}$$

De la ecuación 5.14 se tiene:

$$Pt_1 = \left(\frac{Q_1}{k}\right)^2 = \left(\frac{19.76}{5.6}\right)^2$$

$$Pt_1 = 12.5 \text{ psi}$$

Longitud principal:

$$Lp = 3,4 \text{ m}$$

Longitud secundaria:

$$Ls = 0,6 \text{ m (1 C LR 90)}$$

$$Lt = Lp + Ls = 4 \text{ m}$$

5.15

Al utilizar la ecuación 5.6 se tiene:

Pérdidas por fricción:

$$pf = \frac{4.52 * Q_1^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}}$$

C= 120 (tubería de acero negro - Sch. 40)

d = 1.049" Diámetro interno tubería 1"

$$pf = 0.128 \left( \frac{psi}{ft^2} \right)$$

Y con la longitud total Lt se obtiene:

$$Pf = Lt * pf \quad 5.16$$

$$Pf = 1.68 \text{ psi}$$

Con la ecuación 5.17 referente a la presión estática se tiene:

$$Pe = 0.433 * h * 3.281 \quad 5.17$$

h: altura del líquido

$$Pe = 0.07 \text{ psi}$$

En base a la ecuación 5.7 se obtiene la presión de velocidad:

$$Pv = \frac{0.001123 * Q^2}{d^4}$$

$$Pv = 0.36 \text{ psi}$$

Con la ecuación 5.8, resulta la presión normal:

$$Pn = Pt_1 - Pv$$

$$Pn = 12.14 \text{ psi}$$

- Rociador R12-S2:

Para el cálculo del siguiente rociador se obtiene en base a:

$$Pt_2 = Pt_1 + Pe + Pf \quad 5.18$$

$$Pt_2 = 12.5 + 0.07 + 1.68 = 14.25 \text{ psi}$$

El caudal para el rociador está dado por:

$$q_2 = k * \sqrt{Pt_2}$$

$$q_2 = 5.6 * \sqrt{14.2} = 21.14 \text{ gpm}$$

$$Q_2 = Q_1 + q_2 \quad 5.19$$

$$Q_2 = 19.8 + 21.14 = 40.94 \text{ (gpm)}$$

- Rociador R12-S3:

$$Pt_3 = Pt_2 + Pe + Pf$$

$$Pt_3 = 14.25 + 0.07 + 2.197 = 16.52 \text{ psi}$$

$$q_3 = k * \sqrt{Pt_3}$$

$$q_3 = 5.6 * \sqrt{16.52} = 22.76 \text{ gpm}$$

$$Q_3 = Q_2 + q_3$$

$$Q_3 = 40.94 + 22.76 = 63.7 \text{ (gpm)}$$

Factor de descarga de la línea tomando 3 rociadores:

$$Pt_a = Pt_3 + Pe + Pf$$

$$Pt_a = 16.52 + 0.07 + 0.027 = 21.76$$

$$k_a = Q_3 / \sqrt{Pt_a}$$

$$k_a = \frac{63.7}{\sqrt{21.7}} = 13.68$$

- Nodo A-B

$$Q_3 = 63.7 \text{ gpm}$$

$$Pt_b = \left(\frac{Q_3}{k_a}\right)^2 = \left(\frac{63.7}{13.68}\right)^2$$

$$Pt_b = 21.76 \text{ psi}$$

- Rociador R12-S5:

$$Q_5 = Q_1 = 19.8 \text{ gpm}$$

$$Pt_5 = 12.5 \text{ psi}$$

- Rociador R12-S4:

$$Pt_4 = 13.1 \text{ psi}$$

$$q_4 = 20.3 \text{ gpm}$$

$$Q_4 = 40.1 \text{ gpm}$$

- Nodo B

$$Pt_c = Pt_4 + Pe + Pf$$

$$Pt_c = 15.37 \text{ psi}$$

En el punto de unión, las presiones deben estar equilibradas, por lo tanto se tiene:

$$k_a = Q_3 / \sqrt{Pt_a}$$

$$k_b = Q_4 / \sqrt{Pt_c}$$

Por ser el mismo punto:

$$k_a = k_b$$

Se tiene un nuevo caudal  $Q_4$

$$Q_4 = Q_3 * \sqrt{Pt_c / Pt_a}$$

$$Q_4 = 40.1 * \sqrt{21.76 / 15.37}$$

$$Q_4 = 47.71 \text{ gpm}$$

Entonces el factor de descarga en el punto de unión es:

$$k_b = Q_4 / \sqrt{Pt_c}$$

$$k_b = \frac{47.71}{\sqrt{21.76}} = 10.23$$

Con la finalidad de garantizar que las zonas para las que se hizo el cálculo anteriormente, requieran la mayor demanda hidráulica, se procede a calcular el consumo de agua para el hidrante N°7 y las boquillas aspersoras que serán utilizadas para enfriar las paredes de los tanques de asfalto:

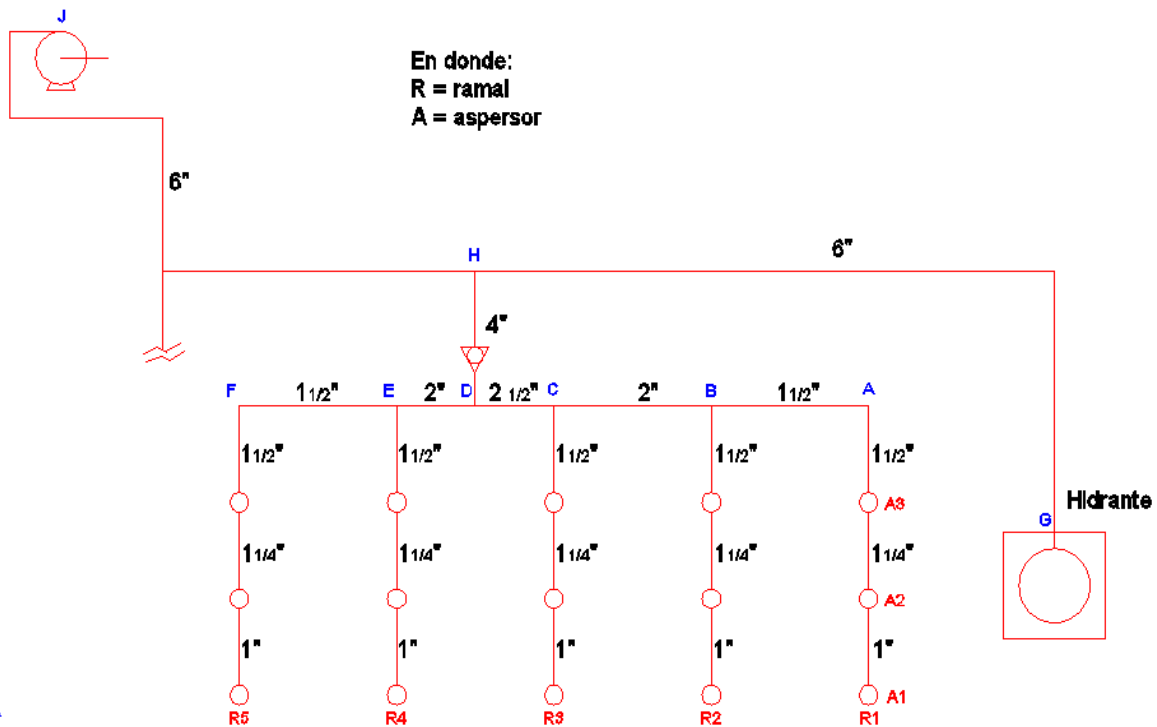


Figura 5.8 Boquillas aspersoras para tanques de asfalto e hidrante

Previo al cálculo, se toma en consideración la norma NFPA 15, la misma que indica que, para la protección de exposiciones de fuego se requiere una densidad de 0.25 gpm/ft<sup>2</sup>.

Se considera que el área máxima de cobertura por boquilla es de 100 ft<sup>2</sup>, por lo que se tiene:

$$Q = \frac{0.25 \text{gpm}}{\text{ft}^2} * 100 \text{ft}^2 = 25 \text{gpm}$$

Factor de descarga del rociador: k=5.6

Por lo tanto la presión viene dada por la ecuación 5.11

$$p = \left(\frac{25}{5.6}\right)^2 = 20 \text{ psi}$$

Esta presión es la mínima requerida para la descarga de boquillas aspersoras según la norma NFPA 15.

Si se toma en cuenta que la densidad de las boquillas es de 0.25 gpm/ft<sup>2</sup>, este valor es similar a un riesgo extra según la NFPA 13, por lo tanto se toma como referencia la tabla para tabulación de tuberías para riesgo extra y se procede a realizar el cálculo.

**Tabla 5.22 Tabulación de tuberías de riesgo extra**

Acero		Cobre	
1"	1 rociador	1"	1 rociador
1 ¼"	2 rociadores	1 ¼"	2 rociadores
1 ½"	5 rociadores	1 ½"	5 rociadores
2"	8 rociadores	2"	8 rociadores
2 ½"	15 rociadores	2 ½"	20 rociadores
3"	27 rociadores	3"	30 rociadores
3 ½"	40 rociadores	3 ½"	45 rociadores
4"	55 rociadores	4"	65 rociadores
5"	90 rociadores	5"	100 rociadores
6"	150 rociadores	6"	170 rociadores

Fuente: NFPA 13

**Tabla 5.23 Presión y caudal de boquillas aspersoras para tanques de asfalto**

Tramo	Flujo (gpm)		Diámetro tubería (in)	Accesorios (m)	Longitud tubería (m)		Pérdidas por fricción (psi/ft)	Resumen de Presiones (psi)		Presiones normal (psi)	Notas	
	q	Q			Lp	Ls		Pt	Pe			Pv
R1-A1	q		NPS 1 1,049	1C	Lp	2,1	0,197	Pt	20	Pt	19,93	
	Q	25			Ls	0,61		Pe		Pv	0,58	
					Lt	2,71		Pf	1,748	Pn	19,35	
R1-A2	q	26,07	NPS 1 1/4 1,38	1T	Lp	2,1	0,194	Pt	21,68	Pt	21,68	
	Q	51,07			Ls	1,829		Pe		Pv	0,81	
					Lt	3,929		Pf	2,5	Pn	20,87	
R1-A3	q	27,54	NPS 1 1/2 1,61	1T	Lp	2,6	0,203	Pt	24,18	Pt	24,18	
	Q	78,61			Ls	2,438		Pe		Pv	1,03	
					Lt	5,038		Pf	3,36	Pn	23,14	
A-B	q		NPS 1 1/2 1,61	1T	Lp	3,4	0,203	Pt	27,54	Pt	27,54	k=Q/√(p) k=78,6/√(27,5) 14,9800
	Q	78,61			Ls			Pe		Pv	1,03	
					Lt	3,4		Pf	2,267	Pn	26,50	
B-C	q	81,78	NPS 2 2,067		Lp	3,4	0,225	Pt	29,8	Pt	29,80	
	Q	160,4			Ls			Pe		Pv	1,58	
					Lt	3,4		Pf	2,512	Pn	28,22	
C-D	q	85,39	NPS 2 1/2 2,469	1T	Lp	1,7	0,209	Pt	32,32	Pt	32,32	
	Q	245,8			Ls	4,572		Pe		Pv	1,83	
					Lt	6,272		Pf	4,295	Pn	30,49	
	q				Lp			Pt	36,61	Pt		
	Q				Ls			Pe		Pv		
					Lt			Pf		Pn		
F-D	q		NPS 2 2,067		Lp	1,7	0,225	Pt	29,8	Pt	29,80	
	Q	160,4			Ls			Pe		Pv	1,58	
					Lt	1,7		Pf	1,256	Pn	28,22	
	q				Lp			Pt	31,06	Pt		
	Q	174,1			Ls			Pe		Pv		
					Lt			Pf		Pn		
D-H	q		NPS 4 4,026	2c 90 1T 1Vm	Lp	16,5	0,052	Pt	36,61	Pt	36,61	
	Q	419,9			Ls	13,41		Pe	-4,97	Pv	0,75	
					Lt	29,91		Pf	5,1	Pn	35,86	
	q				Lp			Pt	36,74	Pt		
	Q				Ls			Pe		Pv		
					Lt			Pf		Pn		
G-H	q		NPS 6 6,065	2c 90 1T-1Vm	Lp	40	0,010	Pt	100	Pt	100,00	500 gpm para hidrantes
	Q	500,0			Ls	20,73		Pe	2,131	Pv	0,21	
					Lt	60,73		Pf	1,944	Pn	99,79	
G-J	q		NPS 6 6,065	9c-2T- 2 Vm- 1 V ch	Lp	165	0,010	Pt	104,1	Pt	104,08	
	Q	500,0			Ls	58,82		Pe	-4,97	Pv	0,21	
					Lt	223,8		Pf	7,166	Pn	103,87	
	q				Lp			Pt	106,3			
	Q											

En base al criterio citado en el capítulo anterior acerca del caudal necesario para el sistema, se determina que el mayor flujo viene dado por el consumo de los rociadores del área de laminación (368,5 gpm) más el flujo necesario para los gabinetes (250 gpm), lo que resulta un total de 619 gpm a una presión de 110 psi. De este cálculo se concluye que la presión y el caudal requerido por todo el sistema son:

$$Q=620 \text{ gpm}$$

$$p=110 \text{ psi}$$

Se toma un factor de seguridad de 1.1 recomendado por la NFPA 13 y se tiene:

Q=685 gpm
P=120 psi

Después de determinar los requerimientos del sistema, se procede a dimensionar los drenajes de la tubería. La NFPA 14 exige drenajes según la siguiente tabla:

**Tabla 5.24 Drenajes de tubería vertical**

Tamaño de la Tubería Vertical	Tamaño de la Conexión de Drenaje
Hasta 50 mm (2 pulgadas )	20 mm o mayor (3/4 de pulgada)
65 mm (2 1/2 pulgadas, (80 mm, 3 pulgadas) o 90 mm. (3 1/2 pulgadas )	32 mm o mayor (1 1/4 de pulgada)
100 mm o mayor (4 pulgadas )	50 mm solamente (2 pulgadas )

Fuente: NFPA 14

Se selecciona:

- Drenajes de 2" para el conjunto de rociadores y boquillas (T. Vertical 4")
- Drenajes de 1 1/4" para los gabinetes. (T. Vertical 2 1/2")

### 5.2.3 DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ESPUMA

Para el sistema de espuma es necesario determinar la superficie de cobertura en la que va actuar. El área a proteger según criterios de ingeniería, será la que cubra

los dos tanques de diesel y los calderos, cuya información se presenta a continuación:

**Tabla 5.25 Datos de los tanques de diesel**

# de tanques	Producto	Punto de inflamación	Diámetro (mm)	Altura (mm)
2	Diesel	>38 °C	2397	3516

De la Tabla 4.10 indicada en el capítulo anterior, se tiene que para la protección con monitores, la tasa mínima de aplicación de solución agua-espuma es 0.16 gpm/ft<sup>2</sup> y por un tiempo mínimo de descarga de 50 min.

Por lo tanto:

Área de tanques:

$$A1 = \frac{\pi}{4} * d^2$$

$$A1 = 4.51m^2 = 48.58ft^2$$

Área de calderos:

$$A2 = 600ft^2$$

$$q = \text{área a proteger} * d \quad 5.20$$

En donde:

*d*: la densidad en gpm/ft<sup>2</sup>

*q*: caudal requerido

$$q = (2 * 48.58 + 600)ft^2 * \frac{0.16 \text{ gpm}}{ft^2} = 110.66 \text{ gpm}$$

La espuma a utilizarse es de tipo AFFF al 3%, puesto que, según el fabricante, este concentrado es recomendable para combatir tipos de fuego clase B, como diesel, gasolina, crudo, etc. y además es adecuada para monitores de espuma.<sup>24</sup>

Por lo tanto la cantidad de espuma necesaria será:

$$Cant = q * t * \%espuma \quad 5.21$$

<sup>24</sup> Ver ANEXO D para especificaciones técnicas



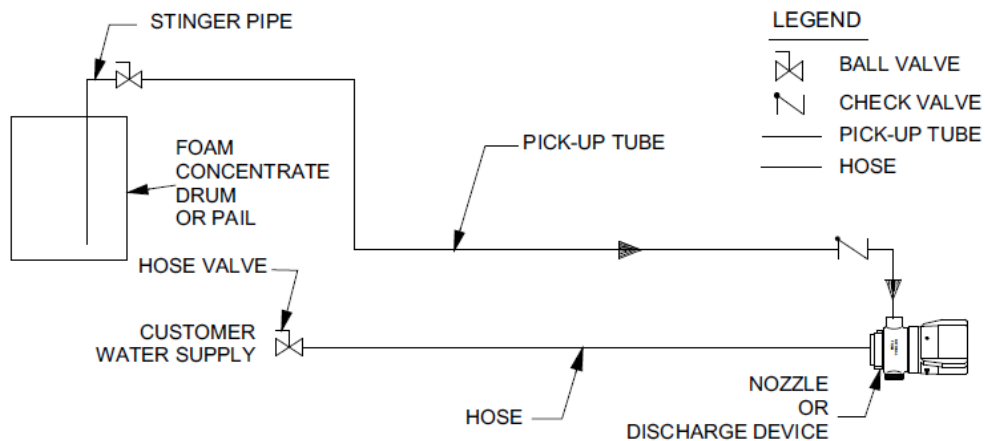
En donde:

$t$ : tiempo de descarga; 50 min según Tabla 4.10

$q$ : caudal requerido

$$Cant = 110.66 \text{ gpm} * 50 \text{ min} * 0.03 = 166 \text{ gal}$$

La NFPA 11 permite que la dosificación de espuma se realice mediante una boquilla auto-inductora; método que se lo selecciona debido a que resulta económico, pues este utiliza la presión de la bomba de agua para formar la solución de espuma, sin necesidad de recurrir a una fuente de energía externa para el concentrado (Ver Figura 5.9).



**Figura 5.9 Boquilla proporcionadora portátil**

Fuente: Engineering Manual- National Foam

El flujo mínimo de la boquilla auto-inductora es de 350 gpm, comparado con la demanda que requiere el sistema hace que el consumo de espuma aumente considerablemente, por lo tanto se tiene:

$$Cant = 350 \text{ gpm} * 50 \text{ min} * 0.03 = 525 \text{ gal}$$

Debido a que el aumento en la cantidad de espuma es sustancial, se utilizará un concentrado de espuma con un volumen comercial, como es el tote con 265 gal.

## 5.2.4 VOLUMEN NECESARIO PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

De los cálculos realizados anteriormente se determinó que el caudal necesario para el sistema contra incendios es de 685 gpm.

Según la Tabla 4.9 se determina que, para riesgo ordinario el tiempo de duración de suministro de agua será por 60 min, por lo tanto:

$$V = Q * t = 685gpm * 60min \quad 5.22$$

$$V = 41100 gal = 156 m^3$$

Esta cantidad de agua será abastecida por el reservorio de 270 m<sup>3</sup> de la nueva planta.

## **5.2.5 SELECCIÓN DE BOMBAS**

El Reglamento de prevención de incendios del Ecuador menciona que el sistema de extinción debe contar con una fuente de energía autónoma, por esta razón se utiliza una bomba eléctrica y una a diesel, las cuales independientemente puedan abastecer al sistema.

### **5.2.5.1 Bomba Eléctrica Principal**

Esta bomba entrega la presión y el caudal que requiere el sistema en caso de incendio, y está dimensionada para abastecer cualquiera de los diferentes componentes, ya sean rociadores, boquillas aspersoras, gabinetes, hidrantes, o el monitor.

### **5.2.5.2 Bomba Jockey**

Este equipo se encarga de mantener presurizada toda la línea de tuberías del sistema contra incendios. Su función es entregar fluido a alta presión con un bajo caudal. Está dimensionada para abastecer el caudal de un rociador, y según la NFPA 20 debe proveer de una presión que supere en 10 psi, la carga de la bomba principal.

### **5.2.5.3 Bomba Diesel Secundaria**

Esta bomba se acciona por un motor diesel y se enciende en caso de corte de energía eléctrica de la red nacional. Está dimensionada, al igual que la bomba principal, para abastecer los requerimientos del sistema.

### **5.2.5.4 Requerimientos de las bombas del sistema contra incendios**

La norma NFPA 20 exige los tamaños mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 5.26 Sumario de bombas contra incendio**

Pump Rating		Minimum Pipe Sizes (Nominal)						
gpm	L/min	Suction <sup>1, 2</sup> (in.)	Discharge <sup>1</sup> (in.)	Relief Valve (in.)	Relief Valve Discharge (in.)	Meter Device (in.)	Number and Size of Hose Valves (in.)	Hose Header Supply (in.)
25	95	1	1	3/4	1	1 1/4	1 — 1 1/2	1
50	189	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	1 — 1 1/2	1 1/2
100	379	2	2	1 1/2	2	2 1/2	1 — 2 1/2	2 1/2
150	568	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	3	1 — 2 1/2	2 1/2
200	757	3	3	2	2 1/2	3	1 — 2 1/2	2 1/2
250	946	3 1/2	3	2	2 1/2	3 1/2	1 — 2 1/2	3
300	1,136	4	4	2 1/2	3 1/2	3 1/2	1 — 2 1/2	3
400	1,514	4	4	3	5	4	2 — 2 1/2	4
450	1,703	5	5	3	5	4	2 — 2 1/2	4
500	1,892	5	5	3	5	5	2 — 2 1/2	4
750	2,839	6	6	4	6	5	3 — 2 1/2	6
1,000	3,785	8	6	4	8	6	4 — 2 1/2	6
1,250	4,731	8	8	6	8	6	6 — 2 1/2	8
1,500	5,677	8	8	6	8	8	6 — 2 1/2	8
2,000	7,570	10	10	6	10	8	6 — 2 1/2	8
2,500	9,462	10	10	6	10	8	8 — 2 1/2	10
3,000	11,355	12	12	8	12	8	12 — 2 1/2	10
3,500	13,247	12	12	8	12	10	12 — 2 1/2	12
4,000	15,140	14	12	8	14	10	16 — 2 1/2	12
4,500	17,032	16	14	8	14	10	16 — 2 1/2	12
5,000	18,925	16	14	8	14	10	20 — 2 1/2	12

Fuente: NFPA 20

En el cálculo realizado para el sistema de extinción se determinó que el caudal necesario es de 685 gpm a una presión de 120 psi. Según la Tabla 5.23, la clasificación (rating) de la bomba permitida por la NFPA 20 es de 750 gpm, por lo tanto los equipos se seleccionarán en base a este criterio.

A continuación se muestran los requerimientos del sistema para dimensionar las bombas principal, secundaria y Jockey.

**Tabla 5.27 Cargas del Sistema Contra incendios**

<b>SISTEMA</b>					
<b>Bomba</b>	H necesaria (psi)	NPSH (FT)	Q (GPM)	Ø Succión (in)	Ø Descarga (in)
Principal (Eléctrica)	120	35.1	750	6	6
Secundaria (Diesel)	120	35.0	750	6	6
JOCKEY	130	36.5	20	1-1/4	1-1/4

**5.2.5.5 Dimensionamiento de bombas para el sistema contra incendios**

A continuación se indican las bombas seleccionadas con sus principales datos técnicos:

**Tabla 5.28 Bomba Eléctrica Principal**

<b>Tag</b>	SCI 01
<b>Bomba</b>	Bomba centrífuga horizontal de carcaza partida
<b>Marca</b>	AURORA
<b>Caudal</b>	750 gpm
<b>Presión</b>	120 psi
<b>Modelo</b>	4-491-11A
<b>Succión</b>	Bridada de 6"
<b>Descarga</b>	Bridada con incrementador concéntrico 4"x 6"
<b>Aprobado</b>	UL /FM
<b>Rotación</b>	Right Hand
<b>Rendimiento</b>	150% de su capacidad mientras descarga a no menos del 65% de su TDH
<b>Motor</b>	Eléctrico ODP/ 460V- 3 Ph - 60 Hz
<b>Potencia</b>	110 HP
<b>Velocidad</b>	3560 rpm

**Tabla 5.29 Bomba Jockey**

<b>Tag</b>	SCI 02
<b>Bomba</b>	Bomba centrífuga multietapa
<b>Marca</b>	AURORA
<b>Caudal</b>	10 gpm
<b>Presión</b>	130 psi
<b>Modelo</b>	PVM2-90
<b>Succión</b>	1-1/4"
<b>Válvula de alivio</b>	1/2"
<b>Descarga</b>	1-1/4"
<b>Motor</b>	Eléctrico ODP/ 460V- 3 Ph - 60 Hz
<b>Potencia</b>	3 HP
<b>Velocidad</b>	3500 rpm

**Tabla 5.30 Bomba Diesel Secundaria**

<b>Tag</b>	SCI 02
<b>Bomba</b>	Bomba centrífuga horizontal de carcasa partida
<b>Marca</b>	AURORA
<b>Caudal</b>	750 gpm
<b>Presión</b>	120 psi
<b>Modelo</b>	4-491-14C
<b>Succión</b>	Bridada de 6"
<b>Descarga</b>	Bridada con incrementador concéntrico 4"x 6"
<b>Aprobado</b>	UL /FM
<b>Rotación</b>	Right Hand
<b>Rendimiento</b>	150% de su capacidad mientras descarga a no menos del 65% de su TDH
<b>Motor</b>	Diesel CLARKE. Mod. JU6H-UFDO
<b>Voltaje de motor</b>	12 V
<b>Potencia</b>	144 HP
<b>Velocidad</b>	2100 rpm

Las curvas características de las bombas se muestran en el ANEXO E.

## 5.2.6 MATERIALES

Los materiales para el sistema de agua y de espuma, deben seleccionarse en base a las tablas mostradas a continuación, conforme las normas correspondientes:

**Tabla 5.31 Especificaciones de tubería**

<b>Materiales y Dimensiones</b>	<b>Estandar</b>
<b>Tubería Ferrosa (Soldada y sin Costuras)</b>	
Tubería de Acero Inoxidable	ANSI B 36.19M
Especificación de Norma para Tuberías de Acero Inoxidable Sin Costuras y Soldadura Austenítica	ASTM A 312
†Especificación de Norma para Tubería Negra y tubería de Acero Soldada Sin Costura Cubierta de Cinc por Inmersión en Caliente (Galvanizada). Para uso en Protección Contra Incendios.	ASTM A 795
†Especificación de Norma para Tubería de Acero, Negra y Cubierta de Cinc por Inmersión en Caliente, Soldada y Sin Costuras.	ASTM A 53
Tubería en Acero Forjado Soldada y Sin Costuras.	ANSI B36. 10M
Especificación de Norma para Tubería de acero soldada por resistencia eléctrica	ASTM A 135
<b>Tubo de Cobre (Extruido, Sin Costuras)</b>	
†Especificación de Norma para Tubo de Cobre Sin Costuras.	ASTM B 75
†Especificación de Norma para Tubería de Agua en Cobre sin Costuras	ASTM B 88
Especificación de Norma para Requerimientos Generales para Tubería Forjada de Cobre sin Costuras y tubo de Cobre Aleado	ASTM B 251
Especificación para Metales de Relleno con Soldadura Fuerte y Soldadura de Bronce (Clasificación BCuP-3 o BCuP-4)	AWS A5.8

†Denota tubería o entubado apropiado para flexión concordante con las normas ASTM

Fuente: NFPA 15

**Tabla 5.32 Especificaciones de accesorios**

<b>Materiales y Dimensiones</b>	<b>Norma</b>
<b>Hierro Fundido</b>	
Accesorios Roscados en Hierro Gris Clase 125 y 250	ANSI B16.4
Bridas Para Tubería de Hierro Fundido y Accesorios bridados	ANSI B16.1
<b>Hierro Maleable</b>	
Accesorios Roscados de Hierro Maleable, Clase 150 y 300	ANSI B16.3
<b>Acero</b>	
Acero Forjado Hecho en Fábrica Accesorios Soldados al Tope	ANSI B16.9
Terminales Soldados al Tope	ANSI B16.25
Especificación de Norma Para Accesorios de Tu- bería en Acero Forjado al Carbono y Acero Aleado Para Temperaturas Moderadas y Eleva- das.	ASTM A 234
Tubería y Accesorios bridados	ANSI B16.5
Accesorios Forjados, de Campana Para Soldar y Roscados	ANSI B 16.11
<b>Cobre</b>	
Accesorios Para Juntas de Presión en Cobre Forja- do y Cobre Aleado Blando	ANSI B16.22
Accesorios Para Juntas de Presión en Cobre Fun- dido Aleado Blando	ANSI B16.18
<b>Hierro Dúctil</b>	
Especificación de Norma Para Fundiciones de Hie- rro Dúctil	ASTM A 536
<b>Acero Inoxidable</b>	
Especificación de Norma Para Tubería de Acero Forjado o Laminado Aleado, Bridas, Acceso- rios Forjados, Válvulas y Partes Para Servicio a Alta Temperatura	ASTM A 182

Fuente: NFPA 15

De las tablas indicadas se desprende que los materiales seleccionados cumplen con la norma establecida y son comerciales en nuestro país.

**Tabla 5.33 Materiales para el sistema de extinción**

<b>Ítem</b>	<b>Material</b>
Tubería	A 106 Gr.B- Sch. 40 - SMLS
Válvulas	Varios
Accesorios roscados	A 105 – 3000#
Accesorios soldados	A 234-WPB
Bridas	A 105 – Clase 150#
Empaques	Goma Buna
Espárragos	A 193 – B7
Tuercas	A 194 – 2H

## 5.2.7 SOPORTERÍA

La norma NFPA 13 en su sección 9.1 especifica los requerimientos para los soportes, los mismos que son los siguientes:

- Deben estar diseñados para soportar cinco veces el peso de la tubería llena de agua más 250 lb (114 kg), en cada punto de soporte de la tubería.
- Los puntos de apoyo deben ser adecuados para soportar el sistema de rociadores.
- El espacio entre los soportes colgantes no debe exceder del valor que se indica en la Tabla 5.34.
- Se debe instalar mínimo un soporte colgante por cada sección de tubería, a no ser que los rociadores se encuentren a menos de 1.82 m de distancia entre centros.
- Las tuberías de distribución deben tener al menos un soporte colgante cada dos ramales entre rociadores.

**Tabla 5.34 Distancia máxima entre soportes (pies-pulgadas)**

<b>Diámetro Nominal del Tubo (pulg.)</b>	<b>3/4</b>	<b>1</b>	<b>1 1/4</b>	<b>1 1/2</b>	<b>2</b>	<b>2 1/2</b>	<b>3</b>	<b>3 1/2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
Tubo de acero, excepto el de pared delgada roscado	N/A	12-0	12-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0
Tubo de acero de pared delgada roscado	N/A	12-0	12-0	12-0	12-0	12-0	12-0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tubería de Cobre	8-0	8-0	10-0	10-0	12-0	12-0	12-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0
CPVC	5-6	6-0	6-6	7-0	8-0	9-0	10-0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Polibutileno (IPS)	N/A	3-9	4-7	5-0	5-11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Polibutileno (CTS)	2-11	3-4	3-11	4-5	5-5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Para unidades SI: 1 pulgada = 25,4 mm; 1 pie = 0,3048 m.

NOTA: IPS : Iron Pipe Size = Diámetro de Tubo de Hierro  
CTS: Copper Tube Size = Diámetro de Tubería de Cobre

Fuente: NFPA 13

## 5.2.8 ELABORACIÓN DEL P&ID DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

VER ANEXO F



## **CAPITULO 6**

### **INGENIERÍA DE DETALLE**

#### **6.1 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA CIRCULACIÓN Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA PARA LOS PROCESOS INDUSTRIALES**

VER ANEXO C

#### **6.2 PLANOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS**

VER ANEXO F

# CAPITULO 7

## ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

A continuación se presentan los costos de los sistemas de circulación del agua y de extinción de incendios, donde se incluyen:

- Materiales directos: que contienen los equipos para los respectivos sistemas y los componentes para formar las líneas de tubería como válvulas, accesorios, etc.
- Mano de obra directa: donde se presenta el costo del diseño y de las actividades mecánicas para el montaje de los sistemas.<sup>25</sup>
- Mano de obra indirecta: se incluye el costo del direccionamiento del proyecto y asesoramiento.
- Gastos indirectos: donde se presentan los gastos para la realización del presente estudio.
- Costo total del proyecto: concierne a la suma de los ítems anteriores.

### 7.1 COSTOS DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN

#### 7.1.1 COSTOS DIRECTOS

Tabla 7.1 Materiales directos<sup>26</sup>

Ítem	Descripción	Total
1	Equipos	\$ 8.084,35
2	Válvulas	\$ 6.319,30
3	Accesorios	\$ 8.891,18
4	Tubería	\$ 10.336,34
	<b>TOTAL 1</b>	<b>\$ 33.631,16</b>

---

<sup>25</sup> Horas hombre determinadas en base a: Estimator's Pipping Man-Hour Manual y Equipment Installation Man-Hour Manual.

<sup>26</sup> Ver listado de materiales para el sistema de circulación en el ANEXO G.

**Tabla 7.2 Mano de obra directa**

<b>Actividades</b>	<b>Horas</b>	<b>Valor horas/hombre</b>	<b>Total</b>
<b>Autor 1</b>	400,00	\$ 3,00	\$ 1.200,00
<b>Autor 2</b>	400,00	\$ 3,00	\$ 1.200,00
<b>Montaje de equipos y líneas</b>	793,70	\$ 17,50	\$ 13.889,73
<b>Corte y biselado</b>	46,17	\$ 10,00	\$ 461,71
<b>Soldadura</b>	204,50	\$ 14,50	\$ 2.965,20
<b>Jefe de montaje</b>	160,00	\$ 6,00	\$ 960,00
		<b>TOTAL 2</b>	<b>\$ 20.676,64</b>

**7.1.2 COSTOS INDIRECTOS**

**Tabla 7.3 Mano de obra indirecta**

<b>Actividad</b>	<b>Horas</b>	<b>Valor Horas/hombre</b>	<b>Total</b>
<b>Director</b>	15,00	20,00	\$ 300,00
<b>Codirector</b>	15,00	20,00	\$ 300,00
		<b>TOTAL 3</b>	<b>\$ 600,00</b>

**Tabla 7.4 Gastos indirectos**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>Transporte</b>	\$ 90,00
<b>Libros</b>	\$ 50,00
<b>Materiales de oficina</b>	\$ 20,00
<b>TOTAL 4</b>	<b>\$ 160,00</b>

### 7.1.3 TOTAL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA

Tabla 7.5 Costo total sistema de circulación

Costos Parciales	
Total 1	\$ 33.631,16
Total 2	\$ 20.676,64
Total 3	\$ 600,00
Total 4	\$ 160,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 55.067,81</b>

## 7.2 COSTOS SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

### 7.2.1 COSTOS DIRECTOS

Tabla 7.6 Materiales directos <sup>27</sup>

Ítem	Descripción	Total
1	Equipos	\$72.804,80
2	Válvulas	\$23.181,59
3	Accesorios	\$71.980,97
4	Tubería	\$33.031,10
	<b>TOTAL 1</b>	<b>\$200.998,46</b>

Tabla 7.7 Mano de obra directa

Actividad	Horas	Valor Horas hombre	Total
Autor 1	640,00	\$ 3,00	\$ 1.920,00
Autor 2	640,00	\$ 3,00	\$ 1.920,00
Montaje de equipos y líneas de tubería	1856,45	\$ 17,50	\$ 32.487,83
Soldadura	402,35	\$ 14,50	\$ 5.834,03
Corte, roscado, biselado	188,62	\$ 10,00	\$ 1.886,17
Jefe de montaje	400,00	\$ 6,00	\$ 2.400,00
		<b>TOTAL 2</b>	<b>\$ 46.448,03</b>

<sup>27</sup> Ver listado de materiales para el sistema de extinción en el ANEXO G.

## 7.2.2 COSTOS INDIRECTOS

Tabla 7.8 Mano de obra indirecta

Actividad	Horas	Valor Horas hombre	Total
Director	20,00	20,00	\$ 400,00
Codirector	20,00	20,00	\$ 400,00
Asesor	20,00	10,00	\$ 200,00
		<b>TOTAL 3</b>	<b>\$ 1.000,00</b>

Tabla 7.9 Gastos indirectos

Descripción	Valor
Transporte	\$ 125,00
Libros	\$ 110,00
Materiales de oficina	\$ 20,00
<b>TOTAL 4</b>	<b>\$ 255,00</b>

## 7.2.3 TOTAL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Tabla 7.10 Costo total sistema de extinción

Costos Parciales	
Total 1	\$ 200.998,46
Total 2	\$ 46.448,03
Total 3	\$ 1.000,00
Total 4	\$ 255,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 248.701,49</b>

## 7.3 ANÁLISIS DE TIR Y VAN

TIR y VAN son indicadores que permiten determinar la aceptación o rechazo de un proyecto.

El valor actual neto (VAN) es la sumatoria de todos los flujos de efectivo que ingresan gracias a la implementación del proyecto traídos a valor presente,

utilizando una tasa de descuento que represente el costo de oportunidad del capital (comparado con el interés del banco), descontando la inversión inicial.

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el valor actual neto de un proyecto sea cero, es decir, que no produzca ni ingresos ni pérdidas.

Estos indicadores se utilizan para estudios de inversión como son:

- Expansión de negocio
- Reemplazo de activos fijos
- Investigación y desarrollo
- Modernización de activos fijos.
- Publicidad

Para el sistema contra incendios puesto que no es posible establecer las fuentes de efectivo, no es la rentabilidad lo que se debe determinar, sino los beneficios que genera poseer un sistema de seguridad que puede contrarrestar riesgos futuros y que su cuantía representaría una gran pérdida.

El cálculo de ambos conceptos se basan en la estimación de los flujos de caja que presenta la empresa (ingresos menos gastos netos). En la implementación de un sistema contra incendios los egresos son fácilmente determinables, por otro lado el flujo de ingresos representa el costo de reposición de los equipos afectados y los valores que se dejen de percibir por el siniestro. Los datos que se requieren para establecer las fuentes de efectivo son los valores de la maquinaria, y los ingresos que no pueda generar debido a la paralización de la producción; al no contar con estos datos no es posible establecer el nivel de beneficio económico.

El mismo concepto se aplica para la determinación de TIR y VAN en el sistema de circulación, debido a que se desconoce el aumento de la productividad que generaría su implementación, y las proyecciones futuras de venta, por lo tanto, tampoco se puede determinar los indicadores de rentabilidad anteriormente indicados.

## CAPITULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño del sistema de circulación, el mismo que permitirá que el agua recircule y provea de un mayor caudal a los procesos industriales para cumplir con los requerimientos de incremento en la producción.
2. Se diseñó el sistema de extinción de incendios cumpliendo los requerimientos del reglamento de prevención, mitigación y protección de incendios del Ecuador, y empleando criterios en base a estándares internacionales como las normas NFPA y el reglamento de seguridad contra incendios en instalaciones industriales de España.
3. Se cumplieron los objetivos planteados en el presente estudio.
4. Se adquirieron conocimientos relacionados al diseño de sistemas de extinción para establecimientos industriales, y se aplicaron las enseñanzas recibidas a lo largo de la carrera.

#### SISTEMA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA

1. Al tener un conocimiento pleno del proceso, se determinaron los equipos necesarios para el sistema, en el que se establecieron parámetros del agua, tales como: caudales, temperaturas y presiones requeridas.
2. Se determinó que la temperatura adecuada del agua para el proceso de laminación es aproximadamente 18 °C y para el proceso de emulsiones es alrededor de 30 °C, las mismas que brindan facilidad de trabajo y buenos resultados en el producto final.
3. Se diseñó el sistema de circulación cumpliendo con los requerimientos de la empresa y minimizando el número de líneas de tubería, a fin de reducir costos.

4. Se determinó que el sistema de circulación de agua no requiere de una torre de enfriamiento, ya que debido a la gran masa de agua existente en el reservorio se lo puede considerar como un sumidero térmico.
5. Se dimensionó las bombas y tuberías requeridas para la planta de laminación, considerando un porcentaje de incremento al caudal actual del proceso, el mismo que podrá variar dependiendo de la máquina de laminación a emplearse.
6. La bomba para el proceso de emulsiones trabaja con 100 gpm, pero se debe tener en cuenta que la fase más lenta del proceso es calentar el agua a la temperatura requerida, por lo que esto limita el tiempo de producción.
7. Se seleccionó el diámetro de la tubería con el propósito de tener la menor pérdida posible de energía en el transporte del fluido, a fin de lograr que las bombas trabajen con una potencia moderada.
8. Se estableció que tratar el agua y hacer que recircule, permite aprovechar el recurso, reducir los gastos y contribuir con el ambiente.

#### SISTEMA CONTRA INCENDIOS

1. Teniendo en cuenta que la planta posee un riesgo intrínseco alto, se consideró un sistema de extinción compuesto por rociadores, boquillas aspersoras, gabinetes, hidrantes, monitor de espuma y extintores para cubrir las diferentes zonas de la empresa en caso de un eventual incendio.
2. Se estableció que la demanda del sistema de extinción viene dada por dos subsistemas: los rociadores de las bodegas que fijan el caudal y el hidrante más lejano que determina la presión.
3. En el diseño se consideró la implementación de un monitor de espuma para proteger el área de los tanques de diesel y calderos en caso de emergencia.
4. En la nave, en la que se fabricarán productos con poliuretano, se consideró únicamente la ubicación de extintores de polvo químico, puesto que en caso de incendio, el fuego derivado de poliuretano no se debe extinguir con agua.



5. La cantidad de agua mínima necesaria para abastecer el sistema contra incendios es de  $156 \text{ m}^3$ , la misma que debe permanecer en el reservorio sin ser utilizada para los procesos de producción.
6. Las bombas del sistema se dimensionaron para una succión positiva, por cuanto se debe garantizar este criterio para su correcto funcionamiento.
7. La implementación de un sistema contra incendios no debe ser visto como un gasto, si no como una inversión en seguridad, puesto que ayuda a precautelar la integridad del personal, las instalaciones y equipos.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

1. Instalar un sistema de control para el sistema de bombeo, con la finalidad de manejar las bombas, controlar la apertura y cierre de válvulas desde un lugar centralizado, para optimizar tiempos en la producción.
2. Se debe complementar el presente trabajo elaborando los planes de emergencia en caso de incendio, alertas, señalización, y desarrollando el sistema de detección de incendios.
3. Las industrias deben contemplar proyectos que abarquen temas como la seguridad y el medio ambiente, los mismos que contribuyan al desarrollo del país y promuevan el cumplimiento de las leyes.
4. Se debería impartir en la carrera una asignatura exclusivamente para seguridad industrial, la misma que permita tener conocimientos más amplios y puedan ser aplicados en la vida profesional.

### SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA

1. Incluir en el plan de mantenimiento los equipos del sistema de circulación con el objeto de verificar su correcto funcionamiento.
2. Se debe realizar un control de las temperaturas de ingreso del agua en los procesos, a fin de garantizar que se esté trabajando dentro de los parámetros requeridos.
3. Realizar análisis del agua que alimenta al reservorio periódicamente con la finalidad de garantizar la integridad de la tubería y equipos.

4. En caso de que las nuevas máquinas laminadoras necesiten una mejor refrigeración, es recomendable dimensionar e implementar un sistema de enfriamiento para conseguir este propósito.
5. Considerar la implementación de un intercambiador de calor más eficiente para el calentamiento de agua en el proceso de emulsiones, a fin de reducir los tiempos de producción.
6. Colocar filtros en los equipos y efectuar una limpieza periódica de los depósitos de agua para garantizar que el sistema trabaje adecuadamente.
7. Se debe canalizar el exceso de agua lluvia a fin de que no se mezcle con las aguas de proceso.

#### SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

1. Se debe capacitar al personal en el manejo de los distintos equipos del sistema de extinción en caso de una posible emergencia.
2. Es necesario que se realicen inspecciones, pruebas y un debido mantenimiento para garantizar que el sistema proporcione el nivel de desempeño y protección para el cual fue diseñado.
3. Se debe construir muros resistentes al fuego para aislar los calderos de las instalaciones aledañas, especialmente de los tanques de diesel, con el objeto de evitar daños mayores en caso de un siniestro.
4. Verificar periódicamente la ubicación y el estado de los extintores para que estén disponibles en caso de emergencia.
5. Se debe instalar un sistema automático que controle el nivel de agua del reservorio y que mantenga constante el volumen requerido por el sistema de extinción de incendios.
6. El anillo principal de tubería del sistema contra incendios debe implementarse antes de construir las vías de acceso de la planta.
7. Es necesario adquirir un generador eléctrico con la finalidad de abastecer de energía a las instalaciones y a los equipos del sistema contra incendios en caso de un corte, con lo que se disminuirá el costo del sistema de extinción al no tener que obtener la bomba accionada por el motor diesel.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **Aglomerante**

Se dice del material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar unidad al conjunto, por efectos exclusivamente físicos; son aglomerantes la cal, el betún, la arcilla, el yeso, la cola, el cemento y productos químicos desarrollados para tal fin.<sup>28</sup>

### **Alcalinidad**

La alcalinidad en el agua se expresa como la concentración equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , en mg/l. La alcalinidad tiene importancia en la determinación de la calidad del agua para los procesos ya al tener una mayor alcalinidad se producen mayores incrustaciones en la tubería.<sup>29</sup>

### **Agentes Extintores**

Los productos destinados a apagar un fuego se llaman agentes extintores.<sup>30</sup>

### **Asfalto**

El asfalto es un material viscoso, pegajoso y de color negro, usado como aglomerante en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras, autovías o autopistas. También es utilizado en impermeabilizantes, está presente en el petróleo crudo.<sup>31</sup>

### **Boca de Incendio Equipada (BIE)**

Mecanismo de extinción formado por varios elementos acoplados y conectados a la reserva de agua. Está constituida por los siguientes dispositivos: manguera de incendios, boquilla, gabinete, extintor, hacha.<sup>32</sup>

---

<sup>28</sup> <http://www.arquicity.com/que-es-aglomerante.html>, Que es un aglomerante, español, 10/10/2010

<sup>29</sup> [http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/fluoreciencia/capitulos\\_fluoreciencia/calaguas\\_cap10.pdf](http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap10.pdf), Alcalinidad, español, 03/08/2007

<sup>30</sup> <http://usuarios.multimania.es/galapagar/extincion.html>, Extinción de incendios, español, 27/03/2005

<sup>31</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Asfalto>, Asfalto, español, 27/08/2004

<sup>32</sup> Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios. Registro Oficial del Gobierno del Ecuador. N°114. 2009. pp.9-10

### **Carga hidrostática neta necesaria**

Se define como el cambio en la carga hidrostática de Bernoulli entre la entrada y descarga del sistema de transporte de líquido.<sup>33</sup>

### **Carga hidrostática neta requerida**

Se define como el cambio en la carga hidrostática de Bernoulli entre la entrada y descarga de la bomba.<sup>34</sup>

### **Corrosión**

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.<sup>35</sup>

### **COT**

Carbono Orgánico Total (COT; a veces TOC por su nombre en inglés, Total organic carbon) es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como un indicador no específico de calidad del agua o del grado de limpieza de los equipos de fabricación de medicamentos.<sup>36</sup>

### **DBO**

Siglas de demanda biológica de oxígeno. La medida de la D.B.O. da como resultado la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el agua a estudio.<sup>37</sup>

### **Densidad de carga de fuego**

Se define carga de fuego como la suma de las energías caloríficas que se liberan en la combustión de todos los materiales combustibles existentes en un espacio.<sup>38</sup>

---

<sup>33</sup> CEGEL, Y. Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. 2007. p.738

<sup>34</sup> CEGEL, Y. Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. 2007. p.738

<sup>35</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>, Corrosión, español, 27/08/2008

<sup>36</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Carbono\\_org%C3%A1nico\\_total](http://es.wikipedia.org/wiki/Carbono_org%C3%A1nico_total), carbono orgánico total, español, 17/06/2011

<sup>37</sup> <http://www.dforceblog.com/2009/04/29/medida-y-calculo-de-la-d-b-o-y-de-la-d-q-o-en-la-calidad-del-agua/>, Medida Y Cálculo De La D. B. O. Y DE LA D. Q. O. en la Calidad del Agua, español, 23/11/2011

<sup>38</sup> <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/ntp-766.pdf>, Carga de fuego ponderada, español, 28/07/2004.

## **DQO**

Siglas de demanda química de oxígeno. La medida de la D. Q. O. muestra la cantidad de materia orgánica no biodegradable que presenta el agua a estudio.<sup>39</sup>

## **Drenajes de tubería vertical**

Se lo utiliza para drenar el agua y además sirve para efectuar pruebas en el sistema, es decir se pueden medir caudales y presiones.

## **Emulsión**

Es una mezcla de líquidos inmiscibles de manera más o menos homogénea.<sup>40</sup>

## **Extinción de incendios**

La extinción del fuego está basada en la interrupción de uno o más factores de los elementos esenciales del proceso de combustión. La combustión con llama puede ser extinguida reduciendo la temperatura, eliminando el combustible, oxígeno, o deteniendo la reacción química en cadena.<sup>41</sup>

## **Floculación**

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.<sup>42</sup>

## **Hidrante de columna húmeda**

Es decir que posee carga de agua permanente.<sup>43</sup>

## **Hojas de seguridad**

Es un importante documento que permite comunicar, en forma muy completa, los

---

<sup>39</sup> <http://www.dforceblog.com/2009/04/29/medida-y-calculo-de--dbo-y-de-dqo-en-la-calidad-del-agua/>, Medida Y Cálculo De La D. B. O. Y DE LA D. Q. O. en la Calidad del Agua, español, 23/07/2011

<sup>40</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Emulsi%C3%B3n>, Emulsiones, español, 14/02/2009

<sup>41</sup> <http://usuarios.multimania.es/galapagar/extincion.html>, Extinción de incendios, español, 27/03/200

<sup>42</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>, Floculación, español, 30/04/2006

<sup>43</sup> [http://www.guiadelaseguridad.com.ar/canales\\_tecnicos\\_de\\_seguridad/proteccion\\_contra\\_incendios/18-hidrantes.htm](http://www.guiadelaseguridad.com.ar/canales_tecnicos_de_seguridad/proteccion_contra_incendios/18-hidrantes.htm), Guía de seguridad, español, 12/04/2009

peligros que ofrecen los productos químicos tanto para el ser humano como para la infraestructura y los ecosistemas. También informa acerca de las precauciones requeridas y las medidas a tomar en casos de emergencia.

Comúnmente se le conoce con el nombre MSDS, sigla que proviene del idioma inglés y se traduce “Hoja de Datos de Seguridad de Materiales” o ficha de seguridad; una MSDS es diferente de una “ficha técnica” ya que ésta tiene mayor información acerca de las especificaciones exactas y del uso del producto.<sup>44</sup>

### **Inflamabilidad**

La capacidad para iniciar la combustión provocada por la elevación local de la temperatura. Este fenómeno se transforma en combustión propiamente tal cuando se alcanza la temperatura de inflamación.<sup>45</sup>

### **Ingeniería básica**

En esta etapa del proyecto se recolectan o calculan los datos más relevantes de los procesos y sobre los cuales se partirá para el diseño de los sistemas.

### **Ingeniería conceptual**

En esta etapa se diseña el sistema, se efectúan los cálculos, se dimensionan los equipos y se establece todo lo que se incluirá en el sistema.

### **Ingeniería detalle**

Esta es la etapa final del diseño en la que se elaboran los planos finales del proyecto y en los que se especifica en detalle todos los elementos de los sistemas.

### **Ligantes hidrocarbonados**

Son aglomerantes constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos.<sup>46</sup>

### **Mástico asfáltico**

Se denomina mástico a la mezcla que está constituida por un ligante que en película continua envuelve todas y cada una de las partículas minerales de un árido con cualquier granulometría.<sup>47</sup>

---

<sup>44</sup> [http://www.arsura.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=49&Itemid=102](http://www.arsura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=102), Hojas de Seguridad, español, 12/11/2005

<sup>45</sup> <http://www.conama.cl/retc/1279/article-42143.html>, Inflamabilidad, español, 17/06/2006

<sup>46</sup> <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3252/8/50777-8.pdf>, Mezclas asfálticas, español, 19/09/2007

### **Mitigación del incendio**

Reducción de las fuentes que producen el incendio.

### **Nivel de riesgo intrínseco**

Nivel propio de incendio que posee la planta.<sup>48</sup>

### **P&ID**

Diagrama de tubería e instrumentación. Es un plano esquemático en el que se incluye los diámetros de la tubería y los instrumentos que se incluirán en el sistema como lo son los de medición de presión, de caudal, etc.

### **Potencial de Hidrógeno**

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H+) en una sustancia.<sup>49</sup>

### **Producción más limpia**

En los procesos de producción, aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones, con la finalidad de reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente.<sup>50</sup>

### **Punto de operación del sistema**

Es el punto de operación del sistema de transporte de fluido en el que la carga requerida por el sistema coincide con la carga proporcionada por la bomba, y en el que se conocen el caudal y la presión que tiene ese sistema.<sup>51</sup>

### **Ramal**

Se denomina ramal a una fila de rociadores.

---

<sup>47</sup> <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3252/8/50777-8.pdf>, Mezclas asfálticas, español, 14/05/2006

<sup>48</sup> <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/ntp-766.pdf>, Carga de fuego ponderada, español, 28/07/2004.

<sup>49</sup> <http://www.lenntech.es/ph-y-alkalinidad.htm>, Ph y alcalinidad, español, 13/12/2007

<sup>50</sup> [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Environmental\\_Management/](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/), español, 5/10/2008

<sup>51</sup> CEGEL, Y. Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. 2007. p.740

## **Rociadores automáticos**

Son los elementos que permiten la descarga de agua hacia el incendio y son automáticos porque poseen una ampolla de tapón y que explota con el incremento de temperatura permitiendo el paso del agua.<sup>52</sup>

## **Tubería húmeda**

Las tuberías permanecen en todo momento llenas de agua. El agua se descarga inmediatamente a través de los rociadores que se hayan abierto. Sólo se descargarán aquellos rociadores que se hayan abierto por el calentamiento producido por el fuego.<sup>53</sup>

## **Temperatura de inflamación**

El punto de inflamación es la temperatura mínima necesaria para que un material inflamable desprenda vapores que, mezclados con el aire, se inflamen en presencia de una fuente ígnea, para volverse a extinguir rápidamente o no por sí sola.<sup>54</sup>

## **Turbidez**

Se entiende por turbidez o turbiedad la falta de transparencia de un líquido debida a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión existan en el líquido (generalmente se hace referencia al agua), más sucia parecerá y más alta será la turbidez.<sup>55</sup>

---

<sup>52</sup> [http://www.construmatica.com/construpedia/C%C3%B3mo\\_Funcionan\\_los\\_Sistemas\\_de\\_Rociadores\\_Autom%C3%A1ticos](http://www.construmatica.com/construpedia/C%C3%B3mo_Funcionan_los_Sistemas_de_Rociadores_Autom%C3%A1ticos), Como funcionan los sistemas de rociadores automáticos, español, 21/16/2007

<sup>53</sup> [http://aeesxonelife.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=89:sistemas-de-tuberia-humeda&catid=49:sprinklers&Itemid=69](http://aeesxonelife.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89:sistemas-de-tuberia-humeda&catid=49:sprinklers&Itemid=69), Sistemas contra incendios, español, 15/02/2006

<sup>54</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Punto\\_de\\_inflamaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Punto_de_inflamaci%C3%B3n), Temperatura de inflamación, español, 22/10/2008

<sup>55</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Turbidez>, Turbidez, español, 14/01/2008