

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.

Luis Alberto Torres Tapia

Jorge Luis Valencia Pérez

Carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército – Av. Progreso S/N,
Sangolquí Ecuador

RESUMEN

Se diseñó el sistema de circulación de agua, poniendo especial atención a los requerimientos de los procesos, de esta manera se brinda a los procesos los parámetros requeridos, para así obtener una buena calidad en los productos. Además se dimensionó las bombas considerando que éstas trabajen con una potencia moderada para no tener un consumo excesivo de energía, lo que se traducirá en mayores gastos.

También se realizó el diseño del sistema de extinción, cumpliendo con los requerimientos del Reglamento Nacional y normas internacionales a fin de garantizar su correcto funcionamiento, de esta forma la implementación del sistema permite que la planta cuente con los mecanismos de defensa en caso de un eventual siniestro.

ABSTRACT:

We designed the water circulation system, paying attention to the process requirements, in this way the process are provided with required parameters, in order to obtain good quality products. Furthermore, we dimensioned pumps to work with a moderate power to avoid excessive energy consumption, which will result in higher costs.

Also, we designed the extinguishing system, based in National Regulation and international standards with purpose of obtain correct operation, so the implementation of the system help to the company to have fire equipment for a eventual emergency.

1. Introducción:

Chova del Ecuador S.A. 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.

2. Metodología:

2.1 Descripción del Área de Estudio:

El presente estudio consta de dos partes, la primera se refiere al sistema de circulación y enfriamiento del agua, en el que se dimensionarán las bombas y tuberías adecuadas para el transporte de los fluidos, hasta sus respectivos procesos.

La segunda parte del proyecto desarrollará un segmento del sistema contra incendios, siendo este el “sistema de extinción de incendios” que comprenderá el cálculo hidráulico, el dimensionamiento y la selección de la turbo maquinaria y equipos 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.

2.2 Metodología

2.2.1 Sistema de circulación

Para el diseño del sistema de circulación del agua para los procesos industriales, se realizaron mediciones en los procesos actuales y cálculos pertinentes para determinar parámetros como el flujo másico y temperaturas requeridas para cada proceso.

Una vez establecidos los parámetros necesarios se realizó el diagrama de circulación del agua, donde conjuntamente se muestran 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, la misma que se indica a continuación.

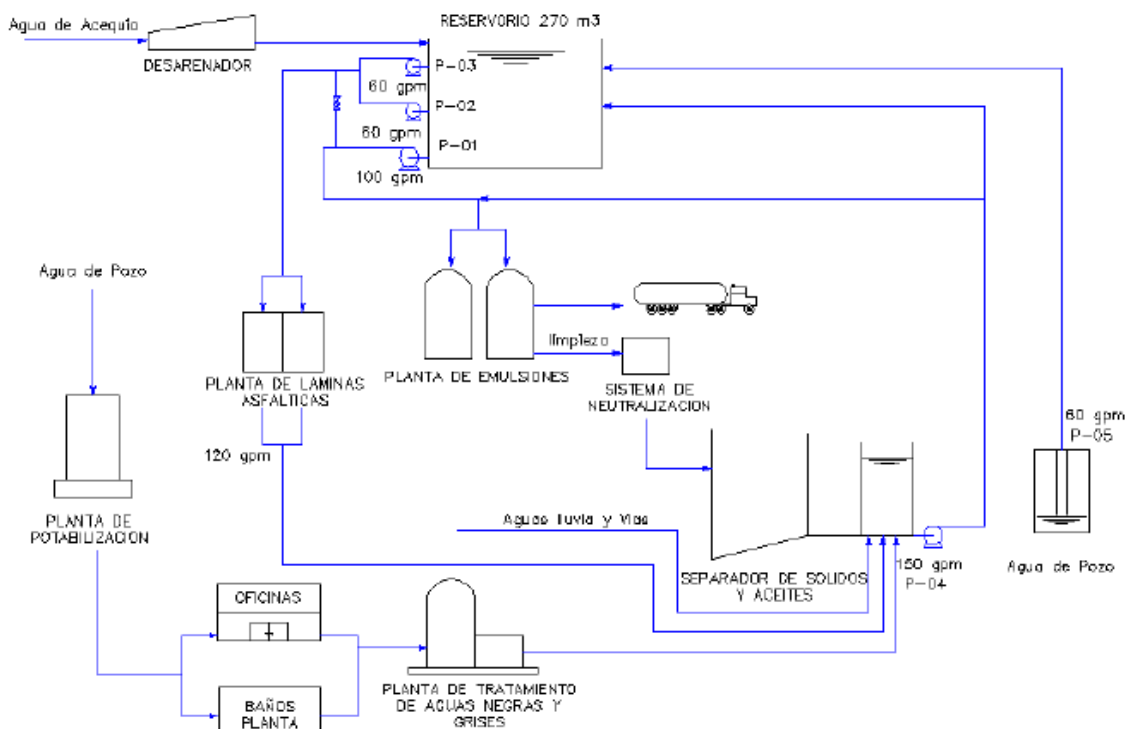


Figura 1. Diagrama del sistema de circulación

2.2.2 Sistema de extinción

Para el diseño del sistema de extinción se realizó una evaluación de riesgo intrínseco que posee la planta, según el Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales de España, obteniendo como resultado un riesgo intrínseco alto. En base a este criterio y a las hojas de seguridad de los fabricantes se consideró un sistema que incluyan 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 consideró la instalación de hidrantes y extintores ubicados en lugares estratégicos con la finalidad de cubrir las instalaciones de la planta en general.

3. Resultados

3.1 Requerimientos del sistema de circulación de agua:

Los requerimientos de los procesos, y de transporte de fluido son los siguientes:

Tabla.1

Proceso	Flujo másico (kg/s)	Tin (°C)	Tout (°C)
Emulsiones	6,30	30	n/a
Laminación	7,56	18	30

Tabla 2

Transporte de Fluido	Flujo másico (Kg/s)
Piscina - Reservorio	9,46
Pozo - Reservorio	3,15

En base a los parámetros mostrados, se realizó el cálculo hidráulico que se resume a continuación:

Tabla 3 Resumen de las cargas caudales de los sistemas de transporte de fluido

BOMBAS	CARGAS DEL SISTEMA				
	Tag	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

Utilizando los datos obtenidos de cargas y caudales de los sistemas de transporte del agua, se determinó las siguientes bombas para el sistema de circulación considerando un consumo moderado de energía:

Tabla 4 Bombas dimensionadas para el sistema de circulación de 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)	Power (Hp)
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
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

3.2 Requerimientos del Sistema Contra Incendios

Se realizó la distribución de los equipos para el sistema de extinción según las normas NFPA aplicables y el Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales de España

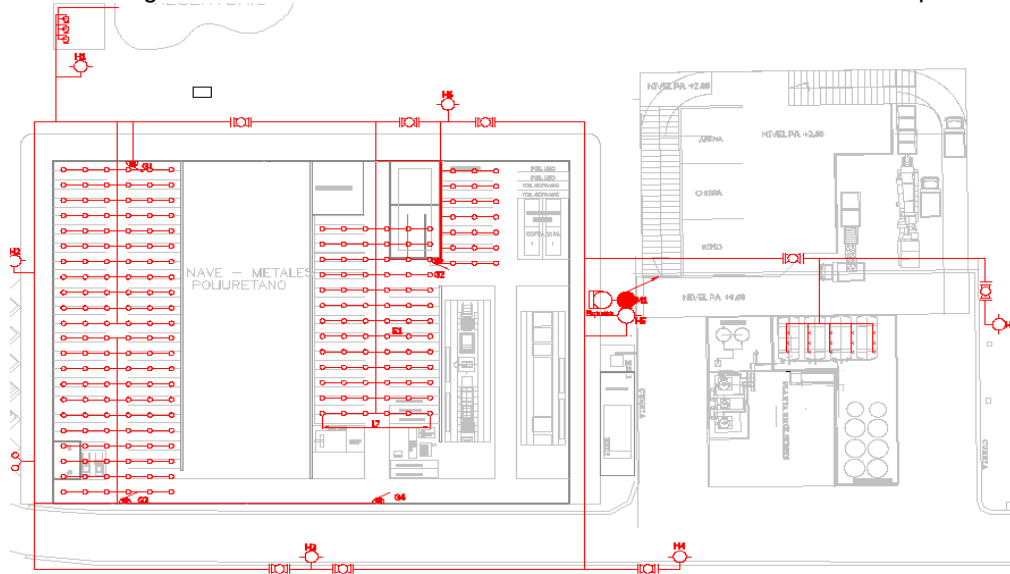


Figura 2. Distribución general de tubería y de equipos para el sistema contra incendios

- Extintores:

Se determinó la cantidad y ubicación de extintores según la norma NFPA 10 y para el área de calderos se tomó como referencia una publicación de www.energuia.com.

Tabla 5. Área máxima protegida por extintores 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

Tabla 6. Distancia máxima a recorrer para extintores clasificación 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

El resultado de los extintores se resume en la siguiente tabla.

Tabla 7. Extintores seleccionados

Extintor	Cantidad	Capacidad	Fire Rating
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

- Gabinetes:

Se consideró la instalación de 4 gabinetes clase II, y según establece la NFPA 14 la presión mínima debe ser 65 psi con un flujo de 100 gpm, 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.

- Sistema de rociadores

Se estableció que los productos almacenados de la planta tienen condiciones similares a una ocupación con Riesgo Ordinario Grupo 2 según la NFPA 13.

De acuerdo a la Figura 3, se fijó una área de diseño de 1500 pies² y una densidad de 0.2 gpm/pie².

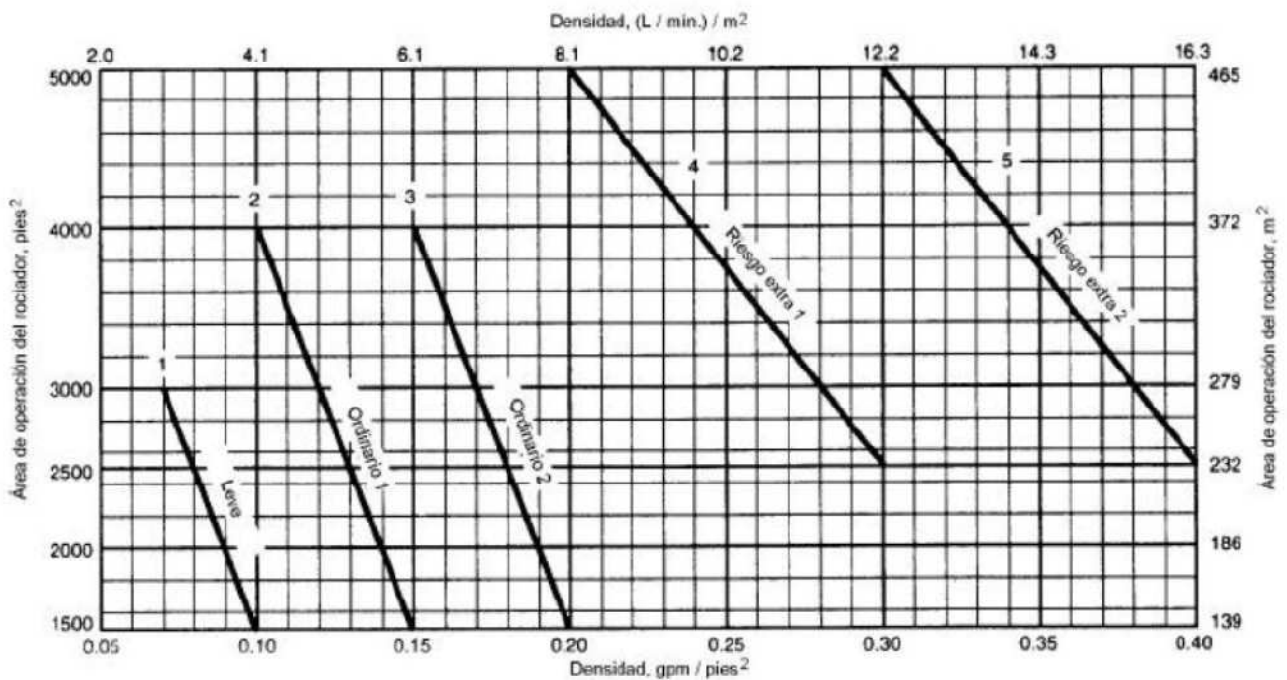


Figura. 3

Fuente: NFPA 13 – Norma para la instalación de rociadores

En base a la norma NFPA 13, se determinó que para las distintas áreas de almacenamiento es necesario 240 rociadores montantes, con conexión roscada NPT 1/2" y factor de descarga k=5.6

- Sistema de boquillas aspersoras de agua

Para el sistema de boquillas aspersoras de agua para el enfriamiento de las paredes de los tanques de asfalto, se tomó como referencia la norma NFPA 15, donde se indica que el agua pulverizada debe aplicarse a una densidad no menor a 0,30 gpm/pie² para controlar la combustión; mientras que, para los tanques expuestos al fuego la tasa neta no debe ser inferior a 0,25 gpm/pie².

Una vez determinadas los parámetros de diseño se seleccionaron boquillas aspersoras abiertas, con conexión roscada NPT 1/2", factor de descarga k=5.6, ángulo de acción de 140° y una cantidad de 15.

- Hidrantes:

Para la ubicación de los hidrantes se consideraron 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.

Por lo tanto se planteó instalar 6 hidrantes de columna húmeda bridados de Ø4" con válvulas de compuerta y un cabezal de prueba.

- Sistema de espuma

Se consideró como método primario de protección para los tanques de almacenamiento de diesel, una boquilla monitora que provea espuma de baja expansión, según lo establece la NFPA 11 y según la Tabla 8 se tomó una tasa de aplicación de 0.16 gpm/pie² y un tiempo de descarga de 50 min.

Tabla 8. 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 ²	gpm/pie ²	
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

Se planteó instalar en el monitor una boquilla auto-inductora la misma que permite realizar la dosificación de agua y concentrado de espuma utilizando la presión de la bomba del sistema contra incendios.

El concentrado de espuma seleccionado fue AFFF al 3%, el mismo que es recomendable para combatir fuego clase B.

3.3 Diseño hidráulico

Para el diseño hidráulico se utilizaron las ecuaciones mostradas a continuación, tomadas de la NFPA 13.

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

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

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

$$P_v = \frac{0.001123 \cdot Q^2}{d^4}$$

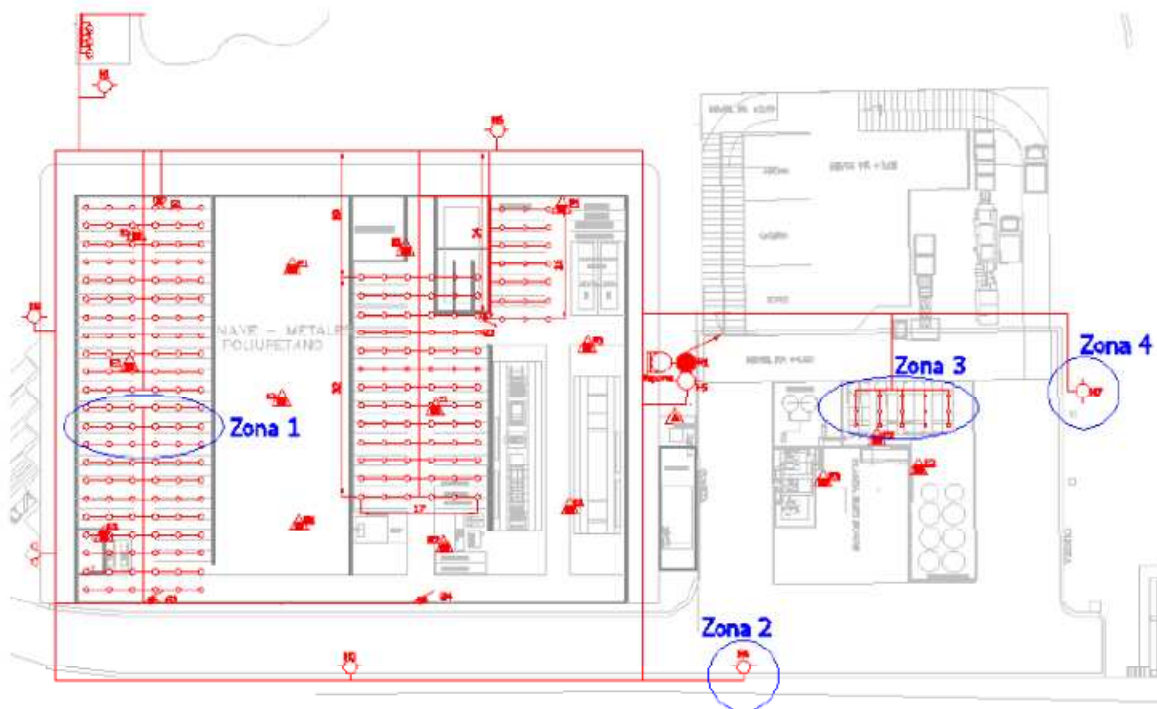
- **Presión normal:** se la determina de acuerdo a la ecuación:

$$P_n = P_t - P_v$$

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

$$P = \left(\frac{Q}{k} \right)^2$$

Para iniciar el cálculo se debe tener en cuenta el área de mayor demanda hidráulica (ver Figuras 4, 5 y 6)



Zona 1: Sistema de rociadores

Zona 2: Hidrante N°4

Zona 3: Sistema de boquillas aspersoras

Zona 4: Hidrante N°7

Figura. 4
Áreas de diseño de mayor demanda hidráulica

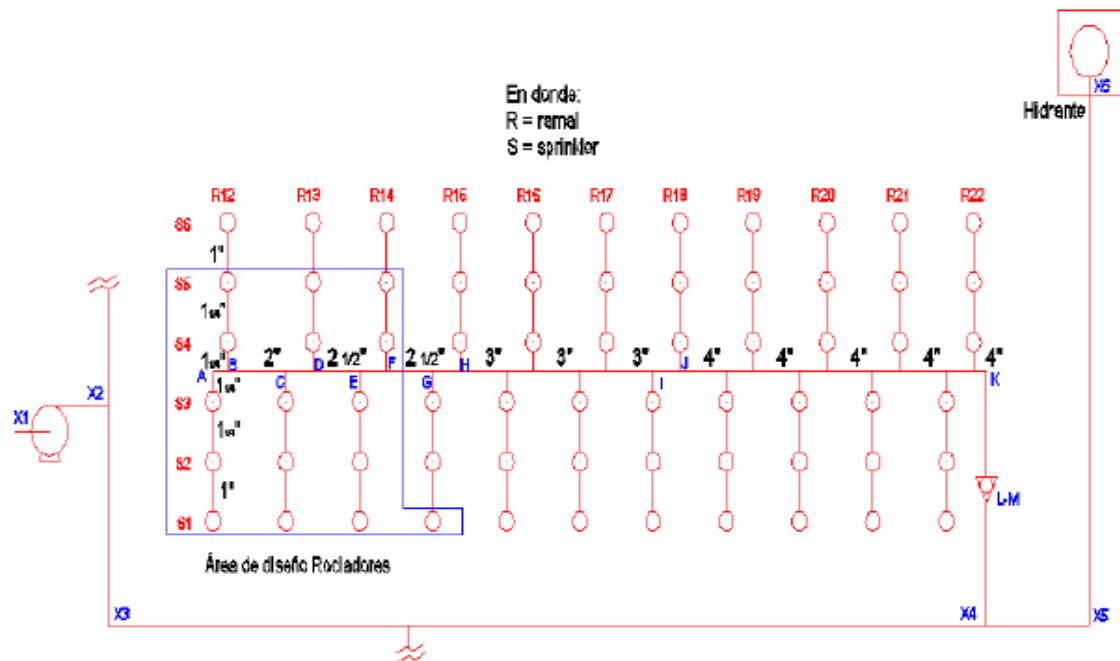


Figura. 5
Rociadores de las bodegas e hidrate

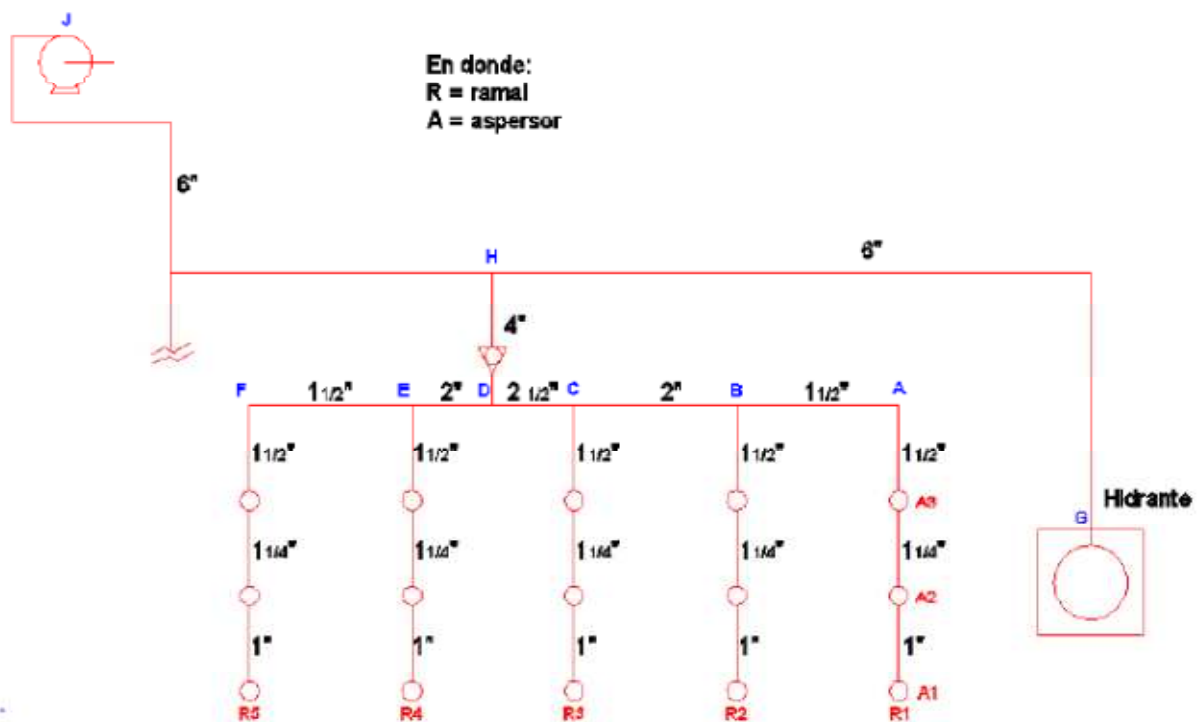


Figura. 6
Boquillas aspersoras para tanques de asfalto e hidrate

Se realizó el cálculo hidráulico para determinar las zonas que demandan el mayor consumo y se estableció que el caudal viene dado por los rociadores- gabinetes, mientras que la presión es fijada por los hidrantes, de esto se tiene la demanda del sistema:

Q=685 gpm
P=120 psi

Una vez determinado el consumo se calcula la demanda de agua en base a la Tabla 9, de esta manera se obtuvo un volumen de 156 m³, los mismos que deberán ser abastecidos por el reservorio de 270 m³.

Tabla 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
		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

3.4 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 lo tanto se consideraron 3 bombas: una bomba eléctrica principal que sea capaz de abastecer la demanda del sistema, una bomba de diesel secundaria: dimensionada de la misma manera que la principal y la bomba Jockey cuya función es mantener presurizada toda la línea del sistema y está dimensionada para abastecer el caudal de un rociador, a una presión que supere en 10 psi la carga de la bomba principal.

Tabla 10. Sumario de bombas contra incendio

Pump Rating		Minimum Pipe Sizes (Nominal)						
gpm	L/min	Suction ¹ (in.)	Discharge ¹ (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	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	5	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	—2 1/2	6
1,000	3,785	8	6	4	8	6	4—	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

Fuente: NFPA 20

Es necesario tener en cuenta la clasificación de las bombas permitidas por la NFPA 20 (Tabla 10), por lo tanto los requerimientos del sistema se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Cargas del sistema contra incendios

SISTEMA					
Bomba	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

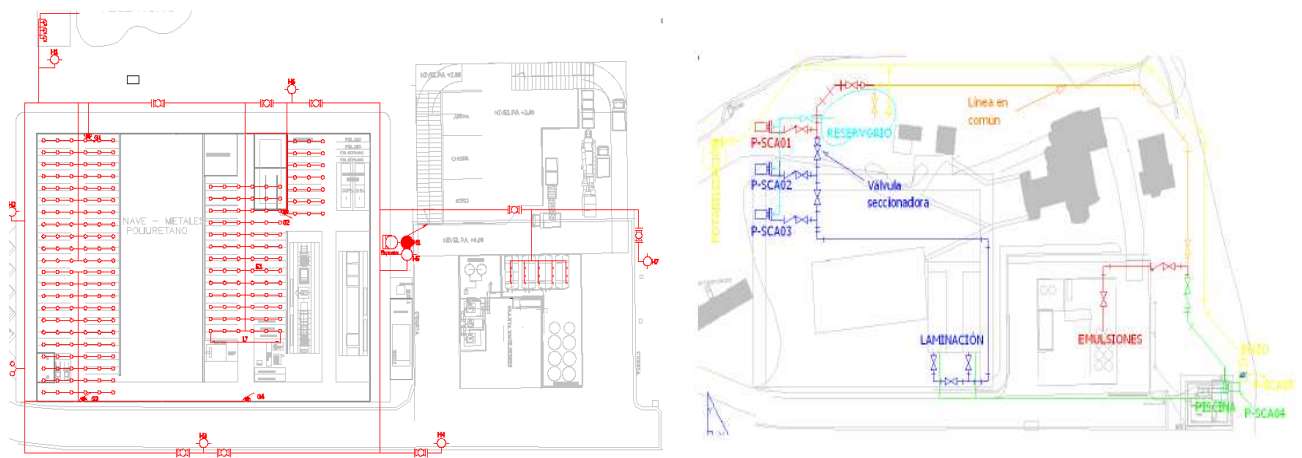
En la siguiente tabla se muestran las bombas dimensionadas con sus especificaciones técnicas:

Tabla 12. Especificaciones técnica bombas del sistema contra incendios

Tag	SCI 01 (Eléctrica)	SCI 02 (Jockey)	SCI 03 (Diesel)
Bomba	Bomba centrífuga horizontal de carcasa partida	Bomba centrífuga multietapa	Bomba centrífuga horizontal de carcasa partida
Marca	AURORA	AURORA	AURORA
Caudal	750 gpm	10 gpm	750 gpm
Presión	120 psi	130 psi	120 psi
Modelo	4-491-11A	PVM2-90	4-491-14C
Succión	Bridada de 6"	1-1/4"	Bridada de 6"
Descarga	Bridada con incrementador concéntrico 4"x 6"	1-1/4"	Bridada con incrementador concéntrico 4"x 6"
Rendimiento	150% de su capacidad mientras descarga a no menos del 65% de su TDH		150% de su capacidad mientras descarga a no menos del 65% de su TDH
Motor	Eléctrico ODP/ 460V- 3 Ph - 60 Hz	Eléctrico ODP/ 460V- 3 Ph - 60 Hz	Diesel CLARKE. Mod. JU6H-UFDO - 12V
Potencia	110 HP	3 HP	3 HP
Velocidad	3560 rpm	3500 rpm	3500 rpm

4. Planos de los sistemas

4.1 Implantación general de los sistemas



4.2 Ejemplo de isométrico de construcción y lista de materiales generado por AutoCad Plant 3D 2011.

N



LISTA DE MATERIALES			
Item	Tamaño	Descripción	Cant.
TUBERIA			
1	3	PIPE, 3" ND, PE, ASME B36 10	4.5M
2	1 1/4	PIPE, 1 1/4" ND, PE, ASME B36 10	14.6M
3	1	PIPE, 1" ND, PE, ASME B36 10	10M
ACCESORIOS			
4	4X4	TEE, 4" ND, 3000 LB, FPT, ASME B16 11	1
5	4X3	BUSHING, 4"X3" ND, 3000 LB, MPTXFPT, ASME B16 11	1
6	4X2	COUPLING, REDUCING, 4"X2" ND, 3000 LB, FPT, ASME B16 11	1
7	4	NIPPLE, 4" ND, MPT, 4" LG, ASME B36 10	1
8	3X3	TEE, 3" ND, 3000 LB, FPT, ASME B16 11	2
9	3X1 1/4	BUSHING, 3"X1 1/4" ND, 3000 LB, MPTXFPT, ASME B16 11	2
10	3	COUPLING, 3" ND, 3000 LB, FPT, ASME B16 11	2
11	3	NIPPLE, 3" ND, MPT, 3" LG, ASME B36 10	1
12	2X1 1/4	BUSHING, 2"X1 1/4" ND, 3000 LB, MPTXFPT, ASME B16 11	1
13	1 1/4X 1 1/4	TEE, 1 1/4" ND, 3000 LB, FPT, ASME B16 11	6
14	1 1/4X1 1/4	BUSHING, 1 1/4"X1 1/4" ND, 3000 LB, MPTXFPT, ASME B16 11	3
15	1 1/4X1/2	BUSHING, 1 1/4"X1/2" ND, 3000 LB, MPTXFPT, ASME B16 11	6
16	1X1	ELL 90 LR, 6" ND, BW, ASME B16 9, ASTM A234 GR WPR SMLS, SCH 40	3
17	1X1/2	BUSHING, 1"X1/2" ND, 3000 LB, MPTXFPT, ASME B16 11	3
14	1/2	SPRINKLER, ESTÁNDAR 1/2", NPT, BULBO DE VIDRIO COLOR ROJO	9

5. Conclusiones

- 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.
- 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.

SISTEMA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA

- 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.
- Se determinó que la temperatura adecuada del agua para el proceso de laminación es aproximadamente 18 °C y para el proceso de emulsión es alrededor de 30 °C, las mismas que brindan facilidad de trabajo y buenos resultados en el producto final.
- 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.
- 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.
- Se dimensionó las bombas y tuberías requeridas para la planta de laminación, considerando un porcentaje de incremento al proceso, el mismo que podrá variar dependiendo de la máquina de laminación a emplearse.

- 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.
- 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.
- 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

- Teniendo en cuenta que la planta posee un riesgo intrínseco alto, se consideró un sistema de extinción compuesto por rociadores, gabinetes, hidrantes, monitor de espuma y extintores para cubrir las diferentes zonas de la empresa en caso de un eventual incendio.
- Se estableció que la demanda del sistema de extinción viene dada por dos subsistemas: los rociadores de las bodegas fijaron el caudal y el hidrante más lejano determinó la presión.
- 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.
- 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.
- La cantidad de agua mínima necesaria para abastecer el sistema contra incendios es de 156 m³, la misma que debe permanecer en el reservorio sin ser utilizada para los procesos de producción.
- Las bombas del sistema se dimensionaron para una succión positiva, por cuanto se debe garantizar este criterio para su correcto funcionamiento.
- 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.

6. Referencias

- <http://www.lenntech.es/aplicaciones/proceso/agua-de-proceso.htm>, Agua de proceso, Español, 10-Ene-2011.
- RIGOLA, M. Aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. s. ed. Barcelona. Marcombo, S.A. 2005. pp.117-123, 128-132, 137.
- HICKS, T. Bombas su selección y aplicación. Primera ed. México. Cecsa, 1993. pp.23-24.
- MCNAUGHTON, K. Bombas selección, uso y mantenimiento. Traducido del inglés por Francisco Noriega. Primera ed. México: McGraw- Hill, 1988.
- (Artículos: KARASSIK, I. Bombas centrífugas y factores hidráulicos del sistema. pp. 70-75, 78; NEERKEN, R. Selección de la bomba adecuada. pp.3-4)
- CENGEL, Y. Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. 1ra ed. México: McGraw-Hill, 2006. p.149, 735, 736, 377, 738.
- CENGEL, Y. Termodinámica. 2da ed. México: McGraw-Hill, 2004. p.149.
- Comité Técnico sobre extintores portátiles contra incendios. NFPA 10, Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios. National Fire Protection Association. Ed. 2007. pp.10, 21, 29, 31, 102.
- Comité Técnico sobre espumas. NFPA 11, Norma para Espumas de Baja, Mediana y Alta Expansión. National Fire Protection Association. Ed. 2005. pp.3, 21.
- Comité Técnico sobre suspensión y sujeción de sistemas de protección contra incendios basados en agua et al. NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores. National Fire Protection Association. Ed. 2007. pp.13, 25-26, 119-120, 221, 357.
- Comité Técnico en tuberías verticales. NFPA 14, Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y Mangueras. National Fire Protection Association. Ed. 2007. pp.5, 26.
- Comité Técnico en sistemas fijos de aspersores de agua. NFPA 15, Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios. National Fire Protection Association .Ed. 2001. pp.5, 11-12.

- Comité Técnico sobre Rociadores de agua-espuma. NFPA 16, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores de Agua-Espuma. National Fire Protection Association . Ed.2007. pp.9-10,22
- Comité Técnico sobre bombas contra incendio. NFPA 20, Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias contra incendios. National Fire Protection Association. Ed.2007. pp.8, 35.
- Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales. REAL DECRETO 2267/2004. 2007. pp.9, 36-37,45, 59-60.
- Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios. Registro Oficial del Gobierno del Ecuador. N°114. 2009. pp.9-10
- Compendio de normas de seguridad e higiene industrial. E.P. Petroecuador.
- Sistema de agua contra incendios para las instituciones petroleras-SH-018. 2004. pp. 223-227, 231-232,252, 257,266.
- SCHULTZ, G. Automatic Sprinkler Systems Seminar Workbook. s. ed. S.L. s.e. 1995. pp.130-132
- Engineering Manual. National Foam. 2010. p.2-11.
- PAGE, J. Estimator's Pipping Man-Hour Manual.5ta ed. Houston. Gulf Publishing Company. 1999. pp. 15-17, 76, 82, 83, 93, 109, 112, 114.
- PAGE, J. Estimator's Equipment Installation Man-Hour Manual. 3ra ed. Houston. Gulf Publishing Company. 1999. pp. 115-116.
- PowerPoint. Finanzas Corporativas. Enrique Hernández. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

7. Firmas de Responsabilidad y Revisión

Ing. Javier Pozo
DIRECTOR

Ing. Rosa Albuja
CODIRECTORA