



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**AMPLIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE
PANIFICACIÓN**

Allen Raúl Gustavo Roca Recinos

Asesorado por el Ing. Leonel Alejandro Morales Requena

Guatemala, Marzo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AMPLIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE
PANIFICACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

ALLEN RAÚL GUSTAVO ROCA RECINOS
ASESORADO POR EL ING. LEONEL ALEJANDRO MORALES
REQUENA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| VOCAL II | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. José Milton de León Bran |
| VOCAL V | Br Isaac Sultán Bran Mejía |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda |
| EXAMINADOR | Ing. Roberto Guzmán Ortiz |
| EXAMINADOR | Ing. Raúl Guillermo Izaguirre Noriega |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

AMPLIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE PANIFICACIÓN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 22 de Septiembre de 2008.

Allen Raúl Gustavo Roca Recinos

Guatemala, 31 de octubre de 2008

Ingeniero
Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

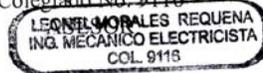
Estimado Ingeniero:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Ampliación y Automatización del Sistema de Distribución de Red Contra Incendio de una Planta de Panificación”**, elaborado por el estudiante Allen Raúl Gustavo Roca Recinos.

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos los responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,


Ing. Leonel Alejandro Morales Requena
Colegiado No. 9116



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **AMPLIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE PANIFICACIÓN**, del estudiante Allen Raúl Gustavo Roca Recinos, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Una firma manuscrita en tinta que parece decir 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, febrero de 2009 .

/behdei

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Laboratorios, al Trabajo de Graduación titulado **AMPLIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE PANIFICACIÓN**, del estudiante **Allen Raúl Gustavo Roca Recinos**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, febrero de 2009

JCCP/behdei

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 061.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **AMPLIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO DE UNA PLANTA DE PANIFICACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Allen Raúl Gustavo Roca Recinos**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, marzo de 2009

/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Por permitirme terminar este camino, por darme perseverancia y fuerza para afrontarlo en los momentos difíciles y por permitirme realizar este sueño.
- MIS ABUELOS** Mauro Virgilio Recinos González, Zoila Marina Vásquez Mazariegos, Pablo Roca y Marta Chavarría, Gracias por sus consejos y por su apoyo, nunca los olvidaré, (Q.E.P.D)
- MIS PADRES** Víctor Raúl Roca Chavarría y Lencyn Kali Recinos Vásquez, por haberme dado la vida, apoyarme y tener el buen criterio de guiarme a la superación personal y profesional.
- MIS TIOS** Gracias por brindarme su apoyo moral, consejos para seguir adelante y por su confianza en mí.
- ESPECIALMENTE** A mi novia Alis, gracias por tu amor, confianza, comprensión y por estar a mi lado en este momento tan importante para mí, te amo mucho.
- MIS AMIGOS** Gracias por su amistad, solidaridad y ayuda incondicional que me brindaron a lo largo de mi formación profesional.
- MI ASESOR** Por su aportación, colaboración y el tiempo brindado para el desarrollo de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XIII |
| OBJETIVOS | XIV |
| INTRODUCCIÓN | XV |
| | |
| 1. ANTEDECENTES GENERALES | 1 |
| 1.1 Antecedentes generales | 1 |
| 1.2 Localización de la planta panificadora | 2 |
| 1.3 Organigrama administrativo | 3 |
| 1.4 Descripción de la planta panificadora | 4 |
| 1.4.1 Historia | 4 |
| 1.4.2 Visión | 5 |
| 1.4.3 Misión | 5 |
| | |
| 2. CONCEPTOS GENERALES | 7 |
| 2.1 Principios de hidráulica | 7 |
| 2.2 Definición de caudal | 8 |
| 2.3 Definición de ecuación de continuidad | 9 |
| 2.4 Flujo laminar y flujo turbulento | 10 |
| 2.5 Número de <i>Reynolds</i> | 12 |
| 2.6 Pérdida por fricción | 14 |
| 2.7 Pérdida por accesorios | 16 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.8 | Principio de máquinas hidráulicas | 20 |
| 2.8.1 | Definición de una bomba | 23 |
| 2.8.2 | Clasificación de las bombas | 24 |
| 2.8.3 | Definición de potencia | 44 |
| 2.9 | Componentes básicos en un sistema de distribución de red contra incendio | 45 |
| 2.9.1 | Bomba de eje tipo turbina vertical | 46 |
| 2.9.2 | Funcionamiento | 49 |
| 2.9.3 | Bombas sustentadoras de presión (Jockey) | 49 |
| 2.9.4 | Funcionamiento | 50 |
| 2.9.5 | Bombas de motor Diesel | 50 |
| 2.9.6 | Funcionamiento | 51 |
| 2.9.7 | Bombas con motor eléctrico | 53 |
| 2.9.8 | Funcionamiento | 54 |
| 2.9.9 | Suministro de agua | 55 |
| 2.9.10 | Tuberías de descarga y succión | 56 |
| 2.9.11 | Suministro de combustible Diesel | 58 |
| 2.10 | Principios de seguridad industrial | 58 |
| 2.11 | Qué es un sistema de red contra incendio | 66 |
| 2.12 | Definición N.F.P.A | 66 |
| 2.13 | Propósito norma N.F.P.A 14 | 67 |
| 2.14 | Propósito norma N.F.P.A 20 | 67 |
| 3. | AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO | 69 |
| 3.1 | Descripción general del sistema de distribución de red contra incendio | 69 |
| 3.2 | Requerimientos para el sistema de distribución de red contra incendio | 70 |
| 3.3 | Características del sistema de distribución de red contra incendio | 76 |
| 3.4 | Funcionamiento de una bomba contra incendio | 77 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.5 | Suministro de agua dentro de la planta de panificación | 81 |
| 3.6 | Diagrama | 81 |
| 3.7 | Suministro de combustible Diesel dentro de la planta de panificación | 83 |
| 3.8 | Diagrama | 83 |
| 3.9 | Tuberías de descarga, succión y sus accesorios | 84 |
| 3.10 | Diagrama | 92 |
| 3.11 | Sistemas de rociadores automáticos según norma N.F.P.A. 14 | 92 |
| 3.12 | Controladores de las bombas eléctricas | 99 |
| 3.13 | Controladores de las bombas de combustión | 101 |
| 3.14 | Encendido automático y control de las bombas | 102 |
| 3.15 | Cálculos hidráulicos | 103 |
| 3.16 | Criterio para la selección de bombas, según normas N.F.P.A 14 y N.F.P.A 20 | 114 |
| 4. | MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO | 119 |
| 4.1 | Instalación del sistema de bombeo | 119 |
| 4.1.1 | Instalación de la bomba vertical | 120 |
| 4.1.2 | Instalación de la bomba de combustión | 126 |
| 4.1.3 | Instalación de la bomba sustentadora. (Jockey) | 128 |
| 4.1.4 | Realización del sistema eléctrico de bombeo | 130 |
| 4.1.5 | Soportería y anclaje de tuberías | 131 |
| 4.2 | Automatización del sistema de bombeo | 135 |
| 4.2.1 | Realización del diagrama eléctrico de fuerza y control | 135 |
| 4.2.2 | Montaje de elementos eléctricos | 136 |
| 4.2.3 | Distribución de tuberías eléctricas | 138 |
| 4.2.4 | Instalación del tablero de control | 139 |
| 4.3 | Instalación del sistema de tuberías de agua | 145 |
| 4.3.1 | Realización de diagrama de tuberías de agua | 145 |

| | | |
|------------------------|---|-----|
| 4.3.2 | Montaje del sistema de tuberías de agua | 146 |
| 4.4 | Programas de mantenimiento preventivo para nuevo sistema de distribución de red contra incendio | 146 |
| 4.4.1 | Realización de procedimiento de mantenimiento preventivo del sistema de distribución de red contra incendio | 146 |
| 4.4.2 | Capacitación de personal operativo | 152 |
| CONCLUSIONES | | 153 |
| RECOMENDACIONES | | 155 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 157 |
| ANEXOS | | 159 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Ubicación de la planta panificadora Bimbo de Centroamérica, S.A. | 2 |
| 2 | Organigrama administrativo | 3 |
| 3 | Definición de la ecuación de continuidad | 9 |
| 4 | Flujo laminar | 10 |
| 5 | Flujo turbulento | 12 |
| 6 | Curva característica de una bomba | 24 |
| 7 | Bomba centrífuga | 25 |
| 8 | Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva | 26 |
| 9 | Bombas con carcasa tipo voluta | 27 |
| 10 | Bomba difusora | 29 |
| 11 | Bomba tipo turbina vertical | 32 |
| 12 | Relación entre el rendimiento de diversas bombas centrífugas y su velocidad específica | 35 |
| 13 | Tipos de impulsores | 36 |
| 14 | Rodete abierto y rodete cerrado | 36 |
| 15 | Bomba tipo diafragma | 40 |
| 16 | Bomba tipo émbolo | 41 |
| 17 | Bomba recíprocante de émbolos | 42 |
| 18 | Bomba rotatoria | 44 |
| 19 | Bomba de eje tipo turbina vertical | 48 |
| 20 | Bomba sustentadora de presión (jockey) | 50 |
| 21 | Motobomba Diesel enfriada por agua | 53 |
| 22 | Embobinado de un motor eléctrico | 54 |
| 23 | Conversión de energía magnética a energía rotativa | 55 |

| | | |
|----|--|-----|
| 24 | Triangulo del fuego | 60 |
| 25 | Incendio de un tanque de gas licuado del petróleo | 63 |
| 26 | Color de seguridad para tubería de red contra incendio | 75 |
| 27 | Bandas de identificación en tubería visible | 75 |
| 28 | Sección transversal de una bomba contra incendio | 78 |
| 29 | Bomba de cebado de enganche automático | 80 |
| 30 | Curva de rendimiento de una bomba contra incendio | 80 |
| 31 | Diagrama de suministro de combustible en la planta de panificación | 82 |
| 32 | Cisterna para la red contra incendios de la planta de panificación | 82 |
| 33 | Tanque de suministro de combustible Diesel para la red contra incendio | 84 |
| 34 | Diagrama de trayectoria de tuberías de agua | 85 |
| 35 | Válvula tipo bola | 86 |
| 36 | Válvula tipo globo | 86 |
| 37 | Válvula de retención | 87 |
| 38 | Pichincha | 87 |
| 39 | Válvula de retención | 87 |
| 40 | Empaque de asbesto | 90 |
| 41 | Toma siamesa | 91 |
| 42 | Manómetro instalado al sistema de red contra incendio | 92 |
| 43 | Hidrante instalado con sus accesorios | 92 |
| 44 | Tipos de rociadores automáticos | 98 |
| 45 | Secuencia de operación de la bomba principal y la bomba jockey | 103 |
| 46 | Curva característica de la bomba marca Warson | 115 |
| 47 | Bomba jockey marca Grundfos | 116 |
| 48 | Motor John Deere | 117 |
| 49 | Sección de un tramo de columna completa | 122 |
| 50 | Instalación de los tazones | 124 |
| 51 | Acoplamiento del cuerpo de tazones al tubo de succión | 125 |
| 52 | Instalación de bomba de tipo eje turbina vertical en un pozo | 125 |

| | | |
|----|--|-----|
| 53 | Vistas frontal y lateral del sistema de bombeo con motor Diesel | 127 |
| 54 | Configuración del sistema de red contra incendios | 128 |
| 55 | Instalación de la bomba jockey con la bomba principal | 129 |
| 56 | Arreglos típicos de suministro de corriente desde la fuente hasta el motor | 130 |
| 57 | Cimentación para la bomba turbina vertical | 133 |
| 58 | Detalles de la cimentación | 134 |
| 59 | Diagrama eléctrico de fuerza y control del sistema de bombeo | 135 |
| 60 | Diagrama eléctrico de la bomba eléctrica | 136 |
| 61 | Controlador de la bomba eléctrica | 136 |
| 62 | Diagrama eléctrico de la bomba jockey | 137 |
| 63 | Diagrama eléctrico de la bomba de combustión interna | 138 |
| 64 | Controlador de la bomba de combustión interna | 138 |
| 65 | Distribución de tubería eléctrica | 139 |
| 66 | Tablero de control para la bomba eléctrica | 140 |
| 67 | Interior del tablero de control para la bomba eléctrica | 140 |
| 68 | Diagrama eléctrico del tablero de control para la bomba eléctrica | 141 |
| 69 | Tablero de control para bomba principal y jockey | 141 |
| 70 | Interior tablero de control para bomba principal y jockey | 142 |
| 71 | Diagrama eléctrico para bomba principal y jockey | 142 |
| 72 | Tableros de control para bomba acoplada a motor Diesel | 143 |
| 73 | Diagrama eléctrico tablero de control para bomba acoplada motor Diesel | 144 |
| 74 | Diagrama de tuberías de agua de red contra incendio | 145 |
| 75 | Formato de mantenimiento preventivo de red contra incendios | 151 |
| 76 | Sistema de distribución de red contra incendios | 159 |

TABLAS

| | | |
|-----|---|----|
| I. | Longitud equivalente | 17 |
| II. | Perdida adicional por fricción para flujos laminares a través de accesorios | 19 |

| | |
|--|-----|
| III. Clasificación de las maquinas hidráulicas | 22 |
| IV. Tabla de coeficientes a y b para perdidas por accesorios | 105 |
| V. Cálculos hidráulicos por tramos | 107 |
| VI. Cálculos hidráulicos de los tramos T17A y T16B | 108 |
| VII. Cálculos hidráulicos de los tramos T16D y T16F | 109 |
| VIII. Cálculos hidráulicos de los tramos T17A y T16B | 110 |
| IX. Cálculos hidráulicos de los tramos T13 y T27 | 111 |
| X. Cálculos hidráulicos de los tramos T15 y T27 | 112 |
| XI. Cálculos hidráulicos de los tramos T15 y T27 | 113 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------------|--|
| ASTM | Asociación Americana de Ensayo de Materiales |
| bar | Bares |
| cm | Centímetro |
| CO ₂ | Óxido de carbono |
| C _v | Coefficiente de flujo |
| GPM | Galones por minuto |
| HP | Caballos de potencia |
| Hz | Hertz |
| J | Joule |
| K | Kelvin |
| kg | Kilogramo |
| L/kW | Litros sobre Kilowatt |
| m | Metro |

| | |
|-----------|--|
| m.c.a | Metros de columna de agua |
| mm | Milímetro |
| N | Newton |
| NEMA | Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos |
| N.F.P.A | Asociación Nacional de la Protección contra Incendio |
| Q | Caudal |
| RPM | Revoluciones por minuto |
| seg | Segundo |
| PSI | Libra sobre pulgada cuadrada |
| Volt | Voltio |
| \bar{v} | Velocidad media |
| Φ | Diámetro |

GLOSARIO

| | |
|-------------------------|--|
| Accesorios: | Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees etc. |
| Agente extintor: | Sustancia (en polvo, líquido o gas) capaz de extinguir un fuego. |
| Agua: | Agente extintor especialmente útil para fuegos clase A. Es el agente extintor más común y efectivo. Actúa por enfriamiento y separación entre el combustible y el aire. |
| Calor: | Energía térmica desarrollada en la combustión. Se propaga por radiación, conducción y convección. |
| Caudal: | Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo. Referido a un medidor, es el cociente obtenido entre el volumen de agua que circula a través de un medidor de agua y el tiempo que le toma hacerlo. |

| | |
|--------------------|---|
| Fricción: | Fuerza que actúa entre dos cuerpos en la superficie de contacto, de manera que evita su deslizamiento entre si. |
| Hidrante: | Elemento conectado con el sistema de red contra incendio que permite la adaptación de mangueras especiales utilizadas en extinción de incendios. |
| Horómetro: | Es un dispositivo que registra el número de horas en que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la ultima vez que se ha inicializado el dispositivo. |
| Incendio: | Combustión producida por un fuego que se descontrola, en un edificio, planta, fábrica, etc. |
| Motobomba: | Combinación de bomba hidráulica y motor destinado a impulsar agua. Se utiliza generalmente para alimentar estanques de agua o sistemas hidroneumáticos. |
| Rociadores: | Sistema de boquillas expulsoras de un agente extintor que, por disparo manual o automático, protegen una determinada zona contra incendio |

RESUMEN

El presente trabajo consiste en una descripción general sobre la ampliación y automatización del sistema de distribución de red contra incendio de una planta panificadora, con base a especificaciones de normas aceptadas internacionalmente, en énfasis especial en las normas NFPA (Asociación Nacional de la Protección contra Incendios) 14 y 20, describiendo los conceptos básicos de bombas contra incendio y principios teóricos y técnicos del sistema de red contra incendios para determinado equipo. Después se hará una descripción de cada uno de los componentes que conforman el sistema de distribución de la red contra incendios.

También se explicarán algunos factores de suma importancia para el montaje e instalación del equipo como el campo de trabajo, recepción y manejo del equipo, materiales para utilizar en la instalación.

Por último, se trata el tema de la instalación y montaje de cada uno de los componentes del sistema de distribución de red contra incendios. También, en este último capítulo se desarrollará formato de mantenimiento preventivo, para el nuevo sistema de distribución de red contra incendios implementado.

Todo lo anteriormente expuesto, es una referencia de todo el proceso que conlleva el montaje del sistema de distribución de red contra incendios en una planta de panificación.

OBJETIVOS

General:

Realizar la ampliación y automatización del sistema de red contra incendio que cumpla con requerimientos y norma NFPA 14 y NFPA 20.

Específicos:

1. Ampliar y automatizar el sistema de distribución de red contra incendio.
2. Describir los instrumentos de campo a utilizar en el sistema de distribución de red contra incendio.
3. Establecer y seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y de control que conformar el sistema fijo de red contra incendio.
4. Establecer un programa de mantenimiento preventivo del sistema fijo contra incendio.
5. Garantizar la funcionalidad del sistema fijo contra incendio.

INTRODUCCIÓN

En la industria alimenticia se elaboran diversos tipos de productos alimenticios para los cuales se requiere la utilización de diferentes fuentes de energía, como ejemplos: gas licuado del petróleo, combustible Diesel, electricidad, etc. Estas fuentes de energía determinan un alto grado de riesgo para los trabajadores que laboran dentro de la planta y sus instalaciones de un posible incendio. Por este motivo la fábrica debe de contar con un sistema de distribución de red contra incendio capaz de combatir un incendio descontrolado provocado por alguna de estas fuentes de energía.

En la industria manufacturera la red contra incendio es imprescindible y motivo de mucho cuidado tanto en su cálculo como en su mantenimiento, ya que es parte del sistema de seguridad para las personas que laboran dentro de ella, las líneas de producción y para las instalaciones de la fábrica, por esto es que las condiciones y especificaciones tanto de la red como de sus componentes, deben de cumplir con los requerimientos establecidos en las normas vigentes y en especial con las normas NFPA 14 (Asociación Nacional de Protección contra Incendios) y NFPA 20.

El presente trabajo se enfoca específicamente a la ampliación y automatización del sistema de distribución de red contra incendio de la planta de panificación, la ampliación incluirá accesorios tales como; tubería, llaves, codos, válvulas, selección del equipo de bombeo y selección del equipo de control, además de instalaciones especiales o adicionales al sistema describiendo sus componentes.

Actualmente, el sistema de distribución de red contra incendio no satisface las necesidades que requiere la fábrica por el crecimiento en sus líneas de producción dentro de la fábrica. Por lo que se hace necesario llevar este sistema a las condiciones que garanticen su operatividad y cumplan con la normativa internacional.

Se dará una explicación del funcionamiento del sistema fijo contra incendio, el criterio de análisis y el modo de operación de los equipos más relevantes que componen dicho sistema.

Para lograr un montaje e instalación de buena calidad y obtener un sistema que opere satisfactoriamente, es necesario conocer los componentes principales del sistema de distribución de red contra incendios, las variaciones entre estos de acuerdo con su aplicación, su función en el sistema y la forma como se desarrollan los mismos.

Se pretende que este presente trabajo, sea tomado como una guía para conocer todos los componentes y factores que conforman el sistema de distribución de red contra incendio de una planta de panificación y que al momento de una emergencia el sistema realice su funcionamiento apropiadamente y pueda resguardar la vida de los trabajadores y así como las líneas de producción de la planta de panificación.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Antecedentes generales

La planta panificadora Bimbo de Centroamérica, S.A., tiene como objetivo la elaboración de productos alimenticios para los cuales requiere utilización de diferentes fuentes generadoras de energía, como por ejemplo, gas licuado de petróleo, Diesel, electricidad. etc., las cuales determinan un grado de riesgo de incendio. Por tal motivo, la fábrica debe de contar con un sistema fijo de red contra incendio capaz de combatir una emergencia provocada por alguna de estas fuentes.

Se puede mencionar los siguientes riesgos dentro de la planta de panificación:

- Tanques para almacenamiento de gas licuado del petróleo.
- Calderas.
- Subestación eléctrica.
- Silos de harina exteriores e interiores.
- Almacenamiento de cartón doblado.
- Hornos de producción.
- Plantas de emergencia (Diesel).
- Almacén de materias primas.
- Cuarto de residuos peligrosos.

La red contra incendio es imprescindible en la fábrica y motivo de mucho cuidado tanto en su cálculo como en su mantenimiento, ya que es parte del sistema de seguridad para las instalaciones, las líneas de producción y para las personas que laboran dentro de ella, por esto es que las condiciones y especificaciones tanto de la red como de sus

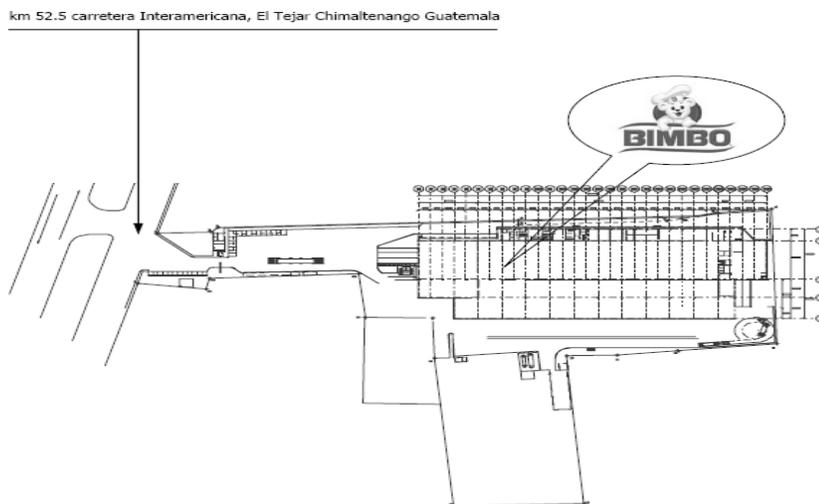
componentes, deben de cumplir con los requerimientos establecidos en las normas vigentes y en especial con las normas NFPA (*National Fire Protection Association*) 14. Y NFPA 20.

Con objetivo de cumplir con los lineamientos de seguridad en sistemas fijos contra incendios, establecidos por la Dirección de Ingeniería y Planeación de Bimbo de S.A. de C.V., se aprueba y se ejecute el proyecto de ampliación y automatización el sistema de distribución de red contra incendio de la planta de panificación Bimbo de Centroamérica, S.A. ubicada en el municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango.

1.2 Localización de la planta panificadora

La planta de panificación se encuentra ubicada en el kilómetro 52 Carretera Interamericana, Municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango, Guatemala. C.A.

Figura 1. Ubicación de la planta panificadora Bimbo de Centroamérica, S.A.



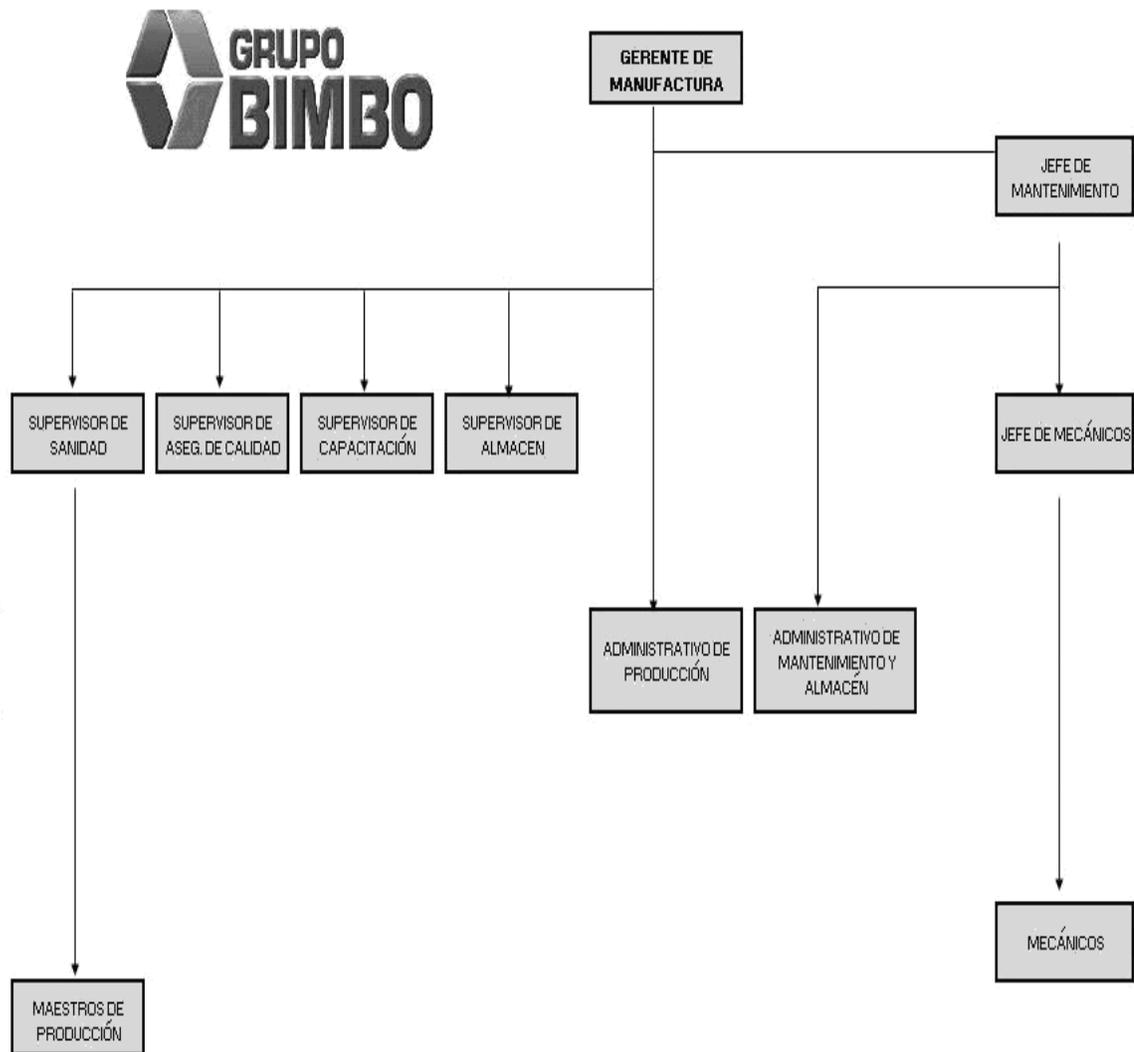
CROQUIS DE LOCALIZACION SIN ESCALA

Fuente: www.grupobimbo.com.mx

1.3 Organigrama administrativo

Se presenta el organigrama actual de la administración de la planta de panificadora.

Figura 2. Organigrama de la Planta Panificadora



Fuente: www.grupobimbo.com.mx

1.4 Descripción de la planta panificadora

La empresa Bimbo de Centroamérica, S.A. está construida a base de muros de tabique y lámina acanalada, en zonas de oficinas loza de concreto y algunas ampliaciones a base de estructura metálica prefabricada.

Los equipos que se tienen instalados, están distribuidos a manera que no obstruyen el tránsito de personas y equipos esto hace que se puedan realizar los trabajos sin correr riesgo de provocar algún accidente, las instalaciones de servicios industriales se encuentran instaladas de forma aérea y su distribución no obstruye las actividades que ahí se realizan.

1.4.1 Historia

Grupo Bimbo fue fundado en la Ciudad de México en 1945 y hoy en día se cuenta entre las empresas de panificación más importantes del mundo, por su volumen de producción, ventas y posicionamiento de marca.

En México es la compañía más grande de alimentos, y líder indiscutible en la panificación nacional, así como en la de varios países de Latinoamérica.

Su compromiso de ser una compañía altamente productiva y plenamente humana, así como innovadora, competitiva y orientada a la satisfacción total de sus clientes y consumidores, está presente en México, Estados Unidos de América, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Panamá, Chile, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, Venezuela, Uruguay, Paraguay, la República Checa y China.

El Grupo está configurado por 83 plantas, 5 asociadas y 3 empresas comercializadoras.

El Grupo cuenta con la red de distribución más extensa del país y una de las más grandes del continente americano, con 36,000 rutas garantiza que sus productos lleguen frescos y todo el tiempo a los más de 1, 000,000 puntos de venta localizados en 18 países del mundo.

1.4.2 Visión

Ser una empresa líder en panificación a nivel mundial, altamente productiva y plenamente humana, comprometido a satisfacer las expectativas de los clientes y consumidores con productos y servicios de calidad.

1.4.3 Misión

Elaborar y comercializar productos alimenticios, desarrollando el valor de nuestras marcas. Comprometiéndonos a ser una empresa altamente productiva y plenamente humana, innovadora, competitiva y fuertemente orientada a la satisfacción de nuestros clientes y consumidores.

2. CONCEPTOS GENERALES.

2.1 Principios de hidráulica

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se le aplica un esfuerzo tangencial por pequeño que sea. Fluidos son líquidos y gases. Los líquidos se diferencian de los gases por la fluidez y menor movilidad de sus partículas y porque ocupan un volumen determinado, separándose del aire mediante una superficie plana. En esta asignatura nos ocuparemos únicamente del comportamiento de los líquidos.

La hidráulica es la parte de la Mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos con aplicación a los problemas de naturaleza práctica (conducciones, abastecimientos, riegos, saneamientos, etc.).

Partiendo de la Mecánica racional, deduce, auxiliada por la experiencia, las fórmulas que permiten resolver los problemas de índole práctica con que a diario se encuentra el técnico. Se estudian los líquidos como si fueran fluidos perfectos (homogéneos, no viscosos e incompresibles) y se les aplican las leyes de la Mecánica, corrigiendo las fórmulas con coeficientes determinados empíricamente para que se ajusten a la realidad. Por lo tanto, la Hidráulica es una ciencia aplicada y semiempírica.

La parte de la Hidráulica que estudia las condiciones de equilibrio de los fluidos se llama Hidrostática o estática de fluidos, mientras que la Hidrodinámica se ocupa del movimiento de los mismos.

La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas. Su fundamento es el

principio de Pascal, que establece que la presión, aplicada en un punto de un fluido se transmite con la misma intensidad a cada punto del mismo.

El filósofo y científico *Blaise Pascal* formuló en 1647 el principio que lleva su nombre, con aplicaciones muy importantes en hidráulica.

2.2 Definición de caudal

Caudal es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

En física e ingeniería, caudal es la cantidad de fluido que circula por unidad de tiempo en determinado sistema o elemento. Se expresa en la unidad de volumen dividida por la unidad de tiempo (Ejemplo: m³/s).

El caudal puede calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$Q = A \bar{v}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg.)

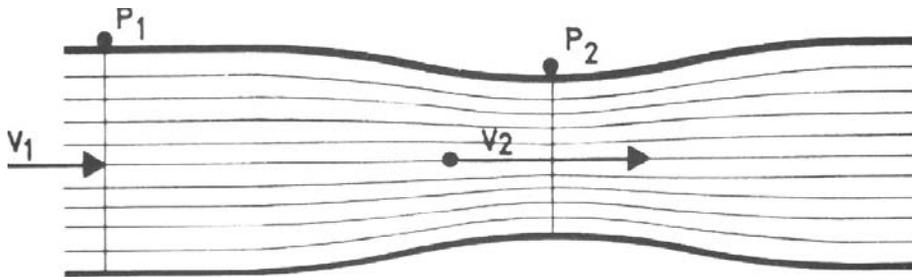
A = Es el área (m²)

\bar{v} = Es la velocidad linear promedio (m/seg.)

2.3 Definición de ecuación de continuidad.

La ecuación de continuidad se puede definir como la conservación de la masa de un fluido a través de dos secciones (sean éstas P1 y P2) de un conducto (tubería) o tubo de corriente, establece que la masa que entra es igual a la masa que sale.

Figura 3. Definición de la ecuación de continuidad



Fuente: www.wikipedia.org

La ecuación de continuidad se puede expresar como:

$$\rho_1 \cdot P_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot P_2 \cdot V_2$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido dentro de la sección (Kg/m³)

P = Área de la sección del tubo de corriente o conducto (m²)

V = Velocidad a la cual se desplaza el fluido (m/seg.)

Cuando $\rho_1 = \rho_2$, que es el caso general tratándose de agua, y flujo en régimen permanente, se tiene:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

O de otra forma:

$$Q_1 = Q_2 \quad (\text{El caudal que entra es igual al que sale}).$$

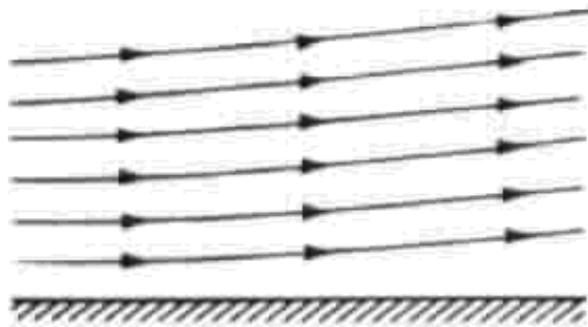
Que se cumple cuando entre dos secciones de la conducción no se acumula masa, es decir, siempre que el fluido sea incompresible y por lo tanto su densidad sea constante. Esta condición la satisfacen todos los líquidos y, particularmente, el agua.

En general la geometría del conducto es conocida, por lo que el problema se reduce a estimar la velocidad media del fluido en una sección dada.

2.4 Flujo laminar y flujo turbulento

Flujo laminar: Se caracteriza porque el movimiento de las partículas del fluido se produce siguiendo trayectorias bastante regulares, separadas y perfectamente definidas dando la impresión de que se tratara de laminas o capas mas o menos paralelas entre si, las cuales se deslizan suavemente unas sobre otras, sin que exista mezcla macroscópica o intercambio transversal entre ellas.

Figura 4. Flujo laminar



Fuente: www.wikipedia.com

La ley de Newton de la viscosidad es la que rige el flujo laminar; esta ley establece la relación existente entre el esfuerzo cortante y la rapidez de deformación angular. La acción de la viscosidad puede amortiguar cualquier tendencia turbulenta que pueda ocurrir en el flujo laminar.

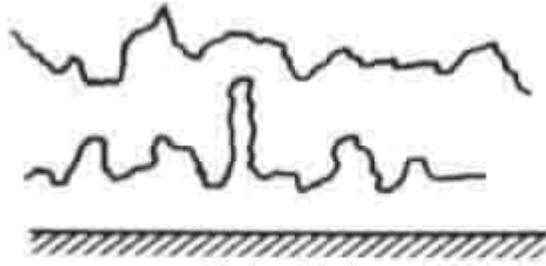
En situaciones que involucren combinaciones de baja viscosidad, alta velocidad o grandes caudales, el flujo laminar no es estable, lo que hace que se transforme en flujo turbulento.

Flujo turbulento: Este tipo de flujo es el que mas se presenta en la práctica de ingeniería. En este tipo de flujo las partículas del fluido se mueven en trayectorias erráticas, es decir, en trayectorias muy irregulares sin seguir un orden establecido, ocasionando la transferencia de cantidad de movimiento de una porción de fluido a otra, de modo similar a la transferencia de cantidad de movimiento molecular pero a una escala mayor.

En este tipo de flujo, las partículas del fluido pueden tener tamaños que van desde muy pequeñas, del orden de unos cuantos millares de moléculas, hasta las muy grandes, del orden de millares de pies cúbicos en un gran remolino dentro de un río o en una ráfaga de viento.

Cuando se compara un flujo turbulento con uno que no lo es, en igualdad de condiciones, se puede encontrar que en la turbulencia se desarrollan mayores esfuerzos cortantes en los fluidos, al igual que las pérdidas de energía mecánica, que a su vez varían con la primera potencia de la velocidad.

Figura 5. Flujo turbulento



Fuente: www.wikipedia.com

Factores que hacen que un flujo se torne turbulento:

La alta rugosidad superficial de la superficie de contacto con el flujo, sobre todo cerca del borde de ataque y a altas velocidades, irrumpe en la zona laminar de flujo y lo vuelve turbulento.

Alta turbulencia en el flujo de entrada. En particular para pruebas en túneles de viento, hace que los resultados nunca sean iguales entre dos túneles diferentes.

Gradientes de presión adversos como los que se generan en cuerpos gruesos, penetran por atrás el flujo y a medida que se desplazan hacia delante lo "arrancan".

Calentamiento de la superficie por el fluido, asociado y derivado del concepto de entropía, si la superficie de contacto está muy caliente, transmitirá esa energía al fluido y si esta transferencia es lo suficientemente grande se pasará a flujo turbulento.

2.5 Número de *Reynolds*

El número de *Reynolds* es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido.

Como todo número adimensional es un cociente, una comparación. En este caso es la relación entre los términos convectivos y los términos viscosos de las ecuaciones de *Navier-Stokes* que gobiernan el movimiento de los fluidos.

Este número recibe su nombre en honor de *Osborne Reynolds* (1842-1912), quien lo describió en 1883. Viene dado por siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu}$$

Donde:

ρ : densidad del fluido.

V_s : velocidad característica del fluido.

D : Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido.

μ : viscosidad dinámica del fluido.

Además, el número de *Reynolds* permite predecir el carácter turbulento o laminar en ciertos casos. Así por ejemplo en conductos si el número de *Reynolds* es menor de 2200 el flujo será laminar y si es mayor de 2200 el flujo será turbulento.

Para valores de $Re \leq 2000$, el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan solo en base a esfuerzos

tangenciales, por eso a este flujo se le llama flujo laminar. El colorante introducido en el flujo se mueve siguiendo una delgada línea paralela a las paredes del tubo.

Para valores de $2000 \leq Re \leq 4000$, la línea del colorante pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose, sin embargo delgada. Este régimen se denomina de transición.

Para valores de $Re \geq 4000$, después de un pequeño tramo inicial con oscilaciones variables, el colorante tiende a difundirse en todo el flujo. Este régimen es llamado turbulento, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.

2.6 Pérdida por fricción

Ecuación general del flujo de fluidos: el flujo de fluido en tuberías siempre esta acompañado del rozamiento de las partículas del fluido entre si, y consecuentemente, por la pérdida de energía disponible, es decir, tiene que existir una pérdida de presión en el sentido del flujo.

Fórmula de Darcy-Weisbach: la ecuación de *Darcy-Weisbach* es una ecuación ampliamente usada en hidráulica. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería. La ecuación fue inicialmente una variante de la ecuación de *Prony*, desarrollada por el francés *Henry Darcy*. En 1845 fue refinada por *Julius Weisbach*, de Sajonia, hasta la forma en que se conoce actualmente:

$$h_f = \phi \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde h_f es la pérdida de carga debida a la fricción, calculada a partir de la fricción ϕ (término este conocido como factor de fricción de *Darcy* o coeficiente de

rozamiento), la relación entre la longitud y el diámetro de la tubería L/D , la velocidad del flujo v , y la aceleración debida a la gravedad g que es constante.

El factor de fricción varía de acuerdo a los parámetros de la tubería y la velocidad del flujo, y puede ser conocido con una gran exactitud dentro de ciertos regímenes de flujo. Sin embargo, los datos acerca de su variación con la velocidad eran inicialmente desconocidos, por lo que esta ecuación fue inicialmente superada en muchos casos por la ecuación empírica de *Prony*.

Años más tarde se evitó su uso en diversos casos especiales en favor de otras ecuaciones empíricas, principalmente la ecuación de *Hazen-Williams*, ecuaciones que, en la mayoría de los casos, eran significativamente más fáciles de calcular. No obstante, desde la llegada de las calculadoras la facilidad de cálculo no es mayor problema, por lo que la ecuación de *Darcy-Weisbach* es la preferida.

Factor de fricción: La fórmula de *Darcy* puede ser deducida por el análisis dimensional con la excepción del factor de fricción f , que debe ser determinado experimentalmente. El factor de fricción para condiciones de flujo laminar es de ($Re < 2000$) es función sola del número de *Reynolds*, mientras que para flujo turbulento ($Re > 4000$) es también función del tipo de pared de tubería.

Zona crítica: La región que se conoce como la zona crítica, es la que aparece entre los números de *Reynolds* de 200 a 4000. En esta región el flujo puede ser tanto laminar como turbulento, dependiendo de varios factores: estos incluyen cambios de la sección, de dirección del flujo y obstrucciones tales como válvulas corriente arriba de la zona considerada. El factor de fricción en esta región es indeterminado y tiene límites más bajos si el flujo es laminar y más altos si el flujo es turbulento. Para los números de *Reynolds* superiores a 4000, las condiciones de flujo vuelven a ser más estables y pueden establecerse factores de rozamiento definitivos. Esto es importante, ya que permite al

ingeniero determinar las características del flujo de cualquier fluido que se mueva por una tubería, suponiendo conocidas la viscosidad, la densidad en las condiciones de flujo.

Distribución de velocidades: la distribución de velocidades en una sección recta seguirá una ley de variación parabólica en el flujo laminar. La velocidad máxima tiene lugar en el eje de la tubería y es igual al doble de la velocidad media. En los flujos turbulentos resulta una distribución de velocidades mas uniforme.

Coefficiente de fricción: El factor o coeficiente de fricción f puede deducirse matemáticamente en el caso de régimen laminar, mas en el caso de flujo turbulento no se dispone de relaciones matemáticas sencillas para obtener la variación de f con el número de *Reynolds*. Todavía mas, *Nikuradse* y otros investigadores han encontrado que sobre el valor de f también influye la rugosidad relativa en la tubería.

Efectos del tiempo y uso en la fricción e tuberías: Las pérdidas de fricción en tuberías son muy sensibles a los cambios de diámetro y rugosidad de las paredes. Para un Caudal determinado y un factor de fricción fijo, la perdida de presión por metro de tubería varia inversamente a la quinta potencia del diámetro. Por Los teóricos experimentados indican que la rugosidad puede incrementarse con el uso debido a la corrosión o incrustación, en una proporción determinada por le material de la tubería y la naturaleza del fluido.

2.7 Pérdida por accesorios

Se propusieron diversas fórmulas para el cálculo de diversas pérdidas de carga por frotamiento, cuando los fluidos circulan en curvas, accesorios, etc. Pero el método más sencillo es considerar cada accesorio o válvula como equivalente a una longitud determinada de tubo recto. Esto permite reducir las pérdidas en los tubos, las válvulas o

accesorios aun denominador común: la longitud equivalente del tubo de igual rugosidad relativa.

Para los accesorios soldados se encuentran análogas equivalencias de longitud de tubo, pero para las válvulas contracciones y expansiones se aplican las mismas longitudes equivalentes (Diagrama de *Crane*). Los codos soldados son de radios cortos o largos y sus equivalencias en tubo vienen expresados en diámetros de tubo del siguiente modo:

Tabla I. Longitud equivalente

| CODO SOLDADO | LONG. EQUIVAL. EN DIÁMETRO DE TUBO |
|--------------------|------------------------------------|
| Radio Largo a 45° | 5.6 |
| Radios Corto a 45° | 8.0 |
| Radio Largo a 90° | 9.0 |
| Radio Corto a 90° | 12.5 |
| Radio Largo a 180° | 12.21 |
| Radio Corto a 180° | 16.9 |

La presencia de llaves de paso, ensanchamientos, codos, estrechamientos, tees, introduce pérdidas de carga suplementarias en toda instalación, por alterar la dirección del flujo o modificar la velocidad lineal de desplazamiento de algunos filetes de vena fluida.

Salvo las pérdidas debidas en los ensanchamientos y estrechamientos, las de los codos, tees y llaves son complicadas de evaluar algebraicamente. El diagrama de *Crane* es un nomograma que puede ser útil con tal objeto, se emplea así: supongamos que se

quiera saber la pérdida de carga que produce un codo de 45 grados, de 10 pulgadas de diámetro interior. Unimos el punto de estos codos (tercer punto de la escala izquierda, empezando por abajo) con la división 10 de la escala derecha. La recta así trazada corta a la escala central en la división 3,5, lo cual significa que la pérdida de carga producida por dicho codo es la misma que la producen 3,5 m. de la tubería recta de 10 pulg. de diámetro interior. Dicha longitud se llama Longitud Equivalente.

Las pérdidas de carga debida a los estrechamientos y a los ensanchamientos se pueden conocer también por *Crane* o algebraicamente:

$$h_{m} = K_{m} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde V_2 es la velocidad lineal en la sección más estrecha, K_{m} es una constante que depende de la relación de áreas (A_2/A_1) y que podría encontrarse en Gráficos de Coeficientes de pérdidas de carga o en Tablas de pérdidas adicionales por fricción en accesorios.

Los datos indican que la resistencia K_{m} tiende a disminuir al incrementarse el tamaño del aditamento o la válvula.

También se pueden obtener valores aproximados de longitudes equivalentes diámetros multiplicando K por 45 en caso de líquidos similares al agua y por 55 en el caso de gases similares al aire. La mayoría de los valores dados son para aditamentos de rosca Standard y es probable que su precisión tenga un margen del $\pm 30\%$. La diferencia de la pérdida por fricción entre terminales de rosca, con reborde y soldadas son insignificantes. Los fabricantes y usuarios de válvulas, sobre todas las de control, han encontrado que es conveniente expresar la capacidad de la válvula mediante un coeficiente de flujo C_v , este coeficiente se relaciona con K por medio de la expresión:

Hablando de flujo laminares, los datos sobre pérdidas por fricción de accesorios y válvulas son escasos, los datos de *Kittredge y Rowley* indica que la pérdida adicional por fricción expresada como el número de cargas de velocidad K es constante para el número *Reynolds* turbulentos. Sin embargo podemos guiarnos de la siguiente tabla.

Tabla II. Pérdida adicional por fricción para flujos laminares a través de accesorios

| Accesorio o Válvula | Pérdidas Adicionales por Fricción Expresada como K | | | |
|-------------------------|--|----------|----------|-----------|
| | Re = 50 | Re = 100 | Re = 500 | Re = 1000 |
| L 90°, Radio Corto. | 16,0 | 10,0 | 7,5 | 0,9 |
| T Estándar en tramo | – | 2,5 | 0,5 | 0,4 |
| Bifurcación a la línea | 9,3 | 4,9 | 1,9 | 1,5 |
| Válvula de compuerta | 24,0 | 9,9 | 1,7 | 1,2 |
| Válvula de Globo tapón. | 30,0 | 20,0 | 12,0 | 11,0 |
| Tapón | 27,0 | 19,0 | 14,0 | 13,0 |
| Válvula Angular | 19,0 | 11,0 | 8,5 | 8,0 |
| Válvula de columpio | 55,0 | 17,0 | 4,5 | 4,0 |

2.8 Principio de máquinas hidráulicas

Una máquina hidráulica es una variedad de maquina de fluido que emplea para su funcionamiento las propiedades de un fluido incompresible o que se comporta como tal, debido a que su densidad en el interior del sistema no sufre variaciones importantes.

Convencionalmente se especifica para los gases un límite de 100 mbar para el cambio de presión; de modo que si éste es inferior, la máquina puede considerarse hidráulica. Dentro de las máquinas hidráulicas el fluido experimenta un proceso adiabático, es decir no existe intercambio de calor con el entorno.

Clasificación:

Las máquinas hidráulicas se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios.

Según la variación de energía:

En los motores hidráulicos, la energía del fluido que atraviesa la máquina disminuye, obteniéndose energía mecánica, mientras que en el caso de generadores hidráulicos, el proceso es el inverso, de modo que el fluido incrementa su energía al atravesar la máquina.

Atendiendo al tipo de energía fluido-dinámica que se intercambia a través de la máquina tenemos:

Máquinas en las que se produce una variación de la energía potencial, como por ejemplo el tornillo de Arquímedes.

Máquinas en las que se produce una variación de la energía cinética, como por ejemplo aerogeneradores, hélices o turbina *pelton*. Estas se denominan máquinas de acción y no tienen carcasa.

Máquinas en las que se produce una variación de la entalpía (presión), como por ejemplo las bombas centrífugas. Estas máquinas se denominan máquinas de reacción.

Según el tipo de intercambio:

Atendiendo al modo en el que se intercambia la energía dentro de la máquina tenemos:

Máquinas de desplazamiento positivo o volumétrico: Se trata de uno de los tipos más antiguos de máquinas hidráulicas y se basan en el desplazamiento de un volumen de fluido comprimiéndolo. El ejemplo más claro de este tipo de máquinas es la bomba de aire para bicicletas. Suministran un caudal que no es constante, para evitarlo en ocasiones se unen varias para lograr una mayor uniformidad. Estas máquinas son apropiadas para suministros de alta presión y bajos caudales.

Turbomáquinas: Producen una variación en el momento cinético del fluido como consecuencia de la deflexión (cambio de dirección) producida en el interior de la máquina. Dentro de este tipo existen diversos subtipos. Existen las máquinas radiales o centrífugas, en las que el flujo entra en la máquina en dirección axial (misma dirección del eje principal) y sale en dirección radial. Estas máquinas son apropiadas para altas presiones y bajos caudales. Y existen máquinas axiales en las que el flujo entra axialmente en ellas y sale igualmente en dirección axial. Estas máquinas son apropiadas para bajas presiones y grandes caudales.

Según el encerramiento:

Atendiendo a la presencia o no de carcasa.

Máquinas no entubadas como pueden ser las máquinas de acción.

Según el movimiento:

Existen otros criterios, como la división en rotativas y alternativas, dependiendo de si el órgano intercambiador de energía tiene un movimiento rotativo o alternativo, esta clasificación es muy intuitiva pero no atiende al principio básico de funcionamiento de estas máquinas.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de la clasificación de las máquinas hidráulicas (l=líquido, g=gas).

Tabla III. Clasificación de las máquinas hidráulicas

| | | |
|-------------|---------------|---|
| Motoras | Volumétricas | Alternativas - Bombas de émbolo |
| | | Rotativas - Bombas rotoestáticas |
| | Turbomáquinas | Turbinas hidráulicas Aerogeneradores (g) (Máquina axial) |
| Generadoras | Volumétricas | Alternativas - Bombas de émbolo |
| | | Rotativas - Bombas rotoestáticas |
| | Turbomáquinas | Bombas rotodinámicas o centrífugas (máquina radial) (l) Ventiladores (g) (Máquina axial) |

Fuente: www.wikipedia.org

2.8.1 Definición de una bomba.

Una bomba es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de *Bernoulli*. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

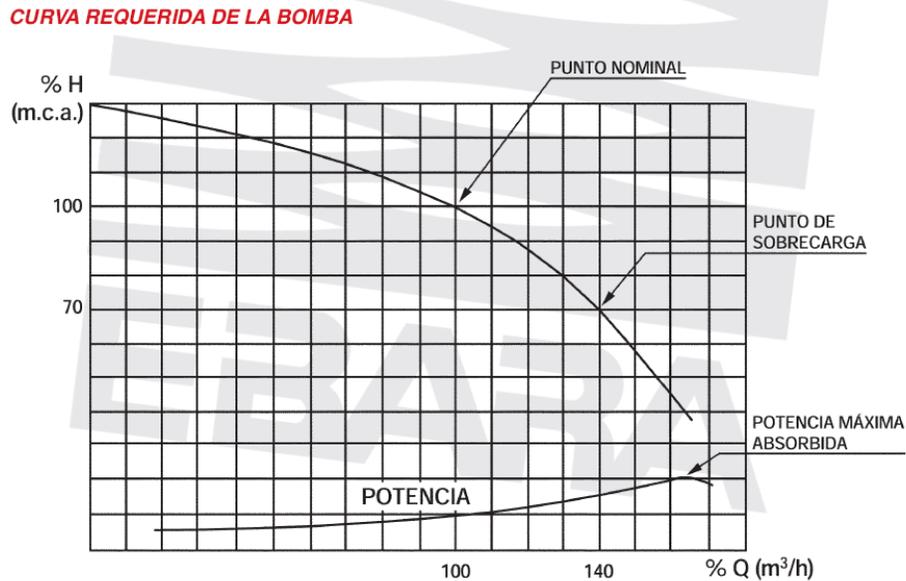
Existe una ambigüedad en la utilización del término bomba, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía, o bombean fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo, a diferencia de otras máquinas como lo son los compresores, cuyo campo de aplicación es la neumática y no la hidráulica. Pero también es común encontrar el término bomba para referirse a máquinas que bombean otro tipo de fluidos, así como lo son las bombas de vacío o las bombas de aire.

Características hidráulicas

El caudal nominal de la bomba (Q) será el especificado o calculado para el sistema. La presión nominal (P) es la manométrica total (bar) de la bomba que corresponde a su caudal nominal. La presión de impulsión es la presión nominal (P), más la presión de aspiración, con su signo. Será igual o superior a la presión mínima especificada o calculada para el sistema.

El grupo de bombeo debe ser capaz de impulsar como mínimo el 140 por 100 del caudal nominal (Q) a una presión no inferior al 70 por 100 de la presión nominal (P).

Figura 6. Curva característica de una bomba



Fuente: www.ebara.com

2.8.2 Clasificación de las bombas

Bombas Centrífugas:

Las bombas centrífugas, debido a sus características, son las bombas que más se aplican en la industria. Las razones de estas preferencias son las siguientes:

- Son aparatos giratorios.
- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla.
- Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.

Aparte de las ventajas ya enumeradas, se unen las siguientes ventajas económicas:

- El precio de una bomba centrífuga es aproximadamente $\frac{1}{4}$ del precio de la bomba de émbolo equivalente.
- El espacio requerido es aproximadamente $\frac{1}{8}$ del de la bomba de émbolo equivalente.
- El peso es muy pequeño y por lo tanto las cimentaciones también lo son.
- El mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques de la presa-estopa y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

Figura 7. Bomba centrífuga



Funcionamiento de las bombas centrífugas:

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son pues, máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico. Los elementos constructivos de que constan son:

Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.

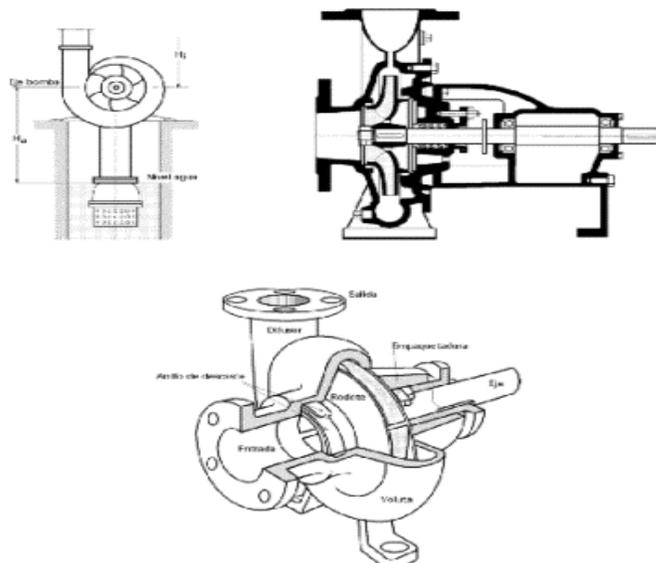
El impulsor o rodete, formado por una serie de alabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor, experimentando un cambio de

dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzados los filetes líquidos contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsión.

La carcasa, (voluta), está dispuesta en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del rodete, una directriz de álabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo en la voluta.

Figura 8. Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva



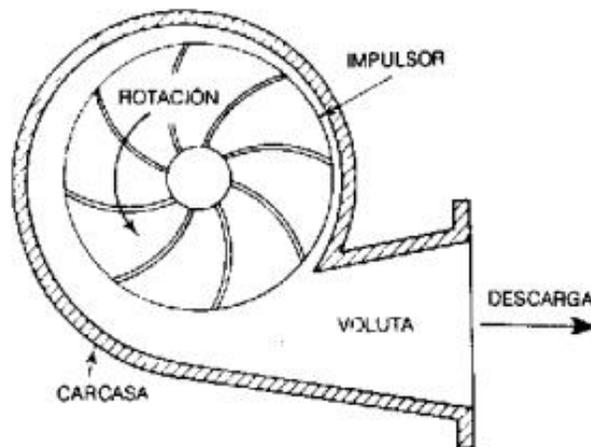
Este es, en general, el funcionamiento de una bomba centrífuga aunque existen distintos tipos y variantes.

La estructura de las bombas centrífugas es análoga a la de las turbinas hidráulicas, salvo que el proceso energético es inverso; en las turbinas se aprovecha la altura de un salto hidráulico para generar una velocidad de rotación en la rueda, mientras que en las bombas centrífugas la velocidad comunicada por el rodete al líquido se transforma, en parte, en presión, lográndose así su desplazamiento y posterior elevación.

Bomba tipo voluta:

La carcasa en este tipo de bombas es de voluta o espiral y no tienen paletas difusoras como se ve en la figura que sigue:

Figura 9. Bombas con carcasa tipo voluta



La voluta recibe el líquido que sale del impulsor y transforma la mayor parte de la energía cinética en energía de presión. El área de la sección transversal de la voluta aumenta progresivamente en el arco de 360° descrito en torno al impulsor.

Debido a que la voluta no es simétrica existe un desbalance de presiones a lo largo de la misma, lo cual origina una fuerza radial muy considerable en caso de que la bomba trabajara fuera del punto de rendimiento óptimo la magnitud de este empuje radial puede compensarse con un aumento del diámetro del eje con un sobre-dimensionamiento de los cojinetes, lo que encarece la bomba.

Bomba de difusor o bombas turbina:

Este tipo de bomba se caracteriza por poseer fija a la carcasa paletas direccionadora del flujo de agua que sale del impulsor, el que recorre el camino establecido por las paletas fijas, a lo largo de las cuales ocurre la transformación de energía cinética en energía de presión.

Hay que hacer notar que las bombas con difusor presentan el serio inconveniente de proporcionar el choque entre las partículas de agua a la entrada de difusor, cuando la bomba trabaja en un punto diferente al de diseño. Si existe una alteración en el funcionamiento de la bomba, en relación a lo considerado en el diseño, cambia el ángulo de salida de los diferentes líquidos, pero no se altera el ángulo de los difusores, presentándose el choque entre partículas, con la consecuente pérdida de eficiencia de la máquina.

Las bombas con difusores fueron muy utilizadas al inicio del desarrollo de las bombas centrífugas, pero fueron perdiendo importancia al perfeccionarse las técnicas para construir carcazas.

Figura 10. Bomba difusora



Bomba vertical y horizontal:

El eje de rotación de una bomba puede ser horizontal o vertical, (rara vez inclinado). De esta disposición se derivan diferencias estructurales en la construcción de la bomba que a veces son importantes, por lo que también las aplicaciones de los dos tipos de construcción suelen ser, a menudo, distintas y bien definidas.

Bombas horizontales:

La disposición del eje de giro horizontal presupone que la bomba y el motor se hallan a la misma altura; éste tipo de bombas se utiliza para funcionamiento en seco, exterior al líquido bombeado que llega a la bomba por medio de una tubería de aspiración.

Las bombas centrífugas, sin embargo, no deben rodar en seco, ya que necesitan del líquido bombeado como lubricante entre aros rozantes e impulsor, y entre empaquetadura y eje.

Como no son auto-aspirantes requieren, antes de su puesta en marcha, el estar cebadas; esto no es fácil de conseguir si la bomba no trabaja en carga, estando por

encima del nivel del líquido, que es el caso más corriente con bombas horizontales, siendo a menudo necesarias las válvulas de pie, (aspiración), y los distintos sistemas de cebado.

Como ventajas específicas se puede decir que las bombas horizontales, (excepto para grandes tamaños), son de construcción más barata que las verticales y, especialmente, su mantenimiento y conservación es mucho más sencillo y económico; el desmontaje de la bomba se suele hacer sin necesidad de mover el motor y al igual que en las de cámara partida, sin tocar siquiera las conexiones de aspiración e impulsión.

Bombas verticales:

Las bombas con eje de giro en posición vertical tienen, casi siempre, el motor a un nivel superior al de la bomba, por lo que es posible, al contrario que en las horizontales, que la bomba trabaje rodeada por el líquido a bombear, estando, sin embargo, el motor por encima de éste.

Bombas verticales de funcionamiento en seco:

En las bombas verticales no sumergidas, el motor puede estar inmediatamente sobre la bomba, o muy por encima de ésta. El elevarlo responde a la necesidad de protegerlo de una posible inundación o para hacerlo más accesible si, por ejemplo, la bomba trabaja en un pozo.

El eje alargado puede ser rígido o flexible por medio de juntas universales, lo que simplifica el siempre difícil problema del alineamiento.

Se emplean muy a menudo las mismas bombas horizontales modificadas únicamente en sus cojinetes.

La aspiración es lateral, (horizontal); en las bombas grandes, frecuentemente, es por abajo, aunque a veces se transforma en lateral mediante un simple codo.

La ventaja de las bombas verticales, es que requieren muy poco espacio horizontal que las hace insustituibles en barcos, pozos, etc.; sin embargo se necesita un espacio vertical superior suficiente para permitir su cómodo montaje y desmontaje.

Para bombas de gran caudal, la construcción vertical resulta en general más barata que la horizontal. Las bombas verticales se emplean normalmente en aplicaciones marinas, para aguas sucias, drenajes, irrigación, circulación de condensadores, etc.

Bombas verticales sumergidas:

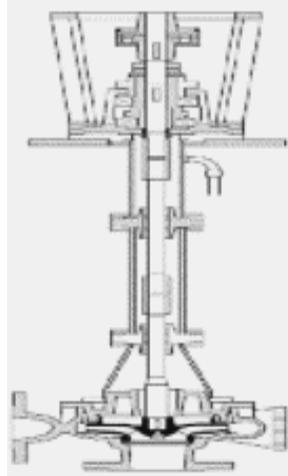
El funcionamiento sumergido de las bombas centrífugas elimina el inconveniente del cebado, por lo que el impulsor se halla continuamente, aún parado, rodeado por el líquido a impulsar y, por lo tanto, la bomba está en disposición de funcionar en cualquier momento.

El control de la unidad requiere únicamente la puesta en marcha del motor de accionamiento, sin necesidad de dispositivos adicionales de cebado previo.

La aspiración, que es siempre por abajo, se hace a una cierta profundidad con respecto al nivel libre del líquido.

Si esta profundidad es menor de lo debido 2 ó 3 veces el diámetro del orificio de aspiración, se pueden crear en la superficie vórtices o remolinos por cuyo centro se introduce aire en la bomba, con la consiguiente pérdida de caudal y deficiente funcionamiento.

Figura 11. Bomba tipo turbina vertical



El eje del que van provistas estas bombas, va guiado normalmente por cojinetes de fricción separados a intervalos regulares (de 1,5 a 3 metros) y lubricados por aceite, grasa, o el mismo líquido bombeado; en este último caso, el eje se suele disponer en el interior de la tubería de impulsión vertical, cerca del motor, en que ésta se desvía horizontalmente mediante un codo adecuado.

En los casos de lubricación por grasa o aceite, el eje va dentro de un tubo portador de los cojinetes, siendo este conjunto, a su vez, exterior o interior a la tubería de impulsión.

La otra solución tiene la ventaja de requerir un menor espacio, siendo en ambos casos innecesaria la empaquetadura, lo que constituye también una circunstancia muy favorable, dados los inconvenientes que ésta lleva a veces consigo.

Las bombas sumergidas tienen la ventaja de ocupar un espacio horizontal mínimo, sólo el necesario para acomodar el motor vertical y la impulsión, siendo incluso ésta a veces subterránea.

Las ventajas hidráulicas son evidentes al desaparecer todos los problemas de aspiración que constituyen el principal inconveniente en el funcionamiento de las bombas centrífugas.

Desde un punto de vista mecánico, esta disposición presenta grandes inconvenientes con respecto a la horizontal. Las bombas son inicialmente más caras y su mantenimiento mucho más elevados, ya que cualquier reparación exige el desmontaje de la bomba para izarla a la superficie.

El eje alargado, somete a los cojinetes a un trabajo duro que sobre todo, si están lubricados por agua o líquidos sin grandes propiedades lubricantes, hace que su vida sea corta e imprevisible.

Los tipos más importantes de bombas verticales sumergidas son, las bombas de turbinas verticales o de pozo profundo, las bombas de hélice y las bombas de voluta sumergidas.

Bomba con impulsor de flujo axial, radial y mixto:

Hemos considerado como bombas centrífugas al conjunto de las propiamente centrífugas o radiales, en las que la energía se cede al líquido esencialmente mediante la acción de la fuerza centrífuga, hasta las axiales, en las que la energía se cede al líquido por la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo.

En las bombas centrífugas radiales la corriente líquida se verifica en planos radiales, en las axiales en superficies cilíndricas alrededor del eje de rotación y en las diagonales se verifica radial y axialmente, denominándose también de flujo mixto.

El tipo de una bomba, según esta primera clasificación, que atiende al diseño hidráulico del rodete impulsor, viene indicado por su velocidad específica en el punto de máximo rendimiento de la curva característica.

Cada impulsor tiene una velocidad específica determinada, si bien ésta depende también del sistema difusor. El valor de n_q tampoco cambia al alterar las dimensiones absolutas de un impulsor; todos los impulsores de rendimiento aceptable que tienen una misma velocidad específica, son geoméricamente semejantes, aunque pueden tener ligeras variaciones en el ángulo de salida, forma del álabe, etc.

La velocidad específica del impulsor es un índice de su geometría y proporciona una idea de sus dimensiones principales. La relación entre los diámetros de entrada y salida d_1 / d_2 , es (dentro de ciertos límites) directamente proporcional a n_q y era uno de los índices utilizados antes de que se impusiera el concepto de velocidad específica.

La forma de los álabes en los impulsores de flujo radial es, en general, curvada hacia atrás con respecto al sentido de giro, $\beta_2 < 90^\circ$, y con superficies de simple curvatura, siendo la generatriz paralela al eje de rotación; en los impulsores helicoidales, los álabes son de doble curvatura y en los axiales tienen, además, un determinado perfil aerodinámico.

Rendimiento-velocidad específica: En el extremo de las n_q bajas, las pérdidas por rozamiento son grandes, de la forma:

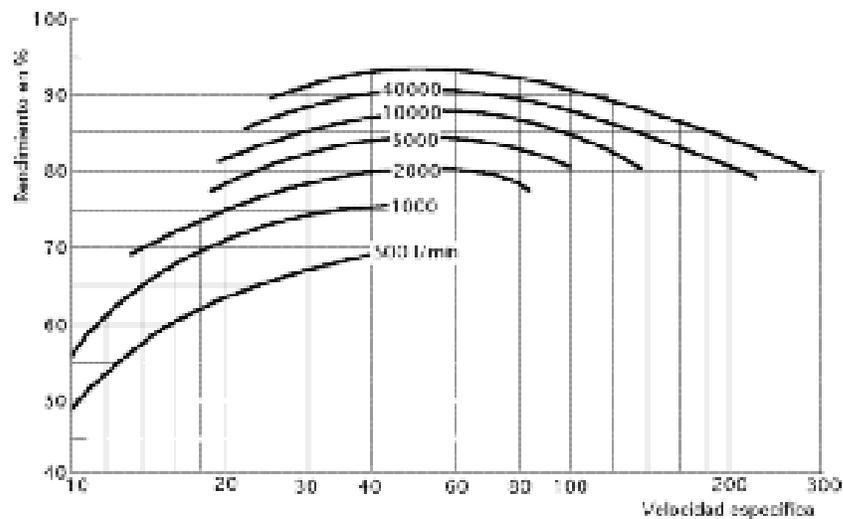
- Pérdidas de carga debidas al más largo recorrido interno.
- Pérdidas por rozamiento de las paredes del rodete impulsor de gran diámetro al girar en el líquido, (rozamiento del disco). Las pérdidas por fugas son también grandes.

Al crecer la velocidad específica n_q el rendimiento mejora hasta un cierto valor de la misma, por encima del cual, pérdidas superiores de difusión y deficiencia en el guiado del líquido le hacen disminuir de nuevo, aunque de manera más suave.

Los rendimientos óptimos se calculan para una velocidad específica n_q del orden de 50, en la que la combinación de las pérdidas descritas, unas decrecientes y otras crecientes con n_q , tiene un efecto mínimo. El que bombas de igual velocidad específica puedan tener rendimientos diferentes, menores para caudales más bajos, se debe a que las leyes de semejanza hidráulica no se cumplen exactamente con tener sólo en cuenta la semejanza geométrica existente.

En la actualidad, las curvas (rendimiento-velocidad específica) se van desplazando paulatinamente en sentido ascendente al ir consiguiendo la técnica bombas cada vez más perfeccionadas.

Figura 12. Relación entre el rendimiento de diversas bombas centrífugas y su velocidad específica.



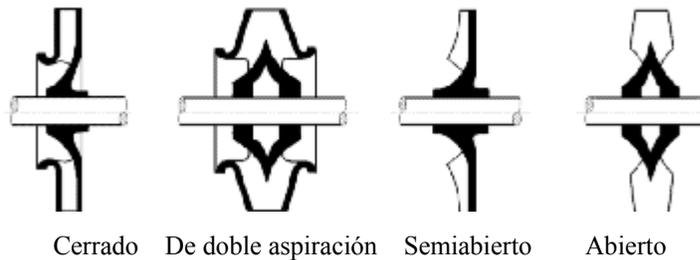
Bomba de impulsor abierto, semiabierto y cerrado:

Teniendo en cuenta su diseño mecánico o estructural, se pueden distinguir tres tipos de impulsores:

- De álabes aislados (abiertos).
- Con una pared o disco lateral de apoyo (semiabiertos)
- Con ambas paredes laterales (cerrados).

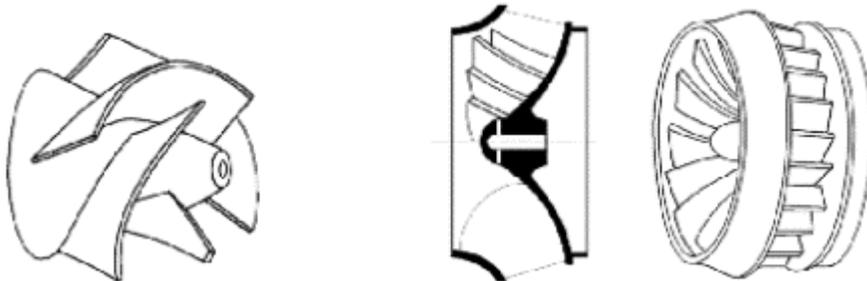
Esta clasificación es independiente de la más general, que se refiere al tipo de diseño hidráulico, por lo que en esta nueva clasificación puede haber impulsores centrífugos y de flujo mixto, abiertos, semiabiertos o cerrados.

Figura 13. Tipos de Impulsores



Fuente: www.wikipedia.org

Figura 14. Rodete abierto y rodete cerrado



Fuente: www.wikipedia.org

Los impulsores axiales, por su misma estructura, sólo pueden ser semiabiertos o cerrados, ya que sus álabes se pueden considerar como apoyados lateralmente en el eje de rotación, que hace las veces de cubo del impulsor, como si fuese la pared posterior de los radiales y diagonales.

Impulsores abiertos: En un impulsor abierto, los álabes desnudos van unidos únicamente al eje de giro y se mueven entre dos paredes laterales fijas pertenecientes a la carcasa de la bomba, con tolerancias laterales lo más estrechas posibles para evitar fugas.

Esta construcción es mecánicamente débil, por el largo voladizo en que trabajan los álabes, por lo que estos impulsores disponen siempre de una fracción de pared posterior para dar a los álabes la rigidez necesaria.

En la práctica no se hace distinción entre impulsores abiertos y semiabiertos, designando a ambos como abiertos, en oposición a los cerrados. Los impulsores abiertos se utilizan en algunas bombas radiales pequeñas y para el bombeo de líquidos abrasivos.

Impulsores semiabiertos: Los impulsores con una sola pared lateral, que siempre es la posterior, se emplean con cierta frecuencia, destacando las bombas de flujo mixto y todas las axiales.

Al igual que en los abiertos, su buen rendimiento está basado en una tolerancia lateral muy estrecha, del orden de 0,3 mm, que evita fugas de la periferia al centro y en los canales del impulsor entre sí. Estas fugas son tanto mayores cuanto menos viscoso es el líquido por lo que con líquidos algo viscosos el caudal y la altura pueden aumentar, a pesar de las mayores pérdidas por rozamiento, lo que les hace más apropiados que los abiertos para trabajar con líquidos a altas temperaturas.

Cuando el juego lateral se hace grande por el desgaste, hay que cambiar el impulsor. El desgaste del impulsor es proporcional a la velocidad relativa del líquido y no es radialmente uniforme, sino algo mayor en la periferia.

Para el servicio con líquidos abrasivos algunas veces se disponen placas laterales de desgaste de fácil intercambio, construidas con materiales especiales como el acero inoxidable que tiene mayor dureza, que no resulta costoso, ya que el cuerpo de la bomba sigue siendo de fundición.

La escasa tolerancia lateral del impulsor hace que una posible desviación del eje pueda tener graves consecuencias, al igual que las dilataciones o contracciones anormales, que en esta situación tienen mucha mayor importancia que en los impulsores cerrados.

Bombas de desplazamiento positivo:

Estas bombas guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un émbolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, etc., y la carcasa o el cilindro. “El movimiento del desplazamiento positivo” consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Por consiguiente, en una máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (émbolo), sino que puede tener movimiento rotatorio (rotor).

Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo, tanto recíprocas como rotatorias, siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye volumen (impulsión), por esto a éstas máquinas también se les denomina Volumétricas.

Con el nombre general de Bombas Positivas se conoce a las Bombas Recíprocantes y a las Rotatorias, de las cuales a continuación expondremos sus características principales.

Las bombas positivas tienen la ventaja de que para poder trabajar no necesitan "cebarse", es decir, no es necesario llenar previamente el tubo de succión y el cuerpo de la bomba para que ésta pueda iniciar su funcionamiento, tal como acontece en las bombas centrífugas. En las bombas positivas, a medida que la bomba por sí misma va llenándose de líquido, éste va desalojando el aire contenida en la tubería de succión, iniciándose el escurrimiento a través del sistema cuando ha acabado de ser desalojado el aire.

Para completar lo antes dicho relativo a las bombas positivas o de presión mecánica ya sea recíprocante o rotatoria y por lo que respecta a la altura de succión más conveniente.

Bombas recíprocantes:

El funcionamiento de una bomba recíprocante depende del llenado y vaciado sucesivo de receptáculos de volumen fijo, para lo cual cierta cantidad de agua es obligada a entrar al cuerpo de la bomba en donde queda encerrada momentáneamente, para después ser forzada a salir por la tubería de descarga. De lo anterior se deduce, en términos generales, que el gasto de una bomba recíprocante es directamente proporcional a su velocidad de rotación y casi independiente de la presión de bombeo.

Como el proceso de llenado y vaciado sucesivo de receptáculos de volumen fijo requiere fricción por resbalamiento entre las paredes estacionarias del receptáculo y las partes móviles.

Estas bombas son relativamente de baja velocidad de rotación, de tal manera que cuando tienen que ser movidas por motores eléctricos deben ser intercaladas transmisiones de engranes o poleas para reducir la velocidad entre el motor y la bomba.

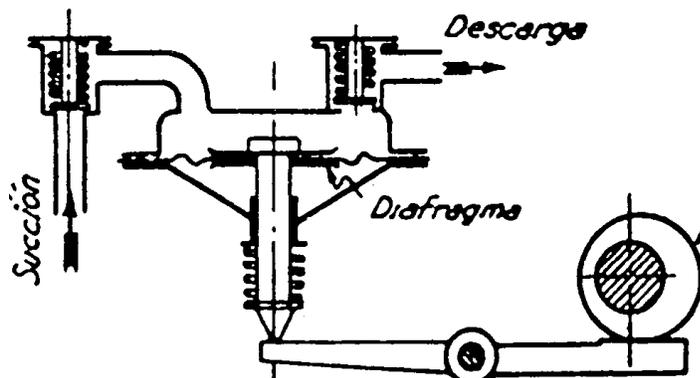
Clasificación:

- Bombas de émbolo recíprocante.
- Bombas de embolo recíprocante de descarga variable.
- Bombas recíprocantes de diafragma.

Bomba de diafragma:

Ocasionalmente, las bombas Recíprocantes están provistas de un diafragma flexible recíprocamente en vez de un émbolo o pistón recíprocante, con lo cual se elimina la fricción y las fugas en el punto donde el émbolo atraviesa la caja de empaque. Un ejemplo de esta bomba queda ilustrado en la figura en la cual el movimiento del diafragma es obtenido mediante una cama excéntrica y una palanca; las válvulas de succión y de descarga trabajan en forma ordinaria. Tales bombas son muy comunes en la actualidad para levantar combustible de los tanques posteriores de los automóviles a los carburadores de los mismos.

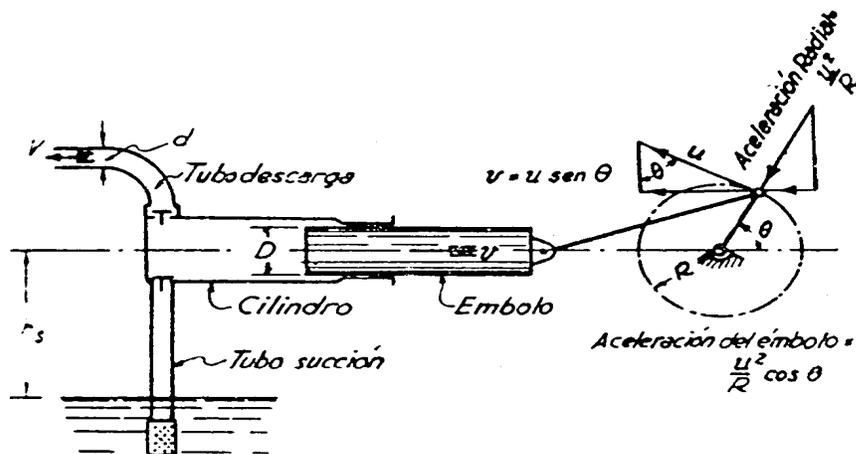
Figura 15. Bomba tipo diafragma



Bomba de émbolo:

Los elementos de una Bomba Recíprocante, comúnmente llamada de émbolo o de presión, están mostrados esquemáticamente en la figura 16. En ella puede verse que, como la Manivela o Cigüeñal gira con una velocidad uniforme, accionada por el motor, el émbolo o pistón se mueve hacia adelante y hacia atrás en el cuerpo del cilindro; en el golpe hacia afuera un vacío parcial detrás del émbolo permite a la presión atmosférica que obra sobre la superficie del agua en el pozo hacer subir el agua dentro del tubo de succión, la cual, pasando por la válvula de succión llena el cilindro; en el golpe hacia adentro, la válvula de succión se cierra y el agua es presionada a salir hacia el tubo de descarga.

Figura 16. Bomba tipo émbolo

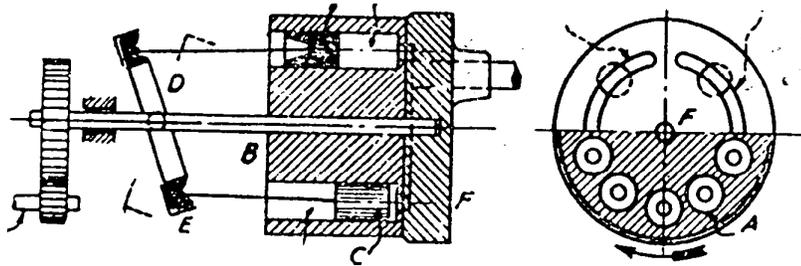


Bomba recíprocante de émbolo de descarga variable:

En sistemas de transmisión de circuito hidráulico cerrado, es algunas veces necesaria una forma de bomba cuyo gasto de descarga pueda ser variado sin cambiar la velocidad de rotación. Tal bomba está indicada en la figura, tiene un cierto número de

cuerpos cilíndricos paralelos A, hechos formando un bloque B, que gira mediante engranes alrededor de un eje central.

Figura 17. Bomba recíprocante de émbolos



Los pistones o émbolos están articulados a un anillo D que es mantenido en contacto con un platillo E, el cual puede inclinarse fuera de la perpendicular; de este modo cuando el anillo D gira en conjunto con el bloque de cilindros, también se balancea e imparte el movimiento recíprocante necesario a los pistones o émbolos.

En estas bombas no son necesarias las válvulas que tienen las bombas de émbolo antes descritas; en su lugar tienen dos entradas o ranuras semicirculares que obturan las extremidades de los cilindros, una de las entradas está conectada a la tubería de succión y la otra a la de descarga. Así todos los cilindros del bloque en el lado en que suben los émbolos, que es cuando se mueven éstos hacia afuera, son puestos en comunicación directa con la tubería de succión, mientras que el líquido descargado de los cilindros en los cuales bajan los émbolos, tienen salida libre al tubo de descarga.

A fin de variar el gasto de descarga de la bomba, es necesario alterar la carrera de los émbolos, lo cual puede hacerse cambiando el ángulo de inclinación del plato E. Para este objeto el plato está montado sobre ejes, de tal modo que él puede mecerse alrededor de un eje horizontal, transversal al eje principal de la bomba. Mientras más normal se

hace el plato E, menor será la descarga, hasta que ésta cesa por completo cuando el plato E, es paralelo a F. Si se sigue variando la inclinación, el escurrimiento vuelve a tener lugar; pero ahora en sentido contrario, saliendo el líquido por el tubo en que antes se hacía la succión.

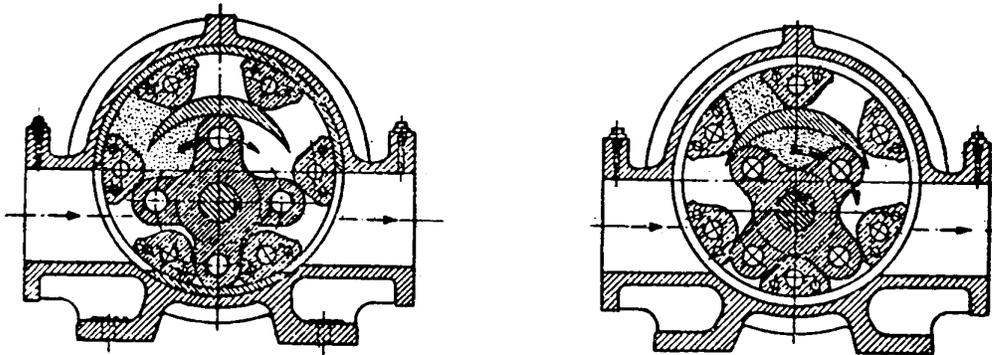
Bombas rotatorias:

Estas bombas, como ya antes se dijo» no tienen válvulas ni partes recíprocantes; el movimiento del líquido es efectuado por la acción combinada de dos elementos giratorios semejantes a las ruedas dentadas. En la bomba *Stone-Paramor*, el elemento giratorio que es acoplado directamente a la flecha motora, es un piñón de cuatro dientes que engrana con una corona dentada de seis dientes.

Esta corona gira dentro de la armadura de la bomba a $2/3$ de la velocidad con que gira la flecha motora. Una lengüeta fija de forma creciente y saliente de la armadura, impide el de descarga a la de succión. La forma en la cual el líquido es llevado de la entrada de la succión a la descarga se ve claramente en la figura 112, donde los puntos son usados para indicar las posiciones sucesivas del líquido en el hueco dejado entre el piñón y la corona, después de que la flecha ha girado $1/8$ de revolución. Cuando se bombea aceite lubricante contra una presión de unos 7 kg/cm^2 a esta máquina tiene una eficiencia mecánica de más de 70% y una eficiencia, volumétrica de 95% . No debe intentarse el emplearla para el bombeo de líquidos delgados.

Debido a su gasto de descarga casi uniforme, las bombas positivas rotatorias pueden trabajar a grandes velocidades sin el peligro de que se presenten presiones de inercia ni aún en el caso de no ser empleadas Cámaras de aire. Las bombas *Stone-Paramor*, por ejemplo, con una capacidad de 720 litros por minuto pueden trabajar a 300 RPM.

Figura 18. Bomba rotatoria



Bombas lobulares:

Éstas se asemejan a las bombas del tipo de engranes en su forma de acción, tienen dos o más rotores cortados con tres, cuatro, o más lóbulos en cada rotor.

Los rotores se Sincronizan para obtener una rotación positiva por medio de engranes externos, Debido a que el líquido se descarga en un número más reducido de cantidades mayores que en el caso de la bomba de engranes, el flujo del tipo lobular no es tan constante como en la bomba del tipo de engranes. Existen también combinaciones de bombas de engrane y lóbulo.

2.8.3 Definición de potencia

La potencia de la bomba podrá calcularse por la fórmula siguiente:

$$CV = \frac{Q \text{ (lps)} * H \text{ (metros)}}{75 * (n\%/100)}$$

En donde:

- CV = Potencia de la bomba en caballos de vapor (para caballos de fuerza usar una constante de 76 en lugar de 75).
- Q = Capacidad de la bomba.
- ADT = Carga total de la bomba.
- n = Rendimiento de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener un margen de seguridad que las permita cierta tolerancia a la sobrecarga y deberá preverse los siguientes márgenes:

- 50% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 2 HP.
- 30% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 2 a 5 HP.
- 20% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 5 a 10 HP.

Estos márgenes son meramente teóricos e indicativos y pueden ser variados según la curva de funcionamiento de la bomba o según las características específicas del motor aplicado.

2.9 Componentes básicos en un sistema de distribución de red contra incendio

Los principales componentes del sistema de red contra incendio que una planta de panificación deben de tener se dan a conocer en los siguientes incisos:

- Bomba de eje tipo turbina vertical
- Bomba sustentadora de presión (Jockey).
- Bomba de motor Diesel
- Bombas de motor eléctrico.

- Tuberías de descarga y de succión
- Suministro de agua.
- Suministro de combustible
- Mangueras.
- Manómetros.
- Válvulas de alivio.
- Tableros de control eléctrico.
- Hidrantes.
- Soportería y anclaje de tuberías.
- Rociadores automáticos.

Dependiendo de las necesidades de cada instalación la composición del grupo puede presentar estos componentes o una combinación distinta de ellos. En función de la normativa que se aplique a un grupo contra incendios, éste podrá incorporar más o menos sistemas de seguridad, control y alarma.

2.9.1 Bomba de eje tipo turbina vertical

Entre las bombas sumergidas, las más importantes son las llamadas de pozo profundo, de sondeo o de eje tipo turbina vertical, que fueron desarrolladas para la explotación de pozos, perforaciones y sondeos de diámetro reducido. Esta circunstancia limita forzosamente la altura por etapa, lo que conduce al concepto de bombas multicelulares para reducir el espacio.

Resultan adecuadas para perforaciones de un diámetro tan pequeño como 6 pulg. Y con mayores diámetros son capaces de elevar cantidades de agua superiores a un millón de galones por hora desde profundidades de hasta 1.000 pies.

Normalmente se diseñan los rodetes de forma que lancen el agua en dirección radial-axial, con objeto de reducir a un mínimo el diámetro de perforación necesario para su empleo.

La unidad de bombeo consiste en una tubería de aspiración y una bomba situada bajo el nivel del agua y sostenida por la tubería de impulsión y el árbol motor. Dicho árbol ocupa el centro de la tubería y está conectado en la superficie al equipo motor.

Cuando la cantidad de agua que se ha de elevar es pequeña o moderada, a veces es conveniente y económico colocar la unidad completa de bombeo bajo la superficie del agua.

Así se evita la gran longitud del árbol, pero en cambio se tiene la desventaja de la relativa inaccesibilidad del motor a efectos de su mantenimiento.

Bomba de turbinas verticales de motor sumergido:

Con objeto de evitar las desventajas que se derivan de la excesiva longitud del eje, en las bombas sumergidas se han desarrollado motores eléctricos capaces de funcionar a su vez rodeados de líquido y de dimensiones tales que les permite ir montados en el interior del pozo.

De esta forma, colocando los motores inmediatamente por debajo de la bomba, desaparece la necesidad del eje, cojinetes y tubo protector, por lo que la columna puede ser de menor diámetro para pérdidas de carga semejantes.

Los motores pueden ser de funcionamiento en seco con cierre hermético, o inundados, en cuyo caso los aislamientos han de tener características muy especiales. Las ventajas del motor sumergido se hacen apreciables, sobre todo, en pozos muy

profundos de más de 30 metros, o bien inclinados o curvados. El espacio requerido en la superficie es, evidentemente mínimo e incluso nulo con descarga subterránea.

Las desventajas son un menor rendimiento y menor vida del motor y la necesidad ineludible del desmontaje total para cualquier revisión o reparación de la bomba o del motor.

Las bombas verticales de turbina han llegado a un grado de perfección notable con rendimientos altos y determinadas ventajas hidráulicas; aunque empezaron siendo empleadas exclusivamente para riego en pozos y perforaciones, sus aplicaciones industriales aumentan cada vez más, siendo en la actualidad más numerosas que las agrícolas, por lo que la denominación de bombas de pozo profundo va desapareciendo para adaptarse a la de bombas de turbina vertical. Dentro de este tipo se pueden distinguir las bombas provistas de eje alargado y accionadas por motor sumergible dispuesto inmediatamente por debajo de la bomba o bombas buzo.

Figura 19. Bomba de eje tipo turbina vertical



2.9.2 Funcionamiento

El impulsor de aspiración simple, puede ser radial o diagonal, según las condiciones de servicio y su construcción cerrada o semiabierta. Los impulsores semiabiertos, sin embargo, aparte de su mayor empuje axial, hasta el 50% mayor, requieren un ajuste vertical más cuidadoso durante el montaje.

El conjunto de difusores del cuerpo de bomba y la tubería de impulsión, cuelgan del cabezal sobre el que va montado el motor, constituyendo el codo de desviación de la impulsión. A veces, los difusores se recubren interiormente de un esmalte especial que disminuye la rugosidad de la fundición y las pérdidas hidráulicas consiguientes, aumentando el rendimiento, dotando de una cierta uniformidad a las distintas unidades, lográndose una mejor resistencia a la corrosión y a la abrasión.

La construcción de estas bombas permite montar el número de etapas deseado, que puede llegar a 20 o más, añadiendo simplemente difusores e impulsores semejantes uno sobre otro, lo que dota de cierta elasticidad a las aplicaciones, con las consiguientes ventajas de estandarización, disponibilidad de repuestos, etc.; no obstante, estas bombas participan de las desventajas mencionadas para las bombas verticales sumergidas, de ser caras y exigir unos costes de mantenimiento elevados.

2.9.3 Bomba sustentadora de presión (Jockey)

La bomba Jockey es la encargada de mantener la red presurizada y compensar pequeñas fugas.

De pequeña capacidad, se seleccionan por ser capaces de suministrar elevadas presiones, caudales moderados con potencias reducidas. Mantienen presurizada la instalación compensando las posibles pérdidas que pueden originarse y evitando la

puesta en marcha de la bomba principal. El arranque y paro es regulable y se efectúa de forma automática mediante presostato.

2.9.4 Funcionamiento

Cuando un incendio es declarado, se abren puntos de consumo en la red y la presión de la misma comienza a disminuir. Cuando la presión de la red es inferior a la presión consigna de la bomba principal eléctrica, esta se pone en funcionamiento de forma automática. En el caso de que exista una segunda bomba principal, esta arrancara sólo si la demanda de agua sigue aumentando, a una presión inferior a la consigna de la primera bomba principal.

Figura 20. Bomba sustentadora de presión (Jockey)



2.9.5 Bombas de motor Diesel

El funcionamiento de las bombas hidráulicas tiene mucha importancia en el bombeo debido a los múltiples problemas que presenta. Además, en los bombeos para la industria, el tema económico suele tener una importancia decisiva. Una acertada elección del medio de accionamiento influye mucho en el resultado económico de la explotación.

Normalmente se suele elegir entre dos tipos de motores: los térmicos y los eléctricos. En este caso nos vamos a centrar en el motor térmico y en concreto al motor diesel para bombas de agua para el sistema de red contra incendio de la planta de panificación.

2.9.6 Funcionamiento

En el motor diesel el combustible es inyectado a muy alta presión dentro de un cilindro en cuyo interior, el pistón ha comprimido el aire a razones de 1:15 y 1:22. En comparación con sus competidores el combustible utilizado no es volátil, que ofrece una mayor resistencia al incendio, que tiene mayor energía calorífica por litro de producto al ser mayor su peso específico, y que es más barato que la gasolina o los gases licuados del petróleo, butano y propano. La temperatura que alcanza por el aire y la culata del motor cuando está en funcionamiento, basta para provocar la combustión del combustible inyectado. En el arranque, se mejora la combustión creando un punto de calor por medio de una bujía de calentamiento y alterando el momento de la inyección, o utilizando otro sistema como puede ser la descompresión para facilitar la aceleración en los primeros giros.

Además los motores diesel son muy masivos, giran a bajo número de revoluciones, se autorregulan muy bien bajo cargas variables debido al regulador de su bomba de inyección y con muy poco entretenimiento, duran muchas más horas de trabajo que las unidades motoras a gasolina o butano. En su contra tienen una inversión inicial superior, las reparaciones más caras y mayor dificultad de arranque.

La mayoría de los motores diesel pequeños o medianos son de cuatro tiempos, pero hay muy buenos motores que actúan con un ciclo de dos tiempos y suelen ser motores bastante revolucionados.

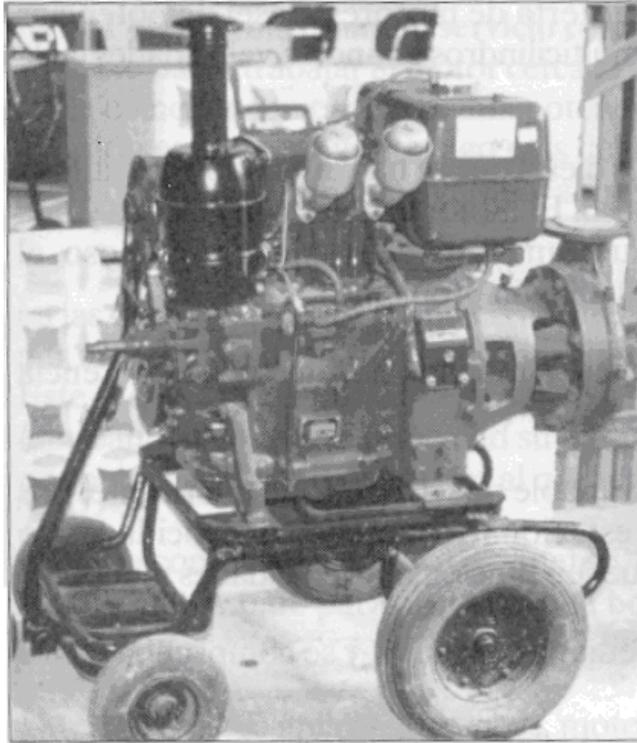
El aire entra en el cilindro mediante un compresor y barre los restos de la explotación anterior. Se comprime aún más al cerrarse la válvula de escape y entonces el inyector pulveriza gasóleo en el interior de la cámara de compresión.

Existe un cierto interés en utilizar motores que funcionen bien a 300 RPM. porque es posible acoplar directamente estas unidades a bombas “eléctricas” baratas. Sin embargo, los motores que trabajan a 1500 RPM., aunque son más caros y la bomba también, tienen ventajas de duración y comportamiento frente al golpe de ariete que no son desdeñables.

Los motores diesel pueden tener una potencia variable desde 4 a 50000 C.V. Dependiendo del fabricante funcionan a un número de revoluciones variables. Éstos suelen dar la potencia máxima si no se les pide otra cosa, aunque hay fabricantes que informan de tres potencias diferentes: la potencia en servicio permanente que puede ser superada por un breve lapso de tiempo; la potencia en servicio intermitente que viene a ser un 10% superior a la primera; la potencia de automoción, superior en otro 10% a la segunda. Los organismos oficiales suelen autorizar para los motores la potencia máxima que han comprobado en sus laboratorios. Pero los motores no pueden funcionar durante un gran número de horas dando esta potencia.

Hay motores muy interesantes de cilindros opuestos que trabajan muy equilibrados, aunque se piensa que su aplicación principal es para automoción y no para accionamiento de bombas hidráulicas en las que suele ser interesante el accionamiento con motores lentos y masivos con un alto PD que reduzca los riesgos de un golpe de ariete por parada de el motor. No obstante la técnica actual parece inclinarse por fabricar motores de un solo cilindro hasta potencias de 12/15 C.V. y multicilindros para potencias superiores y con velocidades cada vez mayores lo que aumenta el rendimiento y disminuye el costo pero también la duración.

Figura 21. Motobomba Diesel enfriada por agua



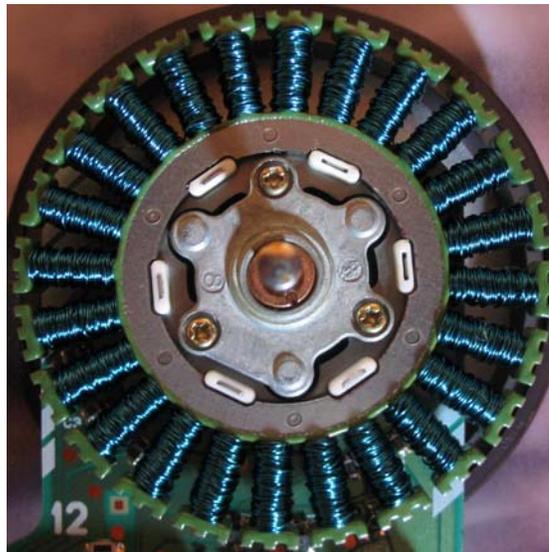
2.9.7 Bombas con motor eléctrico

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente directa se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cuál establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

Figura 22. Embobinado de un motor eléctrico

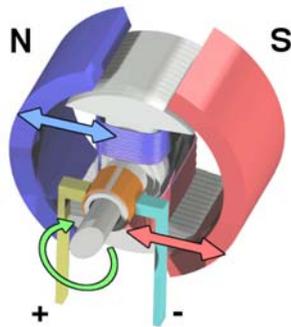


2.9.8 Funcionamiento:

Desde que Faraday describió el proceso de inducción y generación de la corriente eléctrica, se iniciaron experiencias y proyectos que culminaron con el invento y fabricación de los diferentes tipos de motores eléctricos que existen. El paso definitivo lo consiguió el ingeniero Tesla que, en 1887, fabricó el primer motor asíncrono trifásico de corriente alterna. Un motor eléctrico es un dispositivo dinamoeléctrico encargado de transformar energía eléctrica en energía mecánica por medio de la interacción de campos magnéticos.

Los motores eléctricos son ampliamente utilizados en instalaciones industriales y electrodomésticos, por su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento. Se fabrican desde potencias muy pequeñas hasta grandes potencias, y con velocidades fijas, ajustables o variables. Tanto los motores de corriente alterna como los motores de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cuál establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético. Por otro lado, cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético. En consecuencia, si se lo pone dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante la rotación de un dispositivo llamado eje, el cual lleva acoplado generalmente una polea de transmisión.

Figura 23. Conversión de energía magnética a energía rotativa



2.9.9 Suministro de agua

Es de gran importancia que la fuente de agua sea adecuada y que se pueda depender de ella y deberá estar completamente determinada, con debida tolerancia para su confiabilidad en el futuro.

Cualquier fuente de agua es adecuada en calidad, cantidad y presión podrá proveer el suministro de una bomba contra incendio. Donde el suministro de agua desde un servicio público principal no sea adecuado en calidad, cantidad o presión, deberá proveerse de una fuente de agua alternativa. Deberá determinarse y evaluarse si el suministro de agua es adecuado antes de la especificación e instalación de la bomba contra incendio.

El nivel mínimo de agua de un pozo o sumidero húmedo deberá ser determinado al bombear no menos de 150 por ciento de la capacidad nominal de la bomba.

Un suministro almacenado deberá ser suficiente para abastecer la demanda que se establezca por el periodo esperado, y un método confiable para rellenar el suministro para que siempre haya disponibilidad del líquido vital.

2.9.10 Tuberías de descarga y succión

Los componentes de descarga deberán consistir de tubería, válvulas y accesorios que se extienden desde la brida de descarga de la bomba hasta el lado del sistema de la válvula de descarga o rociadores.

La nominación de presión de los componentes de la descarga deberá ser adecuada para la presión máxima de trabajo pero no menor que la denominación del sistema de protección contra incendio. Deberá utilizarse tubería de acero con bridas (preferentemente bridas soldadas a la tubería), juntas de rosca o juntas mecánicas con ranuras sobre la tierra. Toda la tubería de descarga de la bomba deberá ser aprobada hidrostáticamente de acuerdo con la norma NFPA 13, “Norma para la instalación de sistemas de rociadores”.

Deberá instalarse una válvula indicadora de compuerta o de mariposa en el lado de la válvula de retención de la descarga de la bomba a lado del sistema de protección contra incendio. En donde se instalen bombas en serie, no deberá instalarse una válvula de mariposa entre bombas.

Los componentes de la succión deberán constar de tubería, válvulas y accesorios desde la brida de succión de la bomba hasta la conexión al servicio principal público o privado, tanque de almacenaje, reserva. Que alimente de agua a la bomba. En donde las bombas hayan sido instaladas en serie, la tubería de succión para las bombas subsecuentes deberá comenzar en el lado de la válvula de descarga del sistema de la bomba previa.

El tamaño de la tubería de succión para una sola bomba o del cabezal de succión para múltiples bombas (funcionando juntas) deberá ser tal, que con todas las bombas funcionando a 150 por ciento de la capacidad nominal, el manómetro de presión en las bridas de succión de las bombas deberá ser 0 PSI o mayor.

La tubería de succión deberá ser de tales dimensiones que con las bombas funcionando a 150 por ciento de la capacidad nominal, la velocidad en esa sección de la tubería de succión se localice dentro de los 10 diámetros de tubería corrientes por encima de la brida de succión de la bomba y que no sobrepase los 15 pies/seg. (4.57 m/seg.).

El tamaño de esa sección de tubería de succión localizada a 10 diámetros de tubería corrientes por encima de la brida de succión de la bomba no deberá ser menos que la especificada en tabla.

El tamaño de la tubería de descarga, de succión y accesorios no deberá ser menor que lo que se muestra en la siguiente tabla.

2.9.11 Suministro de combustible Diesel

Los tanques de suministro de diesel deberán ubicarse sobre la tierra de acuerdo con las reglamentaciones municipales o cualquier otra reglamentación y de acuerdo con lo requerimientos de la autoridad competente, y no deberán ser enterrados. La conexión (succión) del suministro de combustible del motor deberá localizarse en el tanque de manera que el 5 por ciento del volumen del tanque suministre un volumen de sumidero que no sea utilizado por el motor.

El suministro de combustible diesel deberá ubicarse al lado del tanque al nivel de 5 por ciento del volumen del sumidero. La entrada a la línea de suministro de combustible deberá ubicarse de manera que su apertura no se encuentre mas abajo que el nivel de la bomba de transferencia de combustible del motor. Los límites de presión estática de carga de la bomba de combustible en el tanque se encuentren al máximo. La línea de retorno de combustible deberá instalarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de motores.

En zonas donde se encuentren puntos de congelación (0 °C), los tanques de combustible deberán ubicarse dentro del cuarto de bombas. Deberán suministrarse medios diferentes a los tubos de mirillas para determinar la cantidad de combustible en cada tanque de almacenaje. Cada tanque deberá de tener conexiones adecuadas de llenado, drenaje y venteo.

El tipo y grado de combustible Diesel deberá ser especificado por el fabricante del motor. No deberán de utilizarse combustibles residuales, aceites de calefacción para hornos domésticos o aceites drenados de lubricación.

2.10 Principios de seguridad industrial

La seguridad industrial es una labor de convencimiento entre patronos y trabajadores. Es obligación de la empresa brindar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todos los trabajadores y estimular la prevención de accidentes.

Higiene industrial:

Se puede definir como aquella ciencia y arte dedicada a la participación, reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores o elementos en el ambiente de trabajo, los cuales pueden causar enfermedad, deterioro de la salud, incomodidad e ineficiencia de importancia en los trabajadores.

Es de gran importancia, ya que muchos procesos y operaciones industriales producen compuestos perjudiciales para la salud de los trabajadores.

Es necesario que el encargado del área industrial tenga conocimientos de los compuestos tóxicos más comunes de uso en la industria, así como de los principios para su uso. Se debe ofrecer protección contra exposición a sustancias tóxicas, polvos, fumos que vayan en deterioro de la salud respiratoria de los empleados.

Seguridad e higiene industrial:

El objetivo principal de la seguridad e higiene industrial es prevenir accidentes laborales consecuencia de las actividades de producción. Una buena producción debe satisfacer las condiciones necesarias, tomando en consideración los 4 elementos indispensables: SEGURIDAD, HIGIENE, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS.

Por lo tanto, la seguridad e higiene industrial busca proteger la integridad del trabajador, así como mantener la salud en óptimas condiciones.

Teoría del fuego:

Concepto de fuego: Reacción química que consiste en la oxigenación (oxidación) violenta de materia combustible; que se manifiesta mediante emisión de luz, calor, humo, gases y llamas en grandes cantidades.

Concepto de incendio: Fuego no controlado de grandes proporciones, de surgimiento súbito, gradual o instantáneo, con secuela de daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, ocasionar lesiones o pérdidas de vidas humanas y deterioro ambiental. en la mayoría de los casos el factor humano, participa como elemento causal.

Triángulo del fuego: El fuego es un proceso de combustión rápida que produce luz y calor, y se requieren tres elementos necesarios para que exista, siendo estos:

Figura 24. Triángulo del fuego



Oxígeno (agente oxidante): El primer componente del triángulo del fuego es el oxígeno que es un gas no inflamable, se encuentra en la atmósfera en una proporción de 21%; sin embargo, para que se inicie una combustión con flama debe existir como mínimo un 16% de oxígeno en el aire.

Combustible (agente reductor): La segunda parte del triángulo del fuego es el combustible o agente reductor, puede ser sólido, líquido o gaseoso, sin embargo para que se inicie la combustión de cualquier material, a excepción del estado gaseoso, el combustible debe sufrir cambios hasta convertirse en vapor. Que en una proporción adecuada con el aire (límites de inflamabilidad), y una fuente de calor (flama abierta o chispa, que inicie o mantenga la reacción) darán lugar al fuego. Por lo tanto la reacción única, directa y simultánea de los tres elementos del triángulo, son la causa del inicio de la reacción de combustión.

Fuente de ignición (agente catalítico): Este tercer componente del triángulo del fuego es la energía que se necesita para aumentar la temperatura del combustible, al punto que desprenda suficientes vapores (temperatura de inflamación) y ocurra la ignición. el calor es una fuerza térmica que eleva la temperatura de los cuerpos hasta hacerlos gasificar, volatilizar o dilatar, y es el principal causante de la propagación de un incendio, ya que éste puede viajar a través de un local ardiendo o en el ambiente.

Métodos de propagación del fuego:

Transferencia de calor: La transferencia de calor es la propiedad que actúa en el comienzo o en la extinción de la mayor parte de los fuegos. El calor se transfiere por uno de los tres medios siguientes:

Radiación: Es cuando la energía se mueve a través del espacio o de los materiales en forma de ondas, que se mueven a la velocidad de la luz. Cuando dos cuerpos se sitúan

frente a frente y uno tiene mayor temperatura que el otro, la energía radiante pasara del más caliente al más frío.

Conducción: Es la transferencia de calor por contacto directo entre dos cuerpos, por ejemplo, una tubería de vapor en contacto con una pieza de madera transfiere su calor a la madera por contacto directo.

Convención: Los gases, producto de una combustión, tienden a ser más ligeros que el aire; entre mayor sea un incendio, éstos serán más calientes y ascenderán más rápido, hasta las partes altas del edificio. Iniciándose una transferencia del calor por el movimiento del aire, llamada convección.

Clasificación de fuegos:

Los fuegos se caracterizan y se clasifican, de acuerdo al material que se está quemando, esta clasificación se lleva a cabo conforme al abecedario, quedando como sigue:

Incendios clase A: Ocurren en materiales combustibles sólidos como la madera y sus derivados, plásticos, textiles y sus derivados, basura, etc. una característica de este tipo de incendios es que pasan de una combustión superficial a una profunda con la presencia de brasas, por lo tanto, para su extinción completa y eficaz se requiere de un agente extintor que absorbe el calor, como el agua.

Incendios clase B: Involucran a los líquidos y gases combustibles como el petróleo y sus derivados, alcoholes, grasas, butano, propano, metano, etc. son fuegos superficiales si se comparan con los incendios de clase a; el fuego de clase b ocurre en tanques abiertos o por derrames o fugas de sustancias combustibles. se requiere, para su

extinción, de un agente químico como el polvo seco, espumas, bióxido de carbono, o halón, capaces de sofocar el fuego o romper la reacción en cadena.

Incendios clase C: Intervienen los conductores y equipo electrónico energizado, como subestaciones, transformadores, plantas de luz, tableros de medidores, etc. este tipo de incendios deben combatirse únicamente con agentes extintores que no conduzcan la electricidad, como el polvo químico seco, bióxido de carbono o halón. Una vez que la corriente eléctrica se haya interrumpido o desenergizado el equipo, se puede combatir el fuego con agua.

Incendios clase D: Ocurren en materiales combustibles como el magnesio, aluminio, sodio o litio, y requieren para su extinción del uso de polvos especiales como el grafito para sofocar y absorber parte del calor generado; a falta de éstos se recomienda utilizar arena seca para la extinción.

Figura 25. Incendio de un tanque de gas licuado del petróleo



Agentes extintores:

Agua: Extingue enfriando, sofocando y en líquidos miscibles con agua, diluyendo. Al mojar la superficie, el agua evita y retarda la temperatura de ignición, por lo que es eficaz en los incendios de petróleo solamente cuando se aplica un rocío muy fino o una capa vaporosa muy pesada sobre la superficie encendida, o bien en grandes cantidades arrojadas a través de mangueras o rociadores sobre cantidades de petróleo relativamente pequeñas, así como en los incendios de talleres automotrices y hangares.

Espuma: Se pueden emplear diversas sustancias que contribuyan a la durabilidad de la espuma producida generando gas CO₂ por medio de la acción química en solución de agua, la espuma elimina el aire al formar una capa que impide su paso y además enfría un poco, siendo especialmente valiosa en la extinción de los incendios clase B.

Tetracloruro de Carbono y Clorobromometano: Extinguen sofocando rápidamente y convirtiéndose en vapor pesado que no permite la combustión. Tiene una resistencia eléctrica muy elevada, por lo que su valor radica en los incendios clase C.

CO₂: Gas inerte y aproximadamente 50% más pesado que el aire. Extingue por sofocamiento y es muy útil para incendios clase C.

Señalización:

No es más que la acción que trata de ganar la atención de los trabajadores sobre determinadas circunstancias cuando no se puede eliminar el riesgo ni proteger al trabajador. Además, se trata básicamente de identificar los lugares y situaciones que presentan riesgo y que por medio de las señales deberán ser identificados, el nivel mínimo de iluminación sobre las señales deberá ser de 50 luces y así los trabajadores

que las observen reconozcan los diversos riesgos, también indicarán los lugares, ubicaciones y el tipo de seguridad que requerirá el área señalizada.

La señalización debe cumplir los siguientes requisitos:

- Atraer la atención del usuario.
- Dar a conocer el riesgo con suficiente tiempo.
- Dar una interpretación clara del riesgo.
- Saber qué hacer en cada caso concreto.

Se debe hacer señalización en:

- Pasillos.
- Gradas.
- Zonas peligrosas.

Se deben hacer señalización en áreas de trabajo:

- Bancos de reparaciones.
- Áreas de producto terminado.
- Área de máquinas.

Otros puntos importantes para señalar son:

- Extinguidores.
- Rutas de evacuación.
- Salidas de Emergencia.
- Paredes y pisos para indicar ubicación de obstáculos y objetos.

Las señales en seguridad más utilizadas son ópticas que no es más que la aplicación de luz y color, y acústica usando sonidos. El objetivo del color no es más que dar a conocer la presencia o ausencia de peligro. Con la señalización y la simbología del color podemos verificar los puntos de peligro y zonas de seguridad.

2.11 Qué es un sistema de red contra incendio

Es un sistema de seguridad, compuesto por una red de tuberías, una o mas bombas hidráulicas, rociadores automáticos, válvulas y demás accesorios, cuyo objetivo es suministrar un caudal de agua determinado a una presión suficiente en los distintos puntos de suministro de una instalación contra incendios, que esta dispuesto a funcionar en cualquier momento para combatir un incendio dentro de una planta de producción, edificio, tanques, etc. donde hay riesgo de incendio por cualquier manejo de materiales, gases altamente inflamables o potencialmente peligrosos.

2.12 Definición N.F.P.A.

N.F.P.A por sus siglas en inglés “*National Fire Protection Association*” (Asociación Nacional de la Protección contra Incendios).

La N.F.P.A es una organización internacional que desarrolla normas, fundada en 1896 para proteger personas, propiedades y el medio ambiente del fuego.

La N.F.P.A es la fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida.

El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la N.F.P.A es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los más referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el Código

Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código Uniforme contra Incendios, y el Código Nacional de Alarmas de Incendios.

En la actualidad, virtualmente, cada construcción, proceso, servicio, diseño e instalación están afectados por códigos y normas desarrollados por la N.F.P.A.

Por medio de los Códigos contra Incendios y sus publicaciones, la N.F.P.A establece sólidos principios para la protección y seguridad. Las publicaciones de la N.F.P.A han sido traducidas a varios idiomas y son referenciadas alrededor del mundo. Más de 79,000 miembros, representando 107 naciones, son parte de la red global de protección contra incendios.

2.13 Propósito norma N.F.P.A 14

El propósito de esta norma es proveer un grado de protección contra incendio, para la vida y la propiedad, a través de los requerimientos de instalación para los sistemas de rociadores automáticos que se basan en los principios de ingeniería de sonido, datos de prueba y experiencia de campo. Esta norma no restringe las nuevas tecnologías o los arreglos alternativos previendo el nivel de seguridad prescrito por la norma que no esta disminuido.

2.14 Propósito norma N.F.P.A 20

El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra el fuego para la vida y propiedades, a través de requerimientos de instalación de bombas centrífugas contra incendio basadas en principios de ingeniería, información de prueba y experiencia en campo. Esta norma incluye bombas de una sola etapa y multietapas de diseño con eje horizontal o vertical. Se establecen requisitos para el diseño y la instalación de estas bombas, motores y equipo asociado.

La norma alienta a continuar con el récord de excelencia que ha sido establecido para instalaciones de bombas centrífugas y que cubre las necesidades de la tecnología en constante cambio. Nada en esta norma pretende restringir nuevas tecnologías ni arreglos alternos siempre y cuando el nivel de seguridad prescrito por la norma no sea disminuido.

3. AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO

3.1 Descripción general del sistema de distribución de red contra incendio

El sistema de distribución de red contra incendios se describe con base a las normas N.F.P.A 14 y N.F.P.A 20 para lograr la máxima eficiencia del sistema dentro de la planta de panificación, a continuación se describen las partes más importantes del sistema de red contra incendio:

Bomba principal: la bomba de servicio entra en operación automáticamente cuando son abiertos uno o más hidrantes y la bomba jockey no alcanza a restablecer la presión en el sistema. Esta bomba es accionada por un motor eléctrico. Este tiene la capacidad suficiente para abastecer de agua a la presión requerida por los códigos y/o criterio de diseño.

Bomba de emergencia: se instalará una bomba de emergencia y es de las mismas características que el de servicio, solo que accionada con motor diesel, con lo cual se cubre lo establecido por N.F.P.A 20 que se debe contar con dos fuentes de energía distintas para el suministro de agua. Esta bomba entra en operación automática cuando la presión siga bajando ya sea por que la demanda de agua es mucha o por que no entro en operación la bomba de servicio por falta de energía eléctrica.

Bomba sustentadora de presión (Jockey): esta bomba se encarga de mantener presurizada constantemente toda la tubería de agua contra incendio y es accionada por un motor eléctrico y de operación por medio de un tablero de control. Cuando la presión

en la tubería baje por alguna falta o cambio de presión entra en operación esta bomba restableciendo la presión en ella.

Tablero de control para bomba principal motor eléctrico: Tablero de control automático para programar el arranque a tensión plena de una bomba principal de emergencia contra incendio con motor eléctrico, de acuerdo a la presión existente en la red de hidrantes. Cuenta con protección por bajo nivel de agua en la cisterna, retardo al paro ajustable de 0-60 segundos.

3.2 Requerimientos para el sistema de distribución de red contra incendio.

Los requerimientos del sistema de distribución de red contra incendio de la planta panificadora, según normas N.F.P.A 14 y N.F.P.A 20 son los siguientes:

Condiciones de operación:

- **Gasto de agua 378 L./min. (100 GPM)**
- **Presión máxima de diseño 6.86 bar (7 kg/cm²)**
- **Presión residual de 4.5 bar (4.58 kg/cm²)**
- **Caída de presión máxima permisible por trayectoria de tuberías 2.45 bar (2.5 kg/cm²).**

Presión estática: la presión estática en cualquier punto de la red, antes de abrir un hidrante, medida en los manómetros será de 6.86 bar (7 kg/cm²)

Presión residual: La presión residual mínima, después de abierto un hidrante y verificada con el manómetro, en el punto mas alejado hidráulicamente, será de 4.5 bar (4.58 kg /cm²).

Bomba principal:

- Bomba tipo turbina vertical gasto 100 GPM, carga 100 PSI.
- Cuerpo con tazones porcelanizados de 5 pasos.
- Acoplamiento directo motor eléctrico vertical de alta eficiencia.

Bomba de emergencia:

- Bomba tipo turbina vertical gasto 100 GPM, carga 100 PSI.
- Cuerpo con tazones porcelanizados de 5 pasos
- Acoplado por medio de flecha a motor de combustión interna diesel.

Bomba sustentadora de presión (Jockey):

- Bomba tipo turbina gasto de 5 GPM, carga 110 PSI.
- Acoplamiento directo a motor eléctrico.

Tablero control para bomba principal motor eléctrico:

- Control automático eléctrico para realizar a función lógica.
- Lámpara piloto indicadora de motor operando.
- Selector de operación manual fuera automático.
- Juego de sensores de nivel cisterna.
- Transductor de presión.
- Manómetro de 0-21 kg/cm².
- Horómetro.
- Sensor de voltaje trifásico para protección por alto/bajo voltaje o pérdida de alguna de las fases.

- Barra principal de conexiones.
- Gabinete NEMA 4 de sobreponer de tamaño adecuado para integrar los componentes.
- Botón de arranque paro manual iluminado.
- Barra principal de conexiones.
- Gabinete de tamaño adecuado para integrar los componentes.

Tablero de control para bomba con motor de combustión interna:

- Módulo de control con pantalla iluminada de LCD.
- Memoria de fallas.
- Control de 6 intentos de arranque y descansos de 10 seg.
- Voltímetro y amperímetro digital.
- Protección contra polaridad invertida.
- Interruptor térmico de protección contra corto circuito o sobrecarga.
- Cargador de batería automático controlado por microprocesador con ajuste de corte de agua, calibrado de fábrica.
- Corte de carga de arranque.
- Alarma auditiva cuando la batería esta baja (un beep cada minuto).
- Selector de operación Manual-Fuera-Automático.
- Protección por baja presión de aceite.
- Botón de marcha manual.
- Retardo de paro ajustable de 0 a 60 seg.
- Alarma auditiva.
- Contacto remoto de alarma.
- Indicadores de:
 - Tablero automático.
 - Llamada en operación.

- Motor operando.
- Voltaje de la batería.
- Amperes de carga.
- Batería baja.
- Retardo de paro.
- Falla de C.A en el cargador.
- Falla de arranque.
- Falla de baja presión de aceite.
- Gabinete en color rojo, con llave de seguridad, NEMA 12.

Tablero control de bomba auxiliar (bomba Jockey):

- Control automático electrónico para realizar la función lógica.
- Interruptor termo magnético para el motor.
- Arrancador magnético con protección por sobrecarga para el motor.
- Lámpara piloto indicadora de motor operando.
- Selector de operación Manual-Fuera-Automático.
- Interruptor de presión de 0.10 kg/cm².
- Juego de sensores de nivel para cisterna.
- Manómetro de 0-21 kg/cm².
- Barra principal de conexiones.
- Gabinete NEMA 4 de sobreponer de tamaño adecuado para integrar los componentes.

Ubicación de estaciones de manguera:

Las estaciones de manguera están repartidas en la planta de panificación de tal forma que todas las áreas con riesgo de incendio estén cubiertas en su totalidad.

La ubicación física de las estaciones de mangueras debe de ser en lugares visibles y de fácil acceso.

En caso de contingencia todos los gabinetes de las estaciones fijas de manguera, se podrán abrir rompiendo el sello de plástico de la puerta. Y con esto permitir un fácil acceso al equipo sin dañar la manguera o a la persona que lo va a utilizar.

Válvulas de la estación manguera:

Válvula tipo globo instalada a una altura no mayor de 1.60 metros sobre el nivel del suelo, con un diámetro de 2 pulgadas.

Boquerel:

Con chiflón tipo chorro con diámetro de descarga de 1 ½ pulgadas de diámetro.

Mangueras:

De poliéster forrado interiormente de hule, con un diámetro de 1 ½ pulgadas y de longitud 30 metros, están permanentemente acoplados y acomodados los gabinetes a prueba de intemperie.

Válvulas seccionantes:

Válvulas tipo mariposa con accionamiento lento (*Fire Lock*), con un diámetro de 3 pulgadas en tuberías principales. Estas válvulas se ubican cada 4 ó 5 estaciones fijas para evitar el cierre de toda la red, en caso de requerirse mantenimiento en alguna sección de la red contra incendios.

Identificación de tuberías:

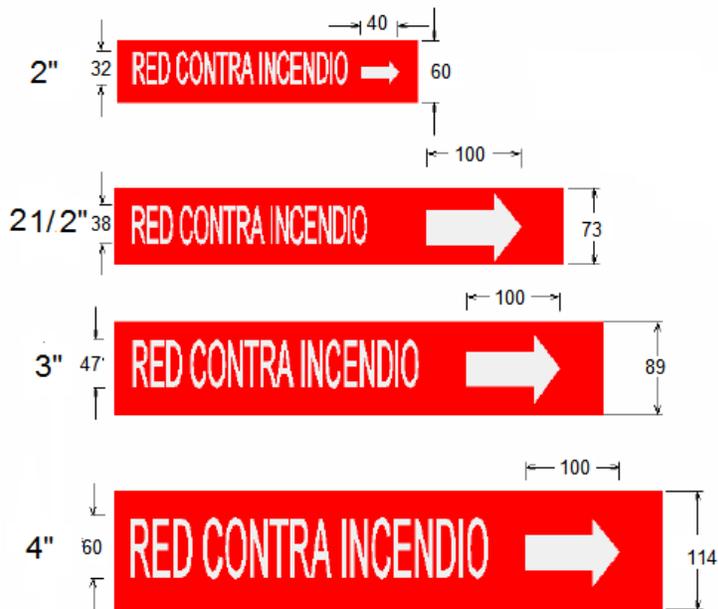
Estas deberán ser pintadas de color rojo y con señalización del fluido en color contraste.

Figura 26. Color de seguridad para tubería de red contra incendio

| COLOR DE SEGURIDAD | SIGNIFICADO |
|--------------------|--|
| ROJO | IDENTIFICACION DE TUBERIAS CONTRA INCENDIO |

| COLOR DE SEGURIDAD | COLOR CONTRASTANTE |
|--------------------|--------------------|
| ROJO | BLANCO |

Figura 27. Bandas de Identificación en Tubería visible



Acot: in/mm

Las bandas de identificación deberán cubrir toda la circunferencia de la tubería, y serán colocadas a cada 10 metros de separación.

Caseta de bomberos:

La planta cuenta con una caseta de bomberos ubicada estratégicamente, esta cuenta con los siguientes accesorios; pala, pico, hacha, impermeable, botas y casco para 4 personas, la caseta esta ubicada en un lugar seguro y accesible para su fácil utilización en caso de alguna emergencia.

Toma siamesa:

La planta cuenta con una toma instalada en los linderos de la planta que dan a la vía pública, esta cuenta con dos bocas del diámetro y la cuerda usada por los bomberos de la localidad.

3.3 Características del sistema de distribución de red contra incendio

Las características del sistema de distribución de red contra incendios debe de cumplir con los requisitos prescritos por las normas NFPA 14 y NFPA 20, siendo sus características siguientes:

- Ser de circuito cerrado.
- Contar con una memoria de cálculo del sistema de red hidráulica contra incendio.
- Contar con un suministro de agua exclusivo para el servicio contra incendios, independiente a la que se utilice para servicios generales.
- Contar con un abastecimiento de agua mínimo de 20 metros cúbicos en la cisterna.

- Contar con un sistema de bombeo para impulsar el agua a través de toda la red de tubería instalada.
- Contar con un sistema de bombeo que debe de tener, como mínimo 2 fuentes de energía, una eléctrica y una de combustión interna y estar automatizado.
- Contar con un sistema de bomba jockey para mantener una presión constante en toda la red hidráulica.
- Contar con una conexión siamesa accesible y visible para el servicio de bomberos, conectada a la red.
- Tener conexiones y accesorios que sean compatibles con el servicio de bomberos.
- Ser sujetos de activación manual o automática.
- Ser sujetos de supervisión o monitoreo para verificar la integridad de sus elementos activadores (válvula solenoide, etc.), así como las bombas.
- Contar con un interruptor que permita la prueba del sistema, sin activar los elementos supresores de incendio.
- todo sistema deberá ser calculado para combatir el mayor riesgo del centro de trabajo.
- Sin estar limitados a ellos, existen los siguientes tipos: sistema de redes hidráulicas, de rociadores con agente extinguidor de agua, bióxido de carbono, polvo químico seco, espumas, sustitutos de halón y agentes limpios.

3.4 Funcionamiento de una bomba contra incendio

Una bomba es un dispositivo empleado para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases, en definitiva son máquinas que realizan un trabajo para mantener un líquido en movimiento. Consiguiendo así aumentar la presión o energía cinética del fluido.

El agua es el principal elemento usado para el combate de los incendios. Para tal efecto aquella debe ser arrojada o rociada al fuego con suficiente fuerza y caudal como para que pueda absorber la parte del calor del incendio que mantiene la combustión. Para lograr ese fin se utilizan principalmente las bombas centrífugas, las cuales nos permiten lograrlo

Las bombas centrífugas son una forma artificial de lograr presión por altura, esto lo consiguen, tal como su nombre lo indica, por centrifugación del agua en su interior, más precisamente en el interior de los impulsores del o los rodetes, los que al girar provocan que el agua tienda a escapar hacia el perímetro de estos, donde es dirigida por la carcasa de la bomba hacia la correspondiente matriz de distribución.

La función del operador de la bomba, sea cuartelero o maquinista, es que quienes estén realizando el ataque del incendio tengan agua en los caudales necesarios para realizar un trabajo eficiente y efectivo. Para lo anterior, se debe conocer la forma correcta y adecuada a cada situación de operar una bomba de incendios.

Figura 28. Sección transversal de una bomba contra incendio



Fig 2: Oído o entrada del rodete con aire, imposible succionar



Fig 2 b: rodete e impulsores de la bomba centrífuga succionando y expulsando.

Como se puede ver en las figuras anteriores, el rodete tiene además impulsores incorporados en su interior, los que por su forma permiten un trabajo más eficiente de la bomba en su conjunto, en esa figura, por motivos de clarificación el impulsor está sin una de sus caras, lo que normalmente se vería es una superficie plana exteriormente.

Factores que influyen en el rendimiento de una bomba centrífuga:

Como ya tenemos una idea general del funcionamiento de estas bombas, veremos a continuación los factores que influyen en su rendimiento; los principales son: altura de aspiración, presión y caudal.

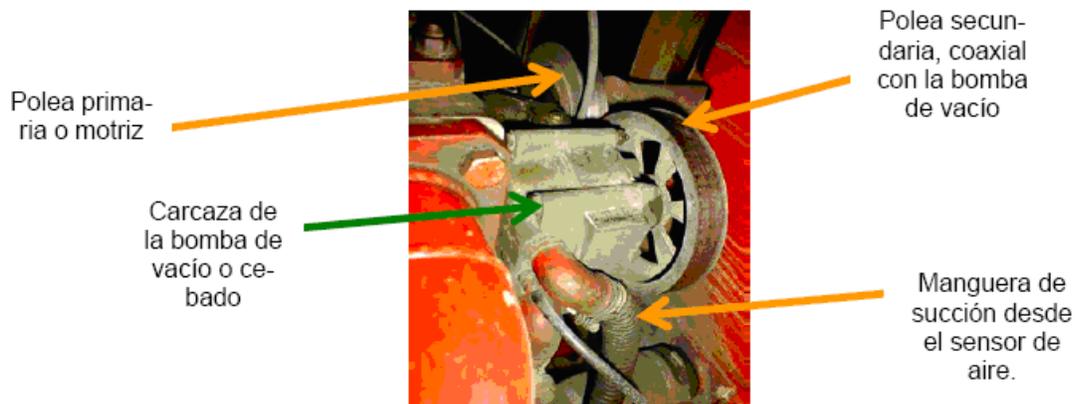
Altura de aspiración: Corresponde a la diferencia de nivel entre la superficie del agua y el eje del o los impulsores de la bomba. Para poder aspirar agua desde un desnivel inferior, como por ejemplo 3,5 metros, una bomba necesita crear en su interior un vacío equivalente. La altura de aspiración máxima teórica es de 10,33 metros de agua al nivel del mar.

Esa equivale a la presión del aire que tenemos sobre nosotros, presión que no nos afecta, no porque estemos acostumbrados sino por que como la recibimos por todos lados de las células de nuestro cuerpo la suma total es cero, ese es el motivo por el cual un globo no se infla al estar abierto, tiene una atmósfera de presión por fuera, y la misma presión por dentro.

Volviendo al ejemplo de 3,5 metros de desnivel, necesitamos que nuestra bomba desarrolle un vacío equivalente, es decir una depresión de -0.35 bar. Pero como la densidad del aire al nivel del mar es 738 veces menor que la del agua, la bomba centrífuga tendría que girar a unas 15000 RPM para poder expulsar el aire del interior de su sistema de aspiración.

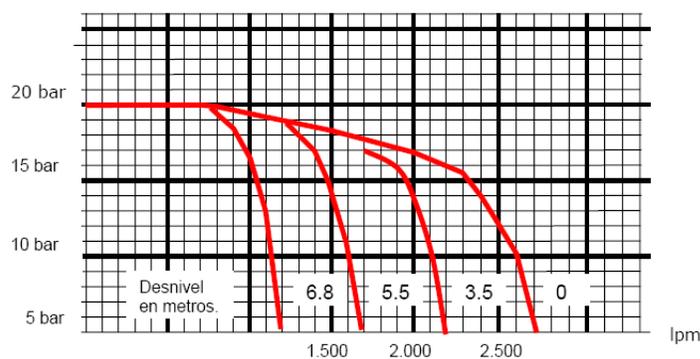
Como lo anterior, por una serie de obvias consideraciones, es poco práctico, se adjunta a la bomba de incendio o centrífuga en este caso, una bomba pequeña, especializada en la extracción de aire, bombas que normalmente puede crear un vacío de -0.8 bar, es decir podría elevar agua hasta unos 8 metros, bombas de mayor vacío se usan en laboratorios.

Figura 29. Bomba de cebado de enganche automático



Curiosamente, la bomba de incendios puede desarrollar un vacío mayor que la bomba de cebado una vez que aquella está succionando agua en altos caudales. Esto se debe a la pérdida por roce producida al circular el agua por la alcachofa.

Figura 30. Curva de rendimiento de una bomba contra incendio



Como podemos apreciar en la curva de rendimiento, a mayor altura de succión menor caudal podrá aspirar y desalojar la bomba. Por otro lado, también si se desea una mayor presión, se pierde capacidad de caudal.

Por lo anterior es que las bombas tienen una capacidad nominal, es decir se ha escogido una serie de factores entrelazados, que influyen en su rendimiento para decir que capacidad tiene una cierta bomba.

La norma europea indica que la capacidad de la bomba debe ser expresada de acuerdo a los litros por minuto que puede desalojar con una altura de aspiración de 3,5 mts.

La norma americana (NFPA 1901) indica que la capacidad de la bomba debe ser expresada de acuerdo a los GPM que puede desalojar con una altura de aspiración de 10 pies, 150 libras por pulgada cuadrada de presión de salida. Esto queda en: $GPM = 3.78$ litros por minuto, 10 pies = 3 metros y 10.33 bar o 10 atmósferas de presión.

3.5 Suministro de Agua dentro de la planta de panificación

La red contra incendio es independiente de cualquier otra (entiéndase agua normal) y en condiciones críticas debe funcionar sin ningún contratiempo, cuenta con una reserva en la cisterna que nunca debe ser utilizada con otro fin.

Para lograr esto se han instalado la succión a una altura de 20 centímetros del fondo de la cisterna, mientras que la succión del agua normal esta a una altura de 120 centímetros.

3.6 Diagrama

Figura 31. Diagrama de suministro de combustible en la planta de panificación

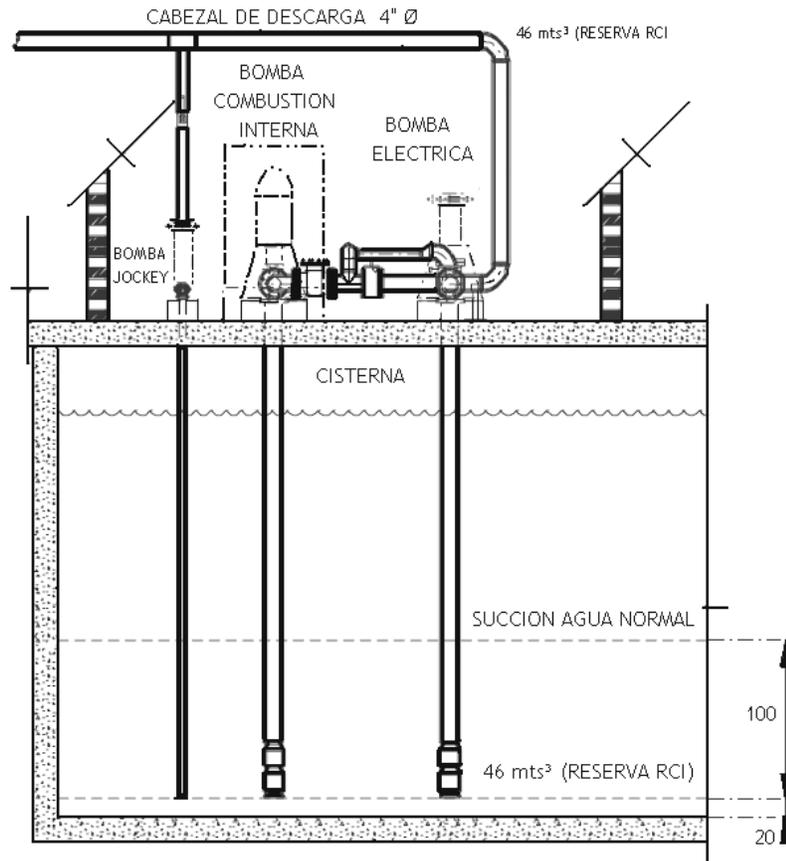
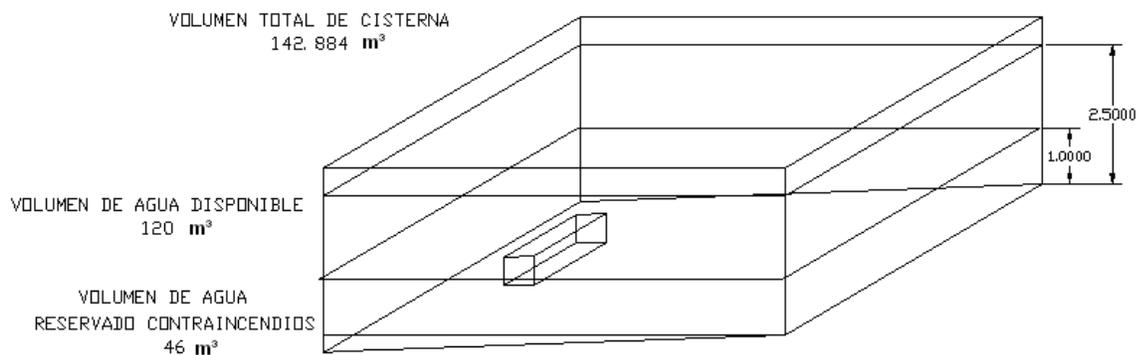


Figura 32. Cisterna para la red contra incendios de la planta de panificación



Con esta reserva de agua se puede mantener un gasto de 100 GPM (Según NFPA 14) durante 2 horas. Tiempo suficiente para que llegue el apoyo de los bomberos de la localidad en caso de emergencia.

3.7 Suministro de combustible Diesel dentro de la planta de panificación.

El tanque de suministro de combustible diesel de la planta deberá tener capacidad por lo menos igual a 1 galón de HP (5.07 L/kW), mas 5 por ciento de volumen por expansión y 5 por ciento de volumen por el sumidero. Pueden requerirse tanques de mayor capacidad y deberán determinarse por medio de las condiciones que prevalezcan, tales como ciclo de relleno y calentamiento del combustible debido a recirculación y deberán estar sujetos a condiciones especiales en cada caso. El tanque de suministro de combustible diesel de la planta deberá reservarse exclusivamente para el motor diesel de la bomba contra incendio.

Para las tuberías de combustible diesel deberán de utilizarse mangueras flexibles resistentes a la flama, certificadas para este servicio en el motor para conexión a la tubería del sistema de combustible diesel. No deberá haber válvula de cierre en la línea de retorno de combustible al tanque.

El tanque de suministro de combustible diesel para el sistema de red contra incendio tendrá una capacidad para 100 litros de combustible necesarios para mantener funcionando el motor diesel 10 horas continuas de trabajo.

3.8 Diagrama.

Figura 33. Tanque de suministro de combustible Diesel para la red contra incendio



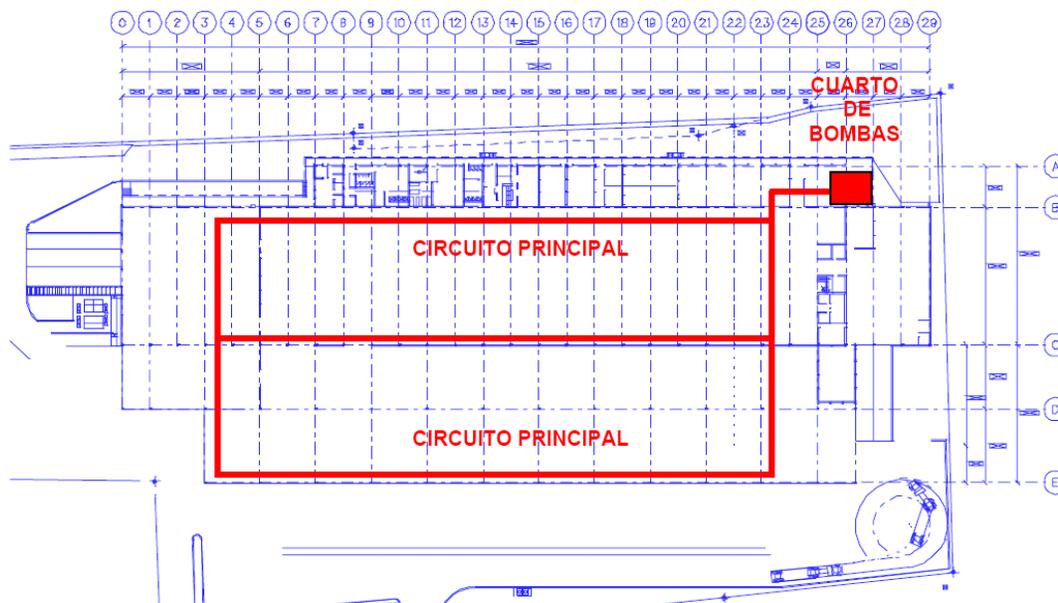
3.9 Tuberías de descarga, succión y sus accesorios

Descripción de la trayectoria de tuberías:

Esta red comienza en el cuarto de bombas, que es donde se genera el servicio. Utilizando un cabezal de descarga de las bombas en 3 pulgadas de diámetro, este corre paralelo a el eje “B”, hasta llegar a el eje “23”, en donde gira 90 grados para entrar a la nave de producción, una vez dentro comienza su trayectoria principal a la cual formara un circuito cerrado (anillo), conservando el diámetro de 3 pulgadas.

De este circuito principal dependerá el total de las estaciones fijas de manguera instaladas en la fábrica, las cuales están colocadas estratégicamente para cubrir en su totalidad todas las áreas de la fábrica. Cada derivación denominada secundaria es de 2 pulgadas de diámetro.

Figura 34. Diagrama de trayectoria de tuberías de agua



Accesorios:

A continuación se especifican los materiales empleados en la tubería para el sistema de red contra incendio de la planta de panificación según las normas N.F.P.A 14 y N.F.P.A 20.

Tubería:

Tubería de 2 Pulgadas y menor

Acero al carbón ASTM A-53, Grado A o B, Cedula 40, galvanizado, con costura, extremos planos con rosca.

Tubería 2 ½ pulgada y mayor

Acero al carbón ASTM A-53, Grado B, Cedula 40, fierro negro, con costura, extremos biselados para soldar.

Válvulas:

Válvulas de Bola o Esfera de 2 pulgadas 300 lb./pulg², cuerpo de bronce, bola de bronce, asientos de teflón, cierre de 90 grados, extremo roscados.

Figura 35. Válvula tipo bola



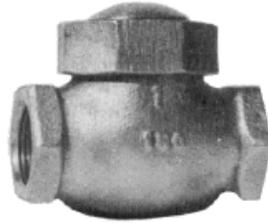
Válvula de globo de 2 pulgadas y menor 300 lb./pulg², extremos roscados, cuerpo de bronce, asiento de bronce, vástago saliente.

Figura 36. Válvula tipo globo



Válvula de Retención de 2 pulgadas y menor 300 lb./pulg², extremos roscados, cuerpo de bronce, disco de teflón y porta disco de bronce, tipo columpio en tuberías horizontales y deslizante en tuberías verticales.

Figura 37. Válvula de retención



Válvula de Pie (pichincha), construcción en hierro gris, vástago y resorte de acero inoxidable.

Figura 38. Pichincha



Válvula de Retención de 2 ½ pulgadas y mayor 150 lb./pulg², extremos bridados F-F, cuerpo de hierro, interiores de bronce, asiento y disco renovables. Tipo columpio en tuberías horizontales y deslizantes en tuberías verticales.

Figura 39. Válvula de retención



Bridas:

Usar cara igual a la brida a que se va a conectar en los equipos, válvulas y accesorios. El diámetro interior de las bridas de cuello deberá especificarse y ser igual al diámetro de la tubería de que se trate.

| | |
|---------------------------|--|
| 2 pulgadas y menor | 300 lb/pulg ² , roscada F-F, acero forjado ASTM A-181-1, cara plana. |
| 2 ½ pulgadas a 4 pulgadas | 150 lb/pulg ² , cuello soldable F-F, acero forjado ASTM A-181-1, cara plana. |

Conexiones:**Tees, codos, coples, etc. De 2 pulgadas y menor:**

300 lb./pulg², extremos roscados, hierro maleable ASTM A-197. Galvanizados (Codos de radio largo, mínimo 1.5 veces el diámetro).

Tees, codos, etc. 2 ½ pulgadas y mayor:

150 lb./pulg², soldables acero forjado ASTM A-234, Cedula 40, (codos de radio largo mínimo 1.5 veces el diámetro.).

Tuercas unión de 2 pulgadas y menor:

300 lb./pulg², roscadas, hierro maleable ASTM A-197, galvanizadas, asientos de bronce a hierro.

Unión de Tubería de 2 pulgadas y menor:

Se usara cople, 300 lb./pulg², extremos roscados, hierro maleable ASTM A-197, galvanizados.

Unión de tubería de 2 ½ pulgadas y mayor:

Soldadas a tope o con bridas en caso de requerirse para mantenimiento. Se pedirán en el lugar de la obra.

Reducciones de 2 pulgadas y menor:

300 lb./pulg², campanada roscadas, concéntricas, hierro maleable ASTM A-197.

Reducciones de 2 pulgadas y mayor:

150 lb./pulg², campana soldable, acero forjado ASTM A-234, Cedula 40, (Concéntricas en tuberías verticales y excéntricas en tuberías horizontales.).

Tapones:

Diámetro de 2 pulgadas y menor:

300 lb./pulg², tipo hembra, roscado, hierro maleable.

Diámetro de 2 ½ pulgadas y mayor:

150 lb./pulg², bridas ciegas F-F, acero forjado ASTM A-181-1.

Tornillos:

Todos los tornillos que se utilizaran en la instalación de las maquinas deben de cumplir con tornillos de cabeza hexagonal, acero ASTM A-307-B; Tuercas hexagonales, Acero ASTM A-194, grado 2 H, arandelas planas y de presión.

Empaques:

En todas las bridas deberán de ir empaques con las siguientes condiciones: Asbesto comprimido, 1/16 pulgadas de espesor, tipo anillo para bridas R.F y cara completa en juntas F-F.

Figura 40. Empaque de asbesto



Accesorios especiales:

Estación de manguera: Gabinete prueba de intemperie, dimensiones: fondo 17 cms; ancho 50 cms; Alto 75 cms; con porta manguera, puerta con marco para colocar acrílico, cerradura con 2 llaves. Todos los gabinetes abren con la misma llave. Acabado interior y exterior con fondo anticorrosivo y esmalte rojo igual a la red contra incendios.

Cada gabinete cuenta con las siguientes partes:

Válvula de globo: en ángulo de 90 grados, de 2 pulgadas de diámetro, roscada, toda de bronce, reducción de bushing galvanizada de 2 pulgadas para conectar manguera.

Manguera: material de poliéster, forradas interiormente con hule, diámetro de 1 ½ de pulgada, cople y nicle de bronce y longitud de 30 metros.

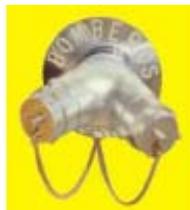
Boquerel con chiflón tipo chorro: material de bronce, que tenga en su punto de descarga un orificio de diámetro de 1 ½ pulgadas.

Manómetro: Cada manómetro cuenta con las siguientes partes:

- Válvula de aguja o Llave T (para dar servicio a manómetro) presión máxima de 20 kg/cm² de latón.
- Manómetro con carátula de 3 pulgadas de diámetro, conexión inferior de 3/8 de pulgada, relleno de glicerina.
- Sifón o cola de cochino de 3/8 pulgadas.

Toma siamesa: Deberá ser una toma con dos bocas roscadas, del diámetro y rosca utilizada por los bomberos de la localidad. Deberá de contar con válvulas redentoras en cada boca, material de bronce, totalmente cromada y con tapas aseguradas con cadena.

Figura 41. Toma siamesa



3.10 Diagrama

Figura 42. Manómetro instalado al sistema de red contra incendio



Figura 43. Hidrante instalado con sus accesorios.



3.11 Sistemas de rociadores automáticos según norma N.F.P.A. 14

El disparo de los rociadores se efectuará siempre automáticamente al actuar el calor sobre ellos, pudiendo utilizarse el sistema de acción previa combinando la acción de esta instalación con la de un sistema de detección.

Para que una zona se pueda considerar protegida por una instalación de rociadores, deberá quedar constituida como sector de incendio, con una resistencia al fuego de sus elementos delimitadores de 90 minutos como mínimo.

Los rociadores automáticos de agua son aconsejables en los locales siguientes: archivos de documentos, banco de datos y almacenes de material de oficina en los que se prevea la existencia de un volumen de materias combustibles mayor a 100 m³, locales de imprenta o de reprografía, almacenes de mobiliario y talleres de mantenimiento en los que se prevea la manipulación de productos combustibles, cuyo volumen sea mayor de 500 m³.

Este sistema de rociadores debe tener las siguientes características:

Tipo: cabezas rociadoras de disparo individual y automático, conectadas a una conducción de agua fría independiente, capaz de soportar una presión no inferior a 1450 metros de columna de agua y compuesta de toma de agua en la red general independiente de la fontanería del edificio.

Material: de bronce o latón, con extremo roscado para su unión a la conducción y provisto de deflector para difusión del chorro de agua. Irá provisto de un dispositivo que abrirá el paso del agua, cuando una señal, regulada por los detectores de humo, abra la electroválvula del ramal correspondiente.

Diámetro nominal: 15 milímetros.

Distribuidor: canalización horizontal desde la toma o depósito, hasta el pie de la columna con llave de paso y válvula de retención. Su diámetro será igual a la mayor de las derivaciones.

Columna: canalización vertical desde el distribuidor hasta las derivaciones. Su diámetro será igual a la mayor de las derivaciones.

Derivación: canalización propia de cada planta desde la columna hasta los rociadores. A la salida de la columna se colocará un equipo de alarma provisto de timbre hidráulico que entrará en funcionamiento cuando se dispare algún rociador.

El equipo de alarma dispondrá de un prestató, conectado mediante línea de señalización, con la central de señalización de rociadores que permita localizar el equipo que está en funcionamiento.

Rociador: acoplado a la derivación. No se pondrán más de 4 rociadores en línea. Toma de alimentación: en la fachada. Permitirá, mediante canalización, alimentar la instalación por medio de la red contra incendios independiente instalada en toda la planta y que suministra mediante un tanque, un grupo motor-bomba y otro de presión a todos los edificios la conexión al "anillo" contra incendios.

Dicha canalización será de igual diámetro y llevará llave de paso y válvula de retención. Se podrá alimentar la instalación desde una red general de incendios común a otras instalaciones de protección, siempre que en el cálculo del abastecimiento se hayan tenido en cuenta los mínimos requeridos por cada una de las instalaciones que han de funcionar simultáneamente.

La toma de alimentación de la instalación se efectuará en la red general, independiente de cualquier otro uso y sin disponer contadores de dicha toma ni válvulas cerradas.

En este caso se preverá en la fachada una toma de alimentación que permitirá el abastecimiento por los equipos de servicio de Extinción de Incendios, en un eventual corte de suministro de la red general.

La instalación se someterá a prueba de estanqueidad y resistencia mecánica y a una presión hidrostática igual a la máxima presión de servicio más 3.5 kg/cm² y con un mínimo de 14 kg/cm², manteniendo dicha presión de prueba durante dos horas y no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación. Los rociadores de agua se colocarán en el techo con la salida de agua enfocada hacia abajo y con una distancia máxima entre ellos de 12 metros.

Tipos de instalaciones de rociadores:

El tipo de instalación de rociadores automáticos se establece por la forma en que el agua se encuentra disponible para actuar como agente extintor y por su proyección en el espacio protegido.

Podemos distinguir cuatro tipos de sistemas:

Instalaciones de tubería mojada: el agua a presión rellena los conductos a la espera de proyectarse, solamente, por los rociadores activados. Es el sistema más eficaz, seguro y simple al condicionarse su eficacia al propio equipo. Se ubican en zonas donde no exista riesgo de heladas.

Instalaciones de tubería seca: la instalación se encuentra presurizada con aire o nitrógeno; el agua comienza a circular cuando disminuye la presión por abertura de un rociador, lo cual se produce al detectarse el fuego.

Solamente se proyecta por los rociadores activados. Adecuada para zonas con riesgo de heladas.

Instalaciones de inundación o diluvio: las tuberías se mantienen presurizadas sin agua hasta que sistema de detección ajeno provoca la apertura de la válvula de diluvio.

El agua llena los conductos y se proyecta de inmediato por todos los rociadores o boquillas de la instalación.

Instalaciones de acción previa: la detección del fuego es realizada por un sistema ajeno, el cual provoca la entrada de agua en las instalaciones de tubería seca, pero no se descarga hasta que el iniciador del rociador se activa.

Componentes de la instalación:

Los componentes principales de un sistema automático de rociadores son:

Cabezas rociadoras: su misión es hacer que el agua sea proyectada y expandida por la zona donde se ha activado el rociador. También se las denomina "*sprinklers*".

Ramales: tuberías provistas de orificios en los que se acoplan los rociadores.

Colectores: tuberías de las que parten los ramales.

Tuberías de distribución: transportan el agua desde la tubería vertical a hasta los colectores.

Tubería vertical o ascendente: conecta con la fuente de abastecimiento de agua.

Válvula de alarma: situada en la tubería vertical facilita o impide la entrada de agua en el sistema de tuberías.

Además de los elementos enunciados, propios de cualquier sistema de rociadores, es conveniente implantar un centro de control desde el que se puedan gobernar las

instalaciones o contratar con una central de recepción de alarmas los servicios de atención y respuesta ante incidencias.

Otro elemento imprescindible a considerar, tanto en diseño como en implantación, es el referido a las fuentes de abastecimiento de agua, que deben garantizar permanentemente un caudal suficiente y una capacidad sobrada para extinguir el fuego.

Tipos de rociadores:

Teniendo en cuenta la diversidad de componentes de los rociadores y sus posibilidades de instalación existen diferentes clasificaciones:

Por el tipo de deflector:

Convencionales: proyectan el agua hacia el techo (gota gorda).

Pulverizador: proyecta el agua pulverizada hacia el suelo.

Gota gorda: agua pulverizada en forma de gota gorda.

De pared: proyectan el agua para no dañar las paredes o muros.

Por la temperatura de activación fijada: los fabricantes emplean diferentes colores (blanco, rojo, naranja, amarillo, etc.) en los elementos termosensibles para distinguir el grado de temperatura. Según el tipo de elemento termosensible:

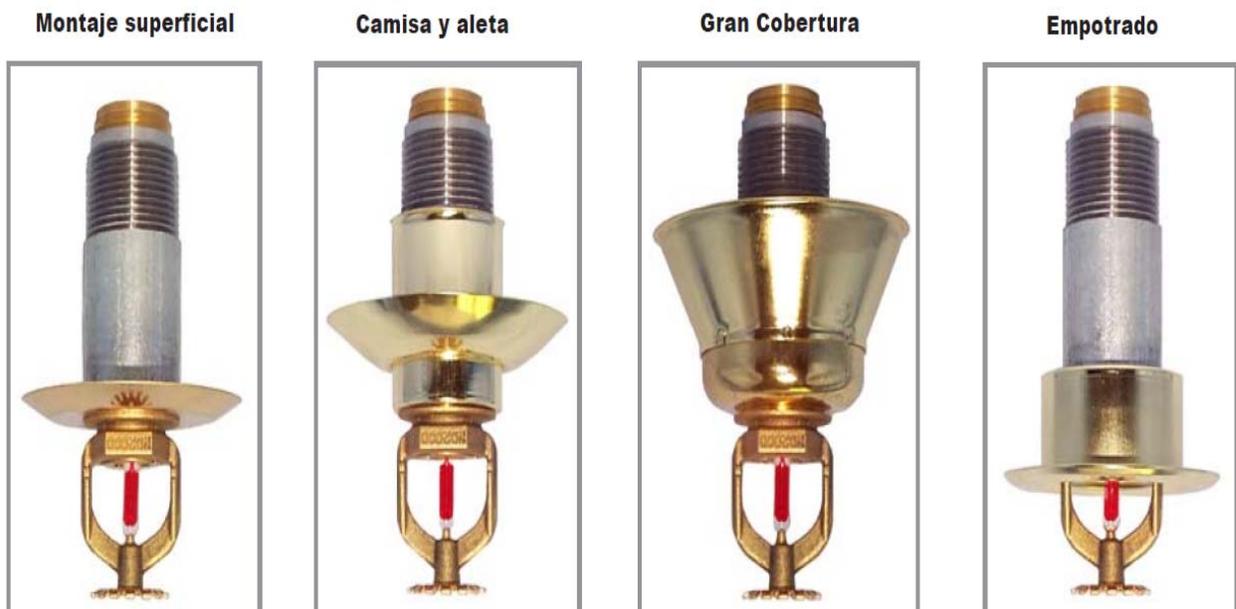
- Metálicos.
- De ampolla de vidrio.
- Bimetálicos.

- Por la posición:
- Montantes: instalados sobre el ramal.
- Colgantes: situados por debajo del ramal.
- Horizontales: colocados en paredes o muros.

Dependiendo del calibre del orificio de descarga: cuyo diámetro suele oscilar entre 9,5 milímetros y 16.3 milímetros (comúnmente llamados de "gota gorda").

- Por el tiempo de respuesta:
- De respuesta ordinaria.
- De respuesta rápida.

.Figura 44. Tipos de rociadores automáticos



3.12 Controladores de las bombas eléctricas.

La función básica del Controlador de Bomba Contra Incendios es la de arrancar el motor de la bomba para mantener la presión del sistema de agua. Esto se puede realizar en controladores automáticos, arrancándose automáticamente el motor de la bomba por medio de una baja de presión del agua en la cañería principal, o por medio de varias otras señales de demanda.

Los controladores manuales deben ser arrancados manualmente, mientras que el controlador automático puede ser arrancado automáticamente o manualmente. Todos pueden ser arrancados por medios manuales remotos, pero no se pueden parar por control remoto. El controlador automático puede ser programado para pararse automáticamente, o para requerir un paro manual después de un arranque automático.

Funciones:

Arranque automático por:

- Las Tuberías de agua.
- Operación de la Válvula de Flujo.
- Pérdida de energía de alarma remota

Alarma y señales:

Indicación remota de operación de la bomba: Un juego de contactos normalmente abiertos (N.O.) y normalmente cerrados (N.C.) localizados en el controlador operarán cuando la bomba esté funcionando.

Pérdida de energía al controlador: Un contacto unipolar de dos vías (SPDT) localizado en el controlador funciona para pérdida de corriente, pérdida de fase, o bajo voltaje.

Inversión de fase de energía al controlador: Un contacto unipolar de dos vías (SPDT) localizado en el controlador funciona para inversión de fase de energía al controlador.

Corriente de motor sobrepasa el 125% de la normal: Un contacto unipolar de dos vías (SPDT), localizado en el controlador, funciona cuando la corriente del motor sobrepasa al 125% de la normal.

Luz piloto de corriente encendida en el controlador: Esta luz estará encendida cuando ambos, el interruptor aislador y el cortacircuito del controlador están cerrados, indicando que hay corriente disponible y el controlador está listo para operar.

Luz piloto de inversión de fase: Esta luz piloto estará encendida cuando exista una inversión de fase en la energía al controlador.

Cierre de motor: Cuando un sistema de impulse del motor se utiliza como repuesto, se facilita un contacto auxiliar normalmente abierto (N.O.) en el contactor del motor, para evitar el arranque de la máquina si el motor eléctrico está funcionando.

Cierre de motor eléctrico: El cierre de motor eléctrico es utilizado generalmente en conjunción con el cierre de motor mencionado anteriormente. Si el motor está funcionando debido a pérdida de corriente, u otras razones, el motor eléctrico puede bloquearse hasta que la máquina se apague.

Arranque secuencial: Esta característica opcional se provee para instalaciones múltiples de bombas contra incendios. Esta estipulación controla el arranque de los motores de bomba por medio de intervalos de tiempo predeterminados, para evitar que todos los motores se enciendan de una vez.

Componentes principales del controlador:

- Interruptor aislador.
- Cortacircuito.
- Monitor de sobrecorriente.
- Contactor.
- Interruptor de presión.

La línea de entrada está conectada directamente al interruptor aislador. Desde ahí, se suministra corriente al cortacircuito, y después al contactor. Ambos, el interruptor aislador y el cortacircuito estarán normalmente cerrados. El contactor se opera manualmente o automáticamente para arrancar el motor.

3.13 Controladores de las bombas de combustión

La función básica del controlador de bomba contra incendio, accionada por motor diesel, es la de arrancar el motor automáticamente si ocurre una bajada de presión en la cañería maestra de agua, o por otras señales de demanda. Este controlador proporciona ciclos automáticos de arranque, protección a través de alarmas y/o alarma y paro, por varias fallas del motor. La forma de detener el motor, después de haber cumplido el período de demanda, puede ser manual o automático. Este controlador incluye un temporizador para pruebas semanales a través de un arranque automático.

Funciones:

En el controlador se han dispuesto equipos para proporcionar las siguientes funciones:

Arranque automático a partir de:

- Baja de presión en la línea de agua.
- Pérdida de la salida del cargador de baterías (si esta habilitado).
- Operación en algún dispositivo de arranque remoto, tales como interruptor de arranque remoto, interruptor de la válvula de diluvio, interruptor de alarma de incendio, etc.
- Temporizador para prueba semanal.

3.14 Encendido automático y control de las bombas

El control detecta la presión del sistema por medio de dos interruptores de presión (externos) que deberán ser precalibrados como sigue:

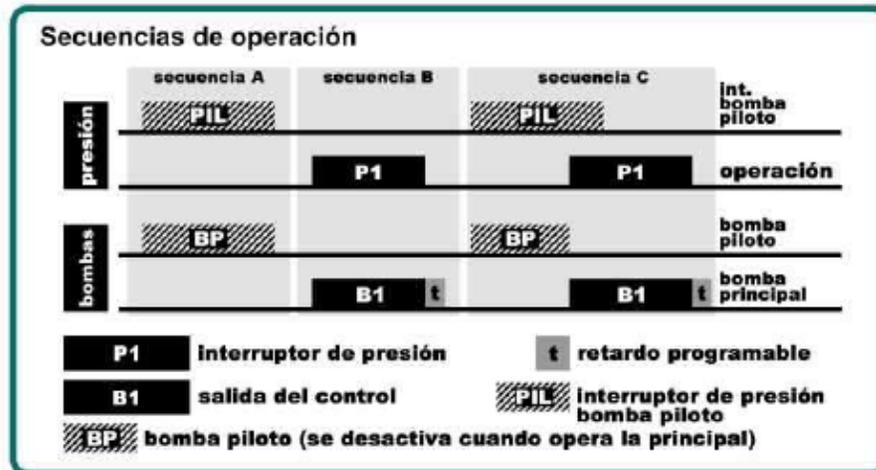
P1 (Bomba piloto) corte a máxima presión; arranque a la presión delimitada en el proyecto.

P2 (Bomba principal) corte a máxima presión; arranque a la presión delimitada en el proyecto.

En cada ciclo de trabajo la bomba principal (P1) estará operando exclusivamente para presurizar el sistema; cuando la presión decrezca (activando el interruptor de presión P2) se activara la bomba principal (desactivándose la bomba piloto). Una vez que la presión del sistema se eleve al rango de máxima presión se activa el retardo de

paro, graduable de 0 a 60 segundos; una vez transcurrido este tiempo la bomba principal se desactivará completamente.

Figura 45. Secuencia de operación de la bomba principal y la bomba jockey



3.15 Cálculos hidráulicos

Datos para el cálculo:

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Requerimiento de agua: | 100 GPM |
| Presión (Manométrica): | 7.00 kg/cm² |
| Presión (Atmosférica): | 84753.1 N/m |

Datos generales:

| | |
|---|-----------------------------|
| Diámetro Nominal: | 3 Pulgadas |
| Q = Gasto volumétrico: | 0.04719 m ³ /seg |
| D = Diámetro interior de la tubería: | 0.078 m |
| A = Área interior de la tubería: | 0.0048 m ² |
| L = Longitud del tramo: | 2.00 metros |
| f = Factor de fricción (diámetro propuesto) | 0.018 ADIMENSIONAL |
| Pi = Presión inicial absoluta: | 771,222 N/m ² |

T = Temperatura absoluta: 303.00 K

Le = Longitud equivalente: 1.66 mts

Propiedades del fluido:

μ = Viscosidad absoluta: 0.0000010 N s /m²

R= Constante individual: 426.00 J/kg K

ρ = Densidad: 998.20 kg/m²

Cálculo de la velocidad del fluido en la tubería:

Para obtener la Velocidad del fluido se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{A}$$

V= Velocidad del fluido: 1.32 m/seg.

Cálculo del Número de *Reynolds* y definición de tipo de flujo:

Para obtener el Número de *Reynolds* se utiliza la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{V D \rho}{\mu}$$

Re = Número de *Reynolds*: 102, 879,844 ADIM

Re \leq 2,000 Flujo laminar

Re \geq 4,000 Flujo turbulento

Aplicando la sumatoria para encontrar la longitud equivalente por accesorios en todos los tramos:

$$Le_t = \sum_1^n Le_i$$

Longitud equivalente por accesorios en tramos: 1.66 metros.

Acotaciones:

$$\Delta p \leq 30.00 \text{ PSI}$$

Con una velocidad recomendada del fluido de:

$$V \leq 1.5 \text{ (m/seg.)}$$

Se resumen los cálculos y los datos de los accesorios en las siguientes tablas para la mejor comprensión de datos y por área de todo el sistema de distribución de red contra incendio.

Presión atmosférica: 84,753.1 N/m² (Pas)

Presión manométrica: 7.00 kg/cm²

Presión absoluta: 771,222.1 N/m² (Pas)

$$\Delta p = \left[\frac{f (L + Le) \cdot V^2 \rho}{2 D} \right] = \frac{N}{m^2}$$

Tabla V. Cálculos hidráulicos por tramos

Fluido: Agua Red vs Incendio
 Vel recom m/s

| Tramo | Long m | Ø Nom. inch | Gasto GPM | V m/s | ΔP psi | Reinolds 152,978 | Leq. m | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L |
|-------|-----------|----------------|--------------|----------|-----------|---------------------|-----------|-----|-----|----|----|------|------|------|------|------|-----|------|
| T05 | 15 | 3 | 100 | 1.32 | 0.6971 | 103065 | 8.83 | | 4 | | | | | | | | | |
| T06 | 2 | 3 | 100 | 1.32 | 0.1071 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T07 | 23 | 2 | 100 | 2.91 | 12.3723 | 152978 | 32.63 | | 4 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T08 | 26 | 3 | 100 | 1.32 | 0.8090 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T08A | 2 | 3 | 100 | 1.32 | 0.1222 | 103065 | 2.18 | | | 1 | | 1 | | | | | | |
| T09 | 18 | 2 | 100 | 2.91 | 11.2603 | 152978 | 32.63 | | 4 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T10 | 30 | 3 | 100 | 1.32 | 0.9420 | 103065 | 2.21 | | | 1 | | | | | | | | |
| T11 | 4 | 2 | 100 | 2.91 | 8.1466 | 152978 | 32.63 | | 4 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T12 | 1 | 3 | 100 | 1.32 | 0.0779 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T12A | 15 | 3 | 100 | 1.32 | 0.4873 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T12B | 10 | 3 | 100 | 1.32 | 0.3411 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T12C | 22 | 3 | 100 | 1.32 | 0.7594 | 103065 | 3.97 | 2 | | 1 | | | | | | | | |
| T12D | 4 | 2 | 100 | 2.91 | 7.8088 | 152978 | 31.11 | | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T12E | 24 | 3 | 100 | 1.32 | 0.7505 | 103065 | 1.66 | | 0 | 1 | | | | | | | | |
| T13 | 40 | 2 | 100 | 2.91 | 15.1861 | 152978 | 28.28 | 0 | 3 | 1 | | | 1 | | | | | 1 |
| T14 | 11 | 3 | 100 | 1.32 | 0.5082 | 103065 | 6.38 | | | | 1 | 1 | | | | | | |
| T15 | 4 | 2 | 100 | 2.91 | 7.4709 | 152978 | 29.59 | 0 | 2 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T16 | 13 | 3 | 100 | 1.32 | 0.4288 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T16A | 24 | 3 | 100 | 1.32 | 0.8151 | 103065 | 3.87 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| T16B | 10 | 2 | 100 | 2.91 | 9.1432 | 152978 | 31.11 | 0 | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T16C | 42 | 3 | 100 | 1.32 | 1.2921 | 103065 | 2.18 | | | 1 | | 1 | | | | | | |
| T16D | 4 | 2 | 100 | 2.91 | 7.4709 | 152978 | 29.59 | 0 | 2 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T16E | 14 | 3 | 100 | 1.32 | 0.4581 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T16F | 10 | 2 | 100 | 2.91 | 9.1432 | 152978 | 31.11 | 0 | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T16G | 24 | 3 | 100 | 1.32 | 0.9380 | 103065 | 8.07 | | 1 | | 1 | | | | | | | |
| T17 | 139 | 3 | 100 | 1.32 | 4.7536 | 103065 | 23.53 | 0 | 8 | | 1 | | | | | | | |
| T17A | 15 | 2 | 100 | 2.91 | 9.9173 | 152978 | 29.59 | 0 | 2 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T18 | 20 | 3 | 100 | 1.32 | 0.9502 | 103065 | 12.49 | 0 | 3 | | 1 | | | | | | | |
| T19 | 15 | 2 | 100 | 2.91 | 10.2552 | 152978 | 31.11 | 0 | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T20 | 14 | 3 | 100 | 1.32 | 0.4741 | 103065 | 2.21 | | 1 | | | | | | | | | |
| T20A | 36 | 3 | 100 | 1.32 | 1.2889 | 103065 | 8.07 | 0 | 1 | | 1 | | | | | | | |
| T21 | 6 | 2 | 100 | 2.91 | 8.2536 | 152978 | 31.11 | 0 | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T22 | 25 | 3 | 100 | 1.32 | 0.7949 | 103065 | 2.18 | | | 1 | | 1 | | | | | | |
| T23 | 6 | 2 | 100 | 2.91 | 8.2536 | 152978 | 31.11 | 0 | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T24 | 25 | 3 | 100 | 1.32 | 0.7798 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T25 | 2 | 3 | 100 | 1.32 | 1.3804 | 103065 | 45.20 | 0 | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T25A | 2 | 3 | 100 | 1.32 | 0.1071 | 103065 | 1.66 | | | 1 | | | | | | | | |
| T25B | 16 | 3 | 100 | 1.32 | 0.6458 | 103065 | 6.08 | | 2 | 1 | | | | | | | | |
| T25C | 3 | 3 | 100 | 1.32 | 0.0877 | 103065 | 0.00 | | | | | | | | | | | |
| T25D | 25 | 2 | 100 | 2.91 | 12.4792 | 152978 | 31.11 | | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T26 | 36 | 3 | 100 | 1.32 | 1.2307 | 103065 | 6.08 | | 2 | 1 | | | | | | | | |
| T27 | 6 | 2 | 100 | 2.91 | 8.2536 | 152978 | 31.11 | | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T28 | 13 | 3 | 100 | 1.32 | 0.5580 | 103065 | 6.08 | | 2 | 1 | | | | | | | | |
| T29 | 1 | 3 | 100 | 1.32 | 0.2007 | 103065 | 5.86 | | | | 1 | | | | | | | |
| T30 | 6 | 2 | 100 | 2.91 | 8.2536 | 152978 | 31.11 | | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| T31 | 6 | 2 | 100 | 2.91 | 8.2536 | 152978 | 31.11 | | 3 | | 1 | | 1 | | | | | 1 |

Tabla VI. Cálculos hidráulicos de tramo T17A y T16B

Red vs Incendio

Presión de manométrica de la red 100 lb/in2
 Presión mínima Residual 64 lb/in2
Ref: NFPA 14

TRAMO FINAL **T17A** Est. De Manguera No **20**
 DESCRIPCIÓN **SILOS EXTERIORES**

| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L |
|-------|--------|-----------|-----------|-------|-----------|--------|-----|-----|----|----|------|------|------|------|------|-----|------|
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16G | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.93796 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16E | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.45807 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16C | 42 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.29206 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16A | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.81514 | 3.8707 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T17 | 139 | 3 | 100.00 | 1.32 | 4.75357 | 23.531 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T17A | 15 | 2 | 100.00 | 2.91 | 9.91728 | 29.592 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | 273 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|----------------------------------|-------|
| Caida de presion por tramos | 18.87 |
| Caida de presion extra (Cabezal) | 2.50 |
| Carga Estatica | 5.50 |
| Caida de presion Total Δp= | 26.87 |

Presion Residual ok 72.67 lb/in2 5.11 kg/cm2

TRAMO FINAL **T16B** Est. De Manguera No **17**
 DESCRIPCIÓN **ALMACEN DE MATERIAS PRIMAS**

| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L |
|-------|--------|-----------|-----------|-------|-----------|--------|-----|-----|----|----|------|------|------|------|------|-----|------|
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16G | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.93796 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16E | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.45807 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16C | 42 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.29206 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16B | 10 | 2 | 100.00 | 2.91 | 9.14317 | 31.111 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | 105 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|----------------------------------|-------|
| Caida de presion por tramos | 12.53 |
| Caida de presion extra (Cabezal) | 2.50 |
| Carga Estatica | 5.50 |
| Caida de presion Total Δp= | 20.53 |

Presion Residual ok 79.01 lb/in2 5.55 kg/cm2

Tabla VII. Cálculos hidráulicos de tramo T16D y T16F

| TRAMO FINAL | | T16D | | Est. De Manguera No | | 18 | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------------|--------------|---------------------|------------------|-----------|------------------|-----|----|----|--------------|------|------|------|--------|-----|------|--|--|
| DESCRIPCIÓN | | EXTERIOR PLANTA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L | | |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| T16G | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.93796 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| T16E | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.45807 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| T16D | 4 | 2 | 100.00 | 2.91 | 7.47086 | 29.592 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | |
| | 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion por tramos | | | | | 9.56 | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion extra (Cabezal) | | | | | 2.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Estatica | | | | | 5.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion Total | | | | | Δp= 17.56 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Presion Residual | | ok | | 81.98 lb/in2 | | 5.76 | | kg/cm2 | | | | |

| TRAMO FINAL | | T16F | | Est. De Manguera No | | 19 | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------------|--------------|---------------------|------------------|-----------|------------------|-----|----|----|--------------|------|------|------|--------|-----|------|--|--|
| DESCRIPCIÓN | | TALLER OPERACIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L | | |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| T16G | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.93796 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| T16F | 10 | 2 | 100.00 | 2.91 | 9.14317 | 31.111 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | |
| | 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion por tramos | | | | | 10.78 | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion extra (Cabezal) | | | | | 2.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Estatica | | | | | 5.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion Total | | | | | Δp= 18.78 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Presion Residual | | ok | | 80.76 lb/in2 | | 5.68 | | kg/cm2 | | | | |

Tabla VIII. Cálculos hidráulicos de tramo T17A y T16B

| TRAMO FINAL | | T25D Est. De Manguera No 12 | | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------|-----------|-------------|-----------|--------|-----|-----|----|----|------|------|------|------|------|-----|------|--------------|--|--|
| | | PRODUCCION | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L | | | |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T06 | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.1071 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T08 | 26 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.80904 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T08A | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.12218 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T18 | 20 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.95017 | 12.487 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T20 | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.47406 | 2.2087 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T20A | 36 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.28893 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T22 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.79486 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T24 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.77979 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T25A | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.1071 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T25A | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.1071 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T25B | 16 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.64576 | 6.0793 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T25D | 25 | 2 | 100.00 | 2.91 | 12.4792 | 31.111 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion por tramos | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19.36 | | |
| Caida de presion extra (Cabezal) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2.50 | | |
| Carga Estatica | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5.5 | | |
| Caida de presion Total Δp= | | | | | | | | | | | | | | | | | | 27.36 | | |

Presion Residual ok **72.18** lb/in2 **5.07** kg/cm2

| TRAMO FINAL | | T25C Est. De Manguera No 11 | | DESCRIPCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------------------------------|-----------|-------------|-----------|--------|-----|-----|----|----|------|------|------|------|------|-----|------|--------------|--|--|
| | | SERVICIOS EXT. DE PRODUCCION | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L | | | |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T06 | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.1071 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T08 | 26 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.80904 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T08A | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.12218 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T18 | 20 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.95017 | 12.487 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T20 | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.47406 | 2.2087 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T20A | 36 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.28893 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T22 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.79486 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T24 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.77979 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T25 | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.3804 | 45.198 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| T25A | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.1071 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T25B | 16 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.64576 | 6.0793 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| T25C | 3 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.08774 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 188 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion por tramos | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8.24 | | |
| Caida de presion extra (Cabezal) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2.50 | | |
| Carga Estatica | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5.5 | | |
| Caida de presion Total Δp= | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16.24 | | |

Presion Residual ok **83.30** lb/in2 **5.86** kg/cm2

Tabla IX. Cálculos hidráulicos de los tramos T13 y T27

| TRAMO FINAL | | T13 | | Est. De Manguera No | | 15 | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|-----------|-----------|---------------------|------------------|--------|------------------|-----|----|----|--------------|------|------|------|--------|-----|------|
| DESCRIPCIÓN | | DESPACHO | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16G | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.93796 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16E | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.45807 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16C | 42 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.29206 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16A | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.81514 | 3.8707 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T16 | 13 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.42882 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T14 | 11 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.50822 | 6.3769 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T29 | 1 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.20068 | 5.8615 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T13 | 40 | 2 | 100.00 | 2.91 | 15.1861 | 28.282 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | 184 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion por tramos | | | | | 20.52 | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion extra (Cabezal) | | | | | 2.50 | | | | | | | | | | | | |
| Carga Estatica | | | | | 5.5 | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion Total | | | | | Δp= 28.52 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Presion Residual | | ok | | 71.02 lb/in2 | | 4.99 | | kg/cm2 | | |

| TRAMO FINAL | | T27 | | Est. De Manguera No | | 5 | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|-----------|---------------------|------------------|--------|------------------|-----|----|----|--------------|------|------|------|--------|-----|------|
| DESCRIPCIÓN | | PRODUCCION | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T06 | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.1071 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T08 | 26 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.80904 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T08A | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.12218 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T18 | 20 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.95017 | 12.487 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T20 | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.47406 | 2.2087 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T20A | 36 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.28893 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T22 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.79486 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T24 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.77979 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T25 | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.3804 | 45.198 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| T26 | 36 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.2307 | 6.0793 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T27 | 6 | 2 | 100.00 | 2.91 | 8.25356 | 31.111 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | 167 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion por tramos | | | | | 16.89 | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion extra (Cabezal) | | | | | 2.50 | | | | | | | | | | | | |
| Carga Estatica | | | | | 5.5 | | | | | | | | | | | | |
| Caida de presion Total | | | | | Δp= 24.89 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Presion Residual | | ok | | 74.65 lb/in2 | | 5.25 | | kg/cm2 | | |

Tabla X. Cálculos hidráulicos de los tramos T15 y T27

| TRAMO FINAL | | T15 | | Est. De Manguera No | | 16 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|-----------|---------------------|--------------|--------|------------------|-----|----|----|--------------|------|------|------|--------|-----|------|--|
| DESCRIPCIÓN | | PRODUCCION | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L | |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T16G | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.93796 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T16E | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.45807 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T16C | 42 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.29206 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T16A | 24 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.81514 | 3.8707 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T16 | 13 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.42882 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T15 | 4 | 2 | 100.00 | 2.91 | 7.47086 | 29.592 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | 136 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caída de presión por tramos | | | | | 12.10 | | | | | | | | | | | | | |
| Caída de presión extra (Cabezal) | | | | | 2.50 | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Estática | | | | | 5.5 | | | | | | | | | | | | | |
| Caída de presión Total Δρ= | | | | | 20.10 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Presión Residual | | ok | | 79.44 lb/in2 | | 5.58 | | kg/cm2 | | | |

| TRAMO FINAL | | T27 | | Est. De Manguera No | | 5 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|-----------|---------------------|--------------|--------|------------------|-----|----|----|--------------|------|------|------|--------|-----|------|--|
| DESCRIPCIÓN | | EXTERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Long M | Ø Nom. In | Gasto GPM | V m/s | ΔP lb/in2 | Leq. M | C45 | C90 | TL | TD | VCMP | VGLO | VCHK | VMRP | VBOL | Rco | C90L | |
| T05 | 15 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.69709 | 8.8346 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T06 | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.1071 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T08 | 26 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.80904 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T08A | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.12218 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T18 | 20 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.95017 | 12.487 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T20 | 14 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.47406 | 2.2087 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T20A | 36 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.28893 | 8.0702 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T22 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.79486 | 2.1774 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T24 | 25 | 3 | 100.00 | 1.32 | 0.77979 | 1.662 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T25 | 2 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.3804 | 45.198 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| T26 | 36 | 3 | 100.00 | 1.32 | 1.2307 | 6.0793 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T27 | 6 | 2 | 100.00 | 2.91 | 8.25356 | 31.111 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | 203 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caída de presión por tramos | | | | | 16.89 | | | | | | | | | | | | | |
| Caída de presión extra (Cabezal) | | | | | 2.50 | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Estática | | | | | 5.5 | | | | | | | | | | | | | |
| Caída de presión Total Δρ= | | | | | 24.89 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Presión Residual | | ok | | 74.65 lb/in2 | | 5.25 | | kg/cm2 | | | |

3.16 Criterio para la selección de bombas, según normas N.F.P.A 14 y N.F.P.A 20

Para elegir las bombas principales, secundarias y la bomba tipo jockey para el sistema de red contra incendio todos los equipos y accesorios deben de cumplir todo lo especificado en las normas N.F.P.A 14 y N.F.P.A 20 para certificar el sistema contra incendio de la planta de panificación.

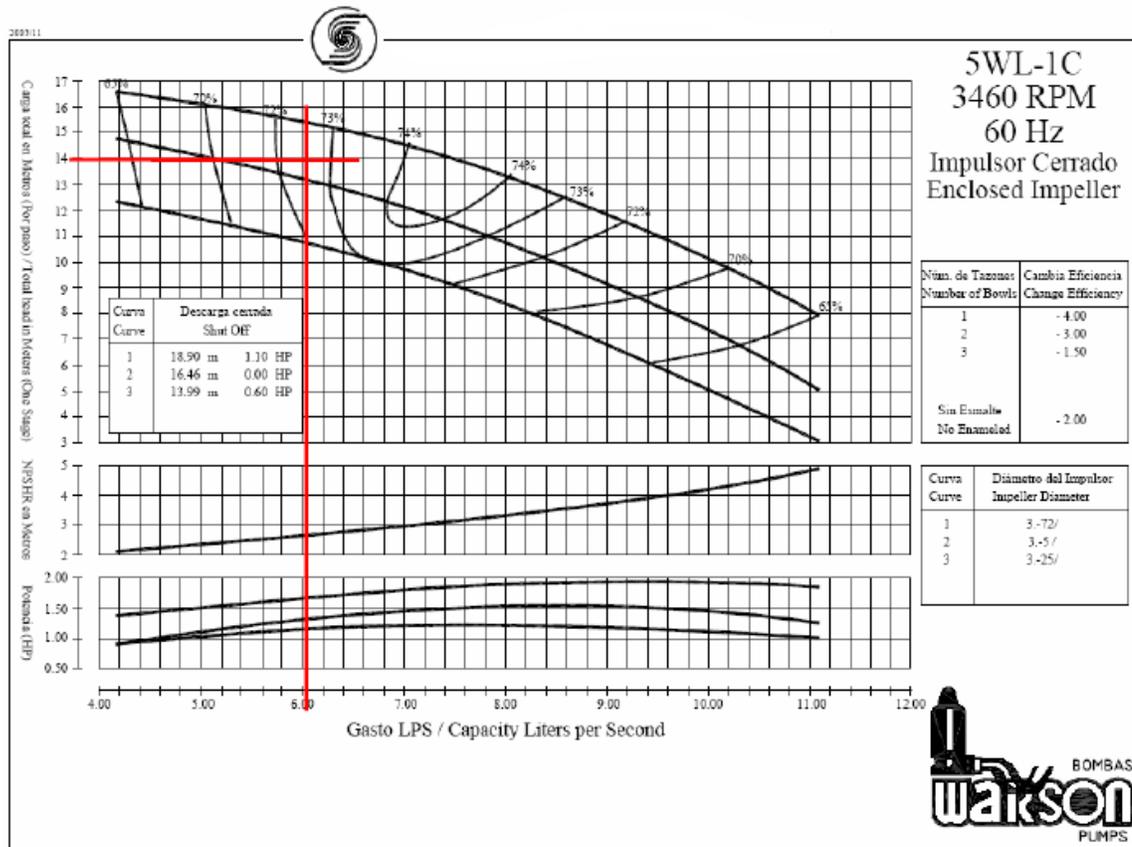
Siguiendo los lineamientos requeridos por la DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y PLANEACIÓN DE BIMBO S.A. DE C.V. se procede a elegir el tipo y marca de las bombas para la instalación del sistema de red contra incendio para la planta panificadora.

Especificaciones de bombas contra incendio tipo turbina vertical elegida:

Datos técnicos:

| | |
|------------------------------|------------------------------------|
| Marca: | WARSON |
| Modelo: | 5WL-1C3460 RPM |
| Gasto: | 100 GPM |
| Etapas. | 5 Pasos |
| Potencia: | 8.63 HP |
| Eficiencia: | 73 % |
| Lubricación: | Agua |
| Longitud de Columna: | 10 pies. |
| Presión de Trabajo: | 230.70 pies. |
| Potencia de Motor Eléctrico: | 15 HP |
| Funcionamiento de motor: | Trifásico de 60 HZ, 220/440 Volts. |

Figura 46. Curva característica de la bomba marca *Warson*



Especificación de la bomba Jockey:

Datos técnicos:

Marca: *GRUNDFOS*
 Modelo: CR1S
 Gasto: 5 GPM
 Presión de Trabajo: 328 pies.

Figura 47. Bomba Jockey marca *Grundfos*



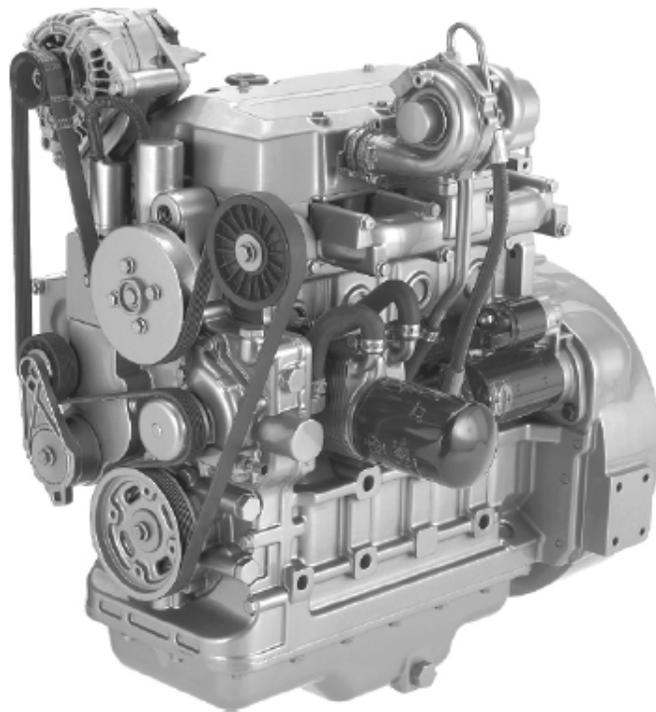
Especificaciones del motor Diesel:

Motor Diesel, de simple efecto diseñado de acuerdo a las normas SAE J 1196 e ISO 3046, para consumir combustible de 10,000 KCAL/KG de poder calorífico, inyección directa, enfriado por agua, lubricado a presión, cumpliendo las especificaciones de la N.F.P.A 20, sus principales características son:

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Marca: | <i>JOHN DEERE</i> |
| Modelo: | 4024TF270 |
| Tipo de Aspiración: | Turbocargado |
| Potencia: | 48 HP |
| Velocidad Gobernada: | 1800 RPM |
| Tipo de Enfriamiento: | Agua Radiador Aire |
| Arranque eléctrico | 12 Volts CD |
| Disposición de Cilindros: | En línea. |
| Consumo de Combustible: | 10 litros / hora |

Relación de Compresión: 18.2 : 1
Número de Tiempos: 4
Numero de Cilindros 4
Diámetro de Cilindro: 86 mm
Carrera de Pistón: 105 mm

Figura 48. Motor *John Deere*



4 MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RED CONTRA INCENDIO

4.11 Instalación del sistema de bombeo

El sistema de bombeo del sistema de distribución de red contra incendios deberá instalarse en un recinto de acceso fácil, independiente y protegido contra incendios y otros riesgos naturales, además deberá estar dotado de un sistema de drenaje. Tendrán asimismo previstos y calculados sistemas de ventilación y renovación natural de aire necesarios para el recinto, diseñados en función del tipo, clase y dimensión de los motores instalados y sus sistemas de refrigeración correspondientes.

Máxima temperatura de suministro de agua: se fija un máximo de 40°C para la temperatura de agua suministrada para servicio contra incendios. Se proveerán de válvulas de aislamiento y cierre en las tuberías de impulsión y aspiración así como una válvula antiretorno en la tubería de descarga.

En el caso de instalar una reducción en la parte de aspiración de la bomba está deberá ser del tipo excéntrico y con la parte superior en un plano horizontal. Si se instala una reducción en la descarga de la bomba esta deberá ser del tipo concéntrico y abriéndose en la dirección del flujo.

Las válvulas de aislamiento deberán ser instaladas aguas abajo de la reducción. Deben de mantenerse libres de aire tanto el cuerpo de la bomba como la tubería de aspiración, para ello será preciso instalar los elementos que sean necesarios para permitir la evacuación de aire en la parte superior del cuerpo de la bomba.

4.11.1 Instalación de la bomba eje tipo turbina vertical

Los materiales y el equipo requeridos para la instalación, variarán con el tamaño de la bomba y el tipo de instalación. La lista que se da a continuación se debe tomar solamente como una guía:

Materiales:

- Sellador para roscas.
- Aceite lubricante
- Grasa
- Aceite turbina
- Solvente (Cualquier solvente del petróleo).
- Cemento.

Equipo:

- Grúa móvil o malacate, cable, sogas y blocks de madera.
- Estrobos.
- Grapas elevadoras.
- Grapa (para sujetar la polea guía al tubo)
- Malacate (para enroscar los tubos).
- Tablas (tamaño y longitud requeridos para soportar las partes de la bomba suspendidas sobre el pozo).
- Grapa para la soga

Herramientas de mano:

- Llaves de cadena

- Llaves *Stillson*
- Corta-tubos o segueta
- Limas
- Cepillo de alambre
- Pinzas
- Corta alambres
- Navaja.
- Llaves españolas, de ojo o socket.
- Estopa
- Delantal protector.
- Equipo normal de herramienta mecánicas manuales.

Preparación de las partes para la instalación:

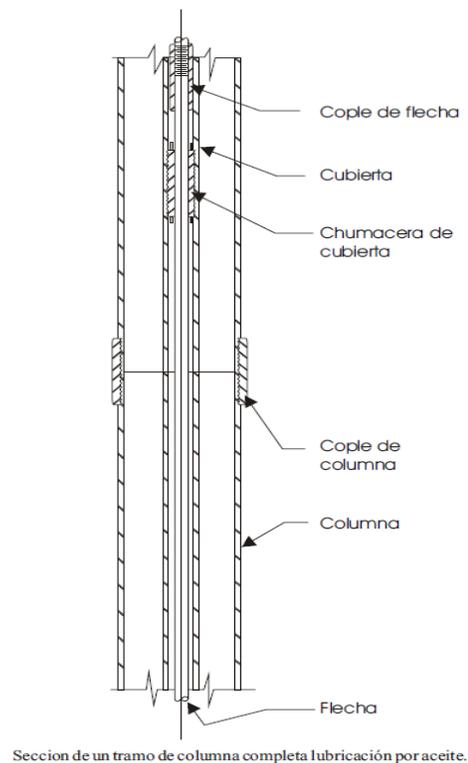
Todas las partes de la bomba se inspeccionan cuidadosamente antes de embarcarse en la fábrica: pero pueden haber sufrido algún desperfecto en el embarque o transporte, por lo que todas las partes deben ser cuidadosamente inspeccionadas por el instalador para verificar que no estén golpeadas o maltratadas antes de instalarlas en el pozo. Verifique todos los tramos de tubería, cubierta y flecha para asegurarse que no han sufrido pandeaduras y que sus superficies maquinadas están en perfecto estado. Verifique especialmente las caras que asientan entre sí y las roscas.

Coloque los tramos de las flechas sobre tablas previamente dispuestas en el suelo, lave las flechas del aceite con el que vienen empacadas, especialmente las roscas, con solvente y déjelas completamente limpias y secas. Lave los coples de las flechas y déjelos en un recipiente limpio hasta el momento de usarlos. Las secciones de la cubierta protectora se suministran de diez pies están compuestas por dos tramos de cinco pies cada uno acoplados por chumaceras de bronce roscadas exteriormente.

Los tramos de tubería se surten con los extremos roscados y normalmente llevan montado un cople en uno de sus extremos. Verifique que el cople se halle instalado correctamente hasta la mitad de su longitud roscada. En caso de que los coples no se hallen montados se han embarcado aparte; en este caso lubrique una de las roscas de los extremos de la tubería con aceite automotriz o con compuesto para roscas y coloque los coples en su lugar enroscándolos la mitad de su longitud.

La columna, la cubierta y la flecha, son partes que se deben manipular con mucho cuidado, ya que son partes maquinadas para lograr una alineación precisa. Si se dejan caer, se golpean o pandean, se perderá la alineación original, con lo que el equipo trabajara de un modo poco satisfactorio y finalmente fallará. Las flechas son especialmente delicadas y se deben cuidar extraordinariamente. Una flecha dañada o pandeada no se debe instalar por ningún concepto. De instalarse la bomba fallará en poco tiempo.

Figura 49. Sección de un tramo de columna completa



Accesorios:

Se requerirán los siguientes accesorios para conectar a la bomba:

- Válvula automática liberadora de aire.
- Detector de nivel de agua.
- Manómetro de presión en descarga.
- Válvula de alivio y cono de descarga donde los requiera.
- Cabezal de válvulas de mangueras con válvulas como se especifica.

La válvula automática liberadora de aire deberá de medir 1 ½ pulgadas al tamaño de la tubería o mayor para eliminar el aire de la columna y la carga de descarga al arrancar la bomba. Esta válvula también deberá admitir aire en la columna para disipar el vacío al detener la bomba. Deberá localizarse en el punto más alto en la línea de descarga entre la bomba contra incendio y la válvula de retención de la descarga.

Instalación del cuerpo de tazones y de los tramos de columna:

Al ensamblar las uniones roscadas, inicie la operación manualmente para verificar que las roscas embonen adecuadamente, antes de aplicar la llave o el malacate. Si sospecha que las roscas no están embonando correctamente, desmonte inmediatamente la unión y con una lima repare los hilos maltratados. Limpie perfectamente la rosca antes de iniciar de nuevo la unión. Si los hilos están demasiado maltratados para ser reparados con una lima, cambie la parte. Si la rosca maltratada es la del cople, reemplácelo por uno nuevo.

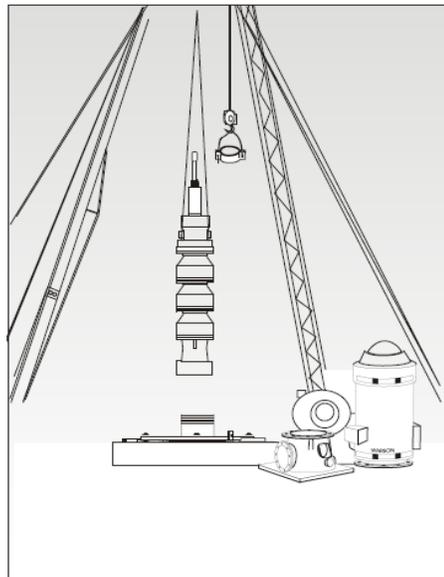
Tubo de succión y cuerpo de tazones sin ensamblar:

Fije la grapa elevadora cerca del extremo superior del tubo de succión, aproximadamente medio metro separado de la rosca. Esta posición evitará distorsión de los hilos y facilitará ensamblar la unión roscada. Sujete el estrobo a la grapa elevadora y pase el gancho de la grúa por el estrobo. Ize el tubo sobre el pozo mientras un operario guía la parte inferior del mismo, (con o sin colador).

Cuidadosamente haga bajar el tubo de succión al interior del ademe hasta que la grapa elevadora descansa en los polines. Quite el estrobo.

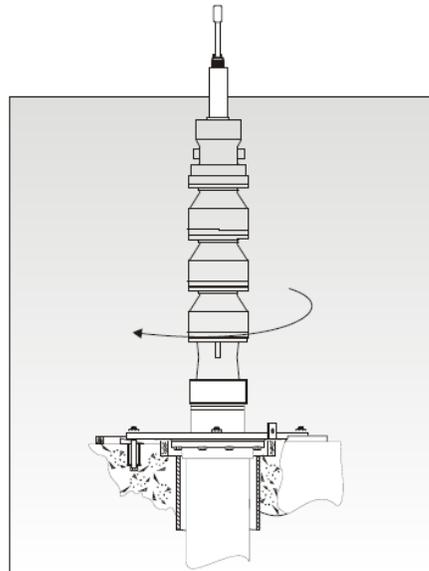
Sujete una segunda grapa elevadora al extremo superior del cuerpo de tazones inmediatamente debajo del cople de columna. Sujete el estrobo a la grapa elevadora y páselo por el gancho de la grúa como se hizo el paso anterior. Al izar el cuerpo de tazones, los extremos inferior debe ir guiado por un cable, accionado por la misma grúa.

Figura 50. Instalación de los tazones



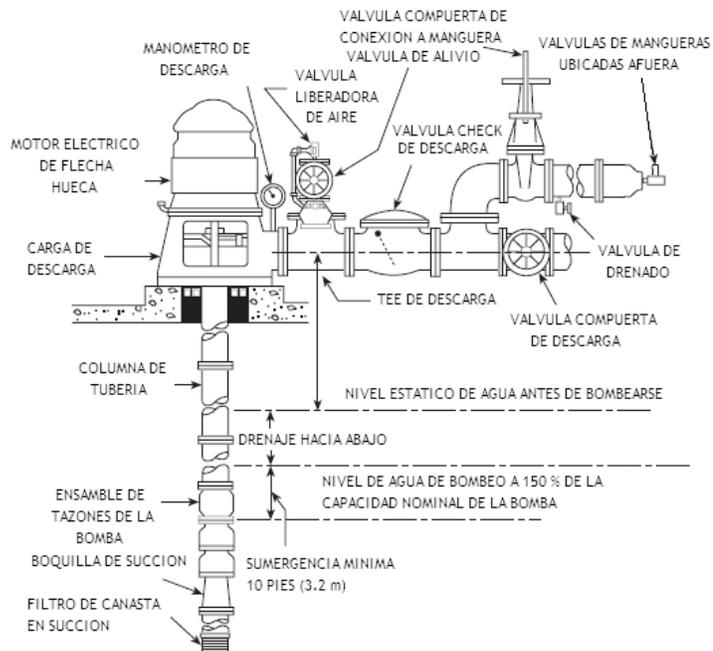
Cuerpo de tazones suspendido sobre el tubo de succión.

Figura 51. Acoplamiento del cuerpo de tazones al tubo de succión



Acoplamiento del cuerpo de tazones al tubo de succión.

Figura 52. Instalación de bomba de tipo turbina vertical en un pozo



4.11.2 Instalación de la bomba de combustión

El motor diesel que se utilizará para el sistema de red contra incendios de la planta de panificación deberá ser un motor estacionario.

Los motores deberán conectarse a bombas de turbina vertical por medio de un conductor de engranaje de ángulo recto con un eje de conexión flexible certificada que prevenga tensión inadecuada ya sea para el motor o para el conductor de engranaje.

Los motores deberán estar denominados bajo condiciones de la norma SAE de 29.61 pulgadas (752.1 mm) Hg barómetro y 77° F (25°C) temperatura de aire en la entrada (aproximada de 300 pies (91.4 m) sobre el nivel del mar) por un laboratorio de pruebas.

El motor diesel será capaz de funcionar continuamente a plena carga a la altura instalada con una potencia nominal de acuerdo con ISO 3046-1. Las bombas horizontales tendrán un acoplamiento directo.

El arranque automático y funcionamiento del grupo de bombeo no dependerán de ninguna fuente de energía que no sean el motor y sus baterías. El motor será capaz de arrancar con una temperatura en la sala de bombas de 5°C. El tubo de escape estará provisto de un silencioso adecuado y la presión no superará la recomendada por el fabricante.

Existirá una entrada suficiente de aire a la sala de bombas para garantizar el correcto funcionamiento del motor. El depósito de combustible será de acero soldado. Donde exista más de un grupo de bombeo diesel, cada uno tendrá un depósito de combustible y tubo de alimentación de combustible independiente.

El depósito de combustible estará instalado a un nivel más alto que la bomba de combustible para que esté en carga, pero no estará directamente encima del motor. El depósito de combustible dispondrá de un indicador de nivel de combustible robusto.

La instalación del motor diesel para el sistema de distribución de red contra incendio se hará bajo las especificaciones de la norma N.F.P.A 20 y tomando en consideración las recomendaciones del fabricante del motor para la eficiencia del mismo para la red contra incendio.

A continuación se muestran los diagramas de configuración del motor diesel para la red contra incendio de la planta de panificación:

Figura 53. Vistas frontal y lateral del sistema de bombeo con motor Diesel.

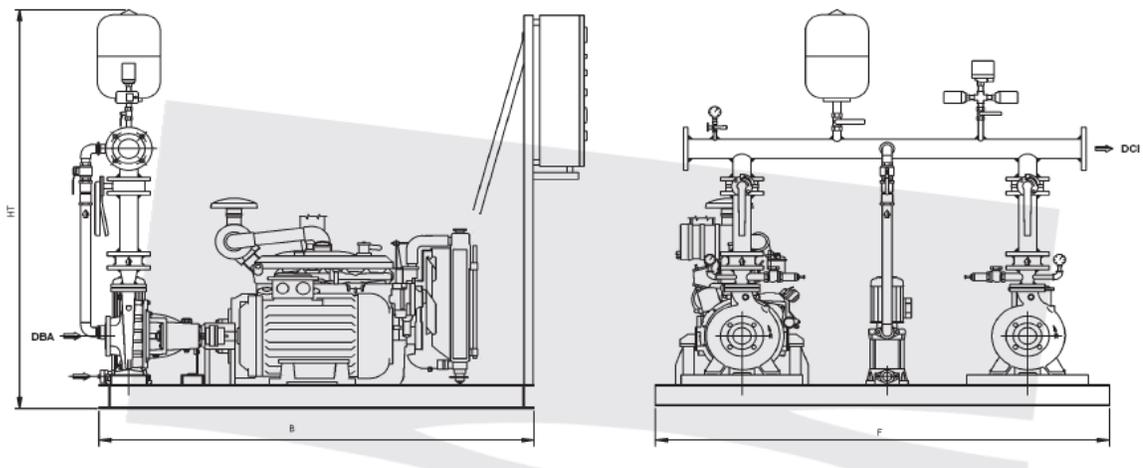
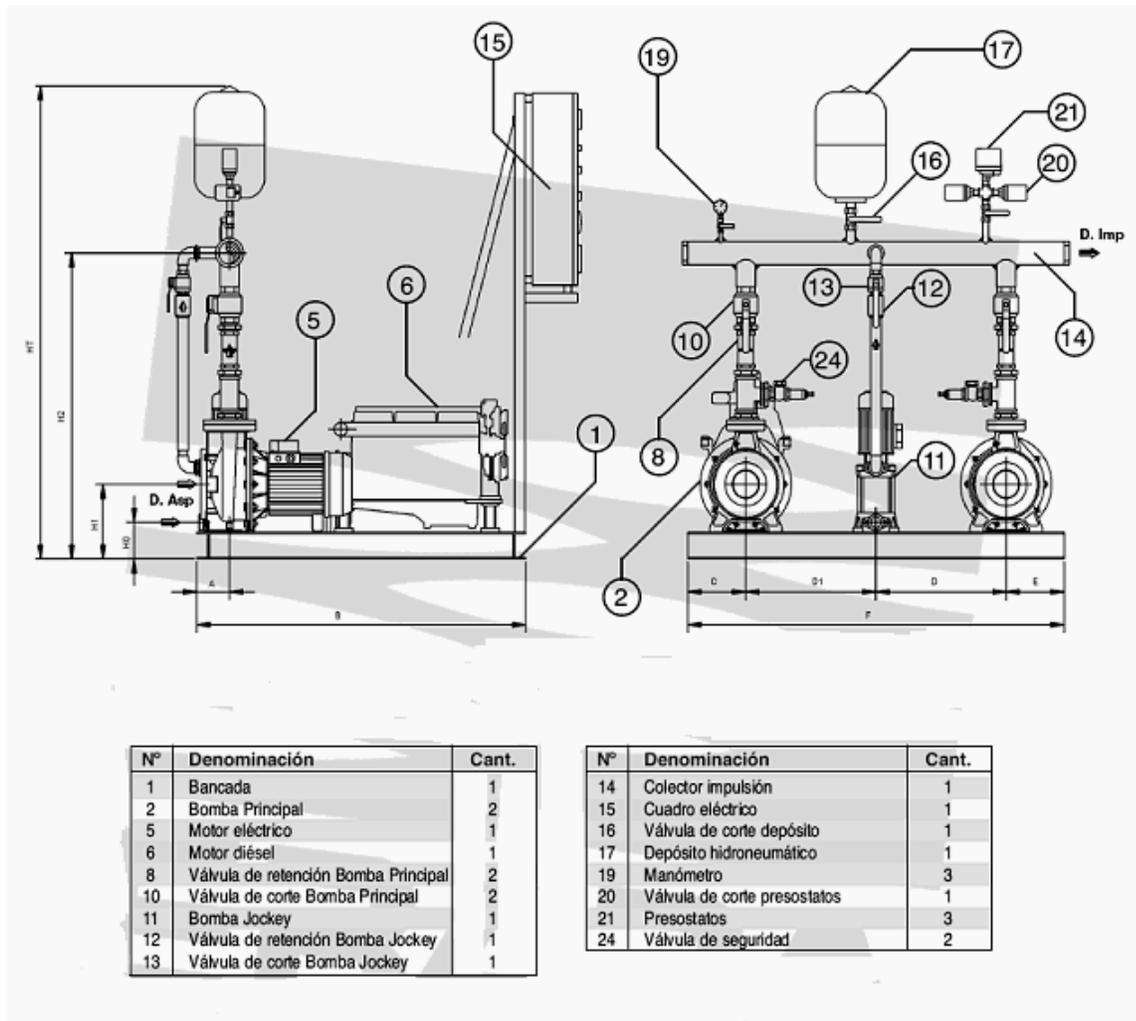


Figura 54. Configuración del sistema de red contra incendios



4.11.3 Instalación de la bomba sustentadora. (Jockey)

Las bombas sostenedoras de presión deberán tener capacidades nominales no menores que cualquier rango de goteo. Deberán tener presión de descarga suficiente para mantener la presión deseada en el sistema de protección contra incendio.

Deberán instalarse una válvula de retención en la tubería de descarga, también debe de instalarse válvulas indicadoras de mariposa o compuerta en tantos lugares como

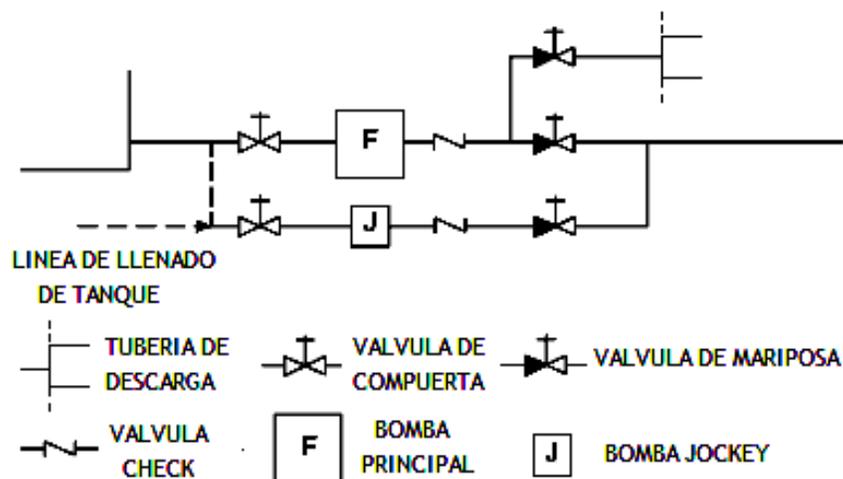
se necesite para hacer a la bomba, válvula de retención y otros accesorios misceláneos accesibles para su reparación en el momento que se necesite.

En donde una bomba de tipo centrífuga sostenedora de presión tenga una presión de cierre sobrepase la nominación de presión de trabajo el equipo contra incendio, o donde se utilice una bomba con unas paletas de turbina (periférico), deberá instalarse una válvula de alivio dimensionada para prevenir la sobre presurización del sistema en la descarga de la bomba para prevenir daño al sistema de protección contra incendio. No deberá de utilizarse retardadores en donde se utilicen bombas jockey que tengan la capacidad de superar la presión de trabajo de los sistemas de protección contra incendio.

No deberá utilizarse la bomba contra incendio primaria como una bomba sostenedora de presión.

Deberá utilizarse tubería de acero para la tubería de succión y descarga de la bomba jockey. Esto incluye sistemas de paquetes prefabricados.

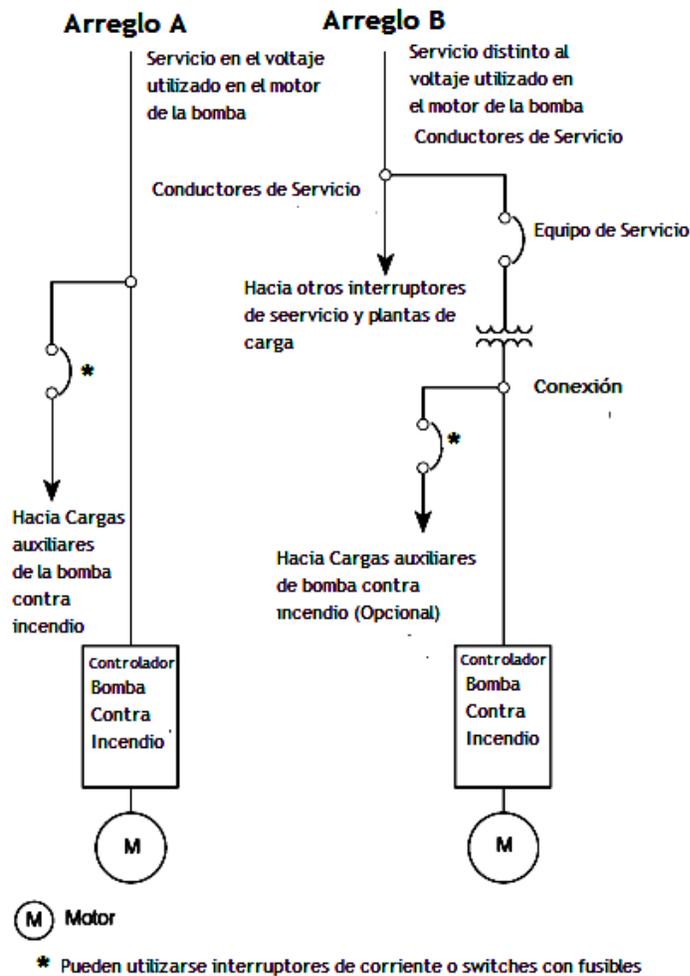
Figura 55. Instalación de la bomba Jockey con la bomba principal



4.11.4 Realización del sistema eléctrico de bombeo

La realización del sistema eléctrico del sistema de red contra incendio se realizara en base a los diagramas de conexión de los fabricantes de los diferentes componentes eléctricos, todo el sistema de red contra incendio operara a un voltaje de 440 volts. Para obtener la mejor el mejor rendimiento a bajo costo.

Figura 52. Arreglos típicos de suministro de corriente desde la fuente hasta el motor



4.11.5 Soportaría y anclaje de bomba

A continuación se detallan los materiales y accesorios que se utilizarán para la ampliación del sistema de tuberías de la red contra incendio de la planta de panificación.

- 142 metros de tubo de Acero al carbón ASTM A-53, grado B, cedula 40, hierro negro, con costura, extremos biselados para soldar.
- 150 metros Acero al carbón ASTM A-53, grado A o B, cedula 40, hierro galvanizado, con costura, extremos planos con rosca.
- 14 codos de 2 pulg. Presión máxima 300 PSI, extremos roscados, hierro maleable ASTM A-197 galvanizado (codos de radios largo, mínimo 1.5 veces el diámetro).
- 14 Tee de 3 pulg. Presión máxima de 150 PSI 150 PSI, campana soldable, acero forjado ASTM A-234, cedula 40 (codos de radios largo, mínimo 1.5 veces el diámetro).
- 8 Reductores de campana de 3 pulg. A 2 pulg. Presión máxima de 150 PSI, campana soldable, acero forjado ASTM A-234, cedula 40 (concéntricas en tuberías verticales y excéntricas en tuberías horizontales).
- 5 válvulas seccionantes tipo mariposa de cierre lento Marca VITAULIC serie 705W, cuerpo de hierro dúctil ASTM A-536 cubierto con una mezcla fundida de sulfura del polipropileno, disco de hierro dúctil ASTM A-536, aprobada para 300 PSI de servicio.
- 8 gabinetes de acabados interior y exterior con fondo anticorrosivo, esmalte rojo de la red contra incendios, a prueba de intemperie 50 x 75 x 17 centímetros.
- 8 Válvulas tipo Globo, en ángulo de 90, de 2 " de diámetro, roscada, toda de bronce, marca WALWORTH reducción bushing galvanizada de 2" para manguera (de material de poliéster, forradas interiormente con hule, diámetro de 1 1/2. cople y niple de bronce y longitud de 30 metros).

- 8 boquereles (en chiflón tipo chorro, material de bronce, que tenga en su punto de descarga un orificio de diámetro de 1 1/2").

El soporte de la tubería del sistema de distribución de red contra incendio que se instalara será de soportería tipo mensula de 12 pulg. Por 6 pulg. Con angular de 2 ¼ de pulgada de hierro negro y abrazadera de 3 pulg. Tipo “U” y anclada a pared con perno de arrastre HKB de 2 ½ por 3/8 de pulg.

Construcción de la cimentación para las bombas:

Se recomienda especialmente que se construya una cimentación ampliamente dimensionada de concreto, alrededor del pozo antes de instalar la bomba. Se debe toma en cuenta que la alineación original de la flecha durará tan solo el tiempo que la cimentación soporte la bomba en una posición estable. Si el cabezal de descarga de la bomba tiene en su parte inferior elementos sobresalientes de un diámetro mayor que el del pozo, la entrada del ademe debe estar lo suficientemente separado de la cara inferior del cabezal como para que los elementos sobre salientes queden libres de toda interferencia.

En este caso se debe prever una ceja de retención alrededor del ademe para que el mortero que se cuele para fijar el cabezal a la cimentación quede retenido en esta ceja que deberá superar al nivel de la cimentación en aproximadamente una pulgada. En el caso de que el ademe sea de un diámetro superior a cualquier saliente del cabezal de descarga, se puede usar el mismo ademe como ceja de contención para el mortero que se colará posteriormente.

Figura 57. Cimentación para la bomba turbina vertical

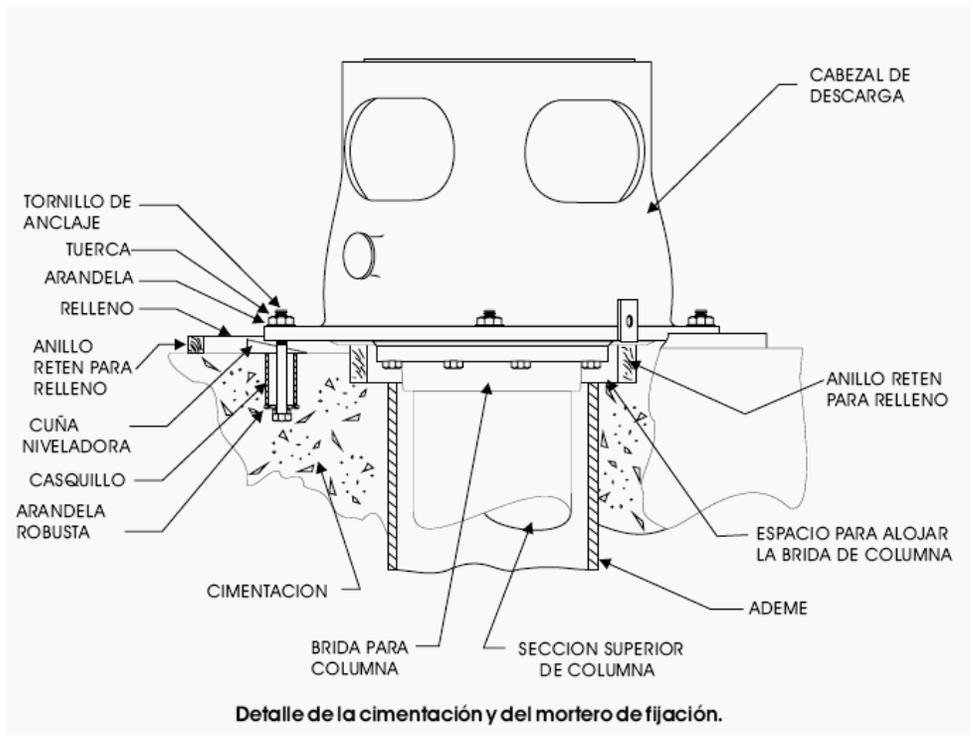


El espesor de la cimentación debe ser el adecuado para proveer la rigidez requerida, y el área de suelo ocupada debe ser suficiente para dar un asiento estable. El área espesor mínimos se determinan por medio de dos factores:

La firmeza de la tierra en el lugar en cuestión, considerando los efectos adversos que puedan tener las lluvias y las eventuales inundaciones.

El peso total del equipo cuando se halla lleno de agua, lo que equivale a: PESO TOTAL DE LA CIMENTACIÓN = PESO DE TODAS LAS PARTES DE LA BOMBA + PESO DE LA COLUMNA DE AGUA.

Figura 58. Detalles de la cimentación

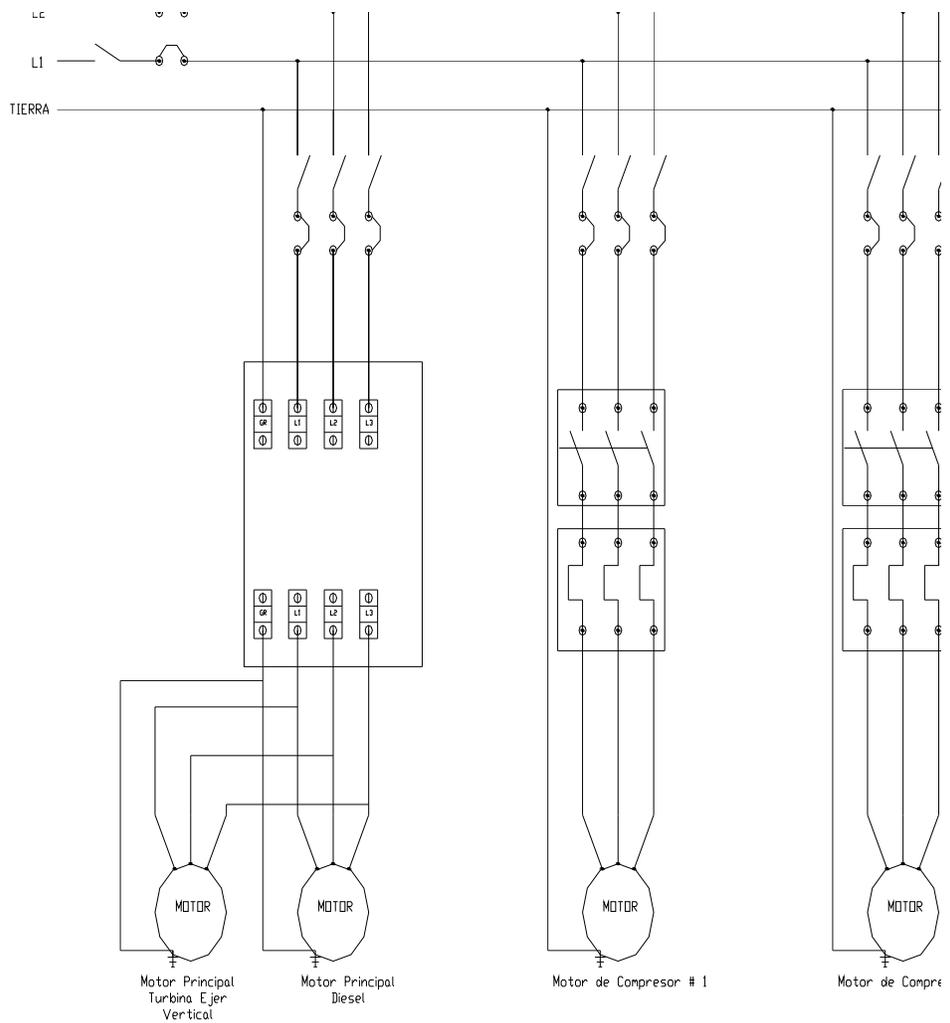


Los pernos de cimentación (anclas) no se requieren si la bomba tiene una presión de descarga inferior a 10 PSI y una longitud de columna inferior a los 50 pies si están accionadas por un motor eléctrico, una turbina de vapor o un cabezal engranado en ángulo recto. Cualquier bomba con una presión de descarga superior a los 10 PSI. Con una columna superior a 50 pies, o accionada por polea, deberán estar ancladas por un sistema aceptado. Se recomienda usar los pernos con manguito ya que estos permiten una cierta flexibilidad en el posicionamiento final del cabezal de descarga. Este tipo de anclas son además convenientes porque el cabezal de descarga no se debe retirar para completar la instalación, al contrario de lo que sucede con las anclas taladradas. La longitud y diámetro correctos para las anclas se determinan de acuerdo a los diferentes cabezales de descarga.

4.12 Automatización del sistema de bombeo.

4.12.1 Realización del diagrama de eléctrico de fuerza y control

Figura 59. Diagrama eléctrico de fuerza y control del sistema de bombeo



4.12.2 Montaje de elementos eléctricos:

Controlador de la bomba eléctrica: El controlador de la bomba eléctrica se instalará dentro del tablero principal del sistema de red contra incendio ubicado en el cuarto de bombas, de acuerdo con el siguiente diagrama eléctrico para su instalación.

Figura 60. Diagrama eléctrico de la bomba eléctrica

Diagrama de conexiones

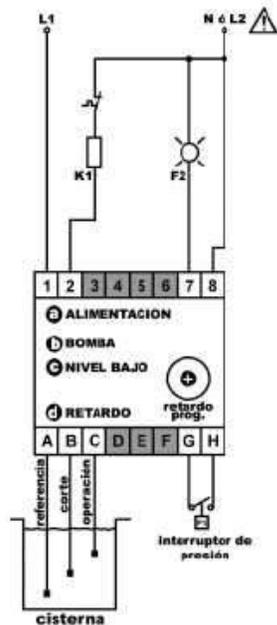


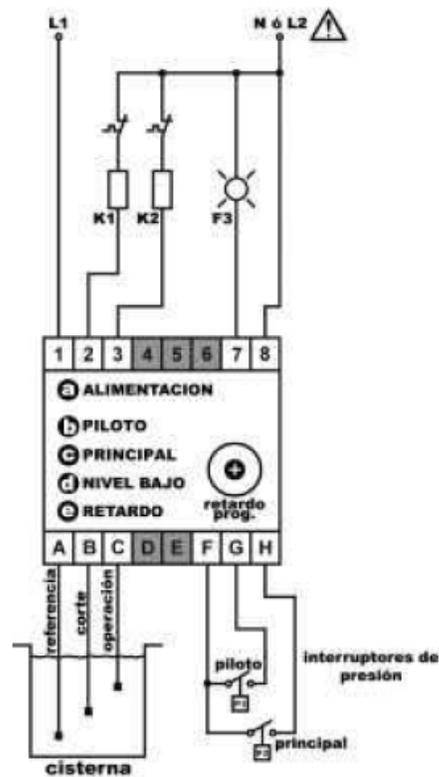
Figura 61. Controlador de la bomba eléctrica



Controlador de la bomba Jockey: Este controlador se montará en el tablero principal del sistema de red contra incendio, siguiendo el siguiente diagrama de conexiones.

Figura 62. Diagrama eléctrico de la bomba jockey

Diagrama de conexiones



Controlador de la bomba de motor de combustión interna: Este controlador deberá instalarse en el tablero principal de control de la bomba acoplada a motor de combustión interna Diesel.

Figura 63. Diagrama eléctrico de la bomba de combustión interna

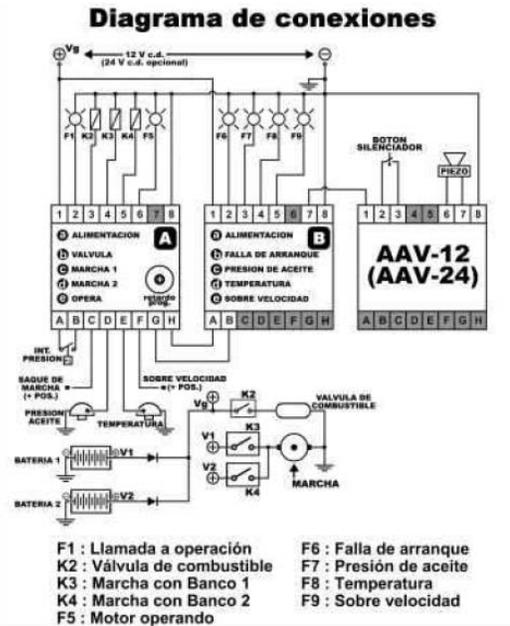


Figura 64. Controlador de la bomba de combustión interna

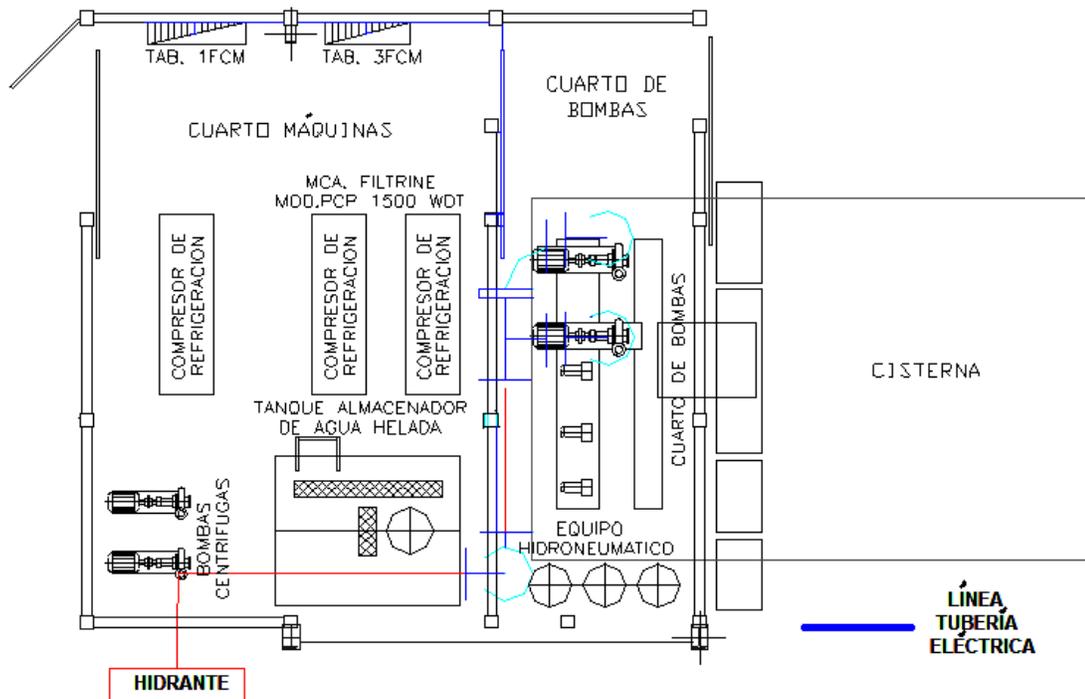


4.12.3 Distribución de tuberías eléctricas.

Las tuberías eléctricas y el sistema eléctrico para los tableros de control de las bombas eléctricas se distribuirán en el cuarto de bombas, el tablero eléctrico principal

1FMC y 3FMC proporcionara el suministro de energía eléctrica para el sistema de distribución de la red contra incendios de la planta de panificación.

Figura 65. Distribución de tubería eléctrica



4.12.4 Instalación del tablero de control:

Tablero de control para bomba eléctrica: La instalación del tablero de control para el motor eléctrico, tablero de la bomba jockey y para el tablero para el motor de combustión interna para las bombas se instala en el cuarto de bombas de la planta panificadora y se instala en la pared del cuarto de bombas con tarugos y tornillos.

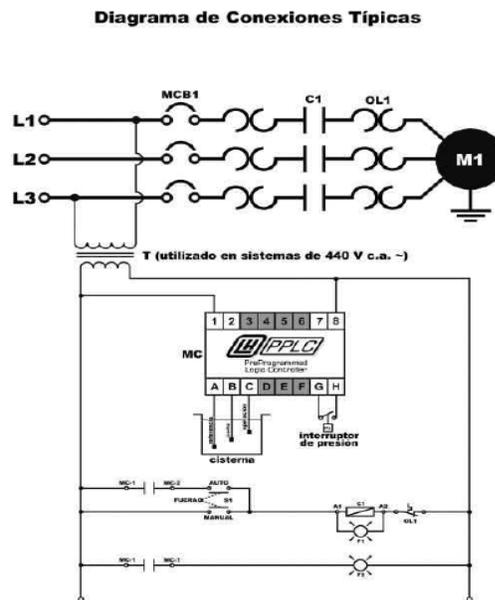
Figura 66. Tablero de control para la bomba eléctrica



Figura 67. Interior del tablero de control para la bomba eléctrica



Figura 68. Diagrama eléctrico del tablero de control para la bomba eléctrica



- ① Interruptor Termomagnético MCB1
- ② Arrancador Automático C1/OL1
- ③ Módulo de Control MC
- ④ Interruptor de Presión P1
- ⑤ Selector de Mando S1
- ⑥ Focos Piloto F1, F2

Figura 69. Tablero de control para bomba principal y Jockey



Figura 70. Interior tablero de control para bomba principal y Jockey



Figura 71. Diagrama eléctrico para bomba principal y Jockey

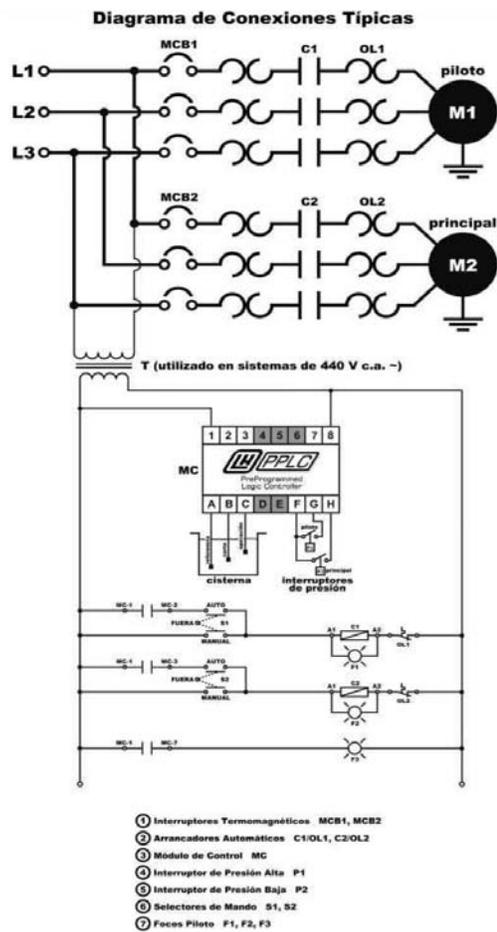
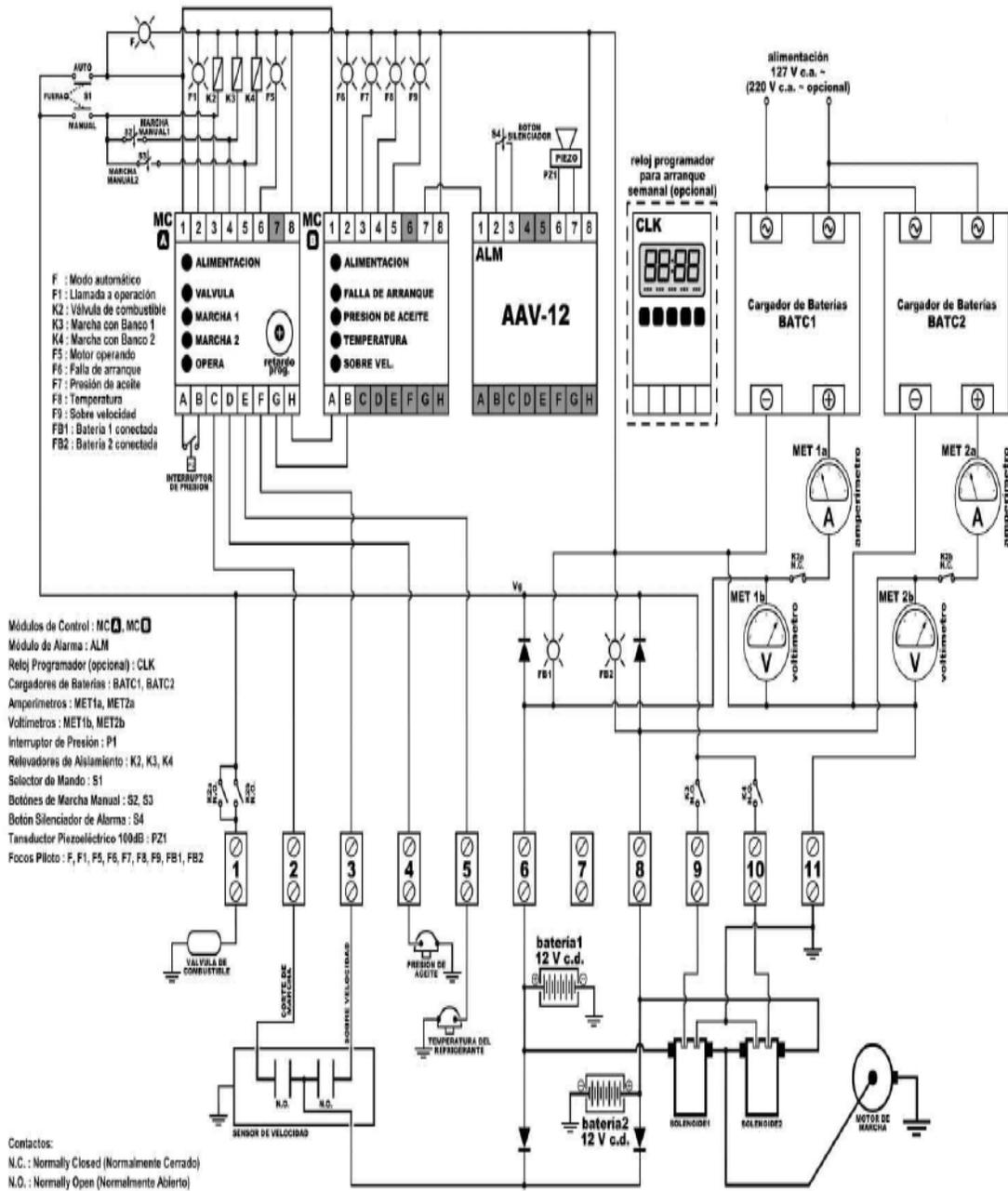


Figura 72. Tableros de control para bomba acoplada a motor Diesel



Figura 73. Diagrama eléctrico tablero de control para bomba acoplada motor Diesel

Diagrama de conexiones para sistema de 12 V c.d. con DESACTIVACION AUTOMÁTICA.



4.13.2 Montaje del sistema de tuberías de agua.

El montaje de las tuberías de agua fría para el sistema de distribución de red contra incendio será vertical en las paredes y horizontal en la nave de producción, esta tubería horizontal se instalara de forma aérea dentro del área de producción.

La tubería estará sujeta a la pared por medio de abrazaderas con perno de arrastres anclados a la pared.

La tubería aérea estará sujeta por el soporte tipo mensula de hierro negro y abrazaderas de 3 pulgadas de diámetro.

Después de marcar todo el recorrido de las tuberías de suministro de agua para la red contra incendio se procederá a romper la pared para instalar los pernos y en el techo de la nave de producción se instalaran los soportes tipo mensula.

4.14 Programas de mantenimiento preventivo para nuevo sistema de distribución de red contra incendio.

4.14.1 Realización de procedimiento de mantenimiento preventivo del sistema de distribución de red contra incendio.

El mantenimiento preventivo nos llevará a un nivel confiable de operación del sistema de red contra incendio de la planta para estar seguros que el sistema funcionara sin contratiempos en el momento que se necesite.

El mantenimiento preventivo se tiene planificado realizarse a cada tres meses basándonos en la norma NFPA 20.

Bomba turbina vertical:

- Dar mantenimiento profundo a bomba.
- Revisar cabezal de descarga.
- Revisar Prensaestopas.
- Engrasar prensaestopas.
- Revisar Empaquetadura.
- Cambiar empaquetadura si es necesario.
- Revisar Sello mecánico.
- Lubricar la bomba.
- Lubricar impulsor.
- Revisar los anclajes.
- Reajustar el nivel del eje.
- Medir y analizar vibraciones.
- Revisar tazones.

Bomba acoplada a motor Diesel:

- Rellenar tanque de combustible.
- Revisar nivel de aceite de motor.
- Revisar el nivel de agua en el radiador del motor.
- Cambiar filtro de aire.
- Cambiar filtro de aceite.
- Revisar y Limpiar bujías.
- Revisar conector.
- Comprobar voltaje de batería.
- Limpiar borneras de batería.
- Hacer prueba de arranque.

- Eliminar fugas de aceite y combustible.
- Revisar el sistema de enfriamiento.
- Revisar la tubería de escape de los gases de ignición.

Bomba sustentadora de presión Jockey:

- Dar mantenimiento profundo a bomba.
- Revisar sellos mecánicos.
- Revisar estado de eje.
- Medir y analizar nivel de vibraciones.
- Revisar anclaje adecuado.
- Colocar todas sus guardas

Motores eléctricos:

- Mantenimiento profundo a motor con rendimiento de 180 días.
- Desarmar y limpiar rotor.
- Limpiar estator con unitron.
- Cambiar rodamientos.
- Reparar acometida floja.
- Cambiar liquitite en malas condiciones.
- Limpiar y reapretar conexiones en arrancador.
- Clasificar correctamente el número de calentador térmico.

Tubería red contra incendio:

- Revisar que no esté agrietada la tubería.
- Revisar anclajes.
- Revisar manómetros.

- Revisar soportería de la tubería.
- Revisar uniones de tubos con codos.
- Pintarla e identificarla.

Hidrante:

- Que tenga manguera en buenas condiciones sin fugas en conectores.
- Llaves sin juego
- Gabinete pintado sin corrosión e identificado.
- Realizar prueba del mismo.

Sistemas automáticos de detección y alarma de incendios:

- Comprobación de funcionamiento de las instalaciones (con cada fuente de suministro).
- Verificar el funcionamiento de los pilotos cambiarlos si se encuentran defectuosos.
- Verificar los fusibles y cambiarlos si se encuentran defectuosos.
- Verificación integral de la instalación. Limpieza del equipo de centrales y accesorios.
- Verificación de uniones roscadas o soldadas.
- Limpieza y reglaje de relés.
- Regulación de tensiones e intensidades.
- Verificación de los equipos de transmisión de alarma.
- Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.
- Comprobación de que las boquillas del agente extintor o rociadores están en buen estado y libres de obstáculos para su funcionamiento correcto.

- Comprobación del buen estado de los componentes del sistema, especialmente de la válvula de prueba en los sistemas de rociadores, o los mandos manuales de la instalación de los sistemas de polvo, o agentes extintores gaseosos.
- Comprobación de los circuitos de señalización, pilotos, en los sistemas con indicaciones de control. Limpieza general de todos los componentes.

Limpieza:

- Realizar limpieza al finalizar el mantenimiento del equipo.
- No dejar objetos extraños o residuos como lubricante, silicón, soldadura.

4.14.2 Capacitación de personal operativo.

La capacitación del personal operativo en este caso los mecánicos, serán capacitados por el jefe de mecánicos encargado del cuarto de maquinas, quien impartirá 5 capacitaciones a sus mecánicos en horario de 8 A.M a 12 P.M para describir el funcionamiento, partes principales de los equipos, como hacer el mantenimiento preventivo al sistema y la instalación de cada uno de los componentes del sistema de distribución de red contra incendio de la planta.

El personal a cargo del mantenimiento preventivo del sistema de distribución de red contra incendios serán los mecánicos designados por el jefe de mecánicos encargado del cuarto de maquinas de la planta panificadora, el dará los lineamientos y el formato de mantenimiento preventivo propuesto para que el personal previamente capacitado realicen las rutinas de mantenimiento a cada uno de los equipos de la red contra incendios que conforman todo el sistema de red contra incendios de la planta de panificación para prolongar la vida de los equipos del sistema de distribución de red contra incendios.

CONCLUSIONES

1. Se estandarizó el sistema de distribución de red contra incendio de la planta panificadora, con base a la normatividad y requisitos que establecen las normas internacionales NFPA 14 y NFPA 20, para certificar la planta a nivel internacional.
2. Se amplió y automatizó el sistema de distribución de la red contra incendio para que cubra todas las necesidades actuales de la planta y tomando en cuenta el crecimiento actual de la planta, se proyecta la ampliación para un futuro cercano y en base a la norma NFPA 14 y NFPA 20, que contempla los requisitos mínimos para la instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras para edificios y estructuras.
3. Los instrumentos de campo que se utilizaron en el sistema de red contra incendio fueron seleccionados en base a normas NFPA 14 y NFPA 20, siendo estos las mangueras, manómetros de presión, tuberías de acero, hidrantes, válvulas de seccionamiento, válvulas de alivio.
4. Se estableció y seleccionó los elementos mecánicos, eléctricos y de control de acuerdo a la norma NFPA 20 que establece los requisitos mínimos con la selección e instalación de bombas para suministro de agua para protección privada contra incendio, siendo una bomba de eje tipo turbina vertical accionada por un motor eléctrico que trabajara a un caudal mínimo de 100 GPM y una presión de 100 PSI, una bomba de eje tipo turbina vertical acoplada por medio de flecha a motor de combustión interna Diesel y una bomba Jockey de 5 GPM y una presión de 110 PSI con sus respectivos tableros de control.

5. Se estableció el programa de mantenimiento preventivo en base a los manuales de los fabricantes de los diferentes equipos y a partir de la instalación y montaje del sistema de distribución de red contra incendios entraran en funcionamiento.

6. La capacitación del personal operativo y la aplicación adecuada del mantenimiento preventivo del sistema contra incendio es importante en el inicio del nuevo ciclo de operación del sistema para garantizar una funcionalidad a lo largo del tiempo, todo el personal debe estar comprometido con el aprendizaje e involucrarse lo antes posible al funcionamiento de los elementos que conforman el sistema de distribución de red contra incendio.

RECOMENDACIONES

1. Deberá de darse especial consideración al almacenaje de partes de repuestos críticos que no estén inmediatamente disponibles, si no hay alguna refacción o repuesto realizar la requisición al almacén.
2. Las vibraciones del ensamblaje de la bomba contra incendio no deberán ser de magnitud tal que impliquen daño potencial a ninguno de los componentes de la bomba contra incendio.
3. Los controladores de bombas contra incendio deberán probarse de acuerdo con el procedimiento de prueba recomendado por el fabricante, como mínimo deberán de realizarse seis operaciones manuales y seis operaciones en automático durante la prueba de montaje.
4. Deberá de estar disponible una copia de la curva característica de funcionamiento de la bomba principal, bomba de emergencia y de la bomba jockey certificadas proporcionada por el fabricante para comparación de los resultados de la prueba de montaje del equipo.
5. Para la realización de la automatización del sistema de red contra incendio se debe de tomar en cuenta las siguientes variables:
 - a. Accesorios.
 - b. Equipos de bombeo.
 - c. Tipos de rociadores automáticos.
 - d. Suministro de combustible.

- e. Suministro de energía.
 - f. Suministro de agua: succión, descarga y equipo auxiliar.
6. Para la instalación del sistema de red contra incendio se debe de tomar en cuenta las siguientes variables:
- a. Alineación correcta de acoples entre bombas y motores.
 - b. Alineación de ejes entre los motores eléctricos y el motor Diesel.
 - c. Alineación y ajuste del impulsor de las bombas verticales.
 - d. Para evitar vibraciones excesivas se recomienda anclar bien los motores a la cimentación por medio de los pernos.
 - e. Para transmitir la mayor potencia de la bombas se recomienda alinear los impulsores con los ejes de los motores conforme especificaciones del fabricante.
 - f. Tener buen aislamiento en los cables eléctricos e interruptores de corriente.
7. Se debe tomar en consideración tener una reserva de agua exclusivamente para el sistema de hidrantes de la planta de producción que sea diferente a la que se utiliza en el área de producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. BCA. Principios de Seguridad e Higiene Industrial. (México: Bimbo de Centroamérica, S.A., 2007) Pág. 35
2. Bombas Warson. Manual de Instalación y Servicio. (México: Warson, 2008) Pág. 50
3. Claudio Mataix. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. (2ª Edición; España: Editorial del Castillo, 1986) Pág. 375
4. NFPA 14. Norma para la Instalación de Mangueras y Tomas Fijas de Agua. (Estados Unidos: NFPA, 1999) Pág. 125
5. NFPA 20. Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias. (Estados Unidos: NFPA, 1999) Pág. 102

Referencia electrónica

6. Bombas Warson, www.warson.com, (septiembre 2008)
7. Controles automáticos www.lhcontrol.com, (septiembre 2008)
8. Enciclopedia libre www.wikipedia.org, (septiembre 2008)
9. Grupo Bimbo www.grupobimbo.com.mx, (octubre 2008)
10. Motores John Deere http://www.deere.com/motores_landing.html, (octubre 2008)

ANEXOS

Figura 76. Sistema de distribución de red contra incendios



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S.A.