



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

MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA ANTIINCENDIOS PARA LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER, S.A.

Edgar Francisco Pineda Mazariegos

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, junio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA ANTIINCENDIOS PARA LA
PLANTA INDUSTRIAL BAYER, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR FRANCISCO PINEDA MAZARIEGOS

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA ANTIINCENDIOS PARA LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 2 de octubre de 2006.



Edgar Francisco Pineda Mazariegos



Guatemala, 31 de mayo de 2011
REF.EPS.DOC.736.05.11.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edgar Francisco Pineda Mazariegos** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **199811901**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA ANTIINCENDIOS PARA LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER S.A."**.

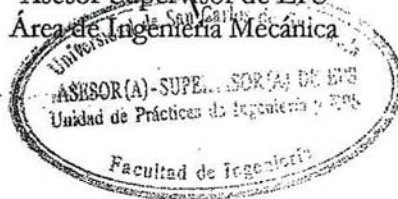
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EESZ/ra



Guatemala, 31 de mayo de 2011
REF.EPS.D.477.05.11

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA ANTIINCENDIOS PARA LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER S.A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edgar Francisco Pineda Mazariegos** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

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 de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA ANTIINCENDIOS PARA LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER S.A., del estudiante Edgar Francisco Pineda Mazariegos, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, junio de 2011

JCCP/behdei



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: **MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA ANTIINCENDIOS PARA LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Francisco Pineda Mazariegos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 1 de junio de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por voluntad de Él existimos y con su amor desinteresado nos da sabiduría y entendimiento.
- La Virgen María** Por interceder por nosotros ante nuestro señor Jesucristo.
- Mis padres** Edgar Francisco Pineda Barrios y Raquel Mazariegos Jiménez, por brindarme todo su amor, apoyo, comprensión y por guiarme en el camino de la vida. ¡Los quiero muchísimo!
- Mis hermanas** Ana Eunice Pineda y Tany Mayarí Samayoa, por estar siempre a mi lado, brindarme su apoyo y cuidarme en todo momento. ¡Las quiero mucho!
- Mis sobrinos** Raquel y Erick de León Pineda, con mucho amor.
- Mi novia** Ruth Hurtarte, por ser mi complemento, por estar a mi lado en todo momento y llenar mi vida de felicidad y alegrías, te amo muchísimo.
- Mi abuelo** Por su cariño a lo largo del tiempo.
- Mis tías y tíos** Por su cariño y sus consejos.

Mis primas y primos

Por todos los momentos compartidos y su cariño.

Mi asesor

Edwin Sarceño Zepeda, por compartir sus conocimientos hacia mi persona y por ser una guía en el ámbito profesional.

Mis amigos

Por su amistad y apoyo.

La Facultad de Ingeniería

Por formar mi sabiduría en sus aulas.

**La Escuela de Ingeniería
Mecánica**

Por brindarme la oportunidad de ser un profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Roberto Santizo

Por su apoyo y por compartir desinteresadamente su experiencia en el ámbito de ingeniería, como en la realización del proyecto que consta el trabajo de graduación.

Ing. Edwin Sarceño

Por su autorización y supervisión en la realización del presente trabajo de graduación.

Al personal de Bayer S.A.

Por su colaboración en la realización de dicho proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Naturaleza de la empresa.....	2
1.1.1.1. Misión y visión.....	2
1.1.1.2. Información general de los procesos de manufactura de la empresa.....	3
1.2. El Sistema antincendios	5
1.2.1. Sistema antiincendios.....	5
1.2.2. Tipos de sistemas antiincendios.....	7
1.2.3. Partes principales de un sistema antiincendios.....	7
1.2.3.1. Tanque.....	7
1.2.3.2. Bomba.....	8
1.2.3.3. Tubería.....	10
1.2.4. Accesorios de un sistema antiincendios.....	11
1.2.4.1. Válvulas.....	11
1.2.4.1.1. Tipos y características	12
1.2.4.2. Manómetros	15
1.2.4.3. Uniones.....	16
1.2.4.4. Medidores de flujo.....	16

1.2.4.5.	Sensores de nivel.....	17
1.2.5.	Montaje.....	18
1.2.5.1.	Tipos de montaje.....	18
1.2.5.2.	Diseño de montaje.....	19
1.2.5.3.	Estructuración del montaje.....	19
1.2.5.4.	Elementos del montaje.....	19
1.2.6.	Instalación del sistema antiincendios.....	20
1.2.7.	Funcionamiento del sistema antiincendios.....	20
1.2.7.1.	Estructuración del sistema antiincendios.....	20
1.2.7.2.	Aplicaciones	21
1.3.	Red de distribución del sistema antiincendios.....	21
1.3.1.	Generalidades.....	22
1.3.2.	Clases de tuberías.....	23
1.3.2.1.	Tipos de materiales.....	24
1.3.2.2.	Número de diámetro.....	25
1.3.2.3.	Número de cédula.....	26
1.3.3.	Tipos de unión de tubería.....	26
1.3.3.1.	Bridas (flange).....	26
1.3.3.2.	Soldaduras.....	27
1.3.3.3.	Victaulic.....	27
1.3.3.3.1.	Sistema de unión Victaulic... ..	27
1.3.4.	Utilización del sistema Victaulic.....	29
1.3.4.1.	Normas.....	30
1.3.4.2.	Estándares.....	30
1.3.4.3.	Requisitos.....	30
1.3.5.	Beneficios del sistema.....	30
1.3.5.1.	Costos.....	31
1.3.5.2.	Manejo.....	31
1.3.5.3.	Instalación.....	31

1.4.	Estructuras metálicas para soportar la red de distribución.....	31
1.4.1.	Características principales y especificaciones.....	32
1.4.2.	Lista de partes principales.....	32
1.4.3.	Tipos de columnas.....	32
1.4.4.	Tipo de puentes.....	33
1.5.	Información técnica de los equipos a utilizar.....	33
1.5.1.	Características principales y especificaciones tanque....	33
1.5.1.1.	Lista de partes principales.....	33
1.5.1.2.	Capacidad.....	34
1.5.1.3.	Montaje.....	34
1.5.2.	Características principales y especificaciones cuarto de bomba.....	34
1.5.2.1.	Tipo de bombas.	34
1.5.2.2.	Capacidad de bombas.....	35
1.5.2.3.	Lista de partes principales.....	35
2.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....	37
2.1.	Metodología para el montaje del sistema antiincendios.....	37
2.2.	Guías para realizar el montaje.....	37
2.2.1.	Evaluación de los equipos a montar.....	41
2.2.2.	Evaluación de las estructuras a soportar red de distribución.....	42
2.2.3.	Evaluación de los edificios a cargar las estructuras que soportan la tubería.....	42
2.3.	Metodología para realizar pruebas de carga para las columnas y puentes a soportan red de tubería.....	42
2.3.1.	Desarrollo de pruebas de carga para estructura a soportar la tubería.....	42
2.3.1.1.	Prueba de carga distribuida normal.....	43

2.3.1.2.	Prueba de carga distribuida máxima.....	44
2.3.1.3.	Prueba de cargas a diferentes distancias entre soportes.....	45
2.3.2.	Desarrollo del montaje de estructuras.....	47
2.3.2.1.	Columnas.....	48
2.3.2.1.1.	Cimentación.....	48
2.3.2.1.2.	Pernos de anclaje.....	49
2.3.2.1.3.	Alineación.....	49
2.3.2.2.	Puentes.....	49
2.3.2.2.1.	Unión entre columna y puentes ..	50
2.3.2.2.2.	Soportes.....	50
2.3.2.2.3.	Alineación.....	50
2.4.	Desarrollo del montaje del tanque.....	50
2.4.1.	Montaje del tanque.....	50
2.4.2.	Cimentación.....	51
2.4.3.	Alineación.....	51
2.4.4.	Montaje de anillos del tanque.....	51
2.4.5.	Partes principales.....	52
2.4.6.	Accesorios.....	53
2.5.	Desarrollo de instalación de bombas.....	53
2.5.1.	Instalación de bombas.....	53
2.5.1.1.	Cuarto de bombas.....	54
2.5.1.2.	Montaje de bombas.....	54
2.5.1.3.	Partes principales y accesorios.....	55
2.6.	Desarrollo de instalación de tubería.....	64
2.6.1.	Instalación de tubería.....	64
2.6.2.	Accesorios.....	65
2.7.	Mantenimiento.....	65
2.7.1.	Preventivo.....	66

2.7.1.1.	Tanque.....	66
2.7.1.2.	Bombas.....	67
2.7.1.3.	Tubería.....	67
2.7.1.4.	Estructura.....	67
3.	FASE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE.....	69
3.1.	Ubicación y funcionamiento del sistema.....	69
3.1.1.	Ubicación de los equipos.....	69
3.1.2.	Especificaciones de inicio del sistema antiincendios.....	76
3.1.2.1.	Arranque manual.....	77
3.1.2.2.	Arranque automático.....	77
3.1.3.	Funcionamiento.....	77
3.1.3.1.	Alarmas.....	77
3.1.3.2.	Apagado.....	78
3.1.3.3.	Apagado de emergencia.....	78
3.1.3.4.	Cambio de fusibles.....	80
3.1.3.5.	Tanque de agua antiincendios.....	81
3.2.	Mantenimiento.....	83
3.2.1.	Operación de recirculación.....	83
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES.....	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tuberías en sistemas antiincendios.....	11
2.	Manómetro.....	15
3.	Uniones en sistemas antiincendios.....	16
4.	Medidor de flujo.....	17
5.	Sensores de nivel.....	18
6.	Ejemplo de esquema del diseño de la red de distribución de un sistema antiincendios.....	23
7.	Sistema de tuberías ranuradas.....	24
8.	Bridas con tubos.....	26
9.	Brida rígida Victaulic.....	29
10.	Unidad de control para la bomba.....	55
11.	Calibradores de presión con glicerina.....	56
12.	Válvula de bola para el calibrador de presión y Válvula de respiradero.....	57
13.	Válvulas <i>non-return</i>	58
14.	Interruptor de límite para la supervisión.....	59
15.	Medidor de presión.....	60
16.	Bomba antiincendios.....	61
17.	Válvula de mariposa.....	62
18.	Accesorios diversos de la bomba.....	63
19.	Brida rígida Victaulic.....	64
20.	Cuarto de bombas.....	70
21.	Bombas para agua antiincendios y sus componentes.....	70
22.	Manómetros y presostatos.....	71

23.	Válvulas, manómetros y flujómetros.....	72
24.	Tableros de control bomba PA02.....	73
25.	Tablero de control bomba auxiliar.....	74
26.	Tablero de control bomba PA03.....	75
27.	Complementos.....	76
28.	Apagado de emergencia.....	78
29.	Fusibles.....	79
30.	Central de energía eléctrica.....	81
31.	Tanque de agua antiincendios.....	82

TABLAS

I.	Longitudes equivalentes para utilizar en un sistema antiincendios con base en la norma NFPA 14.....	22
II.	Comparación de tipos de materiales.....	25
III.	Listado de partes principales.....	32
IV.	Guía para la fabricación y montaje del tanque antiincendios planta Bayer Amatitlán.....	38
V.	Guía para la fabricación y montaje de las estructuras a soportar red de distribución.....	39
VI.	Guía para el montaje del cuarto de bombas.....	40
VII.	Guía para el montaje de la red de distribución del sistema antiincendios.....	41

GLOSARIO

Abrasión

Desgaste de la superficie, producido por rayado continuo, usualmente debido a la presencia de materiales extraños, o partículas metálicas en el lubricante. Esto puede también causar la rotura o resquebrajamiento del material (como en las superficies de los dientes de los engranes). También la falta de una adecuada lubricación puede dar como resultado la abrasión.

Acero inoxidable

Acero que presenta una gran resistencia a la acción de la oxidación, característica que se consigue aleándolo con el cromo y el níquel.

Acoplamiento viscoso

Acoplamiento de líquido en que los ejes de entrada y de salida se combinan con discos delgados y espaciados en forma alterna en una cámara cilíndrica llena de un líquido viscoso que se sujeta a los discos y que, por lo tanto, los hace resistir las diferencias de velocidad entre los dos ejes.

Aditivos

Elementos naturales o químicos que se añaden a un producto para añadir o potenciar alguna de sus características.

AISC	Instituto Americano de Construcción con Acero (American Institute of Steel Construction).
Aleación	Sustancia con propiedades metálicas compuesta por dos o más elementos químicos de los cuales al menos uno es un metal.
ANSI	Instituto Nacional de Normas Americanas o por sus siglas en inglés American National Standards Institute anteriormente llamado, ASA y USAS.
API	Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute).
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).
AWS	Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society).
AWWA	Asociación Americana de Obras Sanitarias (American Water Works Association).

Biselado	Rectificado de los bordes de un canto hasta convertirlo en una superficie angular plana similar a la letra "V".
Boca de incendio equipada	Equipo completo de protección y extinción de incendios, que se instala de forma fija sobre la pared y se conecta a una red de abastecimiento de agua. Está compuesta de los siguientes elementos: manguera y soporte giratorio abatible, manómetro, válvula y boquilla lanza.
Buje	Cojinete de suspensión que acomoda el movimiento giratorio limitado y que está generalmente compuesto por dos tubos de acero coaxiales unidos por un manguito de goma.
Ciclo de vida	Plazo de tiempo durante el cual un artículo conserva su capacidad de utilización. El período va desde su compra hasta que es sustituido o es objeto de restauración.
Columna seca	Conducción normalmente vacía, que partiendo de la fachada del edificio discurre generalmente por la caja de la escalera y está provista de bocas de salida en pisos y de toma de alimentación en la fachada para conexión de los equipos del servicio de extinción de

Incendios, que es el que proporciona a la conducción la presión y el caudal de agua necesarios para la extinción del incendio.

Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente.

Coste del ciclo de vida

Coste total de un artículo a lo largo de su vida, incluyendo los gastos de compra, operaciones de Mantenimiento, mejora, reforma y retirada.

Defecto

Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

Depósito contra incendios

Almacenamiento de agua en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de agua de hidrantes, rociadores, *BIE*'s u otros elementos finales del sistema durante un tiempo determinado por las características y usos de los edificios.

Detector de humo

Dispositivos que captan la presencia de humo y cuando el valor de ese fenómeno que sobrepasa un umbral prefijado, en esta se genera una señal de alarma que es transmitida

a la central de control y señalización, generalmente como cambio de consumo o tensión en la línea de detección. Según la clasificación de la NTP 215, detectores de humo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

DIN

Norma Industrial Alemana (Deutsche Industrie Norm).

Disponibilidad

La disponibilidad es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

La disponibilidad de un artículo no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Ergonomía

Parte de la ciencia que estudia la relación del cuerpo humano con el medio ambiente que le rodea. Propiedad por la cual, algo es cómodo de utilizar, adaptándose al usuario.

Factor de utilización

Relación entre el tiempo de operación de un artículo y su tiempo disponible.

Informe de trabajo	Comunicación escrita informa el trabajo realizado y del estado en que queda el artículo objeto de una intervención del mantenimiento o reparación.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización, (International Organization for Standardization).
Mantenimiento	Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.
Mantenimiento correctivo	Tareas de reparación de equipos o aparatos averiados.
Mantenimiento predictivo	Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios, a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución.
Mantenimiento preventivo	Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente, con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, para evitar averías en el mismo.

Mantenimiento selectivo	Servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.
MSS	Sociedad de Fabricantes para la Estandarización de la Industria de Válvulas y Accesorios (Manufacturers Standardization Society for the Valves and Fittings Industry).
NACE	Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión (National Association of Corrosion Engineers).
Parada general	Situación de un conjunto de artículo a los que se efectúa periódicamente revisiones y/o reparaciones concentradas y programadas en un determinado período de tiempo.
Plan de mantenimiento	Relación detalla de las actuaciones de Mantenimiento que necesita un artículo o elemento y de los intervalos temporales con que deben efectuarse.
PLC	Operadores Electrónicos.

Soportabilidad

Cualidad para atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones previstas.

SSPC

Consejo de Pintura de Estructuras de Acero (Steel Structures Painting Council).

Termostato

Mecanismo empleado en el sistema de refrigeración para controlar el caudal de líquido refrigerante que se desvía hacia el radiador. Está formado por una válvula que se acciona por temperatura.

Tiempo medio entre fallos

Por sus siglas en Inglés MTBF, intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.

Tiempo promedio para Reparar

Inglés: *MTTR* es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

El tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad.

Utilización

La utilización o factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un equipo durante un período determinado.

RESUMEN

En los centros de producción donde se trabaja con líquidos inflamables o combustibles, o donde por la naturaleza y cantidad de los materiales almacenados o manipulados es necesario diseñar una instalación de protección de agua contra incendios; se plantea el problema de proyectar un abastecimiento de agua adecuado para cada caso.

Por tanto, respetando lo indicado anteriormente, se trató de exponer soluciones idóneas desde el punto de vista práctico, teniendo en consideración que la protección contra el fuego tiene como objetivo primordial, asegurar la vida de las personas, las instalaciones y el medio ambiente con un costo razonable.

Dicha protección fue considerada como una conjunción de medidas tales como el diseño del proceso, los sistemas de drenaje, el control de medidas contra el fuego, la distribución en planta del proceso, la prevención del inicio y propagación del fuego, etc., así como los aspectos organizativos, siendo todas estas medidas complementarias, de tal manera que al faltar alguna de ellas o no haber sido valorada como corresponde, haría perder la eficacia del sistema.

Luego de analizar todos los detalles con respecto al sistema antiincendios, se procedió a crear una estructuración para el desarrollo del montaje e instalación de todos los componentes, siguiendo normas y rutinas de seguridad, para lograr un trabajo eficaz y calificado dentro de la Planta Bayer CropScience, Amatitlán, Guatemala.

OBJETIVOS

General

Estructurar un montaje adecuado de las diferentes partes que componen el sistema antiincendios como son: tanque, cuarto de bombas, sistema de tubería y estructuras metálicas a soportar dicho sistema, mediante la aplicación de normas de certificación y conocimientos técnicos que contribuyan al aprovechamiento óptimo de los recursos, con el fin de realizar un trabajo eficiente y de calidad.

Específicos

1. Describir la importancia que tiene la aplicación adecuada de los principios de montaje en cualquier tipo de construcción.
2. Conseguir que la ruta de la tubería del sistema antiincendios sea la correcta para no interferir con la producción de la planta.
3. Realizar y desarrollar modificaciones convenientes de una forma ingenieril, en las diferentes estructuras donde realizará el paso el sistema de agua antiincendios.
4. Desarrollar el montaje de las diferentes partes del sistema antiincendios, de una forma eficaz para alcanzar el funcionamiento correcto de dicho sistema.

5. Realizar cálculos teóricos para determinar la capacidad necesaria de las diferentes partes del sistema, con el fin de satisfacer los requerimientos de la planta.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, se refiere a la realización del montaje de un sistema contraincendios, compuesto por sus partes principales, es decir: tanque de agua, bombas, estructuras y tubería; así mismo, como sus accesorios, siendo estos: las válvulas, medidores de flujo, sensores, hidrantes, etc., todos ellos adaptados a las necesidades para cubrir una planta industrial.

Se realizaron estudios para determinar las características necesarias de cada componente que forma el sistema, para satisfacer los requerimientos de distribución, así como análisis estructurales de la planta para decidir la vía factible de la red de tubería y conseguir que esta no interfiera con las acciones de la planta.

Todo el montaje se ejecutó bajo la dirección y supervisión del ingeniero asesor, aplicando conocimientos adquiridos en cursos del área profesional de la carrera de Ingeniería Mecánica y bibliografía actualizada, con lo cual se hizo un trabajo eficiente logrando satisfacer las necesidades de la planta Bayer CropScience, Amatitlán, Guatemala.

En la parte uno de este trabajo se plasmó la Fase de Investigación, en la cual se incluyó la descripción de la empresa, es decir, de la planta Bayer CropScience, así mismo, se definió el significado de lo que constituye un sistema antiincendios y sus diversos componentes.

El montaje e instalación del sistema antiincendios, así como la red de distribución del sistema antiincendios que conforma el mismo, las estructuras metálicas para soportar la red de distribución, la información técnica de los equipos utilizados en el sistema antiincendios, se incluyeron en esta parte del trabajo. Adicionalmente, se describen las características y especificaciones del tanque y el cuarto de bomba utilizado en el sistema.

En la parte dos del presente trabajo se desarrolló la fase técnico-profesional, abordando la metodología para el montaje del sistema anti-incendios, la metodología para realizar pruebas de carga para columnas y puentes a soportar la red de tuberías, así mismo, se incluyó el desarrollo del montaje de estructuras, desarrollo del montaje de tanque, el desarrollo de la instalación de bombas.

El desarrollo de la instalación de tuberías, así como el mantenimiento de todo el sistema antiincendios, también se desarrolló dentro de la parte dos de este trabajo.

Posteriormente se incluyó una serie de conclusiones y recomendaciones que resultaron del montaje e instalación del sistema antiincendios en la planta.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

“Bayer, S.A. es una empresa internacional, diversificada de la industria químico-farmacéutica. Las instalaciones de la planta Bayer CropScience, Amatitlán, Guatemala, está localizada en la zona industrial de este municipio, en las afueras del lugar, a cinco kilómetros del centro urbano y a 29,5 kilómetros al sur de la ciudad capital.

Los orígenes del centro de formulación se remontan al inicio de la construcción de las primeras áreas productivas, en diciembre de 1962, para lo cual se compró un terreno de 1,4 hectáreas; actualmente -2009- la extensión de terreno es de 4,6 hectáreas.

A principios de 1963 empezaron a ingresar los primeros trabajadores, se dio inicio formalmente a las operaciones de la nueva empresa del grupo Bayer fundada en Guatemala; en mayo del mismo año ampliaron la empresa construyéndose un laboratorio de control de calidad, instalaciones sanitarias y algunas oficinas administrativas; terminadas todas las instalaciones piloto, el 7 de septiembre de 1963, se procedió a elaborar la primera formulación de productos.”¹

¹ Planta Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Actualmente, las instalaciones de la planta Bayer CropScience Amatitlán, tienen las áreas de producción sólidos y producción líquidos, en donde se procede a la formulación y envasado de productos, para la protección de cultivos.

1.1.1. Naturaleza de la empresa

En la planta CropScience se realiza la formulación y envasado de productos, para la protección de cultivos.

1.1.1.1. Misión y visión

La misión y visión de la planta Bayer CropScience están definidas de la siguiente forma:

Misión

“Mejorar la productividad agrícola y, con ello, la calidad de vida del hombre mediante el empleo racional de productos fitosanitarios de vanguardia, dentro de una tecnología completamente integrada, sostenible y en armonía con el ambiente.

Para lograr tal objetivo, se formulan, envasan y proveen en forma responsable y oportuna productos fitosanitarios, de acuerdo a lineamientos y especificaciones de la casa matriz; para satisfacer las necesidades de los clientes y contribuir al logro de la misión de la planta Bayer CropScience.”²

² Planta Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Visión

“Consiste en ser a nivel mundial una planta modelo de la división de protección de cultivos de Bayer; formuladora, envasadora y proveedora de productos fitosanitarios, para lo cual se aumentará la efectividad, orden, limpieza, protección del medio ambiente y seguridad; cumpliendo con las directrices y normas de la casa matriz y con la legislación a nivel regional.

Se contará con recurso humano altamente comprometido con la misión, visión y valores propuestos en la empresa, así mismo, se optimizará la eficiencia de los procesos y operaciones, al implementar la infraestructura necesaria y, con ello buscar la eliminación de desperdicios y tiempos muertos. Alcanzaremos la excelencia en el servicio al cliente para ser su primera elección.”³

1.1.1.2. Información general de los procesos de manufactura de la empresa

“La operación de la planta se basa en la formulación y el envasado de productos para la protección de cultivos, principalmente insecticidas, fungicidas, herbicidas y auxiliares para la aplicación de los mismos.

En la planta Bayer CropScience se pueden producir diversos tipos de formulaciones, ya que se cuenta con el equipo adecuado para cumplir con los más altos estándares de calidad y cada módulo es independiente y específico.

³ Planta Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

En el área de productos sólidos -polvos y granulados,- la planta Bayer en Amatitlán es una de las pocas en el mundo que produce su propio material inerte, necesario en la formulación de este tipo de productos; situación que le permite no sólo mantener la calidad de sus productos, sino que asegura el abastecimiento de los mismos.

Cuenta con una red computarizada para el reporte y control de las operaciones efectuadas, así como algunos operadores electrónicos –PLC- para el manejo y funcionamiento de las líneas de formulación y llenado, equipos que permiten mantener una misma calidad en todos los productos.

El área de productos líquidos está diseñada bajo los más altos estándares tecnológicos de calidad, siguiendo la normativa de seguridad industrial. Estas instalaciones ofrecen una capacidad de formulación superior a los 30 000 litros por turno, lo que garantiza el cumplimiento de las distintas necesidades de producción. Por los distintos dispositivos electrónicos de control instalados, se alcanza una confiabilidad muy alta en los procesos de formulación.

El principio de la formulación de líquidos se basa en suspender ingredientes activos sólidos finamente distribuidos en un medio acuoso, que ayudados por compuestos espesantes permiten que permanezcan en suspensión. Entre sus mayores beneficios está utilizar el agua como solvente, lo que los hace menos dañinos con el medio ambiente. Y así distribuir una gama de productos que benefician la agricultura."⁴

⁴ Planta Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

1.2. El sistema antiincendios

“Desde la antigüedad, en las ciudades se ha dispuesto de diversos medios para luchar contra los incendios accidentales, tradicionalmente se disponía de grupos de bomberos a los que se confiaba dicha labor.

A principios del siglo XX, se comenzó a instalar sistemas mecánicos de detección y extinción de incendios que basaban su funcionamiento en el almacenamiento de agua y su descarga automática o manual en caso de emergencia.

1.2.1. Sistema antiincendios

El sistema antiincendios es un conjunto de técnicas empleadas para apagar fuegos y minimizar el daño que pueden causar; consiste en un sistema integrado por tuberías, bombas y accesorios, diseñado conforme a las directrices para extinción de incendios, conectado a una o más fuentes de agua, con capacidad necesaria para cubrir la urbanización de un área determinada.

Los sistemas de protección contraincendios constituyen un conjunto de equipamientos diversos integrados en la estructura de los edificios. La protección contraincendios se basa en dos tipos de medidas:

- Medidas de protección pasiva
- Medidas de protección activa”⁵

⁵Sistema de agua contra incendios.
http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/11_leg.pdf. Consulta, octubre 2009.
p. 2 y 3.

Medidas de protección pasiva

“Son medidas que tratan de minimizar los efectos dañinos del incendio una vez que este se ha producido. Básicamente están encaminadas a limitar la distribución de llamas y humo a lo largo del edificio y a permitir la evacuación ordenada y rápida del mismo. Algunos ejemplos de estas medidas son:

- Compuertas en conductos de aire.
- Recubrimiento de las estructuras para maximizar el tiempo antes del colapso por la deformación por temperatura.
- Puertas cortafuegos.
- Dimensiones y características de las vías de evacuación.
- Señalizaciones e iluminación de emergencia.
- Compartimentación de sectores de fuego, entre otras.

Medidas de protección activa

Son medidas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápido posible, y evitar así su extensión en el edificio. Dentro de este apartado se han de considerar dos tipos de medidas:

- Medidas de detección de incendios, que suelen estar basadas en la detección de humos -iónicos u ópticos- o de aumento de temperatura.
- Medidas de extinción de incendios, que pueden ser manuales o automáticas: Manuales: extintores, bocas de incendio equipadas (BIE), hidrantes, columna seca. Automáticas: dotados de sistemas de diversos productos para extinción; como son: agua (*sprinklers*, cortinas de agua,

espumas, agua pulverizada); gases (halones, actualmente en desuso), dióxido de carbono) y polvo (normal o polivalente).”⁶

1.2.2. Tipos de sistemas antiincendios

Existen diversos tipos de sistemas para prevenir o minimizar los daños en lo que respecta al fuego, pero en todos los elementos principales de acción, se encuentra el agua.

Según las necesidades de cada área se instalan diferentes equipos, para patios de tanques con combustible o químicos inflamables, se utiliza un equipo de protección que al mezclarse con el agua forma una espuma; de lo contrario, en cualquier sistema de protección contra incendios solo se utiliza agua.

1.2.3. Partes principales de un sistema antiincendios

Las partes que conforman un sistema antiincendios son:

1.2.3.1. Tanque

Unidad de almacenamiento de determinado volumen para acumulación de cualquier tipo de sólidos y líquidos, ya sea en uso doméstico o industrial. En caso de un estanque de agua para sistema antiincendios, se requiere de gran capacidad para cubrir y suministrar la cantidad del líquido que se necesita para cubrir un área amplia.

⁶Sistema de agua contra incendios.
http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/11_leg.pdf. Consulta, octubre 2009.
p. 2 y 3.

1.2.3.2. Bombas

Siempre que se trata con temas como: procesos químicos y de cualquier circulación de fluidos, se está de alguna manera, entrando en el tema de bombas.

“Las bombas contraincendios son en esencia, iguales a las bombas normales; las consideraciones adicionales correspondientes a las bombas contraincendios, se presentan en la Norma NFPA 20. Los factores que deben tomarse en cuenta con relación a este tipo de bombas son:

- Uso del equipo señalado para bombas contraincendios.
- Uso de accesorios aprobados.
- Capacidad adecuada para satisfacer la demanda de propagación del incendio.
- Operación automática.
- Ubicación segura para que el servicio sea ininterrumpido.”⁷

Posteriormente, al cumplir con estos factores, se debe tener en consideración que, el funcionamiento en sí de la bomba, es el de un convertidor de energía, transformará la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en el fluido. La bombas se emplean para bombear toda clase de líquidos, agua, aceites de lubricación, combustibles ácidos, líquidos alimenticios, cerveza, leche, etc. También se emplean las bombas para bombear los líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc.

⁷ BARRETO LEÓN, Newton. Diseño de un sistema contra incendios para una empresa productora de cereales. p. 2.

“Las bombas se clasifican en tres tipos principales:

- De émbolo alternativo
- De émbolo rotativo
- Rotó dinámicas

Las dos primeras operan sobre el principio de desplazamiento positivo, es decir, que bombean una determinada cantidad de fluido sin tener en cuenta las fugas, independientemente de la altura de bombeo.

El tercer tipo debe su nombre a un elemento rotativo, llamado rodete, que comunica velocidad al líquido y genera presión. La carcasa exterior, el eje y el motor completan la unidad de bombeo.

- De émbolo alternativo: la bomba de émbolo alternativo consiste en un pistón que tiene un movimiento de vaivén dentro de un cilindro. Un adecuado juego de válvulas permite que el líquido sea aspirado en una embolada y lanzado a la turbina de impulsión en la siguiente.

En consecuencia, el caudal será intermitente a menos que se instalen recipientes de aire o un número suficiente de cilindros para uniformar el flujo.

Aunque las bombas de émbolo alternativo fueron sustituidas en la mayoría de los campos de aplicación por las bombas rotó dinámicas, más adaptables, todavía se emplean ventajosamente en muchas operaciones industriales especiales.

- De émbolo rotativo: las bombas de émbolo rotativo generan presión por medio de engranajes o rotores muy ajustados que impulsan periféricamente al líquido dentro de la carcasa cerrada. El caudal es uniforme y no hay válvulas. Este tipo de bombas es eminentemente adecuado para pequeños caudales (menores de 1 pie cúbico por segundo y el líquido viscoso). Las variables posibles son muy numerosas.
- Rotó dinámicas: la bomba rotó dinámica es capaz de satisfacer la mayoría de las necesidades de la ingeniería y su uso está muy extendido. Su campo de utilización abarca desde abastecimientos públicos de agua, drenajes y regadíos, hasta transporte de hormigón o pulpas.”⁸

1.2.3.3. Tubería

“En tecnología significa, tubo empleado para transportar de un punto a otro, líquidos, sólidos fragmentados o mezclas de líquidos y sólidos. Las tuberías de agua, vapor de agua y gas son habituales en cualquier proceso industrial; para el suministro de agua o el transporte de aguas se emplea grandes redes de tuberías. Los sistemas de tuberías pueden cubrir distancias enormes.

En las redes de tuberías se recomienda que la tubería forme un circuito cerrado en forma de red y minimizar las pérdidas por fricción que sea posible.”⁹

⁸ Monografías. Bombas. <http://www.monografias.com/trabajo14/bombas/bombas.shtml#intro>. Consulta, octubre 2009. p.1.

⁹ Holguín Ciencias. Pérdidas de presión en tuberías de vapor. <http://www.ciencias.holguin.cu>. Consulta, octubre 2009. p.3.

Figura 1. **Tuberías en sistemas antincendios**



Fuente: Victaulic. Victaulic contra incendios.

<http://www.victaulic.com/content/es/fireprotectionsection.htm>. Consulta, octubre 2009.p.3.

1.2.4. Accesorios de un sistema antiincendios

Los accesorios con que cuenta un sistema antiincendios son:

1.2.4.1. Válvulas

“Es un accesorio que se utiliza para regular y controlar el fluido de una tubería, son dispositivos mecánicos empleados para controlar el flujo de un gas o líquido en una tubería.

Este proceso puede ser desde cero -válvula totalmente cerrada,- hasta de flujo -válvula totalmente abierta- y pasa por todas las posiciones intermedias, entre estos dos extremos.

1.2.4.1.1. Tipos y características

Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. Las válvulas de movimiento lineal en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje, se pueden clasificar en las siguientes:

Válvula de globo

Existen de simple asiento, de doble asiento y de obturador equilibrado, respectivamente. Las válvulas de simple asiento precisan de un actuador de mayor tamaño para que el obturador cierre en contra de la presión diferencial del proceso.

Por lo tanto, se emplean cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas. El cierre estanco se logra con obturadores provistos de una arandela de teflón.

En la válvula de doble asiento o de obturador equilibrado, la fuerza de desequilibrio desarrollada por la presión diferencial, a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento.

Por este motivo, se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una presión diferencial alta.¹⁰

¹⁰ Accesorios de tuberías. <http://es.scribd.com/doc/93445377/ACCESORIOS-DE-TUBERIAS>. Consulta, septiembre 2009. p. 2.

Válvula de compuerta

“Esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano o de forma especial y que se mueve verticalmente al flujo del fluido. Por su disposición es adecuada generalmente para control de todo-nada, en posiciones intermedias tiende a bloquearse.

Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando está en posición de apertura total.

Válvula de mariposa

El cuerpo está formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular. La válvula puede cerrar herméticamente, mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo.

Un servomotor exterior acciona el eje de giro del disco y ejerce su par máximo cuando la válvula está totalmente abierta (en control todo-nada se consideran 90 grados, y en control continuo 60 grados, a partir de la posición de cierre, ya que la última parte del giro es bastante inestable), siempre que la presión diferencial permanezca constante.

En la sección de la válvula es importante considerar las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre; se necesita fuerza del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de gran presión. Las válvulas de mariposa se emplean para el control de grandes caudales a baja presión.

Válvula de bola

El cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de bola o esfera. La bola tiene un corte adecuado, usualmente en V, que fija la curva característica de la válvula y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior.

El cierre estanco se logra con un aro de teflón incorporado al cuerpo contra el cual asienta la bola cuando la válvula está cerrada. En posición de apertura total, la válvula equivale aproximadamente en tamaño a 75% del tamaño de la tubería.

La válvula de bola se emplea principalmente en el control de caudal de fluidos negros, o bien en fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión. Una válvula de bola típica es la válvula de macho que consiste en un macho de forma cilíndrica o troncocónica con un orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería.

El macho ajusta en el cuerpo de la válvula y tiene un movimiento de giro de 90 grados. Se utiliza generalmente en el control manual todo-nada de líquidos o gases y en regulación de caudal.”¹¹

¹¹ Accesorios de tuberías. <http://es.scribd.com/doc/93445377/ACCESORIOS-DE-TUBERIAS>. Consulta, septiembre 2009. p. 3.

1.2.4.2. Manómetros

“La mayoría de los medidores de presión o manómetros miden la diferencia entre la presión de un fluido y la presión atmosférica local.

Para pequeñas diferencias de presión se emplea un manómetro que consiste en un tubo en forma de U con un extremo conectado al recipiente que contiene el fluido y el otro extremo abierto a la atmósfera.

El tubo contiene un líquido, como agua, aceite o mercurio y la diferencia entre los niveles del líquido en ambas ramas indica la diferencia entre la presión del recipiente y la presión atmosférica local.

Como la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, hay que sumar esta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Una lectura negativa del manómetro corresponde a un vacío parcial.”¹²

Figura 2. **Manómetro**



Fuente: Manómetro de Bordón. <http://html.rincondelvago.com/manometro.html>. Consulta, octubre 2009. p. 5.

¹² Hidrostática. <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Hidrostatica.html>. Consulta, octubre 2009. P.5

1.2.4.3. Uniones

Existen varias formas de unir diferentes equipos, accesorios, etc., pero en el caso de un sistema antiincendios, las uniones que deben existir son principalmente con base en tuberías, como es la conexión entre tanque-bombas antiincendios; bombas antiincendios- red antiincendios; red antiincendios-hidrantes. Dependiendo del tipo de material y dimensiones del tubo, las uniones pueden ser por soldadura, rosca, bridas, o en el caso del PVC con un pegamento especial.

Figura 3. **Uniones en sistemas antincendios**



Fuente: BlaseMaster. Sistema de protección contra incendios. Tlalnepantla, México p.2

1.2.4.4. Medidores de flujo

Son aparatos que se diseñaron para medir el gasto de un fluido, es decir, la cantidad de flujo por unidad de tiempo.

Los medidores de flujo pueden medir desde mililitros por segundo hasta varios metros cúbicos por segundo, esto lo determinará la aplicación donde será utilizado, existen dos tipos de cabeza variable y de área variable.

Figura 4. **Medidor de flujo**



Fuente: Monografía. Medidor de Flujo. <http://www.monografia.com/medidoresflujo>. Consulta, septiembre 2009. p. 15.

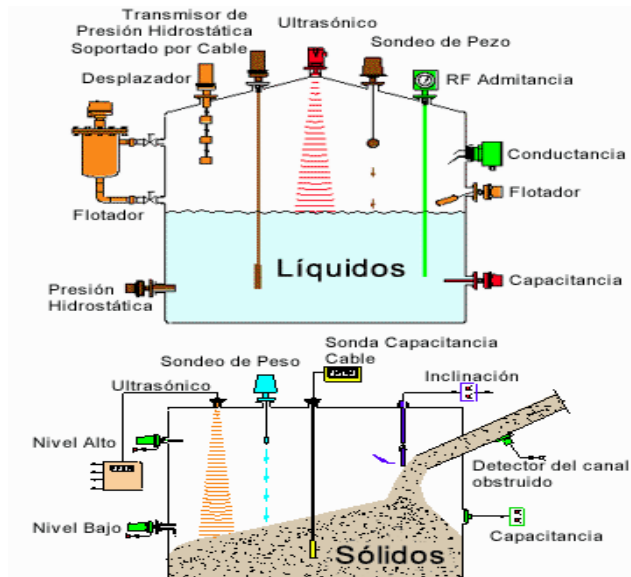
1.2.4.5. Sensores de nivel

Estos instrumentos son utilizados para monitorear nivel de líquidos y sólidos, abriendo y cerrando la alimentación cuando se alcanza un nivel determinado en un tanque.

“Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.”¹³

¹³ Monografía. Medidores de nivel. <http://www.monografias.com/trabajos74/medidores-nivel/medidores-nivel.shtml>. Consulta, septiembre 2009. p.1.

Figura 5. Sensores de nivel



Fuente: BELTRÁN PROVOSTE, Cristian. Medición de nivel. p. 2.

1.2.5. Montaje

Antes de entrar en detalle sobre el diseño, estructuración y elementos del montaje, es importante señalar que:

1.2.5.1. Tipos de montaje

Los tipos de montaje que se pueden realizar varían según la necesidad de la empresa, dependiendo del punto de vista de la organización en donde se implementa el montaje.

1.2.5.2. Diseño de montaje

El desarrollo del diseño implica un análisis detallado de la operación propia de la empresa, por lo que se evaluará los riesgos de incendio en cada una de las áreas de esta empresa, que conlleve a determinar los principales requerimientos.

En tal sentido, el diseño del montaje de los sistemas antiincendios se realiza con base en los planos del lugar –para este caso, de la planta,- priorizando los lugares en donde correrá toda la red de tubería del sistema en si (ver apéndice 1).

1.2.5.3. Estructuración del montaje

Para la conformación del montaje del sistema, es necesario tener un diseño previo del montaje, en el caso de la empresa Bayer, se realizaron con base en los planos y las necesidades del lugar (ver apéndice 1).

1.2.5.4. Elementos del montaje

Para realizar el montaje del sistema antiincendios en la planta Bayer de Amatitlán, se consideraron los siguientes componentes: tipo de tuberías, tipo de uniones, tipo de bomba, entre otras, -en párrafos siguientes se desarrollarán las mismas.

1.2.6. Instalación del sistema antiincendios

La instalación se realiza con base en los planos que se preparan para el mismo (ver apéndice 1).

1.2.7. Funcionamiento del sistema antiincendios

Los sistemas antiincendios, en su mayoría, funcionan con agua y el mismo brinda protección en caso de siniestros, a través de la red de distribución que se instala dentro de la planta en donde se desea proteger a las personas y las instalaciones, del menor daño posible en caso de incendios.

1.2.7.1. Estructura del sistema antiincendios

Es probable que la etapa más importante del diseño, lo constituya la etapa de estructuración, pues la optimización del resultado final del diseño depende en gran medida del acierto que se haya obtenido en adoptar la estructura esquelética adecuada para crear la edificación de la red de distribución de todo el sistema antiincendios.

En esta etapa de estructuración se seleccionan los materiales que van a constituir la estructura, se define el sistema estructural principal y el arreglo, así como las dimensiones preliminares de los elementos estructurales más comunes.

1.2.7.2. Aplicaciones

“Los sistemas antiincendios pueden ser colocados en diversidad de empresas, pues existen normas específicas de la NFPA, La NFPA (National Fire Protection Association) es reconocida alrededor del mundo como la fuente autorizada principal de conocimientos técnicos, datos y consejos para el consumidor sobre la problemática del fuego y la protección y prevención.

El diseño de sistemas se basa en las normas NFPA, que recoge las recomendaciones mínimas de seguridad y protección que deben tomarse en cuenta para proteger un área, usando una combinación de sistemas y equipos: mangueras, extintores y rociadores.”¹⁴

1.3. Red de distribución del sistema antiincendios

Para montar e instalar un sistema antiincendios, es importante realizar una esquematización de lo que será la red de distribución en el lugar donde se instalará el sistema.

Para ello, es oportuno mencionar que la NFPA, da una serie de directrices a implementar en los proyectos de creación de sistemas antiincendios. Define el tipo de tubería, diámetros, cédulas que se deben utilizar para cumplir con los estándares internacionales de sistemas antiincendios.

A continuación se muestra la tabla con especificaciones del NFPA.

¹⁴ BARRETO LEÓN, Newton. Diseño de un sistema contra incendios para una empresa productora de cereales. p. 3.

Tabla 1. Longitudes equivalentes para utilizar en un sistema antiincendios, con base en la Norma NFPA 14

<i>Equivalent Pipe Length Chart</i>							
	Fittings and Valves Expressed in Equivalent ft (m) of Pipe						
	¾ in. (20 mm)	1 in. (25 mm)	1¼ in. (32 mm)	1½ in. (40 mm)	2 in. (50 mm)	2½ in. (50 mm)	3 in. (80 mm)
45° Elbow	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)
90° Standard Elbow	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)
90° Long-Turn Elbow	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)
Tee or Cross (Flow Turned 90°)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3.1)	12 (3.7)	15 (4.6)
Gate Valve	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)
Butterfly Valve	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3.1)
Swing Check ^a	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)

	Fittings and Valves Expressed in Equivalent ft (m) of Pipe						
	3½ in. (90 mm)	4 in. (100 mm)	5 in. (125 mm)	6 in. (150 mm)	8 in. (200 mm)	10 in. (250 mm)	12 in. (300 mm)
45° Elbow	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4.0)
90° Standard Elbow	8 (2.4)	10 (3.1)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
90° Long-Turn Elbow	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4.0)	16 (4.9)	18 (5.5)
Tee or Cross (Flow Turned 90°)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.2)	35 (10.7)	50 (15.3)	60 (18.3)
Gate Valve	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Butterfly Valve	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3.1)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Swing Check ^a	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.8)	45 (13.7)	55 (16.8)	65 (19.8)

Use with Hazen-Williams $C = 120$ only. For other values of C , the figures in this table should be multiplied by the factors below.

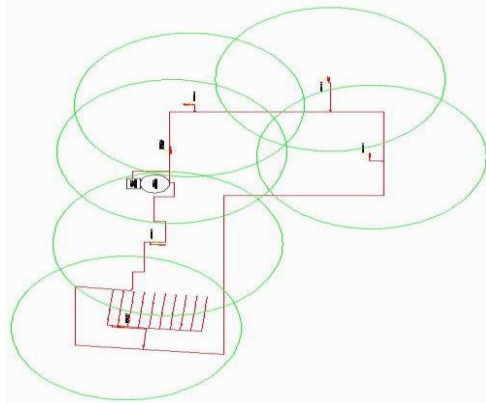
Value of C	80	100	120	130	140	150
Multiplying factor	0.472	0.713	1.00	1.16	1.32	1.51

Fuente: BARRETO León, Newton. Diseño de un sistema contra incendios para una empresa productora de cereales. p. 71.

1.3.1. Generalidades

La etapa más importante del diseño, lo constituya la etapa de estructuración, pues la optimización del resultado final del diseño depende en gran medida del acierto que se haya obtenido en adoptar la estructura esquelética más adecuada para crear la edificación de la red de distribución. En esta etapa de estructuración se seleccionan los materiales que van a constituir la estructura, se define el sistema estructural principal y el arreglo, así como las dimensiones preliminares de los elementos estructurales más comunes.

Figura 6. **Ejemplo de esquema del diseño de la red de distribución de un sistema antincendios**



Fuente: BARRETO LEÓN, Newton. Diseño de un sistema contra incendios para una empresa productora de cereales. p. 69.

1.3.2. Clases de tubería

Existe una variedad de tuberías a ser utilizadas en un sistema antiincendios, entre las que se pueden mencionar:

- “El sistema de tuberías ranuradas, éste es un tipo de tubería muy versátil, económico y fiable existente en el mercado. Es hasta tres veces más rápido de instalar que los sistemas soldados y más fácil y fiable que los roscados o de pestaña, lo cual redundará en un menor coste de instalación.

El sistema está diseñado para tubos estándar ranurados con rodillo o de corte o para tubos de pared ligera ranurados con rodillo. La preparación de los extremos del tubo es rápida y fácil tanto en el taller como en la obra con las diversas herramientas de ranurado disponibles.”¹⁵

¹⁵ Sistema de tuberías ranuradas. www.victaulic.com/docs/lit/06.01-SPA.pdf. Consulta, octubre 2009. p.1.

Figura 7. **Sistema de tuberías ranuradas**



Fuente: Victaulic. Sistema de tuberías ranuradas.

<http://www.victaulic.com/content/es/fireprotectionsection.htm>. Consulta, octubre 2009. p. 3.

Otro tipo de tuberías:

- Tubos de grafito y acero, aliados austeníticos y ferríticos.
- Tubos soldados en acero austenítico para calderas, sobre calentadores, intercambiadores de calor y condensadores, entre otros.

Es importante tomar en consideración qué tipo de tubería es el más adecuado, para las necesidades del proyecto.

1.3.2.1. Tipo de material

La norma NFPA da los valores de las tuberías y accesorios, así mismo, proporciona los diámetros de las tuberías tanto para las conexiones y el anillo principal (ver tabla 1).

A continuación se presenta una tabla, la cual dará una idea al momento de seleccionar el material de la tubería.

Tabla 2. **Comparación de tipos de materiales**

Materiales	Ventajas	Desventajas
Hierro negro	<ul style="list-style-type: none"> ● Costo moderado ● Disponible en varios tamaños 	<ul style="list-style-type: none"> ● Instalación de gasto considerable ● Se oxida ● Aspereza interior ocasiona caída de presión
Hierro galvanizado	<ul style="list-style-type: none"> ● Materiales de costo moderado ● Disponible en varios tamaños ● En ocasiones anticorrosivo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Instalación de gasto considerable. ● Se oxida en las uniones ● Aspereza interior ocasiona sedimentación y caída de presión ● Solo la superficie externa suele estar protegida
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> ● No se oxidan ● Uniformidad de la superficie interior ● Reduce la caída de la presión 	<ul style="list-style-type: none"> ● Susceptible a ciclos térmicos ● Su instalación exige uso de soplete
Acero	<ul style="list-style-type: none"> ● No se oxidan ● Uniformidad de la superficie interior ● Reduce la caída de la presión 	<ul style="list-style-type: none"> ● Instalación de gasto considerable ● Material costoso

Fuente: BARRETO LEÓN, Newton. Diseño de un sistema contra incendios para una empresa productora de cereales. p. 82.

1.3.2.2. **Número de diámetro**

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, estas especificaciones están establecidas por el NFPA -National Fire Protection Association,- según la aplicación, en este caso en los sistemas antiincendios.

1.3.2.3. Número de cédula

Al igual que el número de diámetro, el número de cédula, lo determinan las normas o estándares establecidos por el NFPA.

1.3.3. Tipos de unión de tubería

Para obtener la unión de las tuberías, se utiliza una serie de accesorios, entre los que puede mencionarse:

1.3.3.1. Bridas (*flange*)

“Son accesorios para conectar tuberías con equipos como bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc., o también pueden conectar accesorios como codos, válvulas, etc. La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado.

Las ventajas de las uniones bridadas radican en el hecho de que por estar unidas por espárragos, permite el rápido montaje y desmontaje con el objeto de realizar reparaciones o mantenimiento.

Figura 8. **Bridas con tubos**



Fuente: ACIPCO. Tubos con brida ACIPCO. <http://www.Acipco.com>. Consulta, octubre 2009. p. 1.

Existen diversos tipos de bridas, entre los que se pueden mencionar:

- Brida con cuello para soldar: es utilizada con el fin de minimizar el número de soldaduras en pequeñas piezas, a la vez que contribuya a contrarrestar la corrosión en la junta.
- Brida con boquilla para soldar.
- Brida deslizante: es la que tiene la propiedad de deslizarse hacia cualquier extremo del tubo antes de ser soldada y se encuentra en el mercado con cara plana, cara levantada, borde y ranura, macho y hembra y de orificio, requiere soldadura por ambos lados.
- Brida roscada: son bridas que pueden ser instaladas sin necesidad de soldadura y se utilizan en líneas con fluidos con temperaturas moderadas, baja presión y poca corrosión, no es adecuada para servicios que impliquen fatigas térmicas.
- Brida loca con tubo rebordeado: es la brida que viene seccionada y su borde puede girar alrededor de cuello, lo que permite instalar los orificios para tornillos en cualquier posición sin necesidad de nivelarlos.
- Brida ciega: es una pieza completamente sólida sin orificio para fluido, y se une a las tuberías mediante el uso de tornillos, se puede colocar conjuntamente con otro tipo de brida de igual diámetro, cara y resistencia.
- Brida orificio: son convertidas para cumplir su función como bridas de orificio, del grupo de las denominadas estándar, específicamente del tipo cuello soldable y deslizantes.

- Brida de cuello largo para soldar.
- Brida embutible: tiene la propiedad de ser embutida hasta un tope interno que ella posee, con una tolerancia de separación de un octavo de pulgada y solo va soldada por el lado externo.
- Brida de reducción.¹⁶

1.3.3.2. Soldadura

Algunas bridas están diseñadas para ser soldadas, ejemplo de ello, son: las bridas con cuello para soldar y las bridas con boquilla para soldar, es por ello que la soldadura se constituye un tipo de unión.

1.3.3.3. Victaulic

Las uniones Victaulic están constituidas por bridas que se ajustan a las necesidades de los diseños o proyectos en los cuales se van a color, son prácticas y de fácil instalación.

1.3.3.3.1. Sistema de unión Victaulic

Es importante señalar que Victaulic fue la primera empresa que figuró en el listado de Underwriter's Laboratory, para la protección contra incendio en 1952.

¹⁶ Accesorios de tuberías. <http://html.rincondelvago.com/accesorios-de-tuberias.html> Consulta, septiembre 2009. p. 2.

La línea de productos FireLock de Victaulic incluye acoplamientos, racores, válvulas, accesorios, mecanizado de agujeros, rociadores automáticos y herramientas de preparación de tubos.

Los productos Victaulic de protección contra incendio se emplean en algunos de los edificios más prestigiosos del mundo,¹⁷ es por ello que la utilización del sistema de uniones Victaulic, es altamente recomendada, pues se constituye en un sistema práctico, en tal sentido, se ahorra tiempo.

Figura 9. **Brida rígida Victaulic**



Fuente: Victaulic. Brida Rígida Victaulic.

<http://www.victaulic.com/content/es/fireprotectionsection.htm>. Consulta, octubre 2009.p. 3.

1.3.4. Utilización del sistema Victaulic

El sistema Victaulic se utiliza en muchas empresas como parte del sistema antiincendios, es práctico y por ende, tiene la ventaja de reducir los plazos, bajar el coste total de la instalación, reducir los tiempos muertos y facilitar el mantenimiento; la calidad y la fiabilidad de los productos ha sido comprobada, ya que cuenta con más de 80 años de existir en el mercado.¹⁸

¹⁷ Victaulic contra incendios. <http://www.victaulic.com/content/es/fireprotectionsection.htm>. Consulta, octubre 2009. p. 1.

¹⁸ *Ibidem*. p. 2.

1.3.4.1. Normas

La utilización del sistema Victaulic cumple con las normas del NFPA National Fire Protection Association, razón por la cual su utilización es muy amplia a nivel mundial.

1.3.4.2. Estándares

Los estándares de calidad cumplen con las especificaciones del NFPA National Fire Protection Association, es por ello que el sistema Victaulic, es muy utilizado.

1.3.4.3. Requisitos

Para que los accesorios antiincendios del sistema Victaulic, tengan larga duración y sean efectivos, es necesario, al momento de instalarlos, seguir las instrucciones detalladas que vienen en los manuales de instalación, que van dentro del paquete en donde va el producto.

1.3.5. Beneficios del sistema

La utilización del sistema Victaulic con los sistemas antiincendios, es conveniente para las empresas, cuenta con una amplia gama de productos y accesorios útiles para este tipo de sistemas y precios altamente competitivos en el mercado, haciendo sumamente conveniente la utilización de los mismos.

1.3.5.1. Costos

El sistema Victaulic es práctico y por ende, fácil de colocar, en tal sentido, la utilización de los accesorios Victaulic, reducen el tiempo de instalación, motivo por el cual se utiliza en diversos sistemas antiincendios.

1.3.5.2. Manejo

Como se ha indicado en párrafos anteriores, la utilización del sistema Victaulic es práctico, en tal sentido, el manejo de dichos accesorios, por ello se recomienda la utilización del mismo para alcanzar los plazos propuestos en la instalación de un proyecto.

1.3.5.3. Instalación

Cada producto Victaulic, lleva un instructivo de instalación, razón por la cual es práctica la misma, esto permite que se minimice el riesgo de una inadecuada instalación del producto dentro de los sistemas.

1.4. Estructuras metálicas para soportar red de distribución

Los tipos de estructuras para soportar cualquier tipo de carga varían de acuerdo a la aplicación, pueden ser desde un edificio hasta estructuras metálicas que son compuestas por columnas, puentes, brazos tipo voladizo, soportes en T etc. Lo ideal para carga de líneas de tubería es lo anteriormente mencionado.

1.4.1. Características principales y especificaciones

Las principales características y especificaciones de las estructuras metálicas que soportan la red de distribución son definidas a continuación:

1.4.2. Lista de partes principales

La siguiente lista de perfiles estructurales es en hierro al carbón (hierro negro). La unidad de medida es altura, ancho, espesor por longitud y se expresa en pulgadas por pies de longitud.

Tabla 3. Lista de partes principales

Perfil angular	Viga tipo U	Viga tipo I WF	Viga tipo H WF	Hierro plano	Varilla lisa	Láminas
	6" x 2" x 1/4"	6" x 4" x 1/4" x 20'	6" x 6" x 1/4" x 20'	3" x 3/8" x 20'		3/4" x 4' x 8'
3" x 3" x 3/8" x 20'	4" x 1 1/2" x 1/4" x 20'	12" x 4" x 1/4" x 20'				
	15" x 4" x 1/4" x 10'	12" x 6" x 1/4" x 20'				
2 1/2" x 2 1/2" x 3/8" x 20'	8" x 4" x 3/16" 10'					
2" x 2" x 1/4" x 20'						

Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

1.4.3. Tipo de columnas

Se utilizaron diversos tipos de columnas, según la necesidad del sistema a colocar en la planta (ver apéndice 5).

1.4.4. Tipo de puentes

Los puentes fueron colocados siguiendo las necesidades de la empresa y están especificados en los planos que se encuentran en la sección de (apéndice 1).

1.5. Información técnica de los equipos a utilizar

La información técnica de los equipos a utilizar en el sistema antiincendios utilizado en la planta Bayer CropScience, Amatitlán, Guatemala, fueron determinados por:

1.5.1. Características principales y especificaciones tanque

El tanque tiene forma cilíndrica de medidas ocho metros de diámetro por ocho metros de alto (ver apéndice 6).

1.5.1.1. Lista de partes principales

Las partes principales utilizadas en el tanque colocado como parte del sistema antiincendios son:

- Cimentación
- Pernos de anclaje
- Anillos de retención de hierro plano de seis por media pulgada de espesor
- *Manhole* superior de 60 metros de diámetro un metro de alto
- *Manhole* inferior de 60 metros de diámetro
- Marco estabilizador
- Escalera con guarda de seguridad para ascenso al tanque

1.5.1.2. Capacidad

Esta se determinó de acuerdo al equipo que impulsará el agua y al tiempo promedio de abastecimiento requerido, que en este caso es de 30 minutos teóricos, ya que el sistema está compuesto por dos bombas que proporcionan un caudal de 350 metros cúbicos por hora. Entonces la capacidad del tanque se diseñó a 400 metros cúbicos.

1.5.1.3. Montaje

El montaje se realizó, aplicando los métodos de seguridad implícitos por la empresa, basándose en planos proporcionados por el departamento de ingeniería, de la empresa en mención (ver apéndice de planos).

1.5.2. Características principales y especificaciones cuarto de bombas

El cuarto de bombas se construyó con base en el tamaño de los equipos a instalar dentro del mismo, como son las bombas, tableros eléctricos (ver apéndice de planos).

1.5.2.1. Tipo de bombas

El tipo de bombas que se utilizó, por la aplicación de las mismas en un sistema antiincendios es de tipo centrifuga de cabeza positiva.

1.5.2.2. Capacidad de bombas

Ésta se determinó de acuerdo al equipo que impulsa el agua y al tiempo promedio de abastecimiento requerido, que en este caso es de 30 minutos teóricos, ya que el sistema está compuesto por dos bombas que proporcionan un caudal de 350 metros cúbicos por hora. Entonces, la capacidad del tanque se diseñó a 400 metros cúbicos.

1.5.2.3. Lista de partes principales

- Motor
- Acople mecánico
- *Impeller*
- *Housing del impeller*
- Estopa
- Prensa estopa
- Tablero eléctrico

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, este proyecto se realizó en el departamento de ingeniería y mantenimiento de la empresa Bayer, S.A. planta industrial ubicada en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

2.1. Metodología para el montaje del sistema antiincendios

Para llevar a cabo el montaje del sistema de prevención contra fuego, fue necesario analizar las partes principales que integran un sistema antiincendios y definir la forma idónea para la instalación del mismo, siguiendo las directrices de trabajo de la empresa, es decir, lo relacionado a normas de seguridad e higiene laboral.

2.2. Guías para realizar el montaje

Son documentos donde se indican los procedimientos a seguir para la instalación de los diferentes componentes del sistema antiincendios.

- Guía para la fabricación y el montaje del tanque: esta dará la información de los pasos a seguir para la fabricación y montaje del mismo.

Tabla 4. **Guía para la fabricación y montaje del tanque antiincendios**

Planta Bayer Amatitlán			
Guía para la fabricación y montaje del tanque antiincendios			
No.	Descripción	Observaciones	
1	Preparación de materiales		
2	Fundición de la cimentación		
3	Fundición de los pernos de anclaje		
4	Construcción del piso del tanque		
5	Montaje del primer anillo		
6	Montaje del segundo anillo		
7	Montaje del tercer anillo		
8	Montaje del cuarto anillo		
9	Montaje del techo		
10	Montaje de <i>Manhole</i> superior		
11	Montaje del <i>Manhole</i> inferior		
12	Montaje del marco estabilizador		
13	Montaje escalera con guarda de seguridad		

Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Guía para la fabricación y montaje de las estructuras a soportar la red de distribución: indicará los procedimientos que se tendrán que tomar en cuenta para la fabricación y montaje de columnas, puentes y soportes.

Tabla 5. Guía para la fabricación y montaje de las estructuras a soportar red de distribución

Planta Bayer Amatitlán			
Guía para la fabricación y montaje de las estructuras a soportar red de distribución			
No.	Descripción	Observaciones	
1	Preparación de materiales		
2	Fundición de la cimentación para cada columna		
3	Fundición de los pernos de anclaje		
4	Fabricación de columnas		
5	Montaje de columnas		
6	Alineación y nivelación		
7	Fabricación de puentes		
8	Montaje de puentes sobre columnas		
9	Alineación y nivelación		

Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Guía para el montaje del cuarto de bombas: esta dará las indicaciones para la instalación del equipo que distribuirá el agua en toda la red del sistema antiincendios.

Tabla 6. **Guía para el montaje del cuarto de bombas**

Planta Bayer Amatitlán			
Guía para el montaje del cuarto de bombas			
No.	Descripción	Observaciones	
1	Determinar área para construcción de cuarto de bombas		
2	Construcción del cuarto de bombas		
3	Fundición de la cimentación para cada bomba		
4	Fundición de los pernos de anclaje		
5	Montaje de bombas		
6	Montaje de accesorios		
7	Conexión eléctrica		

Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Guía para el montaje de la red de distribución: instruirá al personal sobre la manera correcta de la instalación de la tubería con sus diferentes tipos de unión.

Tabla 7. **Guía para el montaje de la red de distribución del sistema antiincendios**

Planta Bayer Amatitlán			
Guía para el montaje de la red de distribución del sistema antiincendios			
No.	Descripción	Observaciones	
1	Determinar las longitudes necesarias para compra de tubería		
2	Determinar cantidad de accesorios para unión de tubería		
3	Determinar numero de diámetro y grado de tubería		
4	Unión de tubería		
5	Montaje de tubería sobre puentes		
6	Unión de tubería con diferentes accesorios		

Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

2.2.1. Evaluación de los equipos a montar

Para realizar la evaluación de los equipos a montar es necesario que el ingeniero encargado del proyecto haga un estudio de las necesidades a cubrir, para determinar las capacidades de cada equipo como son bombas, tanque y tubería, y que sean necesarias para cubrir cualquier emergencia.

2.2.2. Evaluación de las estructuras a soportar red de distribución

Al igual que los equipos a montar, el ingeniero encargado del proyecto tiene que analizar y tener en cuenta los pesos a soportar, ya sea los puentes, el peso de la tubería con el agua, las columnas los puentes con tubería y la cimentación adecuada para esa carga total.

2.2.3. Evaluación de los edificios a cargar las estructuras que soportan la tubería

En este caso, el ingeniero tiene que realizar un estudio en los edificios donde se instalarán soportes para cargar las líneas de tubería de agua antiincendios, y determinar si son adecuados para esa aplicación.

2.3. Metodología para realizar pruebas de carga para columnas y puentes a soportar red de tubería

La ejecución de las pruebas de carga se realizó, siguiendo las especificaciones plasmadas en los párrafos siguientes.

2.3.1. Desarrollo de pruebas de carga para estructura a soportar red de tubería

El desarrollo de las pruebas de carga para la estructura a soportar la red de tuberías, se realizó en tres formas, siendo éstas:

2.3.1.1. Prueba de carga distribuida normal

Esta prueba se realizó colocando el puente entre soportes a una distancia de 12 metros y el peso promedio del puente es 1500 kilogramos:

- Utilizando solo el peso del puente 1500 kilogramos, la deflexión encontrada fue de cinco milímetros al centro.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas de diámetro, el peso de esta tubería en denominación cédula 40 es igual a 42,57 kilogramos por metro por 12 metros, esto es equivalente a 510,78 kilogramos sumada al peso del puente 1500 kilogramos, la carga total es de 2010,78 kilogramos, la deflexión fue de cinco milímetros al centro.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual 510,78 kilogramos, más 12 metros de tubería de cuatro pulgadas cédula 40, el peso de esta es 16,09 kilogramos/metro por 12 metros, es igual a 193,08 kilogramos más 1 500 kilogramos del peso del puente, la carga total es de 2203,86 kilogramos, la deflexión al centro fue de siete milímetros.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual a 510,78 kilogramos, 12 metros de tubería de cuatro pulgadas igual a 193,08 kilogramos, calculando el peso del agua utilizando la densidad de esta y el volumen de la tubería de ocho pulgadas, el resultado en esta tubería fue de 32,43 kilogramos por metro por 12 metros igual 389,16 kilogramos, para el peso del agua en tubería de cuatro pulgadas se utilizó el mismo procedimiento, dando como resultado 8,10 kilogramos por metro por 12 metros es igual a 97,2 kilogramos más 1500 kilogramos del peso del

punto, la carga total es de 2813.30 kg, la deflexión en el centro fue de nueve milímetros.

2.3.1.2. Prueba de carga distribuida máxima

Esta prueba se realizó utilizando el peso del puente más una carga extra en cada prueba.

- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual 510,78 kilogramos, más 24 metros de tubería de cuatro pulgadas cédula 40, el peso de esta es 16.09 kilogramos por metro por 24 metros es igual a 386,16 kilogramos, más 1500 kilogramos del peso del puente, la carga total es de 2396,94 kilogramos, la deflexión al centro fue de nueve milímetros.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual a 510,78 kilogramos, 24 metros de tubería de cuatro pulgadas igual a 386,16 kilogramos, calculando el peso del agua, utilizando la densidad de ésta y el volumen de la tubería de ocho pulgadas, el resultado en esta tubería fue de 32.43 kilogramos por metro por 12 metros igual 389,16 kilogramos; para el peso del agua en tubería de cuatro pulgadas se utilizó el mismo procedimiento dando como resultado 8,10 kilogramos por metro por 24 metros es igual a 194,4 kg más 1500 kilogramos del peso del puente la carga total es de 2980,5 kilogramos, la deflexión en el centro fue de 12 milímetros.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual a 510,78 kilogramos, 24 metros de tubería de cuatro pulgadas igual a 386,16 kilogramos, calculando el peso del agua utilizando la densidad de ésta y

el volumen de la tubería de ocho pulgadas, el resultado en esta tubería fue de 32.43 kilogramos por metro por 12 metros igual 389,16 kilogramos, para el peso del agua en tubería de cuatro pulgadas se utilizó el mismo procedimiento dando como resultado 8,10 kilogramos por metro por 24 metros es igual a 194,4 kilogramos más una carga extra de 40 metros de tubería de cuatro pulgadas equivalente a 658,8 kilogramos más 1500 kilogramos del peso del puente, la carga total es de 3639,35 kilogramos, la deflexión en el centro fue de 16 milímetros.

2.3.1.3. Prueba de cargas a diferentes distancias entre soportes

Se realizaron solo entre dos distancias 10 metros y 12 metros. Los resultados fueron los siguientes:

Prueba de carga distribuida normal a 10 metros entre distancias, esta prueba se realizó colocando el puente entre soportes a una distancia de 10 metros, peso promedio del puente es 1500 kilogramos:

- Utilizando solo el peso del puente 1500 kilogramos la deflexión encontrada fue de tres milímetros al centro.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas de diámetro el peso de esta tubería en denominación cédula 40 es igual a 42,57 kilogramos por metro por 12 metros, esto es equivalente a 510,78 kilogramos sumada al peso del puente 1500 kilogramos, la carga total es de 2010,78 kilogramos, la deflexión fue de cinco milímetros al centro.

- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual 510,78 kilogramos, más 12 metros de tubería de cuatro pulgadas cédula 40, el peso de esta es 16,09 kilogramos por metro por 12 metros, es igual a 193,08 kilogramos más 1500 kilogramos del peso del puente, la carga total es de 2203,86 kilogramos, la deflexión al centro fue de seis milímetros.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual a 510,78 kilogramos, 12 metros de tubería de cuatro pulgadas igual a 193,08 kilogramos, calculando el peso del agua utilizando la densidad de esta y el volumen de la tubería de ocho pulgadas, el resultado en esta tubería fue de 32,43 kilogramos por metro por 12 metros igual a 389,16 kilogramos, para el peso del agua en tubería de cuatro pulgadas se utilizó el mismo procedimiento dando como resultado 8,10 kilogramos por metro por 12 metros es igual a 97,2 kilogramos más 1500 kilogramos del peso del puente la carga total es de 2813,30 kilogramos, la deflexión en el centro fue de ocho milímetros.

Prueba de carga distribuida máxima a 10 metros entre distancias esta prueba se realizó utilizando el peso del puente, más una carga extra en cada prueba.

- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual a 510,78 kilogramos, más 24 metros de tubería de cuatro pulgadas cédula 40, el peso de ésta es 16,09 kilogramos por metro por 24 metros es igual a 386,16 kilogramos más 1500 kilogramos del peso del puente la carga total es de 2396,94 kilogramos, la deflexión al centro fue de cinco milímetros.

- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual a 510,78 kilogramos, 24 metros de tubería de cuatro pulgadas igual a 386,16 kilogramos, calculando el peso del agua, utilizando la densidad de ésta y el volumen de la tubería de ocho pulgadas, el resultado en esta tubería fue de 32,43 kilogramos por metro 12 metros igual 389,16 kilogramos, para el peso del agua en tubería de cuatro pulgadas, se utilizó el mismo procedimiento que dio como resultado 8,10 kilogramos por metro por 24 metros es igual a 194,4 kg más 1500 kilogramos del peso del puente, la carga total es de 2980,5 kilogramos, la deflexión en el centro fue de siete milímetros.
- Utilizando 12 metros de tubería de ocho pulgadas igual a 510,78 kilogramos, 24 metros de tubería de cuatro pulgadas igual a 386,16 kilogramos, calculando el peso del agua, utilizando la densidad de ésta y el volumen de la tubería de ocho pulgadas, el resultado en esta tubería fue de 32,43 kilogramos por metro 12 metros igual 389,16 kilogramos, para el peso del agua en tubería de cuatro pulgadas, se utilizó el mismo procedimiento que dio como resultado 8,10 kilogramos por 24 metros es igual a 194,4 kilogramos más una carga extra de 40 metros de tubería de cuatro pulgadas equivalente a 658,8 kilogramos más 1500 kilogramos del peso del puente la carga total es de 3639,35 kg, la deflexión en el centro fue de nueve milímetros.

2.3.2. Desarrollo del montaje de estructuras

Para lo cual se siguieron los pasos siguientes:

2.3.2.1. Columnas

Después de su construcción se procedió a montar cada una de las columnas, las medidas de estas fueron variables, ya que lo que se respetó fue el nivel del suelo, que tiene como resultado diferentes alturas en dichas columnas, el procedimiento para el montaje fue la utilización de equipo de levantamiento, montacargas, polipastos etc. Se utilizaron dos tipos de columnas:

- Columna formada por dos vigas I de seis por cuatro por un cuarto de pulgada, angulares de dos por un cuarto de pulgada y perfiles C de cuatro por una y media por un cuarto de pulgada, durmiente superior, viga H de seis por seis por un cuarto de pulgada y platinas de anclaje inferiores de 0,20 por 0,35 metros por tres cuartos de pulgada (ver apéndice 5).
- Columna formada por perfil cerrado de ocho por ocho pulgadas, con platina superior de 0,30 por 0,40 metros por tres cuartos de pulgada y platina de anclaje inferior de 0,5 por 0,5 metros por tres cuartos de pulgada.

2.3.2.1.1. Cimentación

Consiste en una base rectangular de dimensiones de 0,5 por 0,9 por 1.9 metros de profundidad, formada por ocho estribos de hierro corrugado de media pulgada a 0.30 metros para el contorno de la base y 12 estribos de hierro corrugado de tres octavos a 0.15 metros, para el contorno de los cuatro pernos de anclaje (ver apéndice 1).

2.3.2.1.2. Pernos de anclaje

Pernos en forma “J” formados por varilla de hierro liso de una pulgada de diámetro, con tornillo de una pulgada por 0.10 metros grado ocho, estos fueron nivelados con una platina de 0.538 por 0.076 metros por media pulgada (ver apéndice 7 y 8).

2.3.2.1.3. Alineación

La alineación se realizó con nivel de gota líquida y plomo de nivel.

2.3.2.2. Puentes

Después de su construcción, se procedió a montar cada uno de los puentes, el procedimiento para el montaje fue la utilización de equipo de levantamiento, montacargas, polipastos, etc. Se utilizaron dos tipos de puentes y un marco tipo puente para sostener el puente principal:

- Dos vigas H de doce por seis por un cuarto de pulgada por 13,5 metros paralelas a 0,8 metros unidas y rigidizadas con angulares de dos y media por tres octavos de pulgada, perfiles C de cuatro por una y media por un cuarto de pulgada y hierro plano de tres por tres octavos de pulgada (ver apéndice 9 y 10).
- Perfil cerrado de 0,40 por 0,20 por 9.81 metros (ver apéndice 11).

2.3.2.2.1. Unión entre columna y puente

Unión realizada con cuatro pernos de cinco octavos pulgada, en cada viga que conforma el puente, con durmiente de columna.

2.3.2.2.2. Soportes

Barras de estabilidad (*breizas*) de angular de tres por tres octavos de pulgada por 1,3 metros, unida a la columna y al puente con ángulos de 60 grados y 30 grados, respectivamente.

2.3.2.2.3. Alineación

La alineación entre puente y columna se realizó con nivel de gota líquida.

2.4. Desarrollo del montaje del tanque

El tanque a montar tiene una capacidad de 350 metros cúbicos, sus dimensiones son de ocho metros de diámetro por 7,5 metros de altura, construido con lámina de acero al carbón de dimensiones seis por veinte pies por tres diez y seis pulgadas de espesor.

2.4.1. Montaje del tanque

Este se realizó primeramente con la fundición de la cimentación para soportar el tanque con sus pernos de anclaje. La construcción del piso del tanque sobre la superficie de la cimentación, luego el montaje de los cuatro anillos del tanque *Manhole*, techo y el marco estabilizador.

2.4.2. Cimentación

Esta tiene nueve metros de diámetro por 0,15 metros de espesor y consiste en una armadura de cuatro hierros corrugados de tres octavos de pulgada más estribo de un cuarto de pulgada a 0,20 metros y una estructura de hierro corrugado de tres octavos de pulgada a 0,20 metros en ambos sentidos, la fundición para los pernos de anclaje consiste en 0,25 por 0,25 metros con una zapata de 0,5 por 0,5 por 0,20 metros, con hierro corrugado de tres octavos de pulgada (ver apéndice 12).

2.4.3. Alineación

Esta se llevó a cabo durante todo el proceso del montaje de cada anillo, rectificando, desde la instalación del primer anillo sobre el piso del tanque, utilizando equipos de nivel, verificando en cada anillo instalado la circunferencia del tanque, manteniendo los ocho metros de diámetro.

2.4.4. Montaje de anillos del tanque

Este está conformado por cuatro secciones de anillos las primeras tres secciones de cada anillo, que está comprendido por cuatro láminas de seis por veinte pies y tres diez y seis pulgadas de espesor y una lámina de seis por cuatro pies y tres diez y seis pulgadas de espesor, la última sección del tanque está comprendida por cuatro láminas de cinco por veinte pies y tres diez y seis pulgadas y una lámina de cinco por cuatro pies y tres diez y seis pulgadas de espesor roladas a un diámetro interno de ocho metros, para conseguir una altura cilíndrica de siete metros.

El montaje de cada sección de lámina que comprende el tanque fue realizado con equipo de levantamiento, como por ejemplo, polipasto y una grúa mecánica para el alza de cada lámina. La unión de cada una de ellas se hizo a través de soldadura, aplicando una línea de penetración con electrodo 6013 (60 = 60000 PSI resistencia en libras por pulgada cuadrada, 13 = ángulo de aplicación) y una línea de cobertura 7018 (70 = 70000PSI resistencia en libras por pulgada cuadrada, 18 = ángulo de aplicación).

En el segundo anillo, las láminas se fueron uniando intercaladas a las del anillo inferior para que las soldaduras verticales no coincidieran, para darle una mayor rigidez al tanque y así con el tercer y cuarto anillo.

Entre la primera y segunda sección, entre la segunda y tercera sección y entre la tercera y cuarta sección de anillos, se soldó un anillo exterior de rigidez con hierro plano de seis por media pulgadas de espesor, rolado a ocho metros de diámetro. En la parte superior al final del último anillo, se soldó un anillo de refuerzo en la parte interna de angular de tres por un cuarto de pulgada rolado a ocho metros.

2.4.5. Partes principales

Entre estas se puede mencionar:

- Techo: para la estructura del techo se montaron ocho perfiles angulares de tres por un cuarto de pulgada con un ángulo sobre la horizontal de siete grados, consiguiendo una altura en el centro de la superficie del tanque de 0,5 metros fueron conectados hacia la pared del *Manhole* superior. El techo fue montado por ocho secciones circulares a un diámetro de ocho metros.

- Marco estabilizador: este fue montado al centro del tanque en sus extremos y está formado por 2 vigas H de seis por seis por un cuarto de pulgada, angulares de tres por tres por tres octavos de pulgada y perfiles C de seis por dos por un cuarto de pulgada y platinas de anclaje inferiores de 0,25 por 0,25 metros por tres cuartos de pulgada.
- Escalera de ascenso al tanque: construida con una altura de siete metros. Con tubo liso de una y media pulgada de diámetro separados por 0,698 metros, y escalones de hierro liso de tres cuartos de pulgada a 0,30 metros de separación, con guarda de seguridad formada por hierro plano de dos por un cuarto de pulgada.

2.4.6. Accesorios

Entre los accesorios utilizados se menciona: *Manhole* superior, *Manhole* inferior, tubería de ingreso de agua, tubería de descarga para bombas anti-incendios.

2.5. Desarrollo de instalación de bombas

Después de la construcción del tanque y montaje de las estructuras, se procedió con la construcción del cuarto de bombas y luego la instalación de las mismas.

2.5.1. Instalación de bombas

Para la instalación de las bombas, se procedió primero con la fundición de la cimentación para cada bomba, y luego el acoplamiento entre accesorios para conexión con el tanque de agua antiincendios y su instalación eléctrica.

2.5.1.1. Cuarto de bombas

Este se diseñó con unas dimensiones de cinco por seis por cuatro metros, ubicando las bombas de tal manera que su distribución fuera la adecuada para su operación y mantenimiento. Las dimensiones de las bombas son de 0,88 por 1,80 metros, separadas entre sí a una distancia de 0,865 metros y a 2,19 metros de separación de su armario eléctrico (ver apéndice 12).

2.5.1.2. Montaje de bombas

Para el montaje de cada bomba se utilizó un montacargas para colocarlas en sus respectivas posiciones, verificando las distancias entre cada perno de anclaje y verificando niveles.

- Cimentación para bombas: consiste en una base de 0,88 por 1,80 por 0,80 metros de profundidad, formada por seis estribos de hierro corrugado de media pulgada a 0,15 metros para el contorno de la base y seis estribos de hierro corrugado de tres octavos de pulgada a 0,15 metros para el contorno de los tres pares de pernos de anclaje cada uno (ver apéndice 13).
- Pernos de anclaje: pernos en forma “J” formados por varilla de hierro liso de tres cuartos de pulgada de diámetro, con tornillo de tres cuartos de pulgada por 0,10 metros grado ocho, estos fueron nivelados con una platina de 0,918 por 0,076 metros por media pulgada (ver apéndice 14).

2.5.1.3. Partes principales y accesorios

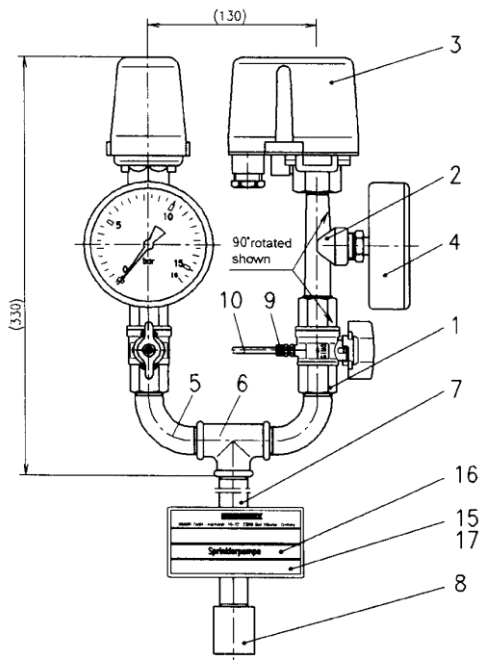
Las partes y accesorios utilizados fueron los siguientes:

- Unidad de control para la bomba

Figura 10. Unidad de control para la bomba

Control unit for fire pump

designation	order no.
control unit for fire pump	77 1742



delivery:

- 1 ball valve 1/2
- 2 adapter
- 3 pressure switch
- 4 pressure gauge
- 5 elbow G8-1/2
- 6 tee B1-1/2x3/4x1/2
- 7 pipe nipple DN20x120
- 8 socket 3/4
- 9 union M5
- 10 hose 6x1
- 15 label
- 16 label ledge
- 17 label frame A50

Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Calibradores de presión con glicerina

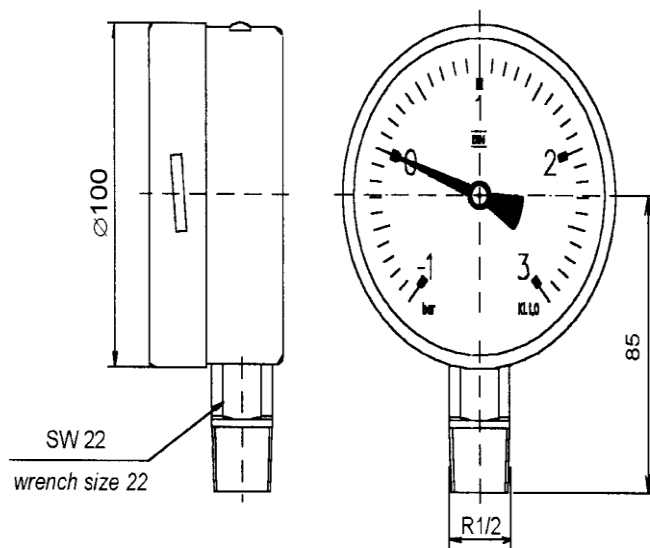
Figura 11. Calibradores de presión con glicerina

Manometer mit Glyzerin

Maße in mm; Gewicht in kg/St.

pressure gauges with glycerin

dimensions in mm; weight in kg/pc



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

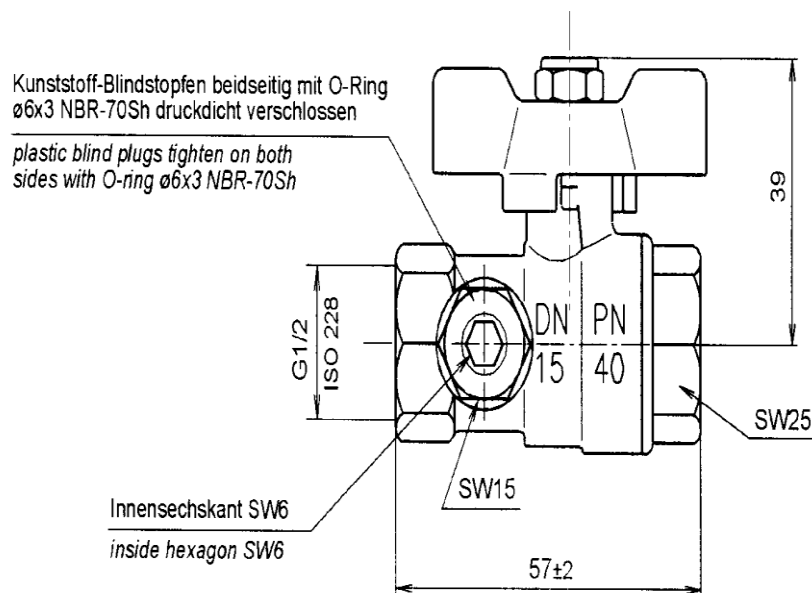
- Válvula de bola para el calibrador de presión y la válvula de respiradero

Figura 12. **Válvula de bola para el calibrador de presión y válvula de respiradero**

Kugelhahn Manometerabsperrhahn und Entlüftungsventil *ball valve for pressure gauge and vent valve*

Maße in mm; Gewicht in kg/St.

dimensions in mm; weight in kg/pc



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Válvulas *non-return*

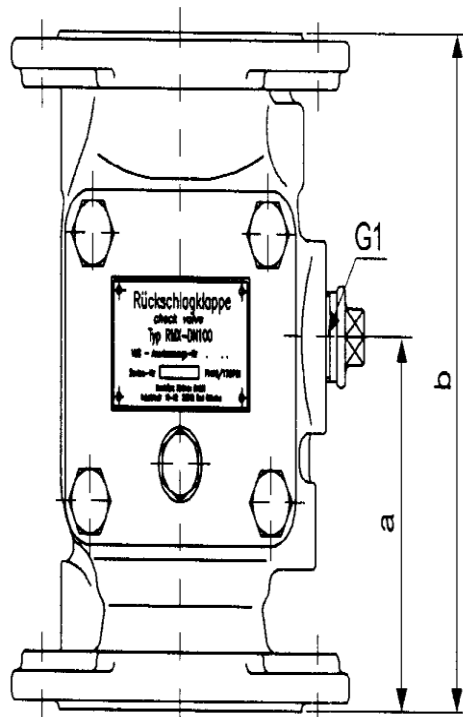
Figura 13. Válvulas *non-return*

Rückschlagklappen
RMX DN80 - 200

Maße in mm; Gewicht in kg/St.

non-return valves
RMX DN80 - 200

dimensions in mm; weight in kg/pc



G4980026

Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Interruptor de límite para la supervisión

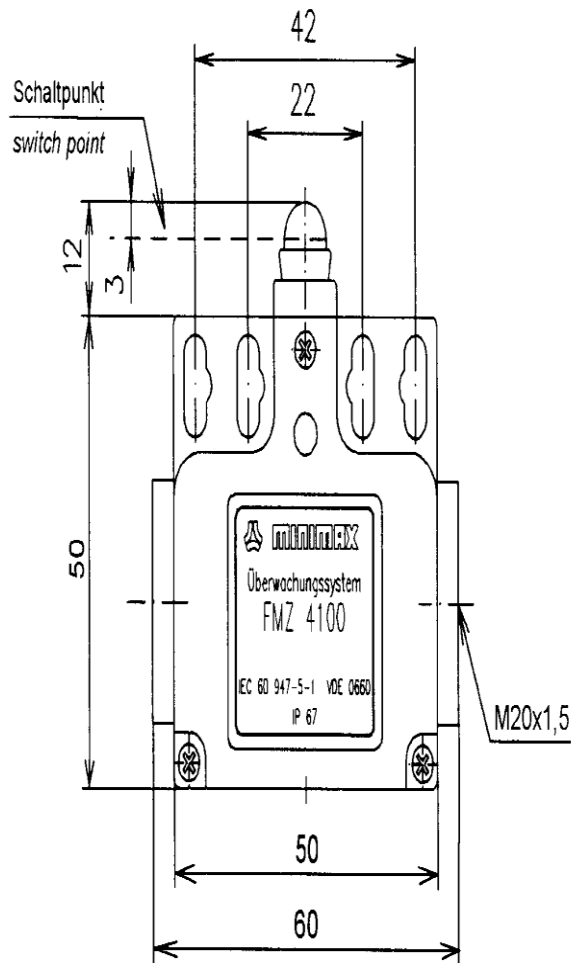
Figura 14. Interruptor de límite para la supervisión

**Endschalter ÜWA
FMZ4100 - M20x1,5**

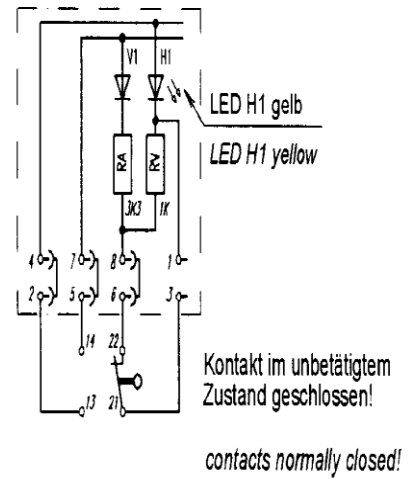
Maße in mm; Gewicht in kg/St.

**limit switch for monitoring
FMZ4100 - M20x1,5**

dimensions in mm; weight in kg/pc



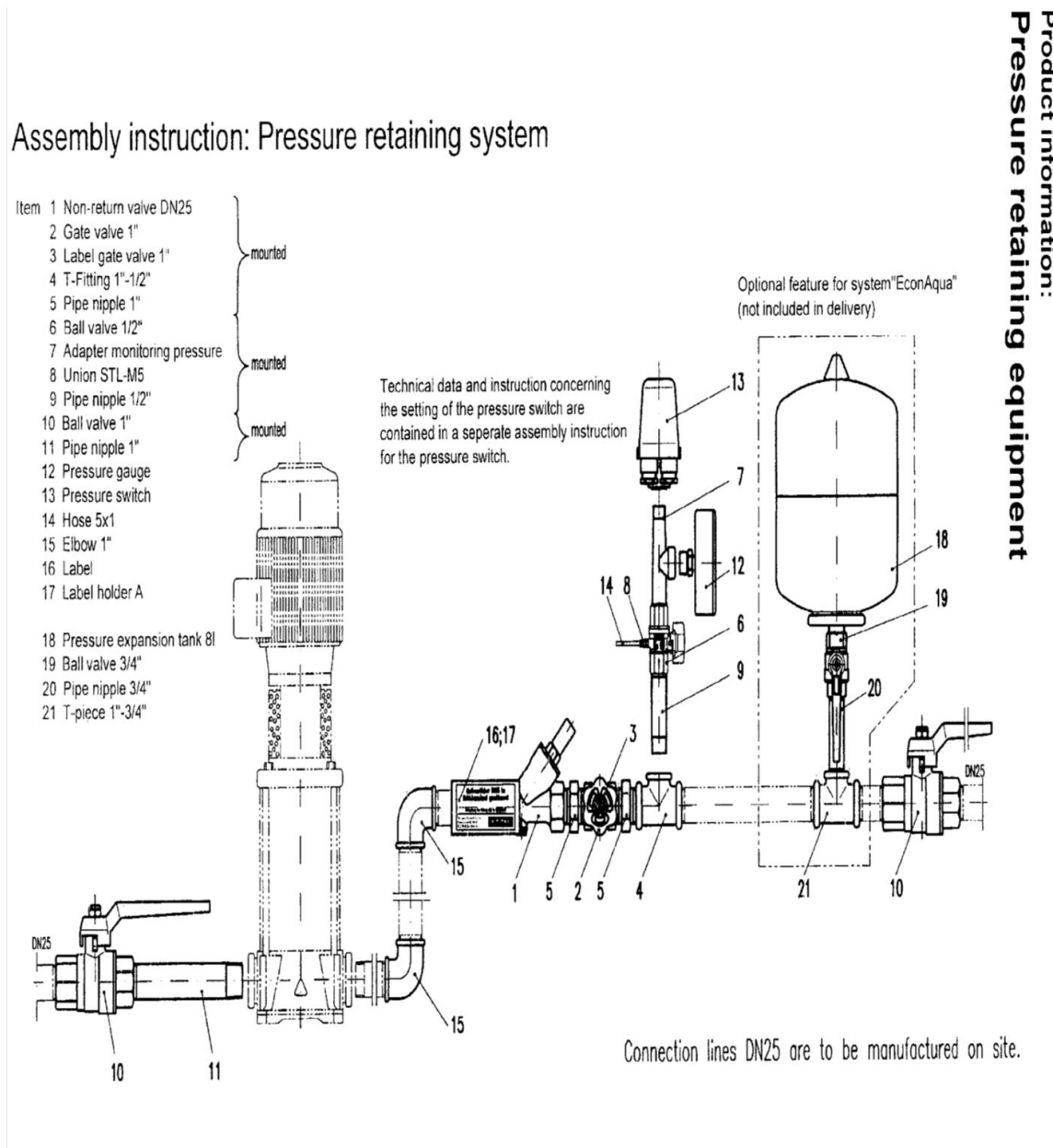
Schaltbild / wiring diagram



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Medidor de presión del equipo

Figura 15. Medidor de presión



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Descripción de la bomba antiincendios

Figura 16. **Bomba antiincendios**

Aufstellungsplan

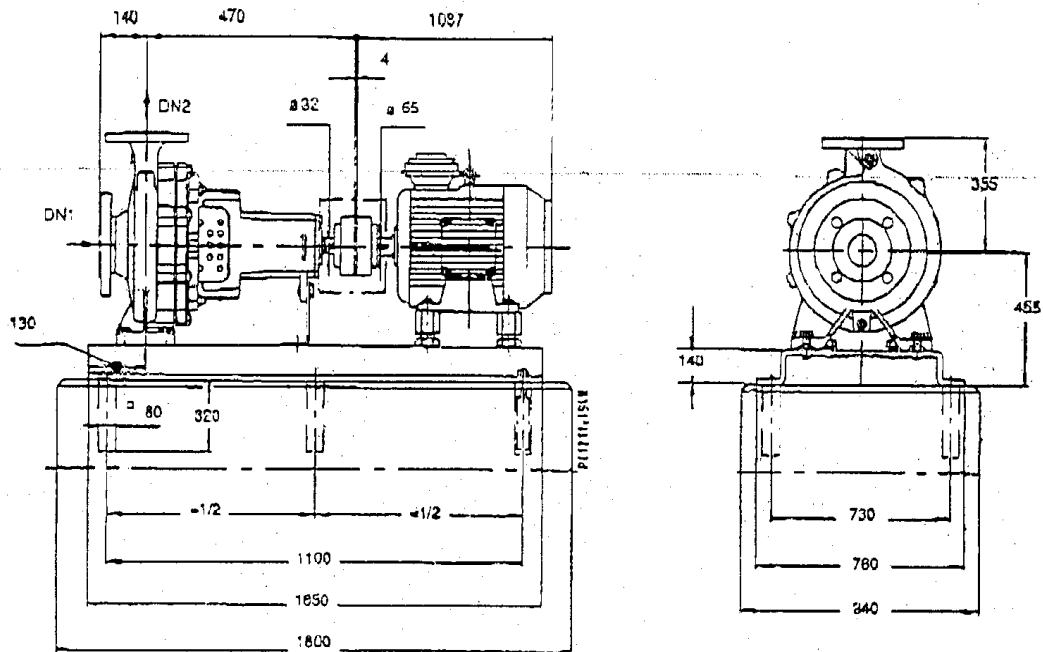
KSB

Kunden Pos Nr.:
Anfrage-Datum: 2007-02-28
Anfrage-Nr.: BV Guatemala
Menge: 2,000

Nummer: 4000750306 - 36
Pos.Nr.: 000100
Datum: 2007-02-28
Seite: 5/6

Etanorm MX 125-250 MX1
Vorpumpe nach EN 733

Versions-Nr.: 2



Darstellung ist nicht maßstäblich

Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

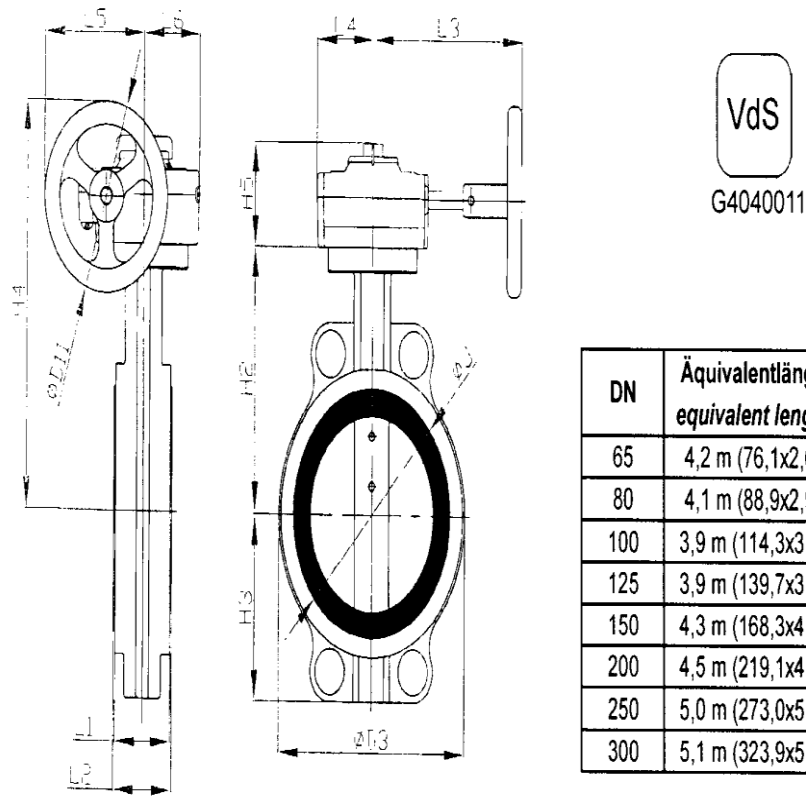
- Válvula de mariposa

Figura 17. Válvula de mariposa

Absperrklappen DN65 - 300 PS16 butterfly valves DN65 - 300 PS1
Typ BFL/AW 9801-07 type BFL/AW 9801-07

laße in mm; Gewicht in kg/St.

dimensions in mm; weight in kg/pc



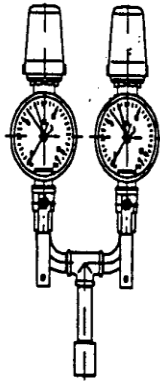
Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Accesorios diversos de la bomba

Figura 18. **Accesorios diversos de la bomba**

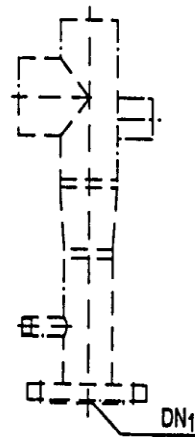
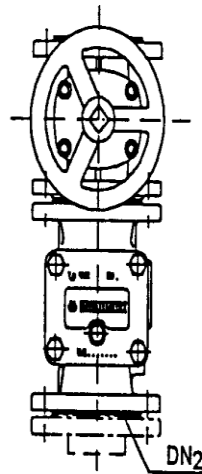
Pumpenverteiler - Zubehör

Maße in mm; Gewicht in kg/St.



pump manifold - accessories

dimensions in mm; weight in kg/pc



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Brida rígida Victaulic

Figura 19. **Brida rígida Victaulic**



Fuente: Victaulic. Victaulic contra incendios.

<http://www.victaulic.com/content/es/fireprotectionsection.htm>. Consulta, octubre 2009.p. 3.

2.6. Desarrollo de instalación de tubería

Al finalizar el montaje de las estructuras, columnas, puentes, soportes, tanque y bombas, se procedió con la instalación de la tubería.

2.6.1. Instalación de tubería

Esta instalación se realizó con montacargas, elevando la tubería hacia los puentes y soportes, las longitudes instaladas fueron de acuerdo a la necesidad y lugares hacia donde llegará la red antiincendios. Las dimensiones utilizadas fueron de ocho y seis pulgadas de diámetro en denominación cédula 40, acopladas en su mayoría por sistema Victaulic, soldadura, unión con bridas, las longitudes promedios instaladas fueron de 12 metros en su máximo, unidas con soldadura en arco eléctrico.

2.6.2. Accesorios

Los accesorios utilizados en la instalación de la tubería fueron:

- Codos a 90 grados
- Tee de distribución
- Bridas
- Acoples rígidos Victaulic
- Acoples flexibles Victaulic
- Tee mecánicas Victaulic
- Válvulas angulares

2.7. Mantenimiento

“Es la segunda rama de la conservación y se refiere a los trabajos que son necesarios hacer, con objeto de proporcionar un servicio de calidad estipulada.

Es importante notar que, basados en el servicio y su calidad deseada, se debe escoger los equipos que aseguren obtener este servicio; el equipo queda en segundo término, pues si no proporciona lo que se pretende, se debe cambiar por el adecuado. Por ello, hay que recordar que el equipo es un medio y el servicio es el fin que deseamos conseguir.

El mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos máquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada, son trabajos de

mantenimiento, pues están ejecutados con ese fin. El mantenimiento se divide en dos ramas: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.”¹⁹

2.7.1. Preventivo

“Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, y el objetivo que persigue es el de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionan, continúe dentro de los límites establecidos.

Este tipo de mantenimiento siempre es programable, y existen en el mundo muchos procedimientos para llevarlo a cabo, pero un análisis de estos proporcionan cinco tipos bien definidos, los cuales siguen un orden de acuerdo con su grado de fiabilidad, la cual se relaciona en razón directa con su costo: predictivo, periódico, analítico, progresivo y técnico.”²⁰

2.7.1.1. Tanque

El mantenimiento preventivo a realizar es el siguiente:

- Revisión anual del estado de pintura exterior; de ser necesario aplicar una nueva capa de pintura.
- Revisión mensual del estado físico del cuerpo del tanque, verificando puntos de fuga por corrosión si existieran, pulir y reparar.
- Revisión cada 10 años del estado interno del tanque; verificar si existe corrosión.

¹⁹ Tipos de mantenimiento. www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r62095.PDF. Consulta, octubre 2009. p. 1

²⁰ Taxonomía de la Conservación Industrial. <http://es.scribd.com/doc/77501085/Taxonomia-de-la-Conservacion-Industrial>. Consulta, octubre 2009. p.4

2.7.1.2. Bombas

El mantenimiento preventivo a realizar es el siguiente:

- Arranque semanal del equipo antincendios
- Medición semanal del consumo del motor de cada bomba
- Medición semanal de potencia de la bomba
- Revisión anual del acople del motor con el impulsor
- Revisión anual del estado del impulsor
- Revisión cada cinco años de rodamientos del motor

2.7.1.3. Tubería

El mantenimiento preventivo a realizar es el siguiente:

- Revisión anual del estado exterior de la superficie de tubería.
- Revisión anual del estado exterior de la pintura, de ser necesario aplicar una nueva capa de pintura.
- Revisión anual del estado físico de las uniones de tubería; si es necesario, cambiar.
- Cada 10 años cambio de secciones de tubería.

2.7.1.4. Estructuras

El mantenimiento preventivo a realizar es el siguiente:

- Revisión anual del estado de la superficie de la estructura
- Revisión anual del estado de la pintura, de ser necesario aplicar una nueva capa de pintura.

- Revisión anual del estado de la estructura; verificar deflexiones, deformaciones, fisuras, de ser necesario reparar.

3. FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Si lo que se busca es obtener información acerca del funcionamiento de un equipo, una estructura o un depósito; primero hay que definir qué tipo de información se desea obtener, esta puede ser específica, como el tipo de aplicación y parámetros de operación, el tipo de carga que puede soportar una estructura o el volumen a almacenar respectivamente. Esto se puede obtener de manuales de operación, cálculos de resistencia de materiales, presiones flujo y volúmenes.

3.1. Ubicación y funcionamiento del sistema antiincendios

La ubicación y funcionamiento, describe el área que se estableció para la construcción del cuarto de bombas y la forma en que funciona el sistema antiincendios.

3.1.1. Ubicación de los equipos

La construcción del cuarto de bombas y del tanque de almacenamiento fueron realizados en el área de más espacio dentro de la planta de formulación, los cuales están ubicados en la parte sur de las instalaciones como lo indica el plano en el apéndice 1.

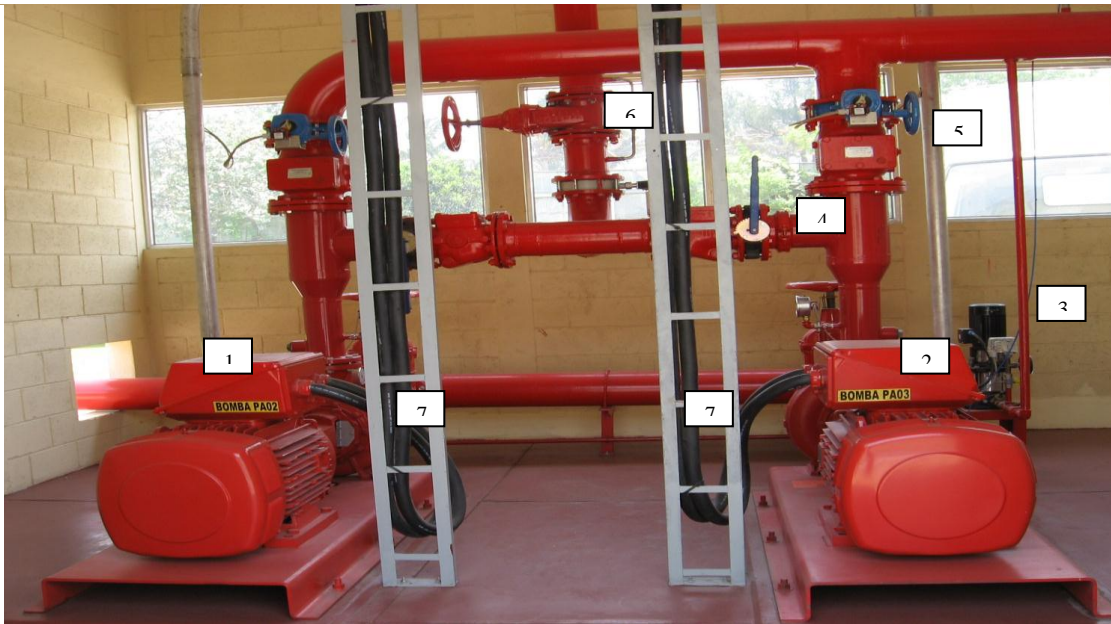
Figura 20. **Cuarto de bomba y tanque de almacenamiento**



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

A continuación se detalla cada componente del cuarto de bombas, identificados con su número respectivo en cada figura:

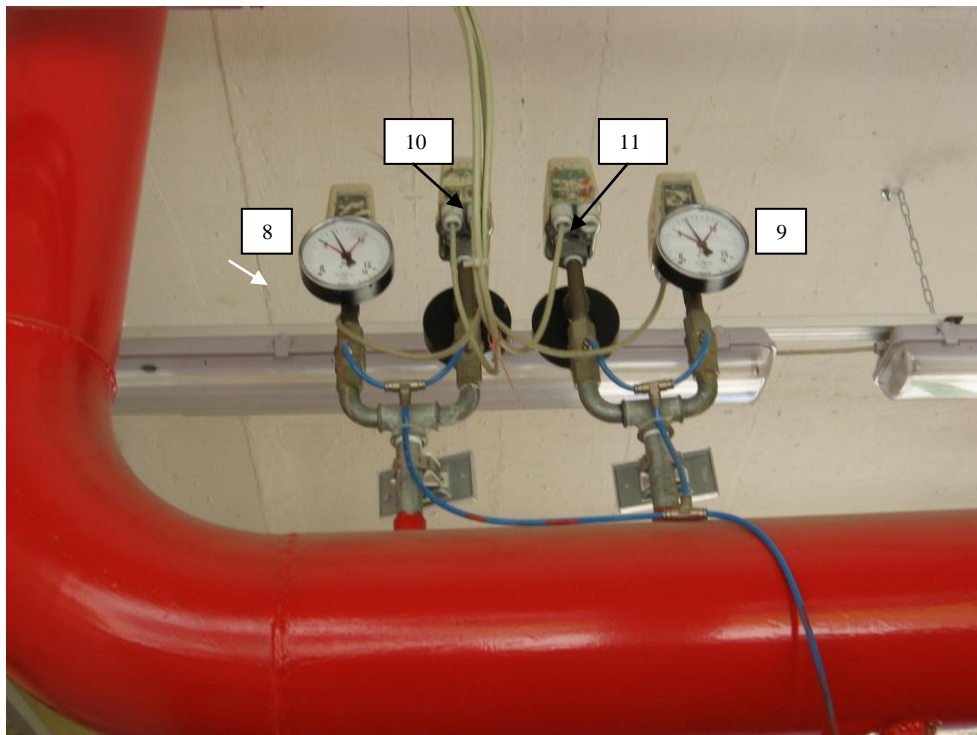
Figura 21. **Bombas para agua antiincendio y sus componentes**



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

1. Bomba PA02.
2. Bomba PA03.
3. Bomba auxiliar.
4. Válvula de mariposa (aplica una similar a PA03) para recirculación.
5. Válvula de mariposa con *Microswitch* (aplica una similar a PA03) de paso hacia la red del sistema antiincendio.
6. Válvula de compuerta hacia tubería de recirculación.
7. Cableado de alimentación de energía.

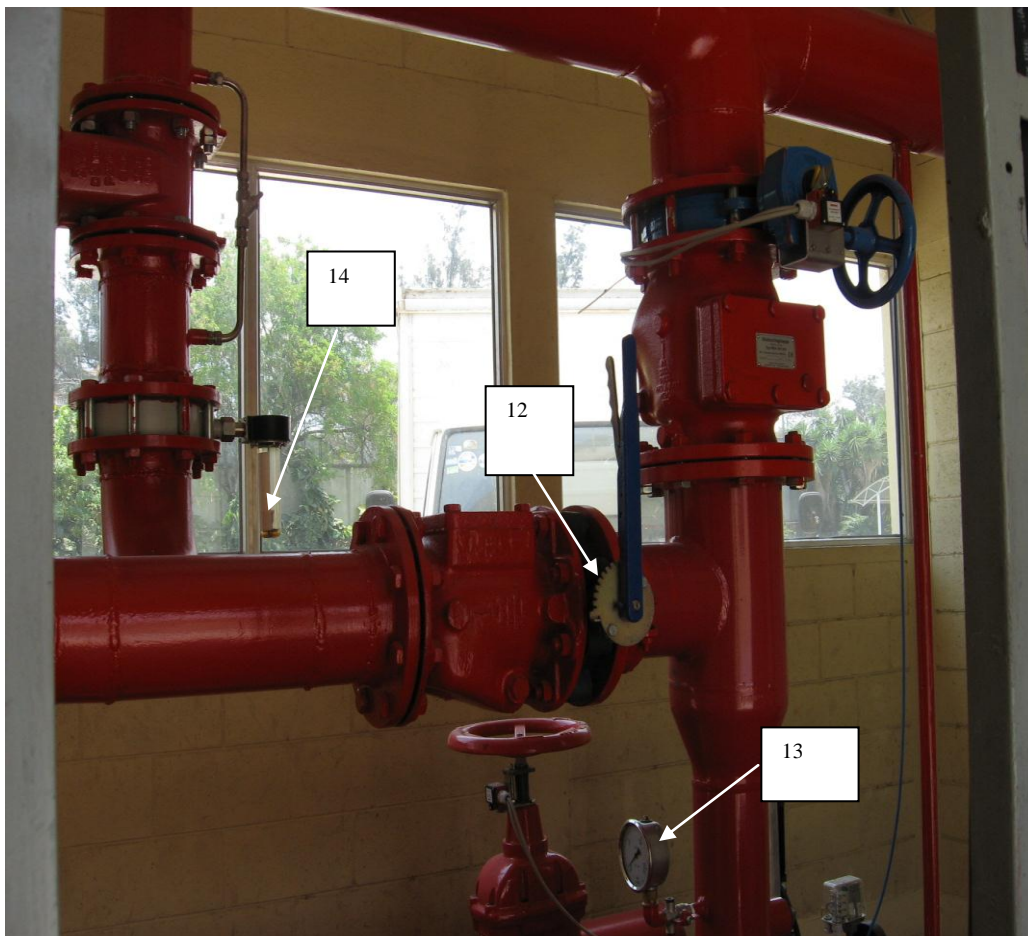
Figura 22. **Manómetros y presostatos**



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

8. Manómetro de bomba PA02
9. Manómetro de bomba PA03
10. Presostato bomba PA02
11. Presostato bomba PA03

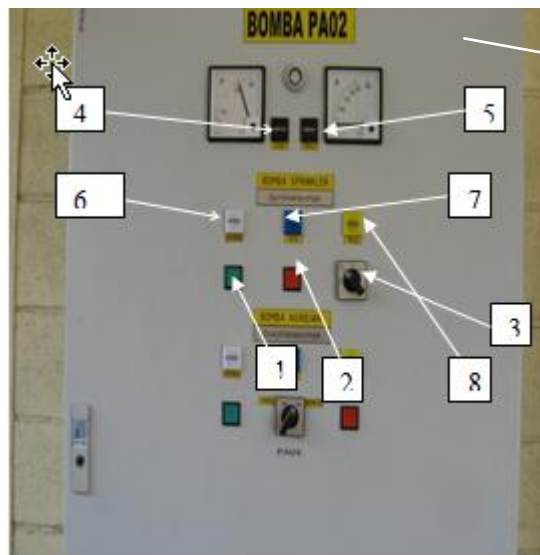
Figura 23. Válvulas, manómetro y flujo-metro



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

12. Válvula de paso hacia recirculación
13. Carátula de manómetro
14. Flujómetro

Figura 24. **Tablero de control bomba PA02**



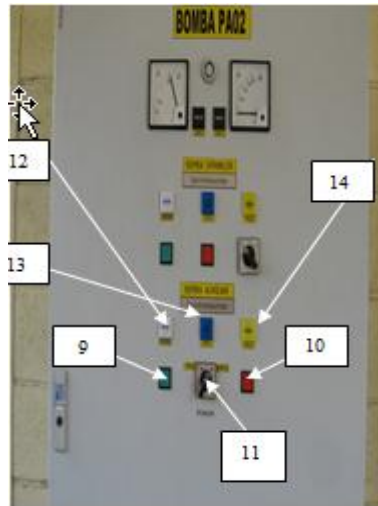
Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

1. Encendido (verde)
2. Apagado (rojo)
3. *Switch* de medición de voltaje circuito trifásico
4. Apagado de alarma (1)
5. Prueba de LED de botones de tablero (2)

Luces indicadoras del tablero de control bomba PA02

6. Encendida (blanca)
7. Lista (azul)
8. Falla (amarilla)

Figura 25. **Tablero de control bomba auxiliar**



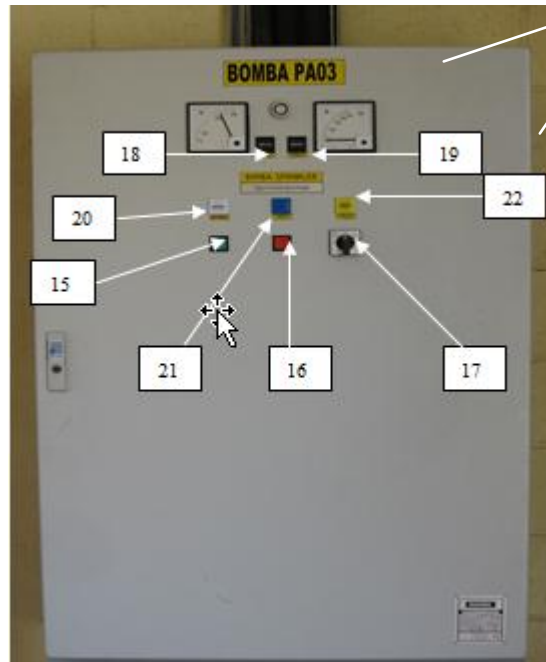
Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- 9. Encendido (verde)
- 10. Apagado (rojo)
- 11. *Switch* de cambio manual/automático

Luces indicadoras del tablero de control bomba auxiliar

- 12. Encendida (blanca)
- 13. Lista (azul)
- 14. Falla (amarilla)

Figura 26. **Tablero de control bomba PA03**



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

- 15. Encendido (verde)
- 16. Apagado (rojo)
- 17. *Switch* de de medición de voltaje circuito trifásico
- 18. Apagado de alarma
- 19. Prueba de LED de botones de tablero

Luces Indicadoras del tablero de control bomba PA03

- 20. Encendida (blanca)
- 21. Lista (azul)
- 22. Falla (amarilla)

Figura 27. Complementos



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

1. Llave de tablero de control
2. Gabinete de almacenamiento de fusibles

3.1.2. Especificaciones de inicio del sistema antiincendios

En este apartado se describe el procedimiento de los tipos de arranque del sistema antiincendios.

3.1.2.1. Arranque manual

Switch de la bomba auxiliar debe encontrarse en automático. Esperar a que la luz azul que indica que el sistema está listo se encienda. Presionar el botón de encendido (verde), del panel de la bomba PA02 (figura. 24).

3.1.2.2. Arranque automático

El sistema de bombas arrancará de manera automática porque así se encuentra programado.

3.1.3. Funcionamiento

El funcionamiento es automático de acuerdo con la programación y los *set-point* establecidos. La medida caratular de la presión debe encontrarse en siete bar para que el sistema se encuentre en condiciones normales. La bomba auxiliar se encenderá de manera automática cuando la presión descienda por debajo del *set-point* que es de siete *bar*. La bomba número PA03 se encenderá cuando el *set-point* que está establecido en cinco *bar* se alcance. La bomba número PA02 se encenderá cuando el *set-point* que está establecido en 4,5 *bar* se alcance.

3.1.3.1. Alarmas

Las alarmas se dispararán cuando alguna compuerta de salida sea cerrada, (figura 23). Las alarmas se apagan presionando el botón de apagado de alarmas del tablero de control.

3.1.3.2. Apagado

Presionar el botón rojo del tablero de control indicado en la (figura 24), según corresponda a la bomba.

3.1.3.3. Apagado de emergencia

Si por algún motivo el sistema de bombas no puede ser apagado manualmente desde el tablero de control, se procederá de la siguiente manera: des-energizar el sistema desde la central de energía eléctrica “bajando la palanca” del *breaker* de acuerdo con la (figura 28), hacer presión con un objeto punzante en el pequeño cuadro rojo, (un desarmador o lapicero por ejemplo).

Figura 28. Apagado de emergencia



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

Figura 29. Fusibles



Punto de color
que desaparece
al fallar el
fusible.

Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

3.1.3.4. Cambio de fusibles

Des-energizar el sistema desde la central de energía eléctrica (figura 30) bajando la palanca del *breaker* de acuerdo con la (figura 28), hacer presión con un objeto punzante en el pequeño cuadro rojo, (un desarmador o lapicero por ejemplo). En el cuarto de bombas abrir el gabinete que contiene los controles con la llave que está a un lado de estos, (figura 27): determinar cuál es el fusible que se encuentra inservible, se determina observando el pequeño punto de color verde o rojo que tienen estos, si este punto no está en el fusible es señal que se encuentra dañado y hay que cambiarlo.

Si el fusible dañado es de rosca retirarlo de los controles, (figura 29); si no fuera de este tipo (figura 29) retirar el pequeño contenedor bajando la palanca y sacar el fusible dañado de la caja del gabinete de control, para trabajar con mayor comodidad.

- Remover el fusible actual y dañado.
- Dirigirse al gabinete de fusibles y buscar el reemplazo adecuado, (figura 27).
- Colocar el nuevo fusible en su sitio.
- Cerrar la compuerta con llave y dejar esta en su lugar.
- Ir de nuevo a la central de energía eléctrica y “subir la palanca” del *breaker* para regresar la energía al cuarto de bombas.
- Regresar al cuarto de bombas (figura 20) y encender de nuevo el sistema.

Figura 30. **Central de energía eléctrica**



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

3.1.3.5. Tanque de agua antiincendios

La fuente de alimentación para el sistema antiincendios es el tanque vertical de almacenamiento. Los datos técnicos de capacidad son:

- Capacidad del tanque vertical: 400 metros cúbicos
- Capacidad de pozo principal: 300 metros cúbicos
- Capacidad de cada bomba (PA02/PA03): 350 metros cúbicos por hora

Figura 31. **Tanque de agua antiincendios**



Fuente: Bayer CropScience. La planta Bayer CropScience. Municipio de Amatitlán, Guatemala.

1. Tubería de retorno hacia el tanque (operación re-circulación).
2. Válvula de paso desde el tanque de almacenamiento hacia las bombas antiincendios.
3. Tubería de alimentación de agua desde pozo secundario.
4. Tubería de alimentación de agua desde tanque hacia bombas antiincendio.
5. Tubería de alimentación de agua desde pozo primario.
6. Tanque de almacenamiento de agua antiincendios.

3.2. Mantenimiento

Arranque semanal de bombas para verificar el funcionamiento correcto de los equipos.

3.2.1. Operación de recirculación

Este procedimiento se realizará para comprobar que el flujo de las bombas es el adecuado y/o en rutinas de mantenimiento preventivo (para operar la bomba y comprobar su adecuado funcionamiento). Se podrá recircular con cualquiera de las dos bombas del sistema (PA02 y PA03).

- Abrir la llave de recirculación de la bomba PA03 (figura 23, parte 12).
- Cerrar la llave que permite el paso hacia la red del sistema antiincendios (figura 21, parte 5).
- Pulsar el botón de encendido de la bomba PA03 (figura 24, botón verde).
- En este momento la bomba succiona agua del tanque de almacenamiento y la regresa por la tubería de recirculación.
- Presionar el botón rojo del tablero de control indicado en la (figura 24).
- Regresar a la posición normal las válvulas de recirculación y válvula de paso hacia la red del sistema antiincendios.

Nota: el procedimiento para recirculación de la bomba PA03 es el mismo, tomando en cuenta que las válvulas de recirculación y paso son las correspondientes a dicho circuito. Se podrá realizar la recirculación operando las dos bombas simultáneamente.

CONCLUSIONES

1. Al diseñar, instalar y montar el sistema antiincendios en la planta Bayer de Amatlán, los cálculos de la hidráulica clásica no fueron suficientes, por lo que fue necesario tomar en cuenta las indicaciones de las normas NFPA, las cuales son las que rigen el diseño de protección contra fuego.
2. La instalación del sistema antiincendios fue necesario en la empresa Bayer, S.A., porque trabaja con químicos y combustible, se debe guardar estrictas normas de seguridad. Esto con la finalidad de evitar al momento de un siniestro la pérdida de vidas y así minimizar las mermas de materiales, así, como evitar el daño colateral al medio ambiente.
3. Se obtuvo un excelente resultado al fabricar las estructuras y modificar las existentes para el paso de la red de tubería antiincendio, ya que los cálculos para cada estructura fueron los adecuados.
4. El montaje de las diferentes partes del sistema antiincendios se llevó a cabo siguiendo normas de seguridad, guías y directrices de la empresa, para la realización del mismo.
5. Se cumplió con lo requerido para la instalación del sistema antiincendios, ya que los cálculos efectuados para determinar la capacidad de cada parte del sistema fue la correcta.

RECOMENDACIONES

Al gerente de operaciones industriales

1. Es necesario capacitar constantemente a los trabajadores e implementar todas las medidas de prevención y control que exigen, para que los incendios no ocasionen grandes pérdidas humanas o materiales en la empresa.
2. Cumplir con las normas de la empresa, sobre la puesta en marcha semanalmente del sistema antiincendios, para garantizar el buen funcionamiento del equipo en cualquier circunstancia.

Al jefe de ingeniería y mantenimiento

3. Realizar el mantenimiento preventivo descrito en el siguiente informe, para que cada una de las partes que componen el sistema antiincendios pueda garantizar la integridad de los equipos y estructuras.
4. Realizar una revisión visual continua de cada uno de los componentes del sistema de agua antiincendios como: tanque, bombas, tuberías y estructuras, para tener una retro-alimentación del estado físico de cada uno de los elementos mencionados.

Al jefe de seguridad e higiene industrial

5. Capacitar al cuerpo de brigadistas de la planta sobre cómo es el funcionamiento del sistema antiincendios, para que al momento de un siniestro puedan actuar correctamente y operar el sistema sin ningún problema.

6. Informar al cuerpo de bomberos voluntarios de la localidad, sobre los parámetros manejados en el sistema antiincendios como presión, potencia y caudal para que conozcan la capacidad del sistema, y no ocasionar accidentes al momento de su utilización.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Accesorios de tuberías* [en línea]. 2005. <http://www.pce-iberica.es>. [Consulta: septiembre de 2009].
2. ACIPCO. *Tubos con brida ACIPCO* [en línea]. 2006. <http://www.Acipco.com>. [Consulta: octubre de 2009].
3. American Society for Testing and Materials. *Especificación estándar para tubos soldados en acero austenítico para calderas, sobre calentadores, intercambiadores de calor y condensadores*. Filadelfia: ASTM, 1992. 10 p.
4. _____. *Especificación estándar de requisitos generales para tubos de grafito y aceros aleados austeníticos y ferríticos*. Pittsburgh: ASTM, 1992. 13 p.
5. BARRETO LEÓN, Newton. *Diseño de un sistema contra incendios para una empresa productora de cereales*. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2007. 15 p.
6. BELTRÁN PROVOSTE, Cristian. *Medición de nivel*. Chile: Colegio Salesiano de Concepción. Escuela Industrial “San José”, Departamento de Electrónica, 2007. 15 p.

7. BLASEMASTER. *Sistema de protección contraincendios*. Mexico: Tlalnepantla, 2005. 10 p.
8. Estructplan Consultora. *Protección contra incendios explosiones - definición, clasificación por origen* [en línea]. 2002. Argentina. <http://www.estructplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=102>. [Consulta: septiembre de 2009].
9. FLORES RAMÍREZ, Juan Ramón. *Ingeniería de riesgo: criterios de diseño, sistemas automáticos de protección contra incendios. Salas de control centralizado*. Chile: CODELCO, 2003. 30 p.
10. GIDAI – Grupo de investigación y desarrollo. *Seguridad contra incendios – investigación y tecnología*. Dpto. de transporte y tecnología de proyectos y procesos. Universidad de Cantabria. Santander, marzo 2006. 17 p.
11. LEZ- Leza, Escriña y Asociados. *Consultores en ingeniería de riesgos y evaluaciones- confiabilidad de las bombas contra incendios*. Buenos Aires, Argentina: LEA -Leza, Escriña y Asociados, 2007. 5 p.
12. *Manómetro de Bordón* [en línea]. 2005. Universidad de Antofagasta, Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica, Antofagasta, Chile. <http://html.rincondelvago.com/manometro.html>. [Consulta: octubre de 2009].
13. Miliarium Aureum, S. L. *Cálculo de requerimiento de equipos contra incendios* [en línea]. 2004. Madrid, España: Miliarium Aureum, S. L.

<http://www.miliarium.com/Proyectos/PlantaCompostaje/Anejos/Incendios%204.asp>. [Consulta: septiembre de 2009].

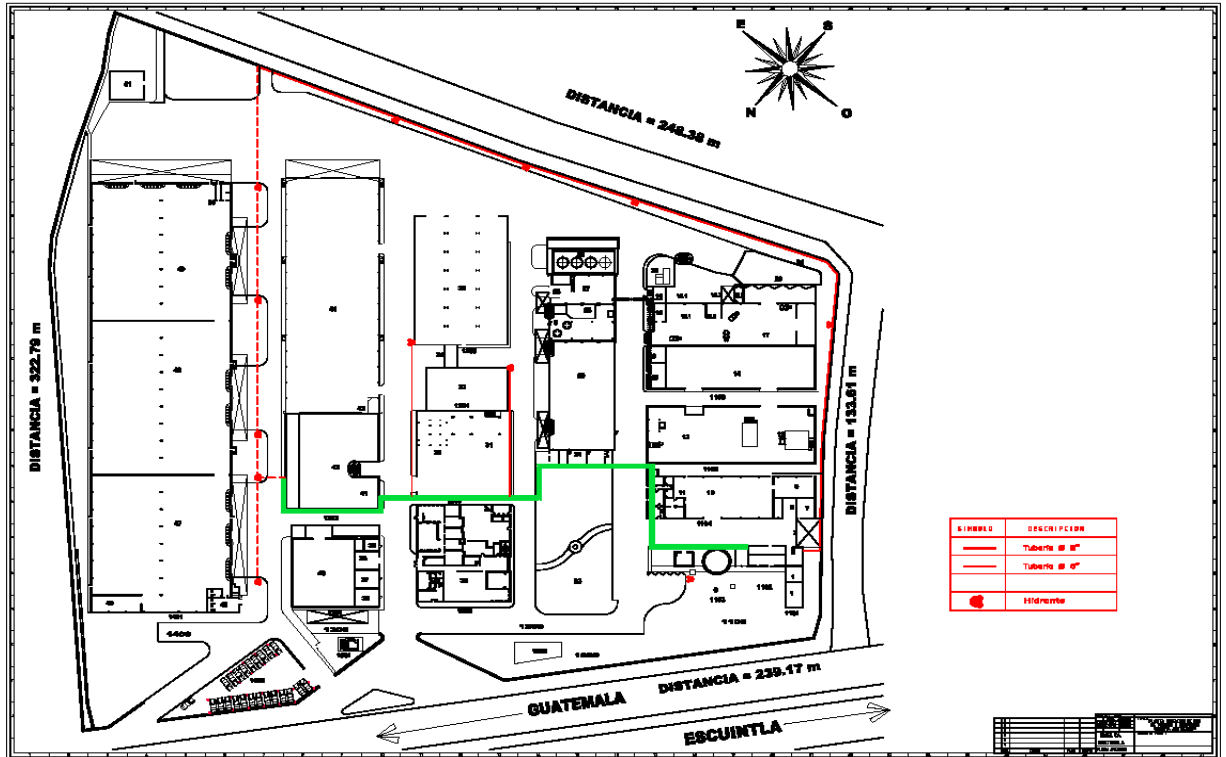
14. Monografía. *Medidor de flujo* [en línea]. 2006. <http://www.monografia.com/medidoresflujo>. [Consulta: septiembre de 2009].
15. National Fire Protection Association. *Hidrantes*. USA: NFPA, 2008. 55 p.
16. NUÑEZ SOTOMAYOR, Juan. *Operación de bombas contra incendio: artículo especializado dirigido al técnico en construcción y analista de riesgos industriales para compañías de seguros*. Viña del Mar, Argentina: Editorial el bibliotecario 2004. 15 p
17. Planta Bayer CropScience. *La planta Bayer CropScience*. Información proporcionada en la planta Bayer CropScience, en el municipio de Amatitlán [lunes 29 de enero de 2007], Guatemala, 2007.
18. SEGURITÉCNICA. *Protección contra incendios mediante agua nebulizada. Diseño de sistemas* [en línea]. Madrid, España: Borrmarkt, 2005. Artículo completo de la revista SEGURITÉCNICA, Decana independiente de seguridad. Revista Electrónica. http://www.borrmarkt.es/articulo_seguritecna.php?id=1034&numero=3
19. [Consulta: septiembre de 2009].
19. *Sistema de agua contra incendios* [en línea]. 2007. http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/11_leg.pdf. [Consulta: octubre de 2009].

20. *Sistemas contra incendios* [en línea]. 2007. <http://www.lafortaleza.com/incendio.htm>. [Consulta: septiembre de 2009].
21. Solomantenimiento.Com. *Glosario de Mecánica Industria* [en línea]. 2008. <http://www.solomantenimiento.com/diccionario.htm>. [Consulta: septiembre de 2009].
22. VELASCO ARIAS, Diego Omar. *Diseño de sistema contra incendios a ser implementado en una planta cementera*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2007. 112 p.
23. *Victaulic contra incendios* [en línea]. 2007. <http://www.victaulic.com/content/es/fireprotectionsection.htm>. [Consulta: octubre de 2009].

APÉNDICE

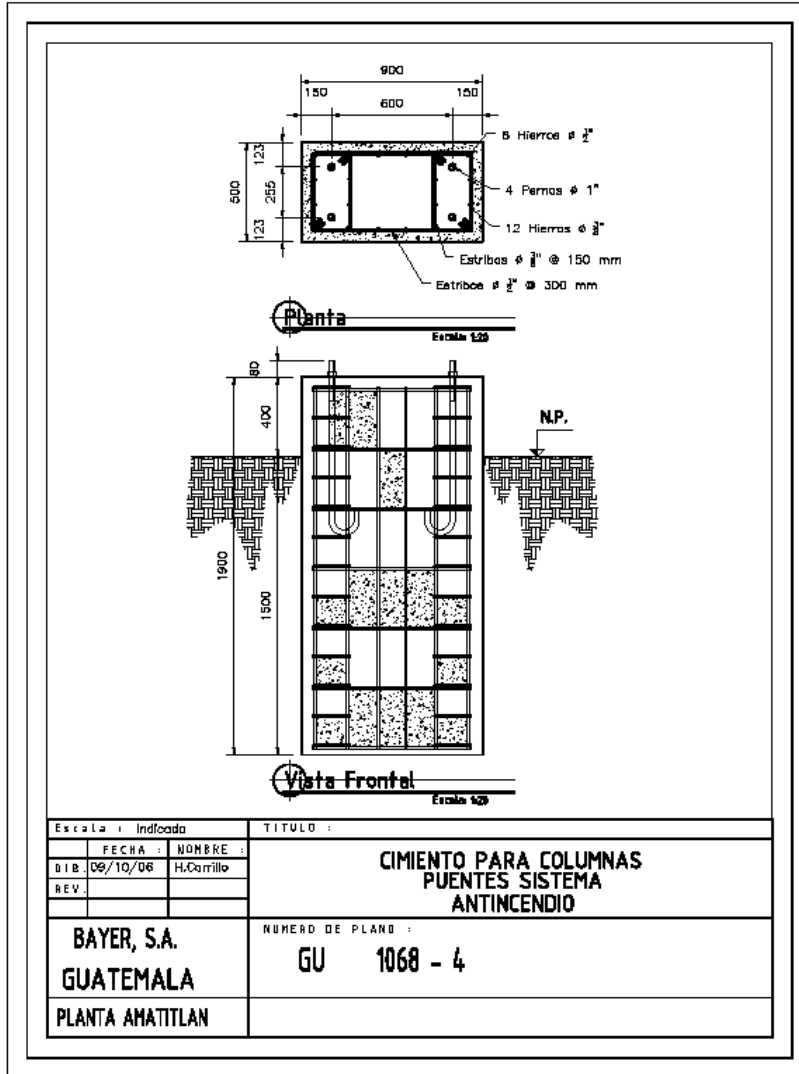
Apéndice 1. Planos utilizados para la instalación y montaje del sistema antiincendios de la empresa Bayer, en Amatitlán

Plano de distribución de puentes tubería e hidrantes



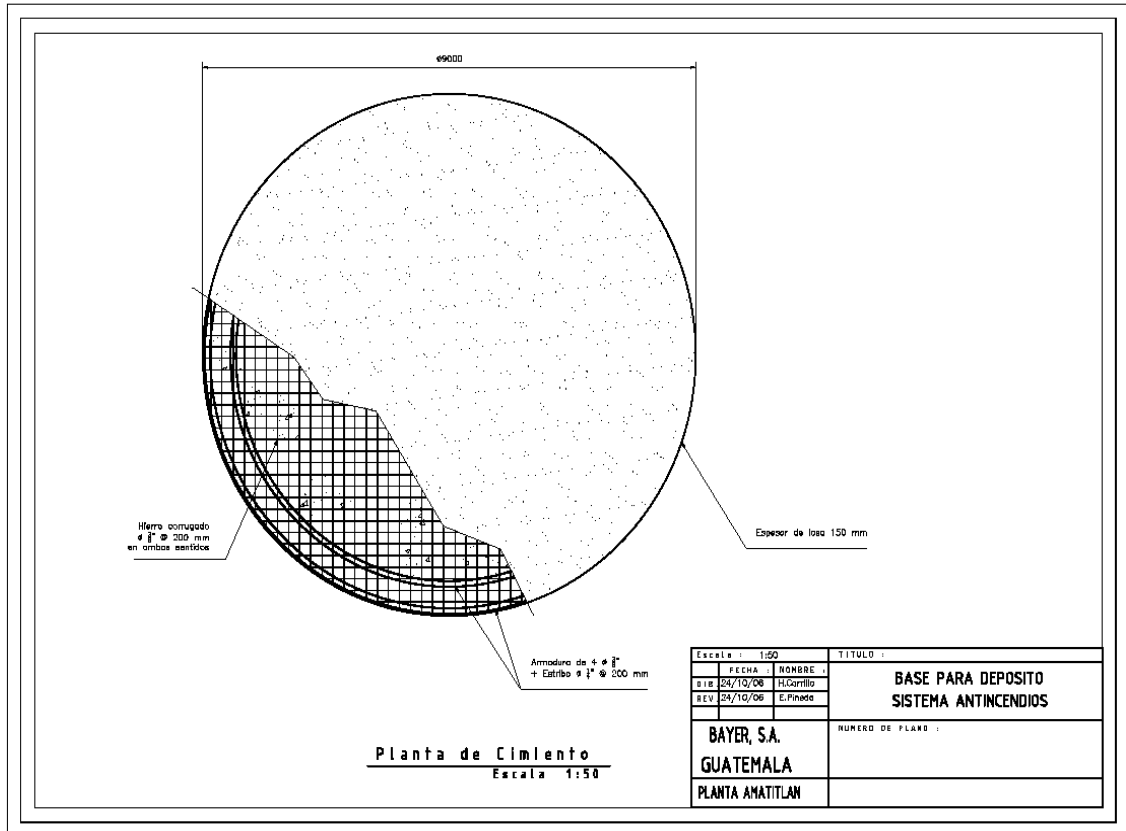
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 2. Bases cimentación para columnas



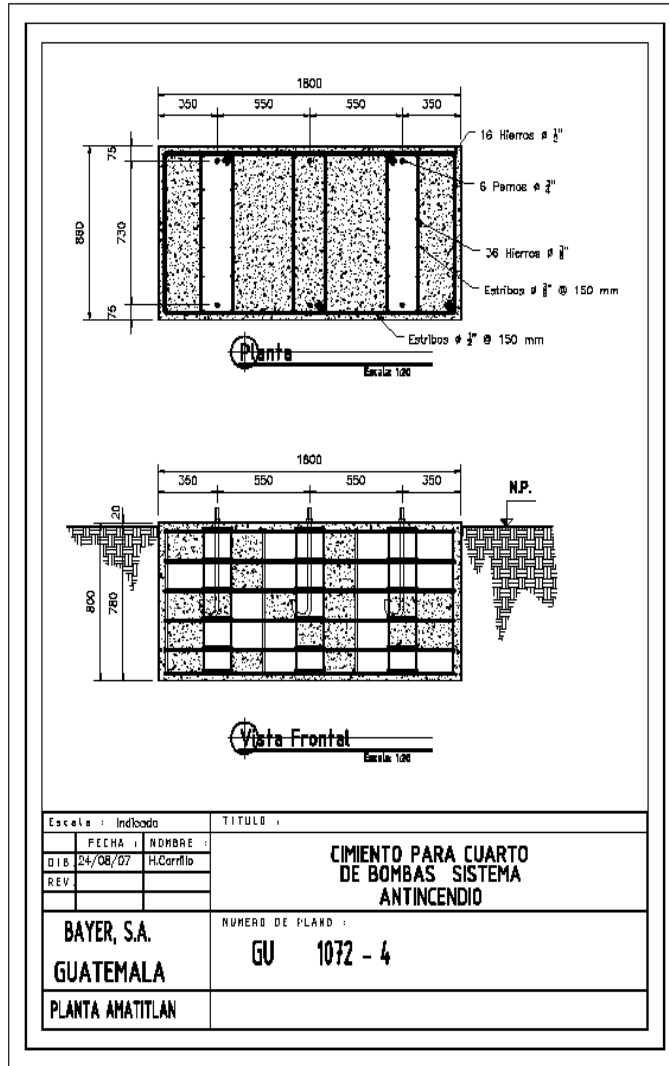
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 3. Base cimentación tanque para agua antiincendios



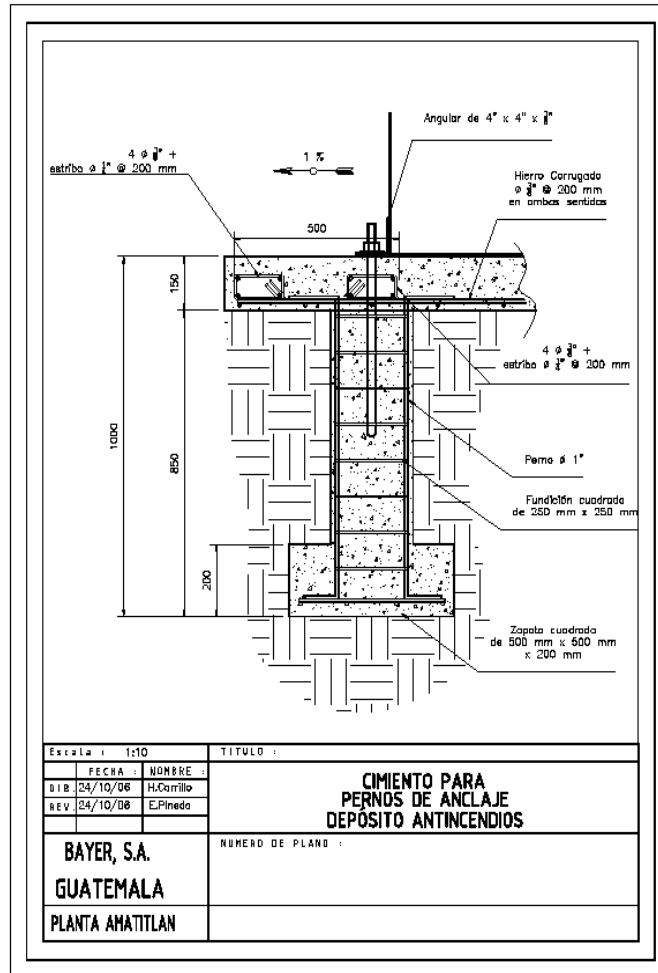
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 4. Base cimentación para bombas



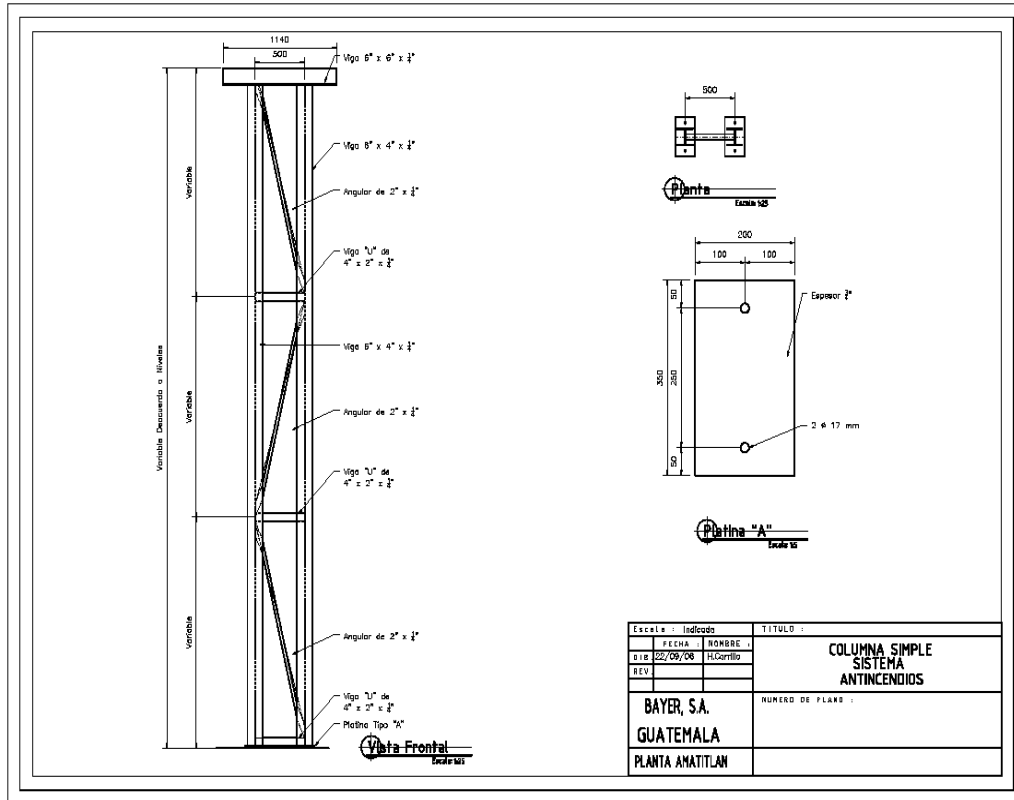
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 5. Cimiento para pernos de anclaje tanque antiincendios



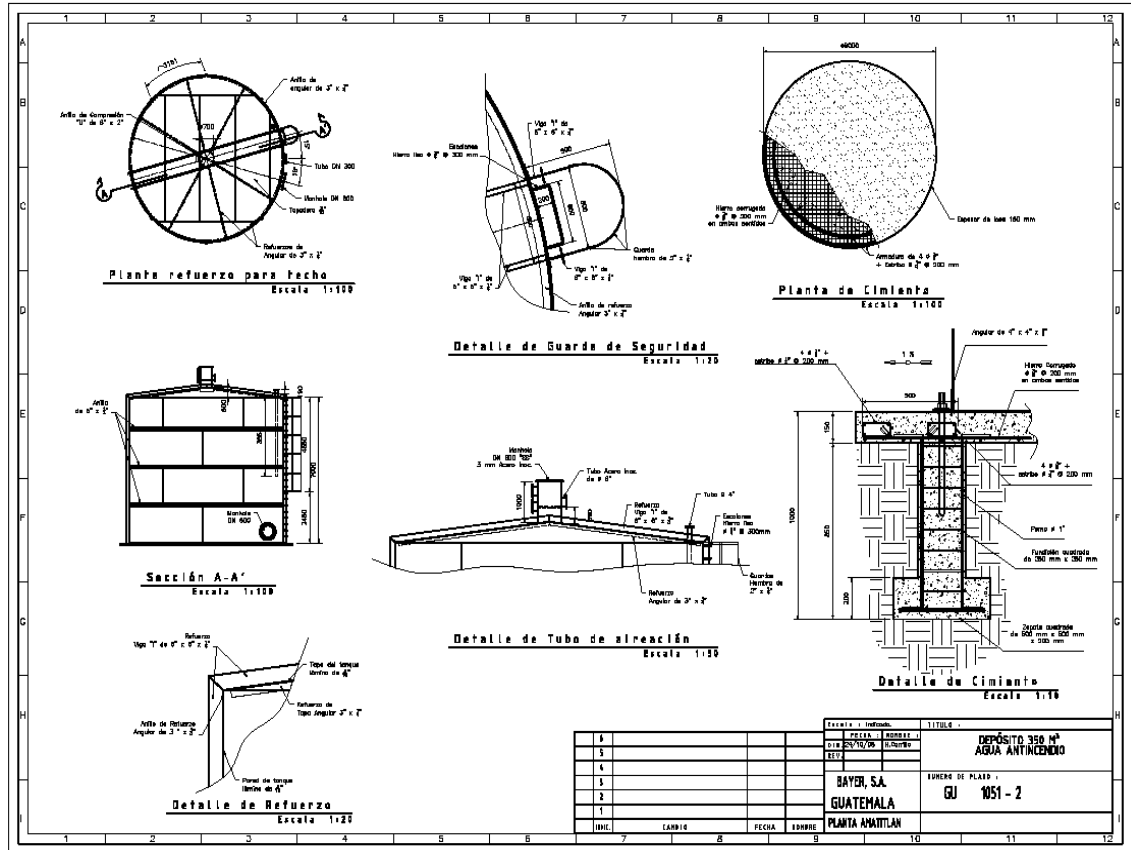
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 6. Columna simple núm. 1



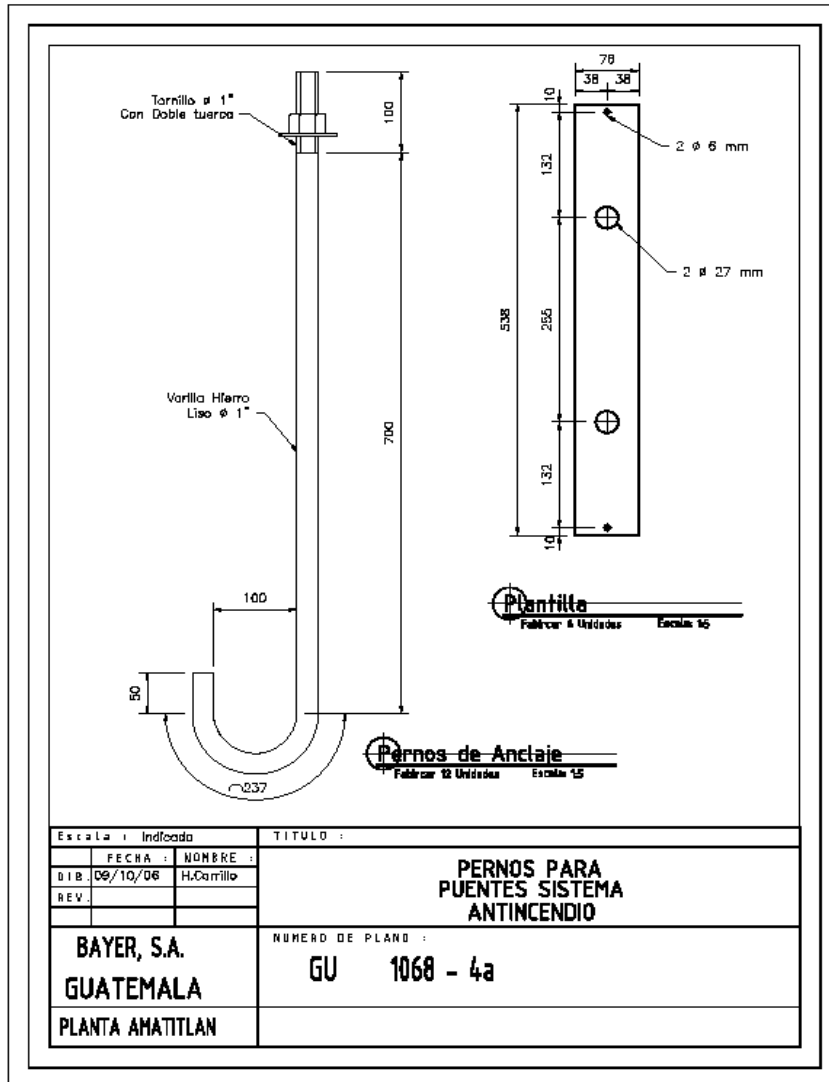
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 7. Tanque (depósito) agua antiincendios



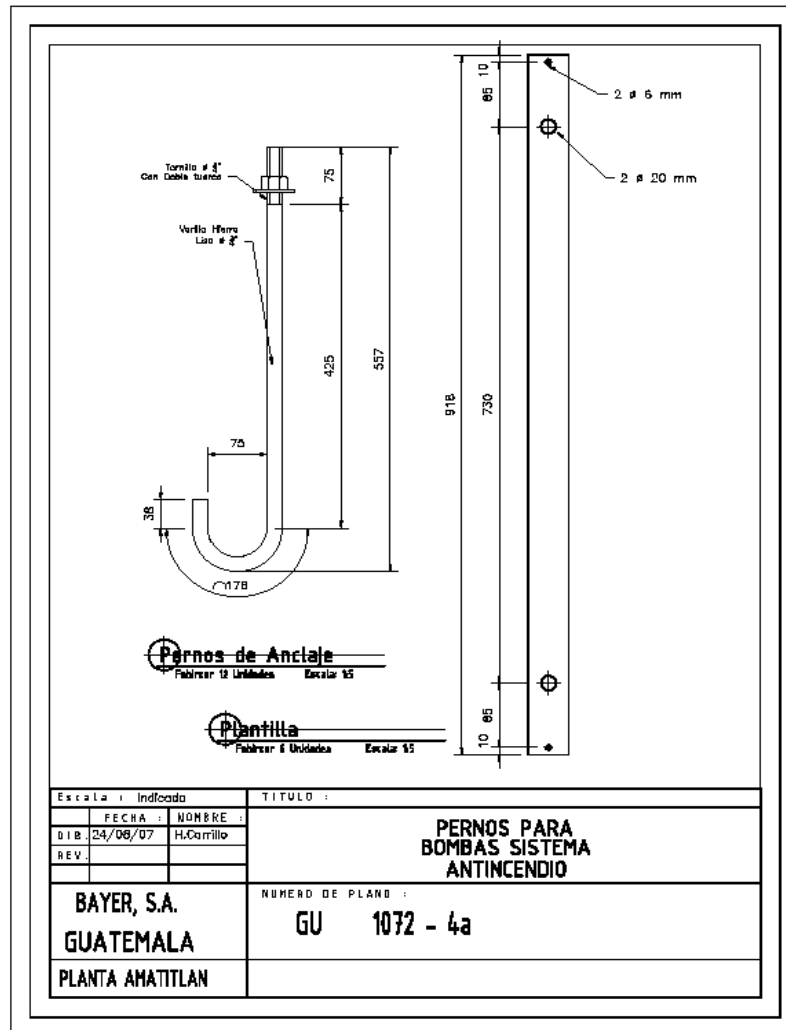
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 8. Pernos de anclaje para columnas y tanque antiincendios



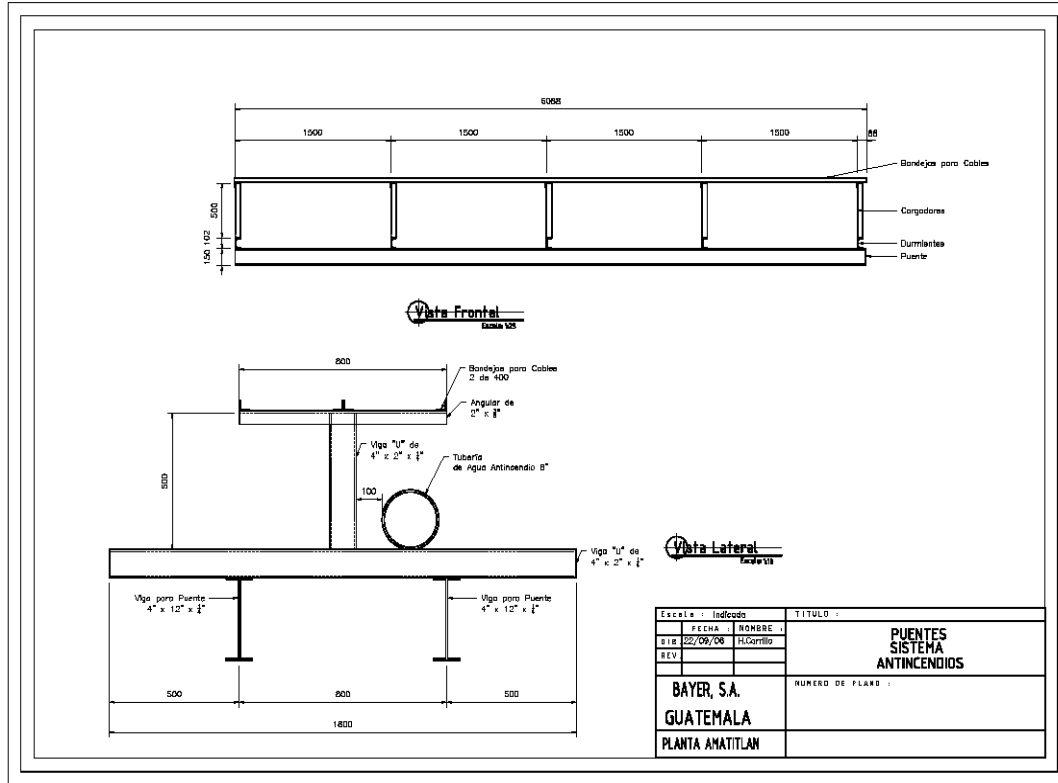
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 9. Pernos de anclaje para bombas antiincendios



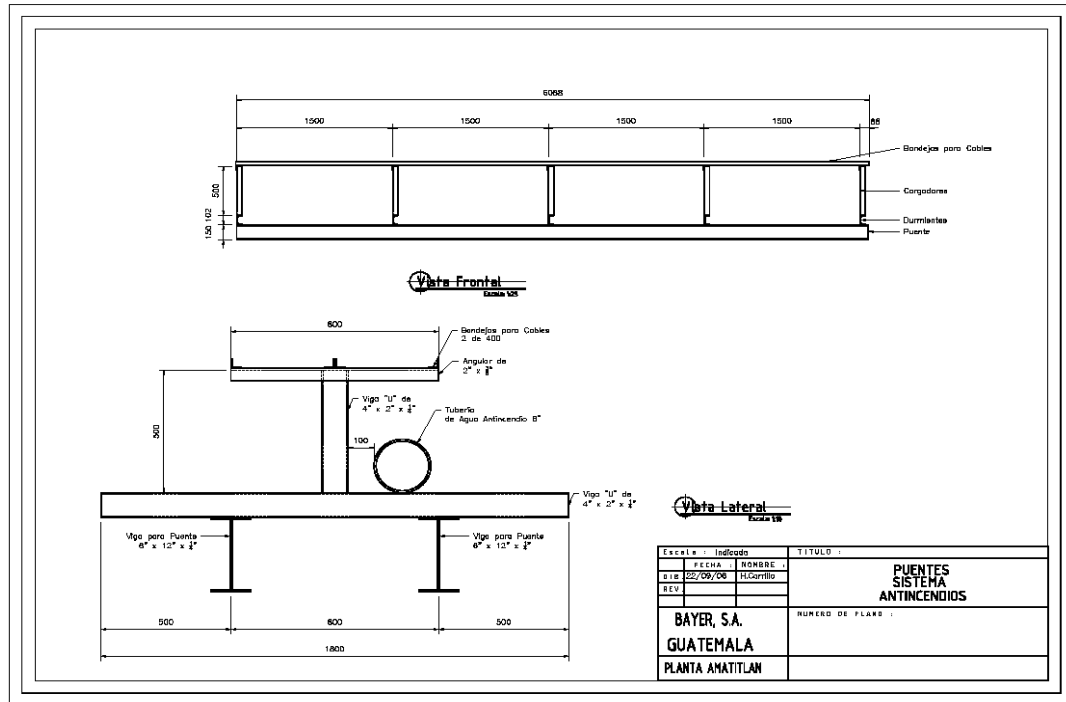
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 10. Puente antiincendios 1



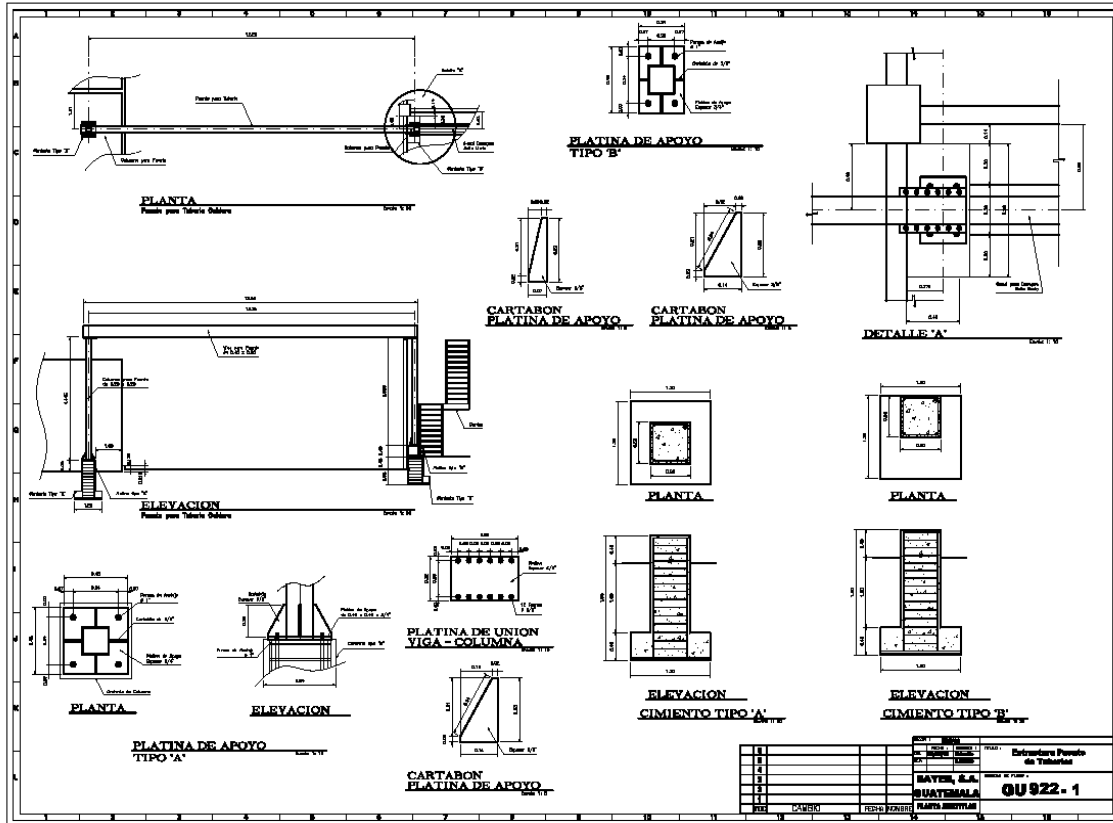
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 11. Puente 2



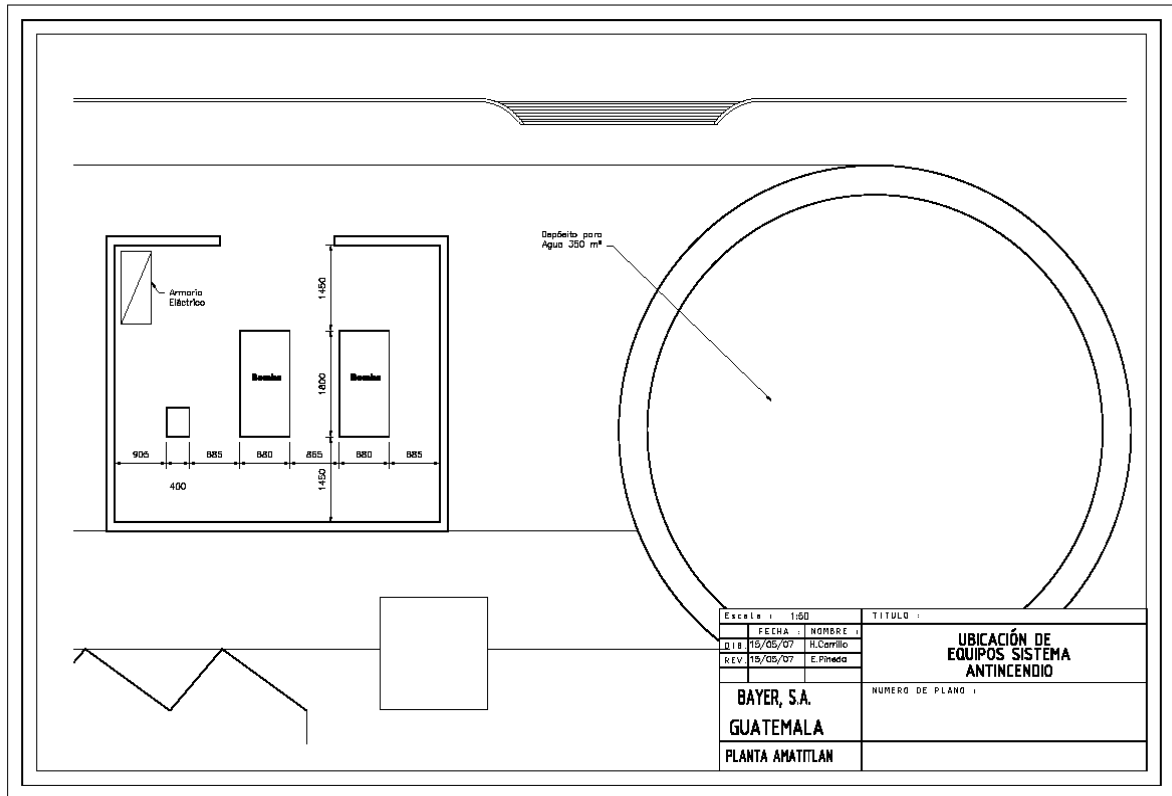
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 12. Puente y columna perfil cerrado



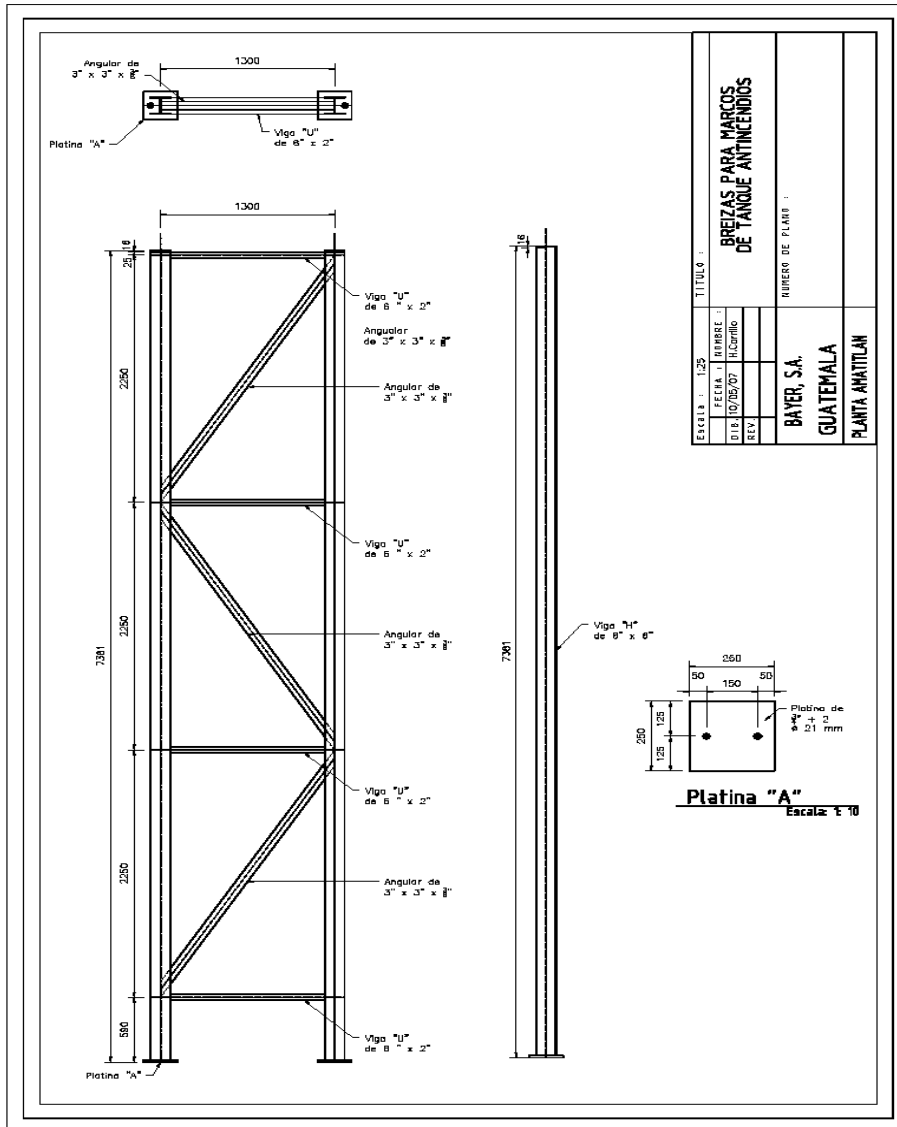
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 13. Cuarto de bombas sistema antiincendios



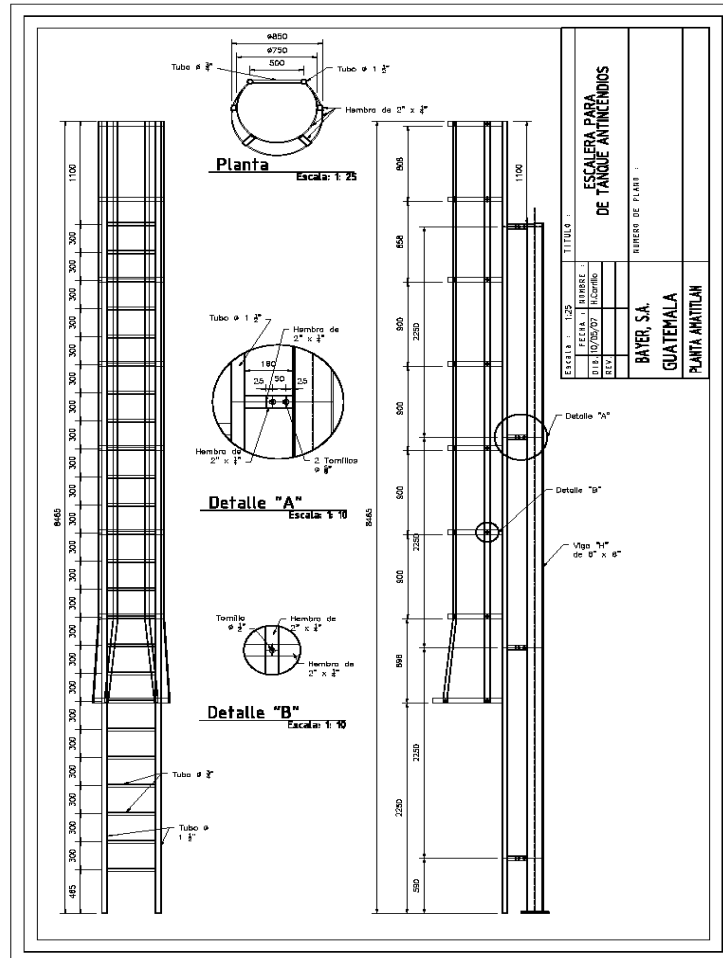
Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 14. Marco estabilizador tanque antiincendios



Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 15. Plan de escalera de ascenso sistema antiincendios



Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 16. Operaciones de revisión

Concepto	Fecha	Estado		Acción realizada
Revisión del tanque y bombas del sistema antiincendios			No se observan anomalías ni fugas	No se precisa
			Se observan elementos Defectuosos	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black; margin: 0;"/> (Acción realizada)
			Se observan fugas	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black; margin: 0;"/> (Acción realizada)
Revisión de Corrosión en las Tuberías			Ausencia de procesos de Corrosión	No se precisa
			Presencia de elementos con Corrosión	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black; margin: 0;"/> (Acción realizada)
Revisión de las estructuras en sistema anti-incendios			No se observan anomalías	No se precisa
			Se observan estructuras defectuosas	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black; margin: 0;"/> (Acción realizada)

Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

Apéndice 17. Operaciones de mantenimiento

Concepto	Fecha	Operación	Acción realizada
Mantenimiento del tanque		Limpieza parcial	
		Reparación	
		Verificación	
		Otras incidencias	
Mantenimiento de las bombas		Calibraciones y verificaciones	
		Reparaciones	
		Otras incidencias	
Mantenimiento de las tuberías		Limpieza y verificaciones	
		Reparaciones	
		Otras incidencias	
Mantenimiento de las estructuras		Verificaciones	
		Reparaciones	
		Otras incidencias	

Concepto	Fecha		Acción realizada
Revisión del tanque y bombas del sistema antiincendios		No se observan anomalías ni Fugas	No se precisa
		Se observan elementos defectuosos	<hr/> (Acción realizada)
		Se observan fugas	<hr/> (Acción realizada)
Revisión de corrosión en las tuberías		Ausencia de procesos de corrosión	No se precisa
		Presencia de elementos con corrosión	<hr/> (Acción realizada)
Revisión de las estructuras en sistema antiincendios		No se observan anomalías	No se precisa
		Se observan estructuras defectuosas	<hr/> (Acción realizada)

Fuente: elaboración propia, basada en información proporcionada en la planta Bayer CropScience en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

