

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EMPRESA

MASTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

TRABAJO FIN DE MASTER



“ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS GRUPOS DE BOMBEO MÚLTIPLES PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y OTROS ASPECTOS DE INTERÉS RELACIONADOS CON LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA CONTRA INCENDIOS”



Alumno: Pablo Esquembre Sáes

Director: José Pérez García

Septiembre 2014

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
1.1.	ANTECEDENTES	3
1.2.	OBJETIVO.....	3
2.	NORMATIVA A ESTUDIAR	4
2.1.	REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	4
2.2.	CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN	6
2.2.1.	SECCIÓN SI 4 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	10
2.3.	NORMATIVA UNE 23500	12
2.4.	NTP 42: BOCAS E HIDRANTES DE INCENDIO. CONDICIONES DE INSTALACIÓN.....	13
3.	ANÁLISIS DE DETALLE DE LA NORMA UNE 23500.....	16
3.1.	TIPOS DE ABASTECIMIENTO.....	16
3.2.	EQUIPOS DE BOMBEO ÚNICO, DOBLE Y TRIPLE.....	24
3.2.1.	DISTRIBUCIÓN	24
3.2.2.	REQUERIMIENTOS	28
3.2.3.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS BOMBEO DOBLES Y TRIPLES	30
4.	APLICACIÓN. CÁLCULO SISTEMA DE PCI EN UN HOTEL.....	34
4.1.	SISTEMAS FIJOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	34
4.1.1.	Introducción.....	34
4.1.2.	Normativa.....	35
4.1.3.	Descripción de las instalaciones contra incendios.....	36
4.2.	CÁLCULO DEL SISTEMA PCI	37
4.2.1.	Introducción.....	37
4.2.2.	Características de la instalación.....	37
4.2.3.	Simulación con EPANET	39
4.2.4.	Sistema de Bombeo	41
4.2.5.	Dimensionado del depósito	44
5.	SIMULACIÓN DEL SISTEMA CON EPANET	45
5.1.	RESULTADOS	45
5.2.	CONCLUSIONES	56
6.	BIBLIOGRAFÍA	58

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. ANTECEDENTES

Este trabajo se ha escrito por solicitud de la Universidad Politécnica de Cartagena y la Universidad de Murcia como trabajo fin de máster siendo su realización un requisito indispensable para completar el Máster en Prevención de Riesgos Laborales. El título del proyecto es “Análisis del funcionamiento de los grupos de bombeo múltiples para protección contra incendios y otros aspectos de interés relacionados con los abastecimientos de agua contra incendios”. El trabajo fue supervisado por D. José Pérez García, profesor del departamento del Departamento de Ingeniería y Térmica de Fluidos

1.2. OBJETIVO

El objetivo principal del trabajo es estudiar y comparar el funcionamiento de los equipos de bombeo múltiple para sistemas de protección contra incendios. Para ello será preciso estudiar en profundidad la normativa referente a los sistemas de protección contra incendios, y aplicarla correctamente a un supuesto práctico, simulando el funcionamiento del sistema mediante el software de libre distribución EPANET.

2. NORMATIVA A ESTUDIAR

Un incendio es un suceso peligroso y destructivo en el que se pueden producir grandes pérdidas humanas y materiales. Es por tanto una prioridad reducir las posibilidades de que ocurra y minimizar las consecuencias en caso de que se produzca. Una herramienta importante a la hora de luchar contra ellos son las instalaciones extinción de incendios. En la mayoría de ellos el mecanismo de extinción consiste en proyectar agua a la base de las llamas. El agua actúa de tres formas: absorbiendo el calor de la llama en la evaporación, sofocación del fuego al desplazar el oxígeno con el vapor y atenuación de la radiación por parte de la niebla producida.

Una instalación de protección contra incendios está ligada a una serie de reglamentos y normativas de obligado cumplimiento y en cualquier edificación se tienen que tener siempre presentes. Los principales son el Reglamento de Instalaciones y Protección Contra Incendios, el Código Técnico de Edificación, la norma UNE 23500 sobre sistemas de abastecimiento de agua contra incendios y la Nota Técnica de Prevención 42 Bocas e hidrantes de incendio.

Ya que el ejemplo práctico utilizado en este trabajo es el de un hotel de siete plantas con sótano, el estudio de la normativa se centrará en aquellos requerimientos de seguridad relacionados con este tipo de edificios y sus instalaciones.

2.1. REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y publicado en el BOE número 298, del 14 de diciembre de 1993, tiene como objetivo determinar las características y condiciones que deben de tener los aparatos e instalaciones empleados en la protección contra incendios, además de establecer los métodos de instalación y mantenimiento

En su segundo capítulo trata de la conformidad de los aparatos e instalaciones. Como resumen de lo más importante:

Para que un aparato, equipo, sistema o componente se considere que está conforme a la normas, debe de venir certificado por un organismo de control acreditado

El Ministerio de Industria y Energía aceptará las marcas de conformidad a normas a las emitidas por organismos de certificación reconocidos en otros estados miembros de la Comunidad Económica Europea, siempre que las garantías técnicas y de seguridad sean equivalentes a las de la normativa española.

Si un aparato, equipo o componente ha sido diseñado y fabricado como modelo único no necesitará la marca de conformidad, pero tendrá que presentarse ante los servicios competentes de la Comunidad Autónoma un proyecto que especifique las características técnicas y que certifique que cumple con el reglamento.

El capítulo III y IV se establece el proceso de instalación y mantenimiento, que es de interés para el tema que se va a tratar

Es especialmente importante el apéndice de este reglamento. En él se especifican las características que deben de reunir los aparatos, equipos y sistemas.

El estudio del apéndice del reglamento se va a centrar entonces en tres sistemas: Abastecimiento de agua contra incendios, hidrantes exteriores y las bocas de incendio equipadas. Se hará una descripción en detalle de las normas más adelante.

Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

Los sistemas de abastecimiento de agua contra incendios deberán de cumplir con lo que establece la Norma UNE 23500. Se permitirá que el sistema de abastecimiento cubra a varios sistemas de protección en la situación más desfavorable si es capaz de asegurarles el suministro.

Sistemas de hidrantes exteriores.

Los sistemas de hidrantes exteriores se componen de los siguientes elementos:

- Fuente de abastecimiento de agua
- Red de tuberías para agua de alimentación
- Hidrantes exteriores. Tipo: columna hidrante al exterior (CHE) e hidrante en arqueta (boca hidrante).

Para las Columnas Hidrantes Exteriores se deberán seguir las normas UNE 23.405 y UNE 23.406, mientras que los racores y mangueras deberán de cumplir con las normas UNE 23.400 y UNE 23.091. Para los hidrantes de arqueta, la norma a cumplir es la UNE 23.407, salvo especificaciones particulares.

Sistemas de bocas de incendio equipadas.

Los elementos de los sistemas de boca de incendios son:

- Fuente de abastecimiento de agua
- Red de tuberías para la alimentación de agua
- Bocas de incendio equipadas (BIE), que pueden ser de los tipos: BIE de 45 mm y BIE de 25 mm.

Las bocas de incendio equipadas deben cumplir con las normas UNEEN 671-1 y UNE-EN 671-2. Estas normas solo admiten BIEs equipadas con mangueras semirrígidas de 25 milímetros y mangueras planas de 45 milímetros.

La separación máxima entre BIEs será de 50 m. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más deberá ser inferior a 25 m.

Respecto al suministro, en la hipótesis de funcionamiento simultaneo de las dos BIEs más desfavorables, la red deberá proporcionar suministro ininterrumpido durante como mínimo una hora con una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de cualquier BIE. También deberán de estar garantizadas las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua.

2.2. CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN

Debido a la necesidad de regular la construcción de edificios dentro del marco nacional se creó el Código Técnico de Edificación (CTE). Este código es la recopilación de las principales normativas que aseguran la calidad en cuanto a seguridad y habitabilidad de los edificios y sus instalaciones. La redacción del código obedece la disposición adicional segunda de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

El CTE es código basado en prestaciones, es decir, que para ser cumplido obliga a que la construcción cumpla con unas determinadas prestaciones, independientemente de las técnicas que se hayan utilizado para cumplirlas. Estas prestaciones, establecidas en el artículo 3 de la LOE, comprenden los siguientes campos:

- Seguridad estructural
- Seguridad en caso de incendio
- Seguridad de utilización
- Higiene, salud y protección del medio ambiente
- Protección contra el ruido
- Ahorro de energía y aislamiento térmico

El código aporta los procedimientos de verificación que permiten comprobar que la construcción se realiza conforme a las exigencias, además de un compendio de soluciones constructivas válidas que cumplen con los métodos de verificación. Las exigencias deben seguirse en todas las fases de proyecto, la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios y sus instalaciones.

Ámbito de aplicación

En general el CTE deberá aplicar en toda edificación, pública o privada, en los que se exija la correspondiente licencia de autorización a sus proyectos.

En el caso de obras de nueva construcción, podrán eximirse de aplicar el código aquellas construcciones de sencillez técnica y de escasa entidad constructiva, que no tengan carácter residencial o público, ya sea de forma eventual o permanente, que se desarrollen en una sola planta y no afecten a la seguridad de las personas. [CTE-06]

En obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes, dependerá de la compatibilidad con la naturaleza de la intervención y, en su caso, con el grado de protección que puedan tener los edificios afectados. En caso de incompatibilidad de aplicación se deberá justificar en el proyecto. [CTE-06]

Contenido del CTE

El CTE se divide en dos partes para facilitar su comprensión y aplicación.

La primera abarca las disposiciones y condiciones generales de aplicación del CTE y las exigencias básicas que deben cumplir los edificios; y la segunda se compone de un conjunto de normativas, cada una de las cuales se denomina Documento Básico, en adelante DB. Los DB contienen las exigencias básicas y los valores límite de las prestaciones que determinan la aptitud para cumplir con las normativas.

Existen 2 tipos de Documentos Básicos, los dedicados a la seguridad y los dedicados a la habitabilidad:

Documentos Básicos de seguridad:

DB-SE (*Documento Básico de Seguridad Estructural*): Se compone a su vez de 5 normativas:

- **DB-SE AE** (*Acciones en la Edificación*)
- **DB-SE C** (*Cimientos*)
- **DB-SE A** (*Acero*)
- **DB-SE F** (*Fábrica*)
- **DB-SE M** (*Madera*)

DB-SI (*Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio*)

DB-SUA (*Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad*)

Documentos Básicos de habitabilidad:

DB-HS (*Documento Básico de Salubridad*)

DB-HR (*Documento Básico de protección frente al Ruido*)

DB-HE (*Documento Básico de Ahorro de Energía*)

El contenido que es de interés para el tema a desarrollar es el referente a la seguridad en caso de incendio. Se expone a continuación en detalle.

Documento Básico SI: Seguridad en caso de incendio

Siguiendo con el propósito del Código Técnico de la Edificación, el Documento Básico SI se encarga de establecer las reglas y procedimientos a seguir para cumplir con las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. Este documento se divide en seis secciones relacionadas con cada una de las exigencias básicas de forma que la aplicación de cada sección significa que se cumple con la exigencia básica relacionada. La enumeración sigue el mismo orden.

Sección SI 1 Propagación interior

Sección SI 2 Propagación exterior

Sección SI 3 Evacuación de ocupantes

Sección SI 4 Detección, control y extinción del incendio

Sección SI 5 Intervención de los bomberos

Sección SI 6 Resistencia al fuego de la estructura

Al cumplir con todas las secciones se considera entonces que se sigue el DB de seguridad en caso de incendio.

El ámbito de aplicación es el indicado en el artículo 2 del CTE, a excepción de aquellas instalaciones y edificios con un reglamento especial, como por ejemplo las zonas de uso industrial.

Debido al tema que se trata en este trabajo, se expondrá a continuación la Sección SI 4 de detección, control y extinción del incendio.

2.2.1. SECCIÓN SI 4 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Dotación de instalaciones de protección contra incendios

Esta sección dispone de una tabla donde vienen especificados las instalaciones y equipos de protección en caso de incendio para cada tipo de uso de la construcción. Las instalaciones disponen de su reglamento propio donde viene establecido cómo debe de ser su diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y su mantenimiento. Será necesario presentar ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma el certificado de la empresa instaladora, tal y como dice el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”.

Si una zona tuviera un uso diferente al principal del edificio, y por lo tanto, constituyera un sector de incendio diferente, deberán de ajustarse a los requerimientos de ese tipo de sector.

Es de interés para el trabajo exponer los requerimientos relativos a los edificios de tipo Residencial Público

Tal y como dice el Documento Básico, un Residencial Público es *“Un edificio o establecimiento destinado a proporcionar alojamiento temporal, regentado por un titular de la actividad diferente del conjunto de los ocupantes y que puede disponer de servicios comunes, tales como limpieza, comedor, lavandería, locales para reuniones y espectáculos, deportes, etc.”* [CTE-06]

Este uso se asocia a edificios como hoteles, hostales, pensiones, etc.

Si el Residencial Público dispusiera de otras zonas destinadas a otro uso, como restaurante, cafetería o salones, estas deberán cumplir con las condiciones asociadas a su actividad.

Las instalaciones solicitadas en este tipo de edificios serán las siguientes.

- Se instalarán bocas de incendio de tipo 25mm si la superficie construida excede de 1.000 metros cuadrados o el establecimiento está previsto para dar alojamiento a más de 50 personas.
- El edificio deberá disponer de una columna seca en el caso de que la altura de evacuación exceda de los 24 metros. El municipio podrá sustituir la columna seca por bocas de incendio equipadas en el caso de que por emplazamiento o personal de emergencias no fuera de utilidad.
- Para la detección, se instalarán sistemas detectores y de alarma de incendio si la superficie construida excede de 500 metros cuadrados. Al menos los sistemas de detección serán obligatorios.
- En el caso de que la altura de evacuación excediera de 28 metros o la superficie construida del establecimiento superara los 5.000 metros cuadrados, será necesaria una instalación automática de extinción.
- El edificio dispondrá de un hidrante exterior si la superficie total construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 metros cuadrados. Para cada 10 000 metros cuadrados adicionales se instalará otro hidrante exterior.

Es importante tener bien señalizados todo estos equipos para facilitar la localización en caso de necesitar su uso. Estas señales están definidas en la norma UNE 23033-1 y su tamaño va especificado según la distancia de observación. Igualmente debe asegurarse que sean visibles en caso de fallo eléctrico.

2.3. NORMATIVA UNE 23500

La Norma UNE 23500 tiene como objetivo establecer las condiciones que deben de cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para las instalaciones de protección contra incendios

1. Tipos y condiciones de abastecimiento de agua: Se permite que un sistema suministre agua a varias instalaciones si estuvieran aseguradas las condiciones técnicas mínimas en caso de proporcionarles caudal de forma simultánea. El abastecimiento de agua tendrá que estar protegido de condiciones exteriores como heladas, sequías e inundaciones que puedan afectar al caudal.
2. Fuentes de agua: La norma expone y analiza los diferentes tipos de fuentes de agua, como redes de uso público, depósito y fuentes.
3. Sistemas de impulsión: A cada fuente le corresponde un sistema de impulsión, ya sea la propia presión de la red, de depósito en altura o por sistema de bombeo. En los caso de presión de red y de gravedad del depósito, si la presión no es suficiente se podrá reforzar con un sistema de bombeo. La norma permite el cálculo de las características hidráulicas de las bombas, así como el diámetro de las tuberías de aspiración.
4. Red general de distribución para servicio contra incendios: Es una recopilación de las características técnicas que debe de reunir la red general de incendios.
5. Pruebas en obras y ensayos de recepción: Descripción de las pruebas que deben realizarse a la red de distribución y sistema de bombeo, y listado de documentación que deben de aportar fabricantes e instaladores.

Más adelante se expondrá en detalle esta norma

2.4. NTP 42: BOCAS E HIDRANTES DE INCENDIO. CONDICIONES DE INSTALACIÓN.

Las notas técnicas son escritas como guías para las buenas prácticas, no siendo obligatorias salvo que una normativa vigente así lo disponga. En este caso se recurre a la Nota Técnica de Prevención (NTP) 42 sobre bocas e hidrantes de incendio para cumplir con las exigencias básicas del DB SI4 del CTE.

Esta NTP recoge las características técnicas y condiciones de mantenimiento necesarias para estos tipos de instalación. Estos datos son necesarios para diseñar correctamente la red de distribución de agua de un sistema de protección contra incendios y con ello poder dimensionar correctamente el sistema de abastecimiento.

Bocas de Incendio Equipadas (BIE)

Este apartado contiene algunos de los requisitos de las normas UNE EN 671-1 y UNE EN 671-2 para bocas de incendio equipadas de 25 mm y 45 mm respectivamente.

La instalación de Bocas de Incendio estará compuesta por los siguientes elementos:

- Bocas de incendio equipadas.
- Red de tuberías de agua.
- Fuente de abastecimiento de agua.

Los tipos de bocas de incendio equipadas serán dos, de 25 ó 45 mm., y estarán provistas, como mínimo, de los siguientes elementos: boquilla, lanza, manguera, racor, válvula, manómetro, soporte, armario.

Para un Residencial Público, el tipo de Boca de Incendio Equipada será de 25 mm.

El emplazamiento y distribución de las bocas de incendio equipadas se realizará según unos criterios generales, pudiendo ser modificado para cada tipo de edificación si así se pidiese.

- *Se situarán preferentemente cerca de las puertas o salidas y a una distancia máxima de 5 m. se instalará siempre una boca, teniendo en cuenta que no deberán constituir obstáculo para la utilización de dichas puertas. [NTP 42]*
- *La determinación del número de bocas de incendio equipadas y su distribución, se hará de tal modo que la totalidad de la superficie a proteger lo esté, al menos, por una boca de incendio equipada. [NTP 42]*
- *La separación máxima entre cada boca de incendio equipada y su más cercana será de 50 m., y la distancia desde cualquier punto de un local protegido hasta la boca de incendio equipada más próxima no deberá exceder de 25 m. Dichas distancias se medirán sobre recorridos reales. [NTP 42]*
- *Se deberá mantener alrededor de cada boca de incendio equipada una zona libre de obstáculos que permita el acceso y maniobra, sin dificultad. [NTP 42]*

La red de tuberías que deberá ser de uso exclusivo para las instalaciones de PCI. En caso de ir vista será de acero, pero podrá ser de otro material en caso de ir enterrada o protegida. Deberá diseñarse de forma que estén garantizadas en cualquiera de las BIE las siguientes condiciones de funcionamiento:

- *La presión dinámica en punta de lanza será como mínimo de 3,5 kg/cm² (344 kPa) y como máximo de 5 kg/cm² (490 kPa). [NTP 42]*
- *Estas condiciones de presión y caudal se deberán mantener durante una hora, bajo la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos bocas hidráulicamente más desfavorables. [NTP 42]*
- *La red se protegerá contra la corrosión, las heladas y las acciones mecánicas, en los puntos que se considere preciso. [NTP 42]*

Para la fuelle de abastecimiento de agua se deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- *Se podrá utilizar como toma de alimentación de la instalación la red de agua de los servicios públicos si estos garantizan las condiciones anteriormente mencionadas. Esta toma deberá ser exclusivamente para uso de los sistemas de protección contra incendios. No habrán contadores ni válvulas cerradas en tal caso. [NTP 42]*
- *En caso de no estar garantizadas las condiciones de suministro establecidas, en casos establecidos por la norma será necesario instalar en el edificio un depósito de agua con capacidad suficiente y equipos de bombeo adecuados para garantizar dichas condiciones. Estos equipos de bombeo solo serán usado para este fin, con la siguiente excepción. [NTP 42]*
- *Una red general de incendios podrá alimentar a varias instalaciones de protección siempre que esté contemplado en el cálculo de abastecimiento mínimo de cada instalación. [NTP 42]*

La norma UNE 23500 recoge estas condiciones de forma extensa y será expuesta detalladamente en el apartado 3.

Hidrantes de Incendios

Esta boca de incendio exterior se sitúa en las inmediaciones de los edificios para que los bomberos puedan disponer de agua acoplando sus mangueras. Para que un edificio se considere protegido por un hidrante exterior, el hidrante deberá encontrarse a menos de 100 metros de cualquier punto de las fachadas a nivel rasante. Si los hidrantes existentes en la vía no cumplieren con esta condición, entonces se deberán de instalar los que sean necesarios para cumplir con las exigencias de la norma. Los hidrantes exteriores se rigen por las normas UNE 23405 y UNE 23406, mientras que sus componentes y acoplamientos deben seguir las normas específicas de cada uno: Para racores la UNE 23400 y para mangueras la UNE 23091. Los hidrantes de arqueta siguen la UNE 23407.

La instalación de hidrantes de incendios cumplirá con las siguientes condiciones:

- *En función de su diámetro, los hidrantes podrán ser de dos tipos: tipo 80 mm y tipo 100 mm. [NTP 42]*
- *En cualquier caso los hidrantes podrán estar enterrados cada uno en una arqueta con una única salida o terminados en una columna provista de tres salidas, cuyos diámetros, en función del de la columna, serán los siguientes: Tipo 80 mm, una salida de 70 mm., y dos de 45 mm., y Tipo 100 mm., una salida de 100 mm., y dos de 70 mm. [NTP 42]*
- *Los hidrantes deberán ser capaces de resistir las heladas y las acciones mecánicas, cuando sea necesario. [NTP 42]*
- *Cada hidrante se conectará a la red mediante una conducción independiente. El diámetro de la conducción y del tramo de red al que se conecte deberá ser igual como mínimo, al diámetro del hidrante. Dispondrán de válvula de cierre tipo compuerta o de bola. [NTP 42]*
- *Estarán situados en lugares fácilmente accesibles a los equipos del Servicio de Extinción de Incendios, debidamente señalizados conforme a la norma vigente y distribuidos de manera que la distancia entre ellos medida por espacios públicos no sea en ningún caso superior a 200 m. [NTP 42]*

3. ANÁLISIS DE DETALLE DE LA NORMA UNE 23500

3.1. TIPOS DE ABASTECIMIENTO

Los sistemas de abastecimiento de un PCI se clasifican en la norma atendiendo a dos características: al tipo de sistema de protección contra incendios instalado y al tipo de fuente de agua.

Según el tipo de sistema de protección contra incendios utilizado se separa a su vez en tres categorías: I, II, y III. Esta clasificación sirve para diferenciar los requerimientos mínimos de caudal y presión que sean necesarios para cada sistema o combinación de sistemas. Los de categoría II son más exigentes que los de categoría III, y los de categoría I lo son más que los de las categorías II y III.

Rociadores (RL) según la Norma UNE-EN 12845	Rociadores (RO) según la Norma UNE-EN 12845	Rociadores (RE) según la Norma UNE-EN 12845	BIEs	Hidrantes	Espuma física	Agua pulverizada	Categoría
			x				III
x							III
				x			II
x			x				II
	x		x				II
x				x			II
			x	x			II
	x		x	x			II
x			x	x			II
		x					I
					x		I
						x	I
		x	x				I
		x	x	x			I

NOTA El resto de combinaciones de los sistemas instalados son de categoría I.

Tabla 1: Categorización de abastecimientos según sistemas dados [UNE 23500]

Cuando la categoría del abastecimiento sea III y la demanda supere los 600 l/min, la categoría exigible pasará a ser II. Si la categoría del abastecimiento fuera II y la demanda superara los 2.500 l/min, la categoría exigible pasaría a ser I. El resto de las posibles combinaciones serán todas ellas de categoría I.

En el caso de que la categoría de abastecimiento sea de categoría I, la instalación requerirá un abastecimiento doble si se da cualquiera de las siguientes condiciones [UNE 23500]:

- *La longitud medida en línea recta desde el punto de abastecimiento y el sistema más alejado del mismo supera los 2.000 m*
- *La superficie total protegida con rociadores automáticos supera 250.000 m²*
- *Se contempla en otros Reglamentos*

Se podrá utilizar cualquier categoría de abastecimiento para sistemas únicos de espuma o de agua pulverizada cuyo caudal de demanda no supere 2.000 l/min.

También según el tipo de fuente de agua, el abastecimiento se clasifica en tres clases: sencillo, superior, o doble.

Entonces, dependiendo de la categoría y de la fuente, se establecen cuáles son los tipos de abastecimiento mínimos necesarios que vienen recogidos en la tabla de la norma UNE:

Clase		Fuentes de agua (véase el capítulo 5)	Categoría I	Categoría II	Categoría III
Abastecimiento SENCILLO (A. SEN)	A. SEN. A (figura 1)	Red de uso público de categoría 2			MIN
	A. SEN. B (figura 2)	Depósito o fuente inagotable (con equipo de bombeo único)			MIN
	A. SEN. C (figura 3)	Depósito de presión		MIN	OPC
	A. SEN. D (figura 4)	Depósito de gravedad tipo C		MIN	OPC
Abastecimiento SUPERIOR (A. SUP)	A. SUP. A (figura 5)	Red de uso público de categoría 1		MIN	OPC
	A. SUP. B (figura 6)	Depósito de gravedad tipo A o B		MIN	OPC
	A. SUP. C (figura 7)	Depósito tipo A o B con dos o más equipos de bombeo	MIN	OPC	OPC
	A. SUP. D (figura 8)	Fuente inagotable con dos o más equipos de bombeo	MIN	OPC	OPC
Abastecimiento DOBLE (A. DOB)	A. DOB. A (figura 9)	Dos redes de uso público	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. B (figura 10)	Red de uso público más depósito de gravedad tipo A o B	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. C (figura 11)	Red de uso público más depósito de presión	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. D (figura 12)	Red de uso público más depósito o fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. E (figura 13)	Dos depósitos de gravedad: uno tipo A o B y otro tipo B ó C	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. F (figura 14)	Depósito de gravedad tipo A o B más depósito de presión	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. G (figura 15)	Depósito de gravedad tipo A o B más depósito o fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. H (figura 16)	Depósito de presión más depósito tipo A o B o fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. I (figura 17)	Dos equipos de bombeo aspirando de dos depósitos tipo A o B	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. J (figura 18)	Dos equipos de bombeo aspirando de un depósito tipo A o B y otro C	MIN	OPC	OPC
	A. DOB. K (figura 19)	Dos equipos de bombeo aspirando de fuente inagotable	MIN	OPC	OPC
MIN Son los mínimos aceptables para cada categoría. Quiere decir que no se pueden utilizar abastecimientos de clase inferior.					
OPC Son opciones posibles para las categorías inferiores (II y III), donde se pueden elegir abastecimientos de clase superior o doble.					

Tabla 2: clases de abastecimiento según su categoría [UNE 23500]

Abastecimientos sencillos:

- Red de uso público categoría 2, con uno o más equipos de bombeo automático si es necesario.

- Depósito o fuente inagotable, con uno o más equipos de bombeo automático si es necesario.
- Depósito de presión.
- Depósito de gravedad.

Abastecimientos superiores:

- Red de uso público de categoría I.
- Depósito de gravedad tipo A o B.
- Depósito tipo A o B con dos o más equipos de bombeo automático.
- Fuente inagotable con dos o más equipos de bombeo automático.

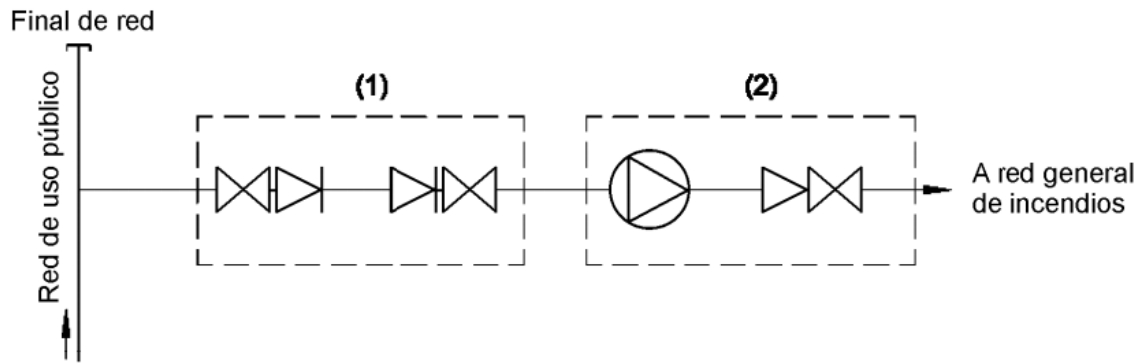
Abastecimientos dobles:

Se da en sistemas compuestos por dos abastecimientos de agua sencillos independientes el uno del otro. Cada uno por su parte debe de cumplir los requisitos mínimos de presión y caudal de la instalación a la que abastecen.

La norma establece por medio de tablas las clases de abastecimiento que son necesarias instalar según la categoría de sistema de protección contra incendio que se va a usar (ver tablas 3 y 4 de la norma UNE 23500/2012)

Dentro de los tipos de abastecimiento de agua, cada fuente tiene su propio requerimiento de dispositivos, válvulas y bombas (en algunos casos). Nos vamos a centrar en aquellas fuentes de agua que necesiten o puedan necesitar uno o más equipos de bombeo.

-Abastecimiento sencillo A. Red de uso público.



(1) Dispositivo anticontaminación.

(2) Grupo de bombeo.

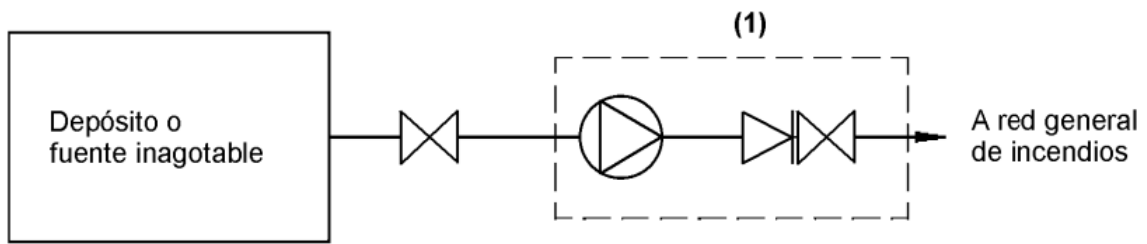
Figura 1. Abastecimiento sencillo A. Red de uso público. [UNE 23500]

Se da en redes de uso público de categoría 2, es decir, cuando el abastecimiento depende de la red de uso público y no está alimentada por los dos extremos al estar integrada en un circuito cerrado o malla, o si se diera este caso, ésta conexión no está situada entre dos válvulas de cierre.

Si la presión de la red fuera suficiente no sería necesario instalar ningún grupo de bombeo

Al ser un suministro de agua potable, se requiere la instalación de dos válvulas de cierre para proteger la red contra una posible contaminación.

-Abastecimiento sencillo B. Depósito o fuente inagotable con equipo de bombeo único.

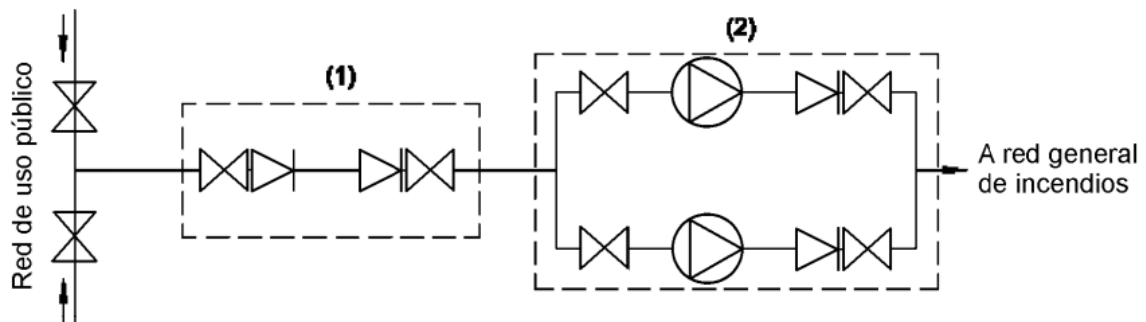


(1) Grupo de bombeo.

Figura 2. Abastecimiento sencillo B. Depósito o fuente inagotable con equipo de bombeo único. [UNE 23500]

En este caso el sistema está abastecido por un depósito de gran tamaño o una fuente considerada inagotable, como puede ser un mar o un lago

-Abastecimiento superior A. Red de uso público.



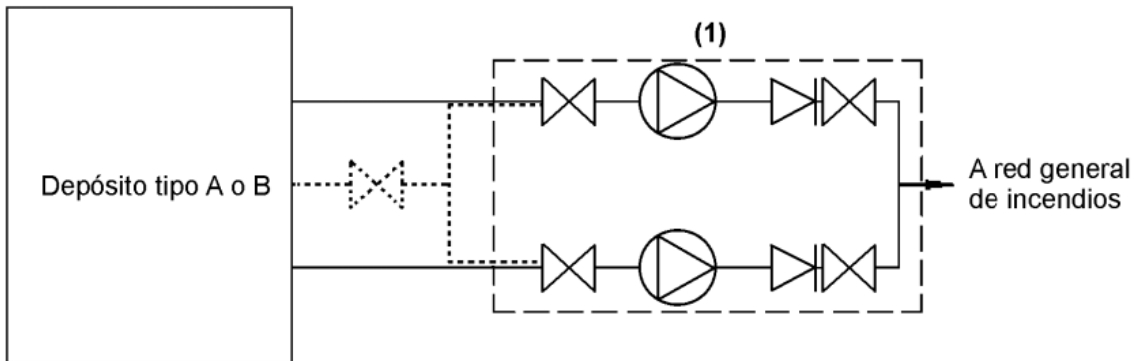
(1) Dispositivo anticontaminación.

(2) Grupo de bombeo.

Figura 3. Abastecimiento superior A. Red de uso público. [UNE 23500]

El suministro de agua proviene de una red de uso público categoría 1, es decir, está conectado a una red mallada y entre dos válvulas de cierre.

-Abastecimiento superior C. Depósitos A o B con dos o más equipos de bombeo.



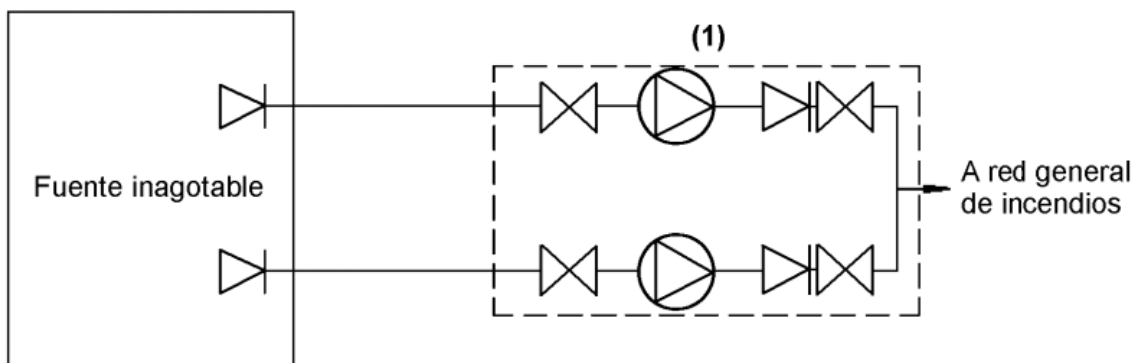
(1) Grupo de bombeo.

Figura 4. Abastecimiento superior C. Depósitos A o B con dos o más equipos de bombeo. [UNE 23500]

La fuente de agua es un depósito tipo A o B, ambos especificados en la norma. Como requerimientos comunes a los depósitos, deben de tener el 100% del volumen de agua especificado a la instalación, poder llenarse en menos de 36 horas y proteger el agua de la acción de la luz y de cualquier materia contaminante.

Cada bomba puede estar conectada directamente al depósito o a una tubería común

-Abastecimiento superior D. Fuente inagotable con dos o más equipos de bombeo de bombeo.



(1) Grupo de bombeo.

Figura 5. Abastecimiento superior D. Fuente inagotable con dos o más equipos de bombeo. [UNE 23500]

-Abastecimientos dobles. Tipos:

- Abastecimiento doble A. Dos redes de uso público.
- Abastecimiento doble B. Red de uso público más depósito de gravedad.
- Abastecimiento doble C. Red de uso público más depósito a presión.
- Abastecimiento doble D. Red de uso público más depósito o fuente inagotable.
- Abastecimiento doble E. Dos depósitos de gravedad.
- Abastecimiento doble F. Depósito de gravedad A o B más depósito a presión.
- Abastecimiento doble G. Depósito de gravedad A o B más grupo de bombeo aspirando de B o C.
- Abastecimiento doble H. Depósito de presión más depósito A o B o fuente inagotable.
- Abastecimiento doble I. Dos equipos de bombeo aspirando de dos depósitos A o B.
- Abastecimiento doble J. Dos equipos de bombeo aspirando de un depósito A o B y de otro C.
- Abastecimiento doble K. Dos equipos de bombeo aspirando de fuente inagotable.

3.2. EQUIPOS DE BOMBEO ÚNICO, DOBLE Y TRIPLE

3.2.1. DISTRIBUCIÓN

Para conocer en detalle los componentes de los equipos de bombeo único, doble y triple se exponen a continuación los esquemas del anexo A de la norma.

En el caso de que el nivel de agua de la fuente esté por encima del grupo de bombeo, será necesario colocar una válvula de cierre entre los dos.

Se deben instalar dos presostatos de arranque por cada grupo de bombeo principal.

Puede necesitar un sistema de cebado automático de bomba para el arranque.

La norma establece condiciones muy distintas en cuanto a si la bomba trabaja en carga o no, en aspectos tales como accesorios necesarios, diámetros de conductos y diseño de aspiración.

La instalación debe de tener un retorno de aguas a la fuente con un medidor de caudal para las pruebas.

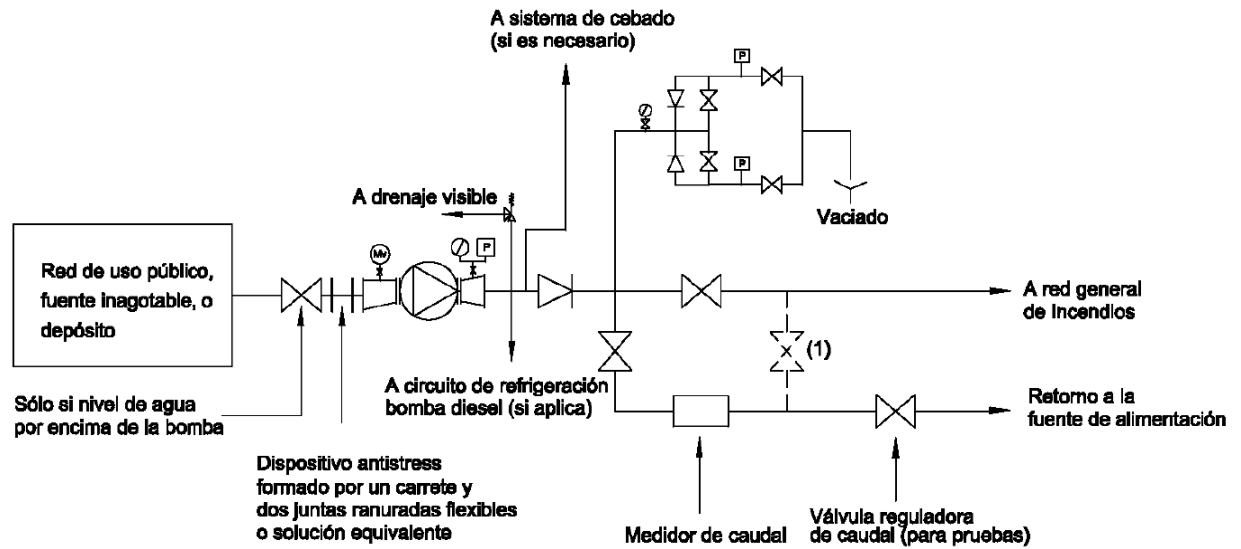


Figura 6. Equipo de bombeo único [UNE 23500]

Para el suministro de flujo a las bombas, se puede tener una conducción hacia la fuente por cada bomba o una conducción común

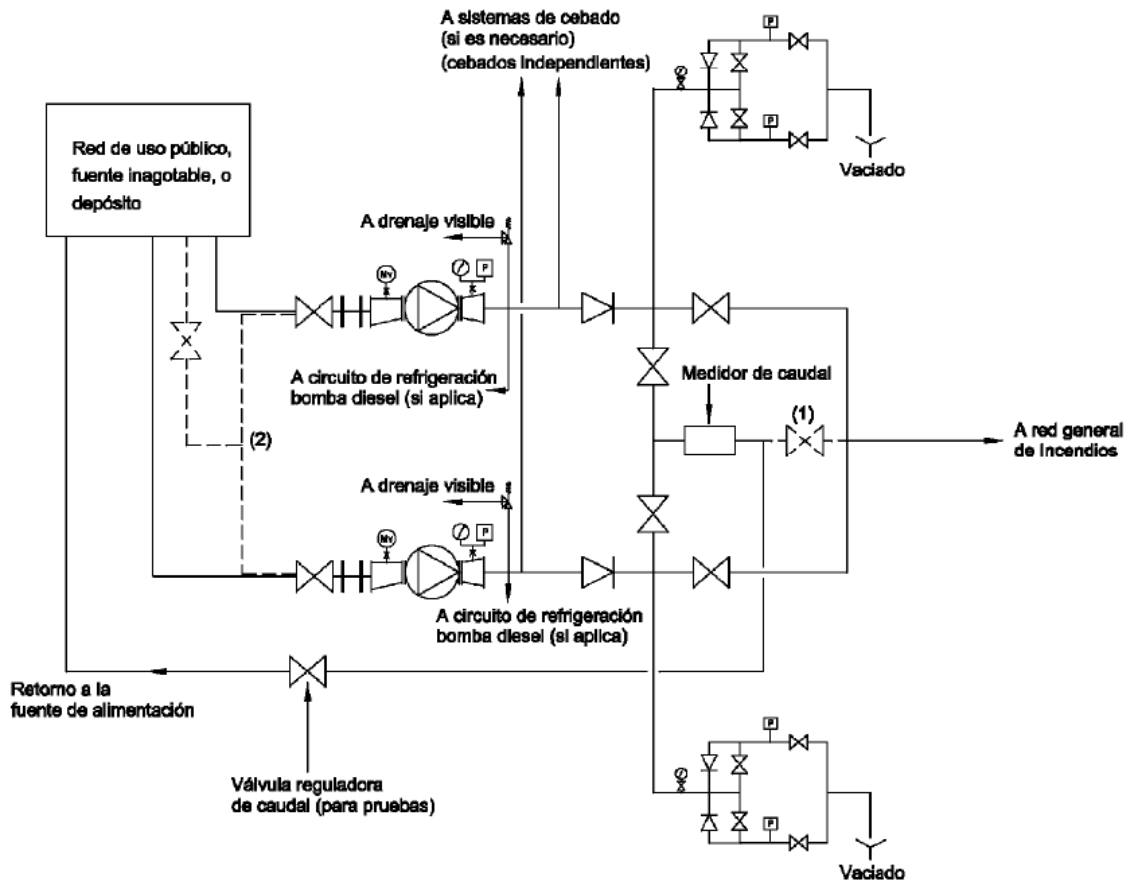


Figura 7. Equipo de bombeo doble [UNE 23500]

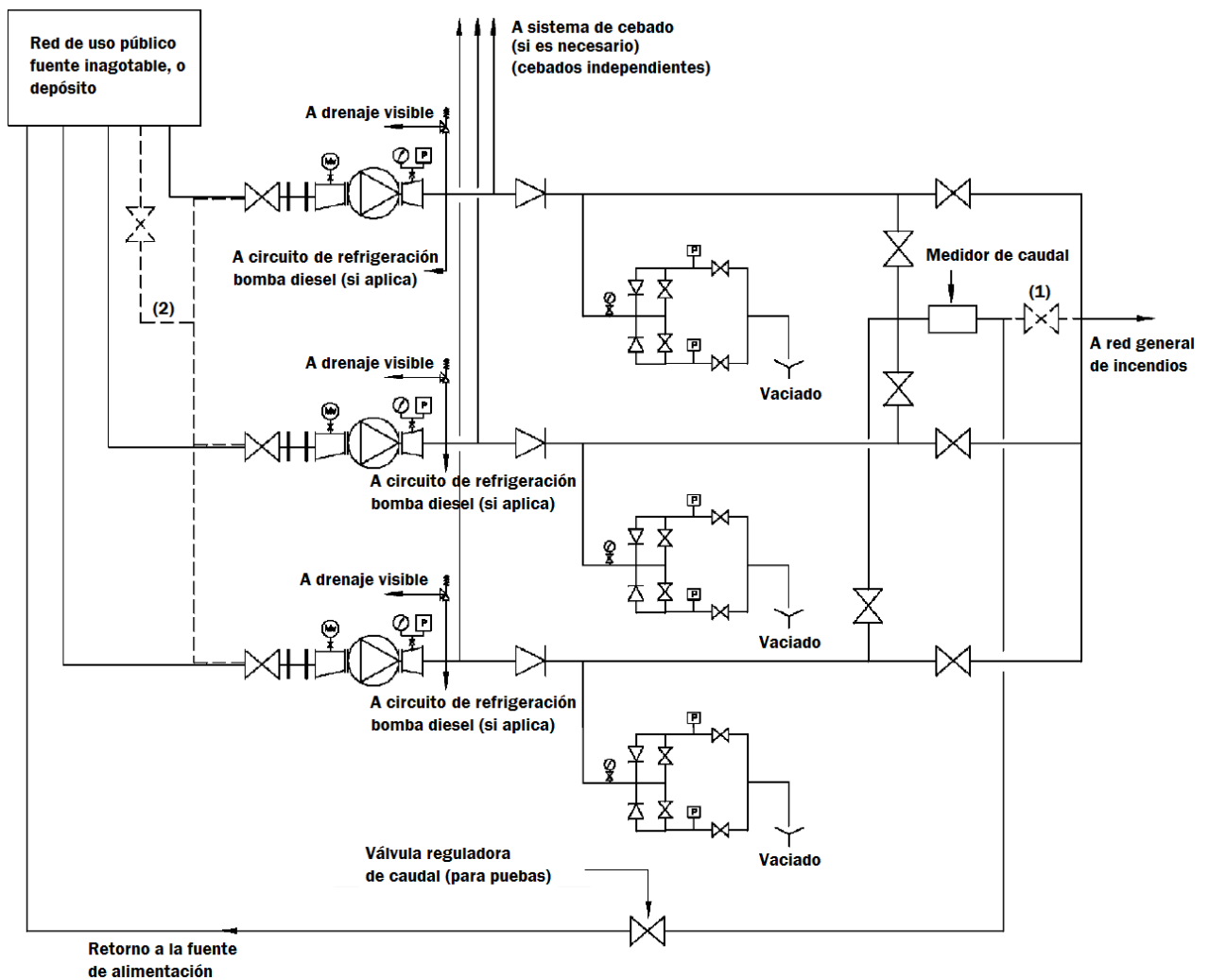


Figura 8. Equipos de bombeo triple [UNE 23500]

Las posibilidades de accionamiento para las bombas están reflejadas en la siguiente tabla

Nº de equipos de bombeo requeridos	Nº de grupos de bombeo admitidos	Accionamiento por motores	
		Solución A	Solución B
2	2 (del 100% de Qn cada uno)	1 diésel + 1 eléctrico	2 diésel
2	3 (del 50% de Qn cada uno)	2 diésel + 1 eléctrico	3 diésel

Tabla 3 Posibilidades de accionamiento de los sistemas de bombeo [UNE 23500]

En ninguno de estos casos dos de las bombas deberán ser eléctricas. Esto asegura el suministro del 100% si se produjera un corte del suministro eléctrico.

3.2.2. REQUERIMIENTOS

Condiciones para las curvas características de las bombas de los PCI:

Se considera como caudal nominal especificado del sistema (Q_n) como el calculado para unas condiciones específicas citadas en la norma, como puede ser mantener un caudal mínimo para las dos bocas de incendios equipadas más desfavorables.

Para el caudal nominal de la bomba (Q_{nb}) la norma establece que:

- 1- Para las bombas que tiene que proporcionar el 100% del caudal, el caudal nominal de la bomba (Q_{nb}) tiene que coincidir con el caudal nominal (Q_n) especificado para el sistema.
- 2- Si se emplean 3 bombas que cubren cada una el 50% del caudal, el caudal nominal de bomba (Q_{nb}) de cada uno cubre el 50% del caudal nominal especificado del sistema (Q_n) estando al 100% de la presión nominal (H_n)

La presión en impulsión es la suma de la presión nominal (P) más la presión de aspiración. Se requiere que sea igual o superior a la presión mínima especificada del sistema, y debe de ser menor de 15 bares.

La curva de caudal frente a presión de la bomba debe ser estable, de forma que la presión a caudal 0 sea la máxima y que la presión caiga de forma continuada a medida que aumente el caudal.

El NPSH requerido para bombas horizontales entre $0,3xQ_n$ y Q_n no debe de ser superior a 5 metros cuando están en aspiración de un depósito inferior.

El grupo de bombeo debe ser capaz de impulsar el 140% del caudal nominal (Q_{nb}) a una presión igual o superior al 70% de la presión nominal (P)

Potencia requerida en sistemas de bombeo

Teniendo en cuenta los valores requeridos en la norma, cada bomba deberá actuar en un rango de valores de potencia requerida.

En el caso de bombas con curvas características no sobrecargables, es decir, que su máximo de potencia no coincide con el máximo del caudal, la máxima potencia requerida se sitúa entre los valores expuestos en la siguiente imagen.

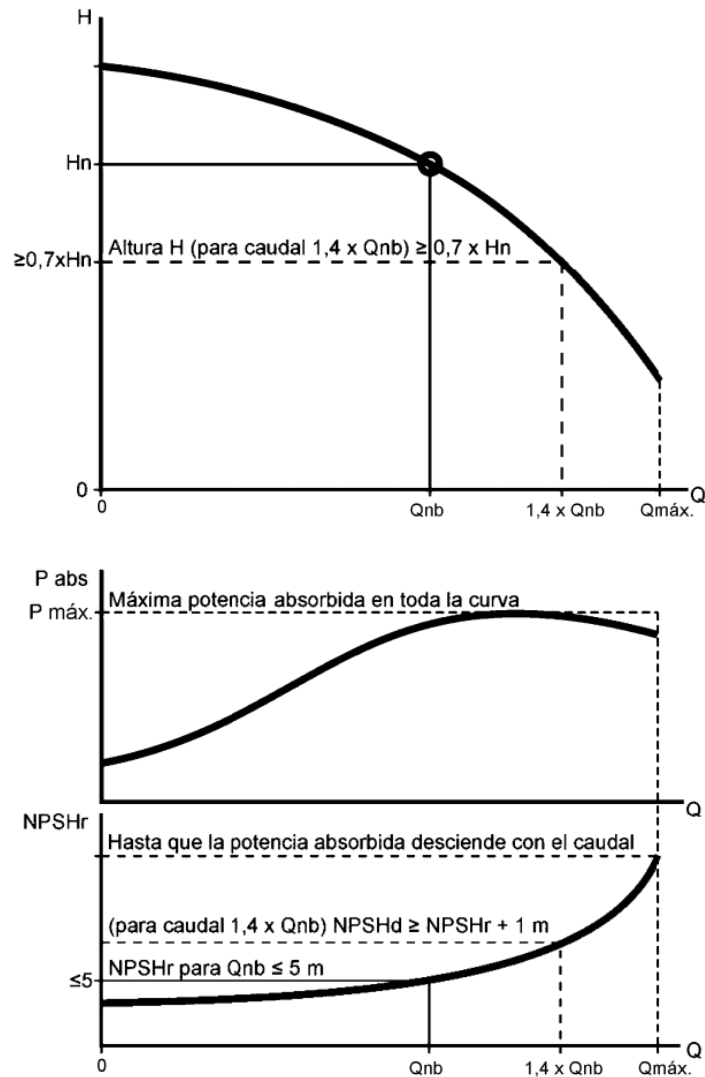


Figura 9. Curva de bomba con potencia absorbida hasta un máximo y después decreciente [UNE 23500]

Para bombas cuya curva de potencia sea de subida continua, su máximo de potencia requerida coincide con el máximo de caudal Q_n para $NPSH_r=16$

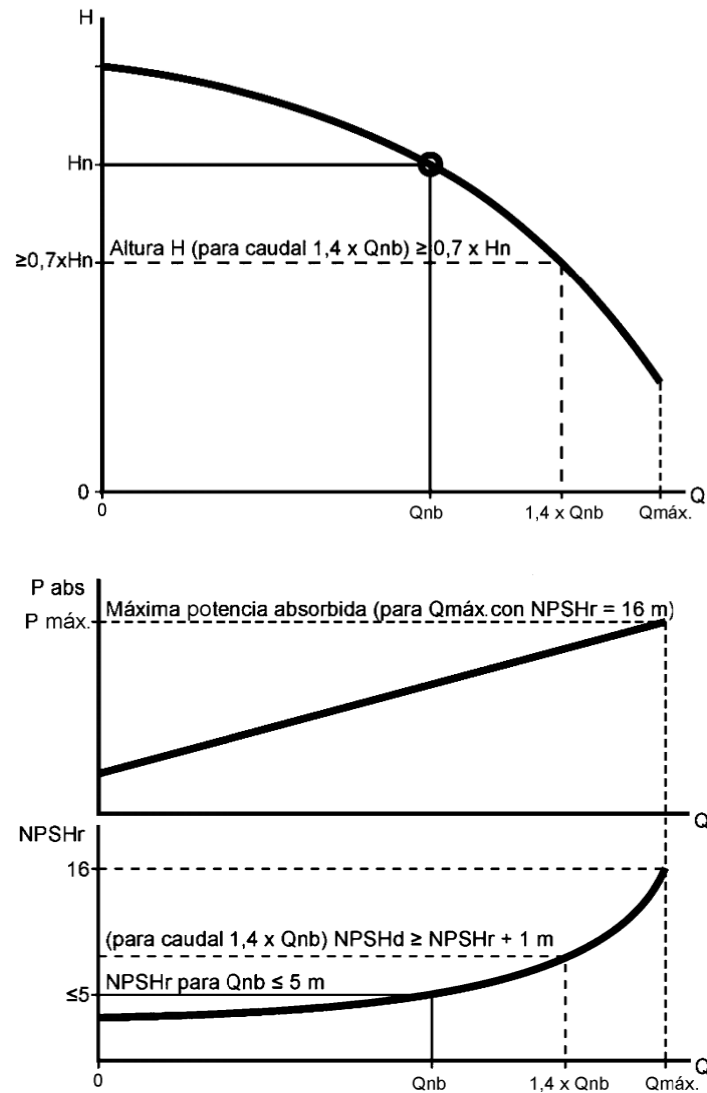


Figura 10. Curva de bomba con potencia absorbida creciente [UNE 23500]

Esto muestra que para un tipo de bombas estos requerimientos estar\u00e1n m\u00e1s cerca de su punto \u00faltimo de funcionamiento frente a otros.

3.2.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS BOMBEO DOBLES Y TRIPLES

Como se ha comentado antes, dependiendo del tipo de instalaci\u00f3n hay categor\u00edas en las que es necesario m\u00e1s de un grupo de bombeo. Esto hace referencia a los requerimientos

mínimos, pero se puede estudiar el incrementar el número de grupos de bombeo si con ello mejora la seguridad y fiabilidad de la instalación.

Existen varias ventajas e inconvenientes cuando se utilizan múltiples bombas en paralelo en lugar de bombas individuales. Las principales son:

- Flexibilidad operativa
- Redundancia
- Mantenimiento
- Eficiencia

La flexibilidad operativa hace referencia a la capacidad de suministrar agua a un mayor rango de presiones y caudales más cerca del punto de funcionamiento óptimo. A mayor número de grupos de bombeo, mayor flexibilidad.

En cuanto a mantenimiento, es conveniente tener un sistema redundante, así mientras una bomba está siendo reparada, la otra o las otras pueden dar servicio al sistema en caso de necesitarlo. De igual manera sería de ayuda en el caso de que una de las bombas falle en el momento más crítico, así estaría asegurado el suministro al sistema.

Al colocar las bombas en paralelo, la curva del sistema de bombeo se modifica, reduciendo la inclinación pero manteniendo la presión máxima a caudal 0

Como dice la norma, cuando se instalan dos bombas idénticas en un sistema de bombeo para PCI, cada una debe de ser capaz de aportar el 100% del caudal calculado para el

sistema ($Q_{nb}=Q_1=100\% Q_n$).

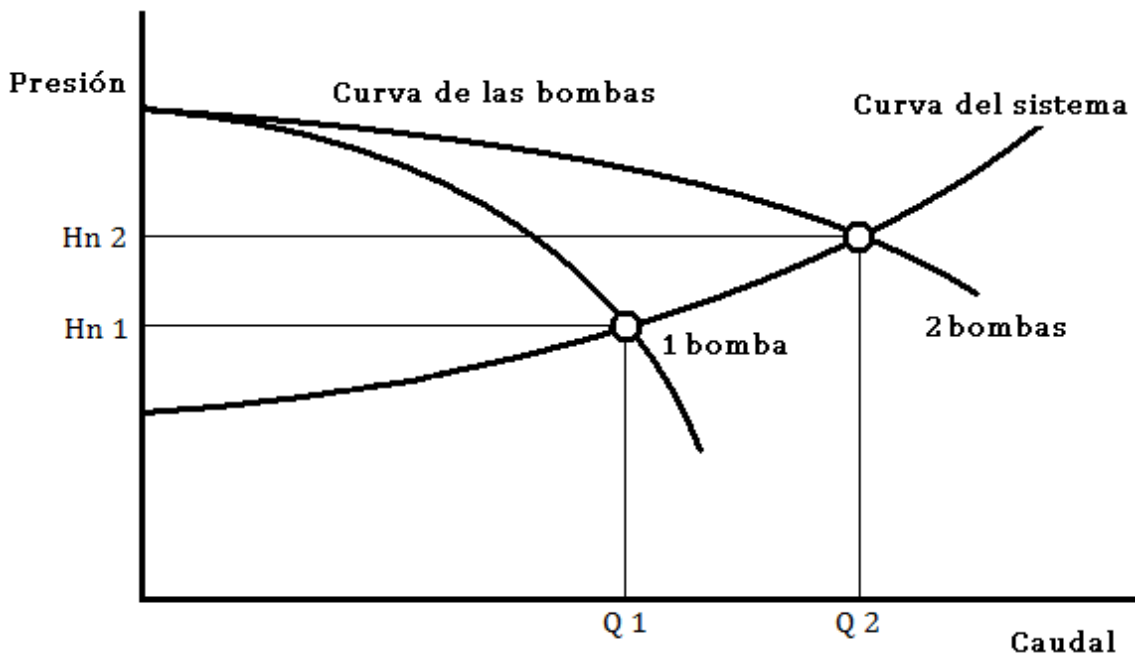


Figura 11: Gráfica de puntos de funcionamiento para dos bombas en paralelo

Si fuera necesario la segunda bomba podría ponerse en marcha aportando un caudal adicional. El nuevo caudal sería Q_2 , siendo el caudal aportado por la segunda bomba igual a $Q_2 - Q_1$, que en cualquier caso será menor que el caudal nominal de la bomba.

En el caso de un sistema triple, cada bomba alimenta por lo menos el 50% del caudal nominal Q_n estando al 100% de la presión nominal (H_n), teniendo que estar operativas al menos dos de las tres bombas, o sea, para 100% de H_n , $Q_{nb}=50\% Q_n$. En situaciones que requieran un mayor caudal, la tercera bomba podría ponerse en marcha. De igual manera, los caudales aportados por las sucesivas bombas serán menor que el nominal de cada bomba

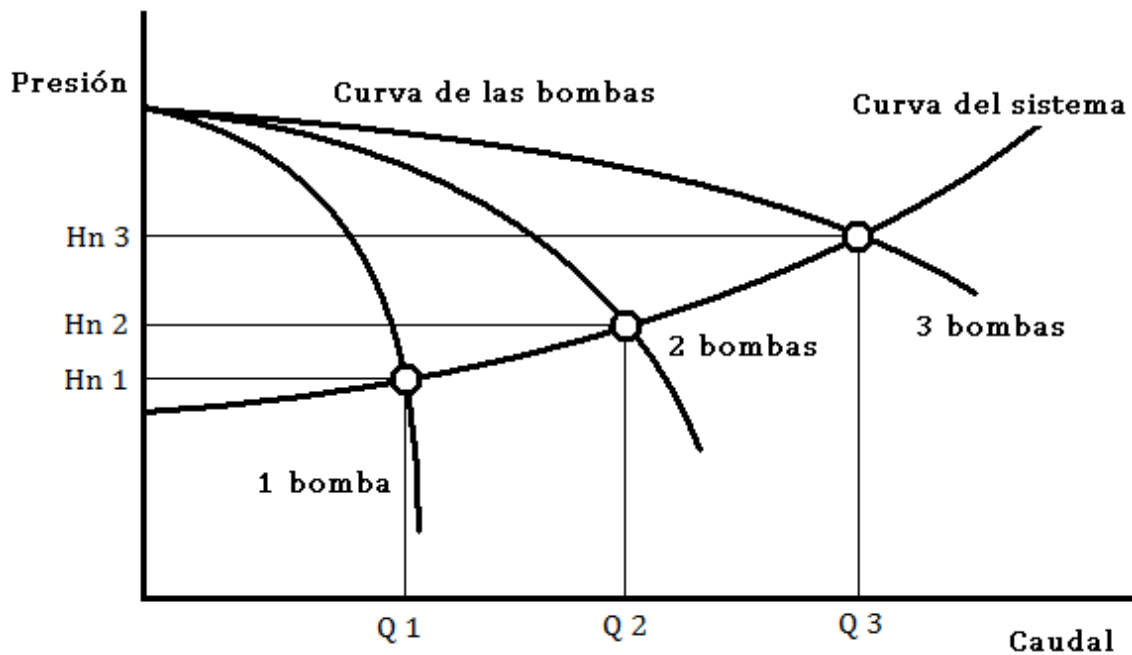


Figura 12. Gráfica de puntos de funcionamiento para tres bombas en paralelo

Si el sistema presenta una mayor resistencia al paso de fluido, la curva resistente será más pronunciada (Figura 12). Comparando con una curva más plana el caudal aumenta menos con el aporte de cada bomba. Sería necesario entonces instalar bombas de mayor potencia, lo que supone un incremento del consumo.

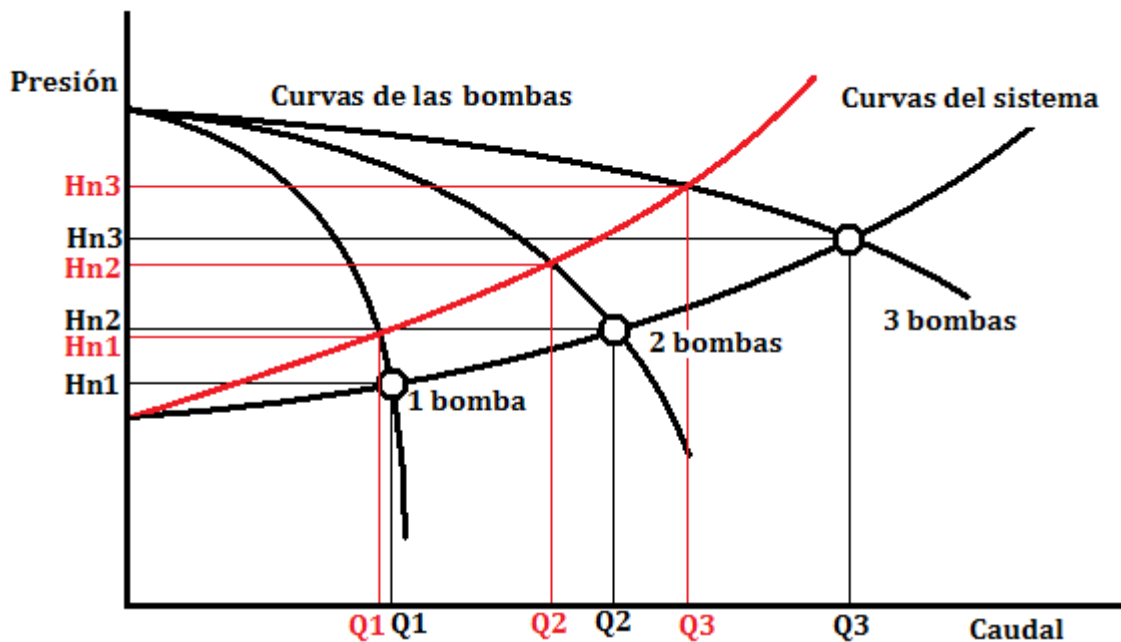


Figura 13. Gráfica de puntos de funcionamiento para varias bombas en paralelo con curva de mayor resistencia.

Si por otro lado la resistencia disminuyera, la curva sería más plana y la situación sería la inversa que en el caso anterior. Aun así el sistema de bombas estaría sobredimensionado y no trabajaría en su punto óptimo.

Si suponemos un sistema en el que toda la presión que tiene que aportar la bomba sirve para compensar la pérdida de carga provocada por la resistencia al paso del fluido por los conductos y los accesorios y no de la presión provocada por la columna de agua, la curva empezaría en el origen de coordenadas (Figura 13). En el caso representado en la siguiente imagen la línea que sale del origen tiene una mayor pendiente debido a una mayor pérdida de carga comparada con otra instalación con una presión estática mayor pero con menos resistencia al paso del fluido en accesorios y conductos. Esto lleva a que requiera mucha más potencia para bombear la misma cantidad de agua, aumentando el consumo y disminuyendo la eficiencia

4. APLICACIÓN. CÁLCULO SISTEMA DE PCI EN UN HOTEL

Para la demostración práctica se utilizará el plano del proyecto de un hotel de seis plantas. Se busca determinar los sistemas de protección de incendios y el sistema de abastecimiento necesario para alimentar de agua dichos sistemas que establecen las normas vigentes. En primer lugar se expondrán las características del edificio y se contrastarán con la norma para conocer los sistemas que se necesitan instalar. Una vez se tiene la distribución de los sistemas de protección se calcula el caudal requerido por el sistema y se dimensionan los sistemas de bombeo y depósito necesarios utilizando el software de simulación EPANET.

4.1. SISTEMAS FIJOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

4.1.1. Introducción

Como se ha mencionado, el primer paso es hacer una descripción de las instalaciones antes de proceder a consultar la norma.

El hotel se compone de un sótano, y siete plantas (planta baja y seis plantas más).

- En el sótano se sitúa el garaje y las salas del servicio y mantenimiento como cuadros eléctricos, grupos de bombeo, depósitos, grupos electrógenos, garaje, almacén, lavandería y vestuario. Como es en esta planta donde se sitúan los grupos de bombeo y depósitos consideraremos que está a cota 0
- En la planta baja está la entrada, vestíbulo, recepción, comedor, cocina, salones, bar y despachos.
- La primera planta contiene un salón de actos, despachos, gimnasios, salones y un bar.
- El resto de plantas, desde la segunda hasta la sexta se componen cada una de 35 habitaciones y 2 salas de oficio para personal.

En plano cada planta no supera los 3200 metros cuadrados de extensión. El hotel cuenta con un gran patio en la parte de atrás, con piscina y salas de mantenimiento de piscina. Se considera superficie construida la superficie de cada planta edificio de forma independiente, mientras que la superficie construida total se refiere a la suma de las superficies. Sabemos que la superficie construida total es superior a 25.600 metros cuadrados.

Hay 35 habitaciones por planta habitable y 5 plantas habitables, es decir, el hotel dispone de 175 habitaciones.

En cuanto a la altura, el edificio mide 21 metros. Cada planta, de la primera a la sexta, tiene 3 metros de altura, pero del sótano a la planta baja son 6 metros.

4.1.2. Normativa

Atendiendo a las características mencionadas, se va a recurrir al Documento Básico de Seguridad, sección SI 4, del Código técnico de Edificación, de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, en residenciales públicos, para identificar los sistemas de protección contraincendios a instalar.

Para hallar el número y distribución de los equipos se consultará el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

Como se quiere calcular el sistema de bombeado más adecuado, uno de los pasos es el cálculo del caudal necesario según los requerimientos de cada sistema instalado. Para ello se revisará la Nota Técnica de Prevención 42 sobre bocas e hidrantes de incendio y condiciones de instalación.

Finalmente con la UNE 23500 de sistemas de abastecimiento de agua contra incendios se obtendrán las características de los sistemas de bombeo para dos y tres bombas en paralelo.

4.1.3. Descripción de las instalaciones contra incendios.

De acuerdo con el DB SI 4, para residenciales públicos los requerimientos eran:

- a) *Se instalarán bocas de incendio de tipo 25mm si la superficie construida excede de 1.000 metros cuadrados o el establecimiento está previsto para dar alojamiento a más de 50 personas.*

La superficie construida es superior a los 1000 m² y tiene 175 habitaciones, así que es obligada la instalación de BIEs en cada planta.

El Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios establece que la separación máxima entre BIEs será de 50 m. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más deberá ser inferior a 25 m. Calculando las distancias sobre el plano del anexo se llega a la conclusión de que 2 BIEs por planta serán suficientes excepto en la planta baja y primera planta, que serán necesarios 3 BIEs.

- b) *El edificio deberá disponer de una columna seca en el caso de que la altura de evacuación exceda de los 24 metros.*

Como la altura máxima del edificio es de 21 metros, no será necesaria la instalación de una columna seca para el uso de los bomberos.

- c) *Para la detección, se instalarán sistemas detectores y de alarma de incendio si la superficie construida excede de 500 metros cuadrados. Al menos los sistemas de detección serán obligatorios.*

La superficie construida supera esta cifra y deberá de tener sistemas detectores

d) En el caso de que la altura de evacuación excediera de 28 metros o la superficie construida del establecimiento superara los 5.000 metros cuadrados, será necesaria una instalación automática de extinción.

No será necesaria la instalación automática ya que la altura y la superficie construida es menor que la especificada en el DB.

e) El edificio dispondrá de un hidrante exterior si la superficie total construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 metros cuadrados. Para cada 10 000 metros cuadrados adicionales se instalará otro hidrante exterior.

Como se ha estimado que la superficie construida total es superior a los 25.600 m², serán necesarios dos hidrantes exteriores, cada uno en la fachada opuesta para cubrir la mayor superficie posible.

4.2. CÁLCULO DEL SISTEMA PCI

4.2.1. Introducción

Ya que se quieren calcular los equipos de bombeo más adecuado, uno de los pasos es el cálculo del caudal necesario según los requerimientos de cada sistema instalado. Para ello se revisará la Nota Técnica de Prevención 42 sobre bocas e hidrantes de incendio y condiciones de instalación.

Se utilizará el software EPANET para simular la demanda y las pérdidas del sistema y con la información obtenida se escogerán dos bombas de un catálogo comercial atendiendo a los requerimientos de la norma UNE 25.000 sobre sistemas con 2 y 3 grupos de bombeo en paralelo. Una vez calculado el sistema de abastecimiento se dimensionará un depósito que pueda suministrar agua a las bombas durante una hora como dice la norma.

4.2.2. Características de la instalación

El sistema se compone de 2 hidrantes exteriores y 18 BIEs distribuidos en 8 plantas. Para las conducciones se ha optado por dos ramas ascendentes independientes que

suministrarán agua a las Bocas de Incendios Equipadas. Una de ellas, la que se llamará 1, tiene un menor recorrido de conducción desde el sistema de bombeo, y la otra se llamará rama 2.

- Se considera el sótano como cota 0. En él están los sistemas de bombeo, el/los depósito/s y dos BIEs.
- En el exterior, a cota 4 se sitúan las dos bocas hidrantes
- En la planta baja tenemos tres BIEs, una de ellas alimentada por la rama 1 y dos alimentadas por la rama 2.
- La primera planta tiene la misma distribución de bocas equipadas.
- El resto de plantas tiene una BIE por rama.

Según la NTP 42, las bocas hidrantes deben de tener un caudal en boquilla superior a 500 m³/min en el hidrantes más desfavorable durante una hora, y las Bocas de Incendio Equipadas deberán tener un suministro de 1,6 l/s durante el mismo tiempo en las dos BIEs más desfavorables.

Junto a las condiciones del racor, lanza boquilla y manguera, se obtuvo la función característica del caudal y presión de los hidrantes exteriores:

$$Q (l/s) = 1.148\sqrt{\Delta H}(m. c. a.)$$

Sabiendo que el caudal solicitado mínimo sería:

$$Q_{hid}=500 l/s= 8,33 l/s$$

La presión que tiene que llegar es:

$$H_{hid}=52,65 m.c.a.$$

Para las BIEs, la función es directa y viene especificada en su norma

$$Q (l/s) = 0.2247\sqrt{\Delta H}(m. c. a.)$$

El caudal mínimo solicitado es:

$$Q_{BIE}=1,6 \text{ l/s}$$

Aplicando la función, la altura manométrica necesaria sería:

$$H_{BIE}=50,7 \text{ m.c.a.}$$

4.2.3. Simulación con EPANET

Para simular las pérdidas por conducción, la presión por altura y la demanda de los sistemas, se ha recurrido al sistema EPANET. Se ha diseñado un plano de la red de abastecimiento en el que se representan los sistemas de protección, las conducciones, los nudos, el sistema de bombeo y el depósito. A cada hidrante exterior y boca de incendio equipada se le ha asignado su función que relaciona el caudal y la presión a la que funcionan.

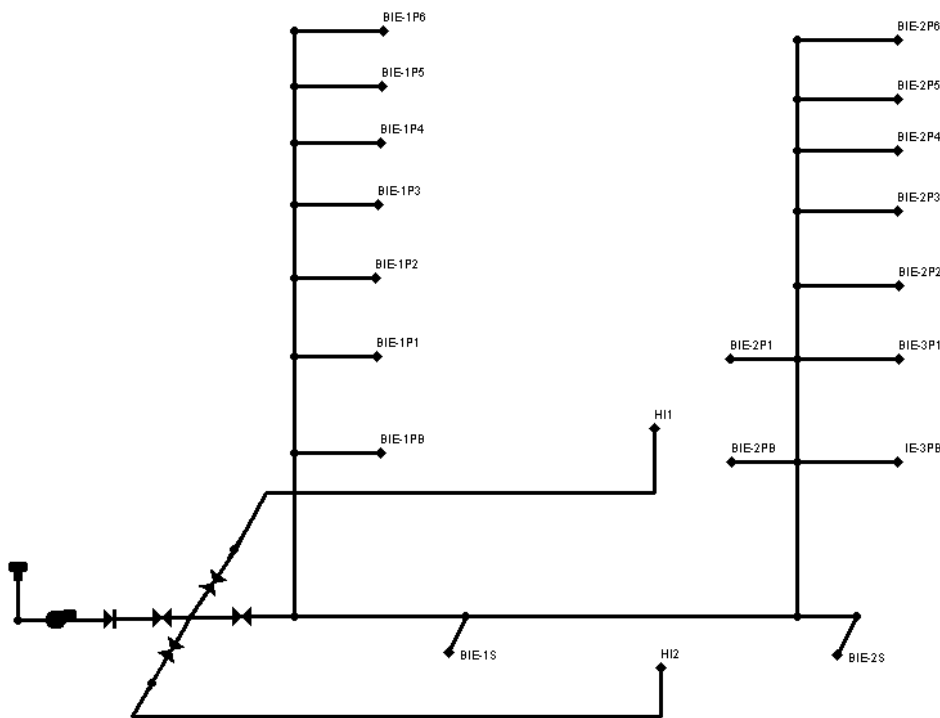


Figura 14: Plano del sistema PCI del hotel

El sistema de abastecimiento debe de ser capaz de mantener el caudal requerido para la situación hipotética del hidrante y las dos BIEs más desfavorables abiertas durante una hora. Se han seleccionado los elementos que se resaltan en la siguiente figura, siendo los remarcados con rojos los demandantes de caudal en el caso más desfavorable y los

que están en azul los que lo hacen en el caso más favorable. Se ha marcado también de verde las líneas que se van a estudiar en cada caso.

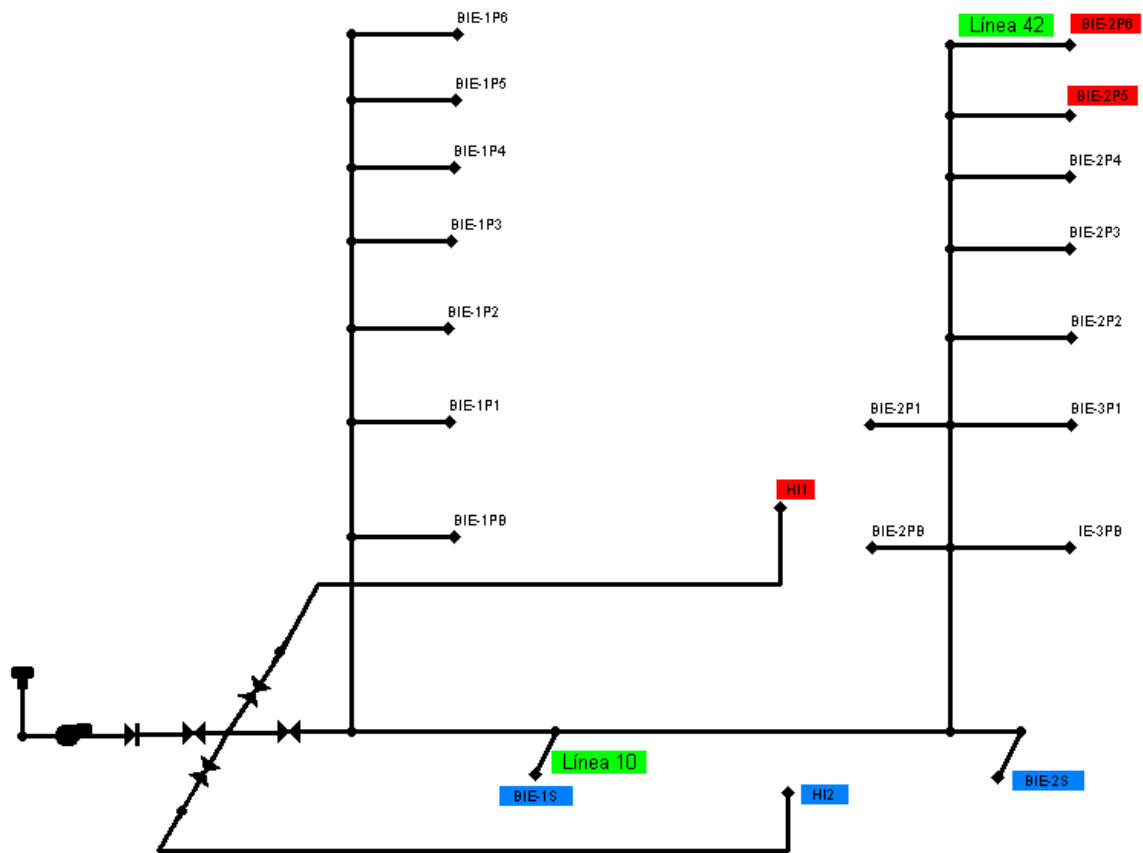
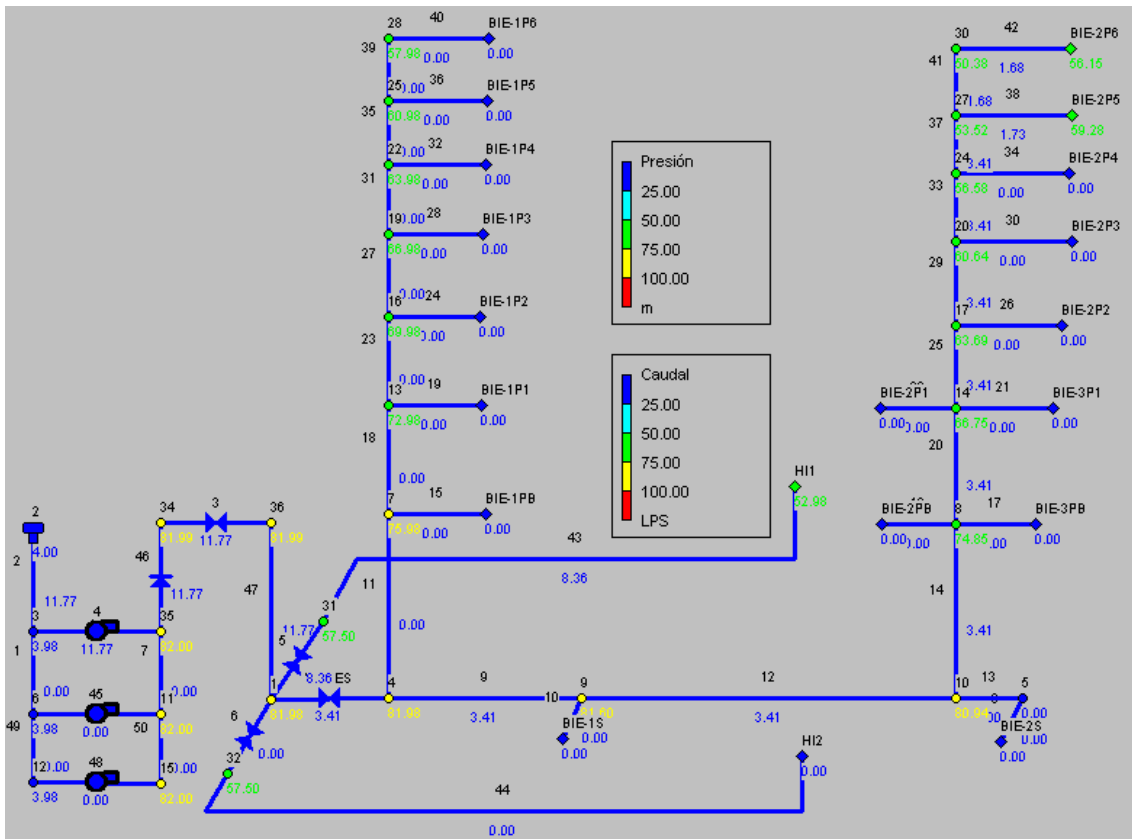


Figura 15: Plano del sistema PCI del hotel con las BIEs y el hidrante más desfavorables



Probando diferentes curvas de bomba en el software se llega a que el sistema necesita unos equipos de bombeo capaces de suministrar un caudal y presión nominales con los siguientes valores:

$$Q_n = 76,69 \text{ m.c.a.}$$

$$H_n = 13,28 \text{ l/s}$$

4.2.4. Sistema de Bombeo

Como viene reflejado en la UNE 23.500, la categoría para un sistema de protección contra incendios formado por Hidrantes y BIEs que no supere los 2500 litros por minuto es la Categoría II

Como se va a utilizar un depósito alimentado de la red de uso público con dos o más equipos de bombeo, según la tabla de la UNE le corresponde un abastecimiento superior C.

Para la selección de la bomba comercial vamos a suponer las dos configuraciones de

dos y tres bombas en paralelo. Como dice la UNE 23.500, en la configuración de dos bombas en paralelo cada bomba debe de poder suministrar el 100% del caudal nominal, mientras que para la de tres bombas en paralelo cada bomba tendrá que suministrar el 50% del caudal nominal estando al 100% de la presión nominal.

Antes de decidirse por una bomba comercial se debe comprobar que, como dice la norma, cuando el caudal solicitado aumenta a un 140% del caudal nominal, la presión no debe bajar de un 70% de la presión nominal.

Se va a utilizar el catálogo de grupos contra incendios de la compañía EBARA.

		CAUDAL TOTAL (m ³ /h)							
		12	24	36	48	60	72	84	100
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m.c.l.)	40	AF 3M 32-200/4	AF 3M 40-200/5,5	AF 3M 50-200/9,2	AF 3M 50-200/9,2	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/15	AF ENR 80-200/18,5	AF ENR 80-200/18,5
	45	AF 3M 32-200/4	AF 3M 40-200/7,5	AF 3M 50-200/9,2	AF 3M 50-200/9,2	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 80-200/22
	50	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/7,5	AF 3M 50-200/11	AF 3M 50-200/11	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 80-200/30
	55	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/15	AF 3M 50-200/15	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/30	AF ENR 80-200/30
	60	AF 3M 32-200/5,5	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/15	AF 3M 50-200/15	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-250/37
	65	AF 3M 40-200/11	AF 3M 40-200/11	AF 3M 50-200/15	AF 3M 50-200/15	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-250/37
	70	AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/18,5	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45
	75	AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45
	80	AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/45
	85	AF ENR 32-250/15	AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 50-250/30	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/45
	90	AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 40-315/22	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55

Tabla 4: Grupos de bombeo según presión y caudal nominal [EBARA]

De los valores nominales obtenidos antes redondeamos al alza:

$$H_n = 76,69 \text{ m.c.a.} \approx 80 \text{ m.c.a.}$$

$$Q_n = 13,28 \text{ l/s} = 47,81 \text{ m}^3/\text{h} \approx 48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se selecciona la bomba más adecuada primero para el caso del grupo de dos bombas para el 100% del caudal. De la tabla se obtiene la bomba AF ENR 50-250/30

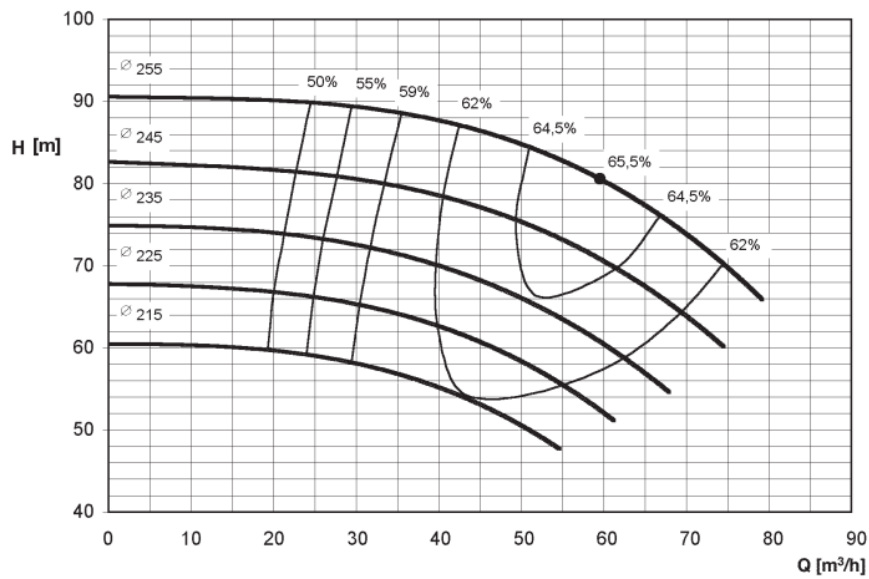


Figura 16: Curvas características de la bomba AF ENR 50-250/30 [EBARA]

El diámetro de rotor seleccionado teniendo en cuenta los valores nominales anteriores es $\varnothing=245\text{mm}$

Para el equipo de bombeo con tres bombas, el caudal de la bomba tiene que ser la mitad $H_n=76,69 \text{ m.c.a.} \approx 80 \text{ m.c.a.}$

$$Q_b=6,59 \text{ l/s}=23,905 \text{ m}^3/\text{h} \approx 24 \text{ m}^3/\text{h}$$

La bomba seleccionada es la AF ENR 40-250/15

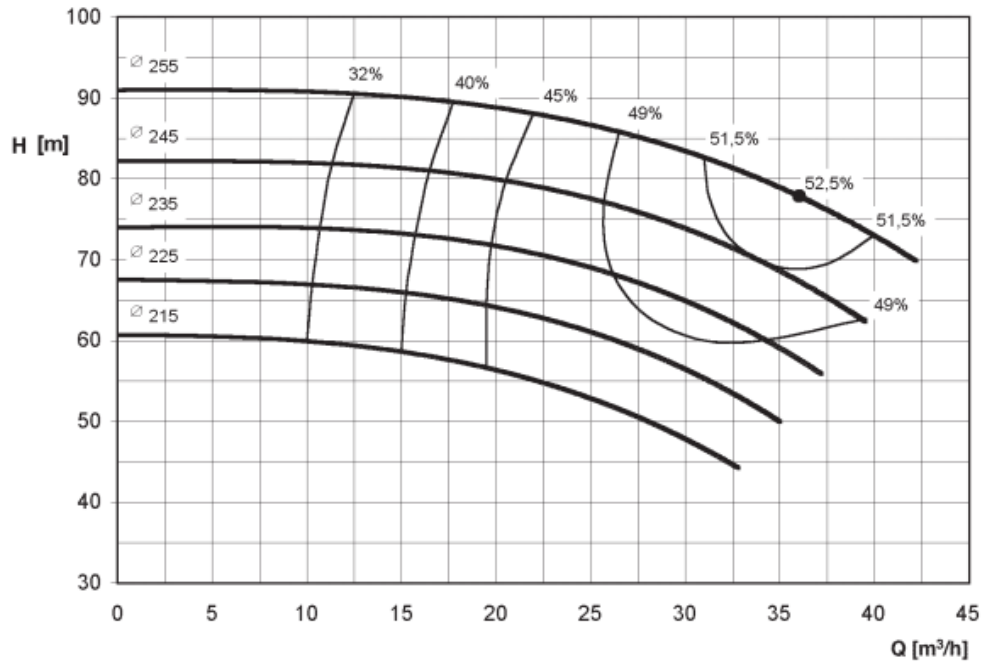


Figura 17: Curvas características de la bomba AF ENR 40-250/15 [EBARA]

Para las características nominales, el diámetro seleccionado es $\varnothing=255\text{mm}$

Se extrapolan puntos de la curva del catálogo al programa EPANET para hacer las simulaciones.

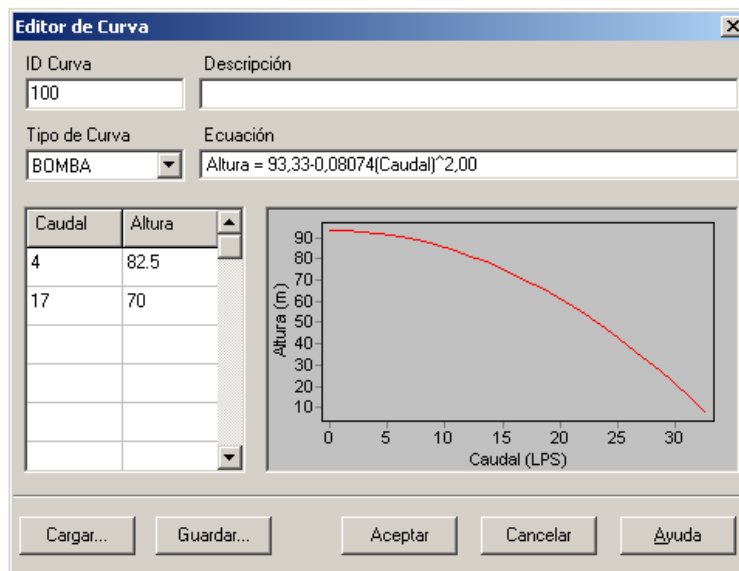


Figura 18: Tabla de editor de curvas de EPANET [EPANET]

4.2.5. Dimensionado del depósito

Como se conoce el caudal nominal, utilizamos este dato para dimensionar el depósito.

$$Q_n = 13,28 \text{ l/s} = 47,81 \text{ m}^3/\text{h} \approx 48 \text{ m}^3/\text{h}$$

48 metros cúbicos por hora para asegurar suministro en una hora da como resultado obvio que se necesita un depósito de 48 metros cúbicos como mínimo

5. SIMULACIÓN DEL SISTEMA CON EPANET

5.1. RESULTADOS

Para comprobar que los sistemas, los de 2 y 3 equipos de bombeo, cumplen con la norma se introduce el volumen calculado del depósito y se inicia la simulación.

EPANET solicita introducir las dimensiones reales del depósito para obtener por cálculo el volumen. Optamos por un depósito ficticio de 4 metros de alto y 4 metros de radio. Estas dimensiones nos dan un volumen de algo más de 50m^3 . Hay que tener en cuenta que el depósito aporta presión adicional por altura de columna de agua, y que esta va cayendo conforme pasa el tiempo.

En la simulación se comprueban las dos BIEs más desfavorables y el hidrante marcado anteriormente, pero para simplificar se van a utilizar las gráficas de caudal respecto del tiempo de la rama que suministra agua a la BIE más desfavorable. Esta rama ha sido numerada como rama 42. Para que se considere que esta rama recibe el caudal mínimo especificado por la norma, el caudal no debe de caer de 1,60 litros por segundo (L.P.S. como viene expresado en las gráficas).

Para comparar resultados se realizarán las simulaciones en el caso de estar encendidas las 2 BIEs más favorables y uno de los hidrantes. Estos BIEs dan protección al sótano, que está a la misma altura que el sistema de bombeo. La rama de donde se van a sacar los datos en esta situación es la línea 10.

Además se van a comparar los rendimientos de las bombas y la potencia que solicita cada una de ellas en las diferentes situaciones y considerando los valores de caudal y presión medios de cada combinación de BIEs solicitantes y equipos de bombeo activos.

Resultados para equipo de bombeo de doble, situación desfavorable:

En instalaciones de dos bombas, cada una de ellas tiene que ser capaz de aportar el 100% del caudal, pero se va a suponer también que se ponen en marcha las dos bombas a la vez y se comparan los resultados.

Estando encendida solo una de las bombas obtenemos la siguiente gráfica:

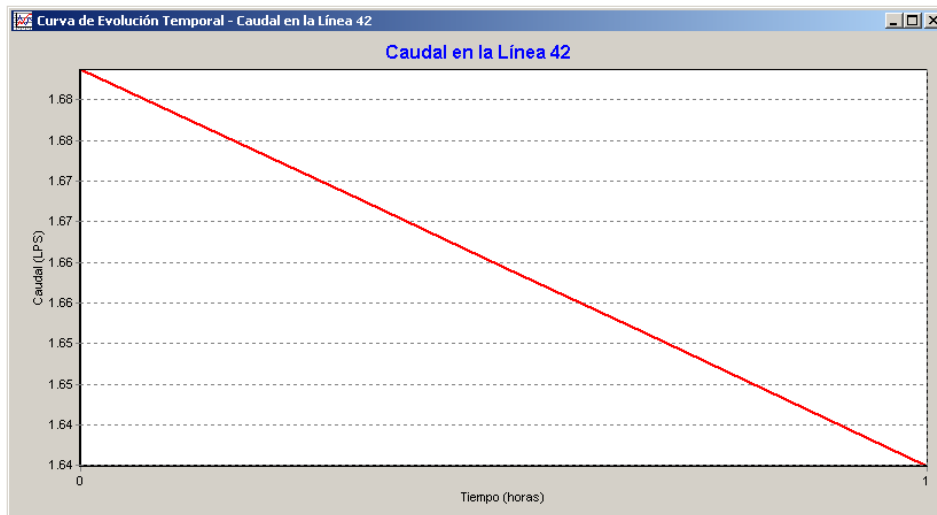


Figura 19: Curva de evolución temporal de la línea 42 en una instalación de dos bombas en paralelo estando encendida una de ellas. [EPANET]

A lo largo de la evolución temporal se ve como el caudal disminuye de acuerdo con lo previsto, ya que el nivel del depósito va decreciendo y la presión que aporta la columna de agua es menor. Los valores van de 1,68 l/s a 1,64 l/s, con lo que en ningún caso está por debajo del mínimo.

Como se ha dicho, se va a trabajar con los valores medios, pero se debe comprobar que el valor mínimo suministrado está por encima del caudal mínimo necesario para que los sistemas cumplan con la norma.

Supongamos que se necesita un mayor caudal en un momento dado, se podría encender la bomba de repuesto. El caudal resultante iría desde 1,738 l/s hasta 1,690 l/s.

Al haber sobredimensionado el depósito en algo más de 2 m³ hay margen en el caso de un aumento del caudal, así que no se ha producido un vaciado total del depósito. En este caso se ha operado a un mayor caudal que el mínimo, como estaba previsto. El aumento

no es muy significativo, un 3% de caudal previo, a pesar de tener una bomba más con la misma potencia en funcionamiento.

En cuanto al rendimiento, se recurre a la tabla de la curva de bombas para hallarlo. En la siguiente gráfica la línea roja representa al equipo de bombeo doble con una bomba activa, mientras que la línea azul muestra el punto de funcionamiento del sistema cuando están activas las dos bombas.

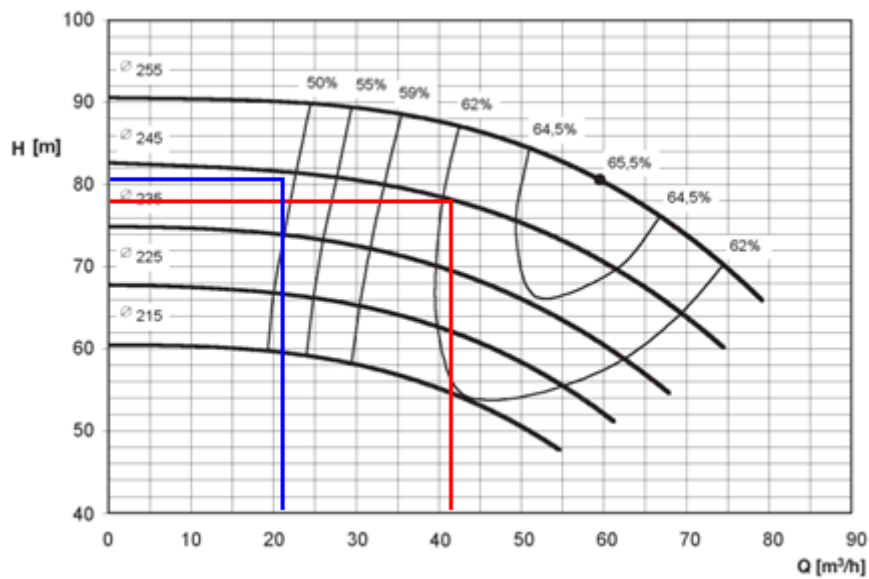


Figura 20: Rendimientos del equipo de bombeo doble en situación desfavorable

Cuando el equipo de bombeo solo tiene activa una bomba el rendimiento de esa bomba es del 62,5%, mientras que el rendimiento individual de las bombas cuando están encendidas las dos es del 47%.

Para la potencia consumida se utilizan las curvas de potencia del catálogo.

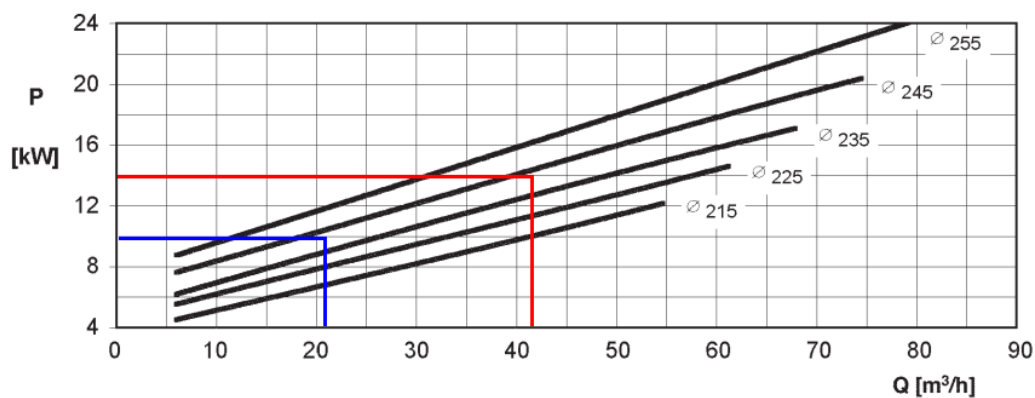


Figura 21: Potencia del equipo de bombeo doble en situación desfavorable

Cuando solo está una de las bombas encendida la potencia ronda los 14 kW, mientras que con las dos bombas el consumo es de 10kW cada una. El consumo entonces es de un 43% más cuando están encendidas las dos bombas, pero en cambio el rendimiento individual de las bombas baja.

Resultados para equipo de bombeo doble, situación favorable:

Tal y como se ha comentado anteriormente, se abren las dos bocas de incendio equipadas más favorables junto a uno de los hidrantes. Se utiliza como referencia la línea que aporta agua a la BIE más favorable de todas, la 10, y que está marcada en la figura del plano de los elementos seleccionados para la prueba.

El resultado del caudal para las dos posibles combinaciones del sistema de bombeo es:

Una bomba encendida: entre 2,03 l/s y 1,98 l/s

Dos bombas encendidas: entre 2,07 l/s y 2,03 l/s

Como el caudal mínimo para esta BIE también es 1,60 litros por segundo, en los dos casos tiene un suministro más que suficiente.

Los rendimientos se exponen de la misma manera, rojo para una bomba y azul para las dos:

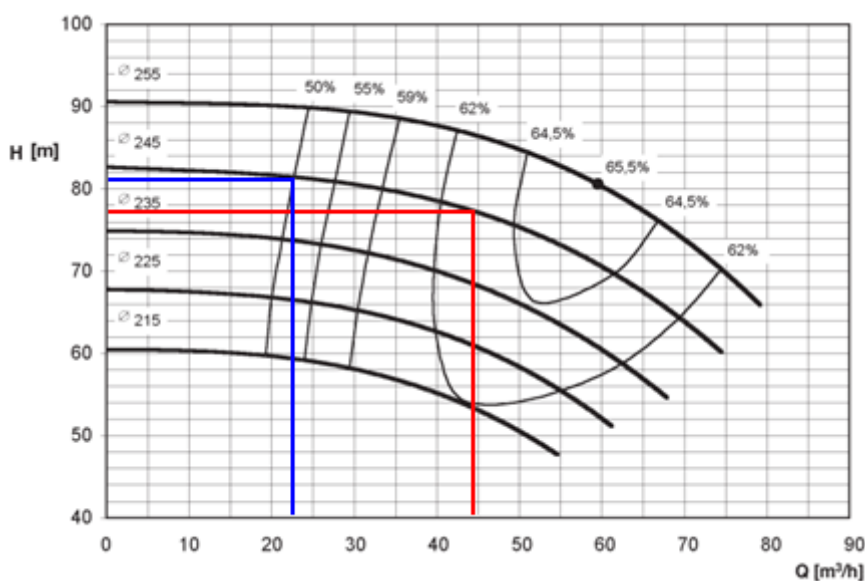


Figura 22: Rendimiento del equipo de bombeo doble en situación favorable

Al igual que en el caso desfavorable, el rendimiento individual de cada bomba disminuye cuando se activan las dos.

Para la potencia consumida se utiliza la siguiente gráfica

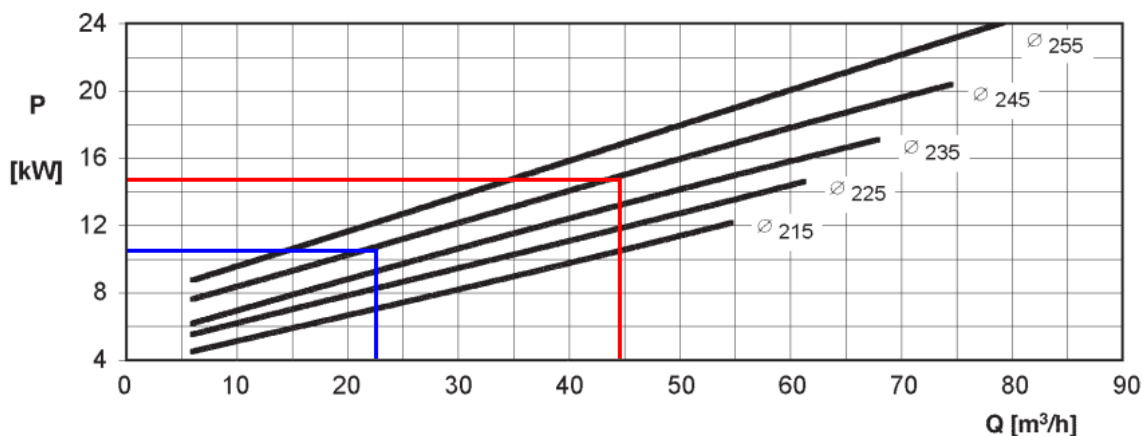


Figura 23: Potencia del equipo de bombeo doble en situación favorable

Los kilowatios consumidos con una bomba están alrededor de los 14,5, mientras que con las dos bombas encendidas es de 10,5.

Comprobación de caída de presión al aumentar el caudal equipo de bombeo doble:

Para comprobar que cumple con la norma que dice que si se aumenta hasta un 140% del caudal, la presión no debe de bajar de un 70% se recurre a abrir BIEs del sistema hasta que el caudal solicitado sea 1,4 veces o más el caudal aportado por la bomba en la situación más desfavorable.

Con la bomba AF ENR 50-250/30 de diámetro de rotor 245, el caudal con las dos BIEs más desfavorables y uno de los hidrantes abiertos es de 11,77 l/s y la presión en uno de los nudos a la salida que se utilizará como referencia es de 82 metros de columna de agua.

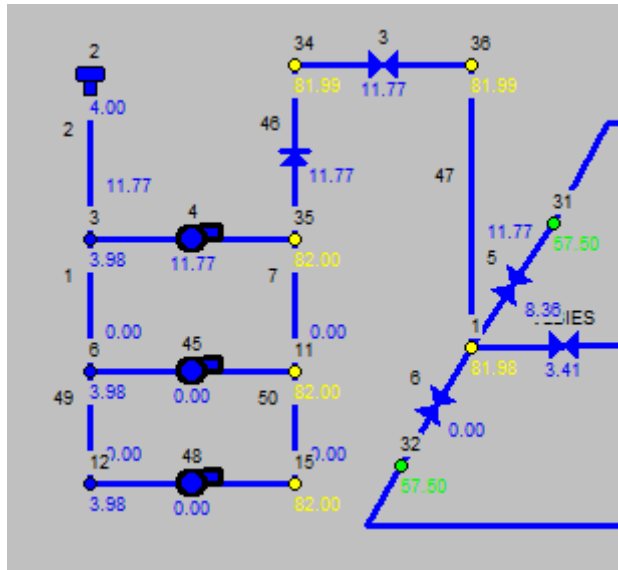


Figura 24: Prueba de equipo de bombeo doble

Se busca provocar una demanda superior al 140% del caudal nominal de la bomba, que en este caso sería 16,5 l/s. Al abrir algunas BIEs adicionales del sistema situamos la demanda en 17,30 l/s que es superior al valor antes mencionado. Su presión en el nudo de referencia es de 78,77 mca.

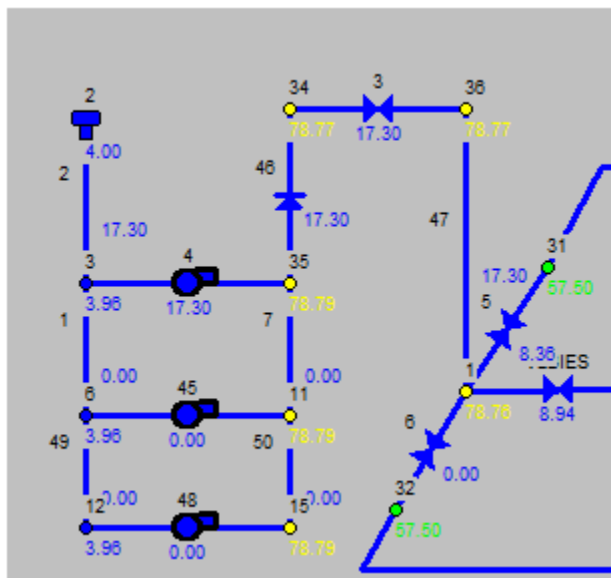


Figura 25: Prueba de equipo de bombeo doble al 140% Q_{nb}

Ahora que el caudal está por encima del 140% del valor nominal de la bomba, se comprueba si la presión del nudo de referencia está por debajo del 70%. Cuando funcionaba de forma nominal, el valor de la presión era 82 mca, siendo el 70% de este

valor 57,4 mca. Comparando vemos que la bajada de presión es aceptable, ya que no es inferior a este valor.

Resultados para equipo de bombeo triple, situación desfavorable:

El funcionamiento nominal de este equipo es con dos de las tres bombas funcionando, pero ¿qué ocurriría si por un casual solo funcionase una de ellas?

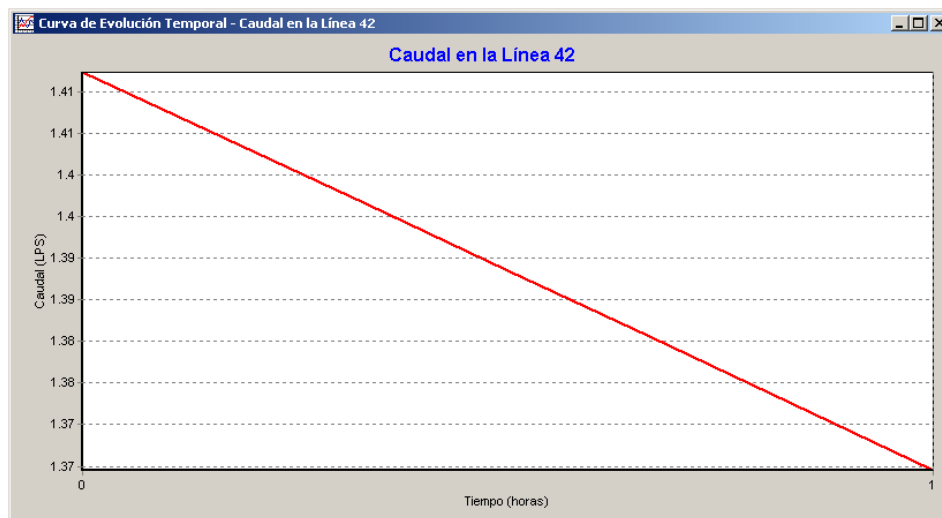


Figura 26: Curva de evolución temporal de la línea 42 en una instalación de tres bombas en paralelo estando encendida una [EPANET]

El caudal aportado está por debajo del mínimo, como era de esperar, pero no es muy inferior, entre 1,418l/s y 1,370l/s. Podría ser suficiente para cumplir su función a pesar de no cumplir con la norma.

Para el funcionamiento nominal, de dos de las tres bombas activas, los valores son entre 1,750 l/s y 1,703 l/s. Estos valores son más que suficientes para dar suministro al BIE cumpliendo con la norma.

Si hiciera falta un aporte extra de caudal y se encendiera la tercera bomba, el resultado estaría entre los valores 1,813 l/s y 1,765 l/s.

Efectivamente, hay un aumento del caudal. En este caso el aumento respecto al punto de funcionamiento nominal real es del 4%

Para obtener el rendimiento de las bombas individuales en los tres casos recurrimos a la gráfica de la bomba seleccionada para el equipo de bombeo triple, AF ENR 40-250/15, y de diámetro de rotor 255mm

La línea roja representa el equipo cuando una de las bombas está en funcionamiento, la azul cuando son dos y la verde cuando son tres.

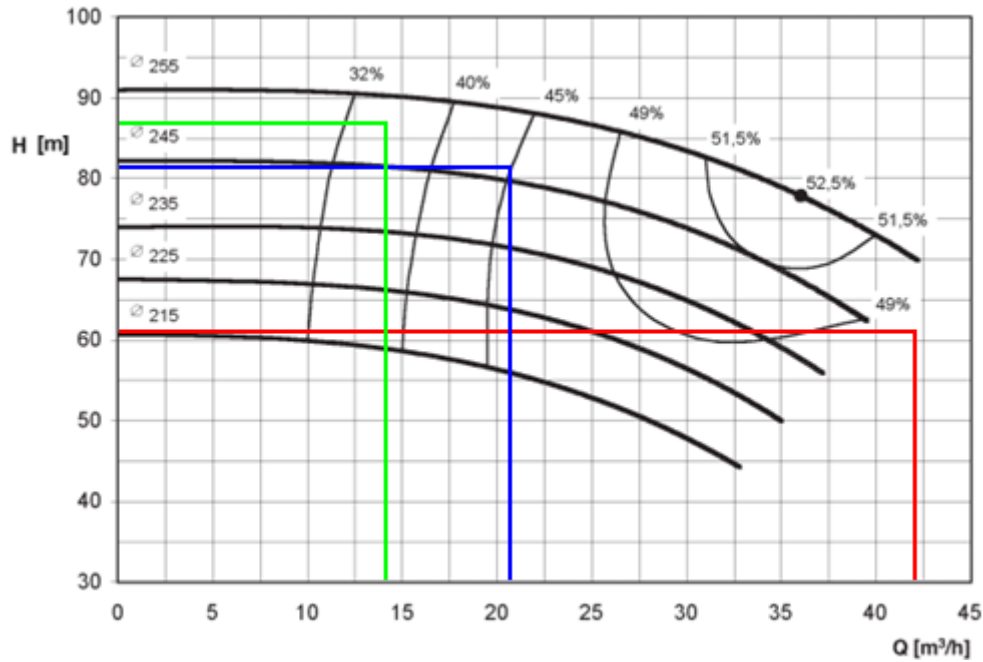


Figura 27: Rendimiento del equipo de bombeo triple en situación desfavorable

Se observa un rendimiento similar cuando están en funcionamiento una y dos bombas, y el menor rendimiento cuando están las tres.

Para la potencia consumida la gráfica es la siguiente

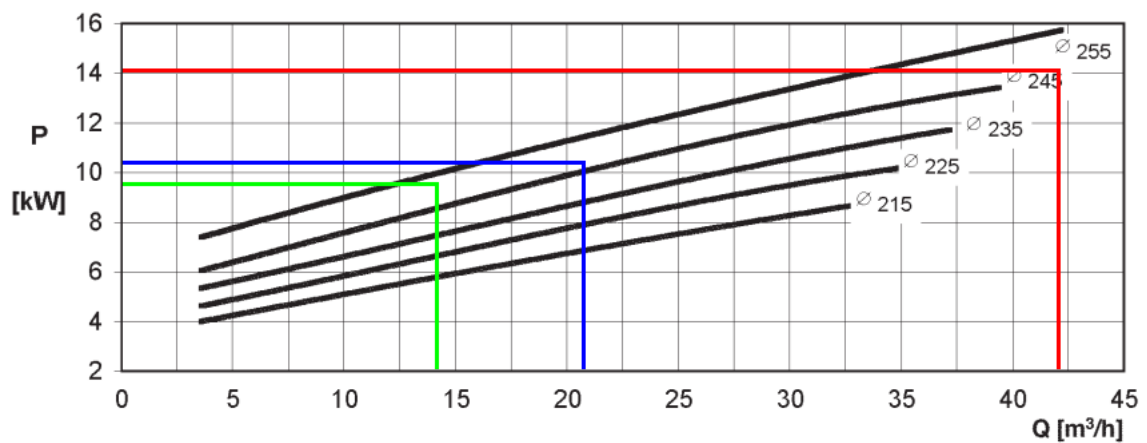


Figura 28: Potencia del equipo de bombeo triple en situación desfavorable

El consumo individual del sistema de bombeo con una bomba activa es casi 4 kW superior a cuando son dos bombas funcionando.

Resultados para equipo de bombeo triple, situación favorable:

De igual manera que con el sistema de bombeo doble: Las dos BIEs más favorables y un hidrante. Se comprueba la línea 10 que da suministro a la BIE más favorable

Los valores de los caudales son:

- 1 de 3 bombas activas, entre 1,75 l/s y 1,71 l/s
- 2 de 3 bombas activas, entre 2,07 l/s y 2,03 l/s
- 3 de 3 bombas activas, entre 2,13 l/s y 2,09 l/s

Es importante que estando encendida una sola bomba, el suministro supere los 1,6 l/s mínimos que mara la norma para una BIE.

En cuanto al rendimiento tenemos:

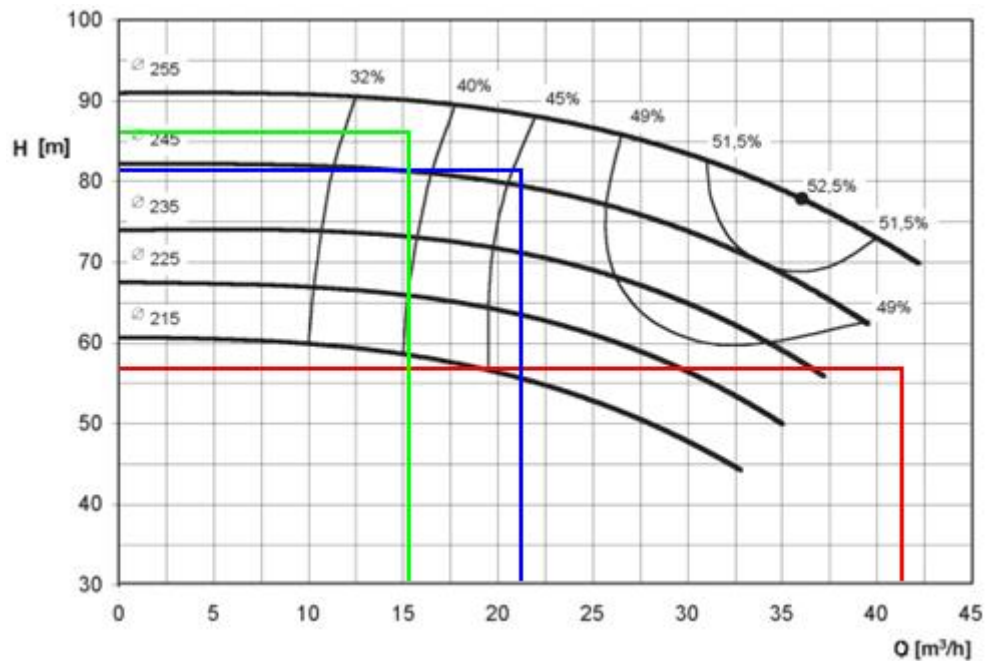


Figura 29: Rendimiento del equipo de bombeo triple en situación favorable

No varía mucho de la situación desfavorable.

Para las potencias consumidas individualmente se mira la gráfica del catálogo como en los casos anteriores:

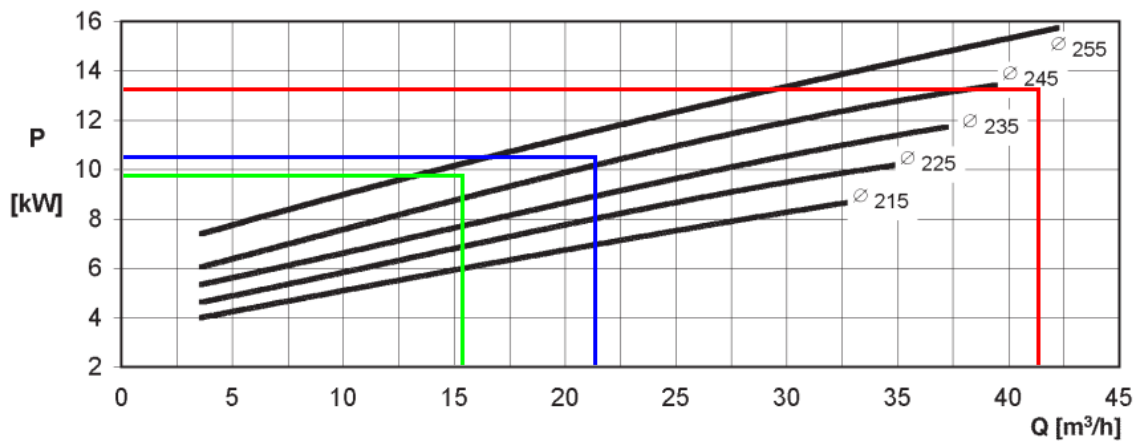


Figura 30: Potencia del equipo de bombeo triple en situación favorable

El consumo es similar, aunque la diferencia entre los kW demandados por una bomba cuando solo hay una trabajando a cuando hay dos ha disminuido.

Comprobación de caída de presión al aumentar el caudal equipo de bombeo triple:

Una vez visto cumple con el suministro mínimo durante una hora, se comprueba que al aumentar en un 140% el caudal, no disminuye la presión en más de un 70%

Se realiza de la misma manera que con el equipo de bombeo doble. La demanda tiene que aumentarse hasta superar en 1,4 veces el caudal nominal de la bomba cuando se solicita agua en la situación más desfavorable, que en este caso sería $1,4 \times 11,89 = 16,65$ l/s.

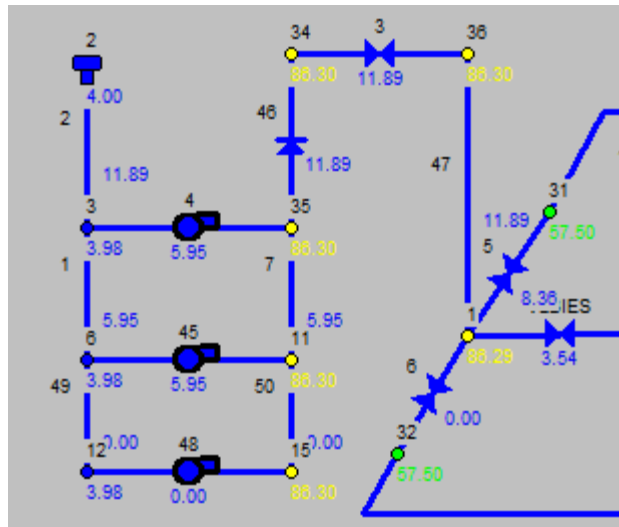


Figura 31: Prueba de equipo de bombeo triple

Entonces la presión en el nudo de referencia es de 86,3 mca con lo que no debe disminuir de $86,3 \times 0,7 = 60,41$ mca.

Se provoca una demanda superior al valor calculado anteriormente

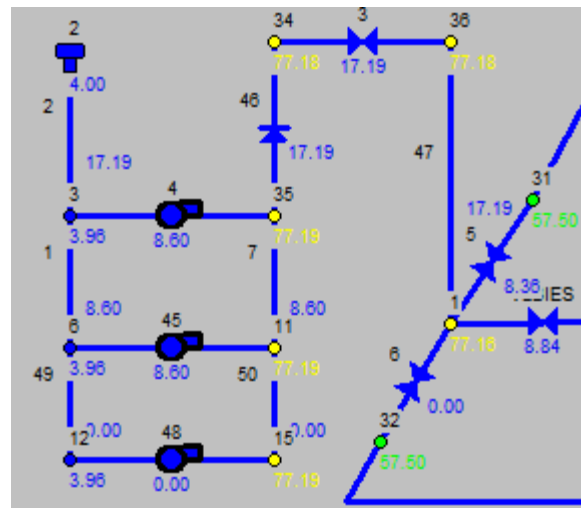


Figura 32: Prueba de equipo de bombeo triple al 140% Q_{nb}

Efectivamente, la presión para un caudal 1,4 veces mayor sigue estando por encima del valor mínimo de presión en este caso.

5.2. CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio acerca de los equipos de bombeo doble y triple para las instalaciones contra incendios y se ha aplicado la normativa a un caso práctico de un hotel de varias plantas.

Una parte inicial del estudio ha consistido en revisar la normativa y extraer los datos principales en cuanto a requisitos de las instalaciones contra incendios y sistemas de abastecimiento. En otro apartado se han expuesto las características del hotel del caso práctico y se les ha aplicado la normativa, calculando y seleccionado las bombas para el equipo de bombeo doble y triple una vez que eran conocidos los tipos de instalaciones que requerían la norma. En el final se han comparado las prestaciones de estos sistemas de bombeo múltiple.

A lo largo del estudio se ha comprobado que las normas y reglamentos son bastante completos y específicos en cuanto a características y requerimientos se refiere, por lo que no es muy difícil seguir estas normas.

Es muy importante a la hora de dimensionar el sistema de abastecimiento de los sistemas de protección el conocer muy bien las características de estos sistemas. Una inadecuada selección de equipos de bombeo podría afectar a la fiabilidad del sistema.

Aunque no es relevante el gasto ni el rendimiento de los equipos de bombeo por su limitado uso, se tienen en cuenta para conocer si las bombas están operando en unos parámetros que podrían causar su deterioro acelerado y fallar.

Es significativo que en los casos donde operaba una bomba individual, la potencia requerida por esa bomba era mucho menor que la potencia consumida total cuando había varias bombas en funcionamiento, pero el caudal aportado no era mucho mayor. Si el sistema de bombeo está correctamente dimensionado esto es lo normal. Las bombas que operan en unas condiciones de menor sollicitación de potencia podrían sufrir menos desgaste a pesar de no ser tan eficientes individualmente. En este aspecto un equipo de bombeo triple es más fiable que uno doble, pero consume más energía:

- Una bomba del equipo doble: 62,5% de rendimiento, 42 m³/h y 14kW

- Dos bombas del equipo triple: 45% de rendimiento, 22 m³/h por bomba y 10,5 kW por bomba

Pero si lo que se busca es eficiencia, el sistema doble ofrece el mejor rendimiento. El caso es que en un sistema de protección contra incendios el rendimiento no es tan relevante como la fiabilidad, con lo que esta característica queda en un segundo plano.

Respecto al suministro adicional de caudal en caso de necesidad, las ventajas de encender una bomba de 100% del caudal nominal cuando se tiene otra igual funcionando no son muy significativas debido a las curvas de resistencia. El aumento es similar al aportado por una bomba del 50% del caudal nominal.

Por otro lado, la opción de sistemas de bombeo triple ofrece una mayor fiabilidad y disponibilidad al ser más improbable el fallo de dos bombas. Es más, aun fallando dos de las tres bombas, la bomba restante sería capaz de suministrar un caudal suficiente para controlar un incendio en zonas más favorables como en las plantas más bajas. De hecho, si no hiciera falta utilizar los hidrantes, seguramente una sola de estas bombas sería más que suficiente para las BIEs de la planta afectada, ya que en esta prueba el hidrante solicitaba un aporte de caudal mucho mayor que las BIEs combinadas.

Viendo los caudales aportados por las bombas del sistema triple combinadas, es posible que estén un poco sobredimensionadas, pero no afecta en gran medida a la simulación. De hecho es recomendable sobredimensionar los equipos de bombeo ya que con el paso del tiempo las conducciones pueden oxidarse y aumentar su resistencia al paso del agua. De igual manera también es necesario sobredimensionar el depósito, ya que un aumento en el caudal solicitado podría llevar a que el depósito se vaciase antes de tiempo.

Si el edificio hubiera tenido una mayor extensión en planta hasta alcanzar la superficie construida de 5000 m², hubiera sido necesario entonces, según el DB SI4, agregar una instalación automática antiincendios, lo que hubiera conllevado una condición más al sistema de bombeo y éste hubiera tenido que ser capaz de aportar un mayor caudal. Esto también habría afectado al tamaño del depósito.

Se llega a la conclusión de que es más recomendable tener un sistema triple de bombas sobre uno doble en base a la fiabilidad y a la versatilidad. Se debe de entender que un sistema doble es fiable pero un sistema triple lo es más.

6. BIBLIOGRAFÍA

Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, Aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre. BOE número 298 de 14 de diciembre de 1993 [RIPCI-93]

Código Técnico de la Edificación (CTE), REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [CTE-06]

NTP 42: Bocas e hidrantes de incendio. Condiciones de instalación. Redactor: Villanueva Muñoz, José Luis. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA – BARCELONA, [NTP 42]

UNE 23500 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios. Elaborada por el comité técnico AEN/CTN 23 seguridad contra incendios, Enero 2012 [UNE 23500]

Catálogo de bombas para sistemas PCI. EBARA [EBARA]

Improving Pumping System Performance Elaborado por U.S. Department of Energy's Industrial Technologies Program (ITP) y Hydraulic Institute (HI), Mayo 2006, [IPSP- ITP/HI]