

I JORNADAS CBP

OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS PARA EL COMBATE DE INCENDIOS URBANOS EN ALTURA

José Alejandro Sánchez Ruiz
Bombero-conductor e ingeniero mecánico

AGRADECIMIENTOS

A Jesús Hernando Domínguez, por compartir sus conocimientos y décadas de experiencia en hidráulica contra incendios para el desarrollo de estas jornadas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN 4

1.1 BOMBA 4

1.2 INSTALACIÓN DE MANGUERAS 9

1.2.1 TENDIDO DE ATAQUE 11

1.2.2 TENDIDO DE DISTRIBUCIÓN 11

1.3 LANZAS 12

1.4 RACORES BARCELONA 14

1.5 BIFURCACIONES 15

2. ENSAYOS 16

2.1 JORNADA 1. PARQUE DE ROQUETAS DE MAR 18

2.1.1 INSTALACIONES A NIVEL DE SUELO 18

2.1.2 INSTALACIONES EN PLANTA 6 27

2.2 JORNADA 2. TORRE GÉMINIS II 32

2.2.1 INSTALACIONES DESARROLLADAS POR ESCALERA 34

3. CONCLUSIONES 42

En el mes de septiembre de 2026 se llevaron a cabo las primeras Jornadas CBP, centradas principalmente en el estudio de las bombas de presión combinada para el ataque de incendios urbanos, con el objetivo de encontrar la manera más eficiente de conseguir los caudales de trabajo en cualquier situación.

Se realizaron varios **ensayos experimentales** repartidos en dos jornadas, la primera de ellas en el parque de bomberos de Roquetas de Mar y la segunda en la Torre Géminis II (Aguadulce), de 15 plantas de altura (50 m respecto a nivel de suelo).

En estos ensayos se demostró que la etapa de alta presión de una única bomba (sin recurrir a bombas en paralelo) es capaz de proporcionarnos, **con un gran margen de seguridad,** el caudal táctico necesario (400 L/min) en cualquier edificio del ámbito de actuación del CBP, pudiendo llegar a **duplicarlo** en caso de que fuera necesario.

Si planteamos los mismos ensayos para la etapa de baja presión, no nos llegaría la presión necesaria a la lanza (6 bar) y la bomba funcionaría al régimen máximo de revoluciones, por lo que el **margen de seguridad sería inexistente**, lo que supone un **riesgo para los intervinientes por no poder disponer del caudal táctico**.

En dichos ensayos se tomaron datos con instrumentación fiable y previamente calibrada, para garantizar la fiabilidad del estudio.

1. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

1.1 BOMBA

Debido a la creciente presencia de materiales de alto poder calorífico en las viviendas actuales, el caudal mínimo necesario en punta de lanza para los incendios urbanos se incrementó hasta los 400 L/min, un valor totalmente abordable por cualquiera de las bombas de presión combinada reguladas por la norma EN 1028, tanto en baja como en alta presión.

A pesar de que dicha norma exige un caudal mínimo de 250 L/min a 40 bar en la etapa de alta presión, los fabricantes de las bombas más vendidas en nuestro país especifican en sus fichas técnicas caudales iguales o superiores a los 400 L/min a 40 bar. Como se demostrará más adelante en este artículo, estos caudales se han superado con creces en los ensayos realizados en escenario real.

Para los ensayos se utilizó el vehículo de primera salida del parque de Roquetas de Mar (BUP-3), ya que es la bomba principal que suele trabajar en los incendios urbanos. Este vehículo dispone de 4 salidas de baja presión (2x70 mm y 2x45 mm) y dos salidas de alta presión (1x25 mm y 1x45mm). En la tabla inferior se muestran sus características.

Tabla 1. Características de la Bomba Urbana Pesada.

Chasis	Scania P410 B 4x2
Potencia del motor	302 kW (410 CV)
Bomba	Rosenbauer NH-35
Horas de uso	108 h
Prestaciones según EN 1028	FPN 10-3000 FPH 40-250
Prestaciones NP fabricante	3500 L/min a 10 bar
Prestaciones HP fabricante	400 L/min a 40 bar
Configuración	1 rodete NP en serie con 4 rodetes HP
Régimen de giro máximo según fabricante	3100 rpm
Régimen de giro máximo según pruebas en banco	3250 rpm
Capacidad del depósito de agua	3000 L



Figura 1. Bomba NH-35. Bomba Urbana Pesada del CBP.

En las dos imágenes inferiores se adjuntan las curvas de dicha bomba (proporcionadas por el fabricante), en baja y alta presión, respectivamente. Las curvas de baja presión que nos proporcionan se han obtenido aspirando a 1,5 m de altura, con una línea de mangotes de 110 mm de 6 m de longitud y con una válvula de aspiración de 5", por lo que los valores impulsando desde tanque tendrán una pequeña variación, apenas apreciable.

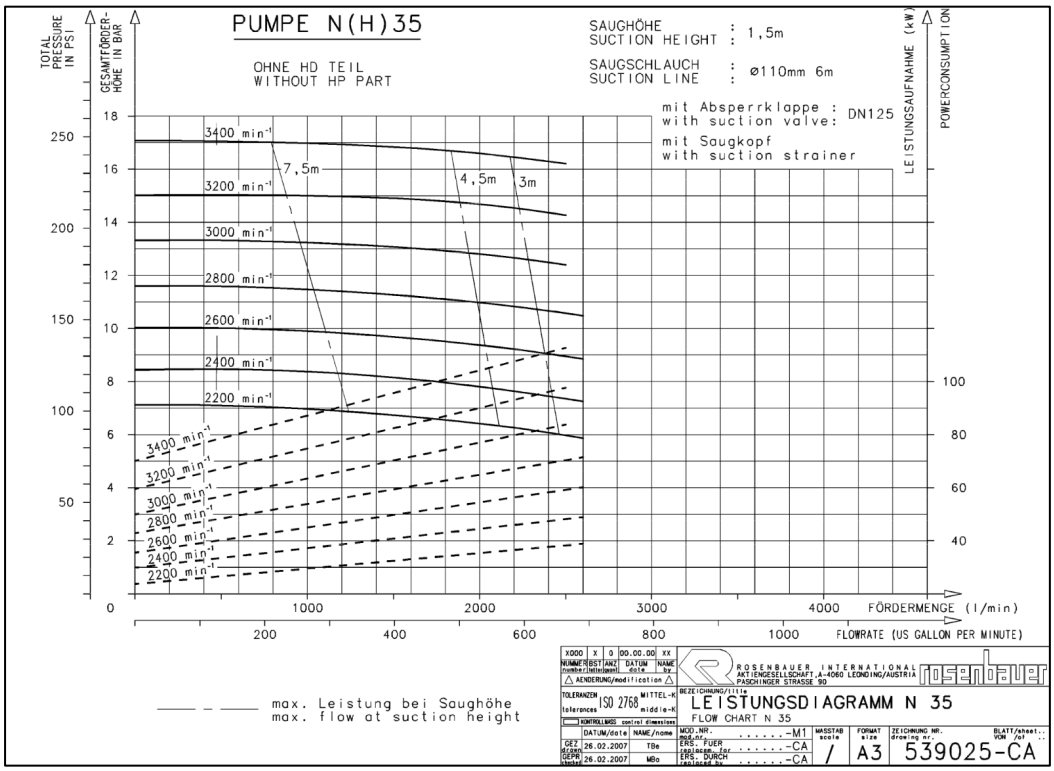


Figura 2. Curvas de baja presión. NH-35.

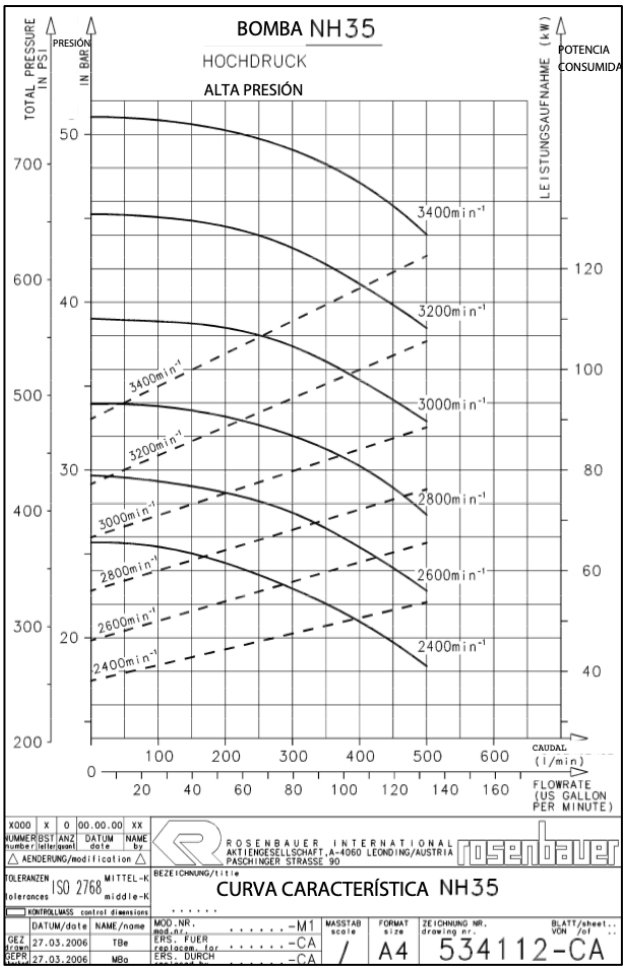


Figura 3. Curvas de alta presión. NH-35.

El vehículo se entregó con dos salidas de alta presión (1x25 mm y 1x45 mm), ambas conectadas al cuerpo de alta presión mediante conductos de 1" (aproximadamente 25 mm), como se observa en la imágenes inferiores.

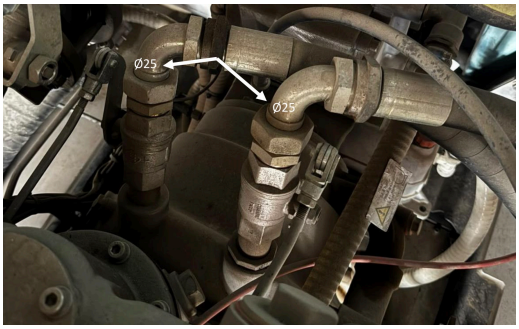


Figura 4. Salidas del cuerpo de alta presión (1")

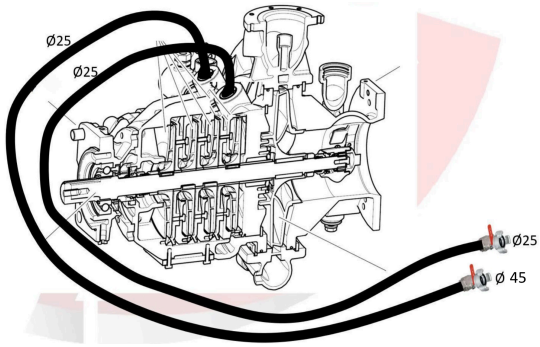


Figura 5. Esquematización de los conductos de alta presión (1").

Con el objetivo de reducir la pérdida de carga en el tramo entre el cuerpo de alta presión y la salida de alta presión de 45 mm, se aumentó el diámetro de dicho tramo de 1" a 1,5", de manera que no haya reducciones de diámetro, como se muestra en las figuras inferiores.

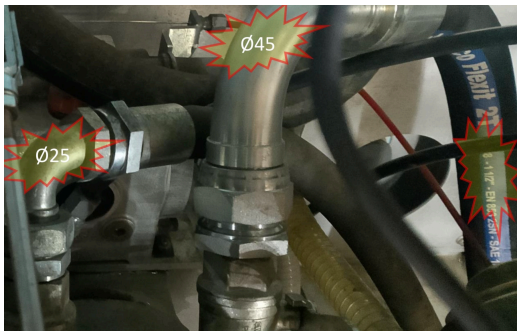


Figura 6. Salidas del cuerpo de alta presión (1,5").

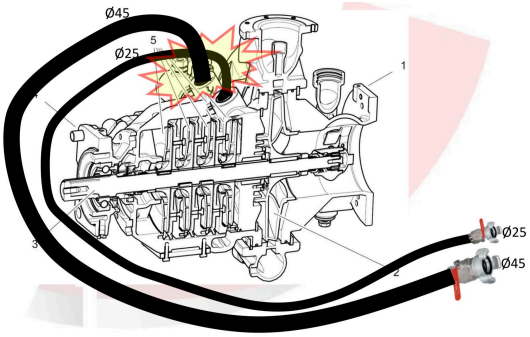


Figura 7. Esquematización de los conductos de alta presión (1,5").

Para realizar la modificación del conducto de alta presión, el vehículo se desplazó hasta las instalaciones de Rosenbauer en Linares, donde también se testearon las diferencias entre ambas salidas en el banco de pruebas del fabricante (imágenes inferiores).



Figura 8. BUP-3 en banco de pruebas Rosenbauer.



Figura 9. BUP-3 en banco de pruebas Rosenbauer.



Figura 10. Banco de pruebas Rosenbauer en Linares.

Esta modificación implica un “aplanamiento” de la curva característica de alta presión, ya que, a igualdad de revoluciones la bomba es capaz de proporcionar más presión. Esto se traduce en que **las variaciones de caudal implican variaciones mucho menores de la presión en bomba**, por ejemplo, al abrir y cerrar una lanza.

En la imagen inferior se muestran las diferencias entre las salidas de 25 mm (curva negra), 45 mm (curva azul) y la proporcionada por el fabricante (curva roja), con datos reales obtenidos con una bomba Rosenbauer NH-45, donde se aprecia claramente una mejora considerable en el comportamiento de la bomba. Esta mejora es extrapolable para el caso de la NH-35, como se verá más adelante.

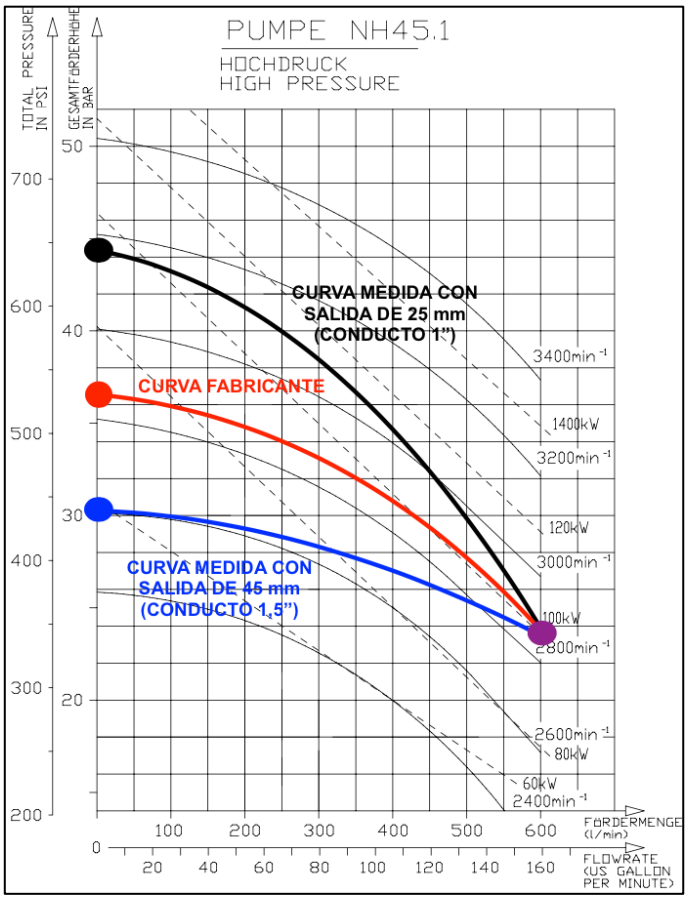


Figura 11. Curvas de la bomba con diferentes conducciones hasta el racor de salida.

Todo esto se traduce en que para dos instalaciones de mangueras idénticas, **la bomba con el conducto de mayor diámetro trabajará a un régimen de giro considerablemente menor que la otra**, reduciendo el desgaste por fatiga de los elementos mecánicos y, por tanto, **optimizando** la utilización del equipo.

1.2 INSTALACIÓN DE MANGUERAS

El aumento de los caudales de extinción en los últimos años implica la necesidad de actualización de los materiales en consonancia, garantizando la seguridad para los intervinientes.

Para el caso de las mangueras, el aumento del caudal conlleva un aumento cuadrático de las pérdidas de presión por rozamiento según la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{u^2}{2g} = f\frac{8LQ^2}{g\pi^2 D^5} \qquad [1]$$

donde h_f son las pérdidas de presión [mca], f el factor de fricción, L la longitud [m], D el diámetro [m], u la velocidad [m/s] y g la aceleración de la gravedad [m/s^2].

Observando la expresión, vemos como el diámetro está elevado a la quinta, por lo que pequeñas variaciones en el diámetro pueden reducir en gran medida las pérdidas de carga. La solución a primera vista parece ser el aumento de los diámetros, pero esto presenta varios problemas:

- **Incrementamos el riesgo de pinzamiento de la manguera**, ya que el radio de curvatura efectivo aumenta con el diámetro. En incendios urbanos, donde los bomberos se desplazan por escaleras y viviendas de pasos estrechos sin visibilidad, el riesgo de pliegue es bastante alto. **Un pinzamiento implica una reducción enorme del caudal disponible en lanza**, con el consiguiente riesgo para los intervinientes en punta de lanza. Este es un tema de vital importancia que muchas veces se pasa por alto.

- **Incrementamos el peso de la manguera** cuando está llena de agua y **reducimos la movilidad**. En la tabla inferior se adjunta una relación de los pesos de las mangueras de los diámetros más comunes utilizados en incendios urbanos, donde se observa como podemos llegar hasta los 52 kg para el caso de las mangueras de 52 mm textiles.

Tabla 2. Peso de las mangueras más comunes en España.

DIÁMETRO	PESO LINEAL	PESO VACÍA	PESO LLENA
52 mm textil	470 g/m	9,4 kg	51,8 kg
45 mm	420 g/m	8,4 kg	40,2 kg
45 mm HI RISE	500 g/m	10 kg	41,8 kg
38 mm textil	240 g/m	4,8 kg	27,4 kg
28 mm	300 g/m	6 kg	18,2 kg
25 mm	260 g/m	5,2 kg	15 kg

En la tabla inferior se adjuntan las pérdidas de carga reales (medidas con caudalímetro y manómetros) de los diámetros utilizados comúnmente en incendios urbanos, donde se aprecia como el aumento de 25 mm a 28 mm se traduce en una reducción considerable de las pérdidas, entorno al 50% (esta diferencia aumenta a medida que aumentamos el caudal).

Tabla 3. Pérdidas de carga reales.

PÉRDIDAS DE CARGA REALES POR TRAMO (bar) - 20 m					
CAUDAL	**230 L/min**	**300 L/min**	**400 L/min**	**460 L/min**	**600 L/min**
25 mm	**3**	**7**	**12**	**-**	**-**
28 mm	**1,5**	**4**	**5,5**	**7**	**-**
38 mm	**0,6**	**1**	**2**	**2,8**	**-**
45 mm	**0,3**	**0,5**	**1**	**1,5**	**2**

1.2.1 TENDIDO DE ATAQUE

Los tendidos de ataque que se barajan en el ámbito actual de la extinción de incendios urbanos son **25 mm, 28 mm y 38 mm**. Como se ha comentado anteriormente, cuanto mayor sea el diámetro mayor será el riesgo de pinzamiento, por lo que una manguera de **38 mm se plegará mucho más que las demás**. Además de esto, las mangueras de 38 mm suelen ser textiles, lo que implica que la rigidez externa es menor y, por consiguiente, el riesgo de rotura y plegado serán mayores. Por otro lado, si hablamos de presiones de rotura, para una misma presión de trabajo las conducciones de mayor diámetro experimentan **tensiones circunferenciales mayores**, resultando en presiones de trabajo y rotura bastante menores.

Como hemos visto en las tablas, la diferencia entre las mangueras de 25 y 28 mm en cuanto a pérdidas se refiere es bastante importante, lo que nos permite incrementar el rango de caudales disponibles hasta los 400 L/min por línea sin ningún tipo de problema.

Este aumento de 25 mm a 28 mm implica también una drástica reducción de la presión necesaria en bomba y, por tanto, de las revoluciones de la misma, reduciendo el desgaste de los elementos mecánicos y el riesgo de accidentes.

Asimismo, el peso y la movilidad de ambas mangueras son prácticamente idénticas, de manera que **un bombero acostumbrado a trabajar con una manguera de 25 mm de diámetro no percibirá cambio alguno al utilizar una de 28 mm**. En cuanto a presiones de rotura, en ambos casos son similares, ya que, una variación de diámetro tan pequeña no afecta en gran medida a estos valores.

1.2.2 TENDIDO DE DISTRIBUCIÓN

Debido a la falta de mantenimiento y revisión de las columnas secas en los edificios de viviendas, en la mayoría de intervenciones tenemos que recurrir a tendidos verticales o a tendidos desarrollados por escalera.

Los tendidos verticales son un recurso fantástico, ya que reducimos en gran medida la cantidad de mangueras necesarias para alcanzar el incendio y garantizamos la ausencia de pinzamientos, pero es un tendido muy dependiente de las características del edificio y del hueco de escaleras (no siempre podemos llevarlo a cabo).

El tendido desarrollado por escalera es una apuesta segura, a pesar de tener que desplegar una mayor cantidad de mangueras y de aumentar el riesgo de pinzamientos, tenemos una mayor certeza de que vamos a llegar (con mayor o menor dificultad) al incendio.

Dentro de los tendidos por escalera, actualmente se plantean varías opciones de diámetro, **45 mm, 52 mm y 70 mm**, pudiendo incluir también las mangueras

de **28 mm** hasta una planta 4 o 5, debido a los valores de pérdida de carga tan reducidos que se han obtenido.

- **Tendido en 70 mm y 52 mm:** como hemos visto anteriormente, a mayor diámetro mayor riesgo de pinzamiento (ya que es necesario un radio de curvatura mucho mayor) por lo que una manguera de tales dimensiones en una escalera de un edificio estándar en España tiene una probabilidad muy alta de sufrir varios pliegues. Por otro lado, el peso del agua contenida en una manguera de 70 mm y 52 mm (sea textil o no) es de unos 77 kg y 43 kg respectivamente, a lo que hay que sumar el peso propio de la manguera. Si hablamos de presiones de trabajo y rotura (a igualdad de presión y materiales) para estos diámetros serán considerablemente menores que para 45 mm o 28 mm.

- **Tendido en 45 mm:** este diámetro es el máximo admisible para desarrollo por escalera, ya que presenta unos valores muy reducidos de pérdidas de carga para los caudales de trabajo de las lanzas actuales, sin incrementar tanto el riesgo de pinzamiento como las de 70 y 52 mm. El peso del agua contenida en una manguera de 45 mm es de unos 32 kg, bastante menor a los valores de las anteriores. Además, por razonamiento físico, las presiones de rotura de las mangueras de 45 mm son mayores, si a esto le sumamos la introducción de nuevos materiales de alta resistencia (por ejemplo, las mangueras HI-RISE) reducimos el riesgo de rotura de las mangueras (tanto por presión interna como por daños externos) prácticamente a cero, lo que supone un incremento en la fiabilidad de la instalación y, por tanto, un aumento para la seguridad de los bomberos.

- **Tendido en 28 mm:** adicionalmente podemos considerar un tendido completamente en 28 mm (distribución y ataque) hasta una planta 4 o 5, aunque dependerá de las características del edificio. De esta manera, se reduce aún más el riesgo de pliegues sin la necesidad de reducir el caudal. Además, gracias a los valores de pérdidas de carga medidos, podemos llegar a los **400 L/min** sin problemas con esta tipología de instalación.

1.3 LANZAS

La normativa europea actual de lanzas contra incendios es la EN 15182, la cual establece en su parte 2 los requisitos para las lanzas de manguera mixtas (PN 16) y en su parte 4 los requisitos para las lanzas de alta presión (PN 40).

Para el caso de las lanzas de alta presión, la parte 4 de la norma establece un caudal máximo de 250 L/min, por lo que para descargar caudales superiores debemos recurrir a las lanzas reguladas por EN 15182-2 (PN 16). La propia norma EN 15182 establece que para poder certificar una lanza como **PN 16** esta debe soportar una presión a válvula cerrada de **60 bar** sin llegar a rotura, valor que nunca vamos a sobrepasar con las bombas de presión combinada actuales.

Además, **la presión nominal de una lanza se refiere a válvula abierta** y, en tal caso, nunca vamos a pasar de **6 bar**, por lo que no estamos incumpliendo la citada norma.

Vamos a plantear la duda de qué ocurre mientras cerramos lanza, por ejemplo, al mitad de recorrido de la válvula. En este caso, el caudal descargado por la lanza disminuye y la presión estática **ANTES** de la válvula aumenta por la propia curva de la bomba. ¿Pero qué ocurre en la bola y en el cuerpo de la lanza?. Al reducir la sección de paso por la bola, la velocidad (y la turbulencia) se incrementa y la presión estática se reduce notablemente (esto es hidráulica básica, ecuación de Bernoulli), por lo que **en ningún caso los valores de presión estática ANTES de la válvula se darán en el interior del cuerpo de la lanza**.

Adicionalmente, consultando con varios fabricantes nos han asegurado que **las bolas que montan en las lanzas PN16 y PN40 son las mismas** (a excepción del diámetro) y que testean **AMBAS** de forma cíclica en bancos de ensayo a **100 bar sin llegar a rotura**. **En la mayoría de casos el cuerpo también es el mismo**, ya que, para los fabricantes no tiene sentido fabricar diferentes cuerpos con diferentes materiales, espesores, selectores de caudal y uniones de un mismo producto para presiones nominales distintas por temas de costes de producción.

Dicho esto, la lanza utilizada en los ensayos fue la siguiente:

Tabla 4. Lanza utilizada en los ensayos.

ROSENBAUER RB101 EN 15182	
CAUDALES DE TRABAJO	**130-230-300-400 [L/min]**
PRESIÓN DE REFERENCIA	**6 BAR**
PRESIÓN NOMINAL (VÁLVULA ABIERTA)	**16 BAR**
PRESIÓN DE ROTURA	**60 BAR**
RACOR	**BARCELONA 25 mm**
SISTEMA DE VÁLVULA	**BOLA**
ALCANCE MÁXIMO (400 L/min)	**44 m**



Figura 12. Lanza Rosenbauer RB101.

En la imagen inferior se muestra el caudal descargado por la lanza Rosenbauer RB101 como función de la presión de entrada a la misma, donde se observa la importancia de alcanzar los **6 bar** para garantizar los caudales del selector.

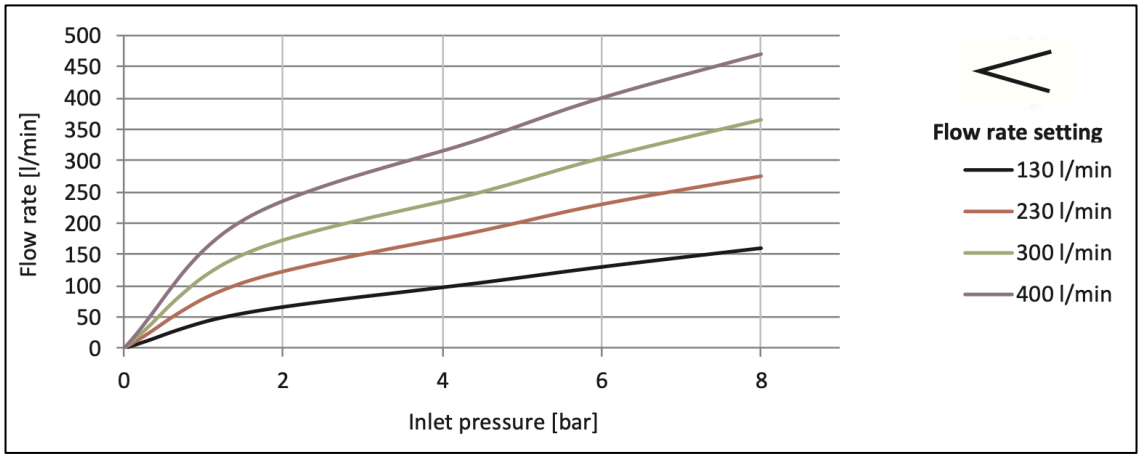


Figura 13. Caudal descargado por la lanza en función de la presión de entrada.

1.4 RACORES BARCELONA

La normativa que regula actualmente en España el racor Barcelona es la UNE 23400. Dicha normativa **NO establece una presión nominal de trabajo** para ninguno de los diámetros que contempla (25, 45, 70 y 100 mm), el único valor que recoge es una **prueba de estanqueidad a una presión de 20 bar**, necesaria para poder certificar el racor, nada más. Por ejemplo, la normativa que regula los requisitos del racor Storz (DIN 14333) sí establece una presión nominal de trabajo.

Según las pruebas realizadas por los fabricantes de racores Barcelona de España, la junta comienza a salir de su alojamiento a unos **80 bar** para los diámetros 25 mm y 45 mm (valores muy superiores a los 20 bar que indica la norma), es decir, comienzan a fugar agua a 80 bar, pero **el racor se mantiene intacto estructuralmente**.

Por tanto, **¿se está haciendo un mal uso del racor Barcelona si trabajamos en alta presión?. La respuesta es que NO**, ya que, como se ha citado antes, la norma no establece las presiones de trabajo. Además, hay que poner en valor la experiencia de los bomberos españoles que llevan décadas trabajando con el racor Barcelona en alta presión y no se han registrado incidencias notables acerca de este tema.

Actualmente, desde **Tecnifuego** están trabajando en una **modificación de la normativa UNE 23400**, con el objetivo de **establecer unas presiones de trabajo para los racores Barcelona acordes a las bombas de presión combinada**. Tras esto, se creará también una normativa que establezca los **requisitos del racorado** (unión racor-manguera), ya que, a día de hoy existe norma de racores y mangueras, pero no de racorado.

1.5 BIFURCACIONES

En cuanto a elementos intermedios como las bifurcaciones, la mayoría de modelos actuales en el mercado se venden como PN 16 y PN 20. Consultando con fabricantes, nos indican que no certifican una presión nominal mayor debido a que la norma UNE 23400 indica una presión de estanqueidad de 20 bar, lo que supone una **interpretación errónea de la norma**, ya que, como se ha comentado anteriormente, esta **NO** nos indica la presión nominal.

Actualmente, existe un fabricante que comercializa una bifurcación PN 30 con válvulas de bola convencionales PN 40, pero de nuevo indican que la presión nominal no puede ser mayor debido a los 20 bar de estanqueidad que indica la norma UNE 23400, lo que se traduce en otra interpretación errónea de la misma. Para certificar dicha bifurcación, se presuriza con agua durante 10 min a 54 bar y, tras esto, se comprueba que no ha sufrido daños y que está lista para comercialización, lo que nos da una idea de la resistencia de este elemento.

Una pieza tan simple como un colector y dos válvulas de bola convencionales (que podemos adquirir en cualquier ferretería) son elementos que podemos encontrar en cualquier industria trabajando a presiones superiores, por lo que no deberíamos limitarnos por ese valor de estanqueidad. Cuando la norma UNE 23400 se actualice e indique las presiones nominales, este malentendido quedará resuelto.

2. ENSAYOS

En este apartado se adjuntan los resultados obtenidos en los ensayos llevados a cabo en ambas jornadas. En cada instalación se muestra el cálculo teórico previo de la presión en bomba utilizando los valores de pérdidas de carga establecidas en la *tabla 2* y los valores reales tomados con el manómetro y tacómetro de la bomba.

Para el cálculo teórico se utilizó la siguiente expresión:

$$PL + AG + PC = PB \qquad [2]$$

donde PL es la presión en lanza [bar], AG la altura geométrica [bar], PC las pérdidas de carga [bar] y PB la presión en bomba [bar].

Por otro lado, los caudales considerados para las pruebas fueron los siguientes:

1 LÍNEA DE ATAQUE	2 LÍNEAS DE ATAQUE
230 L/min	460 L/min
300 L/min	600 L/min
400 L/min	800 L/min

Para garantizar la fiabilidad de los datos recogidos, en los días previos **se comprobó la exactitud del caudalímetro Task Force Tips SHO-FLOW**. Dicha comprobación consistió en conectar el caudalímetro, un manómetro y una lanza en una salida de baja presión, de manera que cuando el manómetro arroje 6 bar sabemos que está descargando el caudal indicado en el selector, ya que, trabaja a su presión de referencia.



Figura 14. Comprobación del caudalímetro.

En las imágenes inferiores se muestra cómo el manómetro anterior a la lanza marca **6,25 bar** y el selector se encuentra en **400 L/min**, por lo que tenemos certeza de que se está descargando dicho caudal. Al mismo tiempo vemos como el caudalímetro (vía Bluetooth) indica **409 L/min,** lo cual tiene bastante sentido, ya que, al llegar un poco más de 6 bar a lanza el caudal real que descarga es ligeramente superior a 400 L/min, por lo que los valores son bastante precisos.



Figura 15. Demostración del correcto funcionamiento del caudalímetro.

Todos los datos recogidos son reales y ninguno de ellos ha sido modificado para "maquillar" o mejorar los resultados obtenidos.

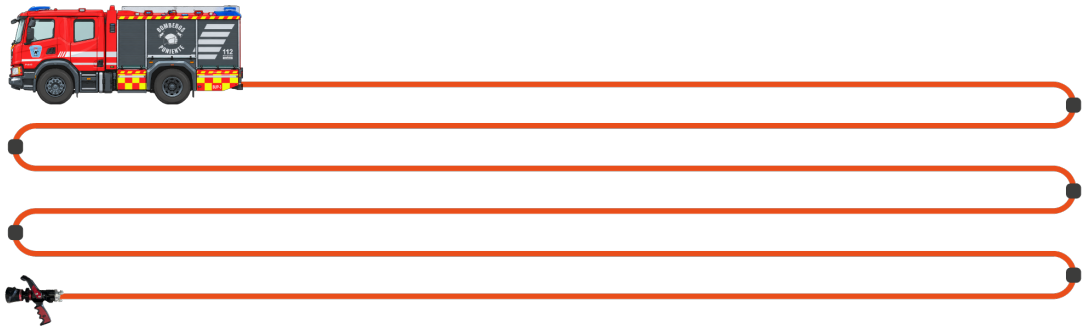
2.1 JORNADA 1. PARQUE DE ROQUETAS DE MAR

En esta jornada se realizaron varias instalaciones a nivel de suelo y en la planta 6 de la torre de prácticas del parque, con diferentes configuraciones y diámetros para estudiar las situaciones que se pueden dar en intervenciones reales.

2.1.1 INSTALACIONES A NIVEL DE SUELO

A nivel de suelo (*AG=0 bar*) había previstas 7 instalaciones, de las cuales se realizaron cuatro por falta de tiempo. A continuación, se desarrollan las citadas instalaciones.

INSTALACIÓN 1 (6 x 28 mm (120 m))



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
230	6 + 0 + 6·1,5 = **15 bar**
300	6 + 0 + 6·4 = **30 bar**
400	6 + 0 + 6·5,5 = **39 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**230**	**15**	**16**	**1700**
PF2	**300**	**22**	**24**	**2200**
PF3	**400**	**35**	**40**	**2950**

Esta instalación **se realizó únicamente en alta presión**, ya que, **en baja presión habríamos obtenido únicamente los 230 L/min con la bomba al 100 % de su régimen de funcionamiento**, por lo que no merecía la pena testearla.

Se aprecia como **los valores reales son inferiores a los teóricos**, por lo que estamos del lado de la seguridad. Además, estamos lanzando caudales de 400 L/min con un tendido de 120 m de longitud y 28 mm de diámetro (diámetro de

tendido de ataque), lo que nos da una idea de la pérdida de carga tan reducida que nos brinda esta manguera.

Representando los puntos PF1, PF2 Y PF3 en las curvas de funcionamiento de la bomba NH-35:

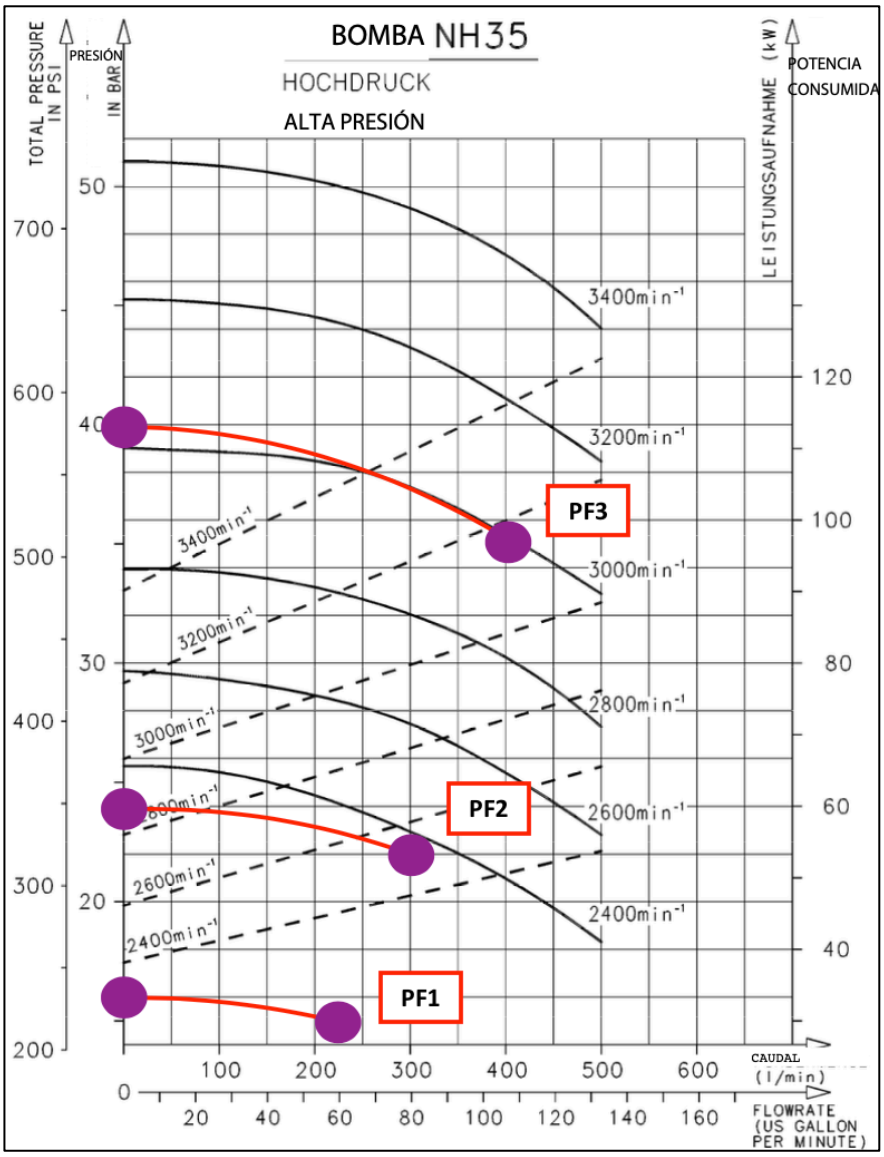


Figura 16. Curvas HP. Instalación 1. Parque de Roquetas.

Se observa cierta tendencia a la planitud de la curva con respecto a los valores originales que proporciona el fabricante, lo que se traduce en menores incrementos de presión en los cierres de lanza.

Si representamos el PF1 en las curvas de baja presión (PF2 y PF3 son inabarcables por esta etapa) vemos como la bomba gira a unas **3200 rpm, al 100 % de su régimen**.

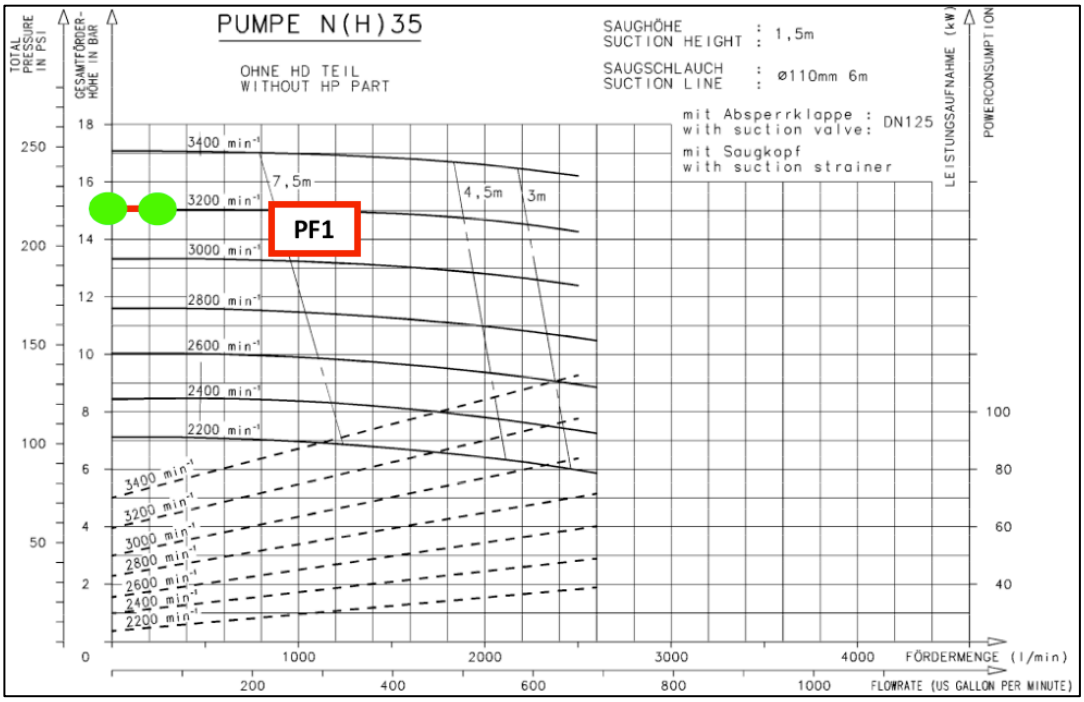


Figura 17. Curvas NP. Instalación 1. Parque de Roquetas.

INSTALACIÓN 2 (6 x 45 mm HR (120 m))



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO (PL+AG+PC=PB)**
230	6 + 0 + 6·0,3 = **7,8 bar**
300	6 + 0 + 6·0,5 = **9 bar**
400	6 + 0 + 6·1 = **12 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**230**	**6**	**6,5**	**1500**
PF2	**300**	**9**	**11**	**1700**
PF3	**400**	**11**	**15**	**1800**

DATOS MEDIDOS (BAJA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF3	**400**	**11**	**11**	**2500**

De nuevo, se muestra como los valores teóricos se aproximan bastante a los reales (además de estar por encima), lo que nos da una idea de la fiabilidad de los datos. En este caso se ensayó el PF3 también en baja presión, donde se observa una gran diferencia en cuanto a revoluciones en bomba en el escenario real.

Si representamos el PF3 en ambas curvas se aprecia claramente la diferencia entre ambos ensayos, vemos como en alta presión **estamos por debajo del rango de trabajo que nos proporciona Rosenbauer** (**1500 rpm**, esto es muy buena señal, ya que es régimen de ralentí), mientras que **en baja presión estamos a unas 2500 rpm para abarcar el mismo punto de funcionamiento, es decir, para conseguir exactamente el mismo resultado.**

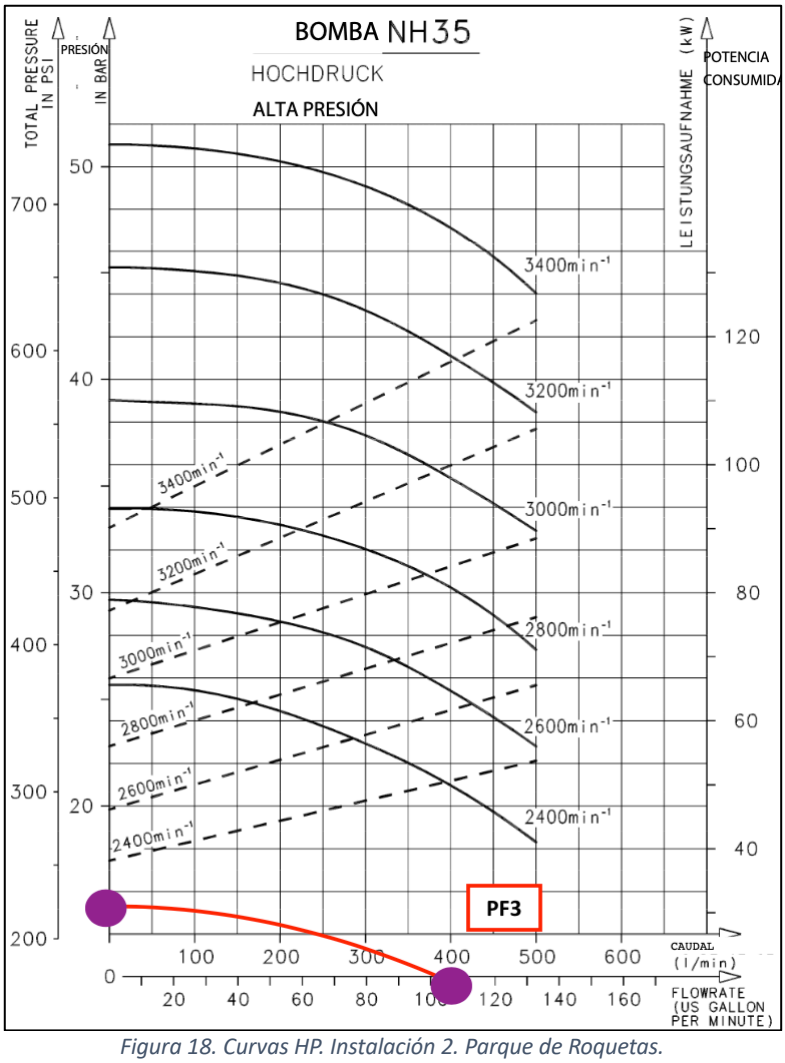


Figura 18. Curvas HP. Instalación 2. Parque de Roquetas.

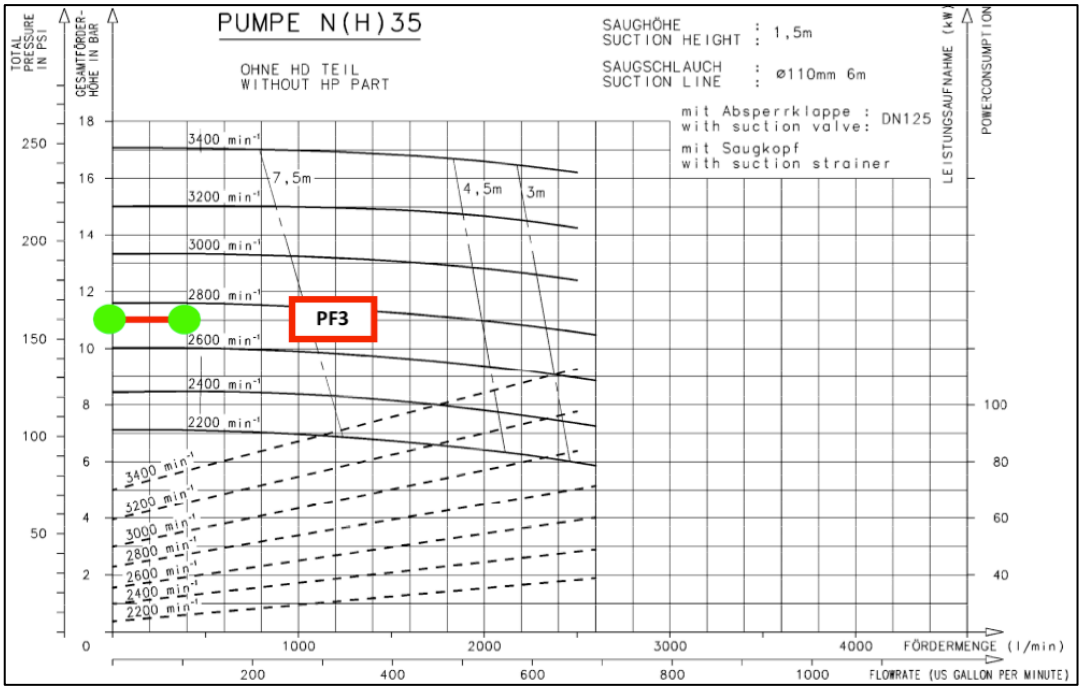
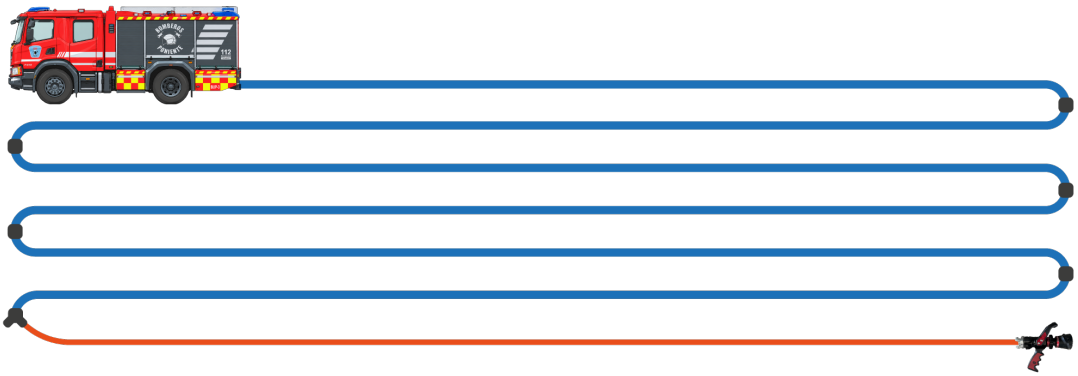


Figura 19. Curvas NP. Instalación 2. Parque de Roquetas.

INSTALACIÓN 3 (6 x 45 mm HR + 1 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO (PL+AG+PC=PB)**
230	6 + 0 + 6·0,3 + 1·1,5 = **9,3 bar**
300	6 + 0 + 6·0,5 + 1·4 = **13 bar**
400	6 + 0 + 6·1 + 1·5,5 = **17,5 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**400**	**16**	**19**	**2000**

DATOS MEDIDOS (BAJA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**400**	**16**	**16**	**3100**

Esta es la tipología de instalación con la que trabajamos actualmente en el Consorcio de Bomberos del Poniente para incendios urbanos en altura (tendido de distribución en 45 mm HR + tendido de ataque en 28 mm). La ventaja de realizar instalaciones a nivel de suelo es que podemos extrapolarlas a otros escenarios sumándole la altura geométrica deseada (teniendo en cuenta que una manguera desplegada en línea recta tiene menor pérdida de carga que una manguera desplegada por el tiro de escaleras).

En este caso se ensayó únicamente con 400 L/min, donde observamos cómo el valor teórico previo se aproxima bastante al valor real obtenido en el manómetro de la bomba. Como en anteriores casos, **se aprecia una gran diferencia en cuanto a régimen de giro del rodete para obtener el mismo punto de funcionamiento entre ambas etapas.** A continuación, se muestra la representación gráfica del punto de funcionamiento PF1 en las curvas de alta y baja presión, respectivamente:

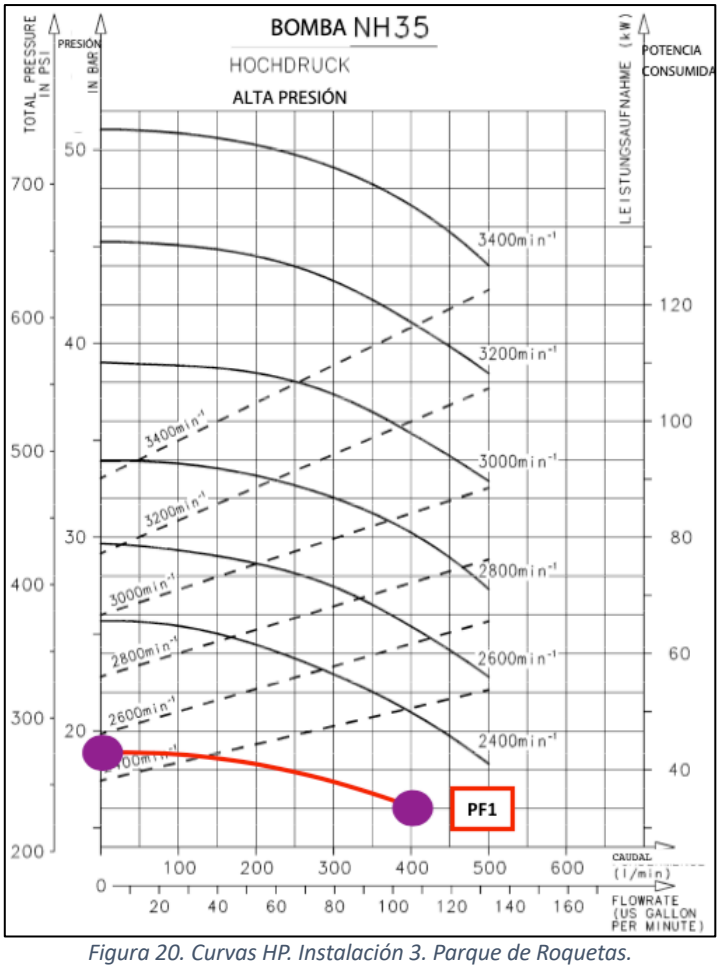


Figura 20. Curvas HP. Instalación 3. Parque de Roquetas.

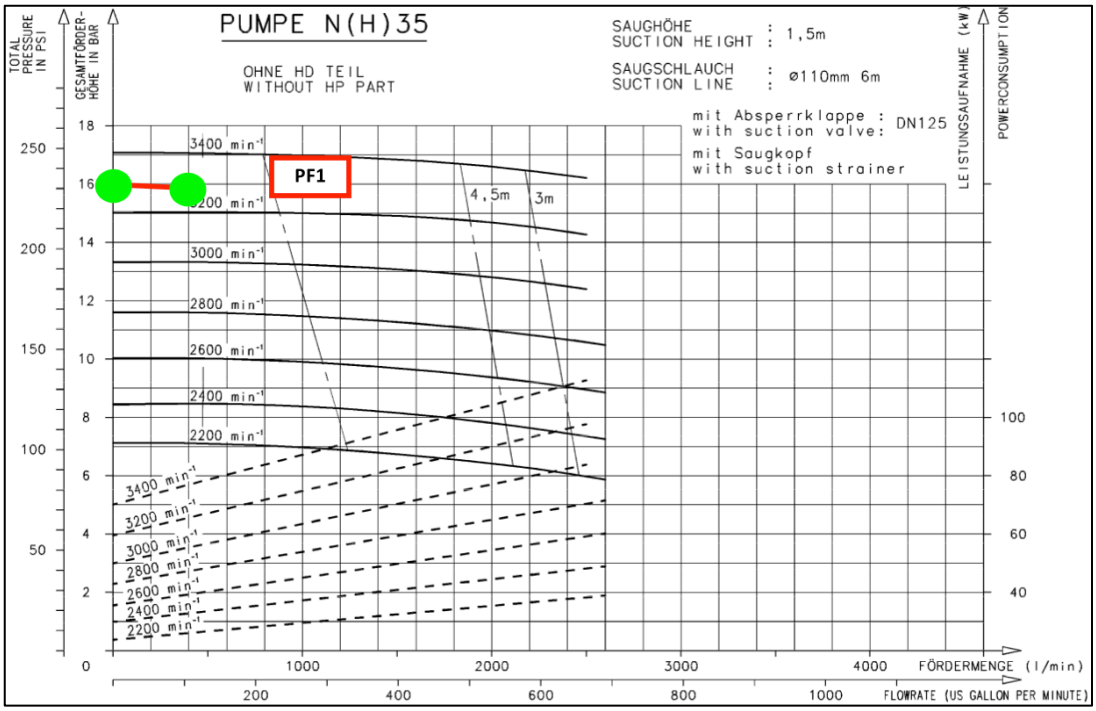
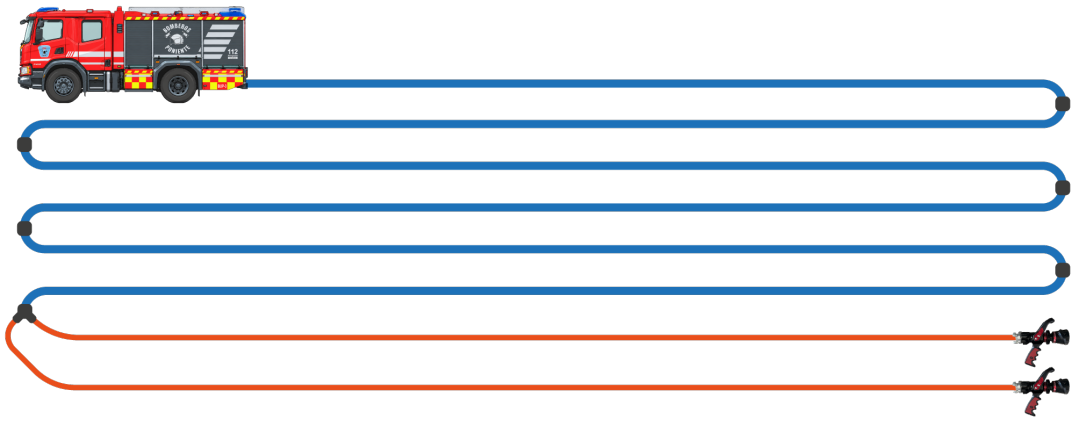


Figura 21. Curvas NP. Instalación 3. Parque de Roquetas.

INSTALACIÓN 4 (6 x 45 mm HR + 2 líneas de ataque 1 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
460	6 + 0 + 6·1,5 + 1·1,5 = **16,5 bar**
600	6 + 0 + 6·2 + 1·4 = **22 bar**
800	6 + 0 + 6·3,5 + 1·5,5 = **32,5 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**600**	**18**	**25**	**2300**
PF2	**800**	**28**	**40**	**2900**

DATOS MEDIDOS (BAJA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1 (NO CONSEGUIDO)	**600**	**17**	**17**	**3250**
PF2 (NO CONSEGUIDO)	**800**	**17**	**17**	**3250**

Como en ensayos previos, se observa como los datos teóricos se aproximan bastante a los valores reales medidos, lo que indica que la predicción teórica es fiable.

En este caso representamos una instalación es la que **es necesario aumentar el caudal por encima de los 400 L/min**, para lo que conectamos una segunda línea de ataque (SOS) de la misma longitud. El hecho de descargar caudales superiores a 400 L/min en una sola línea no es recomendable, ya que implica fuerzas de reacción demasiado grandes para los intervinientes.

En este ensayo estamos descargando, **en alta presión**, **600 y 800 L/min con un tendido de ataque de 28 mm y un tendido de distribución de 45 mm a nivel de suelo.** Consideramos que **estos caudales son demasiado altos para un incendio urbano**, sin embargo, **si se diera el caso en el que lo necesitáramos sabemos que lo tenemos disponible**.

Al conectar la misma instalación a la etapa de baja presión y poner la bomba al máximo régimen de revoluciones vimos como el caudalímetro no llegaba a marcar los valores que buscábamos, todo ello sin tener diferencia de altura geométrica entre la bomba y la lanza. Además, aunque aumentáramos los diámetros para reducir pérdidas de carga, el riesgo de pinzamiento, el peso de las mangueras y la probabilidad de pinchazo se incrementarían, incrementando el riesgo para los bomberos.

Merece la pena comentar que al realizar el ensayo en baja presión y acelerar la bomba a 3250 rpm el personal presente en las pruebas (bomberos experimentados de diferentes partes del territorio español) comentaban que el ruido era estruendoso y que no era viable trabajar a esos regímenes durante tiempos prolongados, además de que incrementamos el riesgo de avería mecánica y reducimos la vida útil de los componentes.

Por tanto, si representamos ambos puntos en las curvas de funcionamiento, vemos como para el caso de la alta presión **estamos trabajando incluso por encima del rango de trabajo que proporciona Rosenbauer a regímenes de giro asumibles, mientras que en baja presión la bomba gira al máximo de su capacidad sin llegar a obtener la presión de referencia en lanza.**

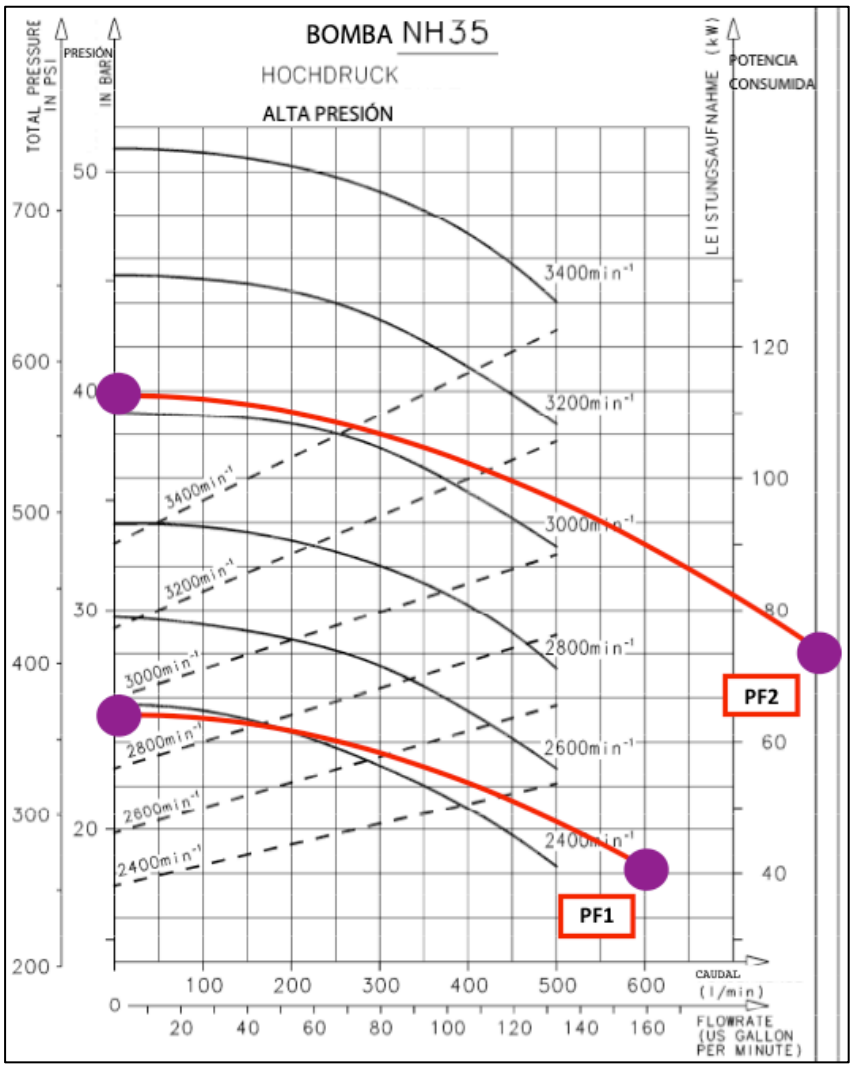


Figura 22. Curvas HP. Instalación 4. Parque de Roquetas.

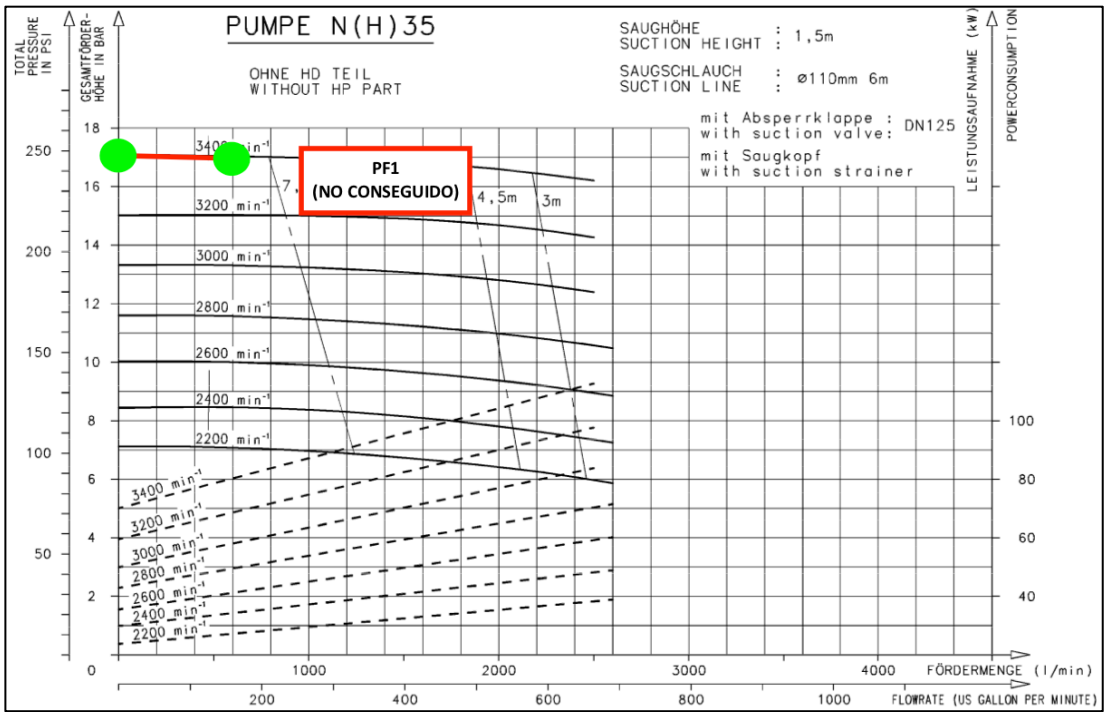


Figura 23. Curvas NP. Instalación 4. Parque de Roquetas.

2.1.2 INSTALACIONES EN PLANTA 6

De las instalaciones que inicialmente había previstas en la torre de prácticas del parque de Roquetas de Mar, finalmente se llevaron a cabo 3 variantes, todas ellas en planta 6. La altura de dicha planta se midió con un telémetro láser (*AG = 1,9 bar*).

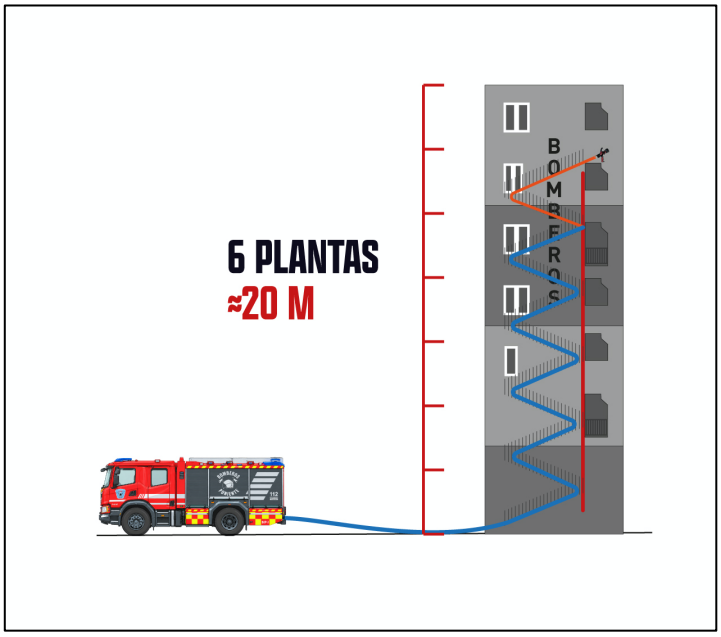


Figura 24. Representación gráfica de la torre de prácticas del parque de Roquetas de Mar.

INSTALACIÓN 5 (4 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
230	6 + 1,9 + 4·1,5 = **13,9 bar**
300	6 + 1,9 + 4·4 = **23,9 bar**
400	6 + 1,9 + 4·5,5 = **29,9 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**400**	**30**	**32**	**2500**

En este ensayo vemos de nuevo como los valores teóricos previstos se aproximan bastante bien al valor real medido. Se realizó únicamente para 400 L/min debido a la falta de tiempo, además de ser el caudal objetivo en el caso de tener una única línea de ataque.

Se muestra como con una **instalación completa de mangueras de 28 mm** de diámetro **podemos llegar a una planta 6 y atacar con 400 L/min a un régimen de giro medio**, lo que supone una gran ventaja para los intervinientes teniendo en cuenta la ligereza y maniobrabilidad de estas mangueras.

En este caso **no merecía la pena testear la etapa de baja presión, ya que sabemos que no nos van a llegar los 6 bar de referencia a la lanza** aunque la llevemos al régimen máximo. A continuación, se muestra la representación gráfica del punto de funcionamiento medido:

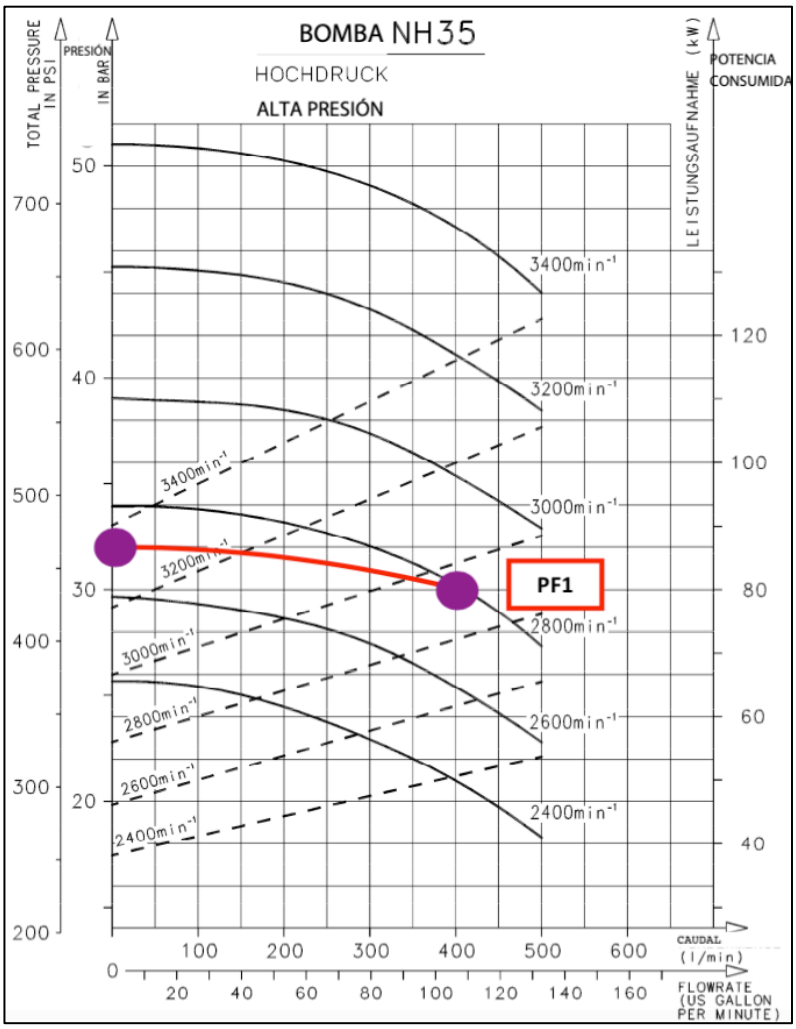


Figura 25. Curvas HP. Instalación 5. Parque de Roquetas.

INSTALACIÓN 6 (4 x 45 mm HR + 1 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
230	6 + 1,9 + 4·0,3 + 1·1,5 = **10,6 bar**
300	6 + 1,9 + 4·0,5 + 1·4 = **13,9 bar**
400	6 + 1,9 + 4·1 + 1·5,5 = **17,4 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**400**	**20**	**23**	**2175**

Como se comentó para este mismo ensayo a nivel de suelo, esta es la instalación con la que se trabaja actualmente en incendios urbanos en el CBP. De nuevo, vemos como los valores reales se aproximan mucho a los predichos teóricamente. En este ensayo tampoco se testeó la etapa de baja presión, debido a que no alcanzaríamos el punto de funcionamiento objetivo.

Es importante reseñar que estamos atacando con **400 L/min en una planta 6 con una única línea de ataque y la bomba gira a 2175 rpm**, es decir, está trabajando a un **40-45 %** de su régimen de trabajo.

Representando el punto de funcionamiento en las curvas de alta presión vemos el margen de seguridad tan amplio que tenemos, la bomba puede darnos muchas más prestaciones en esta etapa como comprobaremos más adelante.

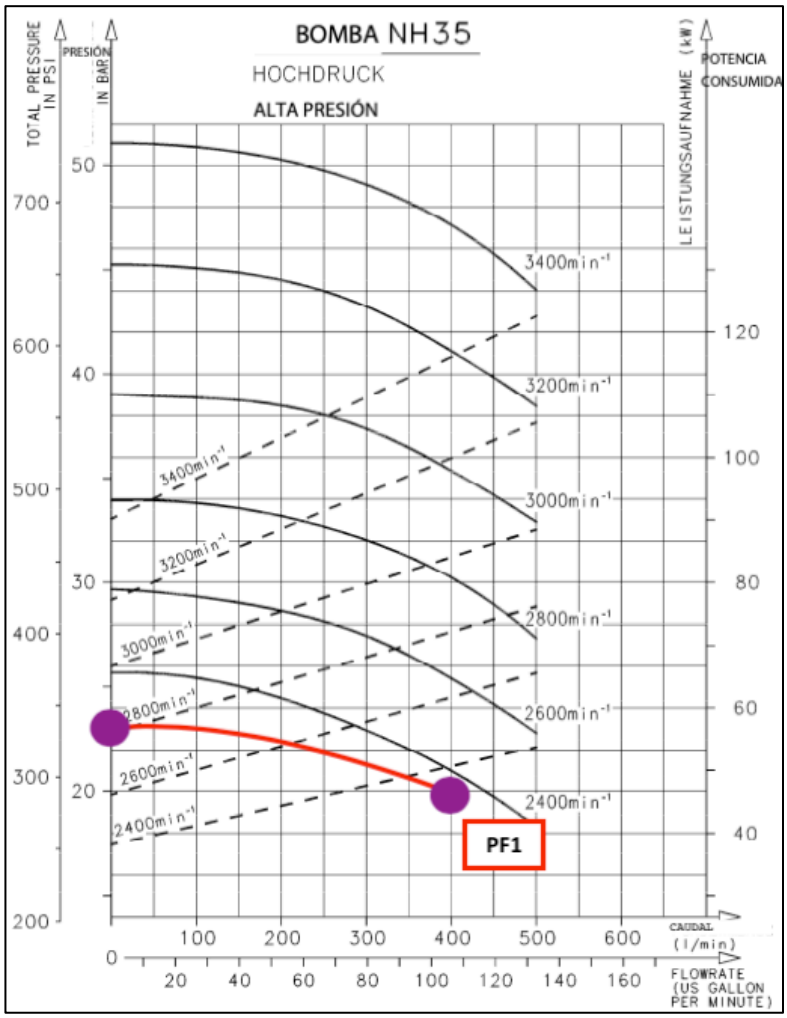


Figura 26. Curvas HP. Instalación 6. Parque de Roquetas.

INSTALACIÓN 7 (4 x 45 mm HR + 2 líneas de ataque 1 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
460	6 + 1,9 + 4·1,5 + 1·5,5 = **15,4 bar**
600	6 + 1,9 + 4·2 + 1·4 = **19,9 bar**
800	6 + 1,9 + 4·3,5 + 1·5,5 = **27,5 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**460**	**14**	**18**	**1950**
PF2	**600**	**19**	**26**	**2325**
PF3	**800**	**30**	**42**	**3000**

De nuevo vemos como las predicciones teóricas se ajustan bastante bien a los valores medidos en el ensayo.

En este caso, volvemos a ensayar una instalación es la que es necesario aumentar el caudal por encima de los 400 L/min, para lo que se conecta una segunda línea de ataque (SOS) de la misma longitud. Observando los resultados vemos cómo podemos descargar **caudales excesivamente altos en una planta 6** y la bomba nos los proporciona sin dificultad alguna gracias a la etapa de alta presión.

Si hubiéramos testeado la misma configuración con la etapa de baja presión, quizás hubiéramos conseguido los 460 L/min, pero a un **régimen de giro infinitamente superior (de 1950 rpm en HP a 3200 rpm en NP)** para obtener el mismo punto de funcionamiento, de manera que **no estaríamos optimizando el equipo de trabajo**.

A continuación, se muestra la representación gráfica de los puntos de funcionamiento en alta presión, donde volvemos a ver cómo **podemos llegar a**

trabajar muy por encima de los valores que indica la norma EN 1028 sin ningún tipo de problema y sin romper ningún material.

Viendo la gráfica conviene reseñar la **tendencia a la planitud que experimentan las curvas de alta presión de la bomba Rosenbauer NH-35**, principalmente gracias a la modificación del conducto que va del cuerpo de alta presión al racor de salida. Gracias a esta modificación las variaciones de presión al abrir y cerrar lanzas son mucho menores, lo que hace que podamos trabajar con dos líneas de ataque sin dificultades.

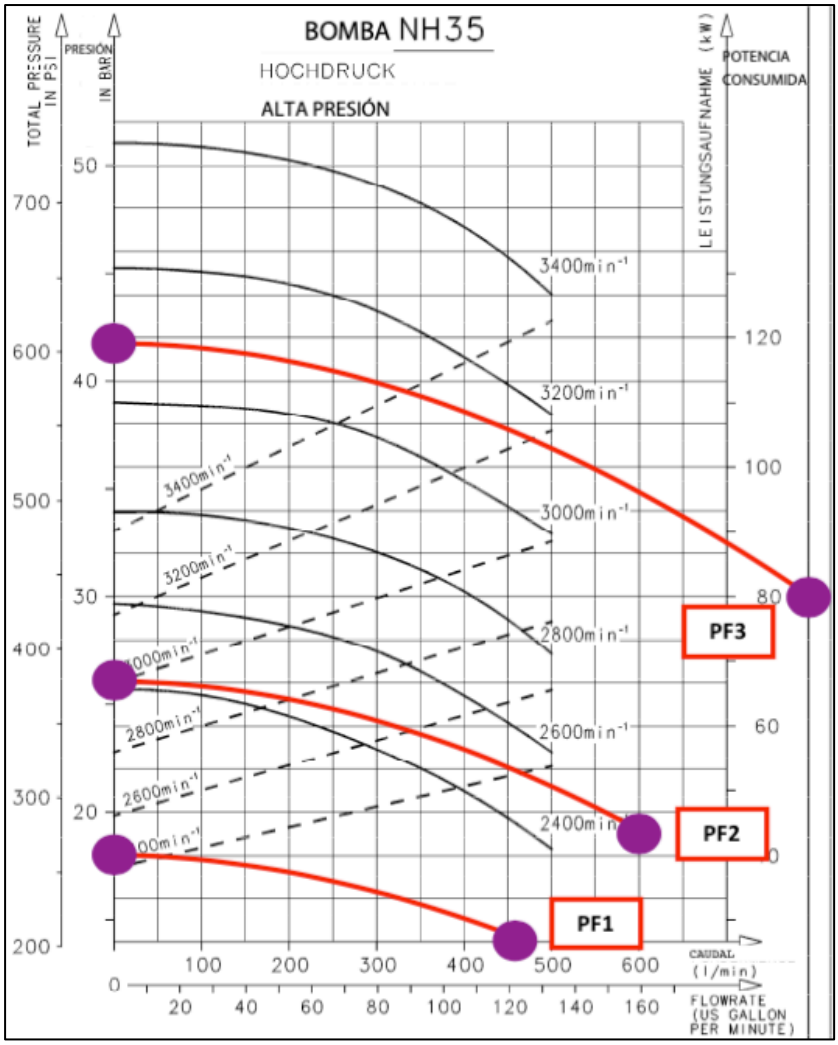


Figura 27. Curvas HP. Instalación 7. Parque de Roquetas.

2.2 JORNADA 2. TORRE GÉMINIS II

La segunda jornada se desarrolló en el edificio Géminis II, en Aguadulce (Roquetas de Mar), llevando a cabo instalaciones hidráulicas para el ataque de incendios urbanos en planta 15 (a 50 m de altura medidos con telémetro láser, por lo que *AG=5 bar*). El objetivo de esta segunda jornada era estudiar la forma más eficiente de garantizar los **400 L/min en una planta 15**, aunque **este valor se ha superado con creces** como se verá en los siguientes apartados.

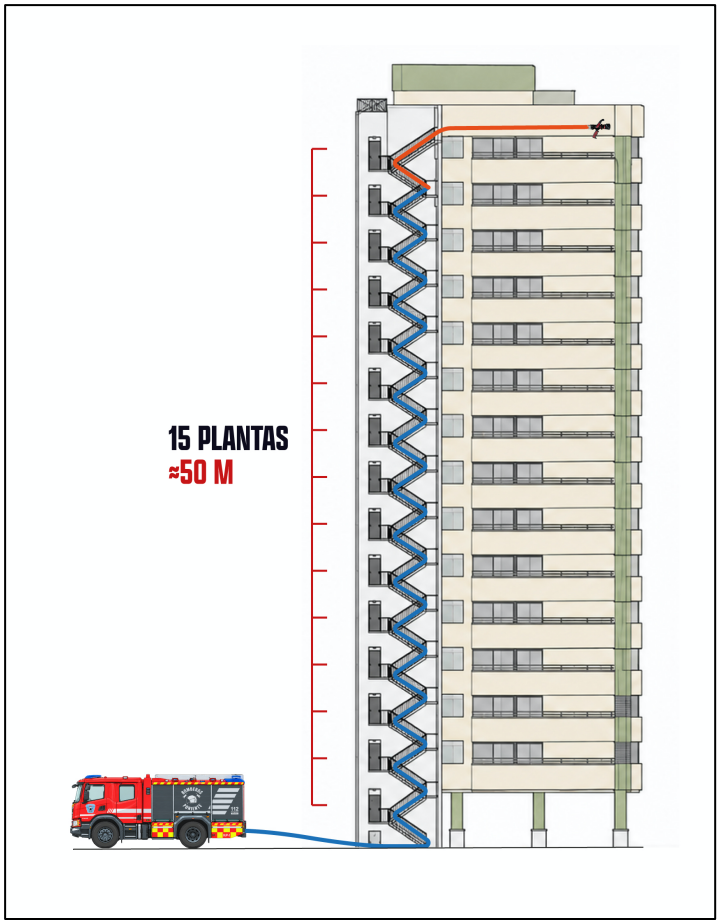


Figura 28. Representación gráfica de la Torre Géminis II.

Para garantizar el abastecimiento de la bomba de primera salida (BUP-3) durante los ensayos, se movilizó también a la Bomba Nodriza Pesada 6, con una capacidad de 11500 L de agua.

Inicialmente se plantearon 3 tipologías de instalación: desarrollo por escalera, instalación vertical y columna seca. Pero debido a la falta de tiempo se decidió priorizar el desarrollo por escalera, ya que, es la situación más desfavorable (y más común) que nos vamos encontrar.

Por otro lado, observando la ecuación [2] para el cálculo de la presión en bomba:

$$PL + AG + PC = PB$$

Y sustituyendo los valores invariables para este caso (*PL = 6 bar y AG = 5 bar*):

$$6 + 5 + PC = PB$$
$$11 + PC = PB$$

Si además tenemos en cuenta que la mayoría de bombas del territorio español **difícilmente llegan a 15 bar en la etapa de baja presión a régimen máximo**:

$$11 + PC = 15$$
$$\boldsymbol{PC = 4\ bar}$$

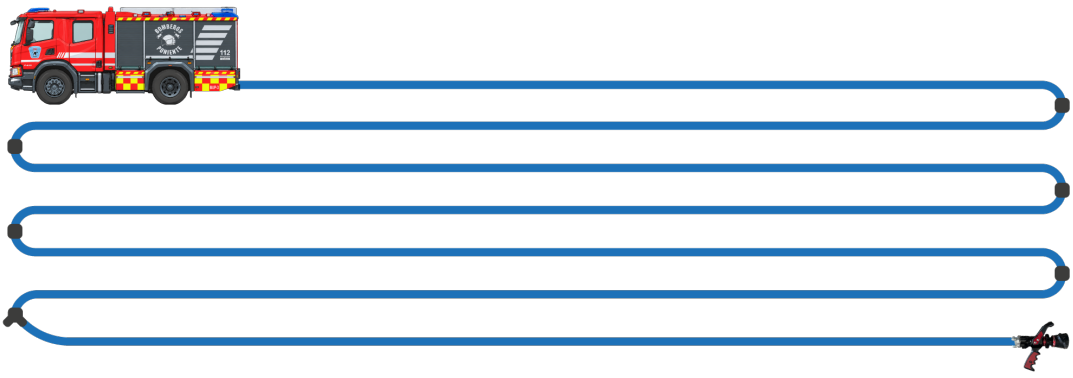
Despejando el término *PC* de la expresión se observa como obtenemos un **margen de trabajo en cuanto a pérdidas de carga se refiere de 4 bar, todo ello con la bomba girando al régimen máximo de revoluciones.** Dicho de otra manera, dispondríamos únicamente de 4 bar para pérdidas de carga en condiciones ideales, es decir, suponiendo que no existen pinzamientos en el tendido, válvulas a medio abrir, etc. **Todo esto se traduce en que los bomberos intervinientes disponen de un margen de seguridad mínimo en el que, si se produjera el más mínimo pinzamiento ya no dispondrían del caudal táctico en lanza, lo que podría desembocar en situaciones de grave riesgo a los intervinientes.**

Por esta razón, la mayoría de instalaciones se han realizado en **alta presión**, ya que se sobreentiende que no tiene sentido recurrir a la baja presión en este tipo de intervenciones.

2.2.1 INSTALACIONES DESARROLLADAS POR ESCALERA

El tendido de distribución se desplegó mediante arrastre por escalera de mochila *Tanker* en sentido descendente, desde la planta inferior al incendio hasta cota cero. El tendido de ataque se desarrolló mediante desplegado de palmera en planta inferior al incendio (planta 14). A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en los ensayos.

INSTALACIÓN 1 (7 x 45 mm HR)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
230	6 + 5 + 7·0,3 = **13,1 bar**
300	6 + 5 + 7·0,5 = **14,5 bar**
400	6 + 5 + 7·1 = **18 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**230**	**11,5**	**14**	**1550**
PF2	**310***	**14**	**17**	**1850**
PF3	**400**	**18**	**22,5**	**2100**

* El caudal medido es superior a 300 L/min, por lo que la presión en lanza era ligeramente superior a 6 bar (**estamos del lado de la seguridad**).

En este caso se realizó la instalación de distribución y ataque en 45 mm HR, por lo que la pérdida de carga por rozamiento era mínima. De nuevo se observa cómo los valores teóricos se aproximan bastante a los medidos en el ensayo.

Hay que destacar que estamos lanzando **230 L/min en una planta 15 con la bomba a ralentí**, es decir, prácticamente sin acelerar el motor del camión. Esto nos da una idea de las prestaciones que nos puede brindar la etapa de alta presión de nuestra bomba de primera salida. Por otro lado, **la etapa de baja presión no nos puede proporcionar el caudal táctico de 400 L/min en dicha planta.** Representando los puntos de funcionamiento en las curvas de la bomba se aprecia mejor en que régimen de trabajo nos encontramos.

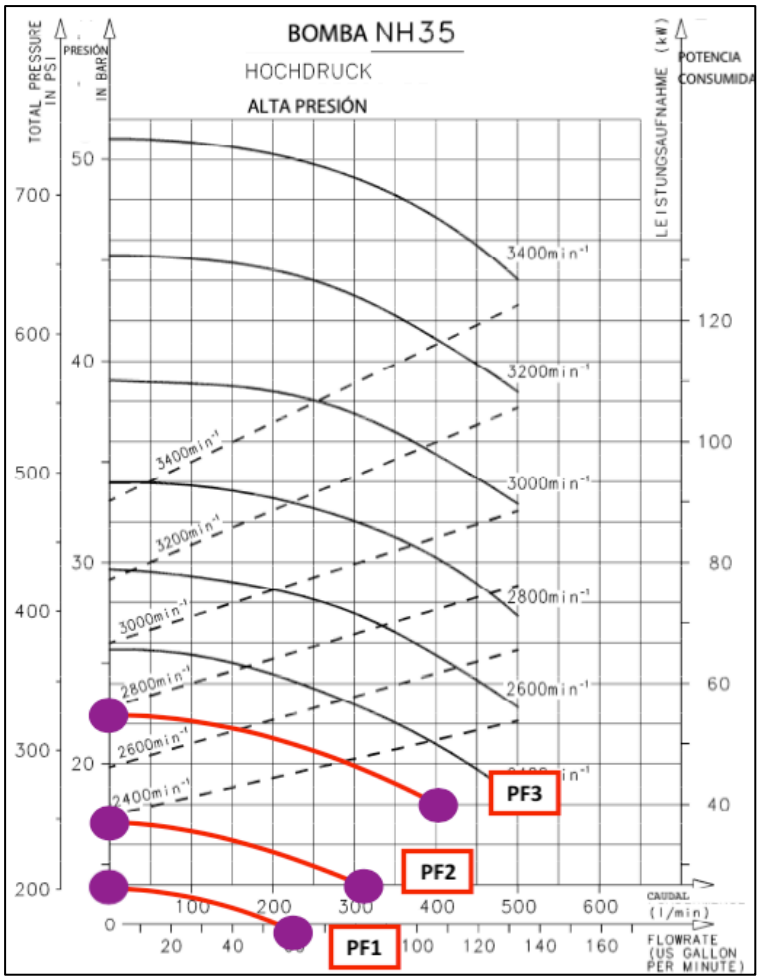
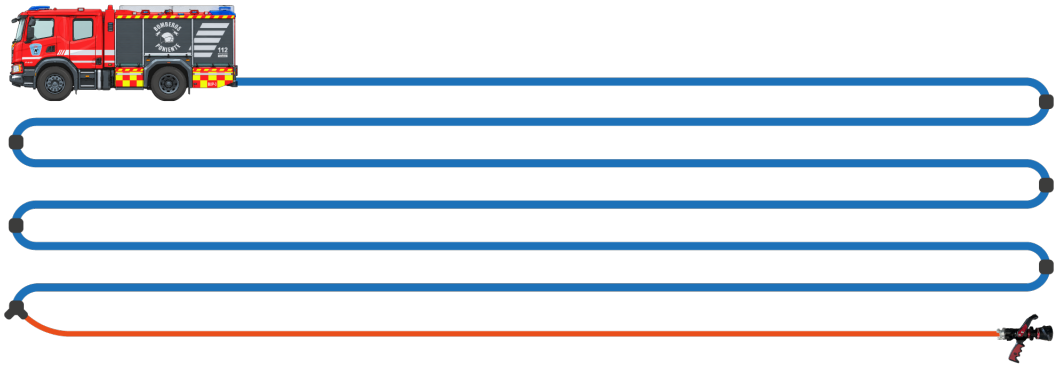


Figura 29. Curvas HP. Instalación 1. Torre Géminis II.

INSTALACIÓN 2 (6 x 45 mm HR + 1 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
230	6 + 5 + 6·0,3 + 1·1,5 = **14,3 bar**
300	6 + 5 + 6·0,5 + 1·4 = **18 bar**
400	6 + 5 + 6·1 + 1·5,5 = **22,5 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL* (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**260**	**12,5**	**14,5**	**1700**
PF2	**320**	**16**	**18**	**1900**
PF3	**430**	**22**	**26**	**2300**

* Los caudales medidos son superiores a los indicados en el selector, por lo que la presión en lanza era ligeramente superior a 6 bar (**estamos del lado de la seguridad**). Las presiones en bomba a 230, 300 y 400 L/min serían ligeramente inferiores.

Nuevamente se aprecia la proximidad entre los valores teóricos previstos y los valores reales medidos, recalcando la fiabilidad de los datos recogidos en el ensayo.

Esta instalación representa la tipología más común en el ámbito de los incendios urbanos en altura, ya que tenemos un tendido de distribución de 45 mm y un tendido de ataque de menor diámetro, en este caso de 28 mm, brindando de movilidad y ligereza a los intervinientes.

Hay que tener en cuenta que estamos descargando **430 L/min en una planta 15 (a 50 m de altura) con un tendido desarrollado por escalera**, es decir, la situación más desfavorable hidráulica y operativamente hablando. Con esto ya abarcaríamos el 95% de este tipo de siniestros. Sin embargo, la bomba trabaja a mitad de régimen, por lo que **aún tenemos un gran margen de seguridad** para llegar aún a plantas más altas o para paliar posibles incidencias que se pudieran dar, ya que, un incendio de vivienda es un entorno cambiante y desconocido para los primeros intervinientes como para ir al límite.

Como se comentó anteriormente, **no se conectó esta misma instalación a la etapa de baja presión**, ya que, únicamente podríamos abarcar el PF1 (230 L/min) y **no llegaríamos a disponer en lanza del caudal táctico objetivo de 400 L/min**. A continuación, se muestra la representación gráfica de los puntos de funcionamiento medidos:

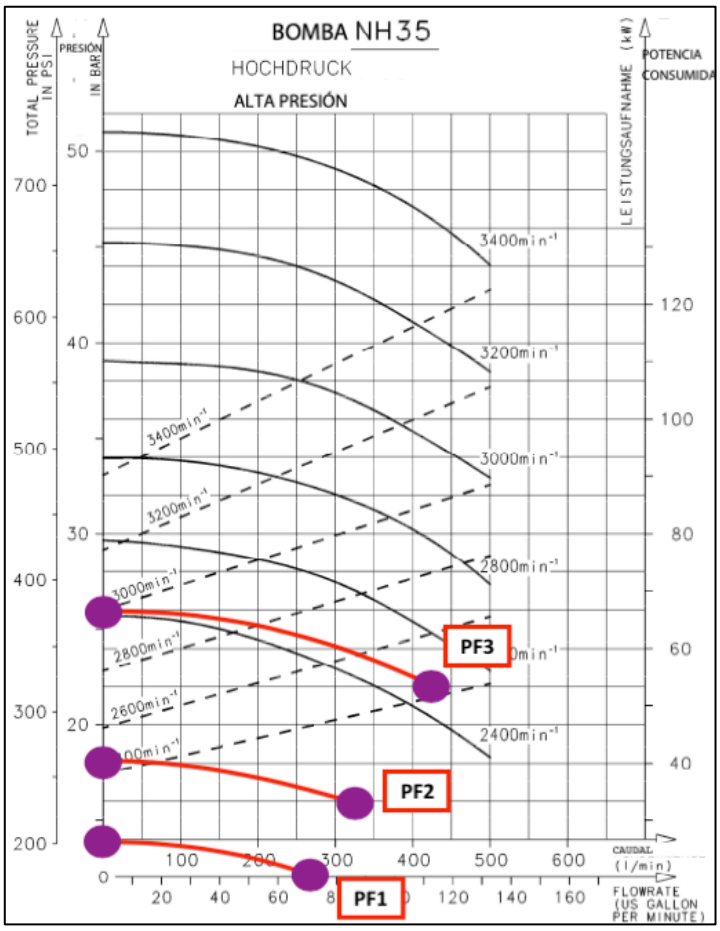
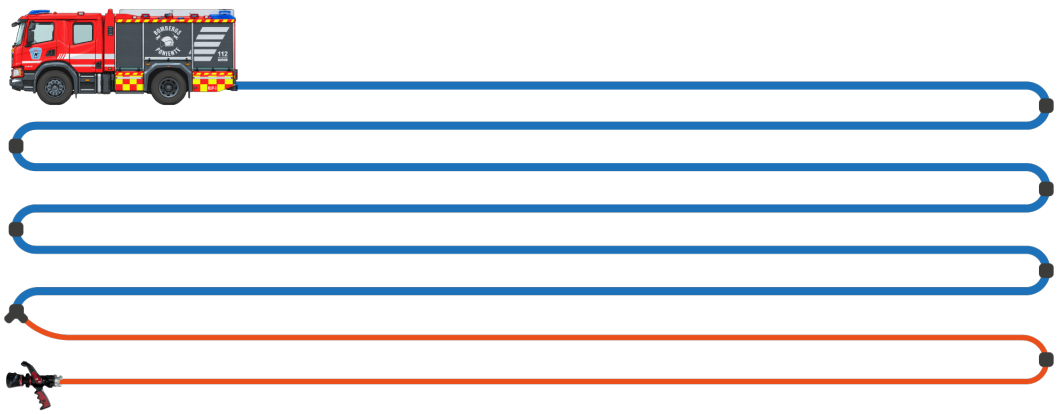


Figura 30. Curvas HP. Instalación 2. Torre Géminis II.

INSTALACIÓN 3 (6 x 45 mm HR + 1 línea de ataque 2 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO (PL+AG+PC=PB)**
230	6 + 5 + 6·0,3 + 2·1,5 = **15,8 bar**
300	6 + 5 + 6·0,5 + 2·4 = **22 bar**
400	6 + 5 + 6·1 + 2·5,5 = **28 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**230**	**13**	**14**	**1750**
PF2	**320***	**18**	**19**	**2000**
PF3	**400**	**25**	**30**	**2400**

* El caudal medido es superior a 300 L/min, por lo que la presión en lanza era ligeramente superior a 6 bar (**estamos del lado de la seguridad**).

De nuevo vemos como las predicciones teóricas se ajustan bastante bien a los valores medidos en el ensayo.

En este caso se plantea la misma instalación que el caso anterior, pero añadiendo un tramo más de línea de ataque, es decir, **40 m** en total. Se observa como los valores de presión en bomba son bastante contenidos para haber añadido un tramo más, lo que implica que aún podríamos añadir más tramos de ataque para llegar a cualquier punto de la planta afectada por el incendio con un margen de seguridad bastante holgado.

Por ejemplo, si se interviniera en un incendio en una planta 15 de un edificio de gran superficie y el binomio de ataque no pudiera llegar a atacar al incendio por falta de longitud, **con la etapa de alta presión tendríamos margen como para añadir tramos sin reparo, mientras que con la etapa de baja presión sería prácticamente imposible**. Este es un aspecto es de vital importancia de cara a la seguridad de los bomberos.

Esta instalación tampoco se testeó en baja presión, ya que, lo más probable es que no llegáramos a lanzar ni los 230 L/min del punto de funcionamiento 1 con la bomba al máximo de su capacidad.

Representando los puntos de funcionamiento en las curvas de alta presión:

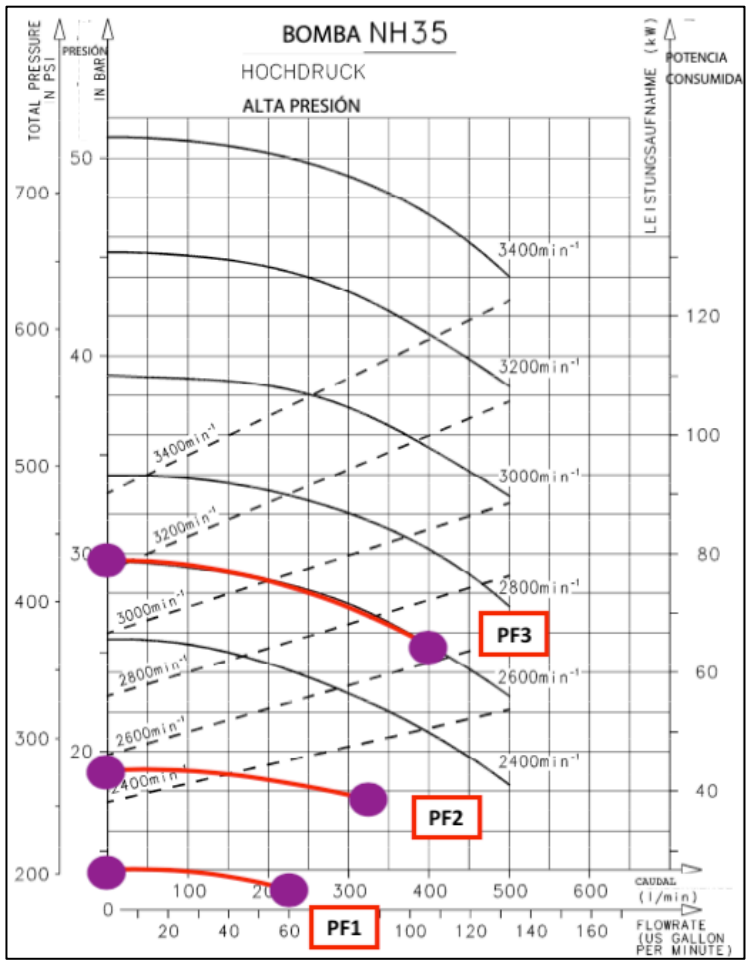
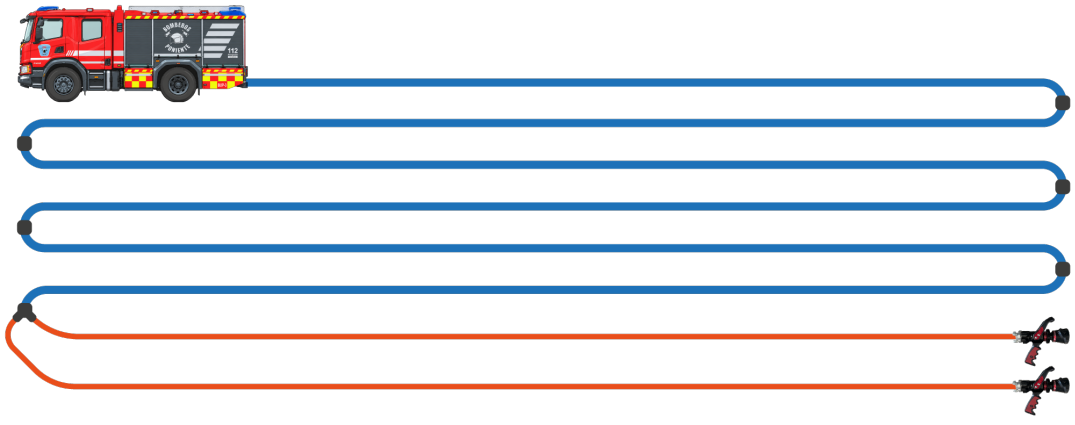


Figura 31. Curvas HP. Instalación 3. Torre Géminis II.

INSTALACIÓN 4 (6 x 45 mm HR + 2 líneas de ataque 1 x 28 mm)



DATOS TEÓRICOS PREVISTOS	
CAUDAL (L/min)	**CÁLCULO TEÓRICO** (PL+AG+PC=PB)
230 + 230 = 460	6 + 5 + 6·1,5 + 1·1,5 = **21,5 bar**
300 + 300 = 600	6 + 5 + 6·2 + 1·4 = **27 bar**
400 + 400= 800	6 + 5 + 6·3,5 + 1·5,5 = **37,5 bar**

DATOS MEDIDOS (ALTA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**460**	**16**	**20,5**	**2000**
PF2	**600**	**20**	**28**	**2370**
PF3	**800**	**34**	**46**	**3150**

DATOS MEDIDOS (BAJA PRESIÓN)				
PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	**CAUDAL (L/min)**	**PRESIÓN EN BOMBA (bar)**	**PRESIÓN DE CIERRE (bar)**	**REV. BOMBA (min^{-1})**
PF1	**460**	**16**	**16**	**3250**

Nuevamente se observa la buena aproximación entre los datos teóricos y los medidos en los ensayos, además de ser estos últimos inferiores a los teóricos, lo que nos indica que las pérdidas de carga son incluso menores a las consideradas en los cálculos.

En este caso se representa una situación es la que es necesario incrementar el caudal por encima de los 400 L/min, para lo cual es necesario añadir una segunda línea de ataque (SOS), ya que, descargar caudales más altos en una sola línea supondría incrementar la fuerza de reacción en lanza y la pérdida de carga.

Como se observa en las tablas superiores, estamos descargando **600 L/min en una planta 15 con una presión en bomba de 20 bar**, un dato bastante reseñable teniendo en cuenta que la bomba está trabajando a **2000 rpm (a menos del 50% de su capacidad)**.

Para demostrar las prestaciones que nos puede dar la etapa de alta presión de la bomba Rosenbauer NH-35, se incrementó el caudal total hasta los **800 L/min**, es decir, **400 L/min en cada una**, lo cual consideramos un caudal excesivamente alto para un incendio urbano que, aun así, podemos llegar a abarcar. Este caudal se consiguió a **34 bar en bomba** (medidos con el manómetro de la propia bomba) y **3150 rpm**, es decir, la bomba gira a un **régimen alto, pero no al 100% de su capacidad**.

En este caso si se testeó la misma instalación con la etapa de baja presión, llegando a conseguir el **punto de funcionamiento 1 (PF1) con la bomba girando al régimen máximo de revoluciones, cuando en alta presión se consiguió con apenas 2000 rpm** (entorno al 30% de su capacidad).

Si se representan los puntos de funcionamiento sobre las curvas de alta presión vemos cómo sobrepasamos con creces con valores que nos proporciona el fabricante, principalmente gracias a la modificación del conducto de alta presión **realizada y probada por Rosenbauer**. Además, como en todas las demás

pruebas, se aprecia claramente la tendencia a la planitud respecto a las curvas originales del fabricante.

Otro factor importante es que en todos los ensayos experimentales hemos obtenido velocidades de giro del rodete inferiores a las que obtenemos representando el punto sobre la curva. Por ejemplo, el PF2 se ha obtenido a 2370 rpm reales, mientras que interpolando de la curva teórica giraría a unas 2550 rpm, **casi 200 rpm menos**.

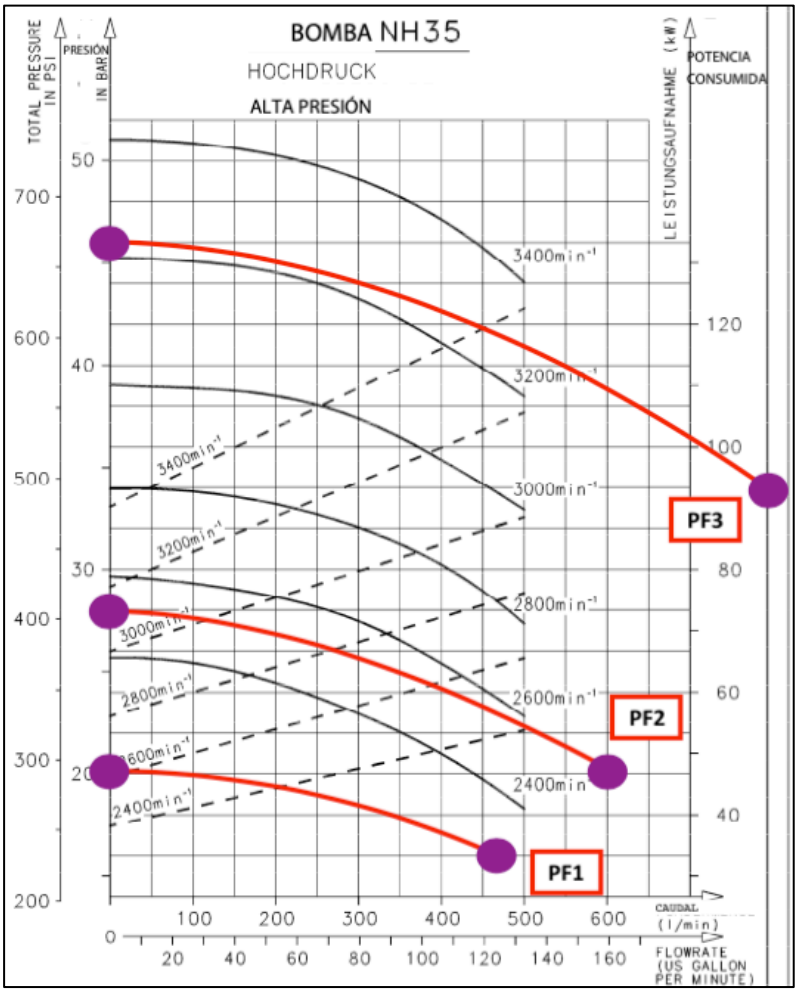


Figura 32. Curvas HP. Instalación 4. Torre Géminis II.

Representando el PF1 en las curvas de baja presión se aprecia en qué zona del rango de funcionamiento de la bomba nos encontramos, a pesar de ser un caudal relativamente “bajo” para esta etapa.

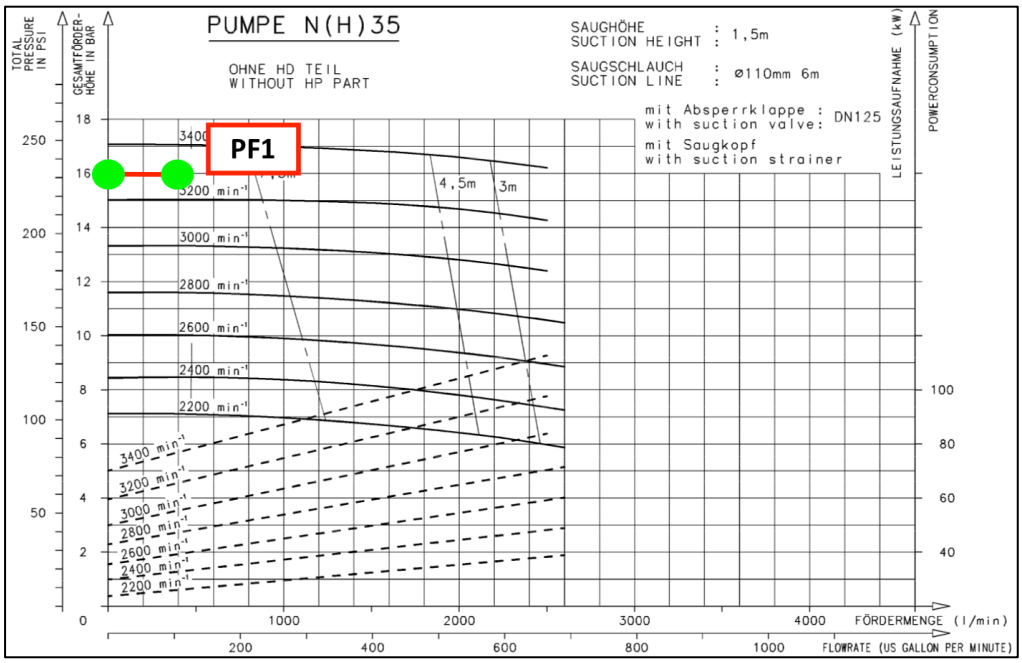


Figura 33. Curvas NP. Instalación 4. Torre Géminis II.

3. CONCLUSIONES

Una vez realizados todos los ensayos de ambas jornadas, volvimos al Palacio de Congresos de Aguadulce para ver y comentar los resultados obtenidos, de los cuales se pueden sacar varias conclusiones:

- Realizando una pequeña modificación de diámetro en la salida de alta presión de la bomba podemos mejorar notablemente la curva de la misma. Como se ha visto, en todos los ensayos la curva tiende a hacerse más plana que la original del fabricante, lo que se traduce en menores incrementos de presión al cerrar lanzas y en la posibilidad de descargar caudales a mayores presiones, sin incrementar las revoluciones del rodete. De hecho, los valores de velocidad angular del rodete (revoluciones por minuto) que hemos obtenido en todas las pruebas son notablemente inferiores a los que obtendríamos representando el punto de funcionamiento en las curvas del fabricante e interpolando las revoluciones, lo cual es muy buena señal.

- Se ha demostrado que, disponiendo de los materiales adecuados, se puede trabajar en alta presión sin ningún tipo de problema y sin averiar ningún equipo de trabajo. De hecho, de esta manera optimizamos al máximo el equipo de trabajo, ya que, en la mayoría de incendios urbanos la bomba trabaja como mucho a mitad de régimen, lo que nos da margen para añadir más tramos de manguera o para incrementar el caudal de ataque en caso de que sea necesario.

- Se ha visto como al conectar los mismos tendidos a la etapa de baja presión la bomba giraba al máximo de revoluciones y no llegaban los 6 bar de referencia a lanza, por lo que no estaríamos aplicando el caudal indicado en el selector, poniendo en riesgo tanto a los intervinientes como a posibles víctimas.

- El hecho de trabajar con la bomba al régimen máximo de revoluciones en un incendio urbano en altura supone también un riesgo para los bomberos intervinientes, ya que, en el momento que se produzca un pinzamiento (o cualquier otro contratiempo) el caudal disponible en lanza disminuirá considerablemente y no habrá margen para corregir la presión en bomba, dejando a los bomberos "vendidos" ante el fuego. Como se ha visto anteriormente, una bomba cualquiera en su etapa de baja presión puede llegar a unos 15-16 bar en el mejor de los casos (esto no es lo normal). Para el caso de una planta 15 (a 50 m de altura) eso nos deja unos 4 bar de margen para pérdidas de carga, un valor bastante restrictivo que nos obligaría a emplear mangueras de mayor diámetro con un riesgo de pinzamiento bastante alto dadas las dimensiones de las escaleras en el territorio español.

- Es necesaria una actualización de la normativa actual de lanzas, racores y bifurcaciones para evitar confusiones o interpretaciones erróneas y adaptarla a las prestaciones de las bombas contra incendios actuales. Tenemos constancia de que se está trabajando en una revisión de la norma UNE 23400 (racores Barcelona) por parte de varios fabricantes, lo cual es una gran noticia.

Durante el desarrollo de las jornadas se ha visto cómo podemos llegar a un mismo punto de funcionamiento (presión y caudal) de dos maneras muy distintas, la alta y la baja presión. **Hemos demostrado con datos experimentales cómo a través de la etapa de alta presión podemos alcanzar dicho punto de una forma mucho más asequible que con la etapa de baja presión**.

Desde el Consorcio de Bomberos del Poniente Almeriense avalamos el uso de la ALTA PRESIÓN para el ataque de incendios urbanos en altura. Como se ha evidenciado, representa la forma más segura y eficiente de trabajar en este tipo de intervenciones tan complejas.