

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de la Energía

Análisis de Válvulas de Seguridad en Instalaciones Solares Térmicas

Autor: Adrián Jarillo Ríos

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

Departamento de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Trabajo de Fin de Grado
Ingeniería de la Energía

Análisis de Válvulas de Seguridad en Instalaciones Solares Térmicas

Autor:

Adrián Jarillo Ríos

Tutor:

Isidoro Lillo Bravo

Profesor contratado doctor.

Departamento de Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo de Fin de Grado: Análisis de Válvulas de Seguridad en Instalaciones Solares Térmicas

Autor: Adrián Jarillo Ríos

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

Gracias a mi familia por apoyarme en todo momento con mis estudios.

A mi tutor, Don Isidoro Lillo Bravo, por ayudarme a guiarme y a resolver todas mis dudas a la hora de realizar este trabajo.

Y a Don Jonathan Vera Medina, ya que sin su entrega y dedicación a la hora de realizar los ensayos esto no habría sido posible.

Resumen

En este proyecto se analiza el óptimo funcionamiento de las válvulas de seguridad en instalaciones solares térmicas, primero con un enfoque desde el punto de vista teórico, y más tarde realizando experimentos para ver si estos coinciden con la teoría. Se propondrá una línea de trabajo para el tarado de las válvulas de seguridad en sistemas solares prefabricados para la norma EN 12976:2006 (“Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados.”), debido a que una de las razones de mayor importancia de fallo de estos sistemas es la apertura de estas antes de llegar a la presión de tarado, lo que provoca la pérdida de anticongelante.

Primero, se hará una revisión bibliográfica sobre las válvulas de seguridad para entender el comportamiento que deberían tener en casos reales, así como su curva de funcionamiento. Además, se expondrá la norma que rige el ensayo de las válvulas de seguridad, la EN 1489:2001 (“Válvulas para la edificación. Válvulas de seguridad. Ensayos y requisitos.”) y se analizará en profundidad.

A continuación, se describirán las válvulas que se ensayaron y el procedimiento seguido, para más tarde plasmar los resultados de los ensayos y realizar un análisis comparativo entre las distintas válvulas y entre las mismas válvulas con distinta temperatura de trabajo, y se llegarán a unas conclusiones que determinen la línea de trabajo propuesta para el tarado de válvulas en la norma EN 12976:2006.

ÍNDICE

1.- Introducción.....	12
2.- Objeto.....	13
3.- Revisión bibliográfica.....	14
3.1.- Definición de válvula de seguridad.....	14
3.2.- Tipos de válvulas de seguridad.....	14
3.3.- Partes de las válvulas de seguridad.....	15
3.4.- Materiales constructivos de las válvulas de seguridad.....	16
3.5.- Método de ensayo de las válvulas de seguridad según la Norma EN 1489:2001.....	17
3.5.1.- Definiciones.....	17
3.5.2.- Ensayo de estanqueidad al agua.....	18
3.5.3.- Ensayo de presión nominal.....	19
3.5.4.- Crítica.....	19
3.6.- Funcionamiento de las válvulas de seguridad.....	20
3.7.- Tarado de las válvulas de seguridad.....	22
4.- Descripción de las válvulas utilizadas en los ensayos.....	23
4.1.- Novasfer 2,5 bar.....	23
4.2.- Orkli 2,5 bar.....	24
4.3.- Watt 3 bar.....	25
4.4.- Novasfer 6 bar.....	26
4.5.- Caleffi 8 bar.....	27
4.6.- Chromagen 8 bar.....	28
4.7.- Resumen.....	29
5.- Procedimiento de ensayo.....	30
6.- Resultados de los ensayos realizados.....	35
6.1.- Ensayos con agua fría.....	35
6.1.1.- Novasfer 2,5 bar.....	35
6.1.1.1.- Ensayo 1.....	35
6.1.1.1.1.- Mediciones realizadas.....	36
6.1.1.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	36
6.1.1.1.3.- Resumen.....	37

6.1.1.2.-	Ensayo 2.....	38
6.1.1.2.1.-	Mediciones realizadas.....	38
6.1.1.2.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	38
6.1.1.2.3.-	Resumen.....	39
6.1.2.-	Orkli 2,5 bar.....	40
6.1.2.1.-	Ensayo 1.....	40
6.1.2.1.1.-	Mediciones realizadas.....	40
6.1.2.1.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	40
6.1.2.1.3.-	Resumen.....	41
6.1.2.2.-	Ensayo 2.....	42
6.1.2.2.1.-	Mediciones realizadas.....	42
6.1.2.2.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	42
6.1.2.2.3.-	Resumen.....	43
6.1.3.-	Watt 3 bar.....	44
6.1.3.1.-	Ensayo 1.....	44
6.1.3.1.1.-	Mediciones realizadas.....	44
6.1.3.1.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	44
6.1.3.1.3.-	Resumen.....	45
6.1.3.2.-	Ensayo 2.....	46
6.1.3.2.1.-	Mediciones realizadas.....	46
6.1.3.2.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	46
6.1.3.2.3.-	Resumen.....	47
6.1.4.-	Novasfer 6 bar.....	48
6.1.4.1.-	Ensayo 1.....	48
6.1.4.1.1.-	Mediciones realizadas.....	48
6.1.4.1.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	48
6.1.4.1.3.-	Resumen.....	49
6.1.5.-	Caleffi 8 bar.....	50
6.1.5.1.-	Ensayo 1.....	50
6.1.5.1.1.-	Mediciones realizadas.....	50
6.1.5.1.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	50
6.1.5.1.3.-	Resumen.....	51
6.1.6.-	Chromagen 8 bar.....	52
6.1.6.1.-	Ensayo 1.....	52
6.1.6.1.1.-	Mediciones realizadas.....	52
6.1.6.1.2.-	Gráfica de las mediciones suavizada.....	52
6.1.6.1.3.-	Resumen.....	53

6.2.- Ensayos con agua caliente.....	54
6.2.1.- Novasfer 2,5 bar.....	54
6.2.1.1.- Ensayo 1.....	54
6.2.1.1.1.- Mediciones realizadas.....	54
6.2.1.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	54
6.2.1.1.3.- Resumen.....	55
6.2.1.2.- Ensayo 2.....	56
6.2.1.2.1.- Mediciones realizadas.....	56
6.2.1.2.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	56
6.2.1.2.3.- Resumen.....	57
6.2.2.- Orkli 2,5 bar.....	58
6.2.2.1.- Ensayo 1.....	58
6.2.2.1.1.- Mediciones realizadas.....	58
6.2.2.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	58
6.2.2.1.3.- Resumen.....	59
6.2.2.2.- Ensayo 2.....	60
6.2.2.2.1.- Mediciones realizadas.....	60
6.2.2.2.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	60
6.2.2.2.3.- Resumen.....	61
6.2.3.- Watt 3 bar.....	62
6.2.3.1.- Ensayo 1.....	62
6.2.3.1.1.- Mediciones realizadas.....	62
6.2.3.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	62
6.2.3.1.3.- Resumen.....	63
6.2.4.- Novasfer 6 bar.....	64
6.2.4.1.- Ensayo 1.....	64
6.2.4.1.1.- Mediciones realizadas.....	64
6.2.4.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	64
6.2.4.1.3.- Resumen.....	65
6.2.5.- Caleffi 8 bar.....	66
6.2.5.1.- Ensayo 1.....	66
6.2.5.1.1.- Mediciones realizadas.....	66
6.2.5.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	66
6.2.5.1.3.- Resumen.....	67

6.2.6.- Chromagen 8 bar.....	68
6.2.6.1.- Ensayo 1.....	68
6.2.6.1.1.- Mediciones realizadas.....	68
6.2.6.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada.....	68
6.2.6.1.3.- Resumen.....	69
7.- Análisis comparativo de las válvulas a la misma temperatura.....	70
7.1.- Análisis comparativo ensayo frío.....	70
7.2.- Análisis comparativo ensayo caliente.....	72
8.- Análisis comparativo de las válvulas según la temperatura.....	74
8.1.- Novasfer 2,5 bar.....	74
8.2.- Orkli 2,5 bar.....	76
8.3.- Watt 3 bar.....	78
8.4.- Novasfer 6 bar.....	80
8.5.- Caleffi 8 bar.....	81
8.6.- Chromagen 8 bar.....	82
9.- Línea de trabajo futura.....	83
10.- Conclusiones.....	85
11.- Bibliografía.....	86
I.- Anexo 1: Catálogos de las válvulas ensayadas.....	87

1.- Introducción

España es uno de los países con mejor localización geográfica para el aprovechamiento de la energía solar, debido a que es de los que recibe mayores horas de sol. Si esto se une al creciente interés por el aprovechamiento de las energías renovables para ir sustituyendo poco a poco las fuentes de energía no renovables, es evidente que la instalación de sistemas de energía solar está en auge.

Las leyes y normativas respecto a las energías renovables se han ido modificando a lo largo de los años. El Código Técnico de la Edificación (CTE) lanzó numerosas propuestas con el fin de fomentar la autosuficiencia de los edificios.

Uno de sus normativas es el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE), que está compuesto por 5 capítulos referentes a la demanda energética, al rendimiento de las instalaciones térmicas, al rendimiento de la iluminación, a la contribución solar de agua caliente y a la contribución solar fotovoltaica.

En el DB-HE4, se obliga a que una parte de la necesidad energética del edificio se cubra mediante sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar a baja temperatura, teniendo en cuenta la localización y la demanda de agua caliente del edificio.

Una de las razones con mayor importancia de fallo de un sistema solar prefabricado es la apertura de las válvulas de seguridad antes de llegar a la presión de tarado, lo que provoca la pérdida de anticongelante. Por tanto, es importante que las mismas estén taradas de correctamente. Si la presión de tarado de la válvula de seguridad es mayor que la que es capaz de soportar el acumulador, éste último puede sufrir rotura. Si la presión de tarado de la válvula de seguridad inferior a la que es capaz de soportar el acumulador y además su valor es relativamente bajo, se puede producir pérdida de líquido anticongelante con la exposición solar. En éste último caso, el sistema solar prefabricado puede dejar de funcionar correctamente.

Por ello, es importante analizar el método de tarado de las válvulas y su funcionamiento en sistemas solares reales para comprobar si realmente tienen un funcionamiento óptimo en el sistema.

2.- Objeto

El objeto de este proyecto es analizar el óptimo funcionamiento de las válvulas de seguridad en instalaciones solares térmicas, desde el punto de vista teórico y práctico.

Por otro lado, realizar un análisis comparativo entre distintas válvulas de seguridad de marcas comerciales diferentes mediante ensayos, para comparar la presión a la que abre cada una, así como la influencia de la temperatura en dicha presión.

Introducir una línea de trabajo futura para el tarado de las válvulas de seguridad en sistemas solares prefabricados para la norma EN 12976:2006 (“Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados.”).

3.- Revisión bibliográfica

3.1.- Definición de válvula de seguridad

Son dispositivos empleados para evacuar del sistema el caudal de fluido necesario de tal forma que no se supere la presión del elemento que se quiere proteger. Pueden ser de apertura instantánea o de alivio de presión. Al ser el fluido de trabajo un líquido, las válvulas de seguridad utilizadas serán de este último tipo, abren proporcionalmente al incremento de presión producido

Se encargan de limitar la presión del agua en el depósito acumulador a un valor determinado, mediante la descarga de agua al dispositivo de drenaje. En el caso de que falle el control de temperatura, evacuará la energía almacenada en el fluido en forma de vapor.

Las válvulas de seguridad están diseñadas para aliviar un aumento de la presión interna del fluido, debido a la exposición a condiciones anormales de operación o a emergencias. [1] [4]

3.2.- Tipos de válvulas de seguridad

a) Según su elevación

- Válvulas de seguridad de apertura instantánea: Cuando se supera la presión de tarado la válvula abre repentina y totalmente.
- Válvulas de alivio de presión: Cuando se supera la presión de tarado, la válvula abre proporcionalmente al aumento de presión.

b) Según su actuación

- Válvulas de actuación directa: Son válvulas cargadas axialmente, que al alcanzar la presión de tarado abren automáticamente debido a la acción del fluido a presión sobre el cierre de la válvula.
- Válvulas de actuación indirecta: Son válvulas accionadas por piloto. Deben actuar debidamente sin ayuda de ninguna fuente exterior de energía.

c) Según su agrupación

- Válvulas de seguridad sencilla: Son las que alojan en su cuerpo a un solo asiento de válvula.
- Válvulas de seguridad dobles o múltiples: Son las que alojan en su cuerpo dos o más asientos de válvulas.

d) Según su conexión

- Embridadas.
- Roscadas.
- Soldadas.

[1]

3.3.- Partes de las válvulas de seguridad

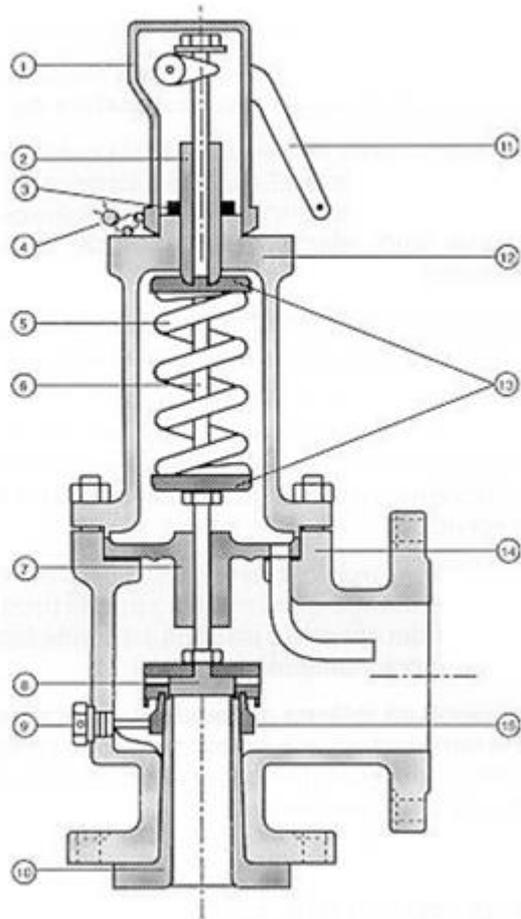


Figura 1. Esquema de una válvula de seguridad.

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1) Caperuza. | 9) Tornillo de fijación del anillo de ajuste. |
| 2) Tensor. | 10) Tobera de entrada. |
| 3) Contratuerca fijación regulación. | 11) Palanca de apertura manual. |
| 4) Precinto. | 12) Cúpula. |
| 5) Resorte. | 13) Placas resorte. |
| 6) Vástago. | 14) Cuerpo. |
| 7) Tapa guía. | 15) Anillo de ajuste o regulación. |
| 8) Disco de cierre | |

[1] [4]

3.4.- Materiales constructivos de las válvulas de seguridad.

Excepto cuando las válvulas de seguridad están descargando, las únicas partes en contacto con el fluido de trabajo son el disco y la tobera de entrada. Por tanto, el resto de componentes pueden ser fabricados de materiales estándar para la mayoría de aplicaciones. No obstante, hay algunas excepciones, en las cuales se deben usar materiales especiales, como:

- Aplicaciones criogénicas.
- Fluidos corrosivos.
- Donde la contaminación del fluido descargado no está permitida.
- Cuando la válvula descarga en un colector que contiene fluidos corrosivos descargados por otra válvula.

Los materiales más usados en la construcción de las válvulas de seguridad son:

- Bronce: usado generalmente para pequeñas válvulas con aplicaciones en vapor, aire o agua caliente (hasta 15 bar).
- Hierro fundido: hasta 17 bar.
- Hierro dúctil: usado para sustituir las válvulas hechas de hierro fundido cuando se necesitan válvulas con más presión (hasta 25 bar).
- Acero inoxidable austenítico: usado en aplicaciones farmacéuticas, alimentarias...

Es importante que las partes móviles no se degraden o se produzca corrosión en ellas fácilmente. Por ello, el disco y la tobera de entrada deben resistir los efectos de la erosión y la corrosión. Generalmente, se fabrican de acero inoxidable austenítico.

El muelle es un elemento crítico de las válvulas de seguridad y debe proporcionar una actuación fiable dentro de los parámetros requeridos. Suele ser fabricado de acero al carbono para temperaturas moderadas o tungsteno, si las temperaturas son elevadas y no hay corrosión, o acero inoxidable austenítico si además hay corrosión.

[1] [4] [5] [6]

3.5.- Método de ensayo de las válvulas de seguridad según la Norma EN 1489:2001

La Norma EN 12976:2006 (sobre la que se va a realizar la propuesta en este trabajo), establece distintos requisitos para las válvulas de seguridad en sistemas solares prefabricados:

- Cada sección del campo de captadores, que pueda ser aislada del resto, debe de esta provista al menos de una válvula de seguridad.
- Debe de resistir las condiciones de temperatura a la cual está expuesta, especialmente las mayores que puedan ocurrir.
- Debe resistir el medio de transferencia de calor.
- Debe de estar dimensionada de tal forma que pueda descargar el mayor caudal de agua caliente o vapor que pueda ocurrir.
- Deben estar colocadas de forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua dentro de ellas. El orificio de salida de la válvula debe estar dispuesta de tal forma que el vapor o medio de transferencia que salga de la válvula no causen ningún riesgo para las personas, materiales o al medio ambiente.
- Las válvulas de seguridad deben de cumplir la norma EN 1489:2001.

Por tanto, el método de ensayo seguido para determinar las características técnicas de las válvulas es el recogido en la norma EN 1489:2001.

[2] [3]

3.5.1.- Definiciones

1) Presión nominal de regulación: la presión nominal de la válvula, fijada en fábrica (con esta definición se entiende que esta es la presión de tarado)

2) Presión de estanqueidad: presión hasta la cual está cerrada la válvula de seguridad

$$P_{\text{estanqueidad mínima}} = 0.95 * P_{\text{nominal regulación}}$$

3) Presión de apertura: presión a la cual se mide un caudal de 2,4 litros/hora en la válvula de seguridad.

$$P_{\text{apertura}} = 1.1 * P_{\text{nominal regulación}}$$

4) Presión de caudal nominal: es la presión para la cual la capacidad de descarga de agua de la válvula de seguridad se corresponde con el caudal nominal.

$$P_{\text{caudal nominal}} = 1.2 * P_{\text{nominal regulación}}$$

5) Presión de cierre: es la presión a la cual se cierra la válvula de seguridad después de haber alcanzado la presión de caudal nominal

$$P_{\text{cierre}} = 0.75 * P_{\text{nominal regulación}}$$

[1][3] [4] [5]

3.5.2.- Ensayo de presión de estanqueidad al agua

Hay que conectar la válvula de seguridad al equipo con el agua (agua pura, sin glicol) a una temperatura de 25°C.

("Presión de estanqueidad: presión hasta la cual está cerrada la válvula de seguridad;

$$P_{\text{estanqueidad mínima}} = 0.95 * P_{\text{nominal regulación}}")$$

Procedimiento:

Incrementar la presión hasta que se abra la válvula de seguridad.

Requisito:

La presión de apertura de la válvula de seguridad debe estar entre P_e y P_{dn} .

Procedimiento:

Disminuir la presión hasta $0,4 P_{nr}$.

Incrementar la presión hasta $0,95 P_{nr}$ (presión de estanqueidad) durante un período de 120 s.

Requisito:

La válvula de seguridad debe permanecer estanca al agua durante un período de 120 s.

[3]

3.5.3.- Ensayo de presión de apertura nominal

Hay que conectar la válvula de seguridad al equipo con el agua (agua pura, sin glicol) a una temperatura de 25°C.

("Presión de apertura: presión a la cual se mide un caudal de 2,4 litros/hora en la válvula de seguridad;

$$P_{\text{apertura}} = 1.1 * P_{\text{nominal regulación}}")$$

Procedimiento:

Incrementar la presión del agua hasta que se alcance un caudal de 2,4 litros/hora. Registrar la medida como la presión de apertura P_o .

Requisito:

La presión P_o no debe sobrepasar el valor $1,05 P_{nr}$.

[3]

3.5.4.- Crítica

En los ensayos sobre válvulas que se realizaron en el laboratorio, los cuales se describirán posteriormente, el ensayo de estanqueidad al agua es el que cobrará mayor importancia, ya que es el de mayor interés ya que se comprueba si la válvula descarga a menor presión de la que debería, lo que provoca la pérdida de anticongelante y el colapso de la instalación. El procedimiento parece ser bastante fiable. Llegar hasta el 95% de presión de tarado (en una válvula de 3 bar sería llegar hasta 2,85 bar; en una válvula de 2,5 bar sería llegar hasta 2,37 bar) sin que se abra la válvula. Si este ensayo se ha hecho en una válvula y abre mucho antes de la presión de tarado solo queda pensar que las condiciones de temperatura o el hecho de ensayar con agua con glicol hacen que esto se desvirtúe.

[6]

3.6.- Funcionamiento de las válvulas de seguridad

Se activan debido a la presión estática. Conforme el resorte empieza a comprimirse, su fuerza aumenta. Esto significa que la presión tiene que seguir aumentando antes de que se lleve a cabo ninguna acción y se evacue fluido a través de la válvula. Cuando en el acumulador se produce un aumento de presión interna, hasta alcanzar la presión de tarado, la fuerza ejercida por el resorte de la válvula es equilibrada por la fuerza producida por la presión sobre el área del disco de cierre (Fig. 1).

La fuerza que hace que el disco se cierre viene del resorte, el cual suele ser de acero al carbono. Generalmente, se puede ajustar el nivel de compresión del resorte, usando el ajustador del resorte, para cambiar la presión a la que el disco es desplazado de su lugar inicial.

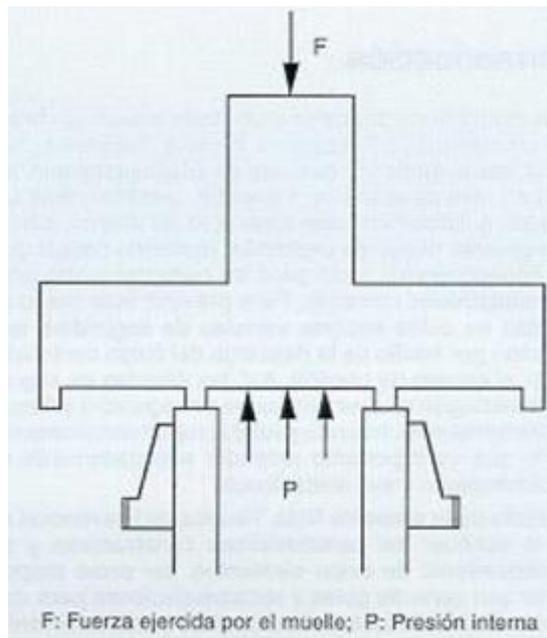


Figura 2. Fuerzas sobre el disco.

A partir de aquí, un pequeño aumento de presión producirá el levantamiento (lift) del disco de cierre y permitirá la salida del fluido. La fuerza de levantamiento del disco es proporcional a la presión del fluido por el área expuesta al mismo, por lo que mientras más va entrando, más aumenta y más rápido se realiza la apertura. La presión adicional requerida antes de que la válvula de seguridad realice la descarga es la denominada "sobrepresión". Para líquidos, esta suele estar entre el 10% y el 25%.

Una vez que las condiciones normales de operación han sido restablecidas, la válvula se cierra de nuevo. No obstante, como consecuencia de la energía cinética del fluido en el escape, no se cerrará hasta que la presión haya caído por debajo de la presión de tarado original. La diferencia entre esta presión y la original es conocida como "escape", y se suele expresar en porcentaje respecto a la presión de tarado. Para líquidos, puede ser de hasta un 20%.

En la figura 2 se pueden apreciar los diferentes niveles de presión existentes. Son a diferencia de otros dispositivos de alivio (discos de rotura, tapones fusibles térmicos, etc.) mecanismos diseñados para cerrar cuando la presión haya sido restablecida, quedando en disposición de actuar y prevenir un nuevo alivio del fluido.

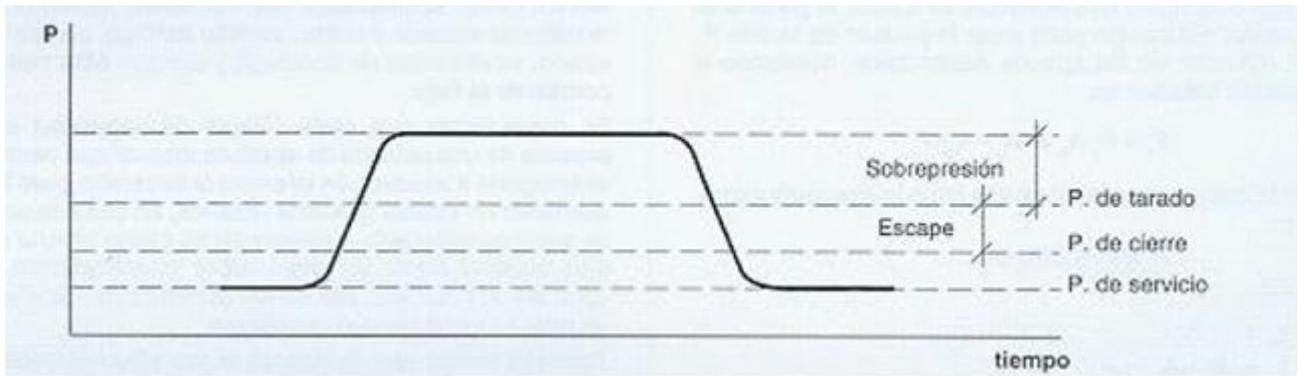


Figura 3. Curva de funcionamiento de una válvula de seguridad.

En la figura 4 se puede observar el proceso de apertura y cierre de la válvula explicado anteriormente.

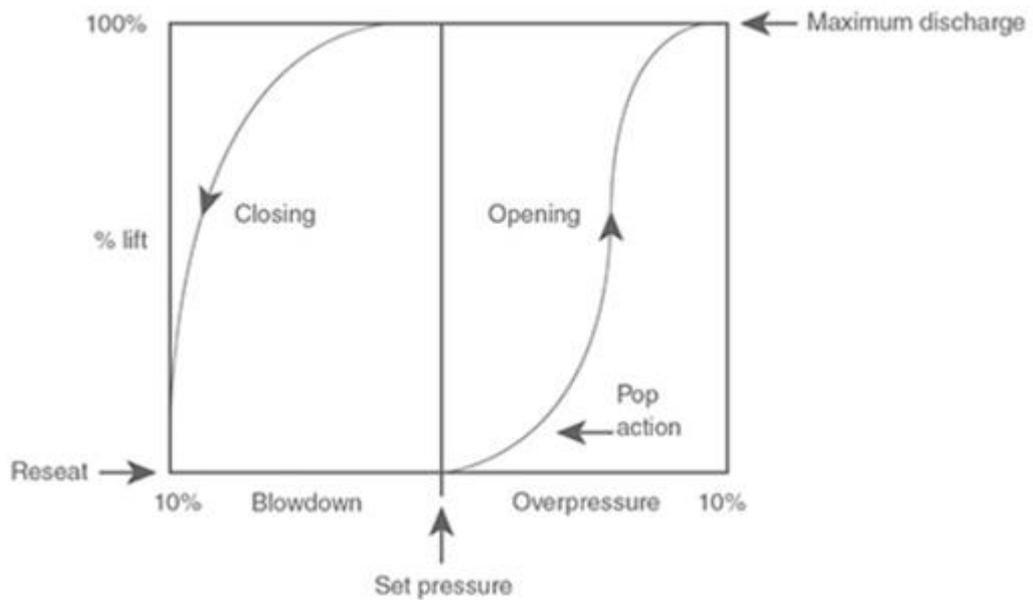


Figura 4. Proceso de apertura y cierre de una válvula de seguridad.

[1] [3] [4]

3.7.- Tarado de las válvulas de seguridad.

En cuanto al valor del tarado, en general y como criterio preventivo, la presión de tarado de las válvulas de seguridad instaladas en un equipo no sobrepasará la presión de diseño ni la máxima de servicio del equipo y el dimensionado del conjunto de válvulas que protegen el equipo debe ser tal que permita aliviar la cantidad de fluido necesario para que el aumento de presión no exceda del 10 por 100 de la presión de tarado para cualquier condición de funcionamiento, y con ésto nos referimos a las condiciones más desfavorables posibles.

No es conveniente que el tarado sea igual o muy cercano a la presión de servicio, ya que de ser así, estarían continuamente abriendo y aliviando fluido, así pues es importante respetar un cierto diferencial de presión entre la presión de servicio y la de tarado. Por ello, si los ensayos de tarado de las válvulas no dan valores cercanos a los de la presión de apertura real, el funcionamiento del sistema se ve afectado con continuas aperturas innecesarias en el caso de que abran a menor presión que la de tarado, o con el dañado de los equipos si abren a mayor presión que la de tarado.

[1] [4] [6]

4.- Descripción de las válvulas utilizadas en los ensayos

En este apartado se exponen las válvulas que se ensayaron y sus distintas características.

4.1.- Novasfer 2,5 bar

Resumen de características:

MARCA	PRESIÓN DE TARADO	PRESIÓN DE ESTANQUEIDAD	SOBREPRESIÓN/ PRESIÓN DE APERTURA	DIFERENCIAL/ PRESIÓN DE CIERRE	RANGO DE TEMPERATURA	MÁXIMO GLICOL
NOVASFER	2,5 Bar	2,375 Bar	10% / 2,75 Bar	20% / 2 Bar	De -20 °C hasta 160 °C	50,00 %

Tabla 1. Características de la válvula Novasfer 2,5 bar.

Material constructivo: CW617N → Latón



Figura 5. Imagen de la válvula Novasfer 2,5 bar.

4.2.- Orkli 2,5 bar

Resumen de características:

MARCA	PRESIÓN DE TARADO	PRESIÓN DE ESTANQUEIDAD	SOBREPRESIÓN/ PRESIÓN DE APERTURA	DIFERENCIAL/ PRESIÓN DE CIERRE	RANGO DE TEMPERATURA	MÁXIMO GLICOL
ORKLI	2,5 Bar	2,375 Bar	10% / 2,75 Bar	20% / 2 Bar	De 30 °C hasta 160 ° C	50,00 %

Tabla 2. Características de la válvula Orkli 2,5 bar.

Material constructivo: Latón D.29



Figura 6. Imagen de la válvula Orkli 2,5 bar.

4.3.- Watt 3 bar

Resumen de características:

MARCA	PRESIÓN DE TARADO	PRESIÓN DE ESTANQUEIDAD	SOBREPRESIÓN/ PRESIÓN DE APERTURA	DIFERENCIAL/ PRESIÓN DE CIERRE	RANGO DE TEMPERATURA	MÁXIMO GLICOL
WATT	3 Bar	2,85 Bar	10% / 3,3 Bar	20% / 2,4 Bar	Hasta 160 °C	50,00 %

Tabla 3. Características de la válvula Watt 3 bar.

Material constructivo: CW617N → Latón



Figura 7. Imagen de la válvula Watt 3 bar.

4.4.- Novasfer 6 bar

Resumen de características:

MARCA	PRESIÓN DE TARADO	PRESIÓN DE ESTANQUEIDAD	SOBREPRESIÓN/ PRESIÓN DE APERTURA	DIFERENCIAL/ PRESIÓN DE CIERRE	RANGO DE TEMPERATURA	MÁXIMO GLICOL
NOVASFER	6 Bar	5,7 Bar	10 % / 6,6 Bar	20 % / 4,8 Bar	De -20 °C hasta 160 °C	50,00 %

Tabla 4. Características de la válvula Novasfer 6 bar.

Material constructivo: CW617N → Latón



Figura 8. Imagen de la válvula Novasfer 6 bar.

4.5.- Caleffi 8 bar

Resumen de características:

MARCA	PRESIÓN DE TARADO	PRESIÓN DE ESTANQUEIDAD	SOBREPRESIÓN/ PRESIÓN DE APERTURA	DIFERENCIAL/ PRESIÓN DE CIERRE	RANGO DE TEMPERATURA	MÁXIMO GLICOL
CALEFFI	8 Bar	7,6 Bar	10% / 8,8 Bar	20% / 6,4 Bar	De 5°C hasta 110 ° C	Solo admite agua y aire

Tabla 5. Características de la válvula Caleffi 8 bar.

Material constructivo: CW617N → Latón



Figura 9. Imagen de la válvula Caleffi 8 bar.

4.6.- Chromagen 8 bar

Resumen de características:

MARCA	PRESIÓN DE TARADO	PRESIÓN DE ESTANQUEIDAD	SOBREPRESIÓN/ PRESIÓN DE APERTURA	DIFERENCIAL/ PRESIÓN DE CIERRE	RANGO DE TEMPERATURA	MÁXIMO GLICOL
CHROMAGEN	8 Bar	7,6 Bar	10% / 8,8 Bar	20% / 6,4 Bar	Hasta 160 °C	50,00 %

Tabla 6. Características de la válvula Chromagen 8 bar.



Figura 10. Imagen de la válvula Chromagen 8 bar.

4.7.- Resumen



Figura 11. Conjunto de válvulas ensayadas vistas desde arriba.



Figura 12. Conjunto de válvulas ensayadas vistas de perfil.

MARCA	PRESIÓN DE TARADO	PRESIÓN DE ESTANQUEIDAD	SOBREPRESIÓN/ PRESIÓN DE APERTURA	DIFERENCIAL/ PRESIÓN DE CIERRE	RANGO DE TEMPERATURA	MÁXIMO GLICOL
NOVASFER	2,5 Bar	2,375 Bar	10% / 2,75 Bar	20% / 2 Bar	De -20 °C hasta 160 °C	50,00 %
ORKLI	2,5 Bar	2,375 Bar	10% / 2,75 Bar	20% / 2 Bar	De 30 °C hasta 160 °C	50,00 %
WATT	3 Bar	2,85 Bar	10% / 3,3 Bar	20% / 2,4 Bar	Hasta 160 °C	50,00 %
NOVASFER	6 Bar	5,7 Bar	10 % / 6,6 Bar	20 % / 4,8 Bar	De -20 °C hasta 160 °C	50,00 %
CALEFFI	8 Bar	7,6 Bar	10% / 8,8 Bar	20% / 6,4 Bar	De 5°C hasta 110 °C	Solo admite agua y aire
CHROMAGEN	8 Bar	7,6 Bar	10% / 8,8 Bar	20% / 6,4 Bar	Hasta 160 °C	50,00 %

Tabla 7. Resumen de las características de las válvulas ensayadas.

5.- Procedimiento de ensayo

Estos ensayos se realizan en los laboratorios de la ETSI, concretamente en una instalación de ACS que se encuentra situada en una de las azoteas de los mismos. La instalación tiene un circuito primario formado por un captador, los conductos y un depósito de acumulación, en cuya entrada se coloca la válvula de seguridad. Se coloca un sensor de presión justo a la entrada de la válvula, para que se mida la presión del sistema justo antes de que esta abra, ya que si se coloca detrás se tiene solo información de una vez abierta, sin tener en cuenta los cambios de presión que ocurren en el proceso de apertura de la válvula. En la siguiente fotografía se señalan de forma general los distintos elementos del ensayo:

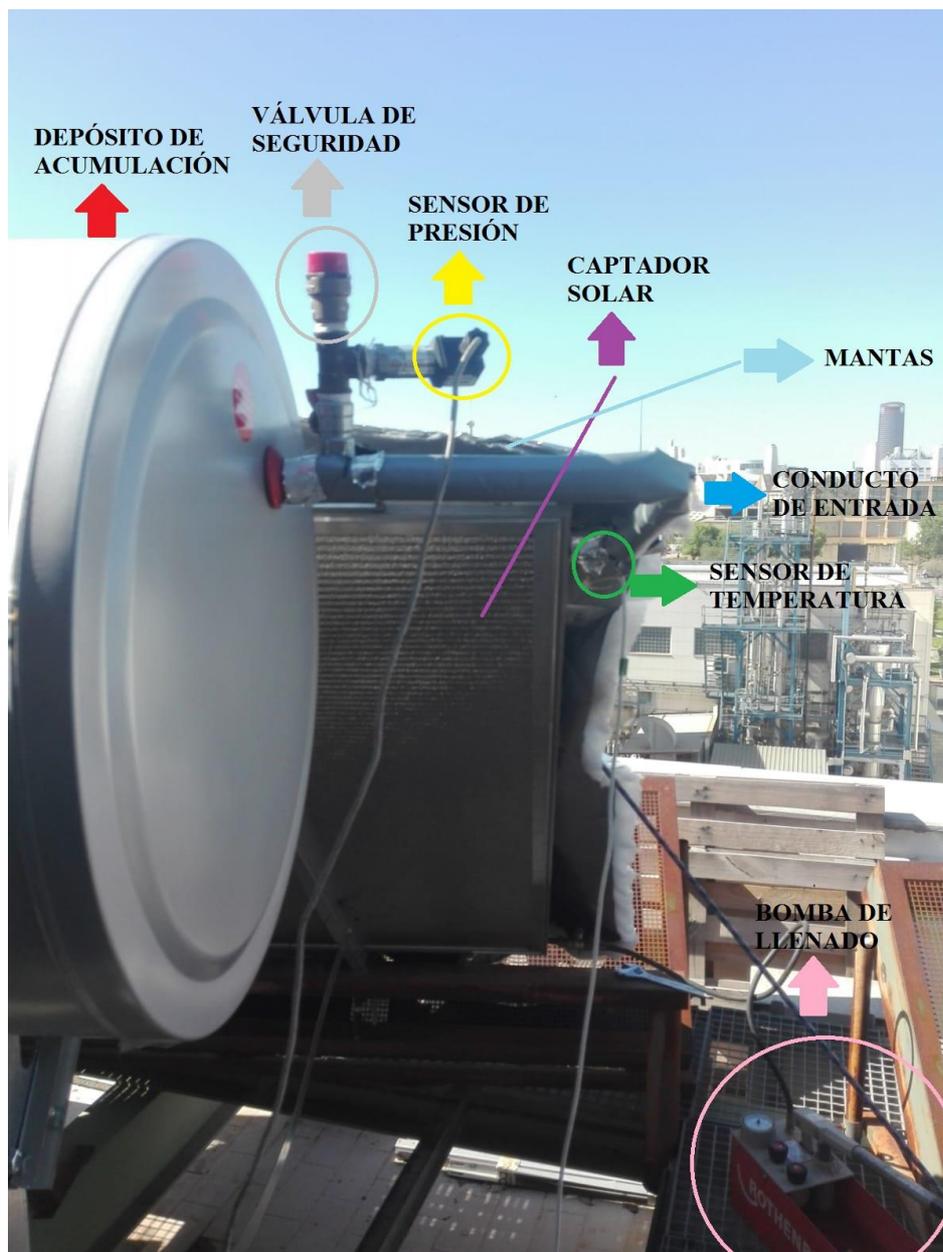


Figura 13. Equipo de ensayo y sus elementos.

Para mayor detalle, se incluyen fotografías de los distintos elementos por separado:



Figura 14. Detalle del sensor de presión y la válvula de seguridad.



Figura 15. Detalle del sensor de temperatura.

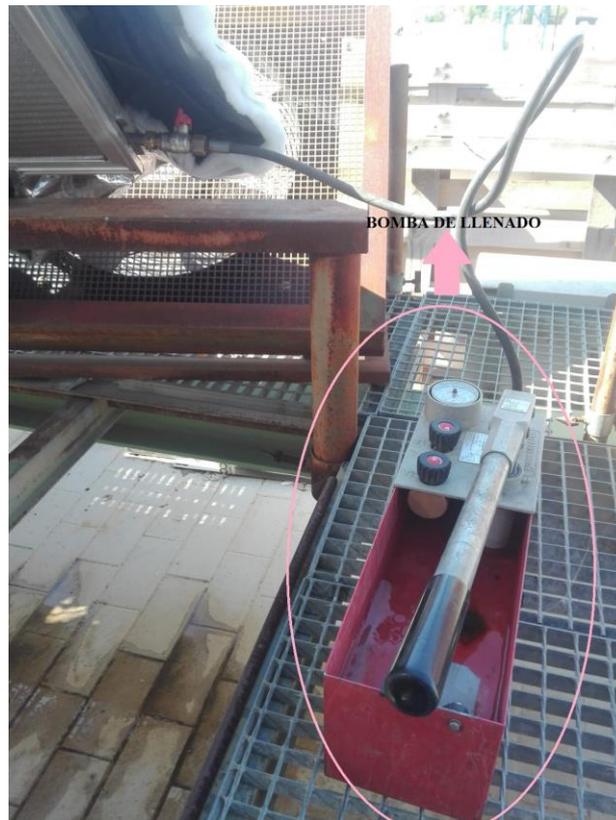


Figura 16. Detalle de la bomba de llenado.

En los ensayos se observa el momento exacto de apertura de la válvula de seguridad, para así comparar si esta abre a la presión de tarado, o si, al menos, cumple con el ensayo de estanqueidad de la norma, que dice que la válvula debe permanecer cerrada hasta un valor que sea del 95% de la presión de tarado.

Se intentan simular condiciones lo más realistas posibles. En el ensayo con agua fría se coloca la válvula de seguridad que se va a ensayar en su lugar. Para poner el agua a una temperatura de 30°C aproximadamente, se introduce agua fría mediante bombeo al circuito del captador. También se tapa el captador con mantas para evitar que se contrarreste el efecto del bombeo. Cuando la temperatura alcanzada es la deseada, se bombea manualmente hasta una presión algo cercana a la de tarado. Por ejemplo, si la válvula está tarada en 2,5 bar, se bombea manualmente hasta que se alcancen los 2 bar. A partir de aquí se destapa parte del captador, para que vaya aumentando la temperatura progresivamente. Al aumentar la temperatura del agua, también va aumentando la presión naturalmente, por lo que se espera unos minutos hasta que finalmente la válvula de seguridad abre y se anota la hora y el segundo exacto en el que esta ha abierto, para visualizar luego entre las mediciones la presión en dicho instante y el posterior comportamiento en la descarga.



Figura 17. Detalle de las mantas sobre el captador.

En el ensayo con agua caliente no se bombea agua al circuito, si no que se deja el mismo fluido durante más de un día en el captador. A una hora en la que la radiación es lo suficientemente alta (doce de la mañana por ejemplo), la temperatura del agua del captador ronda los 80°C. En este ensayo, también se tapa el captador con mantas. Manualmente, se bombea hasta una presión algo cercana a la de tarado (sin que caiga la temperatura por debajo de los 70°C), y entonces se destapa parte del captador, para que el aumento de temperatura haga que suba la presión gradualmente. Entonces, al igual que en el ensayo de agua fría, llega un punto en el que la válvula de seguridad abre y se anota la hora y el segundo exacto en el que esta ha abierto, para visualizar luego entre las mediciones la presión en dicho instante y el posterior comportamiento en la descarga.

Por último, se incluye una foto del equipo completo:

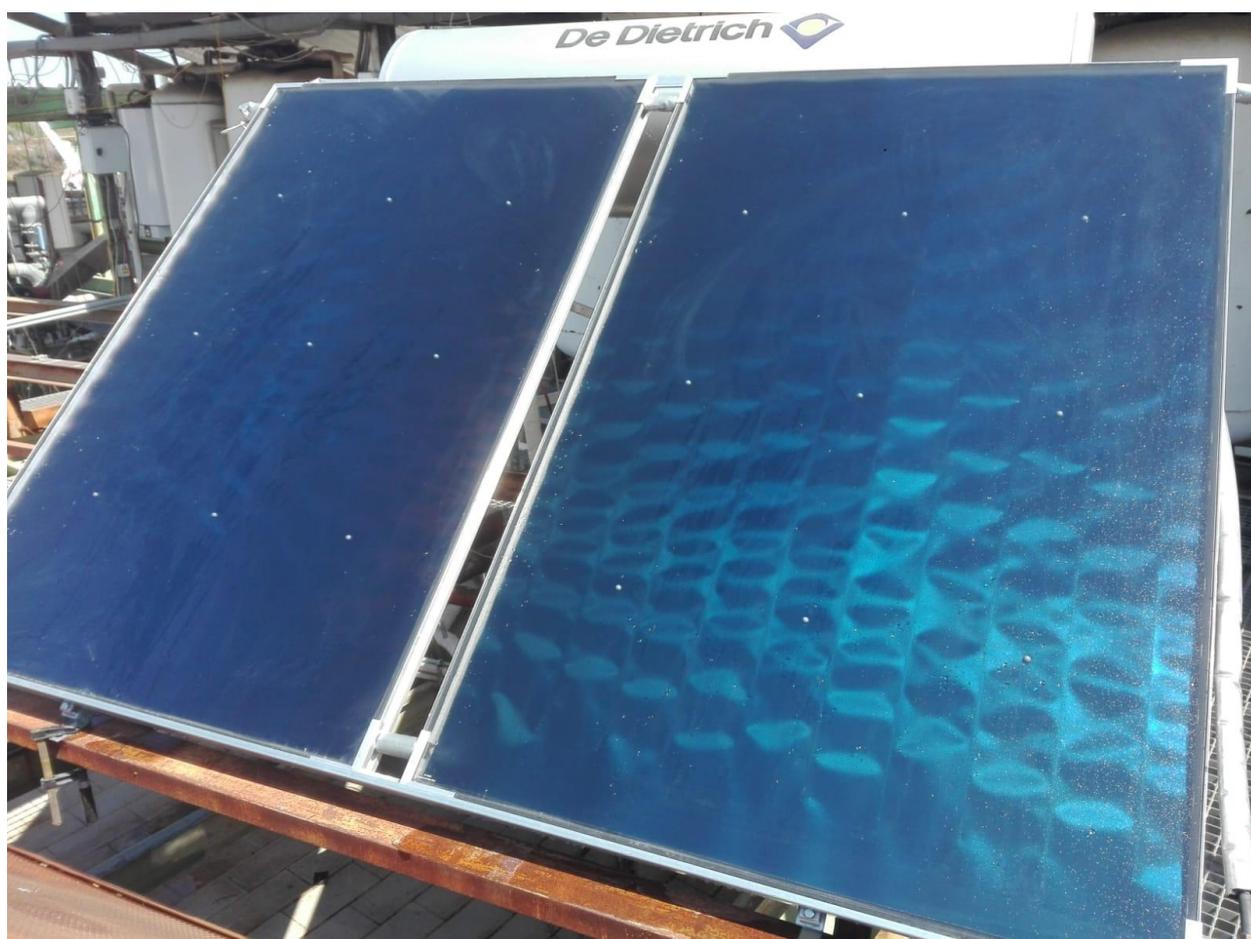


Figura 18. Captador Solar utilizado en el ensayo.

6.- Resultados de los ensayos realizados

Cada ensayo en cada válvula se divide en tres apartados:

a) Mediciones realizadas: en este apartado se muestra una gráfica con los **resultados que se obtuvieron en el ensayo**, señalando con un recuadro amarillo el momento exacto en el que se observó la apertura.

b) Gráfica de las mediciones suavizada: en este apartado se muestra una gráfica en la que se han eliminado los valores en el eje del tiempo.

Esto se debe a que se realiza una **media cada 10 segundos de los valores obtenidos**, porque en muchas válvulas la presión hace picos que impiden que se observe a simple vista la tendencia que sigue. Lo que interesa es ver el periodo de descarga de la válvula, el cual es mayor en unas que otras debido a que según el procedimiento descrito en algunas se comenzará a dejar que aumente la presión naturalmente antes que otras, o evolucionará de forma distinta según la radiación que reciba el captador.

En definitiva, lo importante es mostrar la evolución de la presión en el tiempo, siendo los valores de este intrascendentes.

c) Resumen: análisis de los valores obtenidos y comparación con los requeridos por la norma en el ensayo de estanqueidad al agua.

6.1.- Ensayos con agua fría

6.1.1.- Novasfer 2,5 bar

Se realizan dos ensayos sobre esta válvula, para eliminar posibles errores en las mediciones.

6.1.1.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 35,68 °C.

En este primer ensayo se bombeó manualmente para ver a qué presión abría la válvula e ir estableciendo el procedimiento a seguir, por lo que los valores no son del todo fiables ya que el incremento de esta no se produce gradualmente como en el resto de ensayos que se realizaron.

6.1.1.1.1.- Mediciones realizadas

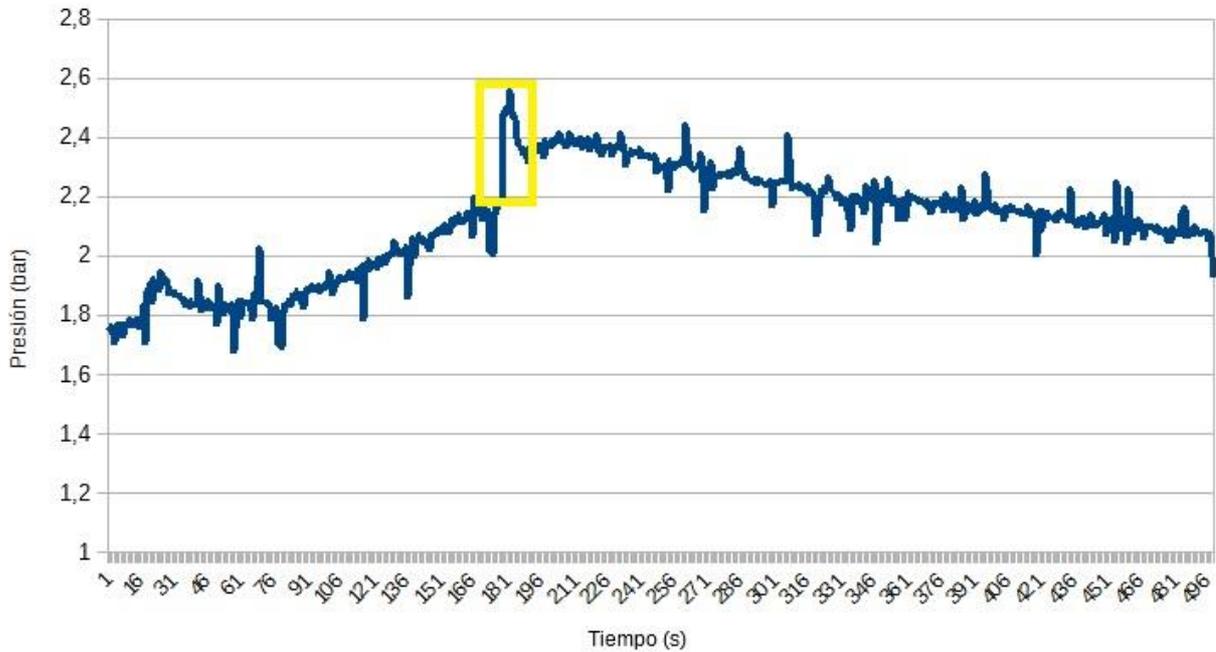


Figura 19. Ensayo 1 agua fría válvula Novasfer 2,5 bar.

6.1.1.1.2.-Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

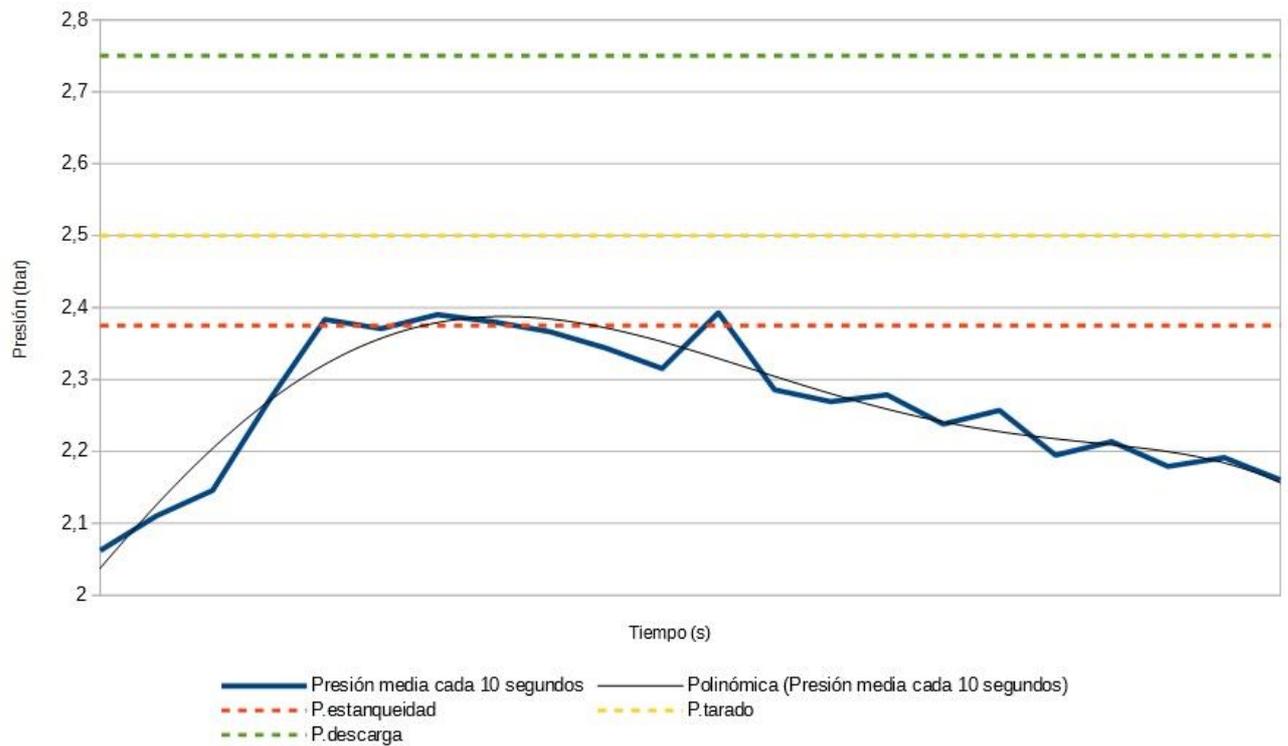


Figura 20. Ensayo 1 agua fría válvula Novasfer 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Como se puede observar, la presión medida solo supera a la de estanqueidad en un pequeño tramo. Según el modelo teórico de la válvula de seguridad, esta debería abrir a esa presión y descargar con una ligera sobrepresión (que puede llegar al 10%) sobre la de tarado. Por tanto, los valores de presión registrados en este ensayo son demasiado bajos para el correcto funcionamiento del sistema.

6.1.1.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,44	2,5	97,6	2,37	2,5	94,8	35,68

Tabla 8. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua fría de la válvula Novasfer de 2,5 bar.

6.1.1.2.- Ensayo 2

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 33,82 °C. En este segundo ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.1.2.1.- Mediciones realizadas

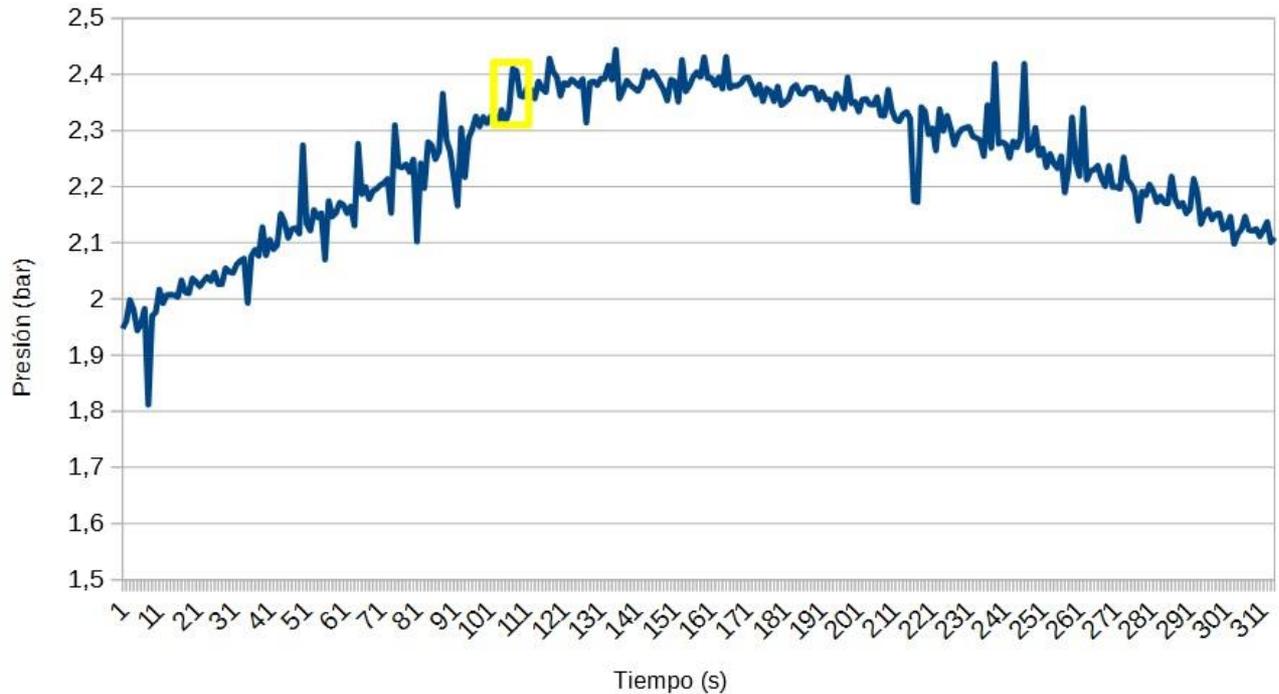


Figura 21. Ensayo 2 agua fría válvula Novasfer 2,5 bar.

6.1.1.2.2.-Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

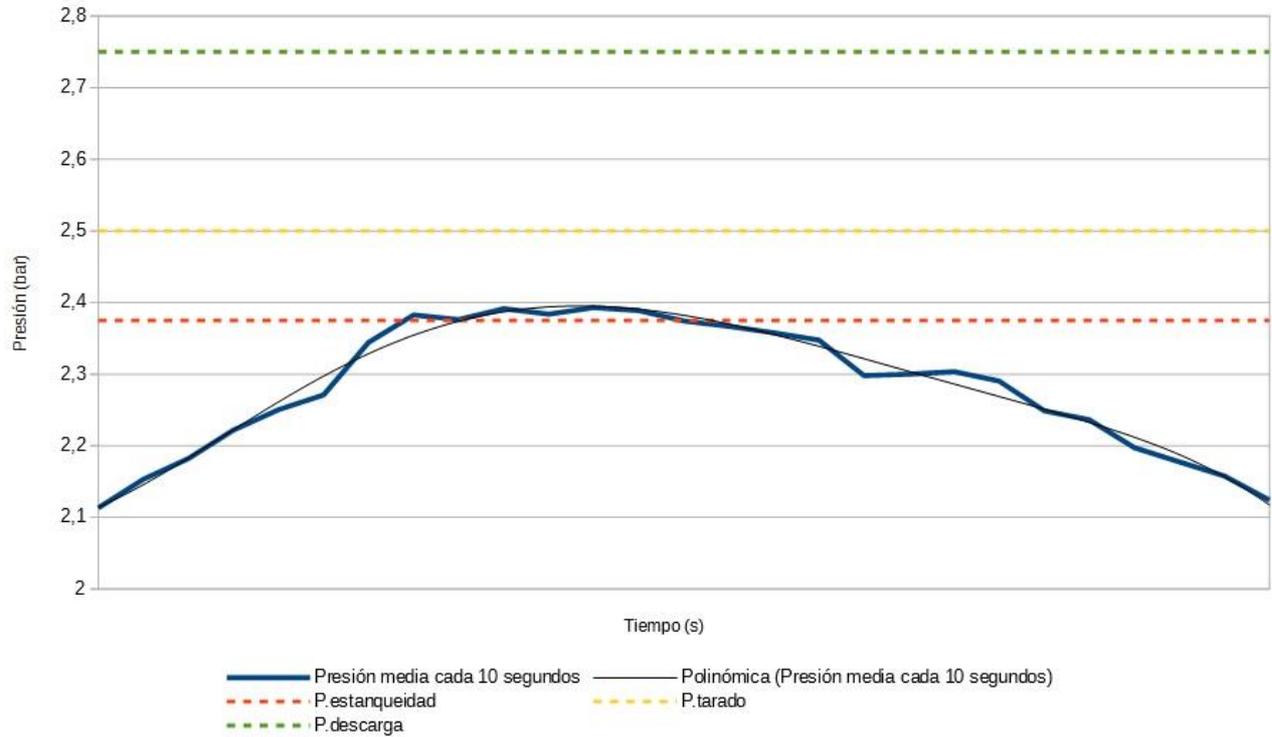


Figura 22. Ensayo 2 agua fría válvula Novasfer 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Los resultados obtenidos en esta medición son muy similares a los del ensayo 1. La válvula descarga a una presión cercana a la de estanqueidad, superándola ligeramente, pero sin llegar a la de tarado. Deberían llegarse a presiones ligeramente superiores a la de tarado en la descarga, por lo que podría concluirse que esta válvula no funciona a las presiones que debería.

6.1.1.2.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 2,5 BAR	ENSAYO 2	2,39	2,5	95,6	2,37	2,5	94,8	33,82

Tabla 9. Resumen valores medidos en el ensayo 2 con agua fría de la válvula Novasfer de 2,5 bar.

6.1.2.- Orkli 2,5 bar

Se realizan dos ensayos sobre esta válvula, para eliminar posibles errores en las mediciones.

6.1.2.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 31,83 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.2.1.1.- Mediciones realizadas

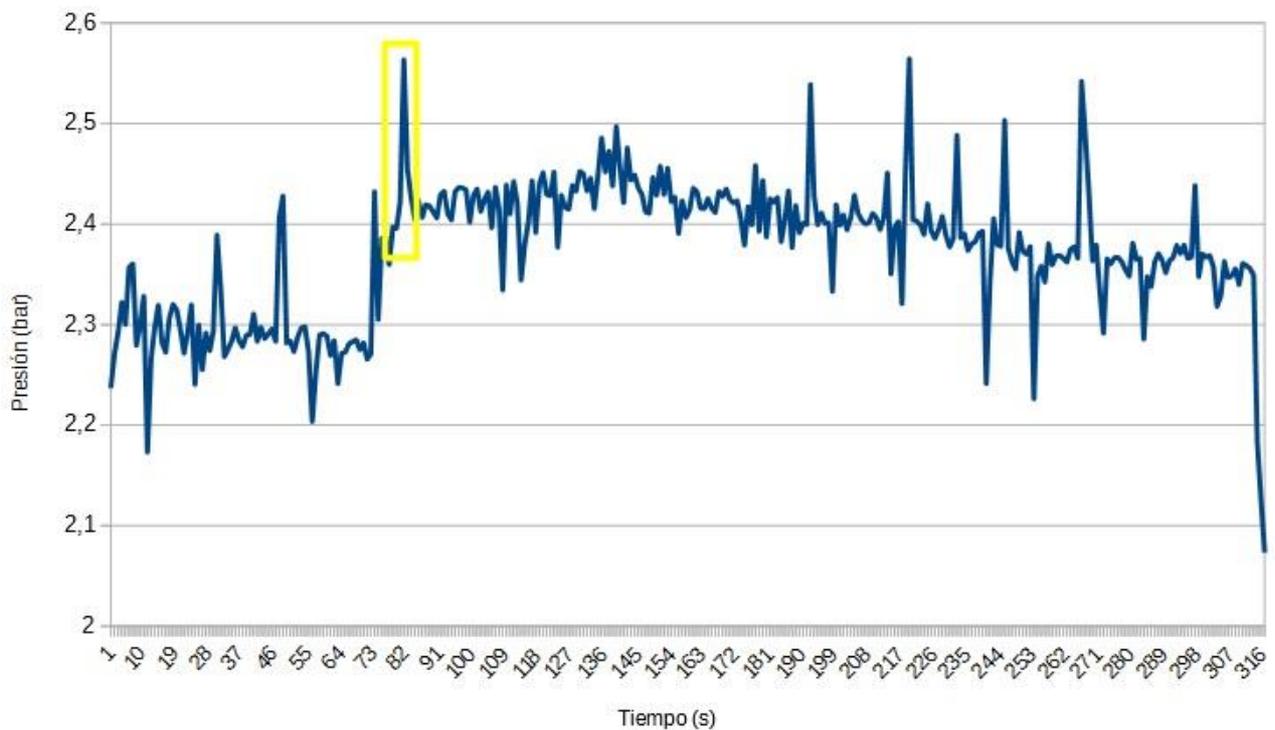


Figura 23. Ensayo 1 agua fría válvula Orkli 2,5 bar.

6.1.2.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

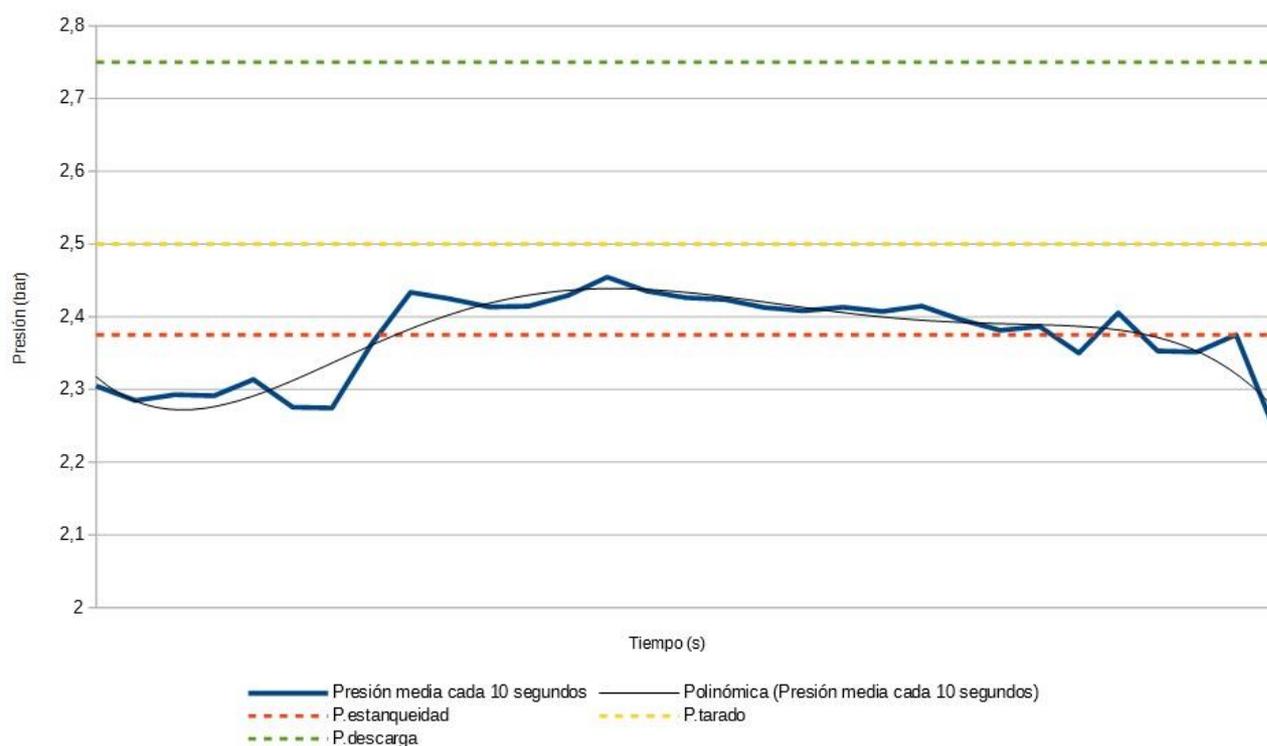


Figura 24. Ensayo 1 agua fría válvula Orkli 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Según las mediciones realizadas, esta válvula descarga a una presión que está, aproximadamente, entre la de estanqueidad y la de tarado, sin llegar a alcanzar esta última. Lo ideal sería que superara la de tarado con una ligera sobrepresión. No obstante, cumple con la norma EN 1489:2001, donde se dice que la válvula debe descargar a una presión entre la de estanqueidad y la de descarga máxima. Aunque en este caso la presión media se mantiene bastante baja respecto a lo que debería, este requisito se cumple, por lo que se podría decir que funciona correctamente.

6.1.2.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
ORKLI 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,44	2,5	97,6	2,4	2,5	96	31,83

Tabla 10. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua fría de la válvula Orkli de 2,5 bar.

6.1.2.2.- Ensayo 2

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 31,65 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.2.2.1.- Mediciones realizadas

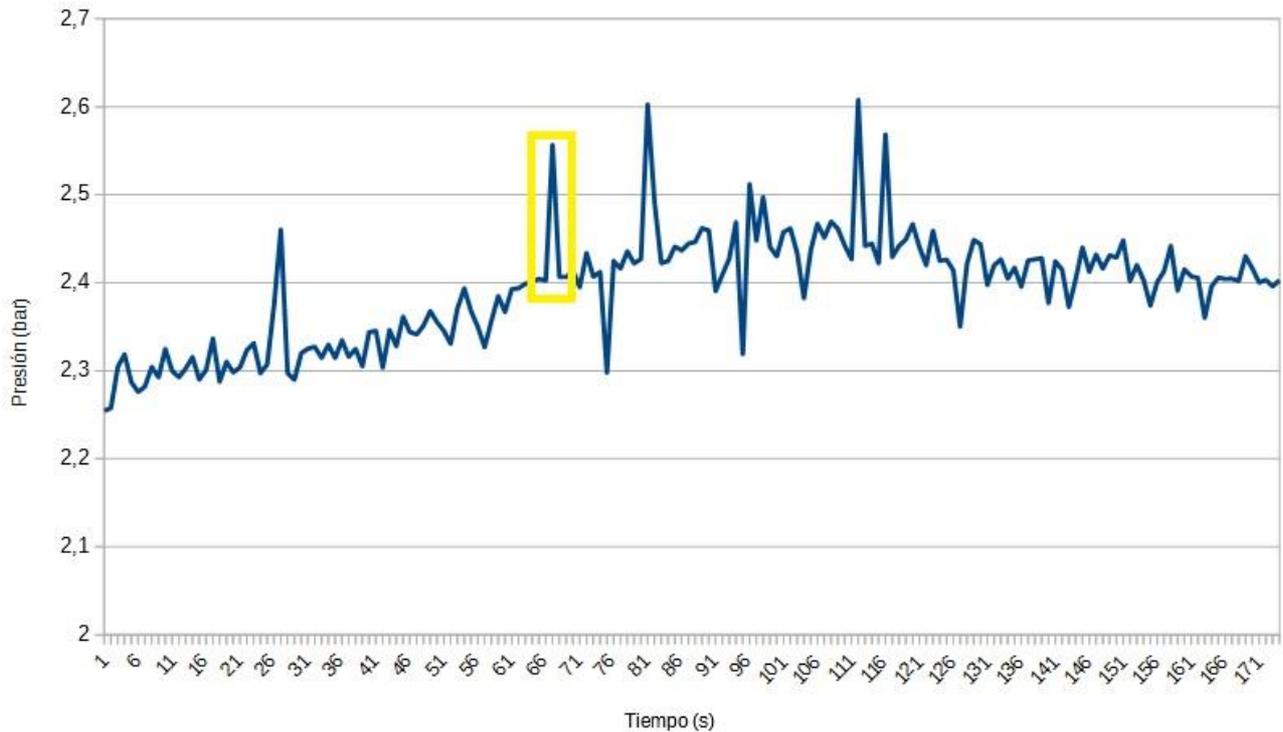


Figura 25. Ensayo 2 agua fría válvula Orkli 2,5 bar.

6.1.2.2.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

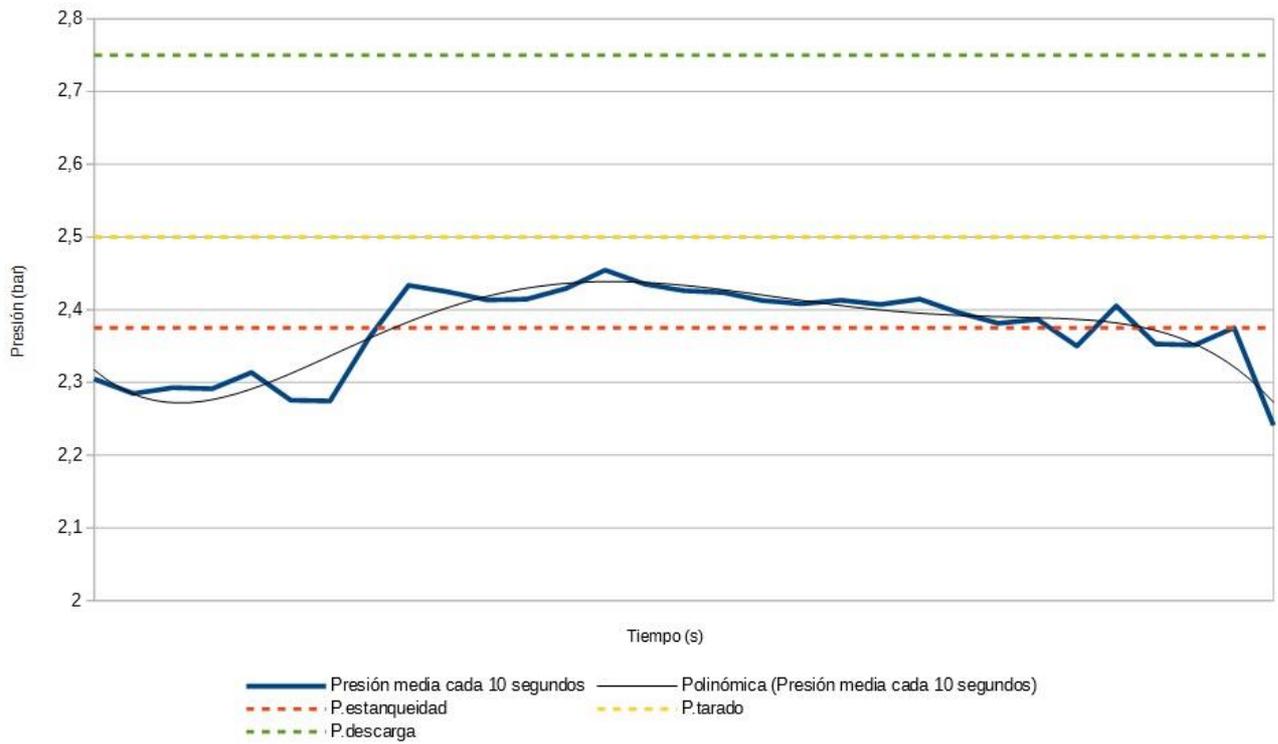


Figura 26. Ensayo 2 agua fría válvula Orkli 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En este ensayo se obtienen resultados prácticamente similares a los del ensayo 1. La válvula descarga a una presión que está, aproximadamente, entre la de estanqueidad y la de tarado, sin llegar a alcanzar esta última. Por tanto, aunque son presiones algo bajas, cumple la norma EN 1489:2001 y puede decirse que funciona correctamente.

6.1.2.2.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
ORKLI 2,5 BAR	ENSAYO 2	2,45	2,5	98	2,41	2,5	96,4	31,65

Tabla 11. Resumen valores medidos en el ensayo 2 con agua fría de la válvula Orkli de 2,5 bar.

6.1.3.- Watt 3 bar

Se realizan dos ensayos sobre esta válvula, para eliminar posibles errores en las mediciones.

6.1.3.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 30,88 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.3.1.1.- Mediciones realizadas

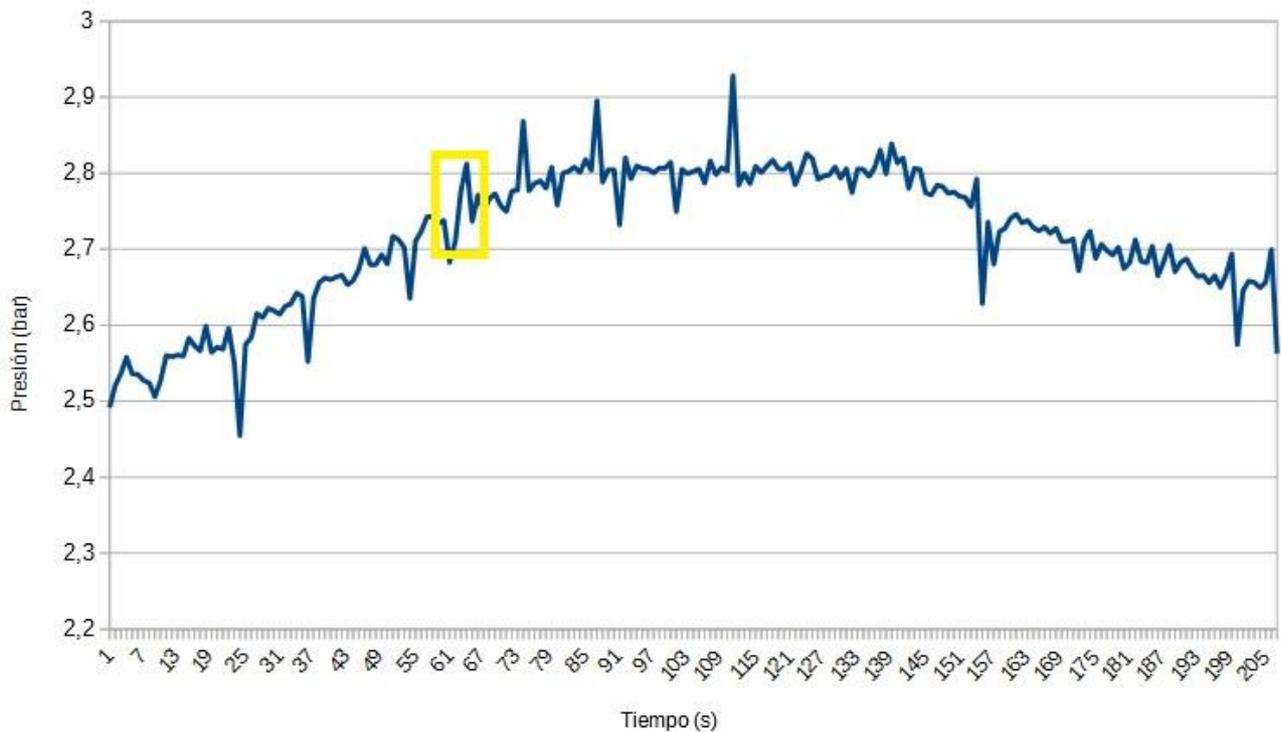


Figura 27. Ensayo 1 agua fría válvula Watt 3 bar.

6.1.3.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

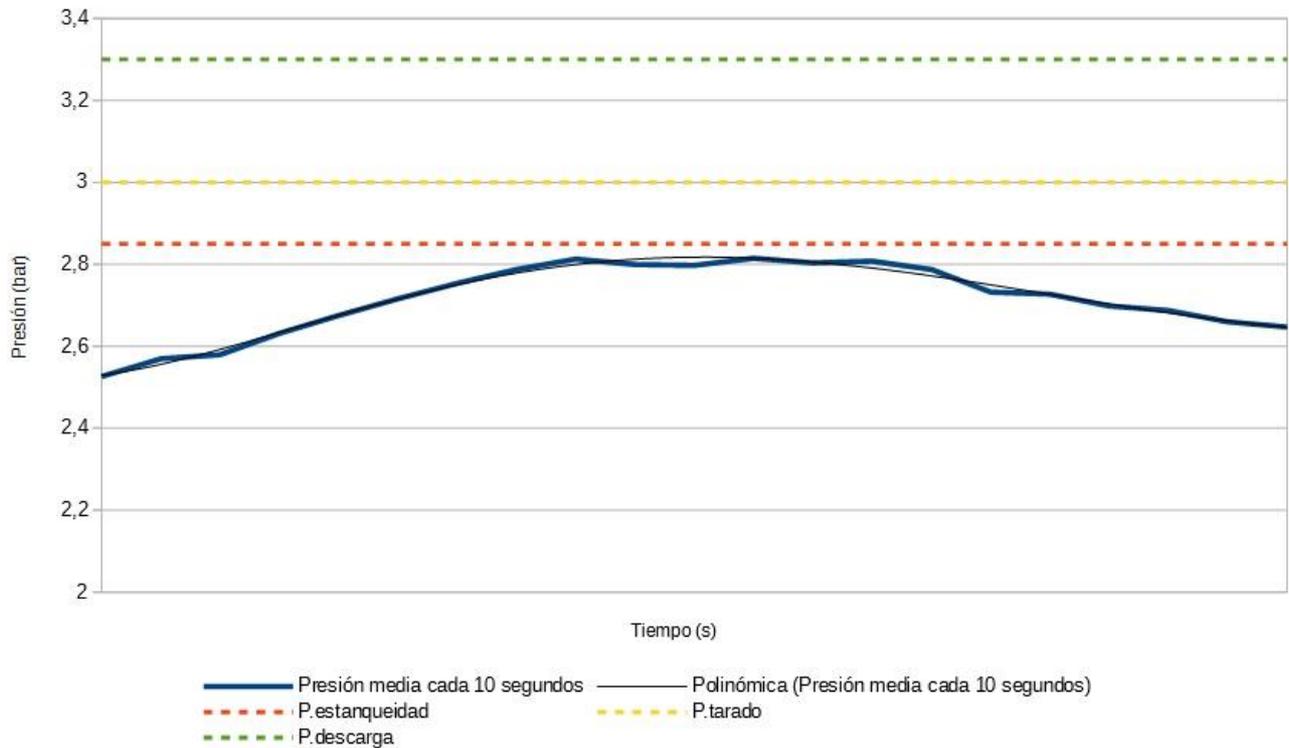


Figura 28. Ensayo 1 agua fría válvula Watt 3 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que esta válvula no funciona correctamente, debido a que en ningún momento se llega a la presión de estanqueidad durante la descarga, por lo que está perdiendo líquido el circuito cuando debería estar cerrado.

6.1.3.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
WATT 3 BAR	ENSAYO 1	2,83	3	94,33	2,8	3	93,33	30,88

Tabla 12. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua fría de la válvula Watt de 3 bar.

6.1.3.2.- Ensayo 2

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 38,81 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.3.2.1.- Mediciones realizadas

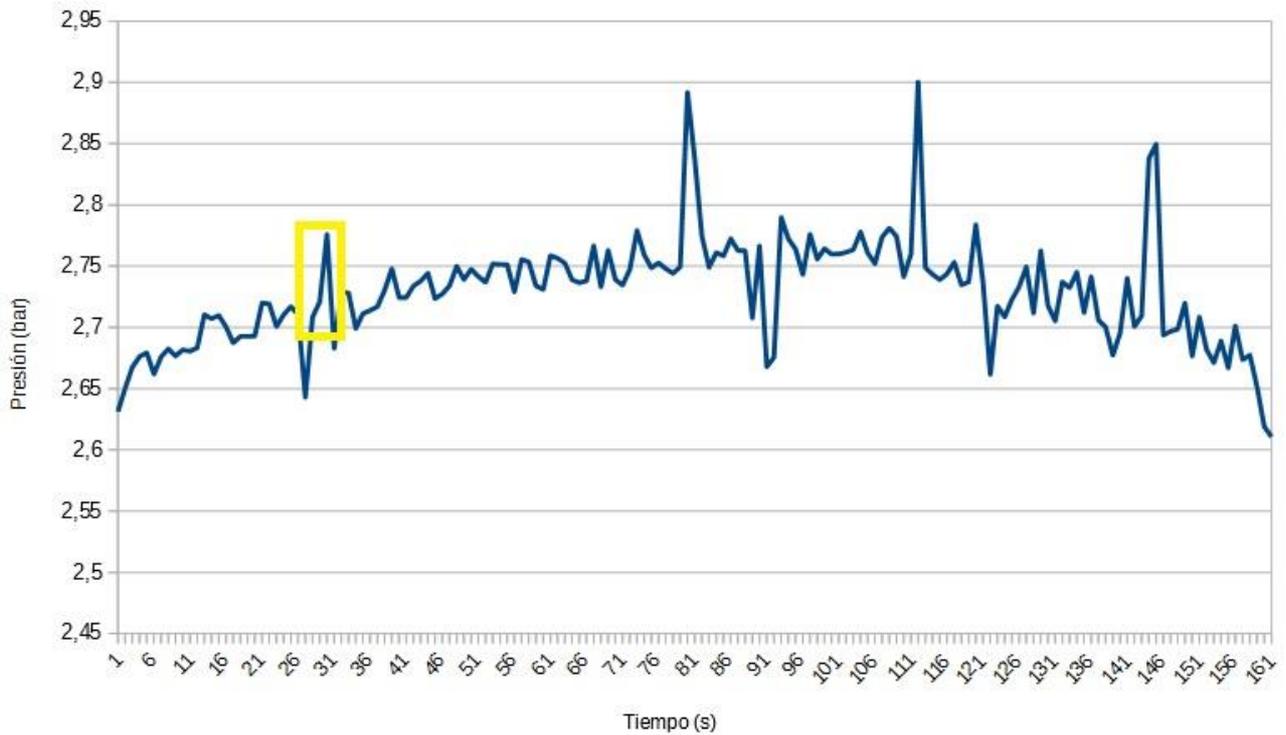


Figura 29. Ensayo 2 agua fría válvula Watt 3 bar.

6.1.3.2.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

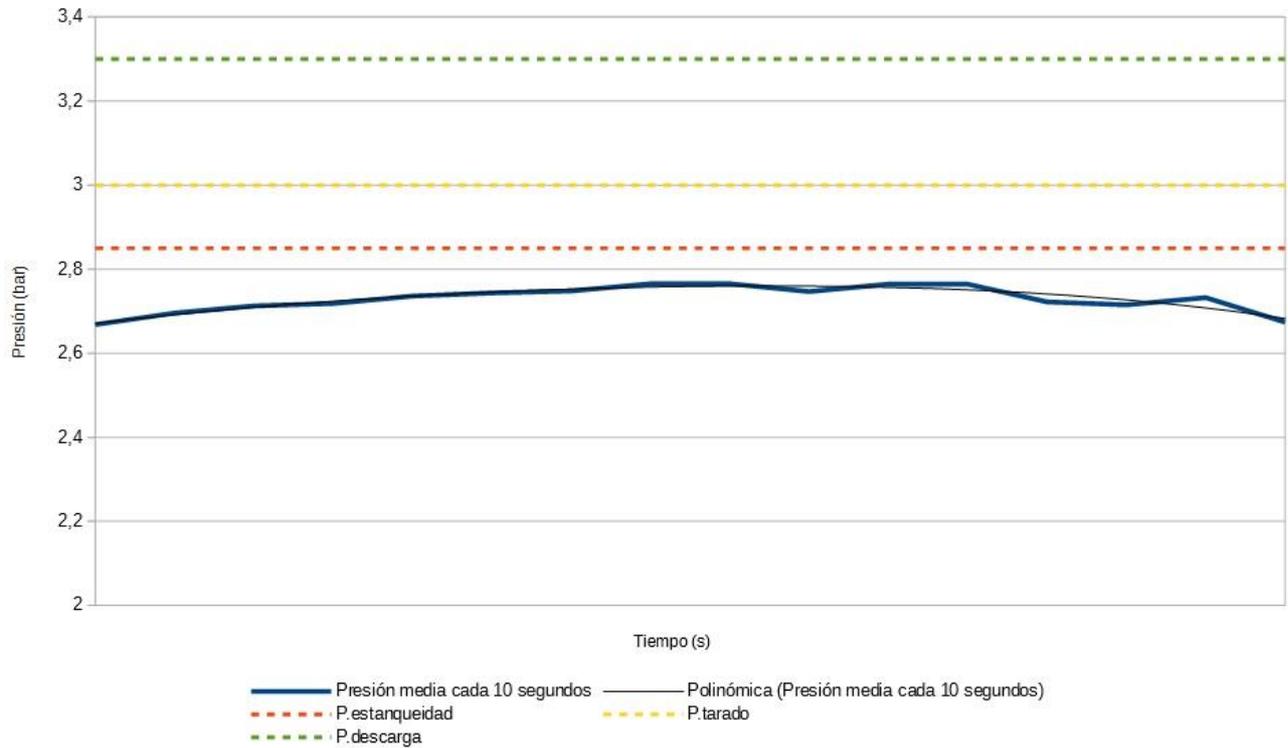


Figura 30. Ensayo 2 agua fría válvula Watt 3 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En este ensayo, los resultados obtenidos son similares a los del ensayo 1. La válvula no funciona correctamente, ya que abre mucho antes de lo que debería según el valor en el que está tarada. No llega ni a la presión de estanqueidad durante la descarga.

6.1.3.2.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
WATT 3 BAR	ENSAYO 2	2,8	3	93,33	2,77	3	92,33	38,81

Tabla 13. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua fría de la válvula Watt de 3 bar.

6.1.4.- Novasfer 6 bar

A esta válvula se le realizó un solo ensayo, debido a que durante el día de mediciones se observó que en el segundo ensayo se obtenían resultados muy parecidos a los del primero.

6.1.4.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 31,97 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.4.1.1.- Mediciones realizadas

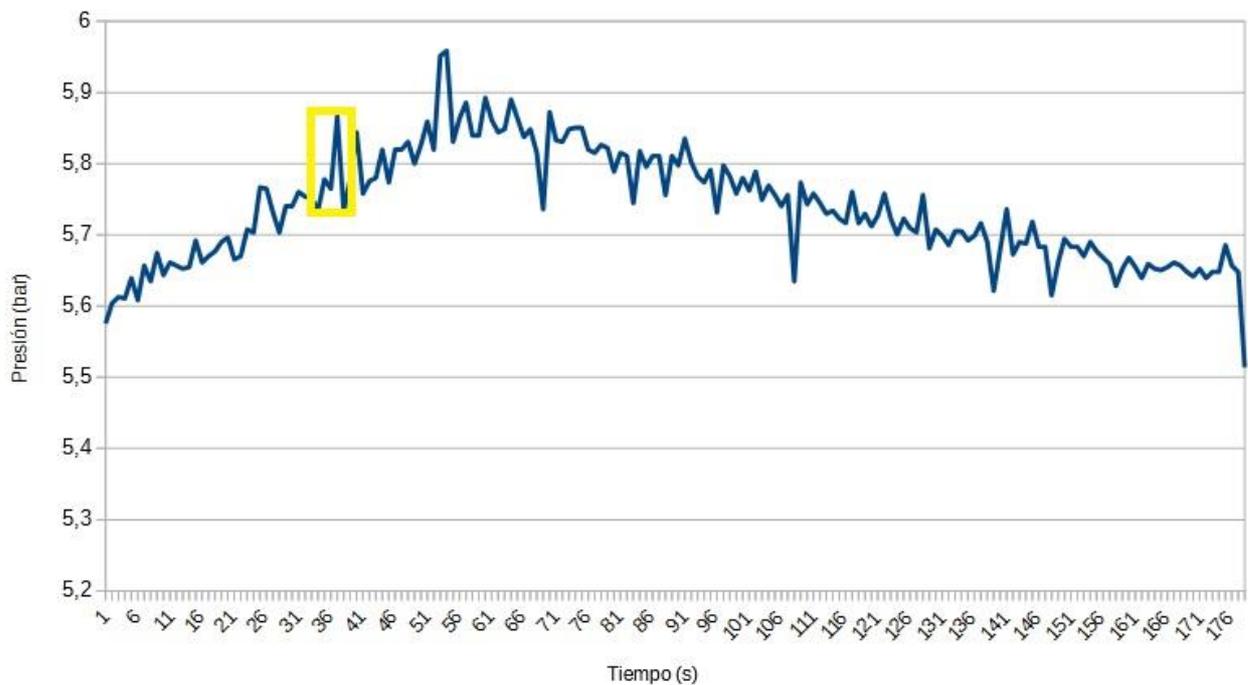


Figura 31. Ensayo 1 agua fría válvula Novasfer 6 bar.

6.1.4.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

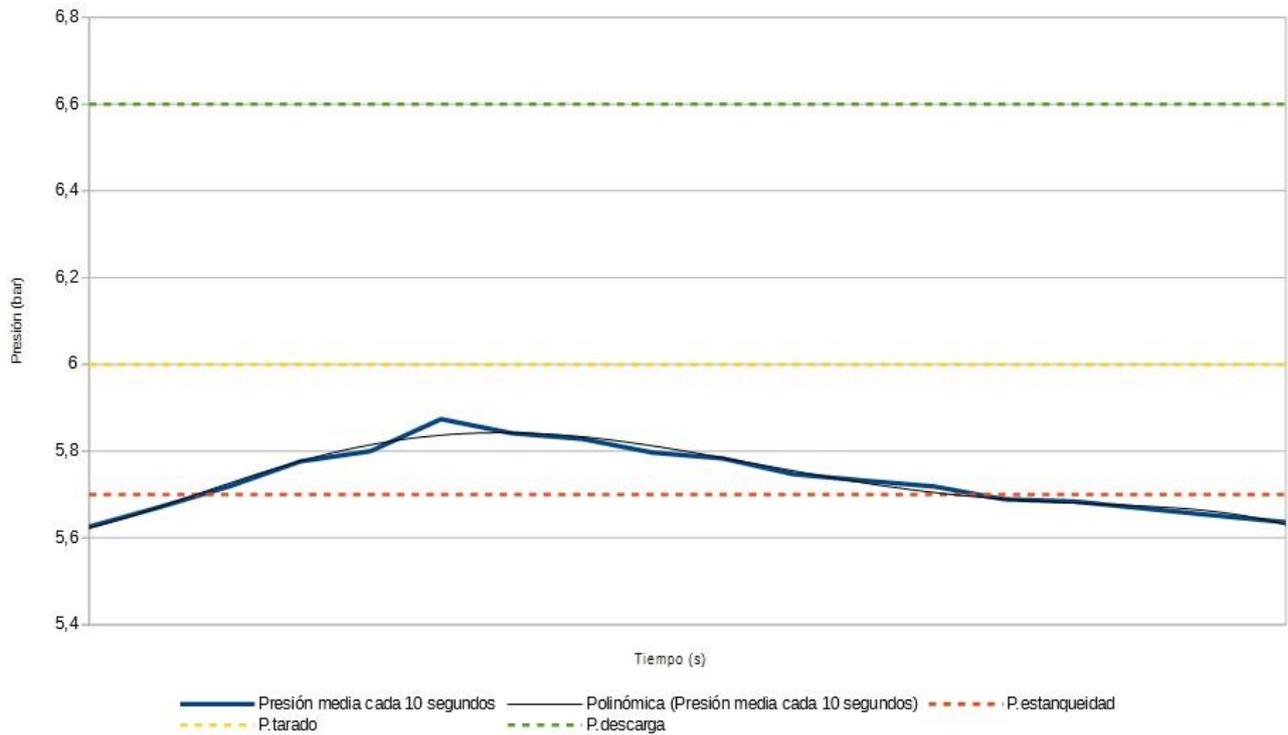


Figura 32. Ensayo 1 agua fría válvula Novasfer 6 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Según las mediciones realizadas, esta válvula descarga a una presión que está, aproximadamente, entre la de estanqueidad y la de tarado, sin llegar a alcanzar esta última. Lo ideal sería que superara la de tarado con una ligera sobrepresión. No obstante, cumple con la norma EN 1489:2001, donde se dice que la válvula debe descargar a una presión entre la de estanqueidad y la de descarga máxima. Aunque en este caso la presión media se mantiene bastante baja respecto a lo que debería, este requisito se cumple, por lo que se podría decir que funciona correctamente.

6.1.4.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 6 BAR	ENSAYO 1	5,89	6	98,17	5,85	6	97,5	31,97

Tabla 14. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua fría de la válvula Novasfer de 6 bar.

6.1.5.- Caleffi 8 bar

A esta válvula se le realizó un solo ensayo, debido a que durante el día de mediciones se observó que en el segundo ensayo se obtenían resultados muy parecidos a los del primero.

6.1.5.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 33,42 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.5.1.1.- Mediciones realizadas

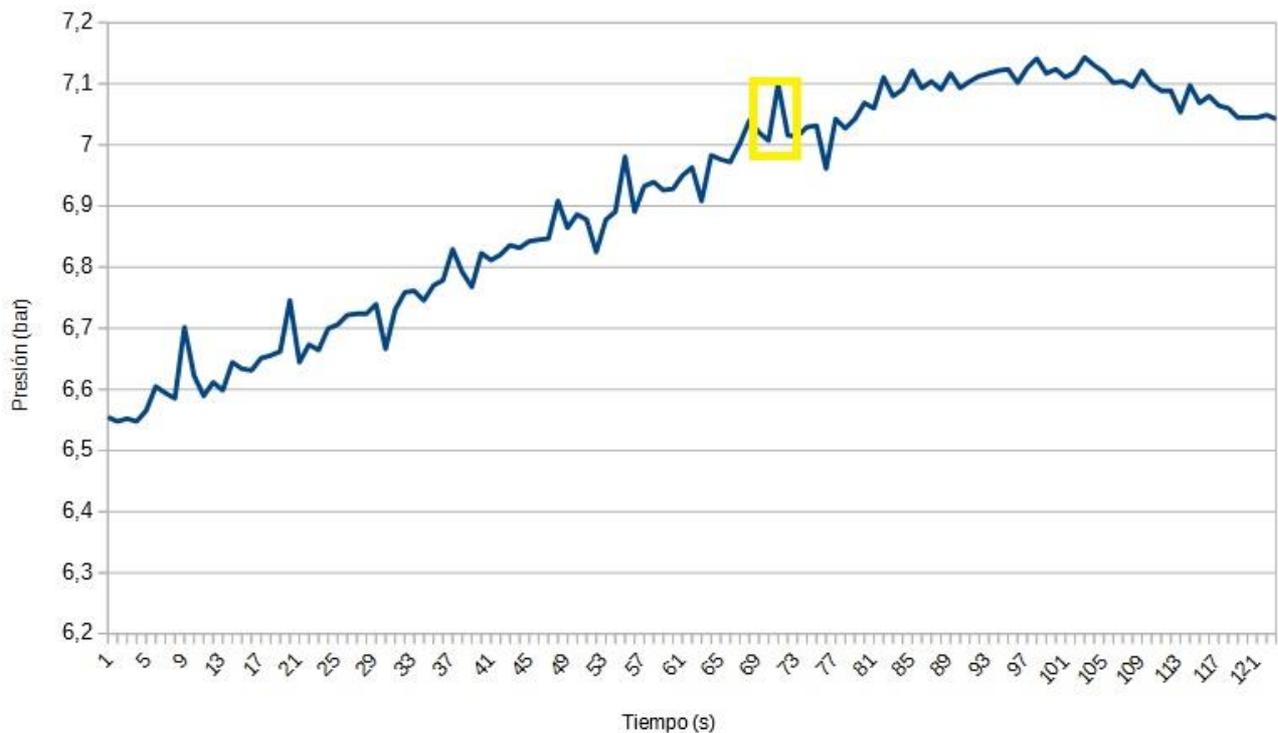


Figura 33. Ensayo 1 agua fría válvula Caleffi 8 bar.

6.1.5.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

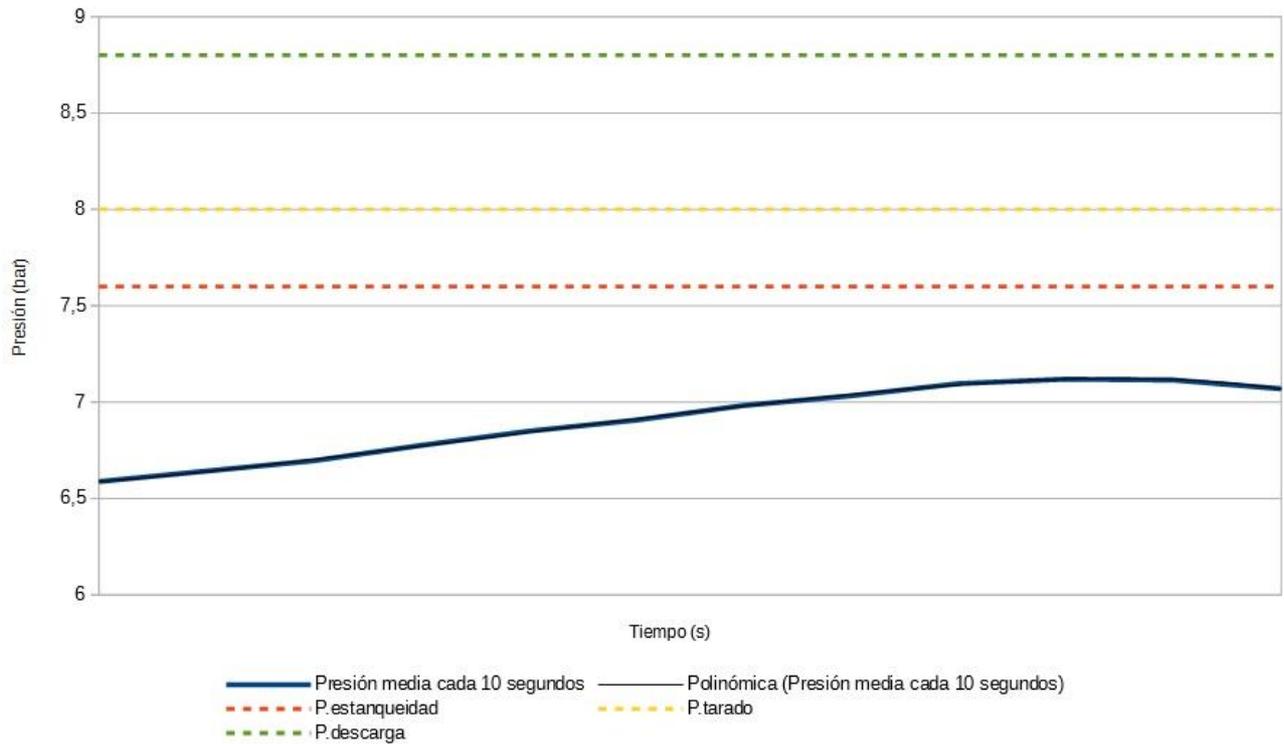


Figura 34. Ensayo 1 agua fría válvula Caleffi 8 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que esta válvula no funciona correctamente, debido a que en ningún momento se llega a la presión de estanqueidad durante la descarga, por lo que está perdiendo líquido el circuito cuando debería estar cerrado. Es más, ni llega a acercarse a la presión de estanqueidad. No obstante, esta válvula no está diseñada para el circuito secundario y no admite glicol, el cual se encuentra presente en muy poca cantidad en el equipo de ensayo, por lo que estos detalles podrían haber hecho que abriera antes de lo que debiera.

6.1.5.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
CALEFFI 8 BAR	ENSAYO 1	7,12	8	89	7,08	8	88,5	33,42

Tabla 15. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua fría de la válvula Caleffi de 8 bar.

6.1.6.- Chromagen 8 bar

A esta válvula se le realizó un solo ensayo, debido a que durante el día de mediciones se observó que en el segundo ensayo se obtenían resultados muy parecidos a los del primero.

6.1.6.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 33,42 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.1.6.1.1.- Mediciones realizadas

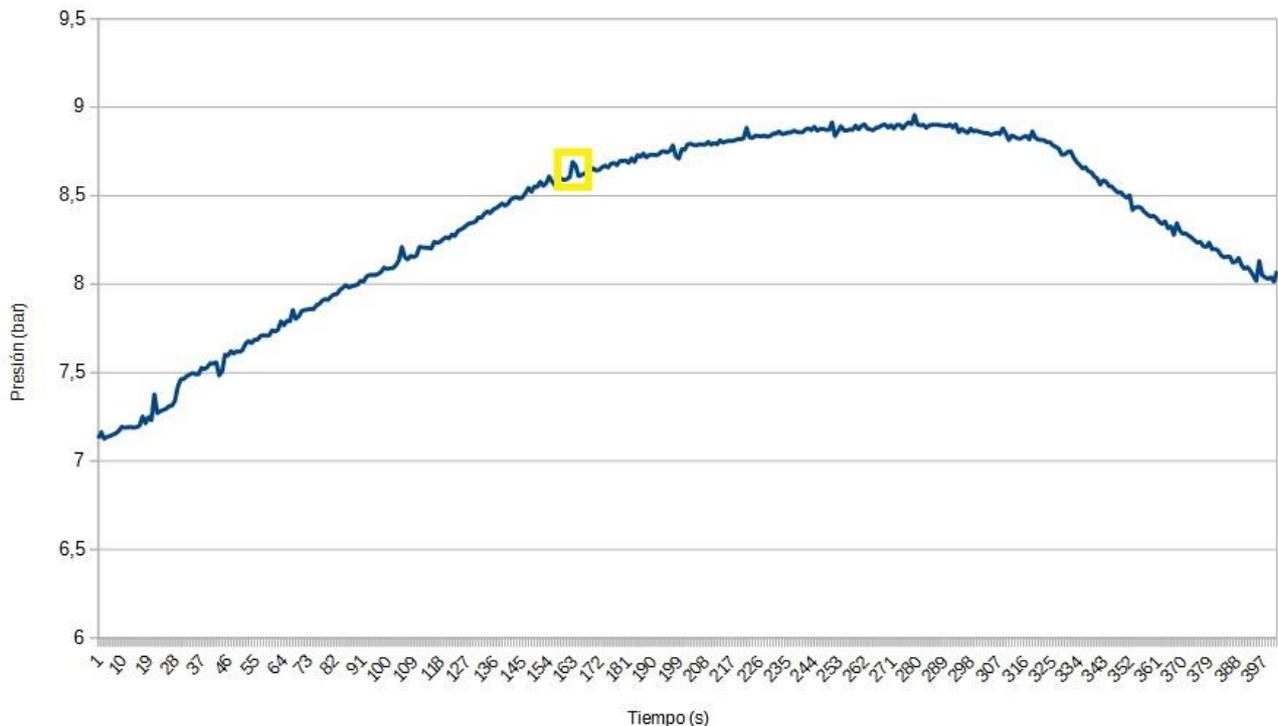


Figura 35. Ensayo 1 agua fría válvula Chromagen 8 bar.

6.1.6.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

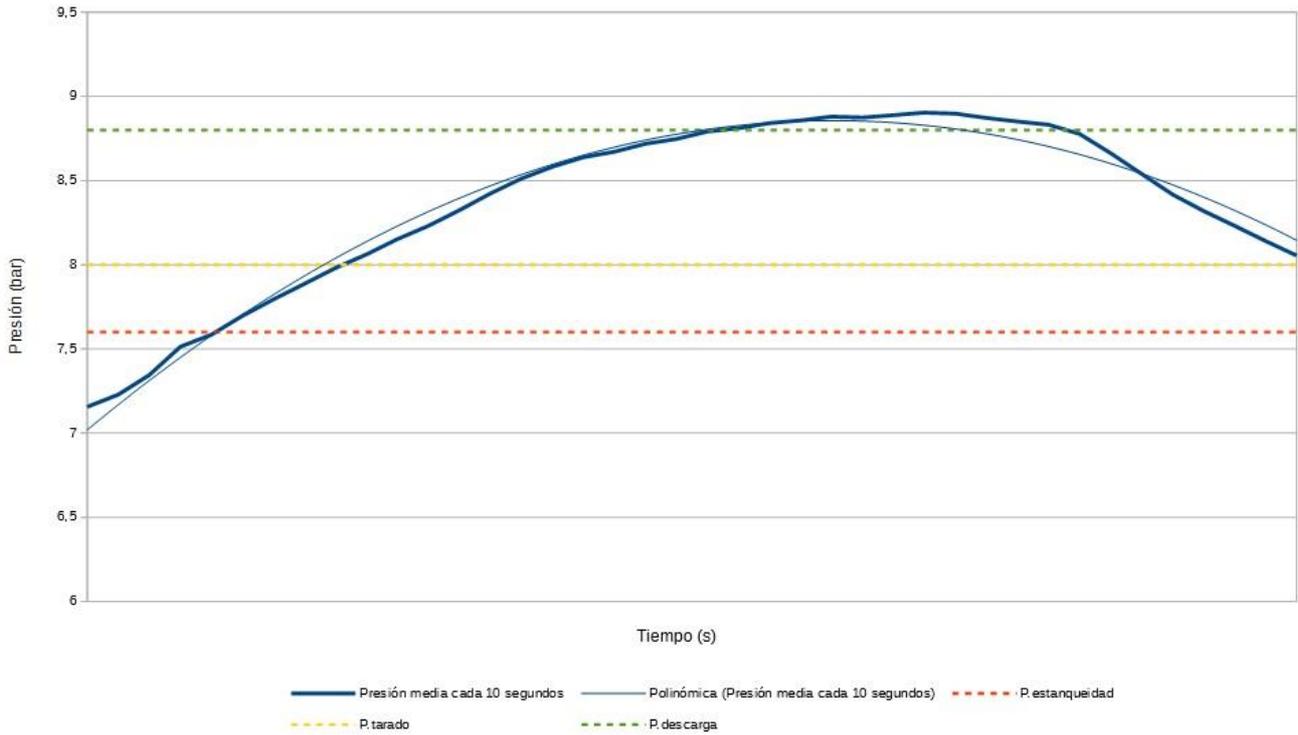


Figura 36. Ensayo 1 agua fría válvula Chromagen 8 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Esta válvula es la que más se aproxima al comportamiento teórico. Se mantiene cerrada hasta una presión algo superior a la de tarado y se produce la descarga con una ligera sobrepresión, en torno al 10%, tal y como dice la teoría de la norma EN 1489:2001. Esta válvula es la de gama más alta del mercado, por lo que tiene sentido que los materiales constructivos sean mejores y su comportamiento se aproxime más al teórico que el del resto de válvulas, de menor calidad.

6.1.6.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
CHROMAGEN 8 BAR	ENSAYO 1	8,9	8	111,25	8,75	8	109,38	33,35

Tabla 16. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua fría de la válvula Chromagen de 8 bar.

6.2.- Ensayos con agua caliente

6.2.1.- Novasfer 2,5 bar

Se realizan dos ensayos sobre esta válvula, para eliminar posibles errores en las mediciones.

6.2.1.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 76,67 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.1.1.1.- Mediciones realizadas

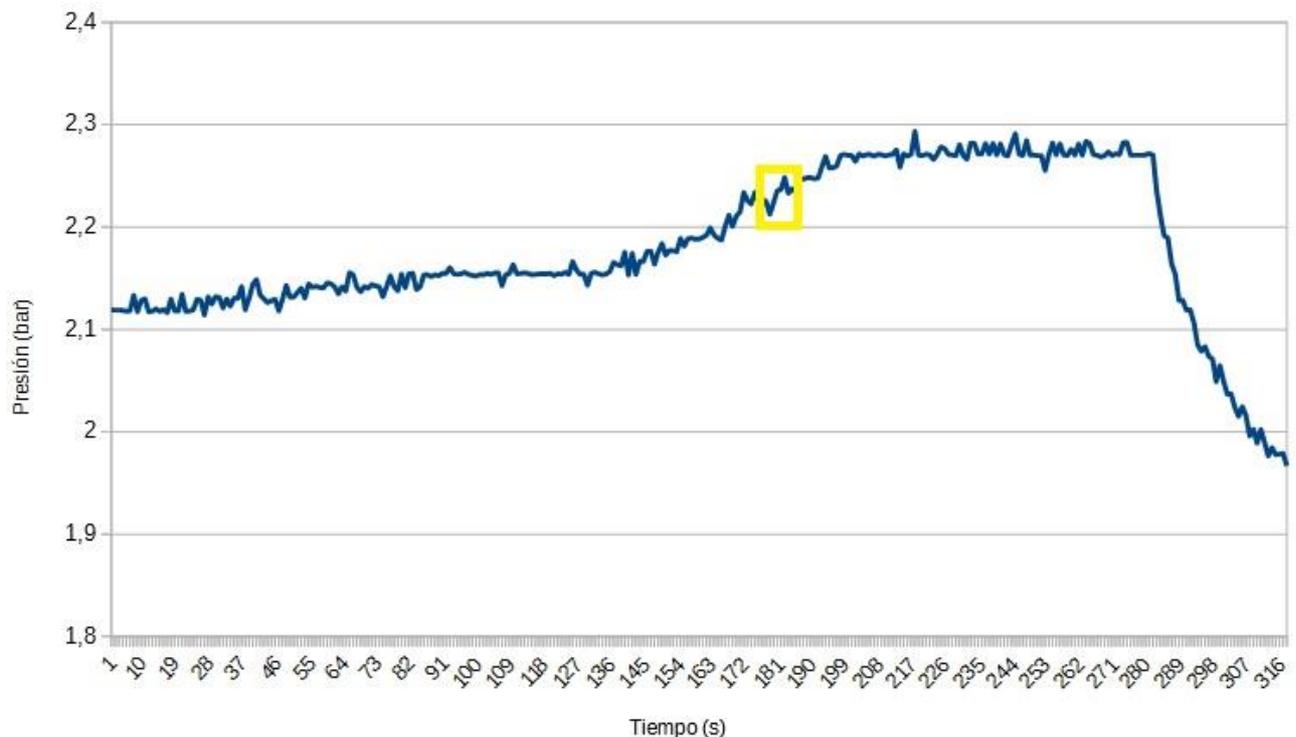


Figura 37. Ensayo 1 agua caliente válvula Novasfer 2,5 bar.

6.2.1.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

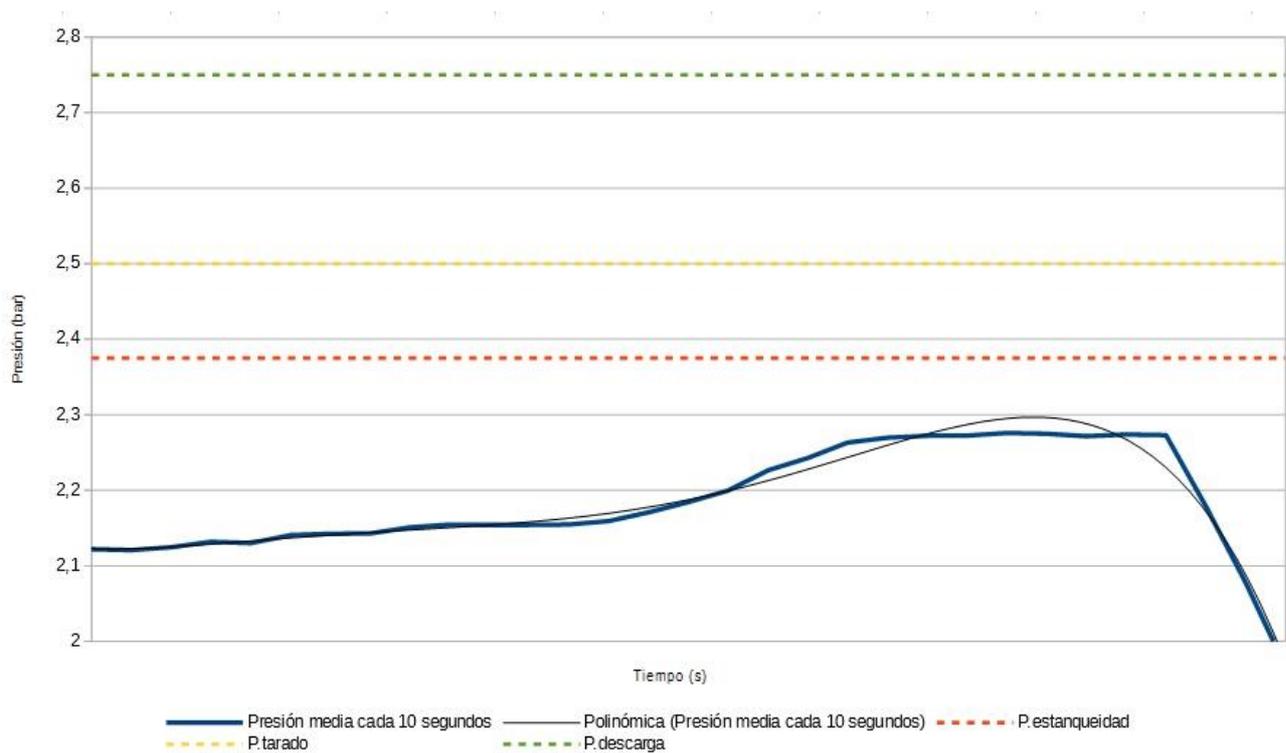


Figura 38. Ensayo 1 agua caliente válvula Novasfer 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que esta válvula no funciona correctamente, debido a que en ningún momento se llega a la presión de estanqueidad durante la descarga, por lo que está perdiendo líquido el circuito cuando debería estar cerrado.

6.2.1.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,29	2,5	91,6	2,26	2,5	90,4	76,67

Tabla 17. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua caliente de la válvula Novasfer 2,5 bar.

6.2.1.2.- Ensayo 2

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 74,86 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.1.2.1.- Mediciones realizadas

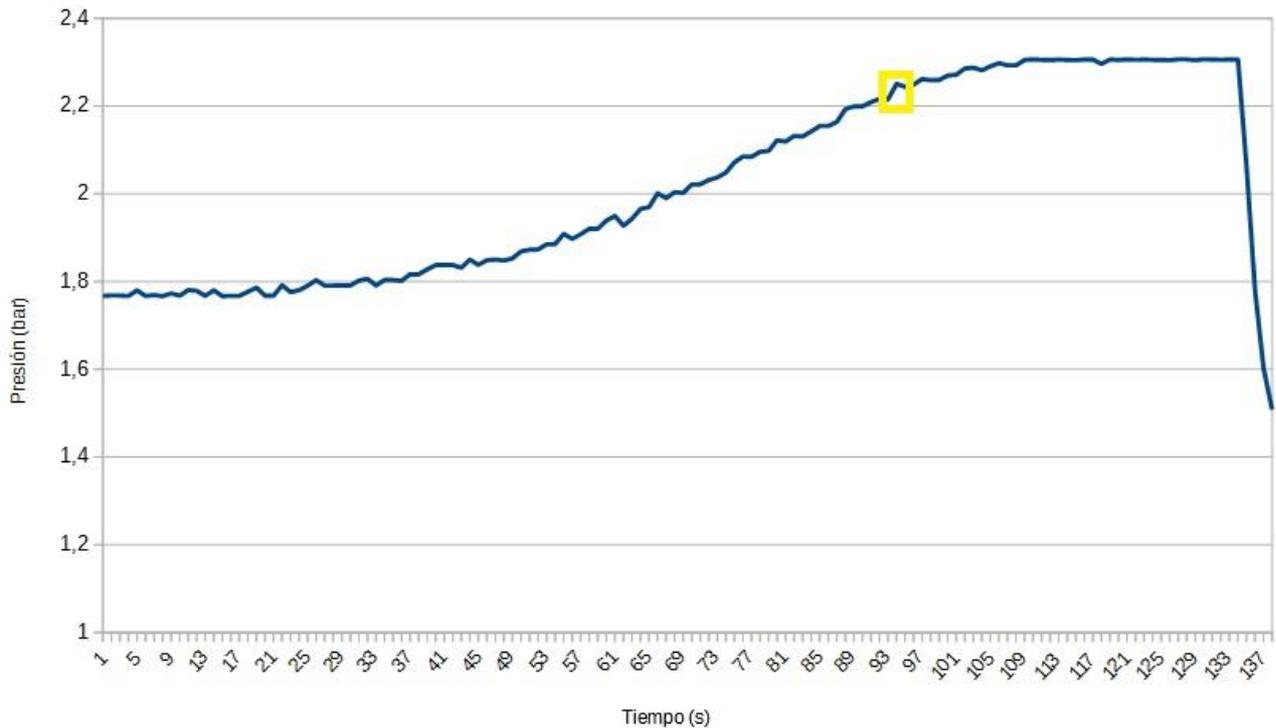


Figura 39. Ensayo 2 agua caliente válvula Novasfer 2,5 bar.

6.2.1.2.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

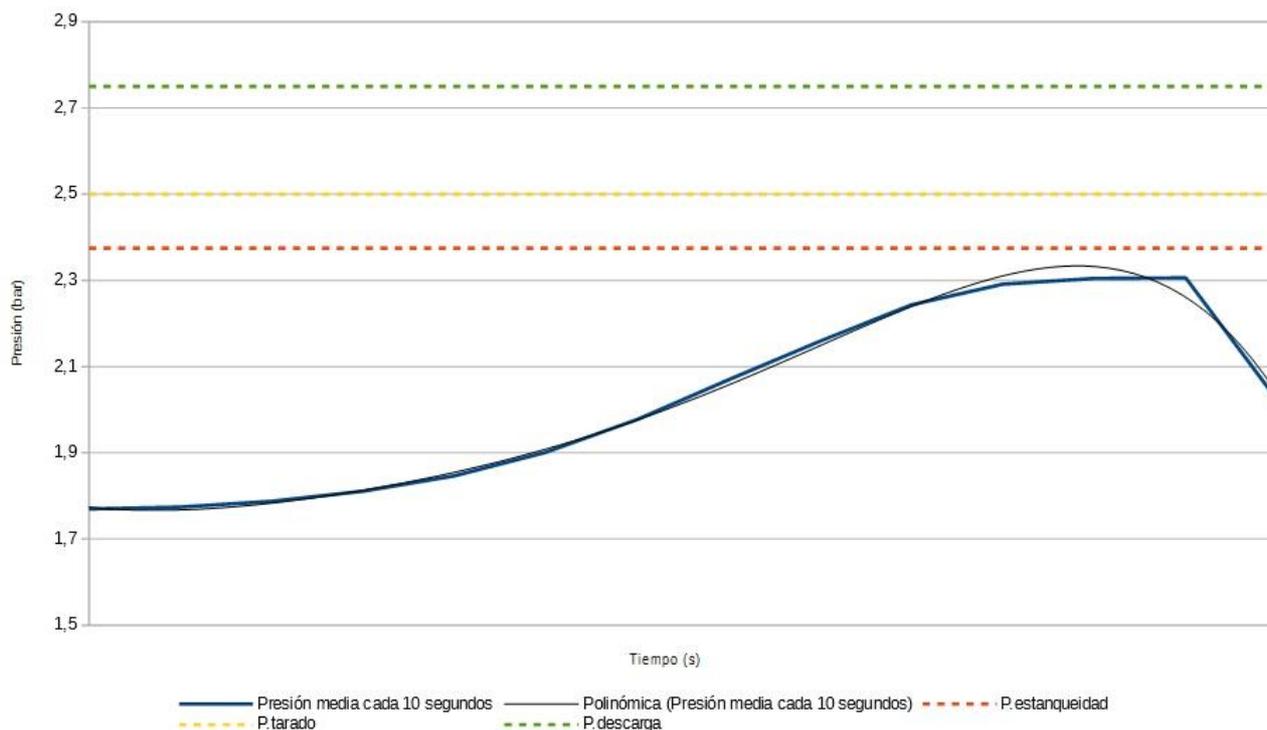


Figura 40. Ensayo 2 agua caliente válvula Novasfer 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En este ensayo se acerca algo más a la presión de estanqueidad. No obstante, no llega a alcanzarla, por lo que esta válvula no funciona correctamente, está perdiendo líquido el circuito cuando debería estar cerrado.

6.2.1.2.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 2,5 BAR	ENSAYO 2	2,31	2,5	92,4	2,28	2,5	91,2	74,86

Tabla 18. Resumen valores medidos en el ensayo 2 con agua caliente de la válvula Novasfer 2,5 bar.

6.2.2.- Orkli 2,5 bar

Se realizan dos ensayos sobre esta válvula, para eliminar posibles errores en las mediciones.

6.2.2.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 70,31 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.2.1.1.- Mediciones realizadas

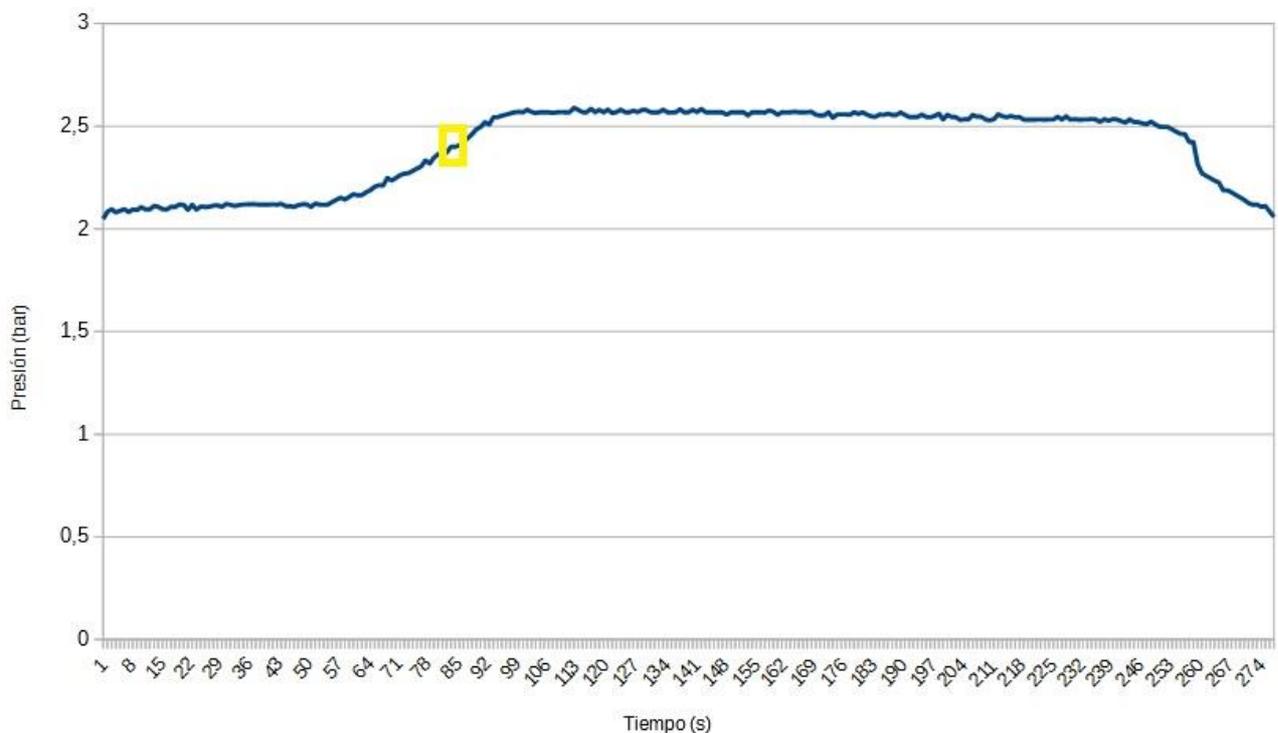


Figura 41. Ensayo 1 agua caliente válvula Orkli 2,5 bar.

6.2.2.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

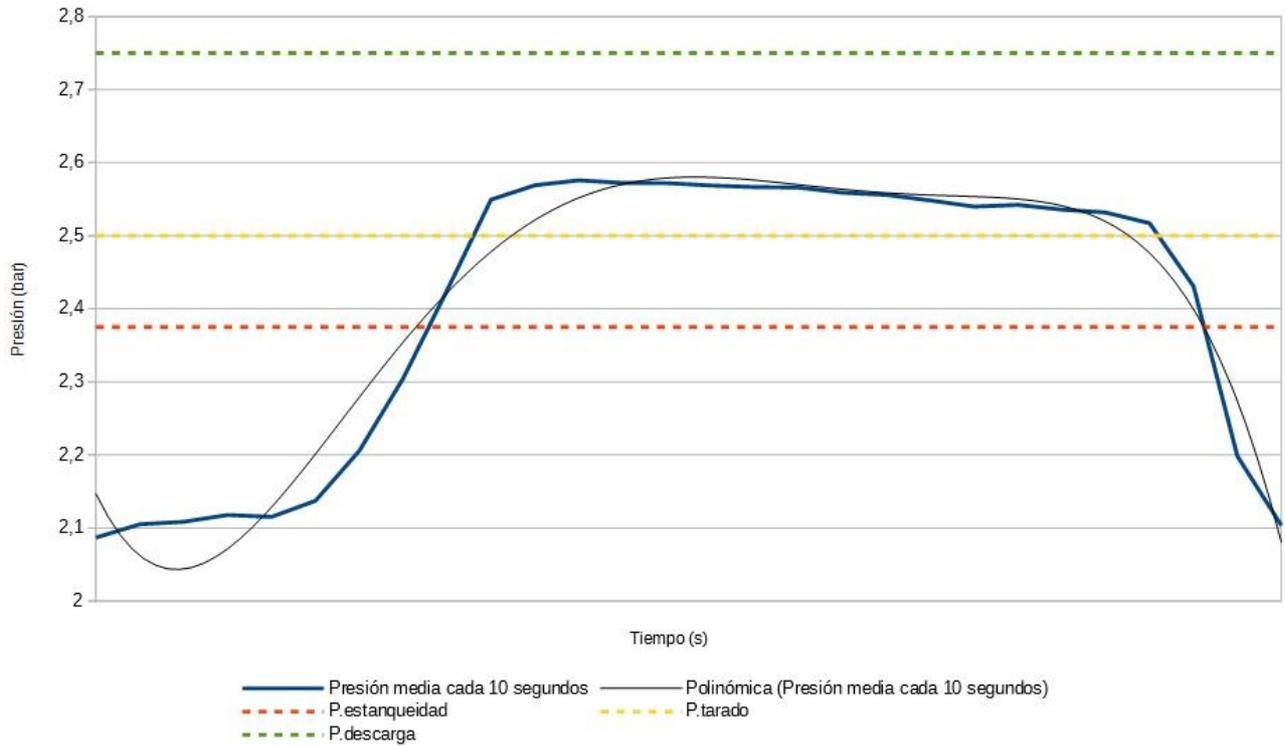


Figura 42. Ensayo 1 agua caliente válvula Orkli 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Como se puede observar en la gráfica, la presión supera la de tarado durante la descarga, sin llegar a la máxima de descarga. El valor de la máxima descarga es orientativo y en esta gráfica se representa como un 110 % de la presión de tarado, por lo que no es que funcione mal la válvula si no llega hasta ese valor. Al contrario, al descargar entre la presión de tarado y la de descarga máxima, se puede afirmar que esta válvula tiene un correcto funcionamiento.

6.2.2.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
ORKLI 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,59	2,5	103,6	2,54	2,5	101,6	70,31

Tabla 19. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua caliente de la válvula Orkli 2,5 bar.

6.2.2.2.- Ensayo 2

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 77,47 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.2.2.1.- Mediciones realizadas

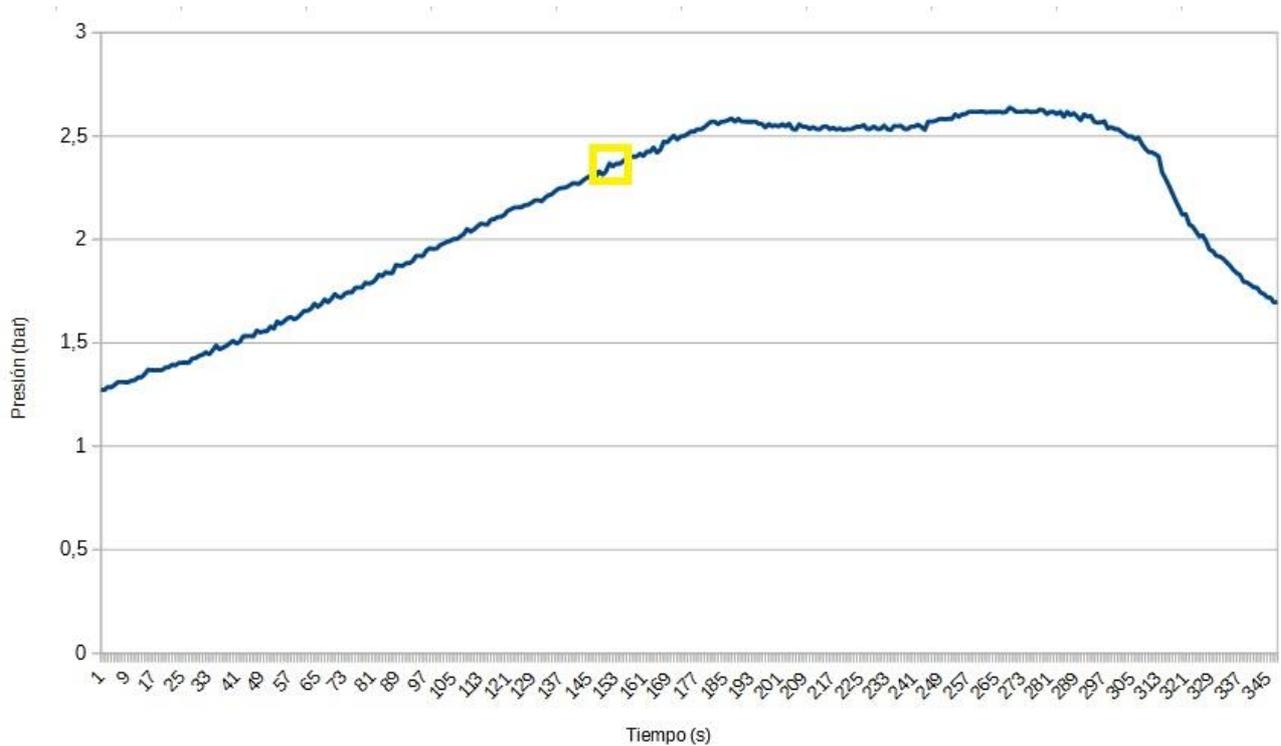


Figura 43. Ensayo 2 agua caliente válvula Orkli 2,5 bar.

6.2.2.2.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

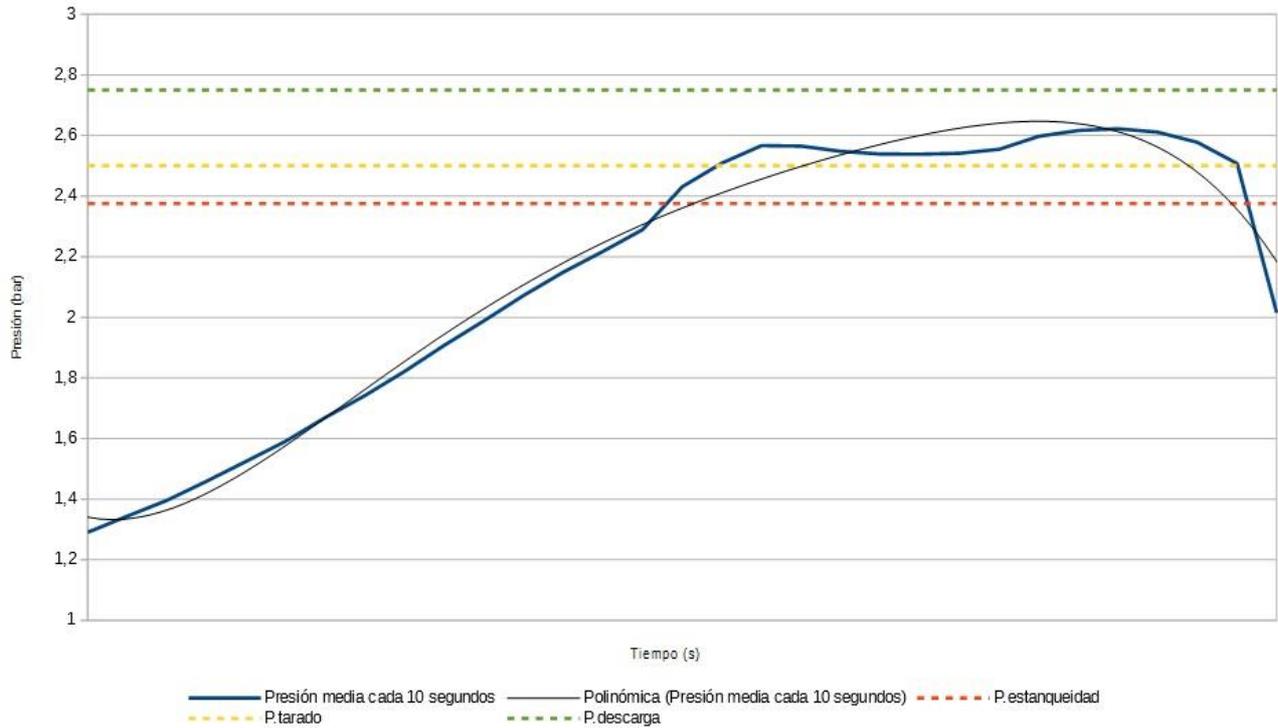


Figura 44. Ensayo 2 agua caliente válvula Orkli 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Los resultados obtenidos son similares a los del ensayo 1. Como se puede observar en la gráfica, la presión supera la de tarado durante la descarga, sin llegar a la máxima de descarga. El valor de la máxima descarga es orientativo y en esta gráfica se representa como un 110 % de la presión de tarado, por lo que no es que funcione mal la válvula si no llega hasta ese valor. Al contrario, al descargar entre la presión de tarado y la de descarga máxima, se puede afirmar que esta válvula tiene un correcto funcionamiento.

6.2.2.2.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
ORKLI 2,5 BAR	ENSAYO 2	2,64	2,5	105,6	2,55	2,5	102	77,47

Tabla 20. Resumen valores medidos en el ensayo 2 con agua caliente de la válvula Orkli 2,5 bar.

6.2.3.- Watt 3 bar

A esta válvula se le realizó un solo ensayo, debido a que durante el día de mediciones se observó que en el segundo ensayo se obtenían resultados muy parecidos a los del primero.

6.2.3.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 80,19 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.3.1.1.- Mediciones realizadas

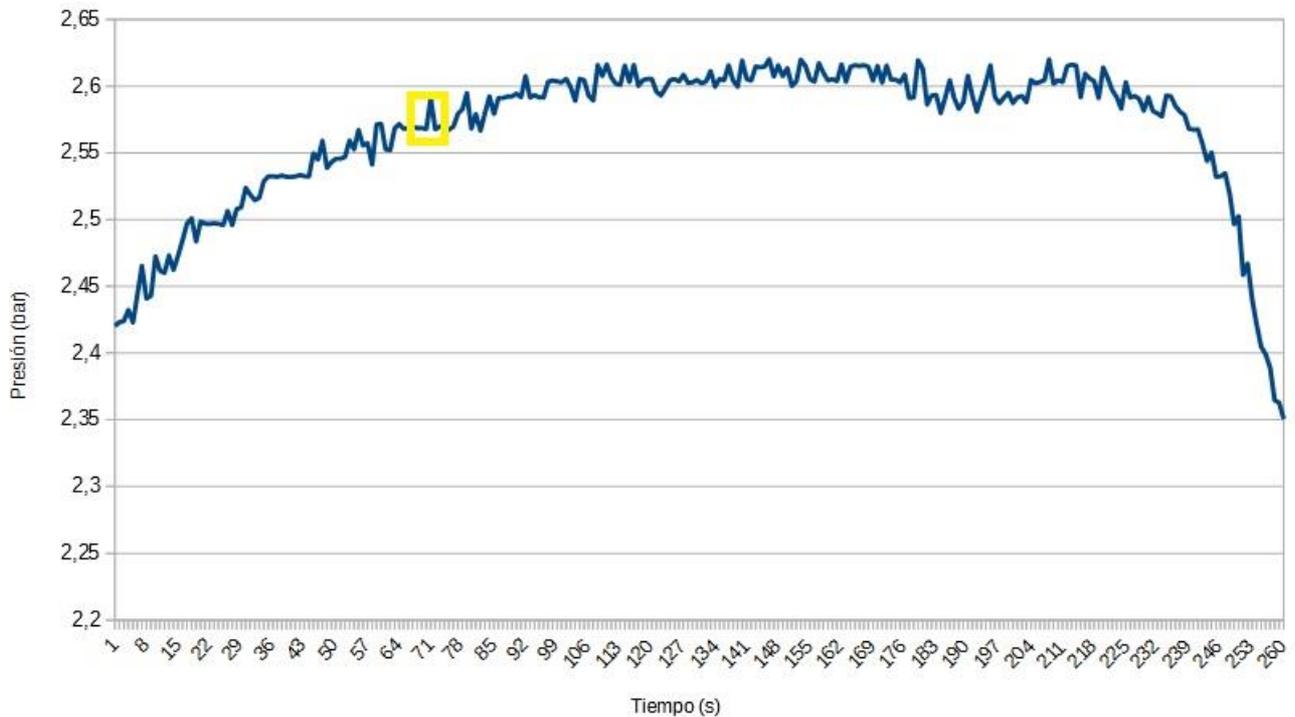


Figura 45. Ensayo 1 agua caliente válvula Watt 3 bar.

6.2.3.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

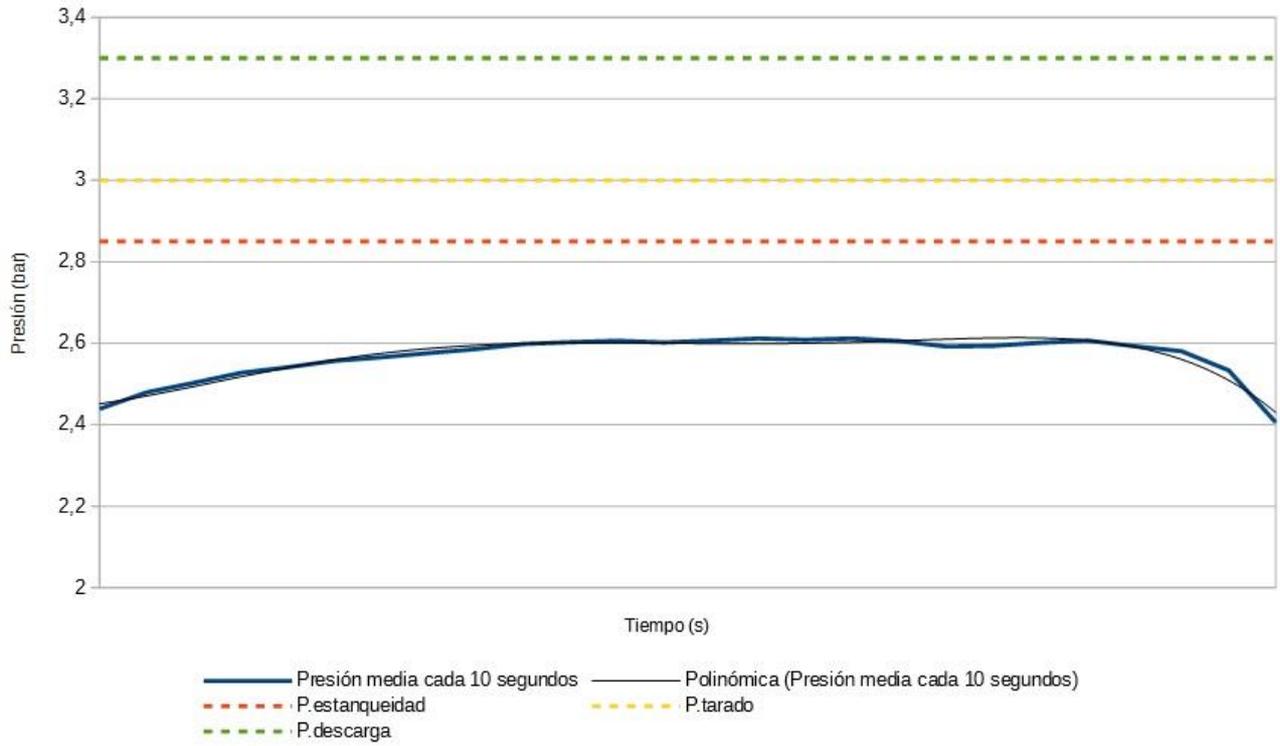


Figura 46. Ensayo 1 agua caliente válvula Watt 3 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que esta válvula no funciona correctamente, debido a que en ningún momento se llega a la presión de estanqueidad durante la descarga, por lo que está perdiendo líquido el circuito cuando debería estar cerrado.

6.2.3.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
WATT 3 BAR	ENSAYO 1	2,62	3	87,33	2,58	3	86	80,19

Tabla 21. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua caliente de la válvula Watt 3 bar.

6.2.4.- Novasfer 6 bar

A esta válvula se le realizó un solo ensayo, debido a que durante el día de mediciones se observó que en el segundo ensayo se obtenían resultados muy parecidos a los del primero.

6.2.4.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 73,14 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.4.1.1.- Mediciones realizadas

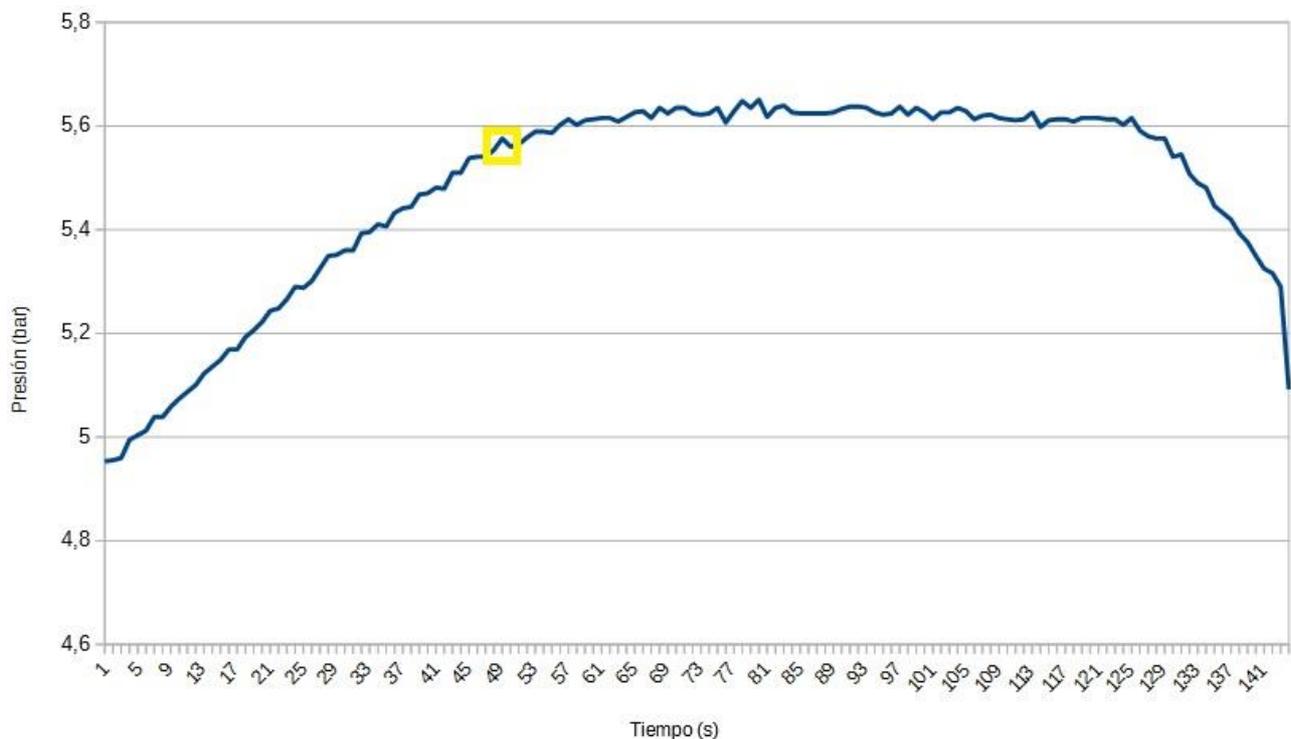


Figura 47. Ensayo 1 agua caliente válvula Novasfer 6 bar.

6.2.4.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

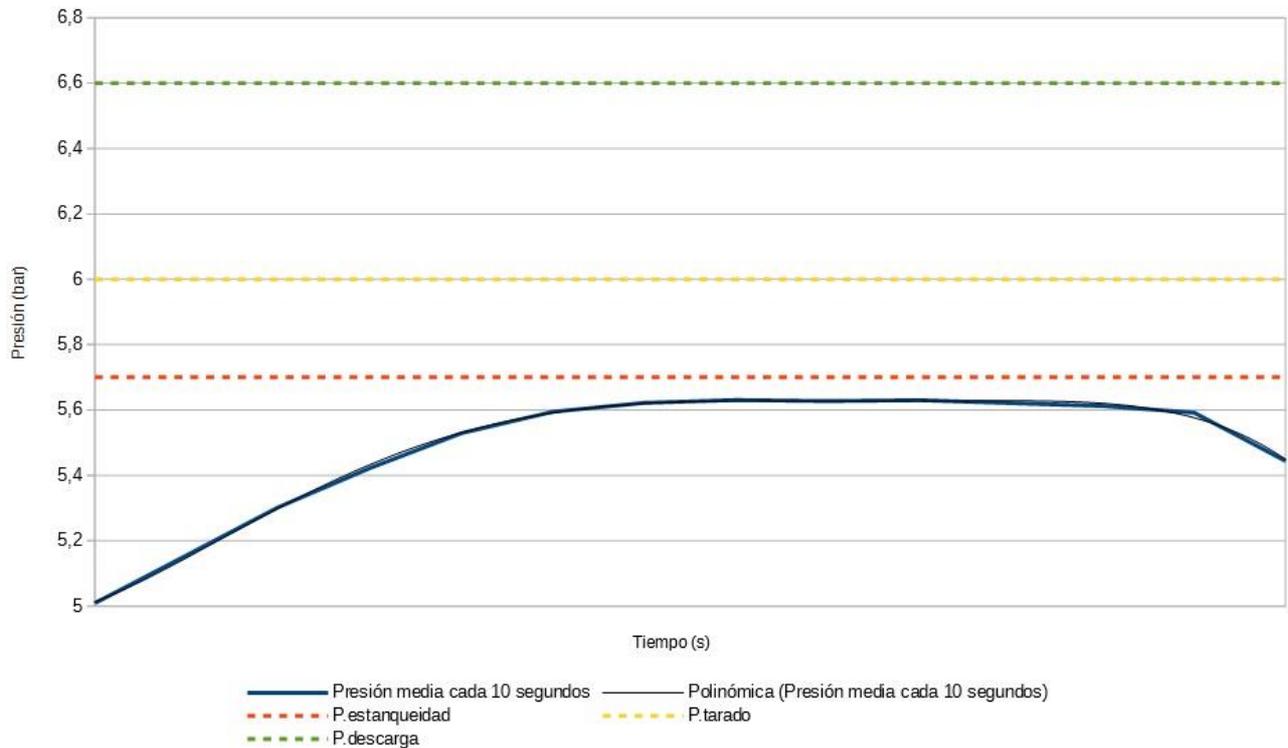


Figura 48. Ensayo 1 agua caliente válvula Novasfer 6 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que esta válvula no funciona correctamente, debido a que en ningún momento se llega a la presión de estanqueidad durante la descarga, por lo que está perdiendo líquido el circuito cuando debería estar cerrado.

6.2.4.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 6 BAR	ENSAYO 1	5,65	6	94,17	5,61	6	93,5	73,14

Tabla 22. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua caliente de la válvula Novasfer 6 bar.

6.2.5.- Caleffi 8 bar

A esta válvula se le realizó un solo ensayo, debido a que durante el día de mediciones se observó que en el segundo ensayo se obtenían resultados muy parecidos a los del primero.

6.2.5.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 73,40 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.5.1.1.- Mediciones realizadas

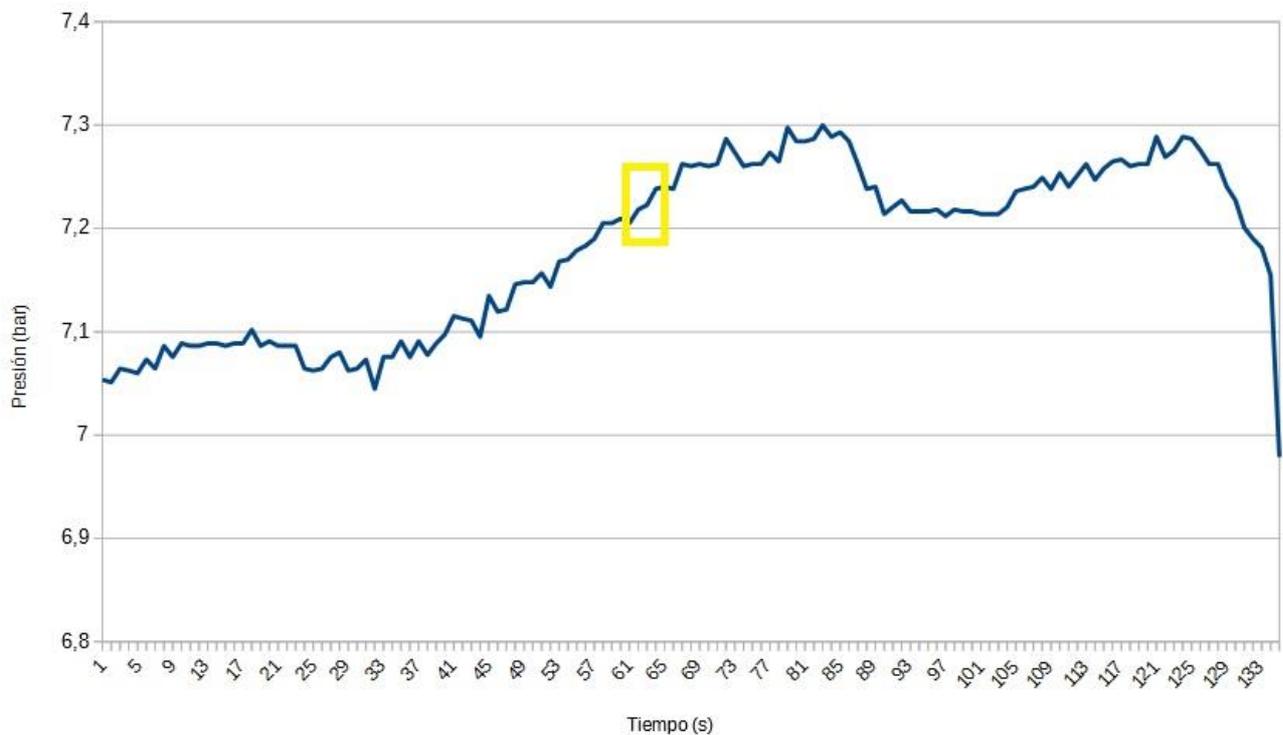


Figura 49. Ensayo 1 agua caliente válvula Caleffi 8 bar.

6.2.5.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

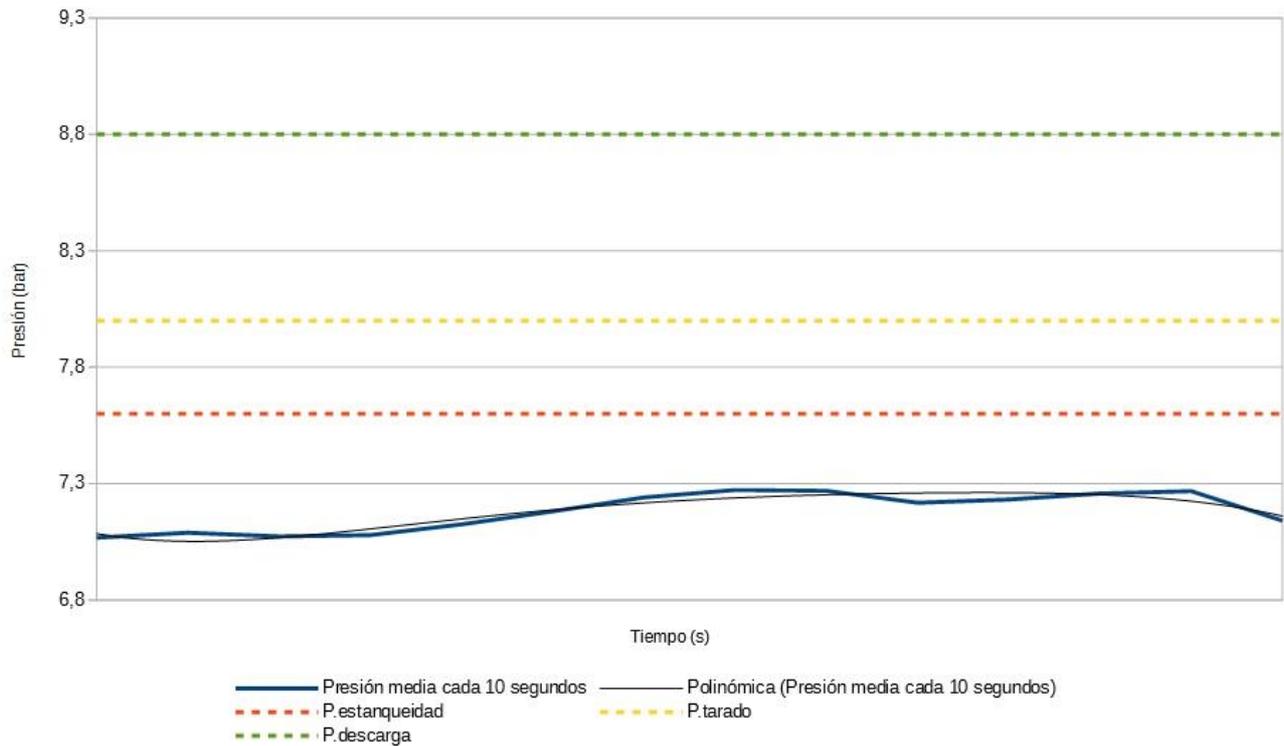


Figura 50. Ensayo 1 agua caliente válvula Caleffi 8 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que esta válvula no funciona correctamente, debido a que en ningún momento se llega a la presión de estanqueidad durante la descarga, por lo que está perdiendo líquido el circuito cuando debería estar cerrado.

6.2.5.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
CALEFFI 8 BAR	ENSAYO 1	7,3	8	91,25	7,25	8	90,63	73,4

Tabla 23. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua caliente de la válvula Caleffi 8 bar.

6.2.6.- Chromagen 8 bar

A esta válvula se le realizó un solo ensayo, debido a que durante el día de mediciones se observó que en el segundo ensayo se obtenían resultados muy parecidos a los del primero.

6.2.6.1.- Ensayo 1

La temperatura del agua en el momento que se observó la apertura de la válvula era de 76,96 °C.

En este ensayo, se siguió el procedimiento descrito en el apartado "Procedimiento", con un incremento de la presión gradual para ver en qué punto exacto descarga la válvula.

6.2.6.1.1.- Mediciones realizadas

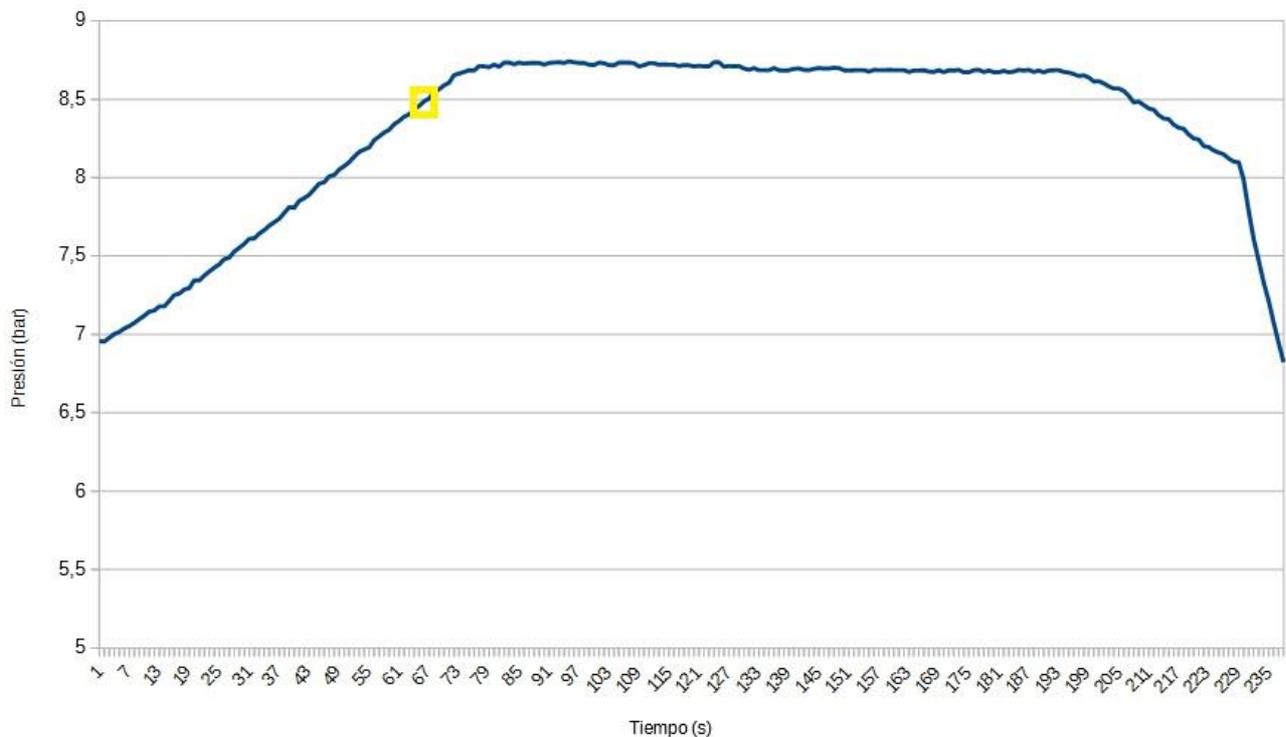


Figura 51. Ensayo 1 agua caliente válvula Chromagen 8 bar.

6.2.6.1.2.- Gráfica de las mediciones suavizada

Debido a los picos de presión que se producen, se ha hecho la media de los datos medidos cada 10 segundos y se han representado en la siguiente gráfica junto a una línea de tendencia para poder ver con mayor claridad el comportamiento de la válvula:

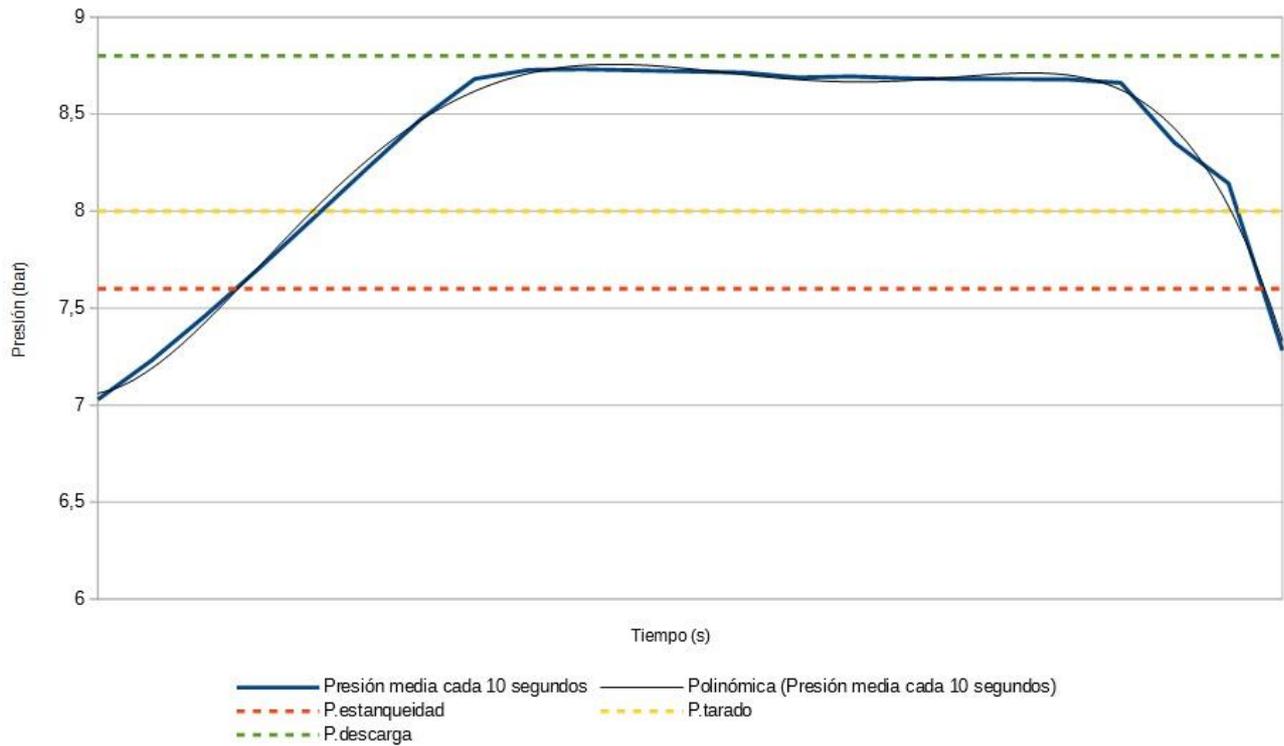


Figura 52. Ensayo 1 agua caliente válvula Chromagen 8 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Como se puede observar en la gráfica, la presión supera la de tarado durante la descarga, llegando casi a la máxima de descarga. Esta válvula se comporta tal y como debería según la teoría, con una descarga a una presión en torno al 110% de su valor de tarado. Esta válvula es la de más alta gama de las que se han probado, así que tiene sentido que sea la que funciona mejor, debido a que los materiales con los que está construida son de mayor calidad.

6.2.6.1.3.- Resumen

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
CHROMAGEN 8 BAR	ENSAYO 1	8,74	8	109,25	8,68	8	108,5	76,96

Tabla 24. Resumen valores medidos en el ensayo 1 con agua caliente de la válvula Chromagen 8 bar.

7.- Análisis comparativo de las válvulas a la misma temperatura

7.1.- Análisis comparativo ensayo frío

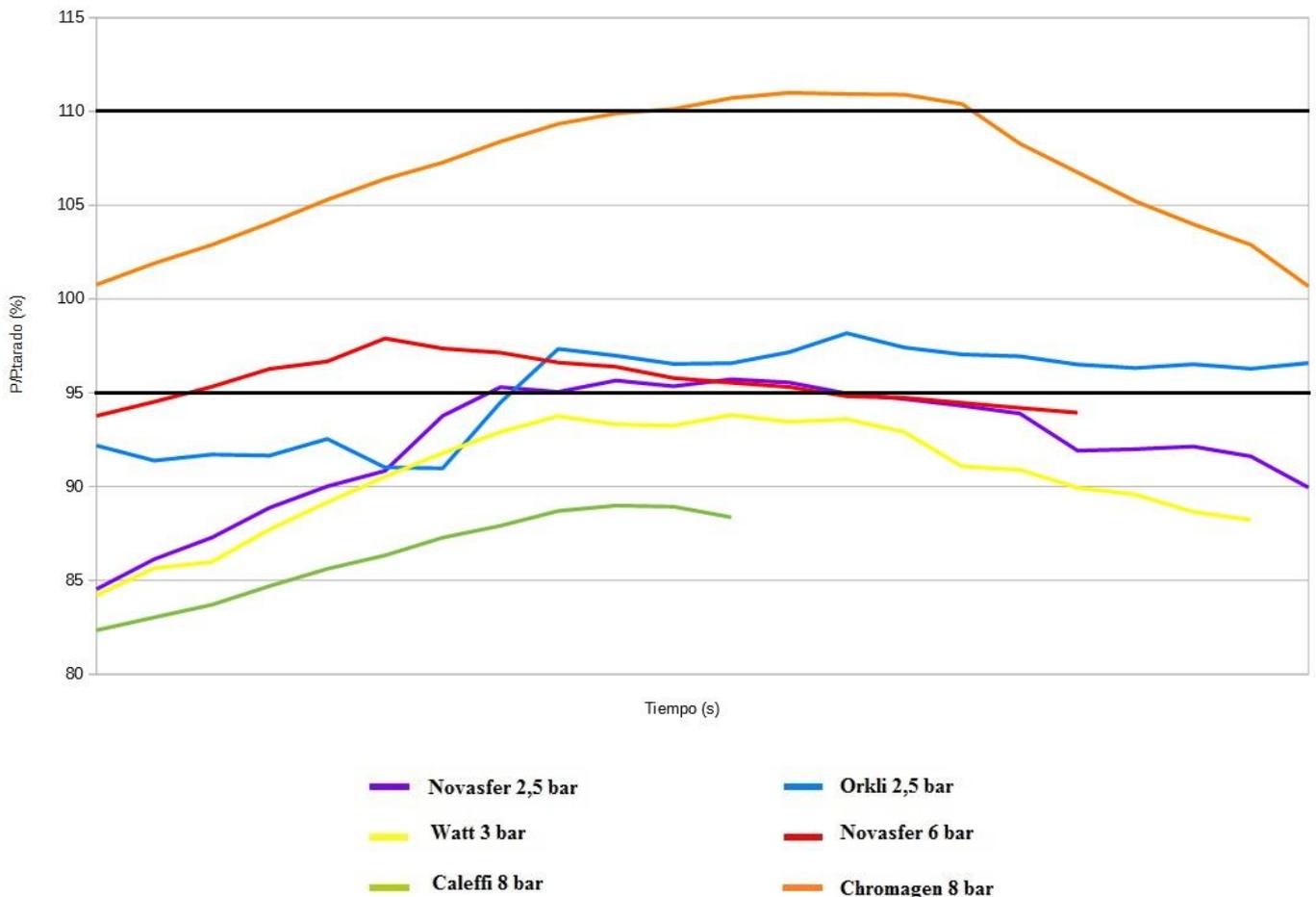


Figura 53. Comparación ensayos de frío de las distintas válvulas. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En esta gráfica se encuentra expresada la presión respecto la de tarado de cada válvula, en porcentaje, para compararlas todas en una misma gráfica independientemente del tarado de la válvula. Las líneas negras trazadas indican el margen entre la presión de estanqueidad (línea inferior, 95% de la presión de tarado) y la presión de tarado (línea superior, 100% de la presión de tarado). Como quedó demostrado en los ensayos explicados uno a uno, las únicas válvulas que descargan en ese umbral son la Orkli de 2,5 bar (en rojo), la Novasfer de 6 bar (en azul) y la Chromagen de 8 bar (en naranja), siendo esta última la que presenta un funcionamiento más aproximado al descrito en la teoría. Por otro lado, la Novasfer de 2,5 bar (morado) está en el límite, no funciona correctamente pero no abre tan pronto como la Watt de 3 bar (amarillo) o la Caleffi de 8 bar (verde). Al haberse realizado los ensayos dejando que la presión incremente gradualmente, en cada válvula se ha tardado un tiempo distinto en producirse la apertura y la posterior descarga. Es por esto que unas líneas llegan más hacia la derecha que otras en el transcurso del tiempo, pero este detalle no es importante ya que lo que se observa es el proceso de apertura y descarga, independientemente de lo que esto tarde en producirse.

En esta tabla aparece un resumen de los distintos valores representativos que se han obtenido en los ensayos realizados:

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,44	2,5	97,6	2,37	2,5	94,8	35,68
	ENSAYO 2	2,39	2,5	95,6	2,37	2,5	94,8	33,82
ORKLI 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,44	2,5	97,6	2,4	2,5	96	31,83
	ENSAYO 2	2,45	2,5	98	2,41	2,5	96,4	31,65
WATT 3 BAR	ENSAYO 1	2,83	3	94,33	2,8	3	93,33	30,88
	ENSAYO 2	2,8	3	93,33	2,77	3	92,33	38,81
NOVASFER 6 BAR	ENSAYO 1	5,89	6	98,17	5,85	6	97,5	31,97
CALEFFI 8 BAR	ENSAYO 1	7,12	8	89	7,08	8	88,5	33,42
CHROMAGEN 8 BAR	ENSAYO 1	8,9	8	111,25	8,75	8	109,38	33,35

Tabla 25. Resumen ensayos agua fría.

Por tanto, puede llegarse a la conclusión de cuales funcionan bien y cuales no:

NOVASFER 2,5 BAR	REGULAR
ORKLI 2,5 BAR	BIEN
WATT 3 BAR	MAL
NOVASFER 6 BAR	BIEN
CALEFFI 8 BAR	MAL
CHROMAGEN 8 BAR	BIEN

Tabla 54. Funcionamiento de las válvulas.

7.2.- Análisis comparativo ensayo caliente

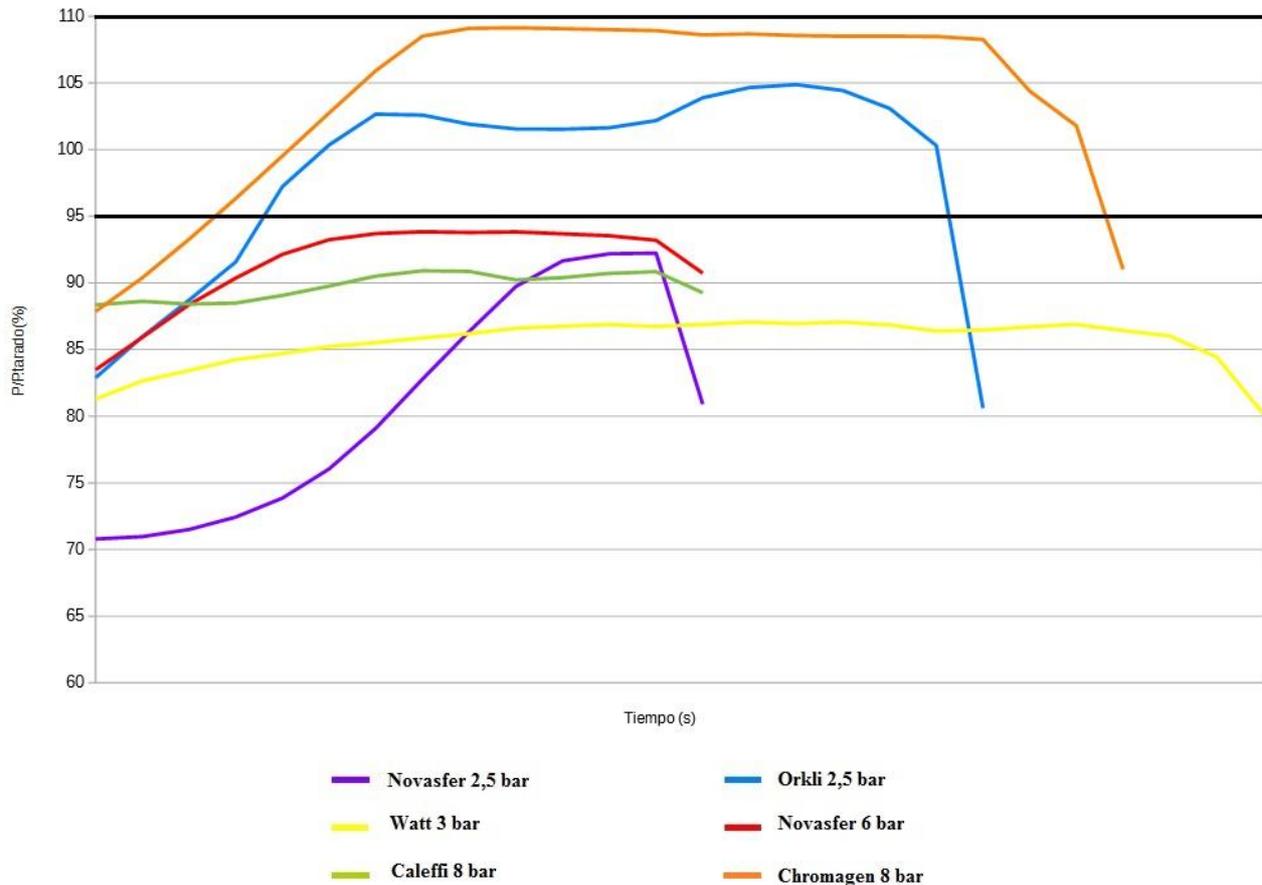


Figura 55. Comparación ensayos de frío de las distintas válvulas. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En esta gráfica se encuentra expresada la presión respecto la de tarado de cada válvula, en porcentaje, para compararlas todas en una misma gráfica independientemente del tarado de la válvula. Las líneas negras trazadas indican el margen entre la presión de estanqueidad (línea inferior, 95% de la presión de tarado) y la presión de tarado (línea superior, 100% de la presión de tarado). Como quedó demostrado en los ensayos explicados uno a uno, las únicas válvulas que descargan en ese umbral son la Orkli de 2,5 bar (en rojo) y la Chromagen de 8 bar (en naranja). El resto de válvulas no llegan ni a la presión de estanqueidad durante la descarga, por lo que no funcionan correctamente. Al haberse realizado los ensayos dejando que la presión incremente gradualmente, en cada válvula se ha tardado un tiempo distinto en producirse la apertura y la posterior descarga. Es por esto que unas líneas llegan más hacia la derecha que otras en el transcurso del tiempo, pero este detalle no es importante ya que lo que se observa es el proceso de apertura y descarga, independientemente de lo que esto tarde en producirse.

En esta tabla aparece un resumen de los distintos valores representativos que se han obtenido en los ensayos realizados:

		P.máxima (bar)	P.tarado (bar)	%	P.media durante descarga (bar)	P.tarado (bar)	%	Temperatura (°C)
NOVASFER 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,29	2,5	91,6	2,26	2,5	90,4	76,67
	ENSAYO 2	2,31	2,5	92,4	2,28	2,5	91,2	74,86
ORKLI 2,5 BAR	ENSAYO 1	2,59	2,5	103,6	2,54	2,5	101,6	70,31
	ENSAYO 2	2,64	2,5	105,6	2,55	2,5	102	77,47
WATT 3 BAR	ENSAYO 1	2,62	3	87,33	2,58	3	86	80,19
NOVASFER 6 BAR	ENSAYO 1	5,65	6	94,17	5,61	6	93,5	73,14
CALEFFI 8 BAR	ENSAYO 1	7,3	8	91,25	7,25	8	90,63	73,4
CHROMAGEN 8 BAR	ENSAYO 1	8,74	8	109,25	8,68	8	108,5	76,96

Tabla 26. Resumen ensayos agua caliente.

Por tanto, puede llegarse a la conclusión de cuales funcionan bien y cuales no:

NOVASFER 2,5 BAR	MAL
ORKLI 2,5 BAR	BIEN
WATT 3 BAR	MAL
NOVASFER 6 BAR	MAL
CALEFFI 8 BAR	MAL
CHROMAGEN 8 BAR	BIEN

Tabla 56. Funcionamiento de las válvulas.

8.- Análisis comparativo de las válvulas según la temperatura

Tras realizarse los ensayos, el objetivo es ver cómo afecta la temperatura al funcionamiento de las distintas válvulas, por lo que se van a comparar los resultados obtenidos en cada válvula con agua fría y con agua caliente. Para ello, se trasladará en el tiempo el periodo de descarga que ha habido en cada ensayo para hacerlos coincidir y que sea más fácil de comparar.

8.1.- Novasfer 2,5 bar

A esta válvula se le realizaron un total de 4 ensayos. En la siguiente gráfica se refleja la media cada 10 segundos de los valores registrados.

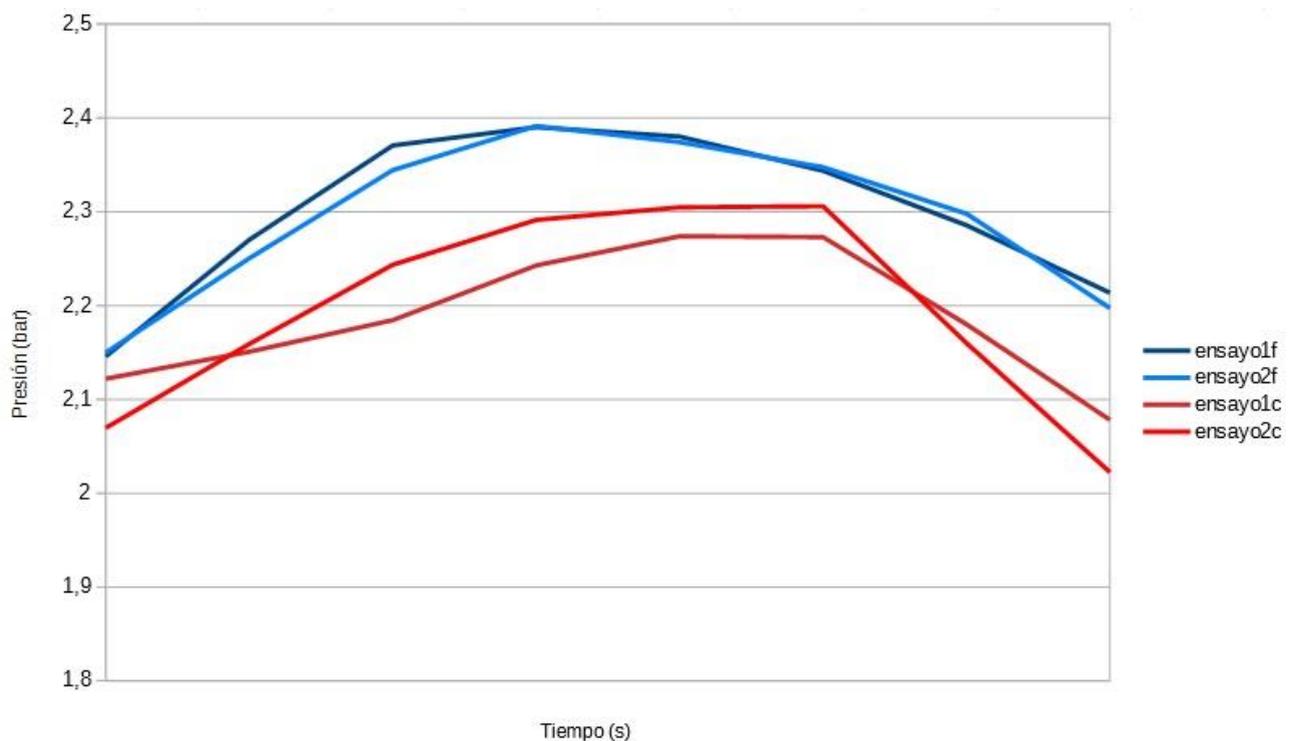


Figura 57. Comparación ensayos válvula Novasfer 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Por tanto, la conclusión que se puede sacar de todos estos ensayos es que esta válvula abre a menor presión cuando aumenta la temperatura del agua. Con agua fría, como se ha visto en el apartado de las mediciones, no llega a funcionar correctamente, pero en algún punto de la descarga superaba la presión de estanqueidad. Sin embargo, con agua caliente, abre a menor presión, por lo que no llega a la presión de estanqueidad en ningún momento y funciona peor.

Si se realiza la media de los ensayos de agua fría por un lado, y los de agua caliente por otro, se obtiene la siguiente gráfica:

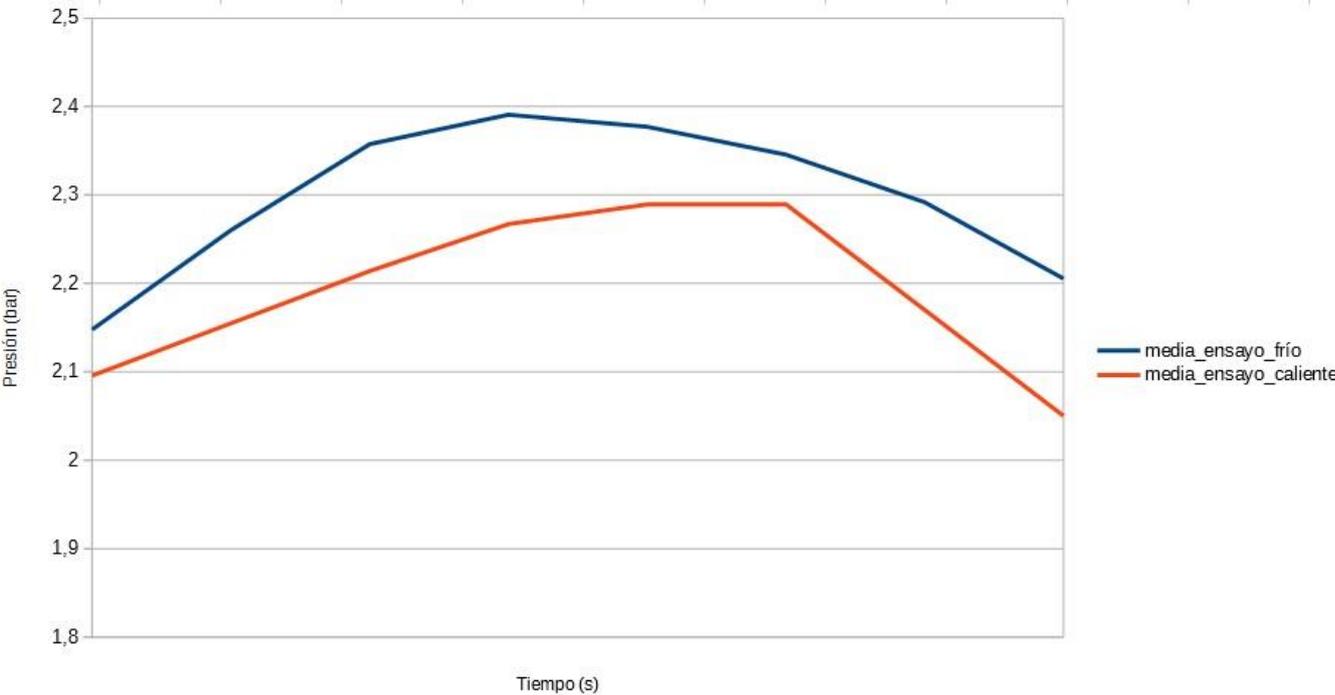


Figura 58. Comparación media de ensayos válvula Novasfer 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En esta gráfica se puede observar más claramente lo dicho anteriormente.

8.2.- Orkli 2,5 bar

A esta válvula se le realizaron un total de 4 ensayos. En la siguiente gráfica se refleja la media cada 10 segundos de los valores registrados.

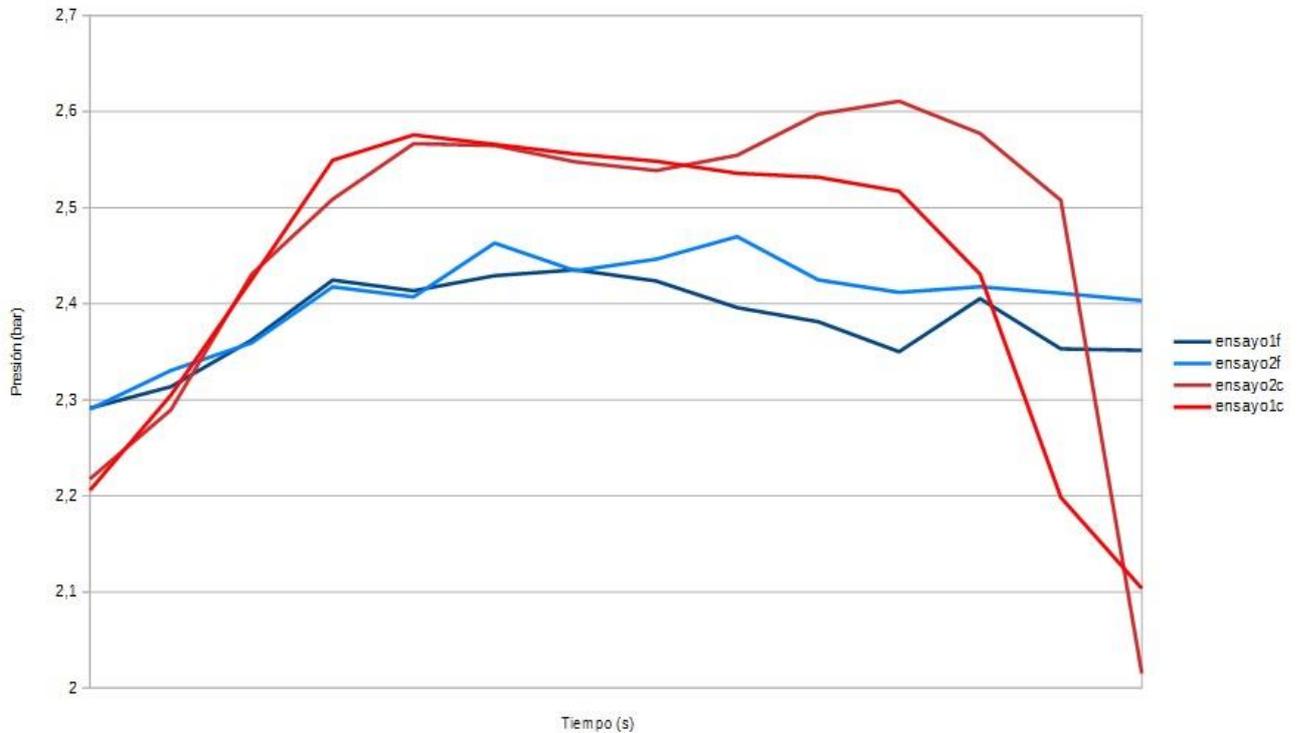


Figura 59. Comparación ensayos válvula Orkli 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En esta válvula sucede lo contrario que en la anterior. En el ensayo frío, abre a una presión que se encuentra entre la de estanqueidad y la de tarado, sin llegar a esta última. No es el funcionamiento óptimo, pero cumple con la norma EN 1489:2001. No obstante, con agua caliente este funcionamiento sí es óptimo, con una ligera sobrepresión mientras se produce la descarga, superando la presión de tarado.

Si se realiza la media de los ensayos de agua fría por un lado, y los de agua caliente por otro, se obtiene la siguiente gráfica:



Figura 60. Comparación media de ensayos válvula Orkli 2,5 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En esta gráfica se puede observar más claramente lo dicho anteriormente.

8.3.- Watt 3 bar

A esta válvula se le realizaron un total de 3 ensayos. En la siguiente gráfica se refleja la media cada 10 segundos de los valores registrados.

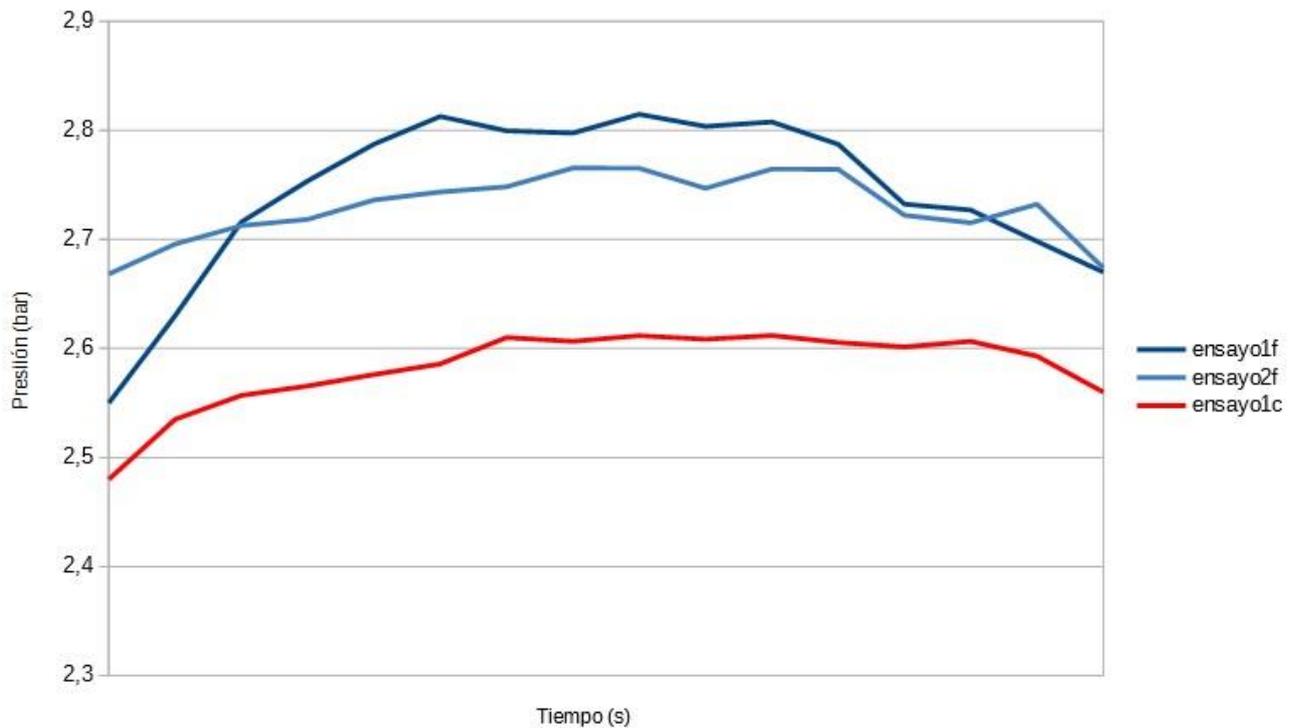


Figura 61. Comparación ensayos válvula Watt 3 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Por tanto, la conclusión que se puede sacar de todos estos ensayos es de que esta válvula abre a menor presión cuando aumenta la temperatura del agua. Con agua fría, como se ha visto en el apartado de las mediciones, no llega a funcionar correctamente, aunque se acerca ligeramente a la presión de estanqueidad. Sin embargo, con agua caliente, abre a menor presión, por lo que ni se acerca a la presión de estanqueidad en ningún momento y funciona peor.

Si se realiza la media de los ensayos de agua fría y se compara con el de agua caliente, se obtiene la siguiente gráfica:

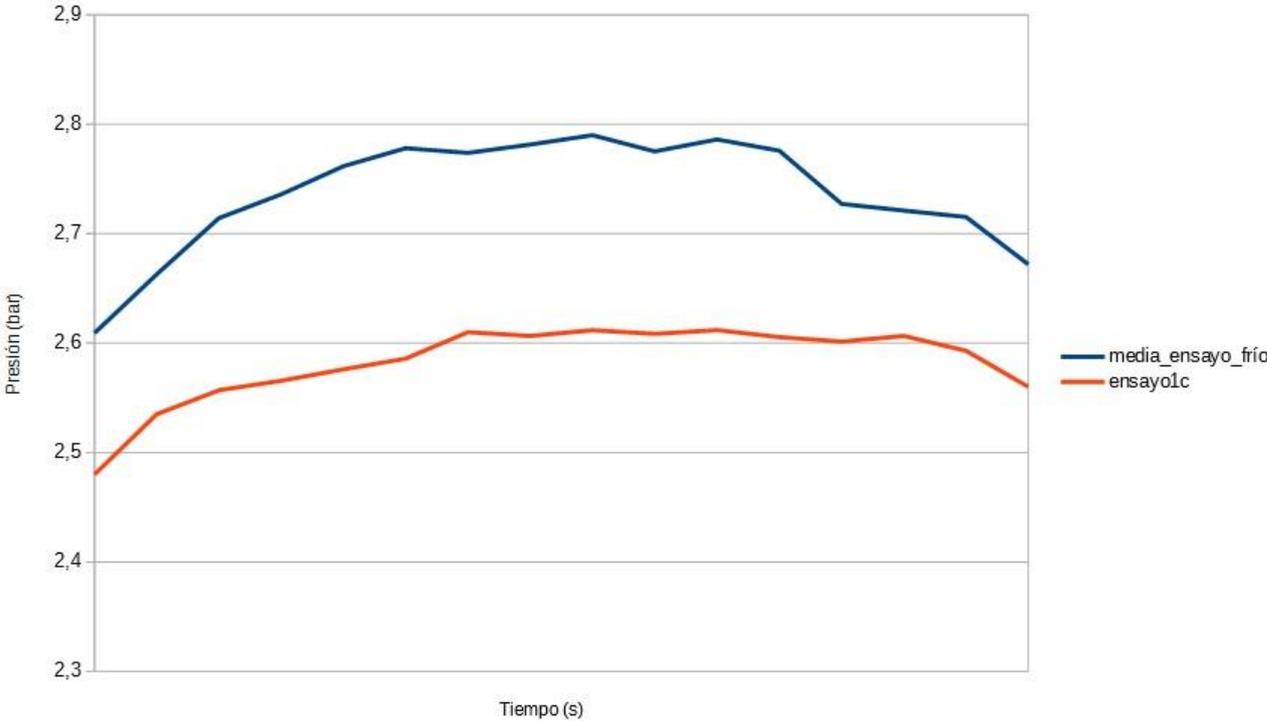


Figura 62. Comparación media de ensayos válvula Watt 3 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En esta gráfica se puede observar más claramente lo dicho anteriormente.

8.4.- Novasfer 6 bar

A esta válvula se le realizaron un total de 2 ensayos. En la siguiente gráfica se refleja la media cada 10 segundos de los valores registrados.

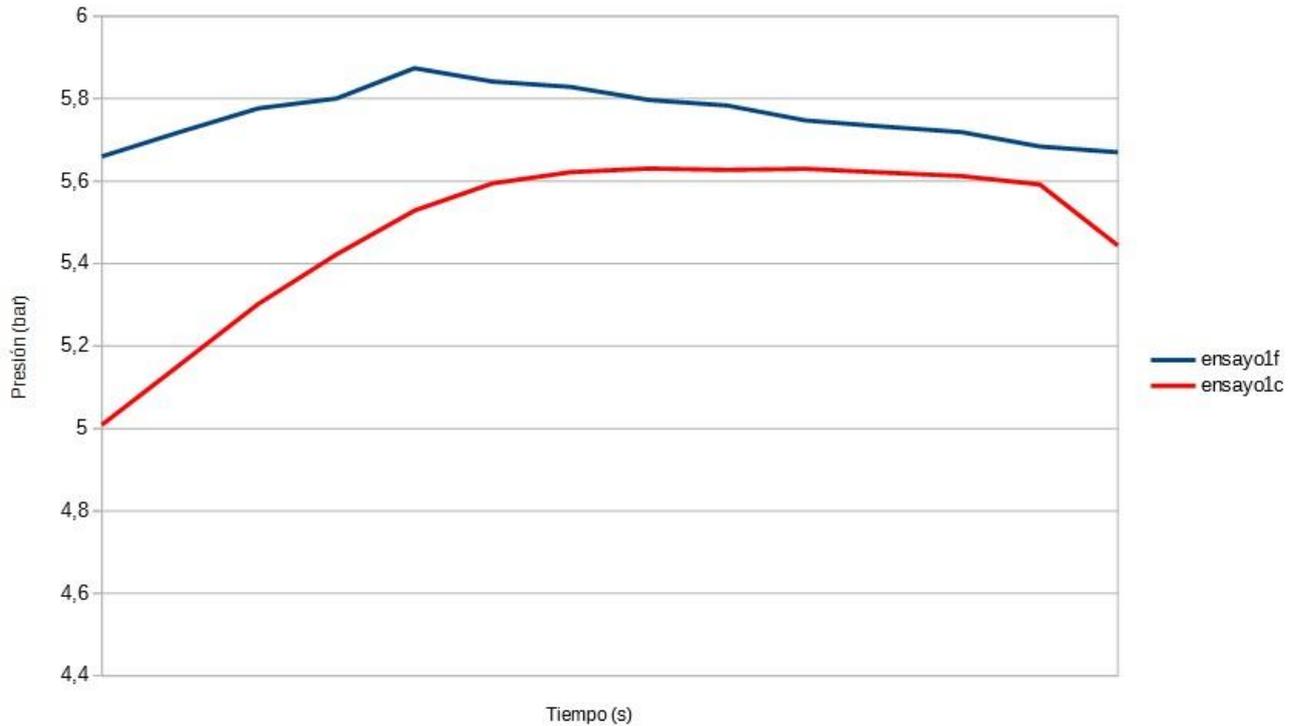


Figura 63. Comparación ensayos válvula Novasfer 6 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

En el ensayo frío, abre a una presión que se encuentra entre la de estanqueidad y la de tarado, sin llegar a esta última. No es el funcionamiento óptimo, pero cumple con la norma EN 1489:2001. No obstante, con agua caliente abre a mucha menor presión, sin llegar a la presión de estanqueidad, por lo que el funcionamiento no es correcto.

8.5.- Caleffi 8 bar

A esta válvula se le realizaron un total de 2 ensayos. En la siguiente gráfica se refleja la media cada 10 segundos de los valores registrados.

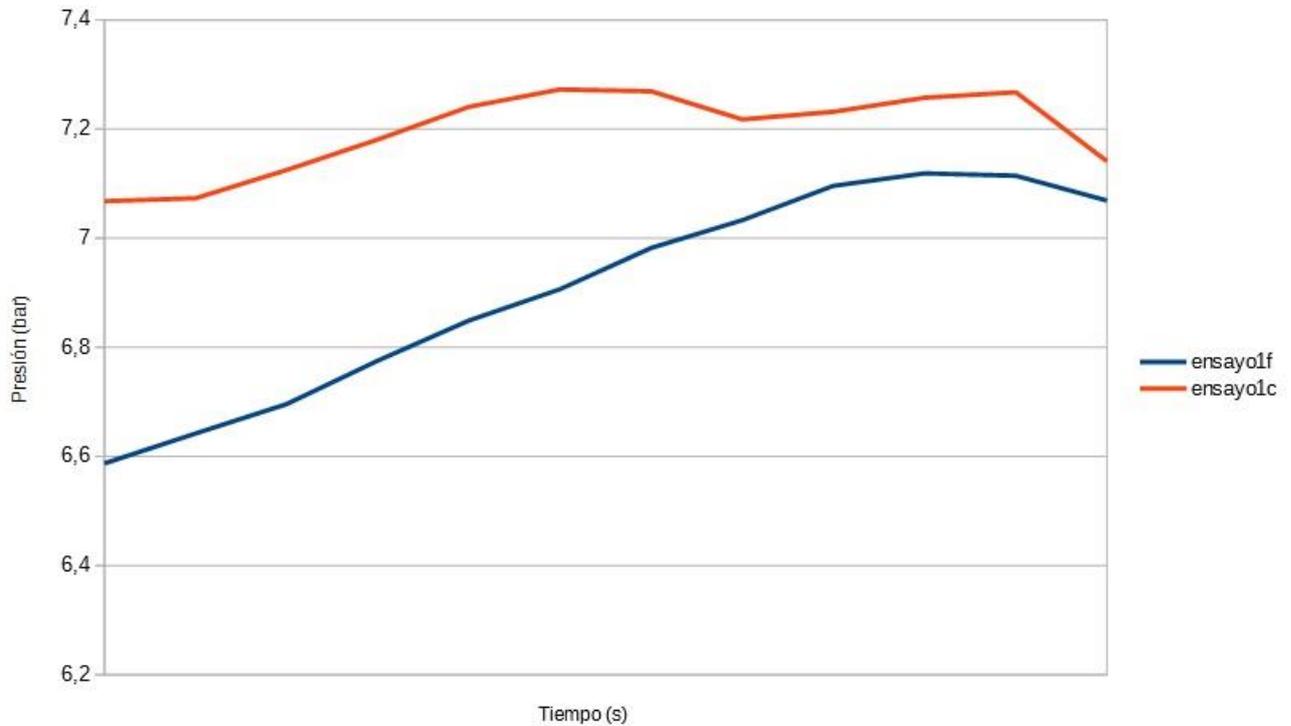


Figura 64. Comparación ensayos válvula Caleffi 8 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Esta válvula abre a mayor presión cuando aumenta la temperatura del agua. No obstante, tanto con agua caliente como con agua fría, abre a una presión mucho menor que la de estanqueidad, por lo que tiene un mal funcionamiento. Esto puede ser porque está diseñada para el circuito secundario o porque el glicol modifica su comportamiento, ya que no es apta para este.

8.6.- Chromagen 8 bar

A esta válvula se le realizaron un total de 2 ensayos. En la siguiente gráfica se refleja la media cada 10 segundos de los valores registrados.

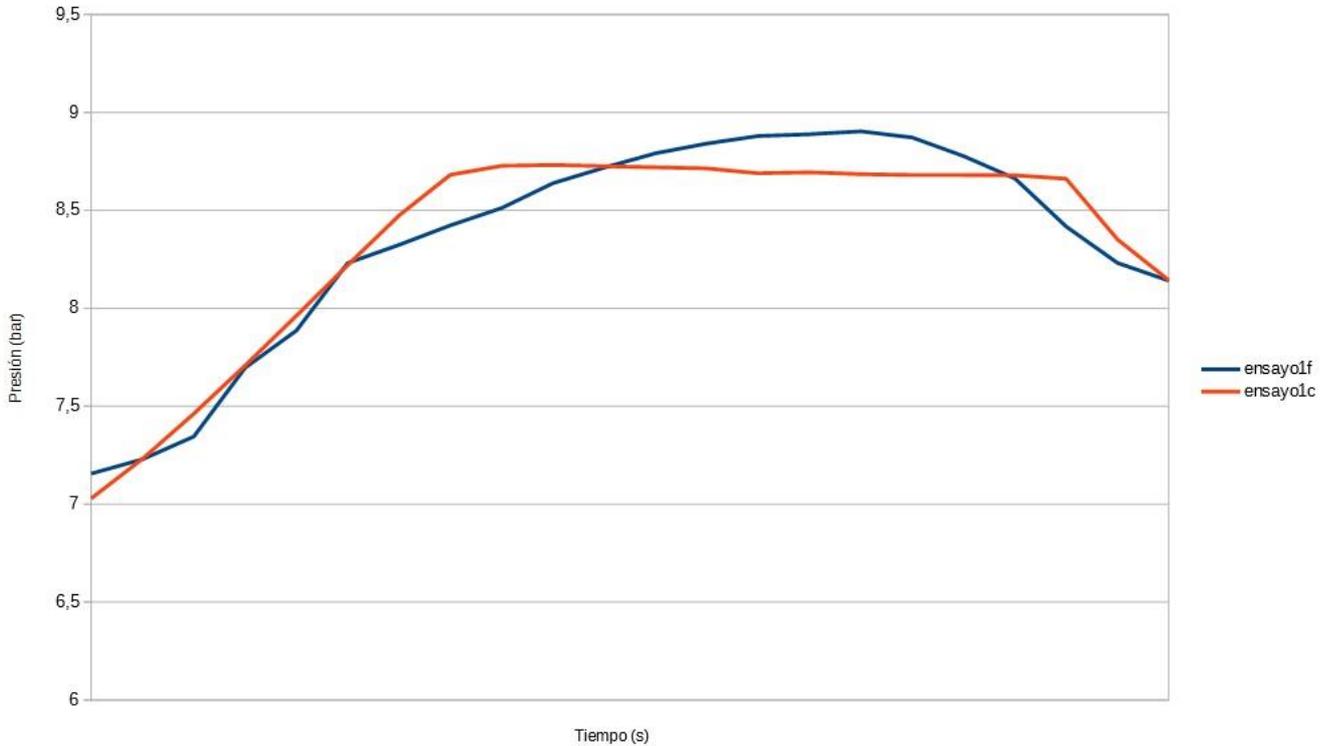


Figura 65. Comparación ensayos válvula Chromagen 8 bar. Media de valores medidos cada 10 segundos.

Esta válvula tiene un comportamiento muy parecido tanto con agua caliente como con agua fría. Al ser la de más alta gama tienen sentido estos resultados, ya que son independientes de la temperatura, lo cual indica que los materiales constructivos son de buena calidad.

9.- Línea de trabajo futura

Para llevar a cabo los ensayos de tarado de las válvulas de seguridad se crea un procedimiento de ensayo que consiste en:

- a) Instalar el sistema solar de calentamiento de agua sobre una plataforma de ensayo de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- b) Montar la válvula de seguridad en la parte superior del acumulador solar.
- c) Se conecta el indicador de presión en la salida de la válvula de seguridad.
- d) Se aplica presión lentamente hasta que se produzca una apertura de la válvula, anotándose el valor registrado. Para ello se utiliza una bomba de presión hidráulica.
- e) Se libera la presión por la misma bomba de presión.
- f) Se deben de realizar los ensayos a las temperaturas de 20°C y 80°C. Para ello, antes del paso b se debe acondicionar el acumulador solar a dichas temperaturas.

El valor de presión debe medirse con una resolución de al menos 2 segundos mediante un sensor de presión calibrado anualmente con una desviación en la medida inferior al 5%.

10.- Conclusiones

Respecto a la comparación de las válvulas con la misma temperatura del agua, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En el ensayo con agua fría las únicas válvulas que descargan entre la presión de estanqueidad y la de descarga son la Orkli de 2,5 bar, la Novasfer de 6 bar y la Chromagen de 8 bar, siendo esta última la que presenta un funcionamiento más aproximado al descrito en la teoría.
- En el ensayo con agua caliente las únicas válvulas que descargan entre la presión de estanqueidad y la de descarga son la Orkli de 2,5 bar y la Chromagen de 8 bar, presentando las dos un funcionamiento aproximado al descrito en la teoría.

En la siguiente tabla se refleja si funcionan bien o mal las distintas válvulas ensayadas, recopilando lo expuesto en apartados anteriores:

	ENSAYO FRÍO	ENSAYO CALIENTE	TOTAL
NOVASFER 2,5 BAR	REGULAR	MAL	MAL
ORKLI 2,5 BAR	BIEN	BIEN	BIEN
WATT 3 BAR	MAL	MAL	MAL
NOVASFER 6 BAR	BIEN	MAL	REGULAR
CALEFFI 8 BAR	MAL	MAL	MAL
CHROMAGEN 8 BAR	BIEN	BIEN	BIEN

Figura 66. Resumen del funcionamiento de las válvulas en los distintos ensayos.

Respecto a la comparación de las válvulas a distinta temperatura, se pueden obtener varias conclusiones:

- La válvula que es de alta gama (Chromagen de 8 bar) tiene un comportamiento similar tanto con agua fría como con agua caliente.
- La válvula Orkli de 2,5 bar funciona mejor con agua caliente que con agua fría, y, en general, su funcionamiento es correcto. Si se atiende al apartado de “Descripción de las válvulas”, se observa que en sus características aparece que la temperatura de operación es de 30°C a 160°C. El hecho de que tenga este rango puede indicar que la válvula está fabricada para una temperatura de agua caliente. Otras como las de marca Novasfer tienen un rango desde -20°C a 160°C. Este puede ser el hecho diferencial de por qué la Orkli funciona bien con agua caliente y las Novasfer disminuyen notablemente su presión de apertura al aumentar la temperatura del agua. Otro hecho diferencial es que la válvula Orkli está fabricada con un material diferente al resto de las que funcionan mal.
- La válvula que no admite glicol y que es para el circuito secundario (Caleffi 8 bar) se excluye del patrón de comportamientos, debido a que los valores de presión a los que abre se encuentran muy alejados de la presión de tarado, por lo que es evidente que funciona mal.
- En el resto de válvulas (Novasfer de 2,5 bar, Watt de 3 bar y Novasfer de 6 bar) se observa un comportamiento similar. Sus elementos constructivos son los mismos. El aumento de la temperatura del agua provoca que decaiga la presión de apertura y estas abran a presiones más bajas que la de tarado.

El hecho de que las válvulas abran a menor presión al estar a temperaturas que rondan los 80°C no debería pasarse por alto, ya que en una instalación real esto provoca la pérdida de anticongelante y el fallo del sistema. La norma EN 12976:2006 (“Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados.”), incluye en su contenido el cumplimiento de la norma EN 1489:2001 (“Válvulas para la edificación. Válvulas de seguridad. Ensayos y requisitos.”) en los ensayos de las válvulas de seguridad. Sin embargo, tal y como se describe en el apartado de la “Revisión Bibliográfica”, esta norma fija una temperatura de 25°C del agua para el ensayo de las válvulas. Con lo expuesto en las conclusiones, es evidente que la influencia de la temperatura es importante, por lo que se debería ensayar también con temperaturas en torno a los 80°C.

11.- Bibliografía

- [1] INSHT. NTP 342: Válvulas de seguridad (I): características técnicas.
- [2] Norma EN 12976:2006 (“Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados.”)
- [3] Norma EN 1489:2001 (“Válvulas para la edificación. Válvulas de seguridad. Ensayos y requisitos.”)
- [4] Spirax Sarco: Safety Valves.
- [5] Leser: Purpose and function of safety valves.
- [6] Beune, A. (2009). Analysis of high-pressure safety valves Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven
DOI:10.6100/IR652510

TECHNICAL SPECIFICATIONS: SOLAR SAFETY VALVE 4000

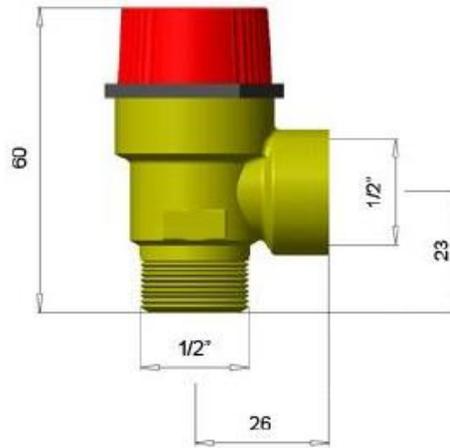
Max. Allowable working temperature: 160°C

Fluid used: Water/glycol solution max 50%

Connections: 1/2" M inlet - 1/2" F outlet

Set Pressure: 2.5bar

Max. Power Rating: 50kW



Orkli 2,5 bar

 17175 -- V.S 1/2H-3/4H. 3K SOLAR
 (1) ACCIONAMIENTO - E-24462 - MANETA SOLAR ANTI-UV
 (1) ARANDELA - F-6217 - ARANDELA
 (1) CONJUNTO PREMONTADO - E-23754 - CONJUNTO DE V.S.
 (1) ARANDELA - E-8709 - ARANDELA
 (1) CASQUILLO - E-7447 - VASO
 (1) EJE - E-7456 - EJE
 (1) JUNTA PLANA - F-8939 - JUNTA
 (1) JUNTA TORICA - E-17570 - JUNTA TORICA
 (1) MEMBRANA - E-22660 - MEMBRANA
P  (1) RESORTE - E-23707 - RESORTE
 (1) TORNILLO - E-13550 - TORNILLO REGLAJE
 (1) CUERPO MECANIZADO - D-3880 - CUERPO MECANIZADO
 (1) COMPONENTE ESTAMPADO - D-3879 - CUERPO ESTAMPADO
 (0,316) VARIOS - 20100454 - LATON D.29
 (0,02) VARIOS - 20613016 - VIRUTA LATON
 (0,096) VARIOS - 20613016 - VIRUTA LATON
P  (1) EMBALAJE - A4-1761 - EMBALAJE INTERIOR ORKLI VS
P  (1) ETIQUETAS - E-22416 - ETIQUETA EMBALAJE
P  (0,02) ETIQUETAS - E-22417 - ETIQUETA EMBALAJE
 (0,02) KARTOIZKO KAXA - A4-722 - EMBALAJE EXTERIOR ORKLI VDR
 (1) RACORD - E-7444 - RACORD MECANIZADO
 (1) COMPONENTE ESTAMPADO - D-3797 - RACORD ESTAMPADO
 (0,032) VARIOS - 20613016 - VIRUTA LATON
 (1) TAPON - E-22661 - TAPON

Watt 3 bar



SVE-SOL

Valvola di sicurezza a membrana ordinaria per impianti a pannelli solari.

Temperatura di esercizio: - 10°C : 160°C

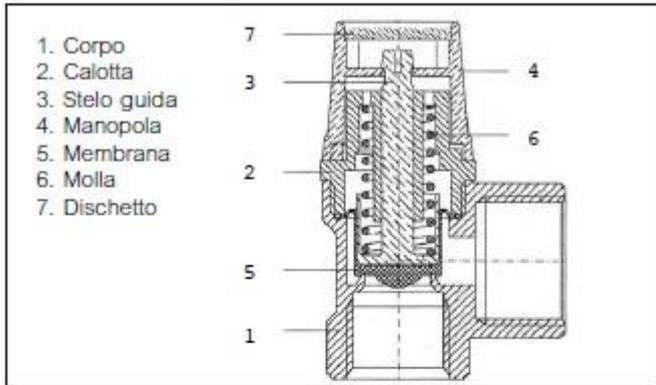
Certificato TÜV SOLAR.

Conforme Direttiva PED 97/23/CEE Numero identificativo CE1115.

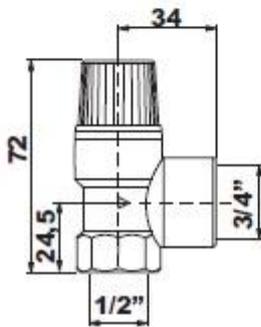
Tipo	Codice	Dn	bar
SVE-SOL	0215825	1/2" x 3/4"	2.5
SVE-SOL	0215830	1/2" x 3/4"	3
SVE-SOL	0215835	1/2" x 3/4"	3.5
SVE-SOL	0215840	1/2" x 3/4"	4
SVE-SOL	0215860	1/2" x 3/4"	6
SVE-SOL	0215880	1/2" x 3/4"	8
SVE-SOL	0215899	1/2" x 3/4"	10

Caratteristiche tecniche	2.5 bar	3 bar	3.5 bar	4 bar	6 bar	8 bar	10 bar
Attacco ingresso			1/2" femmina DIN-ISO228/1				
Attacco scarico			3/4" femmina DIN-ISO228/1				
Pressione di taratura (bar)	2.5	3	3.5	4	6	8	10
Pressione di scarico (bar)	3	3.5	3.85	4.4	6.6	8.8	11
Pressione di richiusura (bar)	2	2.5	2.8	3.2	4.8	6.4	8
Portata di scarico (l/h) (misurata con acqua fredda alla pressione di scarico +10%)	2400	3000	4300	4420	5400	6100	7800

Caratteristiche costruttive	
Corpo e gabbia	in ottone EN12165-99 CW617N stampato a caldo e sabbiato
Membrana	in elastomero resistente fino a 180 °C
Manopola	verde in resina antiurto resistente agli UV
Molla	in acciaio trattato e galvanizzato
Stelo	guida in resina rinforzata
Dischetto	in resina con tampografia caratteristiche
Temperatura massima di utilizzo	160°C
Parti a contatto con il fluido	adatte a resistere a miscele contenenti fino al 50% di glicole



Dimensioni (mm)



Novasfer 6 bar

Certificate

EU-Type examination – production type

in accordance with Directive 2014/68/EU

Certificate No.:

01 202 642TR-B-18 TR10

Name and address of the
manufacturer:

Novasfer S.R.L.
Via G. Galilei 3
I-25080 Carzago (BS)
Italia

It is herewith certified that the type specimen
mentioned below meets the requirements of the
Directive 2014/68/EU.

Tested acc. to Directive
2014/68/EU:

Module B
EU-Type examination – production type

Test report No.:

642-125432298-N

Description of type specimen:

Diaphragm Safety Valve

Design:

direct acting, spring loaded

Type/Series:

5002, 5003, 5004, 5010, 3098, 3102, 3098

Size(s):

½", ¾" and 1"

Medium/Fluid-Group:

Water and water-glycol mixtures / fluidgr. 2

Set-Pressure:

1,5 / 2,0 / 2,5 / 3,0 / 4,0 / 5,0 / 6,0 / 7,0 / 8,0 or
10,0 bar

Production site:

Novasfer S.R.L.
Via G. Galilei 3
I-25080 Carzago (BS)
Italia

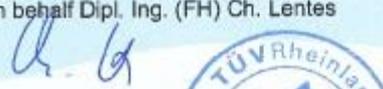
Valid until:

March 16, 2028

The CE marking must not be affixed and the Declaration of Conformity not be issued
prior to completion of the corresponding conformity assessment procedure according to
Directive 2014/68/EU.

Trier, 11.06.2018

On behalf Dipl. Ing. (FH) Ch. Lentjes



6 Technische Beschreibung

6.1 Bauart

Direkt wirkendes Membran-Sicherheitsventil, federbelastet

6.2 Öffnungscharakteristik

Normal-Sicherheitsventil

6.3 Einstellüberdruck

1,5 bis 10 bar

6.4 Betriebs-/Prüfmedium

Wasser und Wasser-Glykolgemische / Luft

6.5 Sonderbauformen

- keine -

6.6 Zusatzausstattung

Die Sicherheitsventile Art.-Nr. 5003, 5004, 3098 und 3102 haben einen zusätzlichen Anschluss für ein Manometer.

6.7 Werkstoffe

Gehäusewerkstoff CW617N (CuZn40Pb2) nach EN 12165 / EN 12420
Oder andere Werkstoffe entsprechend den einschlägigen Regelwerken (nach DGRL harmonisierte Normen, AD 2000-Merkblätter, VdTUV-Werkstoffblätter) nach erneuter Entwurfsprüfung.

6.8 Anwendungsgrenzen

gemäß den Angaben zum Bauteilkennzeichen:

TÜV SV 18-2017 • 13 • SOL • 50/100 • p

TÜV SV 18-2017 • 13 • H • 50/100 • p

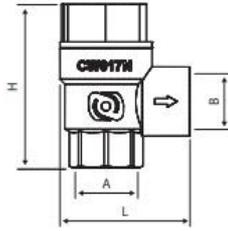
TÜV SV 18-2017 • 13 • W • p

darin bedeuten:

- 13 = d_s , engster Strömungsdurchmesser in mm
- SOL = Sicherheitsventile für eigensichere Sonnenheizungsanlagen mit zulässigen Vorlauftemperaturen bis 120 °C
- 50/100 = höchste zulässige Wärmeleistung
50 kW bei Ventilgröße $\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{4}''$ bzw. 100 kW bei $\frac{3}{4}'' \times 1''$
- H = Sicherheitsventile für Heizungssysteme in Gebäuden mit zulässigen Vorlauftemperaturen bis 105 °C
- 50/100 = höchste zulässige Wärmeleistung
50 kW bei Ventilgröße $\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{4}''$ bzw. 100 kW bei $\frac{3}{4}'' \times 1''$
- W = Sicherheitsventile in Wassererwärmungsanlagen mit zulässigen Vorlauftemperaturen bis 95 °C vorgesehen zum Abblasen von Wasser in Trinkwassererwärmungsanlagen bis 200 l und 75 kW
- p = 1,5 / 2,0 / 2,5 / 3,0 / 4,0 / 5,0 / 6,0 / 7,0 / 8,0 oder 10,0 bar Einstellüberdruck

Der entsprechende Kennbuchstabe, die Wärmeleistung und der Einstellüberdruck sind vom Hersteller in das Bauteilkennzeichen einzusetzen.

ART. 5002



VALVOLA DI SICUREZZA / SAFETY VALVE

Campo di temperatura -20°C / +160°C

Temperature range -20°C / +160°C

Certificazioni / Certifications:



COD.	A	B	L	H	BAR*
10005237	1/2 F	1/2 F	47	59	3
10005231	1/2 F	3/4 F	48	59	3
10005286	3/4 F	3/4 F	50	59	3
10005232	3/4 F	1" F	53	59	3

* Seguenti Bar disponibili / Bar available : 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 **6** - 7 - 8 - 10

Caleffi 8 bar



312

Válvula de seguridad convencional. Conexiones macho - hembra

Descripción:

Válvula de seguridad convencional.

Conexiones macho - hembra.

Sobrepresión de apertura 20 %.

Diferencial de cierre 20 %.

PN 10.

Campo de temperatura: 5÷110 °C.

Calibraciones: 1,8 - 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 bar.

Gama de productos

Serie 311	Válvula de seguridad convencional. Conexiones H-H	medidas 1/2" y 3/4"
Serie 312	Válvula de seguridad convencional. Conexiones M-H	medida 1/2"
Serie 313	Válvula de seguridad convencional con manómetro o conexión para manómetro. Conexiones H-H	medidas 1/2" y 3/4"
Serie 314	Válvula de seguridad convencional con manómetro o conexión para manómetro. Conexiones M-H	medida 1/2"
Serie 513	Válvula de seguridad convencional. Conexiones H-H	medidas 1/2"x3/4", 1"x1 1/4" y 1 1/4"x 1 1/2"
Serie 514	Válvula de seguridad convencional. Conexiones M-H	medida 1/2"
Serie 527	Válvula de seguridad de acción positiva. Conexiones H-H	medidas 1/2"x3/4", 3/4"x1", 1"x1 1/4" y 1 1/4"x 1 1/2"

Características técnicas

Materiales:

Cuerpo:	1/2"-3/4"; latón EN 12165 CW617N 1"-1 1/4"; latón EN 1982 CB753S
Tapa:	latón EN 12165 CW617N 513-514 (1/2"); PA 6 G 30
Eje:	latón EN 12164 CW614N
Junta del obturador:	EPDM
Membrana:	EPDM
Resorte:	acero 3823
Mando:	311-312-313-314-513 (1/2")-514; ABS 513 (1" y 1 1/4")-527; PA 6 G 20
Presión nominal:	PN 10
Campo de temperatura:	5÷110°C

Prestaciones:

Sobrepresión de apertura:	527; 10%
Diferencial de cierre:	311-312-313-513-514; 20%
Fluidos utilizables:	agua y aire
Categoría PED:	IV

Tarados:

Serie 311	2-2,5-3-3,5-4-5-6-7-8 bar (2 bar sólo 3/4")
Serie 312	2,5-3-3,5-4-5-6-7-8 bar
Serie 313 c/manómetro	2,5-3-6-7-8 bar
Serie 314 c/manómetro	2,5-3-6-7-8 bar
Serie 313 c/conex. manómetro	3 bar
Serie 314 c/conex. manómetro	3-6 bar
Serie 513	1,5-2-2,5-3-3,5-4-6-7-8 bar
Serie 514	2-2,5-3-3,5-4-5-6-7-8 bar
Serie 527 estándares	2,25-2,5-2,7-3-3,5-4-4,5-5-5,4-6 bar
Serie 527 especiales	1-1,5-2-7-8 bar

Chromagen 8 bar

Características válvula de seguridad 8 bares:

Fabricante:	Chromagen
Modelo: Chromagen solar 8 bar	
Tª máxima trabajo de válvula seguridad :	160 °C
% glicol máximo:	50 %



Válvula seguridad de 8 bares