

Trabajo de fin de grado

Rediseño de una planta de envasado
de productos asfálticos



Identificador: TFGEQ_2109_afernandez

Autores: Clijnk Gonzalez, Daniel
Fernandez Barral, Alejo Camilo
Raya Rodríguez, David

Tutor: Cazorla Martín, José Diego

Fecha: 10 de junio de 2021

Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili.

Vist i plau pel lliurament i defensa del TFG del grau d'Enginyeria Química.

TÍTOL DEL TFGEQ: *Necessari de una planta de envasado de productos asfálticos*

SUBTÍTOL

AUTOR: *Daniel Clench, Alejo Fernandez, David Naya*

CURS ACADÈMIC: *2020-2021*

VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC

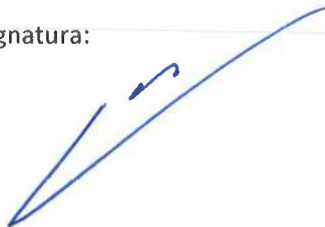
En/Na *J. Diego Corzo de Martín*

en la seva capacitat de tutor acadèmic fa constar que considera que el TFGEQ

és adequat i en conseqüència recomana la seva defensa

no en recomana la defensa per presentar les mancances exposades en el document annex

Signatura:



Data:

9/6/21

DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT

En/Na *J. Diego Corzo de Martín*, en la seva capacitat de supervisor extern^(*) del treball fa constar que ha revisat el contingut del TFGEQ i que no conté cap informació que pugui ser considerada com confidencial per part de l'empresa *cepa comercial de tróico sru*

(*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció

Signatura:



Data:

9/6/21

Abstract

The aim of the project is to relocate and redesign the packaging facility of bitumen in barrels and in big bags of the company “Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona”. Given the increasing demand of bitumen packed in barrels, the space required is now larger. The need for changing the packaging facility of bitumen in big bags is to avoid unnecessary transport of bitumen and to use the current tanks where bitumen for big bags is stored for other processes.

Both facilities have been relocated to a larger area, minimizing the risks inherent to the packaging processes and improving the overall plant operational flexibility.

During their relocation, Lean Management principles have been used to design an efficient process of packaging. The Value Stream Map of both packaging processes and the flow diagrams have been designed .

The design was focused on the new pumping system from the new storage tanks to the new packaging facilities, as well as on the semi-automatization of the bitumen packaging in barrels to reinforce the security of the operation. The equipment designed are a gear pump, the new packaging facility of bitumen in barrels (semi-automatized) and an alternative for the packaging facility of bitumen in big bags (consisting of two heat exchangers and a centrifugal pump). Pipes, valves and instrumentation have also been designed.

Following the CEPSA management and evaluation model for technical changes (PR-104), a HazOp/SIL study has been carried out to detect accident scenarios. Safeguards and recommendations have been suggested to reinforce the security of the process.

The capital inversion of the project has been calculated, obtaining a result of 74.700 €.

Agradecimientos

La elaboración de este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de la *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química* (etsEQ) de la *Universitat Rovira i Virgili* (URV) con la empresa *Cepsa Comercial Petróleo* (CCP) *Asfaltos Tarragona*, miembro de la *Asociación Empresarial Química de Tarragona* (AEQT).

Especial reconocimiento a todos los trabajadores de la planta *Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona*, especialmente a Raúl García (encargado de mantenimiento).

Índice

Glosario de abreviaturas, símbolos, acrónimos y siglas	6
1. Introducción	7
1.1. Identificación del proyecto	7
1.2. Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona	8
1.2.1. Planta de betún modificado	8
1.2.2. Planta de emulsiones asfálticas (FAE)	8
1.2.3. Distribución de betún	9
1.2.4. Planta de productos especiales (PPEE)	9
1.3. Antecedentes históricos.....	10
2. Resumen del proyecto	12
2.1. Rediseño de la zona de envasado de bidones	12
2.2. Rediseño de la zona de envasado de <i>big bags</i>.....	13
3. Etapa preliminar	14
3.1. Alcance del proyecto	14
3.2. Estudio de alternativas	14
3.3. Planificación del proyecto.....	15
4. Bases para el desarrollo del proyecto	17
4.1. Bases de diseño	17
4.1.1. Condiciones de la alimentación en los límites de batería	17
4.1.2. Condiciones del producto en los límites de batería.....	17
4.1.3. Otros criterios de diseño.....	18
4.1. Datos básicos para el desarrollo de la ingeniería	18
4.1.1. Servicios disponibles y precios	18
4.1.2. Datos del <i>site</i>	19
5. Aplicación de la metodología <i>Lean Management</i>.....	21
5.1. Introducción a la metodología <i>Lean Management</i>	21
5.1.1. Identificar el valor	21
5.1.2. Mapa de corrientes de valor	21
5.1.3. Crear flujo de trabajo	23
5.1.4. Pull system	24
5.1.5. Mejora continua	24
5.2. Aplicación de la metodología <i>Lean Management</i> en la PPEE	24
5.2.1. Diagrama de bloques del proceso	24
5.2.2. Elaboración del VSM	24
5.2.3. Actividades que añaden valor y actividades que no añaden valor	30
5.2.4. Nuevo VSM y flujograma.....	30
5.3. Estudio de alternativas basadas en la metodología <i>Lean Management</i>.....	35
5.3.1. Propuesta de automatización del proceso de llenado de bidones.....	35
5.3.2. Propuesta de intercambiador de calor para el llenado de <i>big bags</i>	45

6. Desarrollo de la ingeniería básica	48
6.1. Elaboración de diagramas.....	48
6.2. Diseño de equipos	72
6.2.1. Nueva bomba de llenado de bidones y <i>big bags</i>	72
6.2.2. Intercambiador de calor para el llenado de <i>big bags</i>	74
6.2.3. Bomba del sistema de refrigeración con aceite térmico.....	77
6.2.4. Diseño de tuberías	80
6.2.5. Diseño de la instrumentación y del control.....	84
7. Seguridad en el diseño de las instalaciones	95
7.1. Resumen ejecutivo.....	95
7.2. Alcance	95
7.3. Actualización del HAZOP	95
7.4. Tablas HAZOP	95
7.5. Perfil de riesgo actual / perfil de riesgo deseado	100
8. Análisis del impacto ambiental.....	101
9. Manual de operación y mantenimiento	102
10. Estudio económico	111
11. Conclusiones.....	113
12. Bibliografía.....	114
ANEXOS.....	115
A.1. Hojas de especificación	116

GLOSARIO DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Ítem	Parámetro que define
-	No aplica (cuando aparece en una tabla)
AEQT	Asociación Empresarial Química de Tarragona
ASESA	Asfaltos Españoles S.A.
BAI	Beneficios Antes de Impuestos
BDI	Beneficios Después de Impuestos
CCP	Cepsa Comercial Petróleo
CF	<i>Cash Flow</i>
D_{ext}	Diámetro externo
D_{int}	Diámetro interno
D_n	Diámetro nominal
<i>EtsEQ</i>	<i>Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química</i>
<i>FC</i>	Cierre en caso de fallo (<i>Fail Close</i>)
<i>FO</i>	Apertura en caso de fallo (<i>Fail Open</i>)
G_{in}	Grosor del aislante
HAZOP	<i>HAZard & OPerability study</i>
I_0	Inversión inicial
I_p	Puntos de aislamiento (<i>Isolation points</i>)
L	Longitud
M_s	Material del sellado
P	Presión
P_n	Presión nominal
P_{in}	Presión de entrada
P_{out}	Presión de salida
PPEE	Planta de Productos Especiales
T	Temperatura
T_{dis}	Temperatura de diseño
TIR	Tasa Interna de Retorno
T_{op}	Temperatura de operación
URV	<i>Universitat Rovira i Virgili</i>
VAN	Valor Actual Neto
VSM	<i>Value-Stream Map</i> (mapa de corrientes de valor)

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto es realizar el rediseño y la reubicación de la zona de envasado de betún asfáltico en bidones y *big bags* de la planta de productos especiales (PPEE). Mediante este rediseño se pretende conseguir una reducción importante del tiempo de preparación del producto para envasado, con un consecuente aumento de la flexibilidad operativa de la planta. Además, se incrementará la calidad laboral de los operarios de la planta y se reducirán riesgos asociados al proceso, aprovechando espacios de trabajo más amplios y estudiando la automatización y/o semi-automatización de ciertos procedimientos que requieren de la intervención humana.

Debido a la situación sanitaria ocasionada por el virus COVID-19, se ha adaptado el alcance del proyecto para reducir al máximo la presencialidad (visitas puntuales a la planta, reuniones exclusivamente telemáticas, etc.).

1.1. Identificación del proyecto

Tabla 1.1. Identificación del proyecto.

Título	Rediseño de una planta de envasado de productos asfálticos
Identificador	TFGEQ_2109
Tutor	Cazorla Martín, José Diego
Localización y fecha	Tarragona, 10 de junio de 2021
Autores	Clijnk González, Daniel Fernández Barral, Alejo Camilo Raya Rodríguez, David

Se identificará el trabajo realizado por cada autor mediante un código de colores que se mostrará en la esquina superior derecha de la hoja. La distribución de colores se puede observar en la tabla 1.2. En el caso de los diagramas, la autoría estará, además, indicada en el cajetín.

Tabla 1.2. Distribución de colores por autor.

Todos los autores	Sin color	
Clijnk González, Daniel	Azul	
Fernández Barral, Alejo Camilo	Rojo	
Raya Rodríguez, David	Verde	

1.2. Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona

Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona (a partir de ahora “CCP Asfaltos Tarragona”) produce y distribuye betún asfáltico y productos derivados de éste, como por ejemplo betún modificado, emulsiones y pinturas asfálticas. Actualmente distribuye alrededor de 200.000 Tm por año, de las cuales 50.000 Tm provienen de sus propios procesos de producción.

La planta fue fundada en 1966 bajo el nombre de “PROAS” con la finalidad de distribuir el betún producido por ASES (Asfaltos Españoles S.A.) y producir y distribuir emulsiones asfálticas. En 1994 Cepsa adquiere la factoría contigua a la planta (ya existente) que producía betún oxidado y pinturas asfálticas, doblando así su extensión. En 2008 empieza la producción de betún modificado. Actualmente la factoría cuenta con una planta de producción de emulsiones asfálticas, una planta de betún modificado, una planta de pinturas asfálticas y diversos procesos de envasado de dichos productos en diferentes formatos.

La factoría tiene las certificaciones de calidad ISO 9001, ISO 14001 y OSHAS 18001. Hay que destacar su labor en prevención de riesgos laborales ya que fue galardonada en 2009, 2010 y 2017 por su seguridad laboral. Además, ha desarrollado proyectos de innovación continua, colaborando con la *etsEQ* durante años.

A continuación, se introducen brevemente los procesos de producción, envasado y distribución que existen en la planta.

1.2.1. Planta de betún modificado

CCP Asfaltos Tarragona produce dos tipos de betún modificado: con polímero y con caucho de neumáticos reciclados. Ambas alternativas se realizan en el mismo reactor.

El betún modificado con polímero se produce realizando una mezcla estable de ambos componentes que mejora las propiedades del betún convencional.

El betún modificado con caucho reciclado se produce realizando una mezcla de polvo de diferentes cauchos y betún a alta temperatura. Al entrar en contacto con el betún, las partículas de caucho se ablandan, pudiendo absorber los aceites del betún y, en consecuencia, hinchándose. Esta hinchazón reduce la distancia entre partículas, produciendo una mezcla más viscosa.

Las propiedades del betún modificado dependen directamente de la naturaleza y composición del betún, polímero y caucho, así como las proporciones relativas de los componentes de la mezcla, el tamaño de las partículas de aditivo, el tiempo de mezcla y la temperatura a la que se lleva a cabo.

1.2.2. Planta de emulsiones asfálticas (FAE)

Las emulsiones asfálticas constan de dos fases principales (agua y betún) y una fase añadida que permite la estabilización de la emulsión (emulsificador).

El proceso de producción de betún consiste en tres pasos: producción del *binder* (aglomerante), producción de emulsificante y producción de la emulsión. Los primeros dos pasos se llevan a cabo dentro de sus tanques dedicados y, cuando están listos, entran en el molino para producir la emulsión. Las propiedades de la emulsión son principalmente controladas por su pH.

1.2.3. Distribución de betún

Esta parte de la factoría engloba los equipos necesarios para cargar betún en camiones cisterna que proveerán al cliente final. La factoría cuenta con cuatro brazos de carga con sus respectivas líneas independientes.

El betún es suministrado por la refinería (ASESA) a través de una tubería y puede ser almacenado en 12 tanques diferentes. Gracias a un tren de cinco bombas, dos intercambiadores de calor, una estación de aditivos y un mezclador *on line*, se calienta el betún hasta la temperatura deseada y se mejora sus cualidades y características.

El betún suministrado por la factoría se puede clasificar en tres grupos según su uso final: destinado a construcción de carreteras, destinado a uso general en la industria y destinado a la construcción.

El primer grupo engloba el betún asfáltico que, debido a sus características, es utilizado para unir e incrementar la flexibilidad de las diferentes capas de la carretera. Se clasifican según su dureza y su punto de ablande. En este primer grupo también se encuentran algunas emulsiones y betunes modificados gracias a sus características adhesivas, a su comportamiento en temperaturas extremas, a sus características reológicas y a su cohesividad.

El segundo grupo engloba un amplio rango de betún con características muy diferentes. Pueden ser utilizados como aislantes, en la industria del automovilismo y para fabricar emulsiones.

En el tercer grupo se encuentran diferentes tipos de betún utilizados en trabajos de ingeniería civil, ya sea como protección o *coating* o como aislantes y sellantes.

1.2.4. Planta de productos especiales (PPEE)

La planta de productos especiales incluye la estación de productos envasados y la de pinturas asfálticas. Dado que la estación de productos envasados es el objeto de estudio de este proyecto, se detallará su funcionamiento en el apartado 2. *Resumen del proyecto*.

1.3. Antecedentes históricos

En este apartado se realiza un análisis de los datos históricos de la PPEE. Dado que el objeto de estudio de este proyecto es el envasado de bidones y de *big bags*, los datos que se presentan a continuación corresponden únicamente a dichos productos.

A continuación, en la figura 1.1 se representan las salidas de betún envasado en bidones y *big bags* del período 2013 – mayo 2021 en toneladas métricas (Tm) por año.

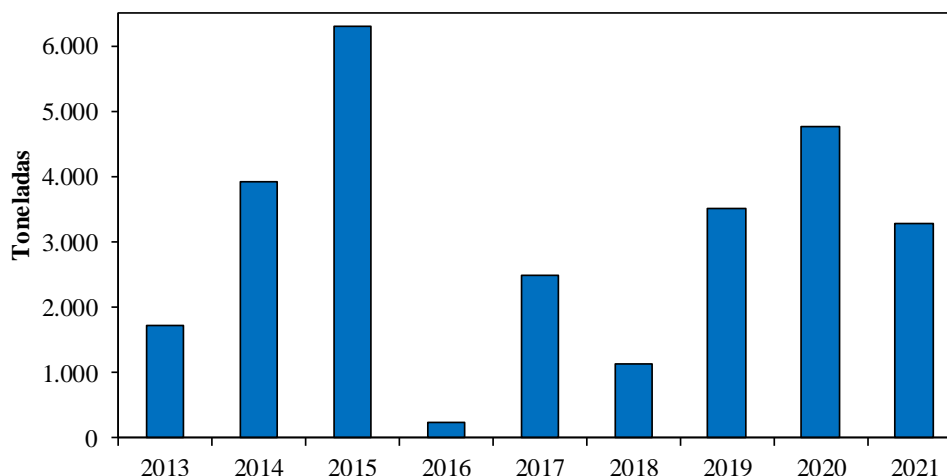


Figura 1.1. Salidas de betún envasado del período 2013 – mayo 2021.

En la figura 1.1 se puede observar una tendencia al alza en la demanda de betún envasado desde el año 2018. Se estima que la demanda del año 2021 (representado en la figura hasta el mes de mayo) supere el máximo histórico alcanzado el año 2015.

A continuación, en la figura 1.2 se desglosa la información de la figura 1.1 en las salidas de betún envasado en forma de *big bags* y en forma de bidones.

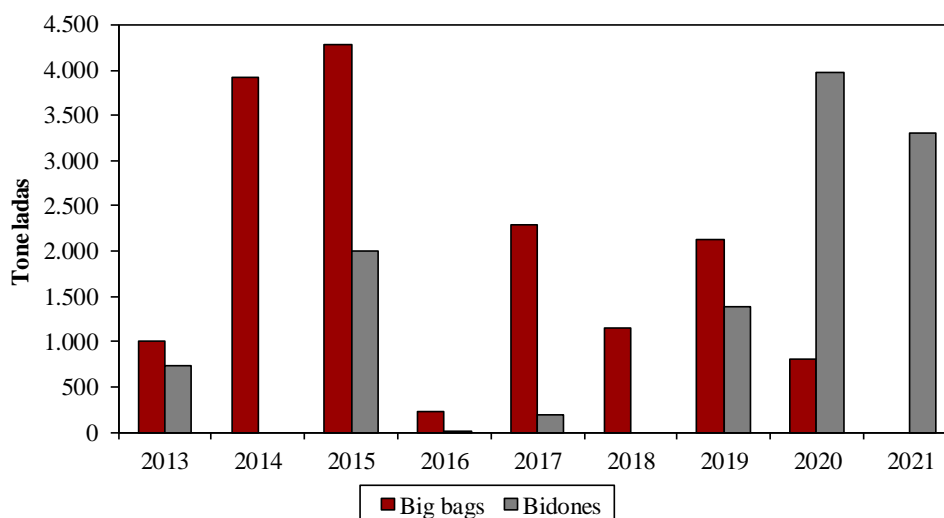


Figura 1.2. Salidas de betún envasado del período 2013 – mayo 2021 desglosado en *big bags* y en bidones.

Cabe destacar que la distribución de betún envasado en bidones crece desde el año 2018 en adelante siguiendo la misma tendencia que las salidas totales de betún envasado observada en la figura 1.1.

A continuación, en la figura 1.3 se representa qué porcentaje de salidas históricas del período 2013 – mayo de 2021 de betún envasado corresponden a bidones y qué porcentaje corresponde a *big bags*.

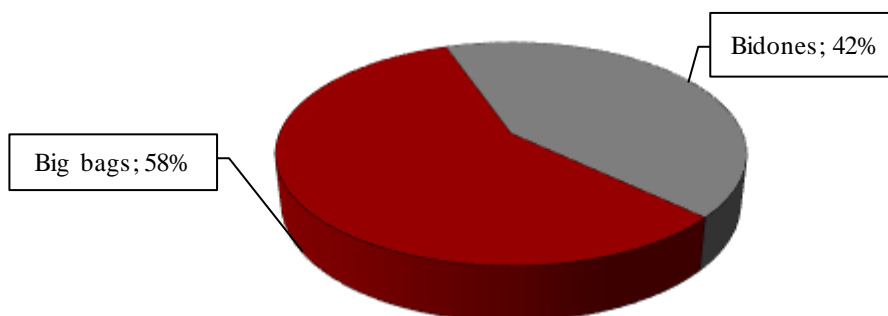


Figura 1.3. Porcentajes de salidas históricas del período 2013 – mayo 2021.

Se observa un porcentaje del 58% para las salidas de *big bags*, que corresponden a 15.810 Tm de betún envasado, y un porcentaje del 42% para las salidas de bidones, que corresponden a 11.592 Tm de betún envasado. Aunque las demandas de *big bags* históricas sean superiores, con el creciente incremento de la demanda de bidones es necesaria una redistribución de la instalación de envasado.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el rediseño de la zona de envasados de la PPEE de la factoría de Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona. Ésta cuenta con diferentes formatos de envasado para el betún: bidones de 220 kg, *big bags* de 1.000 kg, sacos de 20 kg y cajas de cartón de 25 kg. En este proyecto se ha estudiado la relocalización y rediseño de la estación de llenado de betún en bidones y en *big bags*.

2.1. Rediseño de la zona de envasado de bidones

La PPEE ha ido creciendo a medida que salían nuevos envases y se abandonaban antiguos, sin tener una mirada conjunta de todos los procesos. La ubicación de la instalación de llenado de betún en bidones actualmente no es la adecuada teniendo en cuenta la creciente demanda de betún envasado en este formato, pues el área de trabajo es estrecha y el constante flujo de carretillas elevadoras supone un riesgo de seguridad para los técnicos que operan la estación y dificulta la fluidez del trabajo.

Con el objetivo de minimizar dicho riesgo, se ha estudiado la relocalización de la zona de envasado de bidones a una zona más amplia. Además, se ha elaborado una propuesta de semi-automatización del proceso para reducir la intervención humana y los riesgos asociados a la operación.



Figura 2.1. Zona actual de llenado de bidones.

2.2. Rediseño de la zona de envasado de *big bags*

El betún asfáltico se almacena en dos tanques de 2.000 Tm de capacidad cada uno (a partir de ahora T-61 y T-62) a 150 °C. Debido a su elevada temperatura de fusión (55 °C) y a su alta viscosidad (4848 mPa·s a 100 °C), almacenarlo a esta temperatura favorece su homogenización mediante recirculaciones y evita su estratificación.

No obstante, almacenarlo a esta temperatura supone también una limitación técnica a la hora de envasar betún en *big bags*, ya que la bolsa interna que contiene el producto en este tipo de envase se funde a partir de los 100 °C, ocasionando problemas de seguridad por el derrame de betún caliente y contaminación y pérdida de producto.

Para evitarlo, una vez se recibe el pedido de *big bags*, se refrigera el betún hasta los 120 °C en los tanques de alta capacidad T-61 y T-62 por convección natural, a razón de 3-5 °C/día, y se bombea hacia los tanques de envasado, que tienen una capacidad de 100 Tm cada uno (a partir de ahora T-54 y T-55). En estos tanques, situados justo al lado de la zona de envasado, se vuelve a refrigerar el betún hasta la temperatura límite de envasado, 100 °C, con el mismo mecanismo de convección natural.

Este proceso de refrigeración del producto se realiza en dos pasos (150 °C → 120 °C y 120 °C → 100 °C) debido a que bombear el fluido desde los tanques T-61 y T-62 a los tanques T-54 y T-55 (situados en la planta a una larga distancia) a una temperatura inferior a los 120 °C provoca un aumento de viscosidad que causa una elevada fricción con los componentes de la bomba, aumentando de nuevo la temperatura del fluido por encima de los 120 °C. Además, el traceado de vapor de las líneas que evitan la solidificación del producto aumenta la temperatura por encima de los 120 °C.

Para evitar este enfriamiento en dos pasos se propone relocalizar la estación de envasado de *big bags* a los tanques T-61 y T-62, almacenando el betún en estos tanques directamente a 120 °C, y en la operación de llenado de *big bags*, dejándolo enfriar hasta los 100 °C. Con esta modificación, se liberan los tanques T-54 y T-55 para almacenar otros productos existentes en la planta y se reducen considerablemente los tiempos de refrigeración antes del envasado, incrementando la flexibilidad operativa de la planta así como la capacidad de producción.



Figura 2.2. Zona actual de llenado de *big bags*.

3. ETAPA PRELIMINAR

3.1. Alcance del proyecto

- Relocalización de los procesos de envasado de bidones y de *big bags*.
- Redibujo de los procesos de envasado de los productos. Implementación de mejoras en los P&IDs ya existentes para adaptarlos a las necesidades del proyecto.
- Modificación de los flujogramas de trabajo de la sección de envasados de la PPEE.
- Automatización del equipo de envasado de bidones. Diseño del nuevo sistema de llenado.
- Diseño de las líneas, equipos e instrumentación necesarios para realizar las modificaciones del proceso, excluyendo el diseño de los equipos ya existentes y disponibles en la planta.
- Actualización de los procedimientos operativos y manuales de operación.
- Realización de un estudio de seguridad, aplicando el modelo de CEPSA para la gestión y evaluación de los cambios técnicos (PR-104). Este estudio se ha basado en un análisis HazOp/SIL para las modificaciones introducidas.
- Estudio económico de las modificaciones introducidas en la planta.

3.2. Estudio de alternativas

Con el objetivo de realizar un diseño óptimo de las instalaciones, se ha realizado un estudio de las diferentes alternativas de diseño que han surgido durante la realización del proyecto.

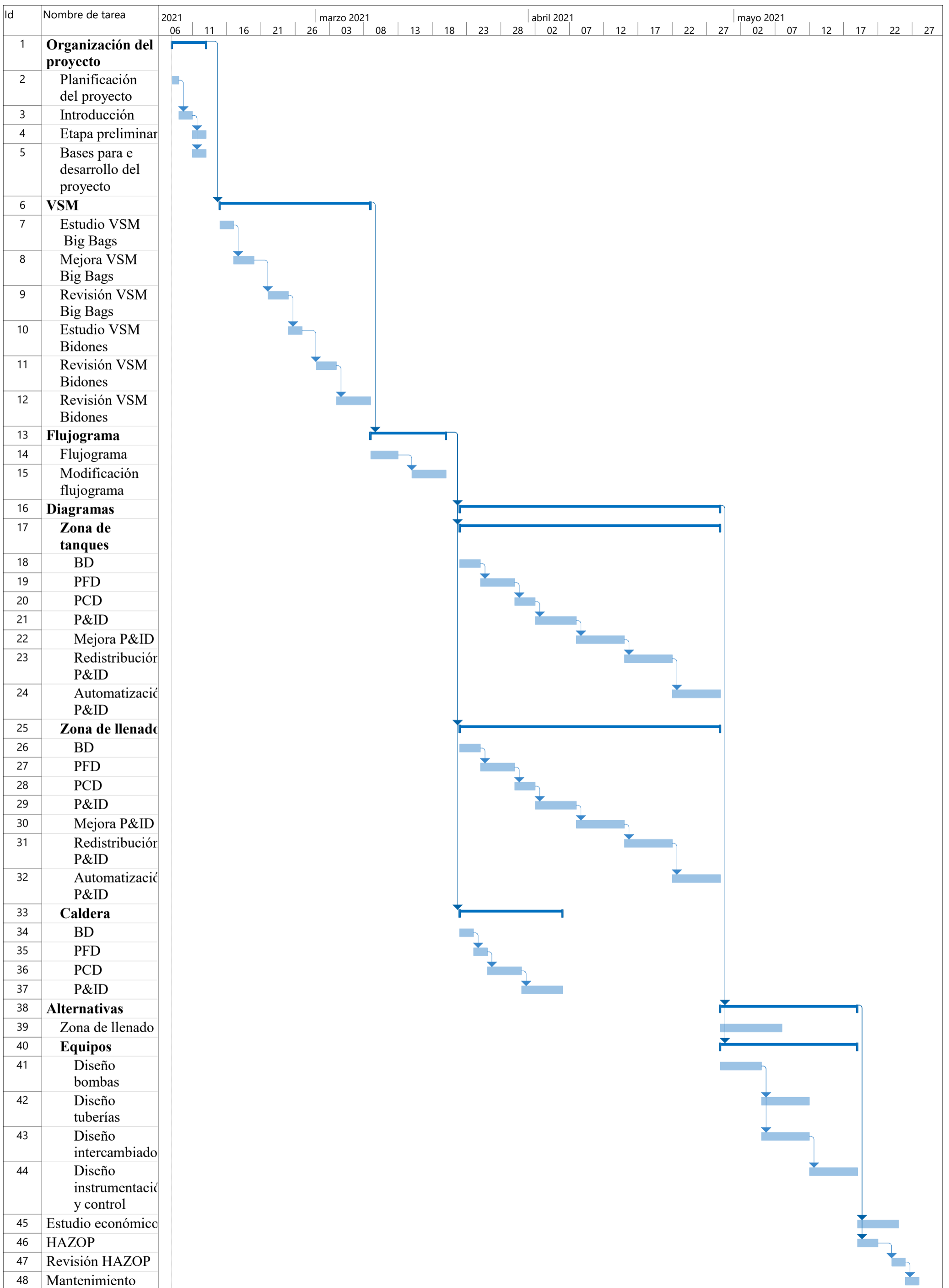
A continuación, se especifican las soluciones escogidas para las diferentes alternativas estudiadas:

- Automatización del sistema de llenado de bidones: báscula con cuatro válvulas automáticas y sistema de rodillos (detalle del estudio en el apartado 5.3.1. *Propuesta de automatización del proceso de llenado de bidones*).
- Refrigeración de betún para el sistema de llenado de big bags: intercambiador de tubo y carcasa (detalle del estudio en el apartado 5.3.2. *Propuesta de intercambiador de calor para el llenado de big bags*).
- Refrigeración del aceite térmico de enfriamiento de betún para el sistema de llenado de big bags: intercambiador de placas (detalle del estudio en el apartado 5.3.2. *Propuesta de intercambiador de calor para el llenado de big bags*).

- Sistema de impulsión del aceite térmico para la refrigeración del betún del sistema de llenado de *big bags*: bomba centrífuga Edur LBU 601 C160L / 4,0 KW (detalle del estudio en el apartado 5.3.2. *Propuesta de intercambiador de calor para el llenado de big bags*).
- Válvulas para el nuevo sistema de llenado de la PPEE: válvula de compuerta Series UNIFLOW 90 (manuales y automáticas) y válvula de globo ARI-STEVI 12440 (detalle del estudio en el apartado 6.2.5. *Diseño de la instrumentación y del control*).

3.3. Planificación del proyecto

En la siguiente página se encuentra el diagrama de Gantt en el que se muestra la planificación del proyecto.



Proyecto: TFGEQ_2109
 Fecha: jue 10/06/21

Tarea [Barra azul] Resumen [Corchete azul]

4. BASES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Bases de diseño

En este apartado se describen los parámetros de operación, limitaciones de diseño y las condiciones ya existentes en las instalaciones objeto de cálculo o estudio.

4.1.1. Condiciones de la alimentación en los límites de batería

Dado que en el momento de la ejecución del proyecto la operación de llenado de bidones y de *big bags* se realiza únicamente con betún asfáltico, es éste el que se considerará como alimentación del sistema.

El betún es una sustancia de composición variable de diferentes hidrocarburos, pudiendo presentar diferentes porcentajes de naftenos (hidrocarburos policíclicos), aromáticos polares, saturados y asfaltenos. Además de presentar azufre y oxígeno como parte de diferentes grupos funcionales, también puede contener trazas de metales como vanadio, níquel, hierro, magnesio y calcio en forma de sales y óxidos inorgánicos (ref. 1). En la página web de Cepsa se puede encontrar la ficha técnica del betún asfáltico (ref. 2).

El betún es subministrado por la empresa Asfaltos Españoles S.A. (ASESA), pero dado que el proyecto se enfoca en la PPEE, se consideran la alimentación en los límites de batería la salida del tanque T-61 y T-62. Las características de la alimentación del sistema se encuentran recogidas en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Condiciones de la alimentación del sistema.

Entrada	Fase	P (barg)	T (°C)	Caudal (m³/h)	Composición
Betún	Líquido	Atmosférica (presión hidrostática)	100 - 150	0,0 - 24,0	Variable

4.1.2. Condiciones del producto en los límites de batería

La única salida de proceso de la que dispone la PPEE es la carga a camión. Las características del producto en la salida se encuentran recogidas en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Condiciones de los productos del sistema.

Salida	Fase	P (barg)	T (°C)	Capacidad (Tm)	Composición
Carga a camión	Sólido	Atmosférica	Atmosférica	0 - 500	Variable

La carga a camión se realiza mediante carretillas elevadoras operadas por los trabajadores en el muelle de carga de la instalación.

4.1.3. Otros criterios de diseño

Partiendo de las especificaciones definidas por el cliente, así como de otros aspectos relativos a la singularidad del proceso, se han definido una serie de parámetros que es necesario tener en cuenta en el rediseño de la planta de envasado:

- El diseño debe ser intrínsecamente seguro, minimizando los riesgos laborales que puedan estar asociados a las operaciones de envasado.
- El rediseño debe llevarse a cabo pensando en la fluidez del trabajo y enfocándose en la metodología *Lean Management*.
- El envasado de bidones y de *big bags* está inicialmente diseñado para trabajar con betún. Sin embargo, también debe ser funcional en caso de que se requiera envasar otros productos (como pueden ser betunes modificados).
- Hasta después del envasado, el betún debe mantenerse por encima de su punto de fusión y a una temperatura suficiente como para ser bombeado sin inconvenientes.
- El contenido de los bidones debe ser únicamente betún sólido. Debe evitarse la contaminación del producto para evitar incidentes de seguridad en las instalaciones del cliente y pérdida de calidad del producto.
- La temperatura de llenado de las *big bags* debe ser igual o inferior a 100 °C. Una temperatura superior fundiría la bolsa de plástico interna que contiene el betún.
- Debido a la alta viscosidad del producto, en los procesos de envasado se forman hilos de betún en las bocas de envasado. Debe reducirse la formación de estos hilos de betún en las zonas de envasado final, ya que generan una pérdida de calidad del producto final, así como un problema de limpieza de las instalaciones, que provoca un coste de mantenimiento mayor.

4.1. Datos básicos para el desarrollo de la ingeniería

4.1.1. Servicios disponibles y precios

Tabla 4.3. Características de los servicios disponibles*.

Servicio	Caudal (kg/h)	T (°C)	P (barg)	Potencia máxima (kWh)	Voltaje (V)
Vapor de agua [†]	411 / 1.500	140-150 / 160	2,5-3,5 / 5	-	-
Agua de refrigeración	32.600	Ambiente	5	-	-
Electricidad	-	-	-	650	350/220

* No se contabiliza el aire comprimido de instrumentos.

[†] Vapor vendido por ASESА / Vapor producido por CEPСА.

Tabla 4.4. Precios de los servicios.

	Vapor de agua de ASESА	Vapor de agua de CEPСА	Agua de refrigeración (ref. 3)	Electricidad (ref. 3)
Coste	17,32 €/Tm	22,57 €/Tm	0,56 €/m ³	0,08 €/kWh

El vapor de agua utilizado en la planta proviene tanto de una caldera propia como de ASESА. Debido a que los fines de semana la planta no está en operación, la caldera de CEPСА tampoco está en funcionamiento. Para evitar la solidificación del betún en las tuberías y equipos, se suministra vapor de agua producido por ASESА que mantiene la temperatura de las líneas y equipos.

4.1.2. Datos del site

La planta se localiza en el polígono Sur de Tarragona. Atraviesan este polígono la carretera nacional N-340, la autovía AP-1 (Tarragona – Salou) y las líneas de ferrocarril Barcelona-Cádiz y Barcelona-Madrid.

La zona no presenta accidentes orográficos importantes. Los cauces de agua más cercanos son la riera de la Boella y el río Francolí.

Tabla 4.5. Datos de localización de Cepsa (ref. 4)

Nombre de la planta	Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona
Dirección	Camino Particular, 5
Código postal	43006
Municipio y provincia	Tarragona (Tarragona)
Longitud / Latitud	41° 06' 30,5" / 1° 12' 49,5"

Tabla 4.6. Datos meteorológicos (ref. 5).

Temperatura ambiente (°C)	17,4	
Temperatura media del terreno (°C)	17,4	
Humedad relativa (%)	76	
Velocidad del viento (m/s) y estabilidad predominante	4,05 D	1,46 F
Dirección predominante del viento en estabilidad predominante	O	N



Figura 4.1. Vista aérea de la planta. Límites marcados en rojo. (ref. 4.).

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANAGEMENT

El *Lean Management* es una metodología de gestión de organizaciones que se basa en la idea de la mejora continua y que busca lograr pequeños cambios en los procesos de trabajo con el objetivo último de mejorar la eficiencia y la calidad. No es objetivo de este proyecto adentrarse en todas las herramientas de dicha metodología, pero se considerarán algunos de ellos para la relocalización de la planta de envasado en bidones y *big bags*.

5.1. Introducción a la metodología Lean Management

En este apartado, se explicará de manera general en qué consisten las herramientas utilizadas. El *Lean Management* gira en torno a las necesidades del cliente o de la propia empresa, y se basa en cinco puntos (ref. 6):



Figura 5.1. Cinco principios de la metodología *Lean* (ref. 6).

5.1.1. Identificar el valor

Se trata de añadir valor basándose en las necesidades de la empresa. En este caso sus necesidades son solucionar el problema de distribución general de la planta de PPEE: la factoría ha ido creciendo conforme salían nuevos envases y se abandonaban otros sin tener una visión conjunta de todos los procesos, derivando en problemas de logística y de productividad.

5.1.2. Mapa de corrientes de valor

Se trata de mapear el flujo de trabajo de la planta. Tiene que incluir todas las acciones y toda la gente involucrada en la preparación y la entrega final del producto al cliente. De esta manera, se pretende identificar qué partes del proceso aportan valor y cuáles no.

Para la elaboración del mapa de flujo de valor (a partir de ahora, VSM), y siguiendo con los principios del *Lean Management* de responsabilidad y liderazgo compartido y de multidisciplinariedad, se ha entrevistado y se ha contado con el *feedback* de los operarios de planta que se encargan de llevar a cabo las tareas de envasado de productos asfálticos, así como del encargado de mantenimiento de la planta.

A continuación, se listan los pasos necesarios para la elaboración del VSM.

5.1.2.1 Seleccionar el proceso

Se deben identificar los datos principales necesarios para entender el proceso:

- Identificar el cliente y sus requisitos: ver apartado *4.Bases para el desarrollo del proyecto*.
- Identificar los flujos, los procesos, los inventarios y el personal responsable.
- Identificar el producto o servicio final del proceso: ver apartado *4.Bases para el desarrollo del proyecto*.
- Documentos (normas y procedimientos) que apoyan todos los procesos.
- Productos entrantes e información necesaria: ver apartado *4.Bases para el desarrollo del proyecto*.
- Identificar a los proveedores.
- Tiempo del proceso, eficiencia y nivel de calidad: ver apartado *4.Bases para el desarrollo del proyecto* y *5.2.Aplicación de la metodología Lean Management en la PPEE*.

5.1.2.2 Elaboración del VSM

Para ello, hay que asegurarse de que se incluye lo siguiente (ref. 7):

- Flujo de material
- Inventario
- *Buffer stock*
- Entradas (proveedor) y salidas (cliente)
- Flujo de información

5.1.2.3 Identificación de actividades que añaden valor

Se trata de identificar las actividades que contribuyen en la transición del producto que llega a la planta al producto listo para enviar al cliente. Para que se considere que una actividad añade valor, se tiene que cumplir:

- Acerca el producto a su etapa final
- Se trata de una actividad que el cliente realmente está dispuesto a pagar
- No requiere más trabajo ni que la empresa o el cliente gaste recursos adicionales para hacerla mejor.

5.1.2.4 Identificación de actividades sin valor añadido

Se trata de identificar las actividades que retrasan el proceso de entrega al cliente o que no cumplen con alguna de las condiciones que cumplen las actividades que añaden valor. Generalmente, se reconocen 7 tipos de actividades que no añaden valor al proceso:

- Transporte innecesario
- Inventario sin utilizar
- Movimiento innecesario del trabajador
- Espera
- Sobreproducción
- ‘Sobreprocesamiento’ (gasto de tiempo innecesario en una tarea)
- Defectos

Una de las metodologías más utilizadas para detectar dichas actividades, y la que se ha utilizado para el desarrollo de este proyecto, es el paseo *Gemba*. Se trata de una metodología que consiste en trabajar determinados temas con las personas que trabajan en el proceso en el propio proceso (ref. 6).

5.1.3. Crear flujo de trabajo

Se trata de agilizar el flujo de trabajo eliminando cuellos de botella e interrupciones mediante el nuevo mapa de corrientes de valor.

5.1.4. Pull system

Se trata de asegurar que se trabaja en un producto en concreto únicamente cuando hay demanda de este. De esta manera, se puede optimizar los recursos disponibles destinándolos únicamente a los procesos que los requieran realmente.

La implementación de una mejora de este apartado implica un estudio de logística y de *marketing* que no están dentro del alcance de este proyecto. Por tanto, no se ha trabajado en la mejora del proceso *Just-In-Time* en la planta.

5.1.5. Mejora continua

Una vez acabados todos los puntos, se debe volver a empezar para seguir detectando los puntos débiles y poder asegurar una mejora continua de la productividad.

5.2. Aplicación de la metodología *Lean Management* en la PPEE

5.2.1. Diagrama de bloques del proceso

En la figura 5.2 se muestra el diagrama de bloques del proceso de envasado de betún asfáltico en bidones y en *big bags*. Para más detalle del proceso mencionado, consultar el apartado 6.1 *Elaboración de diagramas*.

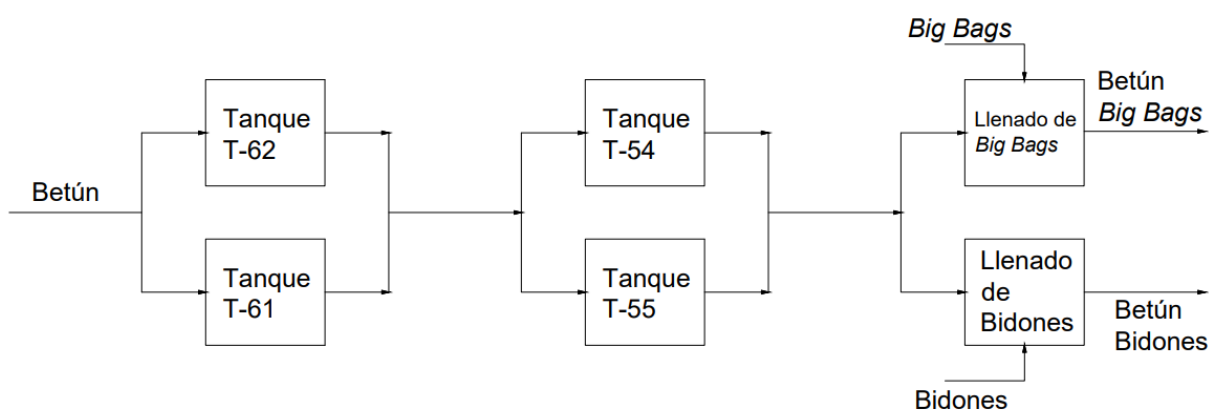


Figura 5.2. Diagrama de bloques del proceso actual de envasado.

5.2.2. Elaboración del VSM

Para la elaboración de los VSM del proceso es necesario realizar un flujograma donde se muestren los flujos y las áreas indicadas en el apartado 5.1.2. *Mapa de corrientes de valor*. Los flujogramas para el proceso de llenado de bidones y para el proceso de llenado de *big bags* actuales han sido proporcionados por la empresa.

Para facilitar la comprensión de todos los flujos de materia que ocurren durante las operaciones de llenado de bidones y de *big bags*, se ha dibujado un flujograma conjunto que se muestra en la página siguiente.

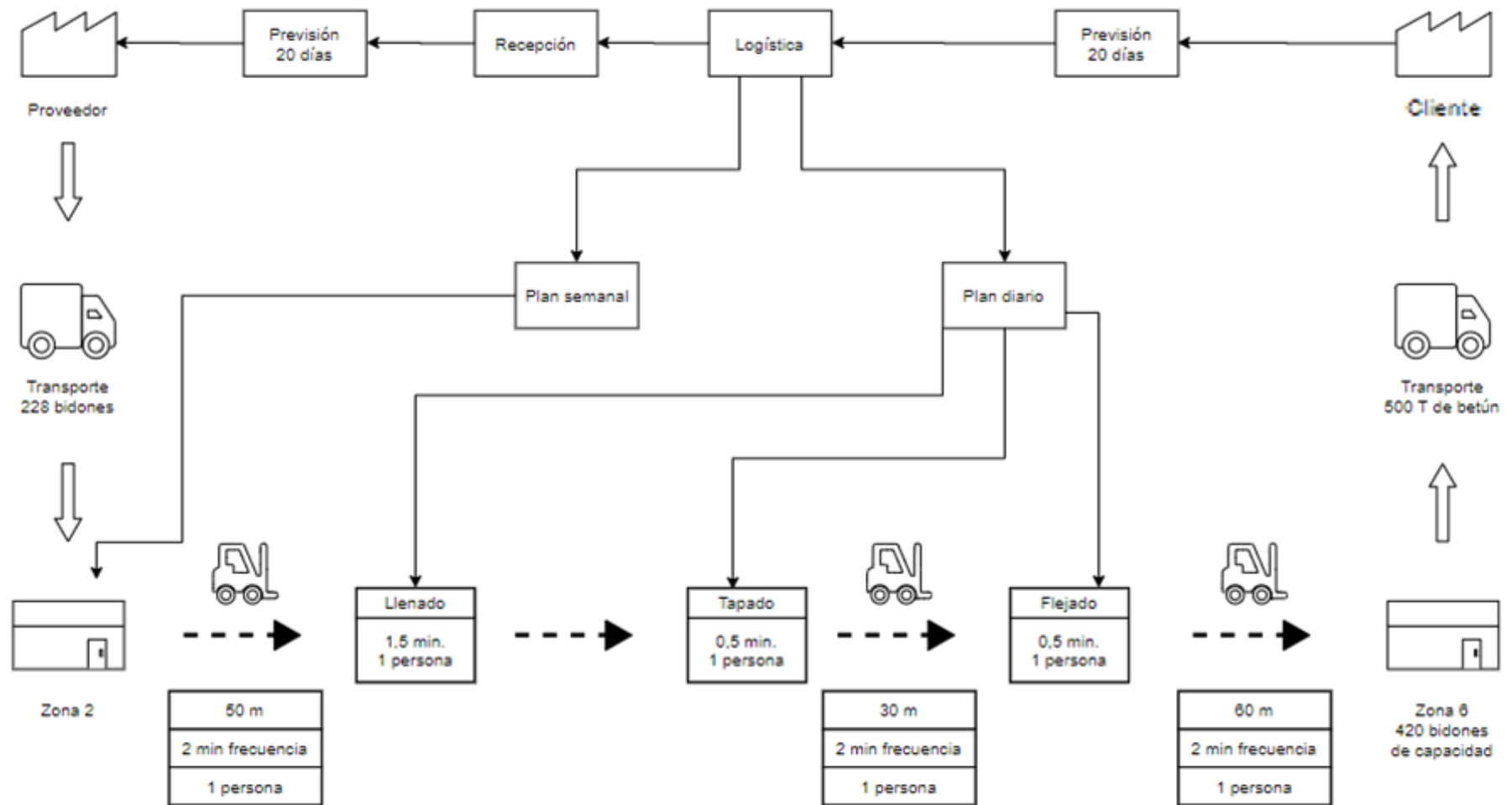
5.2.2.1 Llenado de bidones

La operación de llenado de bidones consta de los siguientes pasos:

1. Almacenaje de bidones vacíos
2. Llenado de bidones vacíos
3. Tapado de bidones llenos
4. Flejado de bidones llenos
5. Almacenaje de bidones llenos

El VSM del proceso de llenado de bidones elaborado, se muestra en la página siguiente, en la figura 5.4.

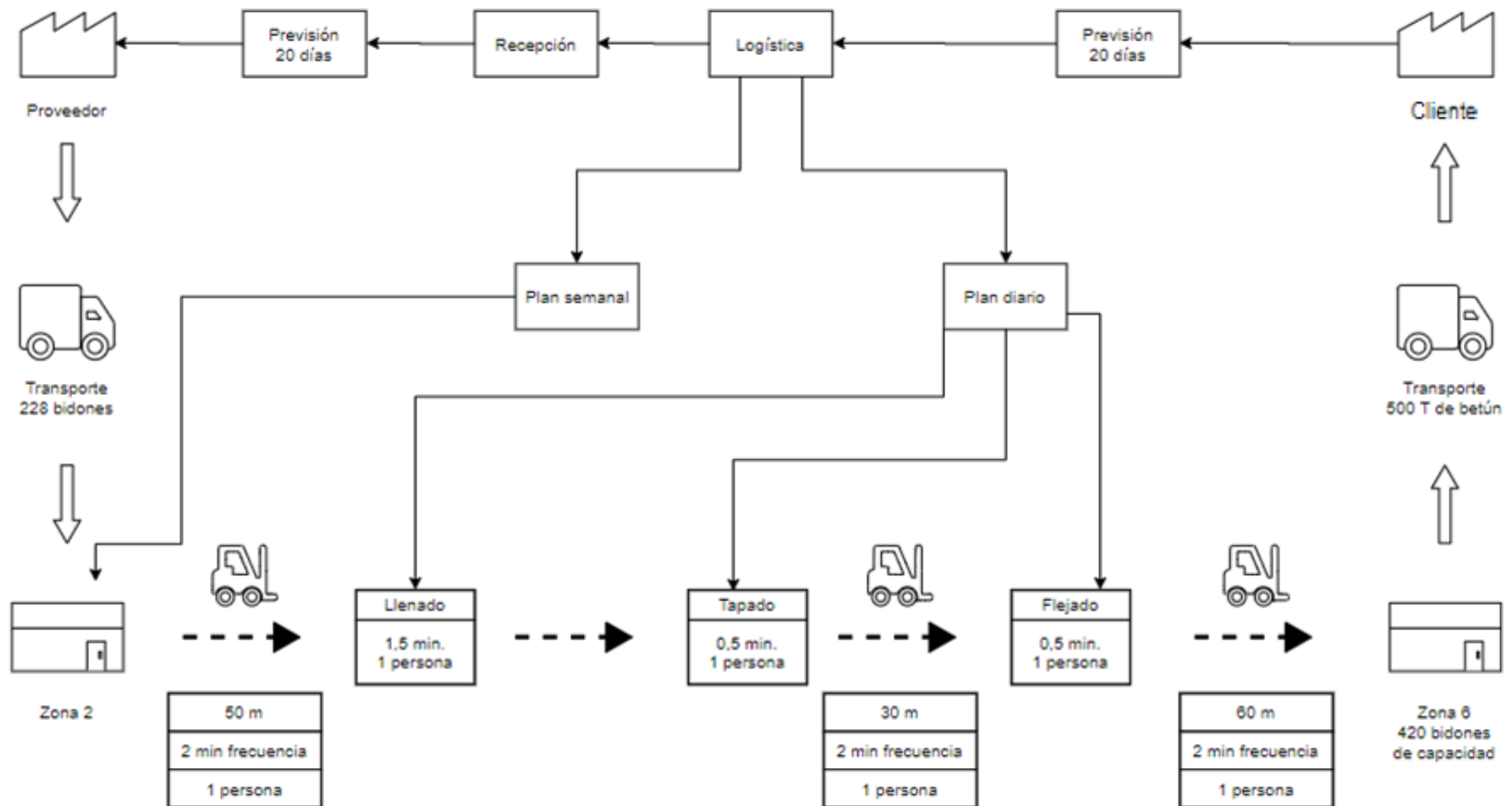
Figura 5.4. VSM inicial de llenado de bidones.



5.2.2.1 Llenado de *big bags*

El VSM de la operación de llenado de *big bags* ha sido recuperado de un proyecto de final de grado que tenía el objetivo de aplicar la metodología de *lean management* en la planta de Cepsa Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona (ref. 8). Dicho VSM (redibujado) se muestra en la figura 5.5.

Figura 5.5. VSM inicial de llenado de *big bags*.



5.2.3. Actividades que añaden valor y actividades que no añaden valor

Actividades que sí añaden valor:

- Llenado de betún
- Tapado (bidones)
- Flejado (bidones)
- Tiempo de espera de enfriamiento de betún

Actividades que no añaden valor:

- Tiempo de espera adicional de enfriamiento de betún (transporte entre tanques, aumento de temperatura causado por la fricción)

Se propone reubicar el sistema de llenado de los tanques T-54 y T-55 a los tanques T-61 y T-62 con el objetivo de evitar la operación de transporte de un tanque a otro, ya que debido a la fricción aumenta la temperatura del betún. De esta manera no se mantiene el betún de los tanques T-61 y T-62 a temperatura elevada para luego enfriarlo en los tanques T-54 y T-55.



Figura 5.6. Nueva zona de llenado de bidones y *big bags*.

Otra opción que se propone es la instalación de un intercambiador de calor en la estación de llenado de *big bags* (puesto que dicha operación es la que limita la temperatura) para reducirla más rápidamente. Se estudiará la propuesta en la evaluación económica.

5.2.4. Nuevo VSM y flujograma

El nuevo VSM del llenado de bidones se muestra en la figura 5.7.

En el caso del llenado de *big bags*, el VSM se ha actualizado con los nuevos tiempos de transporte que implica el traslado, y se muestra en la figura 5.8. No se tiene en cuenta la alternativa con la instalación del intercambiador de calor.

El nuevo flujograma para el envasado de bidones y de *big bags* se muestra a continuación de los diagramas VSM.

Figura 5.7. Nuevo VSM de llenado de bidones.

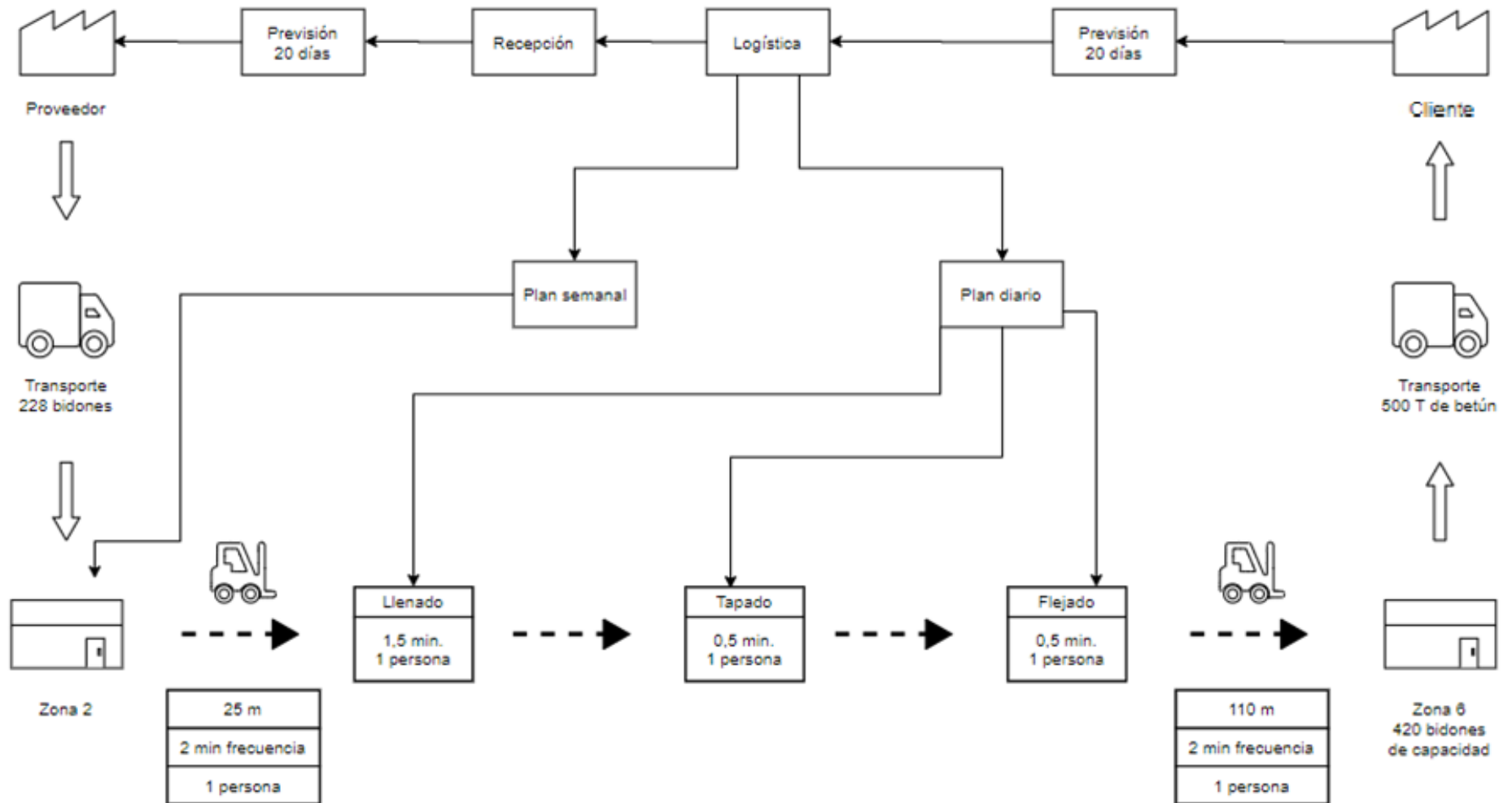
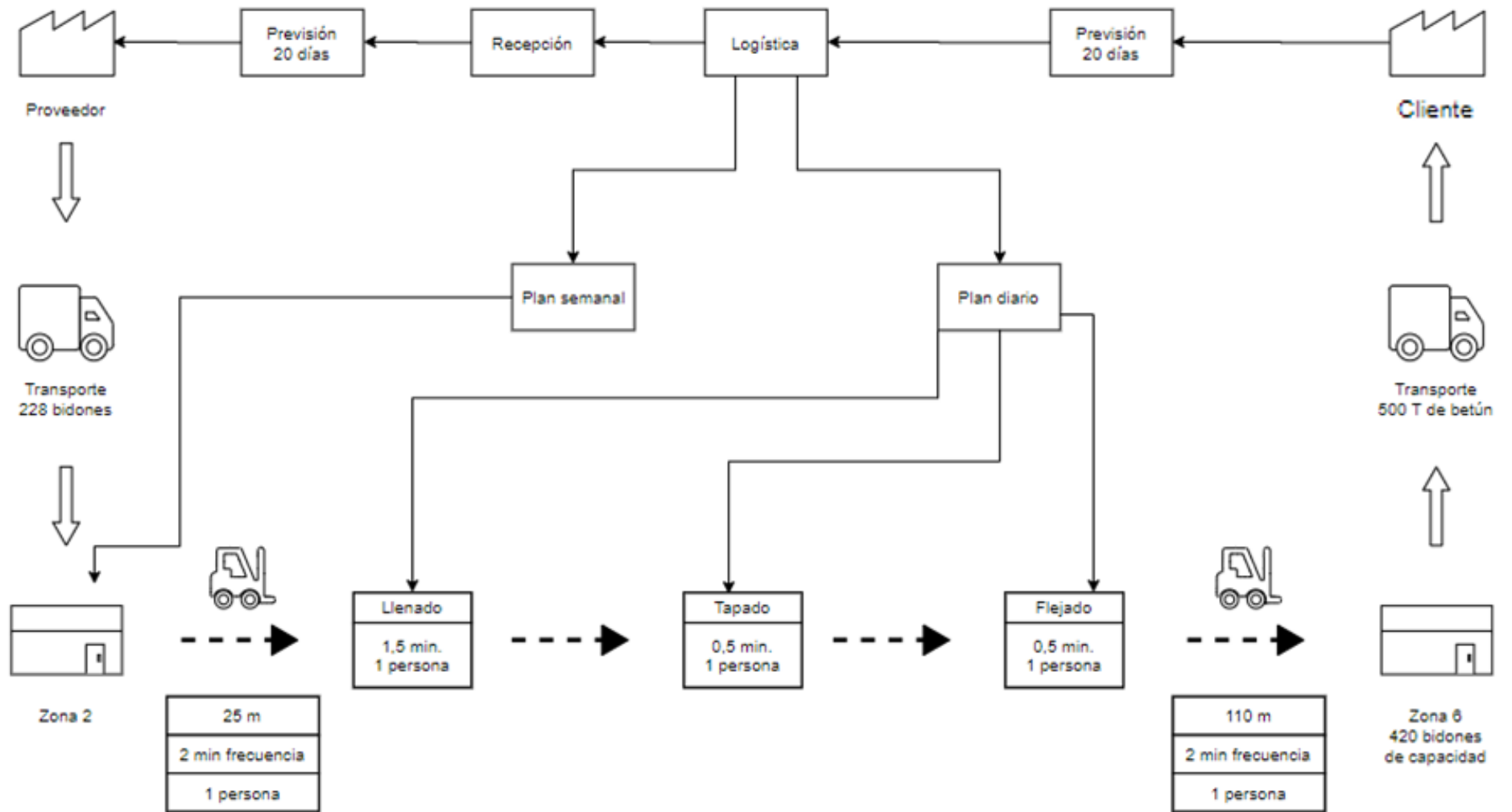


Figura 5.8. Nuevo VSM de llenado de *big bags*.



5.3. Estudio de alternativas basadas en la metodología *Lean Management*

5.3.1. Propuesta de automatización del proceso de llenado de bidones

Con el objetivo de aumentar la producción del proceso de llenado de bidones, así como reducir la variabilidad y mejorar las condiciones de seguridad laboral de los trabajadores que operan la planta, se ha realizado una propuesta de automatización del proceso de llenado de bidones.

El proceso actual de llenado se realiza en los siguientes pasos:

1. Un operario con carretilla elevadora transporta un palé de 4 bidones vacíos desde el almacenaje hasta la estación de llenado.
2. El operario con carretilla elevadora coloca los bidones bajo la estación de llenado.
3. Otro operario abre 2 válvulas de llenado.
4. Pasados unos segundos, el operario abre las otras 2 válvulas de llenado.
5. El operario controla el nivel de llenado de los bidones. Cuando es suficiente, cierra las válvulas manuales.
6. El operario tapa los bidones.
7. Un operario con carretilla elevadora se lleva el palé de bidones llenos.
8. El operario con carretilla elevadora se baja de ella para flejar los bidones llenos.
9. El operario con carretilla elevadora se lleva los bidones a la zona de almacenaje.

Para la automatización de este proceso, se han tenido en cuenta diversos elementos:

- Rodillos motorizados para transportar los palés con bidones: esta opción permite cargar en la estación de llenado varios palés en la zona de espera, que se colocarán de forma automática en la posición de llenado una vez finalice el llenado de los bidones anteriores, asegurando la fluidez del proceso y eliminando posibles cuellos de botella en la operación de transporte de palés con bidones vacíos hasta la estación de carga.
- Sistema de llenado automático: se ha considerado la posibilidad de utilizar diversos sistemas de llenado automático, cada uno con distintos tipos de instrumentación. El proceso de selección de alternativas ha tenido en cuenta diversos factores como la inversión inicial, el mantenimiento y el aumento de producción. Para el detalle del proceso de selección de sistema de llenado automático se puede consultar apartado 6.4.3.2 *Estudio de alternativas* y 10. *Estudio económico*. Finalmente, se ha optado por la opción de utilizar una báscula y cuatro válvulas automáticas. Al llegar el palé con bidones, se abrirá una de las válvulas automáticas hasta que la báscula indique el peso calibrado para cada bidón, momento en que la válvula automática cerrará. A continuación, de forma completamente automática, se tarará la báscula y se abrirá otra

de las válvulas automáticas, repitiendo el proceso hasta que los cuatro bidones estén llenos.

- Evitar salpicaduras durante el llenado: para reducir el riesgo de salpicaduras, se ha considerado la instalación de una válvula controladora que varíe el caudal y la presión de llenado de bidones. Se empezará con un caudal bajo para minimizar las salpicaduras al iniciar el llenado, se aumentará el caudal para acelerar la velocidad y cuando el nivel de betún esté cerca del límite, se volverá a reducir el caudal. Además, los rodillos contarán con una plataforma giratoria y elevadora neumática que acercará la boca de los bidones a las válvulas dosificadoras, reduciendo aun más la posibilidad de que se produzcan salpicaduras.
- Para evitar la formación de hilos de betún se ha optado por dejar escurrir el betún después del cierre de la válvula automática. Para que el viento no agrave la situación, los rodillos contarán con un sistema elevador que acercarán el orificio de llene de los bidones a las válvulas dosificadoras. Existe también la posibilidad de instalar pantallas protectoras para bloquear el paso del aire.

El diseño del sistema de llenado de betún propuesto se puede encontrar en el P&ID TFGEQ_2109_19 (propuesta sin intercambiador) y TFGEQ_2109_20 (propuesta con intercambiador). Se ha realizado también un diseño isométrico de la nueva estación de llenado, que se puede encontrar en el plano TFGEQ_2109_22.

5.3.1.1 Estudio de alternativas

Se ha realizado el estudio de diferentes alternativas para la automatización de la zona de llenado de bidones. A continuación, se explican cada una de ellas y se utiliza la tabla 5.6 para hacer el resumen de todas y escoger las alternativas viables que se estudiarán desde un punto de vista económico.

5.3.1.1.1 4 válvulas automáticas con caudalímetros volumétricos

En esta primera alternativa se contempla la posibilidad de llenar los cuatro bidones a la vez utilizando caudalímetros. Su uso permite una mayor automatización del proceso de llenado de bidones, reduciendo así su tiempo de llenado. Estos caudalímetros son específicos para procesos *batch*, por lo que tienen la ventaja de poder regular el caudal de manera más precisa a niveles cercanos al máximo de llenado.

Los caudalímetros propuestos son específicos para fluidos viscosos, ya que son caudalímetros de ruedas ovaladas. El principio de medida con el que funcionan consiste en capturar un volumen discreto de líquido dentro del caudalímetro y mediante el conteo de las revoluciones que llevan a cabo dos ruedas ovaladas dentadas impulsadas por el paso del fluido, se obtiene el caudal volumétrico del corriente.

El caudalímetro mide el caudal volumétrico del corriente de llenado y, conociendo el volumen de cada bidón, establece automáticamente un tiempo de llenado, cerrando la válvula dosificadora una vez completado..

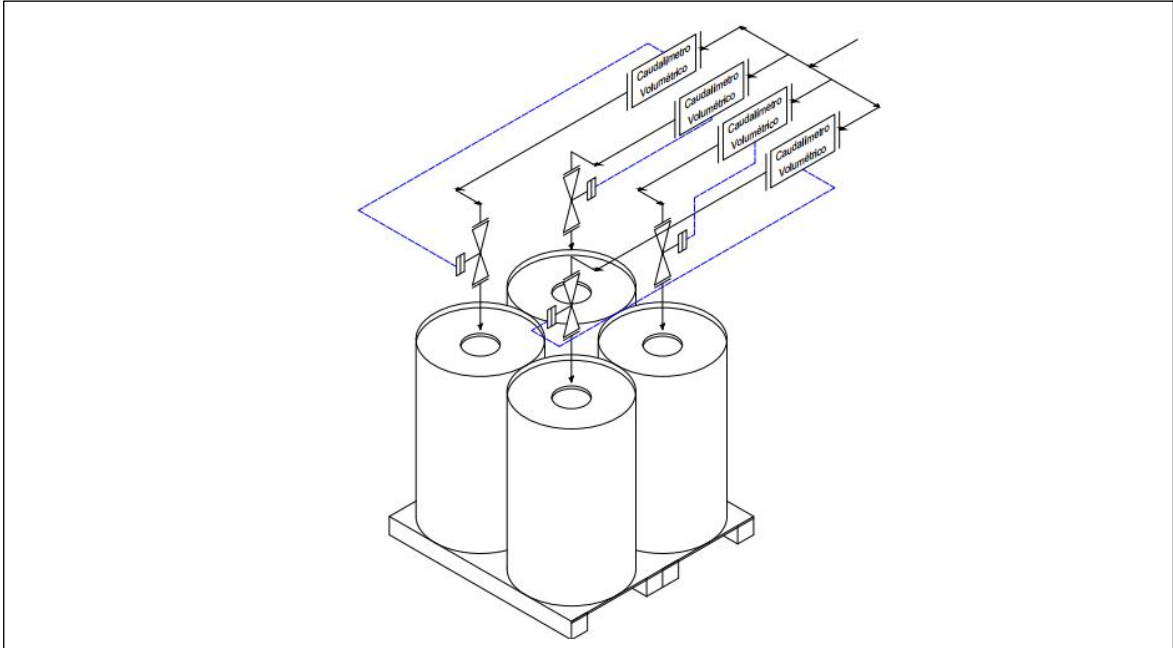


Figura 5.10. Diagrama isométrico 4 caudalímetros automáticos.

Esta alternativa se descarta debido al alto coste de implementación de los 4 caudalímetros.

5.3.1.1.2 2 válvulas automáticas con caudalímetros volumétricos

Esta alternativa consiste en la misma propuesta que la anterior, pero se reducen las válvulas y caudalímetros a la mitad. Esto implicaría que el palet tendría que desplazarse para ajustar el surtidor de betún al orificio de llenado de los bidones restantes. Aunque debido a la reducción del número de caudalímetros sólo se llenarían dos bidones a la vez, se conseguiría una reducción de espacio necesario y una menor inversión inicial.

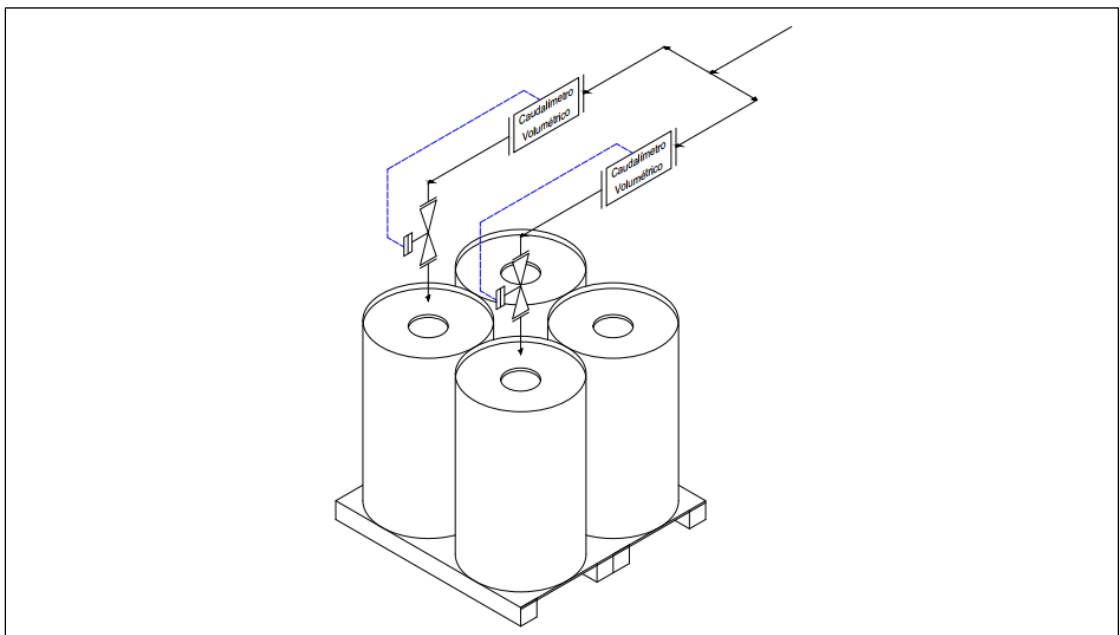


Figura 5.11. Diagrama isométrico 2 caudalímetros automáticos.

Esta alternativa se valora en la decisión final.

5.3.1.1.3 4 válvulas automáticas con sensores capacitivos

Otra alternativa estudiada es implementar sensores de nivel capacitivos para controlar el nivel de llenado de los bidones. Esto conlleva a una reducción considerable en el coste, ya que no se requiere el uso de caudalímetros. Se ha contactado con la empresa *VEGA Instrumentos S.A.* para obtener especificaciones de los sensores capacitivos.

Los sensores se introducen en el orificio de llenado de los bidones antes de cada llenado, y cuando el nivel del producto dentro del bidón alcanza el nivel del sensor por contacto directo, se cierra la válvula dosificadora automáticamente.

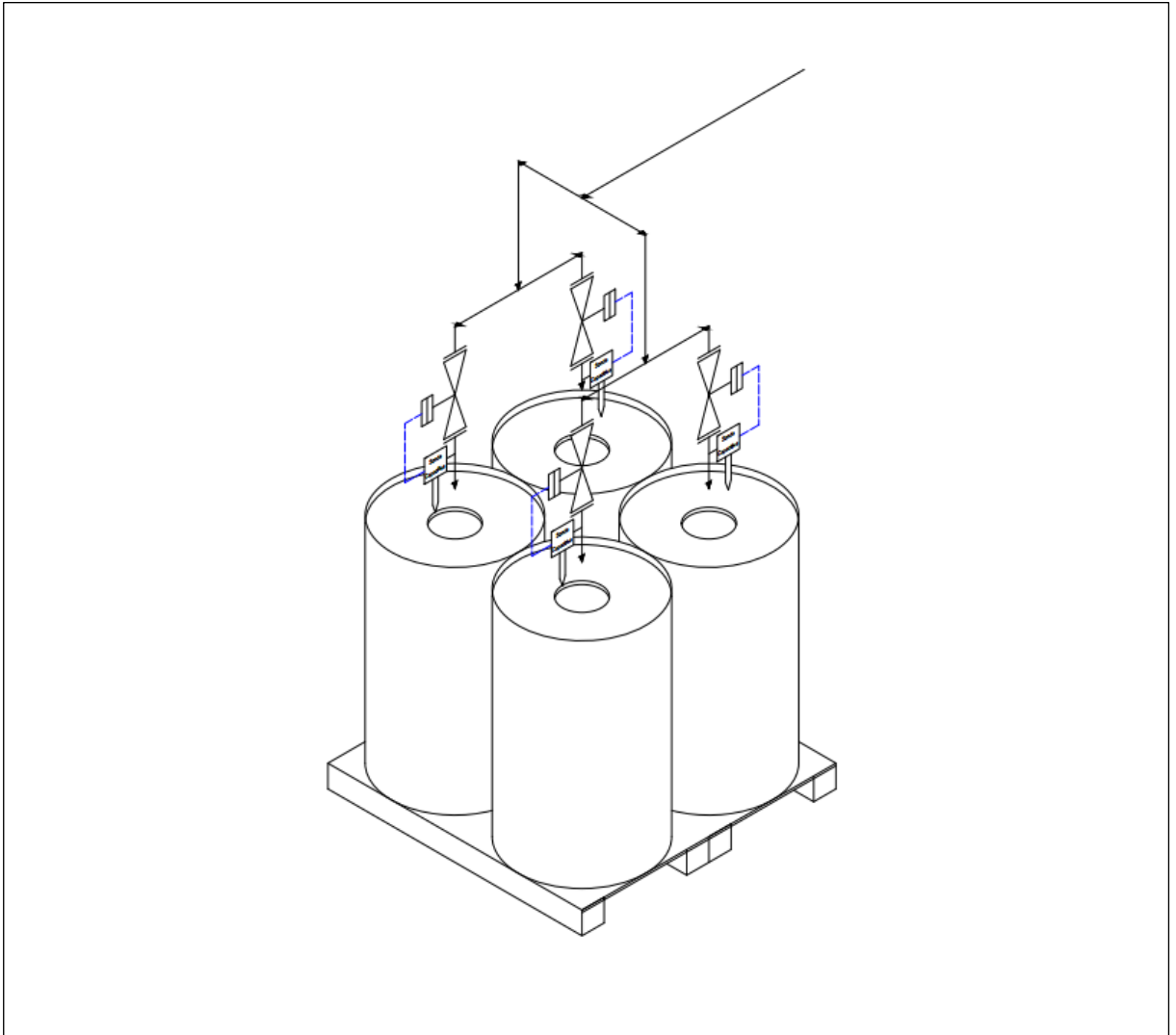


Figura 5.12. Diagrama isométrico 4 sensores capacitivos.

La alternativa se descarta debido a que el tamaño de los sensores capacitivos proporcionados por *VEGA Instrumentos S.A.* es de 1", tamaño que dificultaría mucho la inserción de la boca de llenado en el interior del bidón.

5.3.1.1.4 4 válvulas automáticas con báscula

Esta alternativa consiste en una báscula sobre la cual se sitúa el palé con los bidones. Al disponer de cuatro válvulas automáticas, una de ellas abre hasta llegar a la cantidad de betún requerida por bidón. A continuación, la báscula se tara y se repite el procedimiento con las demás válvulas automáticas.

Cabe destacar que dependiendo de la temperatura del producto, éste varía notablemente su densidad, por lo que se debería calibrar el sistema de llenado para las diferentes temperaturas de operación.

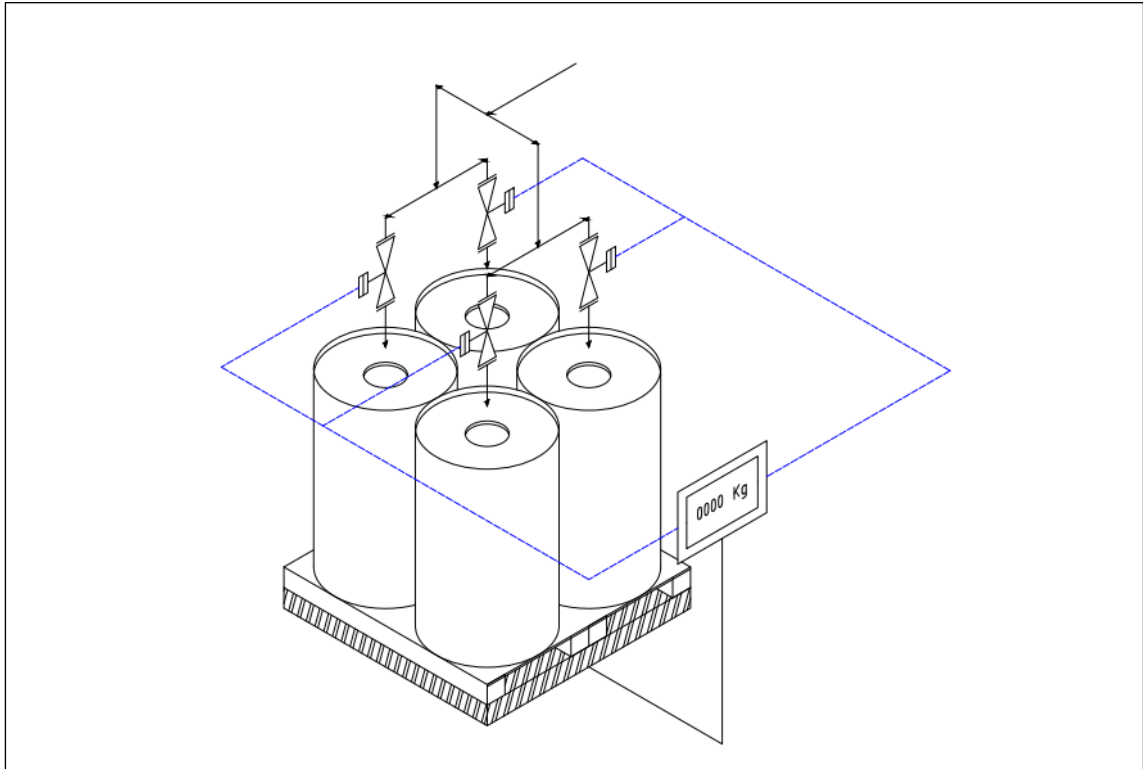


Figura 5.13. Diagrama isométrico 4 automáticas con báscula.

Esta alternativa se valora en la decisión final.

5.3.1.1.5 2 válvulas automáticas con báscula

El funcionamiento de esta alternativa es igual que la anterior, pero en vez de utilizar 4 surtidores se utilizan 2. Esto implica que el palé tiene que desplazarse para ajustar el surtidor de betún al orificio de llenado de los bidones restantes.

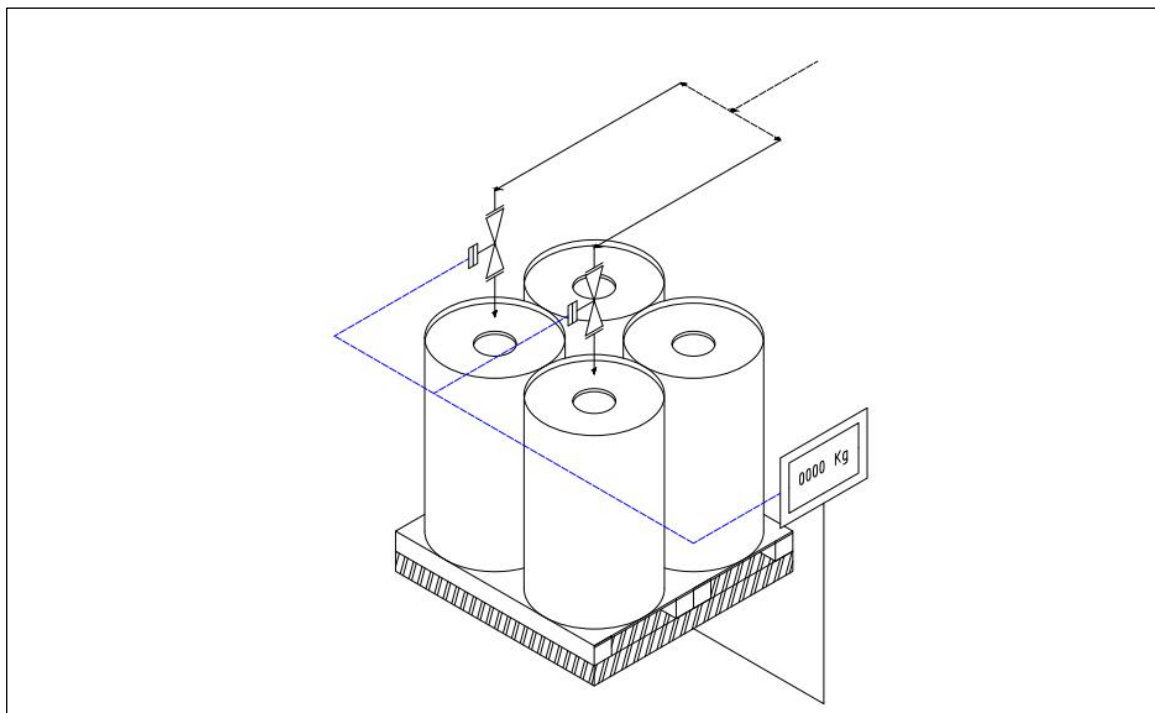


Figura 5.14. Diagrama isométrico 2 automáticas con báscula.

Esta alternativa se descarta debido al descenso notable de la producción de bidones respecto al sistema manual que existe actualmente.

5.3.1.1.6 Decisión final

Tras plantear todas las alternativas, se ha realizado un análisis de aquellas alternativas viables tanto técnica como económicamente mediante una matriz de priorización. Los criterios que se han aplicado son:

- Coste de implementación bajo.
- Coste de mantenimiento bajo.
- Producción elevada.

La escala utilizada para determinar la importancia de cada criterio en la matriz de priorización es la siguiente:

1= Igual de importante.

1/5= Significativamente menos importante.

5= Significativamente más importante.

1/10= Extremadamente menos importante.

10= Extremadamente más importante.

Tabla 5.1. Matriz de priorización para determinar la importancia de cada criterio.

	Coste de implantación bajo	Coste de mantenimiento bajo	Producción (bidones/h) elevada	Total fila (% gran total)
Coste de implantación bajo	X	5	1	6 (35,1%)
Coste de mantenimiento bajo	1/5	X	1/10	0,1 (0,6%)
Producción (bidones/h) elevada	1	10	X	11 (64,3 %)
Total columna	1	15	1,1	17,1

Debido a que el criterio de “*Coste de mantenimiento bajo*” tiene un peso bajo, no se valorará en el procedimiento de toma decisión.

Para los dos criterios restantes, se construye una matriz en forma de “L” con todas las alternativas en ambos ejes.

A continuación, se muestra la matriz para la evaluación del coste de implementación bajo. Para obtener los criterios se ha realizado un estudio económico de cada alternativa. El estudio en detalle se encuentra en el apartado *10. Estudio económico*. La escala que se ha seguido es la siguiente:

1= Igual barato.

1/5= Significativamente menos barato.

5= Significativamente más barato.

1/10= Extremadamente menos barato.

10= Extremadamente más barato.

Tabla 5.2. Comparación del coste de implementación.

<u>Coste de implantación bajo</u>	2 caudalímetros automáticos	4 válvulas automáticas con báscula	Total fila (% gran total)
2 caudalímetros automáticos	X	5	5 (96%)
4 válvulas automáticas con báscula	1/5	X	0,2 (4%)
Total columna	0,2	5	5,2

Para obtener la producción de bidones de cada alternativa, se ha dividido el llenado en los diferentes procesos que lo forman, y se ha estimado un tiempo máximo y mínimo en segundos para cada proceso. A continuación, en las tablas 5.3 y 5.4 se muestra la estimación de cada alternativa. Los ítems marcados con un asterisco (*) corresponden a aquellos tiempos de llenado que no computan en el cálculo del tiempo de llenado total, ya que son procesos que se realizan mientras se llena el siguiente palé de bidones.

Tabla 5.3. Estimación de tiempos para 2 caudalímetros automáticos.

Proceso	Duración mínima (s)	Duración máxima (s)
Colocar en posición 4 bidones	10	15
Comprobar posición bidones y autorizar llenado	2	5
Llenado de bidones 1-2	45	45
Escurrido 1-2	15	25
Movimiento bidones 3-4 hacia bocas de llenado	5	10
Comprobar posición bidones y autorizar llenado	2	5
Llenado de bidones 3-4	45	45
Escurrido 3-4	15	25
<i>Inicio siguiente palé</i>		
Movimiento bidones hacia flejado/tapado	10*	15*
Tapado	20*	30*
Flejado	30*	60*
Total	139	175

Tabla 5.4. Estimación de tiempos para 4 válvulas automáticas con báscula.

Proceso	Duración mínima (s)	Duración máxima (s)
Colocar en posición 4 bidones	10	15
Comprobar posición bidones	2	5
Tarar báscula y autorizar primer llenado	5	10
Llenado de bidon 1	45	45
Tarar báscula y autorizar segundo llenado	5	10
Llenado de bidon 2	45	45
Tarar báscula y autorizar tercer llenado	5	10
Llenado de bidon 3	45	45
Tarar báscula y autorizar último llenado	5	10
Llenado último bidon	45	45
Escurrido último bidon	15	25
<i>Inicio siguiente palé</i>		
Movimiento bidones hacia flejado	10*	15*
Tapado de bidones	20*	40*
Flejado	30*	60*
Total	227	265

Con esta estimación, se ha calculado el número de bidones por hora teóricos que produciría cada alternativa, pudiendo realizar una comparación cuantitativa. Considerando los tiempos de llenado anteriores, una capacidad de 220 kg por bidón y un turno de llenado de 7 horas por día, se calcula una media de 143,1 toneladas envasadas por día con la alternativa de los dos caudalímetros y una media de 90,7 toneladas envasadas por día con la alternativa de las 4 válvulas automáticas con báscula.

Se utiliza el mismo procedimiento para el de producción. En este caso la escala utilizada es:

1= Igual de productivo.

5= Significativamente más productivo.

10= Extremadamente más productivo.

1/5= Significativamente menos productivo.

1/10= Extremadamente menos productivo.

Tabla 5.5. Comparación de la producción de bidones.

<u>Producción de bidones/h elevada</u>	2 caudalímetros automáticos	4 válvulas automáticas con báscula	Total fila (% gran total)
2 caudalímetros automáticos	X	1/10	0,1 (1%)
4 válvulas automáticas con báscula	10	X	10 (99%)
Total columna	10	0,1	10,1

Una vez obtenidos los porcentajes de cada una de las alternativas a estudiar, se realiza la matriz global de priorización donde se tienen en cuenta todos los criterios y el peso que tienen.

Tabla 5.6. Matriz de priorización para la elección del proceso de llenado.

	Coste de implantación bajo (35,1%)	Producción (bidones/h) elevada (64,3%)	Total fila (% gran total)
2 caudalímetros automáticos	0,337	0,006	0,344 (34,6%)
4 válvulas automáticas con báscula	0,013	0,637	0,650 (65,4%)
Total columna	0,351	0,643	0,994

La opción “4 válvulas automáticas con báscula” es la que tiene un porcentaje más elevado y, por tanto, la alternativa escogida.

5.3.2. Propuesta de intercambiador de calor para el llenado de *big bags*

Es necesario realizar el proceso de envasado de betún asfáltico en *big bags* a una temperatura igual o inferior a 100 °C. Esta limitación viene impuesta exclusivamente por la temperatura límite de llenado de *big bags*, ya que este tipo de envase pierde sus propiedades físicas a partir de dicha temperatura.

Dada la naturaleza del betún asfáltico (sólido a temperatura ambiente, con alta temperatura de fusión y con viscosidades muy elevadas a temperaturas cercanas a la de fusión), es ventajoso mantener la temperatura del betún lo más alta posible durante la operación, para reducir considerablemente el consumo energético de las bombas que lo impulsan y para reducir el desgaste en los elementos de la instalación.

Por este motivo, se plantea el diseño de un sistema de refrigeración de betún asfáltico que permite mantener el producto almacenado a una temperatura superior a los 100 °C y enfría únicamente el producto destinado a ser envasado en *big bags*. Este sistema está compuesto por un intercambiador de calor principal betún-aceite térmico, que reducirá la temperatura del betún desde la de almacenaje hasta la de envasado; y de un intercambiador secundario aceite-agua, que mantendrá el circuito cerrado de aceite a la temperatura necesaria para asegurar una buena transferencia de calor en el intercambiador principal.

Esta propuesta ofrece la posibilidad de reducir el tiempo de espera necesario para refrigerar el betún desde los 150 °C a los que se almacena hasta los 100 °C a los que se envasa en *big bags*. Adicionalmente, la incorporación de este sistema de enfriamiento para *big bags* supone un ahorro en los costes de operación debido a la necesidad de una potencia de bombeo del fluido inferior.

Este sistema de intercambio de calor se realiza en dos intercambiadores independientes para evitar una posible contaminación del producto con agua de red en caso de fuga, que podría provocar graves incidentes de seguridad y una pérdida de calidad en el producto final.

A continuación se plantea un estudio de alternativas para escoger los dos intercambiadores de calor.

5.3.2.1 Estudio de alternativas

En cuanto al diseño de los intercambiadores, se han contemplado diferentes equipos como alternativa. En la tabla 5.7 se pueden encontrar las principales ventajas e inconvenientes de cada tipo de intercambiador.

Tabla 5.7. Alternativas para los intercambiadores de calor.

Tipo de intercambiador	Ventajas	Inconvenientes
Tubo y carcasa	-Robustez	-Inversión inicial moderada -Pérdida de carga moderada -Dificultad de obtención de flujo uniforme (fluidos altamente viscosos)
Espiral	-Robustez -Compacto	-Inversión inicial muy elevada
Intercambiador de placas	-Alta eficiencia energética -Inversión inicial baja	-Elevada formación de incrustaciones o <i>fouling</i> -Dificultad de paso para fluidos muy viscosos -Incompatibilidad de materiales en las juntas
Aerorefrigerante	-Baja pérdida de carga -No necesita fluido de refrigeración	-Baja capacidad de enfriamiento y poca controlabilidad -Dificultad de obtención de flujo uniforme (muy alta viscosidad)

Analizando la tabla anterior, se extraen las siguientes conclusiones para el intercambiador principal (betún-aceite térmico):

- Tubo y carcasa: Diseño propuesto. Su principal ventaja es la facilidad de construcción, mantenimiento y operación. La inversión inicial es moderada, y se diseñará para favorecer un flujo uniforme del producto viscoso por el lado de los tubos.
- Espiral: se descarta por su elevado coste de inversión.
- Intercambiador de placas: se descarta por la dificultad de paso del betún debido a su alta viscosidad, pudiendo además provocar excesivas incrustaciones o *fouling*.
- Aerorefrigerante: se descarta por la baja eficiencia térmica con la que cuenta y debido a los altos costes de operación (energía eléctrica para mantener los ventiladores funcionando).

Para el intercambiador secundario (aceite térmico-agua), se extraen las siguientes conclusiones:

- Tubo y carcasa: se descarta debido a su coste de inversión y tamaño, ya que existen otras alternativas más compactas y eficientes térmicamente.
- Espiral: se descarta por su elevado coste de inversión.
- Intercambiador de placas: Diseño propuesto. Presenta ventajas notables frente al resto de alternativas, como son el bajo coste de inversión inicial, la flexibilidad (añadir o quitar placas según necesidad) y su diseño compacto. Para dos fluidos compatibles se trata, en este caso, de la mejor opción.

- Aerorefrigerante: se descarta por la baja eficiencia térmica con la que cuenta y debido a los altos costes de operación (energía eléctrica para mantener los ventiladores funcionando).

Por tanto, los diseños realizados para los intercambiadores primario y secundario son:

- Intercambiador primario: intercambiador de tubo y carcasa.
- Intercambiador secundario: intercambiador de placas.

6. DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA

6.1. Elaboración de diagramas

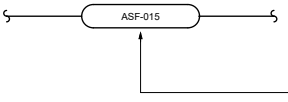
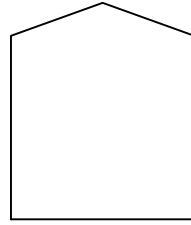

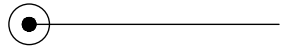
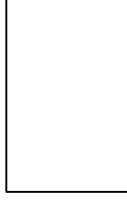
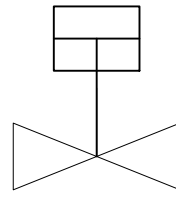

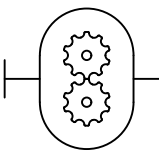
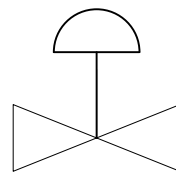
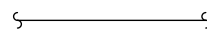
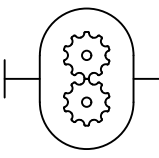
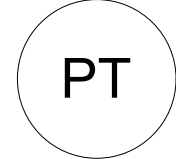
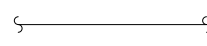
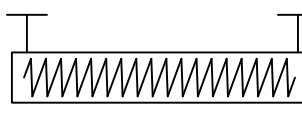
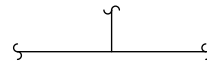
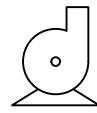


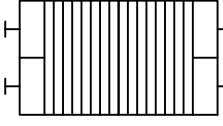



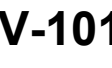
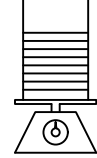
En la tabla 6.1. se muestra el listado de diagramas elaborados para el desarrollo del proyecto.

Tabla 6.1. Listado de diagramas

Identificación	Tipo	Zona	Comentarios
TFGEQ_2109_01	Diagrama de bloques	Planta de envasados actual	-
TFGEQ_2109_02	Diagrama de bloques	Planta de envasados modificada (sin intercambiador)	-
TFGEQ_2109_03	Diagrama de bloques	Planta de envasados modificada (con intercambiador)	-
TFGEQ_2109_04	Leyenda PFD y PCD	-	-
TFGEQ_2109_05	PFD	Tanques T-61 y T-62	-
TFGEQ_2109_06	PFD	Llenado de productos asfálticos actual	-
TFGEQ_2109_07	PFD	Planta de envasados modificada (sin intercambiador)	-
TFGEQ_2109_08	PFD	Planta de envasados modificada (con intercambiador)	-
TFGEQ_2109_09	PFD	Llenado de productos asfálticos modificado	-
TFGEQ_2109_10	PCD	Tanques T-61 y T-62	-
TFGEQ_2109_11	PCD	Llenado de productos asfálticos actual	-
TFGEQ_2109_12	PCD	Planta de envasados modificada (sin intercambiador)	-

Tabla 6.1. Listado de diagramas (cont.)

Identificación	Tipo	Zona	Comentarios
TFGEQ_2109_13	PCD	Planta de envasados modificada (con intercambiador)	-
TFGEQ_2109_14	PCD	Llenado de productos asfálticos modificado	-
TFGEQ_2109_15	Leyenda P&ID	-	-
TFGEQ_2109_16	P&ID	Tanques T-61 y T-62	Redibujo de los diagramas proporcionados por la empresa
TFGEQ_2109_17	P&ID	Envío hacia llenado	
TFGEQ_2109_18	P&ID	Llenado de productos asfálticos actual	
TFGEQ_2109_19	P&ID	Planta de envasados modificada (sin intercambiador)	-
TFGEQ_2109_20	P&ID	Planta de envasados modificada (con intercambiador)	-
TFGEQ_2109_21	P&ID	Llenado de productos asfálticos modificado	Las modificaciones realizadas se encuentran en color rojo.
TFGEQ_2109_22	Isométrico	Estación de llenado de bidones	-

Tuberías		Equipos		Instrumentación y control																																																																																																																																																								
	Identificación de la línea Nombre de la línea		Tanque atmosférico de almacenaje			Transmisión de señal																																																																																																																																																						
	Entrada de proceso		Tanque depósito de expansión térmica			Válvula automática																																																																																																																																																						
	Salida de proceso		Bomba de engranajes			Válvula controladora																																																																																																																																																						
	Línea de proceso		Bomba de engranajes																																																																																																																																																									
	Línea de servicio		Bomba de tornillo																																																																																																																																																									
	Unión por "T" (soldada)		Bomba centrífuga	<ul style="list-style-type: none">Elemento del sistema de controlFC-Controlador de caudalFT-Transmisor de caudalJT-Transmisor de potenciaPC-Controlador de presiónPT-Transmisor de presiónTC-Controlador de temperaturaTT-Transmisor de temperaturaMC-Controlador de masaMT-Transmisor de masa (báscula)																																																																																																																																																								
Anotaciones			Intercambiador de tubo y carcasa																																																																																																																																																									
	Anotación en cajetín		Intercambiador de placas	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Listado de diagramas que se ciñen a esta leyenda:</td> <td colspan="4">Leyenda para diagramas de proceso</td> </tr> <tr> <td>TFGEQ_2109_05</td> <td>TFGEQ_2109_10</td> <td>Diseño:</td> <td>N/A</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;"></td> <td>Formato</td> </tr> <tr> <td>TFGEQ_2109_06</td> <td>TFGEQ_2109_11</td> <td>Dibujo:</td> <td>David Raya</td> <td>DIN A3</td> </tr> <tr> <td>TFGEQ_2109_07</td> <td>TFGEQ_2109_12</td> <td>Escala:</td> <td>N/A</td> <td>Número de proyecto</td> <td>Número de plano</td> </tr> <tr> <td>TFGEQ_2109_08</td> <td>TFGEQ_2109_13</td> <td></td> <td>TFGEQ_2109</td> <td>TFGEQ_2109</td> <td>TFGEQ_2109_04</td> </tr> <tr> <td>TFGEQ_2109_09</td> <td>TFGEQ_2109_14</td> <td></td> <td></td> <td>Revisión</td> <td>Descripción</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Fecha</td> <td>Por</td> <td>Aprobado</td> <td></td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>				Listado de diagramas que se ciñen a esta leyenda:		Leyenda para diagramas de proceso				TFGEQ_2109_05	TFGEQ_2109_10	Diseño:	N/A		Formato	TFGEQ_2109_06	TFGEQ_2109_11	Dibujo:	David Raya	DIN A3	TFGEQ_2109_07	TFGEQ_2109_12	Escala:	N/A	Número de proyecto	Número de plano	TFGEQ_2109_08	TFGEQ_2109_13		TFGEQ_2109	TFGEQ_2109	TFGEQ_2109_04	TFGEQ_2109_09	TFGEQ_2109_14			Revisión	Descripción			Fecha	Por	Aprobado																																																																																																													
Listado de diagramas que se ciñen a esta leyenda:		Leyenda para diagramas de proceso																																																																																																																																																										
TFGEQ_2109_05	TFGEQ_2109_10	Diseño:	N/A		Formato																																																																																																																																																							
TFGEQ_2109_06	TFGEQ_2109_11	Dibujo:	David Raya		DIN A3																																																																																																																																																							
TFGEQ_2109_07	TFGEQ_2109_12	Escala:	N/A	Número de proyecto	Número de plano																																																																																																																																																							
TFGEQ_2109_08	TFGEQ_2109_13		TFGEQ_2109	TFGEQ_2109	TFGEQ_2109_04																																																																																																																																																							
TFGEQ_2109_09	TFGEQ_2109_14			Revisión	Descripción																																																																																																																																																							
		Fecha	Por	Aprobado																																																																																																																																																								
	Identificación del equipo		Báscula (para bidones)																																																																																																																																																									

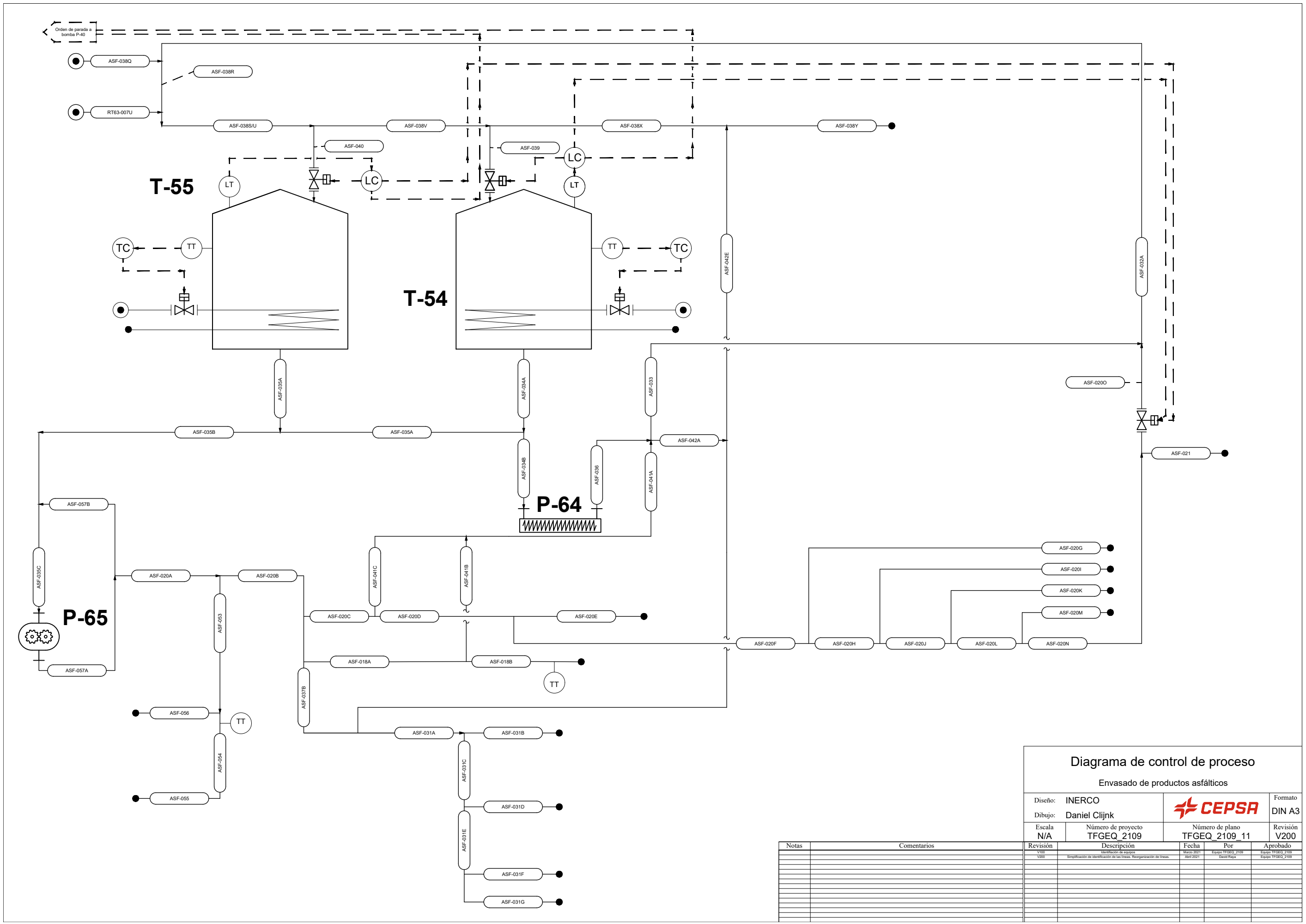
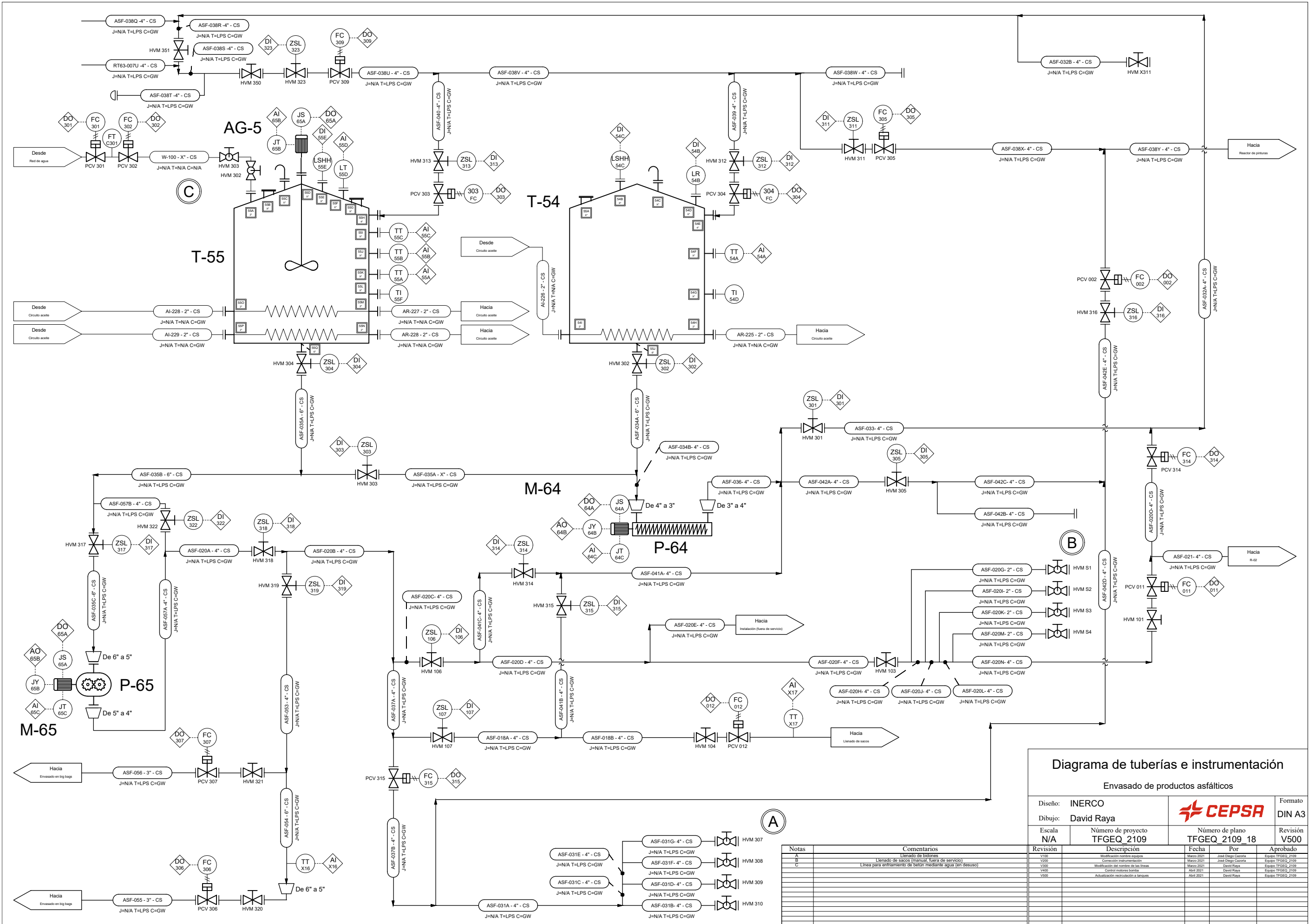


Diagrama de control de proceso																																																																																		
Envasado de productos asfálticos																																																																																		
Diseño:	INERCO			Formato	DIN A3																																																																													
Dibujo:	Daniel Clijnk			Revisión	V200																																																																													
Escala:	N/A	Número de proyecto	TFGEQ 2109	Número de plano	TFGEQ 2109 11																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Notas</th> <th>Comentarios</th> <th>Revisión</th> <th>Descripción</th> <th>Fecha</th> <th>Por</th> <th>Aprobado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>V100</td> <td>Identificación de equipos</td> <td>Marzo 2021</td> <td>Equipo TFGEQ 2109</td> <td>Equipo TFGEQ 2109</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>V200</td> <td>Simplificación de identificación de las líneas. Reorganización de líneas.</td> <td>Abril 2021</td> <td>David Raya</td> <td>Equipo TFGEQ 2109</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Notas	Comentarios	Revisión	Descripción	Fecha	Por	Aprobado			V100	Identificación de equipos	Marzo 2021	Equipo TFGEQ 2109	Equipo TFGEQ 2109			V200	Simplificación de identificación de las líneas. Reorganización de líneas.	Abril 2021	David Raya	Equipo TFGEQ 2109																																																								
Notas	Comentarios	Revisión	Descripción	Fecha	Por	Aprobado																																																																												
		V100	Identificación de equipos	Marzo 2021	Equipo TFGEQ 2109	Equipo TFGEQ 2109																																																																												
		V200	Simplificación de identificación de las líneas. Reorganización de líneas.	Abril 2021	David Raya	Equipo TFGEQ 2109																																																																												



6.2. Diseño de equipos

6.2.1. Nueva bomba de llenado de bidones y *big bags*

Es necesario instalar una nueva bomba que sea capaz de desplazar el betún almacenado en los tanques T-61 y T-62 hasta la localización de la nueva estación de llenado de bidones y de *big bags*. La empresa ya dispone de una bomba de desplazamiento positivo adquirida anteriormente, y actualmente en desuso. Después de valorar si la bomba se adecuaba a las necesidades de la nueva instalación, se decidió que se trabajaría con ella. Para instalar la bomba en las instalaciones, se decidió aprovechar una bancada en desuso que se encuentra cercana a los tanques T-61 y T-62 y a la nueva estación de envasado.

En la página siguiente se encuentra la hoja de especificación de la bomba mencionada (bomba P42).

6.2.2. Intercambiador de calor para el llenado de big bags

Se plantearon varias posibilidades de intercambiador de calor para enfriar el betún y tras un estudio de alternativas, la propuesta escogida fue un intercambiador de calor de tubos y carcasa. Para más información sobre el proceso de selección del intercambiador de calor se puede consultar el apartado *5.3.2.1. Estudio de alternativas*.

Como fluido refrigerante se ha escogido el aceite térmico Cepsa Diatermo 22, utilizado actualmente en la planta. Para enfriarlo se plantearon varias posibilidades de intercambiador de calor. La propuesta escogida fue un intercambiador de placas. Para más información sobre el proceso de elección de intercambiador de calor se puede consultar el apartado *5.3.2.1. Estudio de alternativas*.

El diseño de ambos intercambiadores de calor de tubos y carcasa se realizó con el programa *Aspen Exchanger Design and Rating VII*. Las fichas de especificación del ambos intercambiadores se encuentran a continuación.

TEMA Sheet

Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:									
2	Location:									
3	Service of Unit:					Our Reference:				
4	Item No.:					Your Reference:				
5	Date:			Rev No.:			Job No.:			
6	Size:	864 - 4267,2	mm	Type:	AEL Horizontal	Connected in:		1 parallel	1 series	
7	Surf/unit(eff.)	200,8	m ²	Shells/unit	1	Surf/shell(eff.)		200,8	m ²	
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT									
9	Fluid allocation			Shell Side			Tube Side			
10	Fluid name			Cepsa Diatermo (61069)			Bitumen			
11	Fluid quantity, Total			20000			22000			
12	Vapor (In/Out)			0			0			
13	Liquid			5,5556			6,1111			
14	Noncondensable			0			0			
15										
16	Temperature (In/Out)			80			94,55			
17	Bubble / Dew point			/			/			
18	Density Vapor/Liquid			/ 834,1			/ 825,01			
19	Viscosity			/ 7,13			/ 5,0627			
20	Molecular wt, Vap									
21	Molecular wt, NC									
22	Specific heat			kJ/(kg-K)			/ 2,05 / 2,097 / 0,54 / 0,54			
23	Thermal conductivity			W/(m-K)			/ 0,117 / 0,1163 / 0,15 / 0,15			
24	Latent heat									
25	Pressure (abs)			barg			2,91 2,89 2,69 1,64			
26	Velocity (Mean/Max)			m/s			0,06 / 0,06 0,03 / 0,03			
27	Pressure drop, allow./calc.			bar			0,44816 0,02196 1 0,92997			
28	Fouling resistance (min)			m ² -K/W			1E-05 0,0009 0,00108 Ao based			
29	Heat exchanged		167,7	kW		MTD (corrected)		34,15	°C	
30	Transfer rate, Service		24,5	Dirty		24,5	Clean		25,1	W/(m ² -K)
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL						Sketch			
32				Shell Side			Tube Side			
33	Design/Vacuum/test pressure			bar			3,44738 / / 4,13686 / /			
34	Design temperature / MDMT			°C			187,78 / / 187,78 / /			
35	Number passes per shell			1			1			
36	Corrosion allowance			mm			3,18 3,18			
37	Connections			In			mm 1 77,93 / - 1 52,5 / -			
38	Size/Rating			Out			1 77,93 / - 1 77,93 / -			
39	ID			Intermediate			/ - / -			
40	Tube #:	604	OD:	25,4	Tks. Average	2,11	mm	Length:	4267,2	mm
41	Tube type:	Plain	Insert:	None	Fin#:		#/m	Material:	Carbon Steel	
42	Shell	Carbon Steel	ID	863,6	OD	885,82	mm	Shell cover	-	
43	Channel or bonnet	Carbon Steel				Channel cover	Carbon Steel			
44	Tubesheet-stationary	Carbon Steel				Tubesheet-floating	-			
45	Floating head cover	-				Impingement protection	None			
46	Baffle-cross	Carbon Steel	Type	Single segmental		Cut(%d)	40,37	HorizSpacing:	c/c 444,5	mm
47	Baffle-long	-	Seal Type				Inlet	749,3	mm	
48	Supports-tube	U-bend	0			Type				
49	Bypass seal				Tube-tubesheet joint	Expanded only (2 grooves)(App.A 'i')				
50	Expansion joint	-				Type	None			
51	RhoV2-Inlet nozzle	1627	Bundle entrance		5	Bundle exit		5	kg/(m-s ²)	
52	Gaskets - Shell side	-	Tube side			Flat Metal Jacket Fibe				
53	Floating head	-								
54	Code requirements	ASME Code Sec VIII Div 1			TEMA class	R - refinery service				
55	Weight/Shell	5705,4	Filled with water	7936,5	Bundle	3575	kg			
56	Remarks									
57										
58										



API Sheet

Plate Heat Exchanger Specification Sheet

1	Company:				
2	Location:				
3	Service of Unit:	Our Reference:			
4	Item No.:	Your Reference:			
5	Date:	Rev No.:	Job No.:		
6	CASE	HOT SIDE		COLD SIDE	
7	Fluid	CEPSA DIATERMO 22		Agua	
8	Total flow	kg/h	20000		7083
9	Flow per PHE	kg/s	5,5556		1,9674
10	Pressure drop (allow./calc.)	bar	0,2 / 0,1934		0,2 / 0,08498
11	Velocity between plates	m/s	0,4		0,24
12	Wall shear stress	N/m ²	22,85		12,23
13	Fouling margin	%	0		0
14	OPERATING DATA	INLET	OUTLET	INLET	OUTLET
15	Liquid flow	kg/s	5,5556	5,5556	1,9674
16	Vapor flow	kg/s	0	0	0
17	Operating temperature	°C	94,3	80	25
18	Operating pressure	barg	2,67	2,45	1
19	LIQUID PROPERTIES				
20	Density	kg/m ³	822,85	830	998,27
21	Specific heat	kJ/(kg-K)	2,096	2,05	4,192
22	Viscosity	mPa-s	5,0923	7,13	0,8974
23	Thermal conductivity	W/(m-K)	0,1163	0,117	0,6004
24	Surface tension	N/m	0,0001	0,0001	0,072
25	VAPOR PROPERTIES				
26	Density	kg/m ³			
27	Specific heat	kJ/(kg-K)			
28	Viscosity	mPa-s			
29	Thermal conductivity	W/(m-K)			
30	Relative molecular mass				
31	Dew point / bubble point	°C	/		/
32	Latent heat	kJ/kg			
33	Critical pressure	bar	221,0597		
34	Critical temperature	°C	374,13		
35	Total heat exchanged	kW	164,8		
36	Overall coefficient (UA)	W/(m ² -K)	Clean condition:	624,6	Service: 476
37	LMTD / Effective MTD	°C	52,1 /		51,17
38	Heat transfer area	m ²	6,9		
39	Stream heat transfer coeff.	W/(m ² -K)	720,2		5832,1
40	CONFIGURATION FOR EXCHANGER AND PLATE DETAILS				
41	Number of PHE in parallel	1	Heat transfer area/PHE	m ²	6,9
42	Number of passes, hot side	1	Heat transfer area/plate	m ²	0,197
43	Number of passes, cold side	2	Plate chevron angles(s)	Degrees	45
44	Number of plates per PHE	37	Nominal plate thickness	mm	0,6
45			Nominal plate gap	mm	3,51
46	Mass empty / full of water	kg	42,9 /		67,6
47	Remarks:				
48					
49					
50					

6.2.3. Bomba del sistema de refrigeración con aceite térmico

Para esta propuesta, es necesario la instalación de una bomba adicional para impulsar el fluido de refrigeración. Además de explorar la posibilidad de instalación de una bomba de la marca *KSB SE & Co.KGaA* escogida por el equipo, se ha contactado con diversos proveedores para obtener una propuesta respaldada por profesionales del sector y para obtener un precio real a partir del cual realizar la evaluación económica de las alternativas con intercambiadores de calor.

Para el diseño preliminar del sistema de refrigeración, se ha escogido una bomba centrífuga con la ayuda de un selector de modelos de bombas *online* de la empresa *KSB*. Uno de los modelos que mejor se ajustaba a las necesidades del proceso es el MegaCPK de 50 Hz.

Tras consultar las distintas hojas de rodetes para las distintas velocidades, se consideró que el modelo que mejor se ajustaba era el de 960 rpm MegaCPK 080-50-315. Como se puede ver en la figura 6.1, el punto de operación está cerca del límite entre modelos.

Como se puede observar en el gráfico de selección de rodete (figura 6.2), el problema mencionado se traduce en una baja regulación de la presión en función del caudal; así como en un bajo rendimiento eléctrico. El rodete escogido es el inmediatamente superior a la presión mínima que debe proporcionar la bomba (12 m de columna de líquido), de un diámetro de 311 mm.

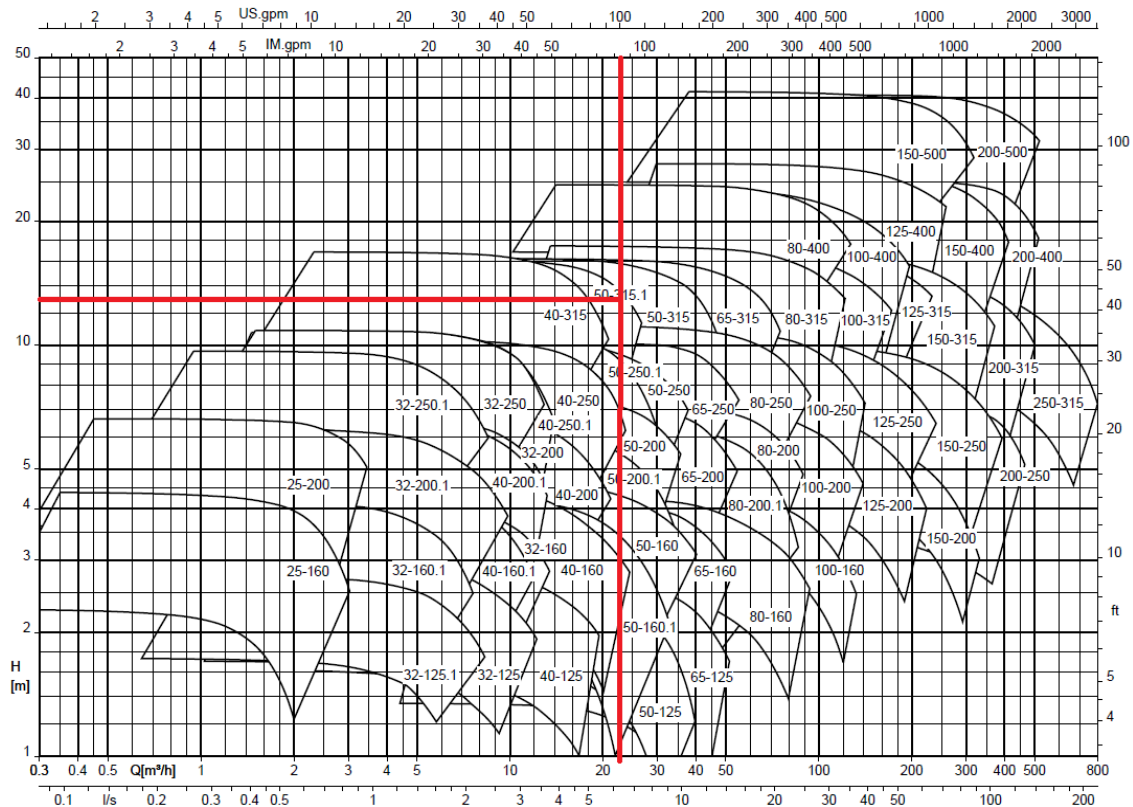


Figura 6.1. Gráfico de selección de bomba. Fuente: (ref. 9).

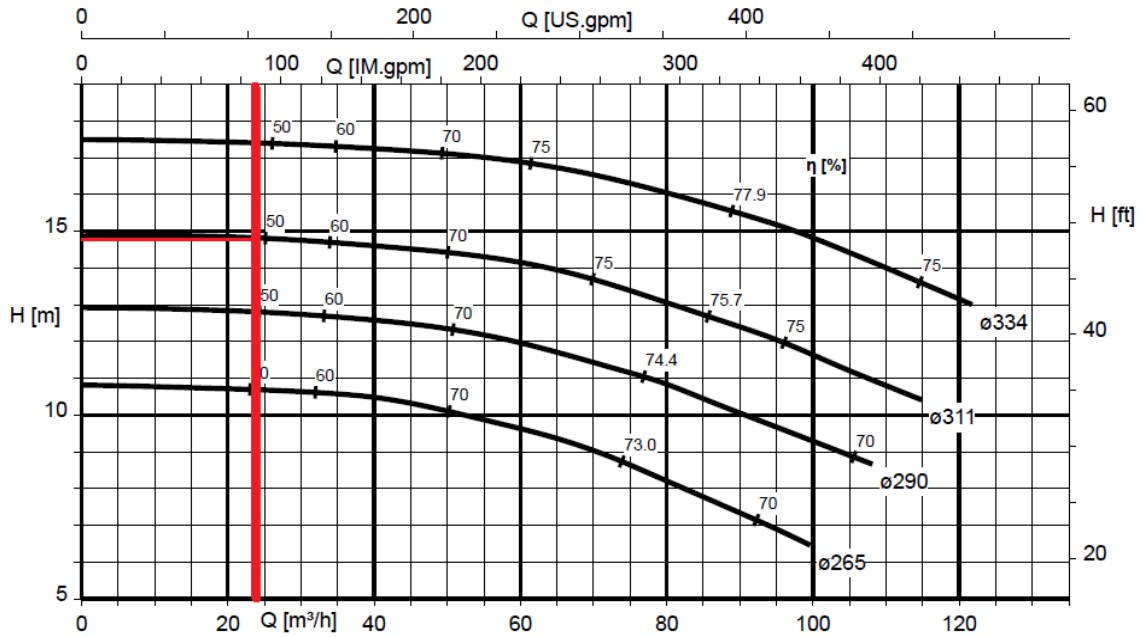


Figura 6.2. Gráfico de selección de rodete. Fuente: (ref. 9).

La hoja de especificaciones de la bomba se puede encontrar en el anexo *A.1.Hojas de especificación*.

Se contactó también con los proveedores de bombas *Netzsch-Gruppe* y *EDUR* para tener opciones respaldadas por profesionales del sector.

La bomba propuesta por *Netzsch-Gruppe* se trata de una bomba de desplazamiento positivo de tornillo. Su precio es de 5.200 € y el plazo de entrega 16 semanas. La ficha de especificación de dicho modelo se puede encontrar en el anexo *A.1.Hojas de especificación*.

La bomba propuesta por *EDUR* se trata de una bomba centrífuga. Su precio es de 7.381 € y el plazo de entrega son 4 semanas. La ficha de especificación de dicho modelo se puede encontrar en la página siguiente.

Dada la posibilidad de las bombas centrífugas de impulsar el aceite térmico con el que se trabaja, se ha decidido descartar la bomba propuesta por *Netzsch-Gruppe*. Con el objetivo de tener una propuesta más cercana a la realidad, y dado que ésta está recomendada por profesionales en el sector de las bombas centrífugas, se ha optado por realizar el diseño con la bomba propuesta por *EDUR*.

6.2.4. Diseño de tuberías

Se ha realizado el diseño de las tuberías de que trasportarán el betún desde los tanques hasta las estaciones de llenado. Dicho diseño se puede encontrar en el P&ID TFGEQ_2109_19 (propuesta sin intercambiador) y TFGEQ_2109_20 (propuesta con intercambiador). El listado de tuberías de la propuesta sin intercambiador y sus especificaciones se puede encontrar en la tabla 6.2; el listado de la propuesta con intercambiador se puede encontrar en la tabla 6.3.

Tabla 6.2. Listado de tuberías de la zona de envasado (P&ID TFGEQ_2109_19)

Nombre de la tubería	Identificación en P&ID	Fluido	Fase	T _{op} (°C)	P _{in} (barg)	P _{out} (barg)	Material	L (m)	D _n (")	Espesor ASME B36.10M	Espesor (mm)	D _{int} (mm)	D _{ext} (mm)	Material aislante	G _{ais} (mm)	T _{dis} (°C)	P _n (barg)	Desde	Hacia	I _p
ASF-401	ASF-401-4"-CS J=N/A T=LPS C=GW 40mm	Betún	Líquido	100	0,32	0,16	ASTM A-53 B	7,4	4,0	SCH 40	6,02	102,26	114,30	Lana de roca	40	150	PN16	T-61 & T-62	P42	-
ASF-401A	ASF-401A-4"-CS J=N/A T=LPS C=GW 30mm	Betún	Líquido	100	0,16	0,12	ASTM A-53 B	1,0	4,0	SCH 40	6,02	102,26	114,30	Lana de roca	30	150	PN16	T-61 & T-62	P42	HVM 401
ASF-402A	ASF-402A-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,45	2,35	ASTM A-53 B	1,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags Bidones T-61 & T-62	HVM 404
ASF-402B	ASF-402B-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,35	2,1	ASTM A-53 B	4,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42 (impulsión)	P42 (aspiración)	-
ASF-402	ASF-402-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,35	2,27	ASTM A-53 B	3,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags Bidones T-61 & T-62	-
ASF-403	ASF-403-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,27	2,08	ASTM A-53 B	3,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags Bidones T-61 & T-62	-
ASF-404	ASF-404-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,27	2,08	ASTM A-53 B	3,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags	HVM 405
ASF-405	ASF-405-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,08	0,00	ASTM A-53 B	2,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags	HVM 408
ASF-406	ASF-406-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,08	0,00	ASTM A-53 B	2,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Bidones	HVM 409
ASF-407	ASF-407-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,08	1,96	ASTM A-53 B	2,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Bidones	HVM 406
ASF-407A	ASF-407A-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	1,96	1,90	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Bidones	-
ASF-407B	ASF-407B-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	1,96	1,90	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Bidones	-
ASF-407C	ASF-407C-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	1,96	1,90	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Bidones	-
ASF-407D	ASF-407D-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	1,96	1,90	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Bidones	-
ASF-408	ASF-408-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,08	1,63	ASTM A-53 B	7,4	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42	T-61 & T-62	HVM 424

Tabla 6.3. Listado de tuberías de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20)

Nombre de la tubería	Identificación en P&ID	Fluido	Fase	T _{op} (°C)	P _{in} (barg)	P _{out} (barg)	Material	L (m)	D _n (")	Espesor ASME B36.10M	Espesor (mm)	D _{int} (mm)	D _{ext} (mm)	Material aislante	G _{in} (mm)	T _{dis} (°C)	P _n (barg)	Desde	Hacia	I _p
ASF-401	ASF-401-4"-CS J=N/A T=LPS C=GW-50mm	Betún	Líquido	150	0,32	0,16	ASTM A-53 B	7,4	4,0	SCH 40	6,02	102,26	114,30	Lana de roca	50	225	PN16	T-61 & T-62	P42	-
ASF-401A	ASF-401A-4"-CS J=N/A T=LPS C=GW-50mm	Betún	Líquido	150	0,16	0,12	ASTM A-53 B	7,4	4,0	SCH 40	6,02	102,26	114,30	Lana de roca	50	225	PN16	T-61 & T-62	P42	HVM 401
ASF-402A	ASF-402A-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,45	2,35	ASTM A-53 B	7,4	4,0	SCH 40	6,02	102,26	114,30	Lana de roca	50	225	PN16	T-61 & T-62	P42	HVM 404
ASF-402B	ASF-402B-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,35	2,1	ASTM A-53 B	7,4	4,0	SCH 40	6,02	102,26	114,30	Lana de roca	50	225	PN16	T-61 & T-62	P42	-
ASF-402	ASF-402-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,35	2,27	ASTM A-53 B	3,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	Big Bags Bidones T-61 & T-62	-
ASF-403	ASF-403-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,74	2,70	ASTM A-53 B	3,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	Big Bags Bidones T-61 & T-62	-
ASF-404A	ASF-404A-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,74	2,62	ASTM A-53 B	10,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	225	PN16	P42	Big Bags	-
ASF-404B	ASF-404B-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,62	2,32	ASTM A-53 B	5,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	225	PN16	P42	Big Bags	HVM 405
ASF-405	ASF-405-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,62	2,57	ASTM A-53 B	5,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	E-401	HVM 410
ASF-406	ASF-406-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	1,64	1,03	ASTM A-53 B	10,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	E-401	Big Bags	HVM 413
ASF-407	ASF-407-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,70	2,68	ASTM A-53 B	2,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	Bidones	HVM 406
ASF-407A	ASF-407A-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	150	2,68	2,67	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	225	PN16	P42	Bidones	-
ASF-407B	ASF-407B-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	150	2,68	2,67	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	225	PN16	P42	Bidones	-
ASF-407C	ASF-407C-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	150	2,68	2,67	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	225	PN16	P42	Bidones	-
ASF-407D	ASF-407D-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	150	2,68	2,67	ASTM A-53 B	1,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	225	PN16	P42	Bidones	-
ASF-408	ASF-408-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,68	2,64	ASTM A-53 B	4,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	T-61 & T-62	HVM 407
ASF-409	ASF-409-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,64	2,33	ASTM A-53 B	5,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	Big Bags	-

Tabla 6.3. Listado de tuberías de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20) (cont.)

ASF-410	ASF-410-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,33	2,22	ASTM A-53 B	10,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	T-61 & T-62	-
ASF-411	ASF-411-3"-CS J=N/A T=LPS C=GW-40mm	Betún	Líquido	150	2,22	2,05	ASTM A-53 B	15,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	40	225	PN16	P42	T-61 & T-62	-
ASF-412	ASF-412-3"-SS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,33	2,27	ASTM A-53 B	1,0	3,0	SCH 40	5,49	77,93	88,91	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags	-
ASF-413	ASF-413-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,27	2,15	ASTM A-53 B	2,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags	HVM 409
ASF-414	ASF-414-2"-CS J=N/A T=LPS C=GW-30mm	Betún	Líquido	100	2,27	2,15	ASTM A-53 B	2,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	150	PN16	P42	Big Bags	HVM 408
OIL-301	OIL-301-2"-CS J=N/A T=N/A C=GW-30mm	Aceite	Líquido	94	2,89	2,67	ASTM A-53 B	15,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	142	PN16	E-401	E-402	HVM 414 HVM 416
OIL-302	OIL-302-2"-CS J=N/A T=N/A C=GW-30mm	Aceite	Líquido	80	2,45	2,15	ASTM A-53 B	20,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	120	PN16	E-402	T-401	HVM 418 HVM 420
W-303	W-303-2"-CS J=N/A T=N/A C=N/A	Agua	Líquido	25	1,01	1,00	ASTM A-53 B	0,5	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	-	-	38	PN16	Circuito agua	E-402	HVM 419
W-304	W-304-2"-CS J=N/A T=N/A C=N/A	Agua	Líquido	45	0,96	0,95	ASTM A-53 B	0,5	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	-	-	68	PN16	E-402	Circuito agua	HVM 417
OIL-305	OIL-305-2"-CS J=N/A T=N/A C=GW-30mm	Aceite	Líquido	80	0,01	0,00	ASTM A-53 B	0,5	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	120	PN16	T-401	Circuito aceite	-
OIL-306	OIL-306-2"-CS J=N/A T=N/A C=N/A	Aceite	Líquido	25	0,51	0,50	ASTM A-53 B	0,5	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	-	-	38	PN16	Circuito aceite	T-401	HVM 421
OIL-307	OIL-307-2"-CS J=N/A T=N/A C=GW-30mm	Aceite	Líquido	80	0,36	0,21	ASTM A-53 B	10,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	120	PN16	T-401	P43	HVM 422
OIL-308	OIL-308-2"-CS J=N/A T=N/A C=GW-30mm	Aceite	Líquido	80	3,06	2,91	ASTM A-53 B	10,0	2,0	SCH 40	3,91	54,79	62,61	Lana de roca	30	120	PN16	P43	E-401	HVM 423

6.2.5. Diseño de la instrumentación y del control

6.2.5.1 Propuesta de válvulas para el nuevo sistema de llenado de la PPEE

En este apartado se presentan las diferentes alternativas estudiadas para la selección de las válvulas de proceso de la nueva zona de envasado de bidones y *big bags*.

El estudio se ha realizado de forma discriminada para las válvulas de aislamiento y las válvulas de control. En el caso de las válvulas de aislamiento, tanto manuales como con actuador neumático, se han comparado los diferentes tipos de válvulas principales de movimiento rotativo y de movimiento lineal.

Por lo que se refiere a las válvulas de control, se ha utilizado el software *AriMyValve* del fabricante *ARI Armaturen* para realizar la configuración de uno de los productos de la marca (proveedor actual de las válvulas de control presentes en la planta).

6.2.5.1.1 Selección de las válvulas de aislamiento

En la tabla 6.4 se pueden observar las principales ventajas y desventajas de cada tipo de válvula estudiada.

Tabla 6.4. Comparativa de las diferentes válvulas de aislamiento.

Tipo de válvula	Ventajas	Desventajas
Compuerta	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste - Diseño y funcionamiento sencillo - Poca resistencia a la circulación - Cierre hermético 	<ul style="list-style-type: none"> - No son convenientes para regulación. - Se requiere fuerza elevada para accionarla
Diafragma	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste - Sin empaquetadura - No hay posibilidad de fugas por el vástago - Inmune a los problemas de obstrucción o corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> - Diafragma susceptible de desgaste - Elevada torsión al cerrar con la tubería
Mariposa	<ul style="list-style-type: none"> - Compactas - Estanqueidad total - Baja pérdida de carga - Bajo mantenimiento - Poco ruido 	<ul style="list-style-type: none"> - Respuesta lenta - Alto par de maniobra
Bola	<ul style="list-style-type: none"> - Altas capacidades de flujo - Baja pérdida de carga en las configuraciones con paso total. - Buena estanqueidad - Rapidez de maniobra 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones de temperatura - Algunos fluidos pueden quedar atrapados en la válvula en posición cerrada, dañándola y provocando la necesidad de muy altos pares de maniobra.

Analizando la tabla anterior, se descartan en primera instancia las válvulas de diafragma y de bola debido a que el betún contiene partículas sólidas y puede solidificar en el mecanismo interno de la válvula, provocando posibles afectaciones en su integridad.

Las válvulas seleccionadas finalmente son de compuerta, ya que su principal ventaja frente a las de mariposa es su bajo coste y su robustez. Además, las válvulas utilizadas en otras secciones de la planta con el mismo fluido son de compuerta, ya que se ha comprobado con años de experiencia el buen funcionamiento de estas para el betún asfáltico.

Las válvulas de compuerta seleccionadas finalmente son de la marca *ARI Armaturen*, fabricante que ha suministrado con anterioridad distintas válvulas de proceso a la empresa con buenos resultados. En el anexo *A.1.Hojas de especificación* se pueden encontrar las fichas de especificación.

6.2.5.1.2 Cálculo de las válvulas de control

Se ha realizado el cálculo de las válvulas de control PCV-403 y PCV-407 con el software *ARIMyValve* del fabricante *ARI Armaturen*. En el anexo *A.1.Hojas de especificación* se pueden encontrar las fichas de especificación.

6.2.5.2 Listado de válvulas e instrumentos

A continuación se listan todos los equipos de instrumentación y control escogidos para el diseño de la nueva zona de envasado con sus especificaciones principales. Las tablas 6.5 y 6.7 los equipos de instrumentación y de control (respectivamente) de la nueva zona de envasado sin intercambiador (P&ID TFGEQ_2109_19) y las tablas 6.6 y 6.8 muestran los los equipos de instrumentación y de control (respectivamente) de la nueva zona de envasado con intercambiador (P&ID TFGEQ_2109_20).

Tabla 6.5. Listado de válvulas de la zona de envasado (P&ID TFGEQ_2109_19)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
HVM 401	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 1111 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-401	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN100	PN16	-	Mantenimiento
HVM 402	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-401	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 403	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-402	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 404	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-402	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 405	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-404	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 406	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 407	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-408	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 408	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-405	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento

Tabla 6.5. Listado de válvulas de la zona de envasado (P&ID TFGEQ_2109_19) (cont.)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
HVM 409	Válvula de aislamiento lineal	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-406	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
	Válvula de compuerta	Pressure Rating 150#													
HVM 424	Válvula de aislamiento lineal	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-408	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Regulación del caudal de recirculación
	Válvula de compuerta	Pressure Rating 150#													
PCV 401	Válvula de aislamiento lineal	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-404	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	FC	Llenado de big bags
	Válvula de compuerta	Pressure Rating 150#													
PCV 402	Válvula de aislamiento lineal	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	FC	Llenado de bidones
	Válvula de compuerta	Pressure Rating 150#													
PCV 403	Válvula de control de regulación, movimiento lineal	Tapón parabólico Kvs: 100 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	STEVI 12440 Obturador DP32	Lineal	PTFE	DN80	PN16	FC	Regulación llenado big bags
	Válvula de globo														
PCV 404	Válvula de aislamiento lineal	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-405	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado big bag 2
	Válvula de compuerta	Pressure Rating 150#													
PCV 405	Válvula de aislamiento lineal	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-406	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado big bag 1
	Válvula de compuerta	Pressure Rating 150#													
PCV 407	Válvula de control de regulación, movimiento lineal	Tapón parabólico Kvs: 100 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	STEVI 12440 Obturador DP32	Lineal	PTFE	DN80	PN16	FC	Regulación llenado bidones
	Válvula de globo														
PCV 408	Válvula de aislamiento lineal	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407C	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 1
	Válvula de compuerta	Pressure Rating 150#													

Tabla 6.5. Listado de válvulas de la zona de envasado (P&ID TFGEQ_2109_19) (cont.)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
PCV 409	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407A	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 2
PCV 410	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407B	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 3
PCV 411	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407D	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 4
PCV 3V 402	Válvula de control Válvula de tres vias	Kvs: 60 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4 Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-404	EN-JL1040	ARI Armaturen	STEVI 450 Obturador DP 32	-	PTFE	DN80	PN16	FO	Recirculación impulsión bomba P42
CHV 405	Válvula antirretorno Válvula antirretorno de clapeta	Kvs: 325 m ³ /h Asiento vertical Pressure Rating 150#	-	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-401	A216 WCB	ARI Armaturen	SWING 3S	-	-	DN100	PN16	-	Evitar flujo inverso

Tabla 6.6. Listado de válvulas de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
HVM 401	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 1111 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-401	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN100	PN16	-	Mantenimiento
HVM 402	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-401	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 403	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-402	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 404	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-402	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 405	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-404	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 406	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 407	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-408	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 408	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-414	Ver anexo A.1	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento

Tabla 6.6. Listado de válvulas de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20) (cont.)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
HVM 409	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-413	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 410	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-405	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 411	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-405	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 412	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-406	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 413	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-406	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Mantenimiento
HVM 414	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-301	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 415	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-301	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 416	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-301	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 417	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	W-304	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento

Tabla 6.6. Listado de válvulas de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20) (cont.)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
HVM 418	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-302	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 419	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	W-303	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 420	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-302	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 421	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-306	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 422	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-307	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 423	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-308	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	-	Mantenimiento
HVM 424	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Manual	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-408	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	-	Regulación del caudal de recirculación
PCV 3V 401	Válvula de control Válvula de tres vías	Kvs: 60 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4 Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-404	EN-JL1040	ARI Armaturen	STEVI 450 Obturador DP 32	-	PTFE	DN80	PN16	FC	Desviación llene <i>big bags</i>
PCV 3V 402	Válvula de control Válvula de tres vías	Kvs: 60 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4 Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-404	EN-JL1040	ARI Armaturen	STEVI 450 Obturador DP 32	-	PTFE	DN80	PN16	FO	Recirculación impulsión bomba P42

Tabla 6.6. Listado de válvulas de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20) (cont.)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
PCV 402	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	FC	Llenado de bidones
PCV 403	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-408	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	FO	Recirculación
PCV 404	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-414	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado big bag 2
PCV 405	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-413	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado big bag 1
PCV 407	Válvula de control de regulación, movimiento lineal Válvula de globo	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 607 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-410	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN80	PN16	FO	Recirculación big bags
PCV 408	Válvula de control de regulación, movimiento lineal Válvula de globo	Tapón parabólico Kvs: 100 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	W-303	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	Lineal	PTFE	DN50	PN16	FC	Regulación agua
PCV 409	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h Pressure Rating 150#	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	W-303	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Apertura/cierre entrada de agua
PCV 410	Válvula de control de regulación, movimiento lineal Válvula de globo	Tapón parabólico Kvs: 100 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	OIL-308	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	Lineal	PTFE	DN50	PN16	FC	Regulación caudal de aceite
PCV 411	Válvula de control de regulación, movimiento lineal Válvula de globo	Tapón parabólico Kvs: 100 m ³ /h Estanqueidad clase IV según DIN EN 60534-4	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407C	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Regulación llenado big bags

Tabla 6.6. Listado de válvulas de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20) (cont.)

Nombre (TAG)	Tipo	Descripción	Actuador	Conexión	Brida	Línea o Equipo	Material	Fabricante	Modelo	Curva	M _s	D _n	P _n	En fallo	Aplicación
PCV 412	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h <i>Pressure Rating 150#</i>	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407A	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 1
PCV 413	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h <i>Pressure Rating 150#</i>	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407B	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 2
PCV 414	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h <i>Pressure Rating 150#</i>	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407D	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 3
PCV 415	Válvula de aislamiento lineal Válvula de compuerta	Diseño API 600 Diseño bidireccional NACE MR0175 Kvs: 171 m ³ /h <i>Pressure Rating 150#</i>	Neumático	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-407D	Ver anexo A.I	ARI Armaturen	UNIFLOW SERIES 90	-	PTFE	DN50	PN16	FC	Llenado bidón 4
CHV 401	Válvula antirretorno Válvula antirretorno de clapeta	Kvs: 244 m ³ /h Asiento vertical <i>Pressure Rating 150#</i>	-	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-404	A216 WCB	ARI Armaturen	SWING 3S	-	-	DN80	PN16	-	Evitar flujo inverso
CHV 402	Válvula antirretorno Válvula antirretorno de clapeta	Kvs: 244 m ³ /h Asiento vertical <i>Pressure Rating 150#</i>	-	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-406	A216 WCB	ARI Armaturen	SWING 3S	-	-	DN80	PN16	-	Evitar flujo inverso
CHV 403	Válvula antirretorno Válvula antirretorno de clapeta	Kvs: 244 m ³ /h Asiento vertical <i>Pressure Rating 150#</i>	-	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-410	A216 WCB	ARI Armaturen	SWING 3S	-	-	DN80	PN16	-	Evitar flujo inverso
CHV 405	Válvula antirretorno Válvula antirretorno de clapeta	Kvs: 325 m ³ /h Asiento vertical <i>Pressure Rating 150#</i>	-	Bridada	ANSI/ASME B16.5 150# RF	ASF-401	A216 WCB	ARI Armaturen	SWING 3S	-	-	DN100	PN16	-	Evitar flujo inverso

Tabla 6.7. Listado de instrumentos de la zona de envasado (P&ID TFGEQ_2109_19)

Nombre (TAG)	Tipo	Variable medida	Unidades	Descripción	Tipo de señal	Conexión	Línea o Equipo	Rango de medida	Rango de medida calibrado	Rango de temperaturas soportado	Presión máxima soportada
TT 406	Transmisor de temperatura	Temperatura	°C	Termopar tipo K	Analógica	Bridada	ASF-402	-10 ... 450°C	70-150 °C	-20 ... 500 °C	PN25
MT 500	Transmisor másico	Masa	kg	Báscula para llenado de bidones	Analógica	-	Envasado bidones	0-1000 kg	0-200 kg	-	-

Tabla 6.8. Listado de instrumentos de la zona de envasado con intercambiador de calor (P&ID TFGEQ_2109_20)

Nombre (TAG)	Tipo	Variable medida	Unidades	Descripción	Tipo de señal	Conexión	Línea o Equipo	Rango de medida	Rango de medida calibrado	Rango de temperaturas soportado	Presión máxima soportada
TT 406	Transmisor de temperatura	Temperatura	°C	Termopar tipo K	Analógica	Bridada	ASF-409	-10 ... 450°C	70-150 °C	-20 ... 500 °C	PN25
MT 500	Transmisor másico	Masa	kg	Báscula para llenado de bidones	Analógica	-	Envasado bidones	0-1000 kg	0-200 kg	-	-
LIT 411	Transmisor y indicador de nivel	Nivel	%	Medidor de nivel por boyas flotante	Analógica	Bridada	T-401	0-100 %	0-100 %	-20 ... 500 °C	PN25
LIT 412	Transmisor y indicador de nivel	Nivel	%	Medidor de nivel por boyas flotante	Analógica	Bridada	T-401	0-100 %	0-100 %	-20 ... 500 °C	PN25
TT 413	Transmisor de temperatura	Temperatura	°C	Termopar tipo K	Analógica	Bridada	T-401	-10 ... 450°C	70-150 °C	-20 ... 500 °C	PN25

7. SEGURIDAD EN EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

Siguiendo el procedimiento de gestión y evaluación del cambio (PR-104) de la empresa y para poder tener un análisis completo sobre la seguridad de la zona de llenado de bidones y *big bags*, se ha relizado el análisis HAZOP de la alternativa de las 4 válvulas con la báscula para llenar los bidones.

7.1. Resumen ejecutivo

En el apartado *7.4.Tablas HAZOP* se incluyen las tablas HAZOP con el registro de las desviaciones analizadas, sus causas, escenarios y consecuencias, así como las salvaguardas existentes. También se recogen las acciones recomendadas cuando se ha considerado que las salvaguardas eran insuficientes o cuando existía oportunidad de mejora.

El apartado *7.5.Perfil de riesgo actual / perfil de riesgo deseado*, incluye el perfil actual del riesgo y el perfil de riesgo deseado.

7.2. Alcance

El presente estudio HAZOP tiene como alcance exclusivamente la bomba P-42, encargada de impulsar betún hacia el llenado de bidones y de *big bags* de la planta de CEPSA del polígono sur de entrevías, detallada en el P&ID TFGEQ_2109_19.

7.3. Actualización del HAZOP

Este análisis de operatividad debe mantenerse actualizado, por lo que deberá ser revisado siempre que se produzcan cambios en los procesos y/o la documentación correspondiente o cualquier otra circunstancia o aspecto que así lo precise.

7.4. Tablas HAZOP

A continuación, se incluyen las hojas de trabajo generadas durante las diferentes sesiones HAZOP. En el apartado *6.1.Elaboración de diagramas* se adjuntan los P&IDs que fueron utilizados durante las sesiones HAZOP.

Tabla 7.1. Estudio HAZOP

Nodo: (1) Bomba P-42
P&IDs: TFGEQ_2109_19
Parámetro: Flujo

DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	P	R	SALVAGUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	S	P	R	COMENTARIOS
Menos / No Flujo	1.1. Cierre de la válvula de impulsión HVM404.	1.1.1. No hay caudal de salida de la bomba con una subida súbita de la presión de la bomba por encima de la presión de diseño.	II	D	NT	1.1.1.1. PSV interna de la bomba.	II	F	T	Final de carrera en la válvula HVM404					Mantenimiento preventivo de la PSV.
		1.1.2. No flujo a la estación de llenado. Disminuye la producción.	IV	D	T										
	1.2. Cierre de la válvula de impulsión HVM424.	1.2.1. No hay caudal de salida de la bomba con una subida súbita de la presión de la bomba por encima de la presión de diseño.	II	D	NT	1.2.1.1. Posicionador en la válvula	II	F	T						
		1.3. Fallo en el vapor de traceado disminuyendo la temperatura del fluido de proceso.	1.3.1. Solidificación del fluido de proceso a la salida de la bomba, aumentando la presión de manera súbita por encima de la presión de diseño.	II	C	NT	1.3.1.1. PSV interna de la bomba.	II	F	T	Comprobar que el traceado está operativo.				
	1.3.2. No flujo a la estación de llenado de bidones. Disminuye la producción.		IV	C	T										
	1.4. Fallo abriendo la válvula de aspiración HVM401.	1.4.1. No flujo a la estación de llenado de bidones. Disminuye la producción.	IV	D	T										
1.4.2. Desgaste prematuro de la estopada de la bomba. Posible fallo mecánico y fuga al exterior.		II	D	NT	1.4.2.1. Final de carrera en la válvula HVM401	II	E	T							
Más Flujo	1.5. Aumento de la temperatura del traceado de vapor y disminución de viscosidad del fluido del proceso.	1.5.1. No se aprecian consecuencias de seguridad.													
Inverso Flujo	1.6. No aplica.														

Tabla 7.1. Estudio HAZOP (cont.)

Nodo: (1) Bomba P-42
 P&IDs: TFGEQ_2109_19
 Parámetro: Temperatura

DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	P	R	SALVAGUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	S	P	R	COMENTARIOS
Menos Temperatura	1.7. Fallo en el traceado de vapor.	1.7.1. Aumento de la viscosidad del fluido de proceso en la aspiración de la bomba. Ver menos/no flujo en este nodo. 1.7.2. Aumento de la viscosidad del fluido en la impulsión de la bomba. Ver menos/no flujo en este nodo. 1.7.3. Solidificación del fluido de proceso en la aspiración de la bomba. Ver menos/no flujo en este nodo. 1.7.4. Solidificación del fluido de proceso en la impulsión de la bomba. Ver menos/no flujo en este nodo.													
Más Temperatura	1.8. Aumento del caudal o la temperatura del traceado de vapor.	1.8.1. Diminución de la viscosidad del fluido de proceso. Ver más flujo en este nodo. 1.8.2. Aumento de la temperatura de llenado de <i>big bags</i> por encima de 100 °C. Daño de los <i>big bags</i> .	II	D	NT	1.8.2.1. Transmisor de temperatura TT-406.	II	E	T						

Tabla 7.1. Estudio HAZOP (cont.)

Nodo: (1) Bomba P-42
 P&IDs: TFGEQ_2109_19
 Parámetro: Presión

DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	P	R	SALVAGUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	S	P	R	COMENTARIOS
Más Presión	1.9. Ver menos/no flujo en este nodo.														
Menos Presión	1.10. Ver menos/no flujo en este nodo.														

Nodo: (1) Bomba P-42
 P&IDs: TFGEQ_2109_19
 Parámetro: Nivel

DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	P	R	SALVAGUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	S	P	R	COMENTARIOS
Menos / No Nivel	1.11. Diminución del nivel de los tanques (T-61 y T-62).	1.11.1. Ver menos/no flujo en este nodo.													
Más Nivel	1.12. Aumento del nivel de los tanques (T-61 y T-62).	1.12. Peligro por sobrellenado de los tanques T-61 y T-62. Ver más nivel en el nodo de los tanques T-61 y T-62.													

Nodo: (1) Bomba P-42
 P&IDs: TFGEQ_2109_19
 Parámetro: Servicios

DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	P	R	SALVAGUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	S	P	R	COMENTARIOS
Fallo Servicios	1.13. Fallo en el suministro eléctrico.	1.13.1. Paro de la bomba. Ver menos/no flujo en este nodo.													
	1.14. Fallo en el suministro de aire de instrumentos.	1.14.1. Todas las válvulas van a posición segura. Disminución de la producción.	III	D	T										

Tabla 7.1. Estudio HAZOP (cont.)

Nodo: (1) Bomba P-42
 P&IDs: TFGEQ_2109_19
 Parámetro: Contención

DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	P	R	SALVAGUARDAS	S	P	R	RECOMENDACIONES	POR	S	P	R	COMENTARIOS
Pérdida Contención	1.15. Fuga o rotura en líneas o equipos.	1.15.1. Fuga de betún. Daño a personas por quemaduras.	II	E	T	1.15.1.1. Diseño adecuado de la bomba y líneas. 1.15.1.2. Mantenimiento preventivo. 1.15.1.3. Uso de EPI's. 1.15.1.4. Rondas periódicas para comprobar manchas de betún en el suelo.	II	F	T						

7.5. Perfil de riesgo actual / perfil de riesgo deseado

El este apartado se incluye el perfil actual de riesgo y el perfil de riesgo deseado.

Tabla 7.2. Riesgo sin tener en cuenta las salvaguardas existentes.

A				
B				
C	1.3.2		1.3.1	
D	1.1.2, 1.4.1	1.14	1.1.1, 1.2.1, 1.4.2, 1.8.2	
E			1.15	
F				
	IV	III	II	I

Tabla 7.3. Riesgo teniendo en cuenta las salvaguardas existentes y las recomendaciones propuestas.

A				
B				
C	1.3.2			
D	1.1.2, 1.4.1	1.14		
E			1.4.2, 1.8.2.	
F			1.1.1, 1.2.1, 1.3.1, 1.15	
	IV	III	II	I

8. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

Como cualquier proyecto de ingeniería, la relocalización y el rediseño de la planta de envasados lleva asociado un impacto ambiental. La realización de un estudio de impacto ambiental así como el análisis de ciclo de vida queda fuera del alcance del proyecto, por lo que no se puede aportar información detallada sobre dicho impacto.

Aún así, se considera que el impacto ambiental negativo asociado a la relocalización es pequeño, y que el impacto ambiental del nuevo equipo de envasado será muy similar al que tiene el equipo de envasado actual.

9. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En este apartado se describen las distintas condiciones en las que se encuentran los equipos de la planta para cada uno de los posibles escenarios operacionales que se pueden dar, así como las condiciones que activarán las distintas alarmas del proceso y cómo actuarán las válvulas en consecuencia.

En la tabla 9.1 se muestran los distintos escenarios de operación y la forma de la que las válvulas automáticas y controladoras actuarán. En la tabla 9.2 se muestran los distintos escenarios que podrían requerir la activación de las alarmas del sistema. En ambas, se indica la forma como actuarán las válvulas siguiendo el siguiente código de colores:

- Verde (“A”): válvula abierta.
- Rojo (“C”): válvula cerrada.
- Azul (“A/C”): válvula abrirá o cerrará según convenga en la operación, es decir, según demanda; o bien la válvula está controlando.
- Gris (“N/A”): posición de la válvula indiferente.

Para facilitar la comprensión de las tablas 9.1 y 9.2, la figura 9.1 muestra el nuevo proceso de envasado de forma esquemática con todas las válvulas dibujadas.

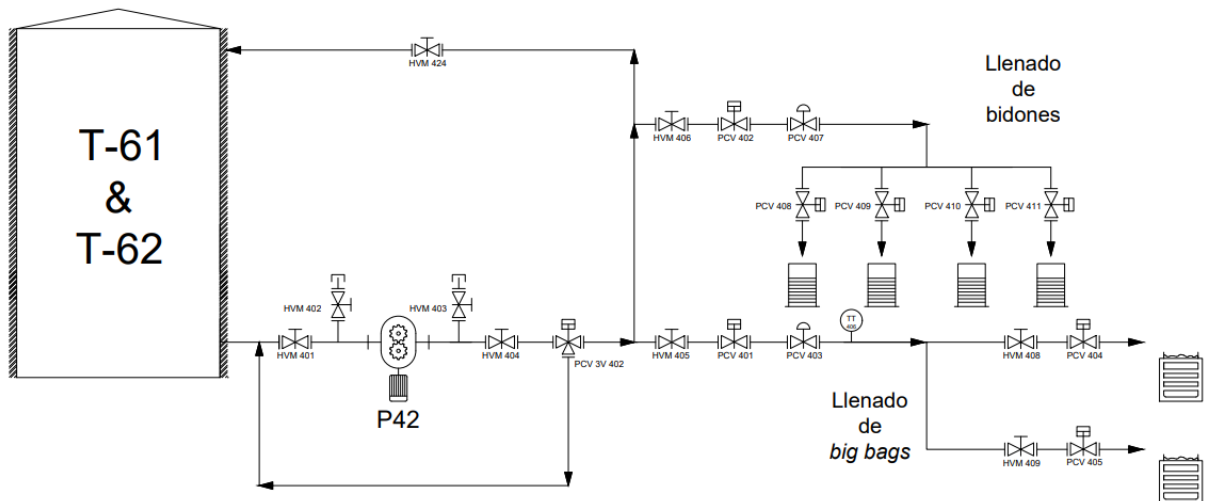


Figura 9.1. Esquema del nuevo proceso de envasado.

Es necesario mencionar el sistema de control por bandas del traceado de vapor. El transistor de temperatura 406 mide la temperatura de la línea justo después de la PCV 3V 402. Si la temperatura supera los 105 °C, se deja de suministrar vapor por el traceado. Si la temperatura baja de 100 °C, se vuelve a suministrar vapor por el traceado.

Dado que el diseño realizado se trata únicamente de una bomba y de los equipos de llenado, los únicos elementos a tener en cuenta durante el arranque son:

- Asegurar que la temperatura del fluido es la adecuada y que el sistema de traceado ha funcionado correctamente antes de empezar la operación: encender la bomba de desplazamiento positivo si hay betún sólido en la descarga podría desencadenar un accidente de seguridad.
- Asegurar que las válvulas PCV 401 y 402 están cerradas en el arranque de la bomba.
- Posicionar la válvula PCV 3V 402 en recirculación hacia la entrada de la bomba.
- Asegurar que la válvula HVM 424 no está completamente cerrada durante la operación.

Se deberá asegurar que ambos procedimientos se realizan mediante el uso de una *checklist*.

No hay ningún procedimiento operativo a destacar durante la parada.

Los equipos susceptibles de presentar algún fallo durante su operativa y que, por tanto, necesitan de un mantenimiento son los siguientes:

- Báscula: mantenimiento preventivo bianual, siguiendo un programa de verificación metrológica para asegurar la correcta medida del equipo.
- Bomba P-42: mantenimiento preventivo anual, focalizado en las siguientes partes:
 - Rodamientos: verificar el correcto funcionamiento de estos. En caso de estar desgastados, se cambiarán antes del fallo.
 - Estopada: verificar el correcto estado de estos. Se prevee un desgaste mayor al estar en contacto directo con el betún (especialmente en el caso de la bomba P-42, que transporta el betún a baja temperatura y, por tanto, es muy viscoso).
- Válvulas: mantenimiento reactivo. En caso de fuga o rotura, sustitución de la pieza afectada. Engrasado anual de los vástagos en caso de ser necesario.

Tabla 9.1. Criterios de apertura (verde), cierre (rojo), operativa según necesidad o control (azul) e indiferente (gris) de las válvulas automáticas y controladoras para diferentes situaciones operacionales.

	Mantenimiento	Recirculación a tanques	Llenado de bidones	Llenado de un <i>big bag</i>	Llenado de dos <i>big bags</i>
PCV 401 (llene de <i>big bags</i>)	C	C	C	A	A
PCV 402 (llene de bidones)	C	C	A	C	C
PCV 403 (controladora de llene de <i>big bags</i>)	C	N/A	N/A	A/C	A/C
PCV 404 (surtidor de betún <i>big bag</i> 2)	C	C	C	C	A/C
PCV 405 (surtidor de betún <i>big bag</i> 1)	C	C	C	A/C	A/C
PCV 407 (controladora de llene de bidones)	C	N/A	A/C	N/A	N/A
PCV 408 (surtidor de betún bidón 1)	C	C	A/C	C	C
PCV 409 (surtidor de betún bidón 2)	C	C	A/C	C	C
PCV 410 (surtidor de betún bidón 3)	C	C	A/C	C	C
PCV 411 (surtidor de betún bidón 4)	C	C	A/C	C	C
PCV 3V 402 (recirculación a aspiración bomba)	C	A/C	A/C	A/C	A/C

A continuación, se pueden encontrar los diagramas de apertura/cierre de válvulas de control para las diferentes situaciones operacionales.

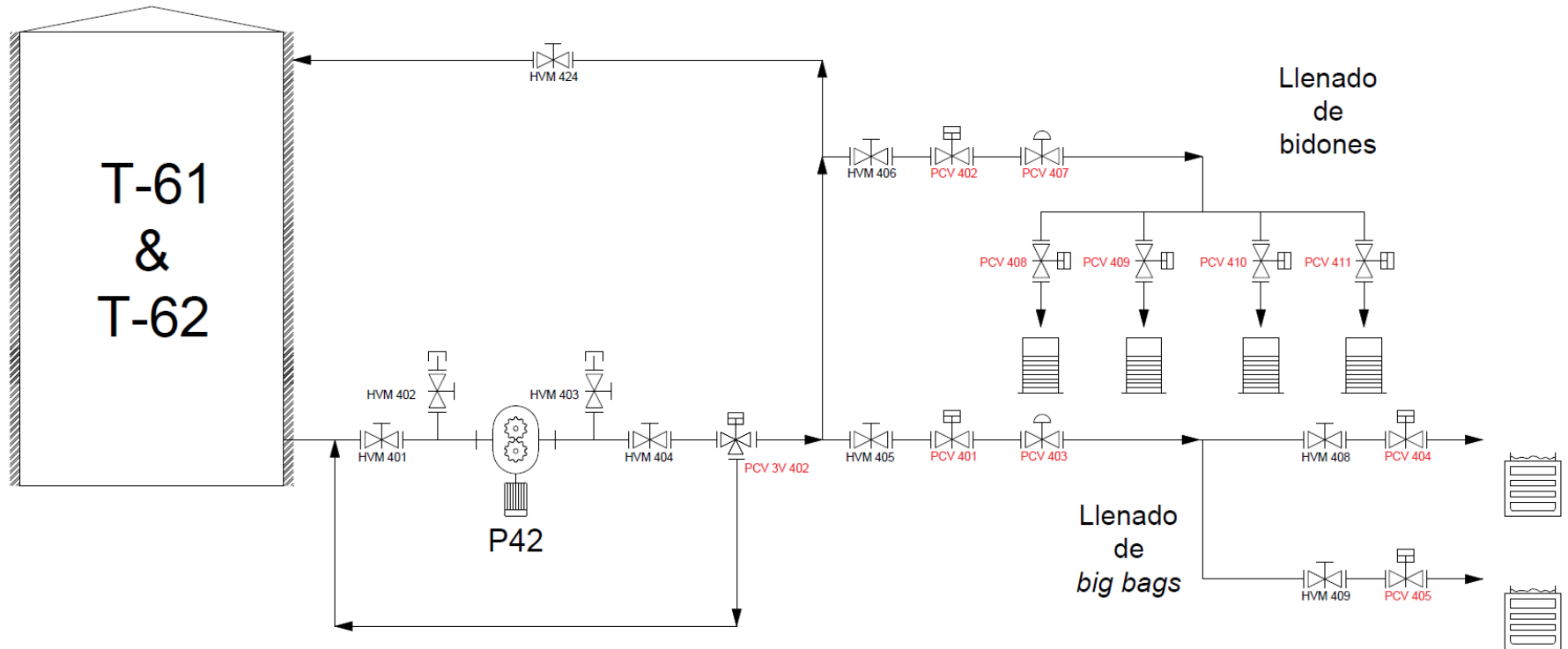


Figura 9.2. Diagrama de apertura/cierre para la operación de mantenimiento.

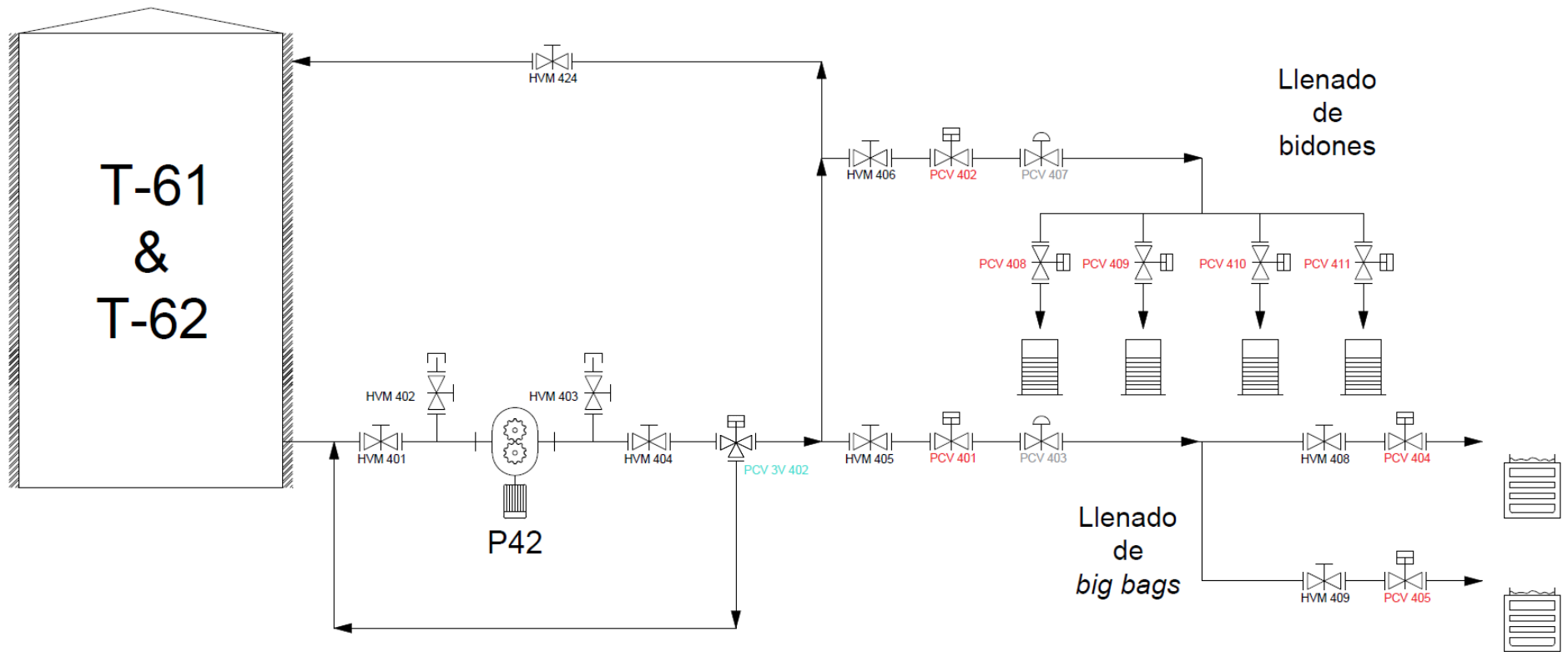


Figura 9.3. Diagrama de apertura/cierre para la operación de recirculación a tanques.

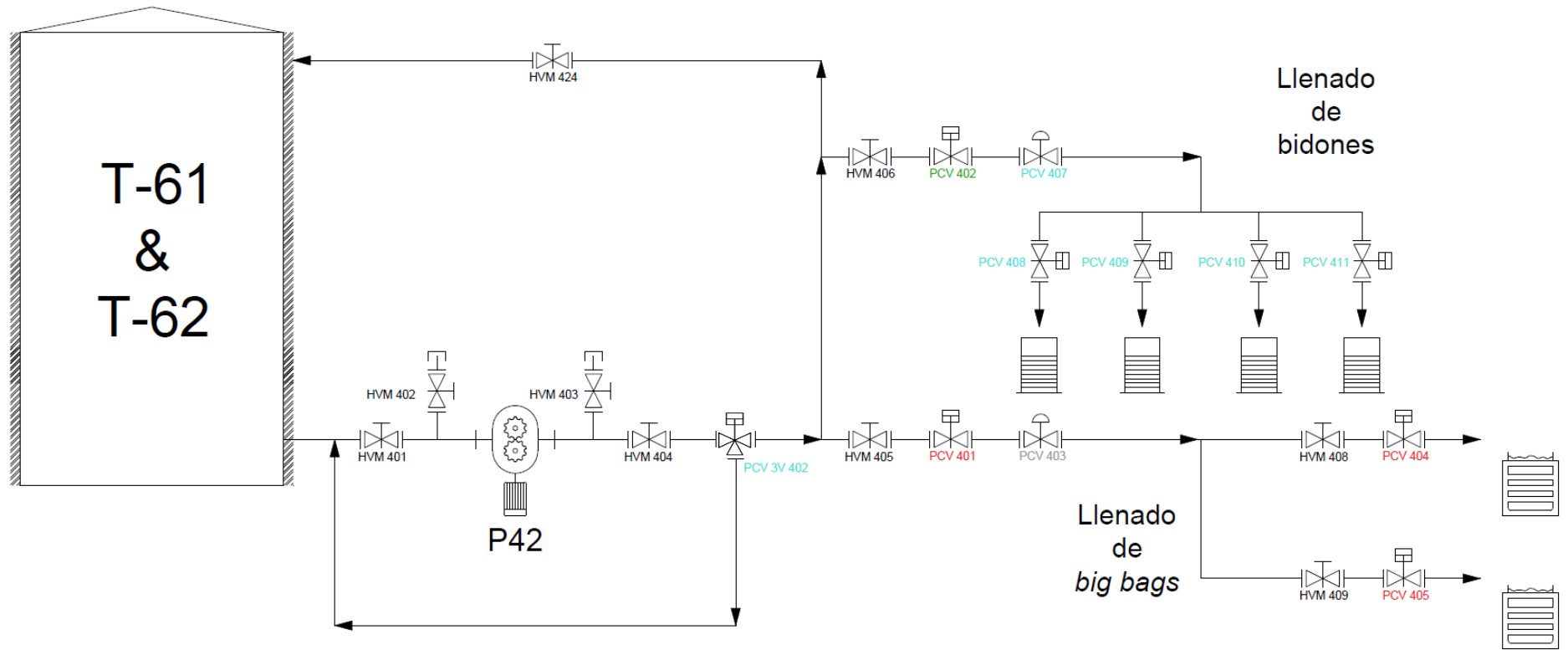


Figura 9.4. Diagrama de apertura/cierre para la operación de llenado de bidones.

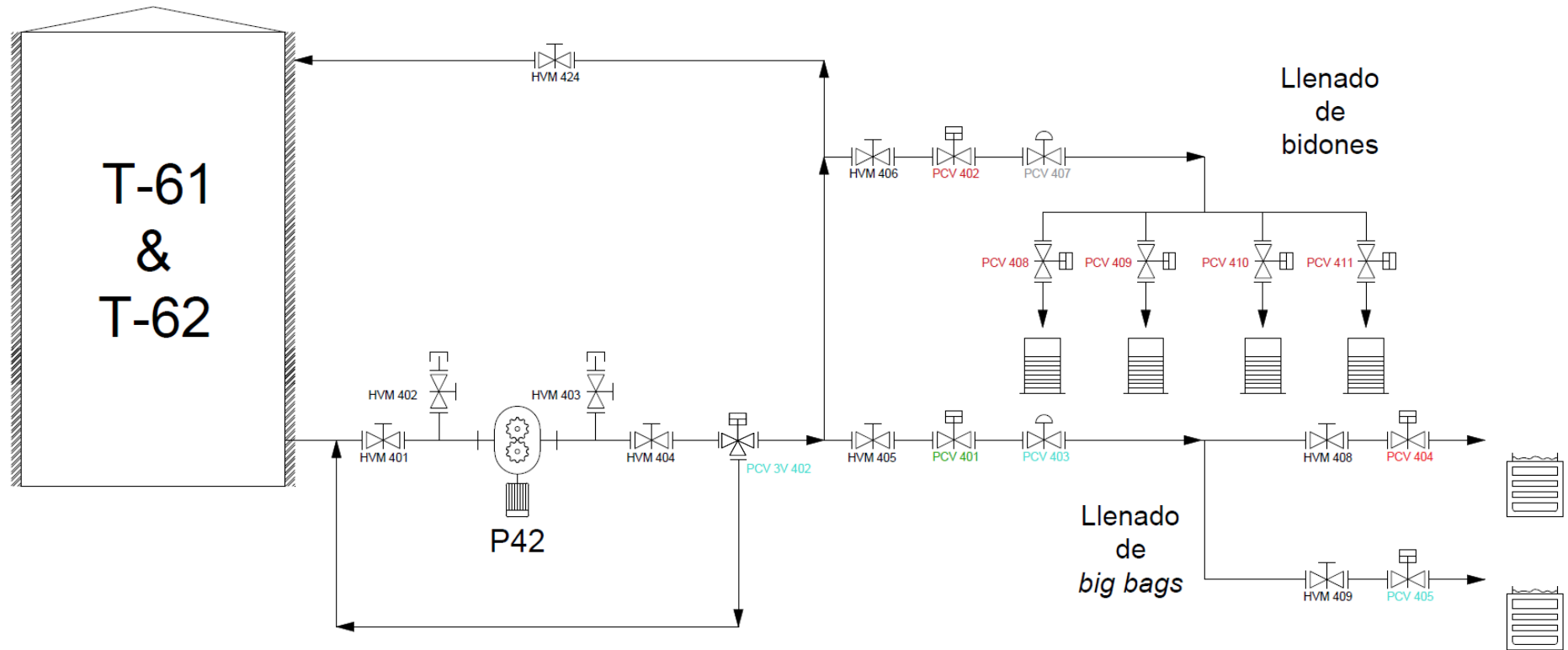


Figura 9.5. Diagrama de apertura/cierre para la operación de llenado de un *big bag*.

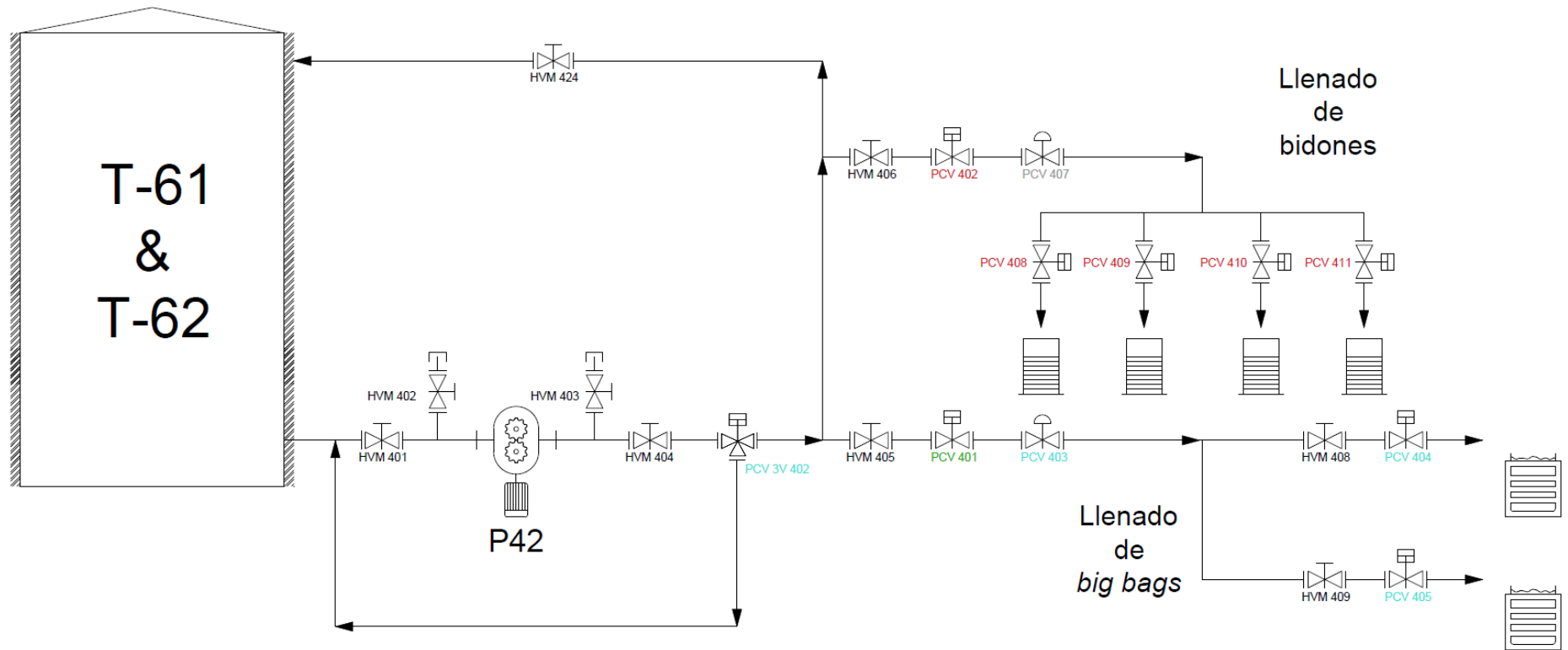


Figura 9.6. Diagrama de apertura/cierre para la operación de llenado de dos *big bags*.

Tabla 9.2. Criterios de apertura (verde), cierre (rojo), operativa según necesidad o control (azul) e indiferente (gris) de las válvulas automáticas y controladoras para diferentes situaciones de activación de alarmas.

	Muy alto nivel tanques T61 y/o T62	Alto nivel tanques T61 y/o T62	Nivel tanques T61 y/o T62 dentro de <i>set point</i>	Bajo nivel tanques T61 y/o T62	Muy bajo nivel tanques T61 y/o T62	Muy alta temperatura (tanques T61, T62 y/o TT406)	Alta temperatura (tanques T61, T62 y/o TT406)	Temperatura dentro del <i>set point</i> (tanques T61, T62 y/o TT406)	Baja temperatura (tanques T61, T62 y/o TT406)	Muy baja temperatura (tanques T61, T62 y/o TT406)
<i>Set point</i> (nivel %, °C)	95	90	85-30	20	10	150	105	100-95	80	75
PCV 401 (llene de <i>big bags</i>)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	C	A/C	C	C
PCV 402 (llene de bidones)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	A/C	A/C	C	C
PCV 403 (controladora de llene de <i>big bags</i>)	A/C	A/C	A/C	A/C	N/A	N/A	N/A	A/C	N/A	N/A
PCV 404 (surtidor de betún <i>big bag</i> 2)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	C	A/C	C	C
PCV 405 (surtidor de betún <i>big bag</i> 1)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	C	A/C	C	C
PCV 407 (controladora de llene de bidones)	A/C	A/C	A/C	A/C	N/A	N/A	A/C	A/C	N/A	N/A
PCV 408 (surtidor de betún bidón 1)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	A/C	A/C	C	C
PCV 409 (surtidor de betún bidón 2)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	A/C	A/C	C	C
PCV 410 (surtidor de betún bidón 3)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	A/C	A/C	C	C
PCV 411 (surtidor de betún bidón 4)	A/C	A/C	A/C	A/C	C	C	A/C	A/C	C	C

10. ESTUDIO ECONÓMICO

A continuación se hace el estudio de la inversión inicial requerida para la implementación del rediseño del envasado de bidones y la relocalización del llenado de big bags. Se ha evaluado económicamente las dos alternativas estudiadas en el apartado 5.3.1.1.6. *Decisión final* (2 caudalímetros o 4 válvulas automáticas y báscula) para el llenado de bidones y la propuesta de la instalación de un intercambiador de calor para el llenado de *big bags*. En las tablas 10.1 y 10.2. se muestran las inversiones iniciales requeridas para cada caso.

Tabla 10.1. Inversión requerida para llenado de bidones.

	Precio unitario	2 caudalímetros		Báscula con 4 válvulas automáticas	
		Cantidad	Precio	Cantidad	Precio
Válvula de aislamiento rotativa	500 €	7	3.500 €	5	2.500 €
Válvula de compuerta	1.500 €	1	1.500 €	1	1.500 €
Válvula de globo	3.000 €	1	3.000 €	1	3.000 €
Check valve	160 €	-	-	-	-
Caudalímetros	6.776 €	2	13.552 €	-	-
Cinta con rodillos	11.802 €	1	11.802 €	1	11.802 €
Plataforma giratoria y elevadora	15.000 €	1	15.000 €	1	15.000 €
Báscula	3.897 €	1	3.897 €	1	3.897 €
Total			52.251 €		37.699 €

Tabla 10.2. Inversión requerida para llenado de *big bags*.

	Precio unitario	Sin intercambiador		Con intercambiador	
		Cantidad	Precio	Cantidad	Precio
Válvula de aislamiento rotativa	500 €	3	1.500 €	17	8.500 €
Válvula de compuerta	1.500 €	4	6.000 €	4	6.000 €
Válvula de globo	3.000 €	1	3.000 €	3	9.000 €
Check valve	160 €	-	-	3	480 €
Transmisor de temperatura	1.500 €	1	1.500 €	1	1.500 €
Intercambiador (E-401)	43.238 €	-	-	1	43.238 €
Intercambiador (E-402)	1.926 €	-	-	1	1.926 €
Bomba (P-43)	7.381 €	-	-	1	7.381 €
Total			12.000 €		78.025 €

La alternativa de llenado de bidones que tiene una inversión inicial menor es la implementación de 4 válvulas automáticas con una báscula. En el caso de llenado de *big bags*, la inversión de la alternativa con intercambiador es mucho más elevada, por lo tanto, se opta por no implementar este equipo. Se puede asumir que la inversión en material tangible para hacer el proyecto es de 49.700 €.

Una vez se ha calculado la inversión inicial para el inmovilizado tangible, se estima que el coste de trasladar todos los equipos hacia la nueva zona de envasados y su implementación asciende a 15.000 € aproximadamente. También se debe tener en cuenta los costes de desmantelación de las dos zonas de llenado, que ascienden, aproximadamente a 10.000 €. Sumando estos costes se puede asumir que la inversión inicial total del proyecto es de 74.700 €.

En el estudio económico no se ha calculado el posible retorno de la inversión y sus indicadores (VAN, TIR, *payback period*...) debido a que la operación de envasado se realiza bajo demanda y no opera en continuo. Por lo tanto, cuantificar el posible aumento de los ingresos de la planta queda fuera del alcance del proyecto. Además, el proyecto de rediseño de la estación de llenado de bidones tiene como objetivo aumentar la seguridad y automatización del proceso de envasado, lo que dificulta cuantificar un retorno económico para esta inversión.

11. CONCLUSIONES

Se ha realizado una propuesta de relocalización y rediseño del equipo de envasado de betún en bidones en una zona más amplia que permite operar a los trabajadores de una forma más segura. Dicha propuesta, incorpora un sistema de llene semi-automático que refuerza la seguridad del proceso y reduce la variabilidad del proceso.

También se ha propuesto una nueva localización del equipo de envasado de betún en *big bags* que no requiere de los tanques T-54 y T-55 y que, por tanto, permite utilizarlos para otros procesos. Además, esta relocalización evita el bombeo innecesario de betún desde los tanques T-61 y T-62 a los tanques T-54 y T-55, que elevaba la temperatura por fricción al ser transportado y que, por tanto, contribuía negativamente a su refrigeración.

Junto a la propuesta de relocalización de la estación de llenado de betún en *big bags*, se ha estudiado la posibilidad de incorporar un sistema de refrigeración de betún para evitar los largos tiempos de espera necesarios para su enfriamiento por convección natural. La propuesta ha sido desestimada dado que la elevada inversión inicial era injustificable.

Las propuestas de relocalización van acompañadas del diseño del nuevo sistema de bombeo de betún de los tanques T-61 y T-62 a las estaciones de envasado.

El análisis HazOp/SIL realizado ha servido para dar con posibles escenarios de accidente y para aplicar las salvaguardas necesarias para evitarlos.

A nivel personal, este proyecto ha brindado la oportunidad al equipo de trabajar en un proyecto de ingeniería real, cuya realización está planeada para un futuro próximo. Así mismo, ha permitido aplicar los conocimientos adquiridos durante la etapa académica y ampliarlos, centrándose en una aplicación práctica y no puramente académica.

12. BIBLIOGRAFÍA

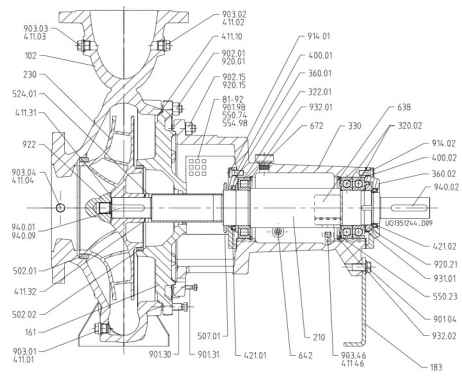
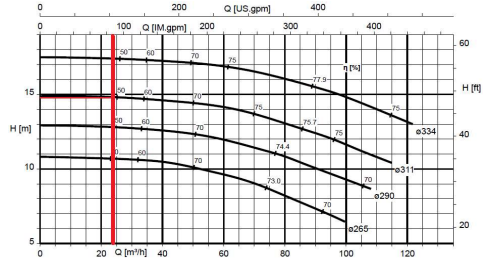
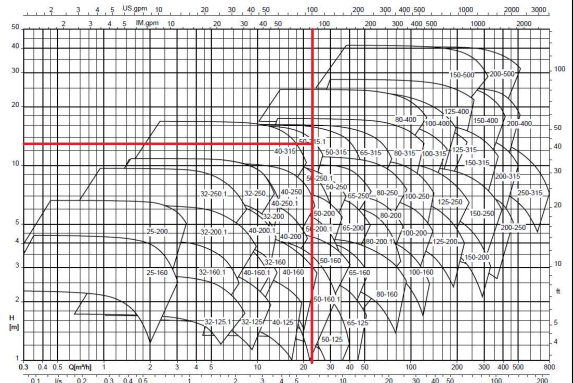
1. Sörensen, A., & Wichert, B. (2009). Asphalt and Bitumem. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 4, 273-294. doi:10.1002/14356007.a03_169.pub2
2. Betún asphalt 50/70. (s. f.). Recuperado 24 de mayo de 2021, de <https://www.cepsa.es/es/utilidades/catalogo/betun-cepsasfalt-50-70>
3. *Preu mitjà de serveis (a Abril 2016)*. (2021). Recuperado 14 abril de 2021, de https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/3633114/mod_resource/content/1/preus%20energies%202016_04.pdf
4. Google. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado 26 febrero de 2021. Obtenido de <https://www.google.com/maps/>
5. Generalitat de Catalunya. (2009). *Departament d'Empresa i Coneixement*. Recuperado 10 marzo de 2021. Obtenido de <http://empresa.gencat.cat/ca/inici>
6. Kanbanize. (s.f.). *What Is Lean Management? Definition & Benefits*. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <https://kanbanize.com/lean-management/what-is-lean-management>
7. Bizbodz.com. (s.f.). *Step by Step guide to Value Stream Mapping*. Recuperado el 17 febrero de 2021. Obtenido de <http://www.bizbodz.com/Business-Improvement/Lean/Value-Stream-Mapping-How-to-Guide-Part-1.asp>
8. Ennajar, A., Balaguer Rizo, P., & Cabello Oliva, J. (2020). *Aplicación del lean management a la planta CEPSA*. Universitat Rovira i Virgili, Departament d'Enginyeria Química, Tarragona.
9. KSB. (s.f.). *Catálogo de productos*. Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de <https://www.ksb.com/es-es/lc/productos/bomba/bomba-instalada-en-seco/megacpk/M48A>

ANEXOS

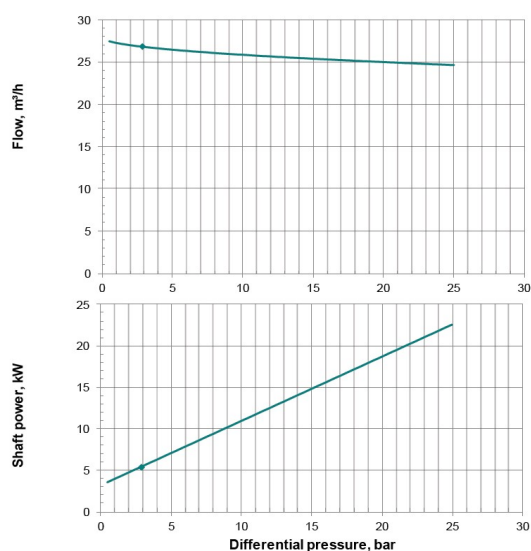
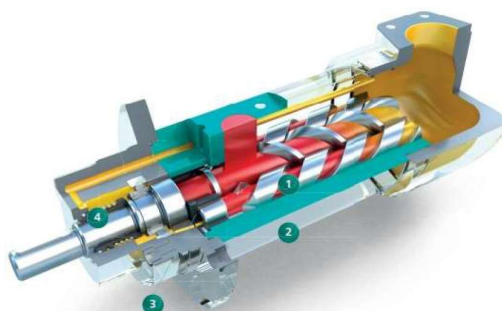
A.1. HOJAS DE ESPECIFICACIÓN

116-125

PROYECTO	TFGEQ_2109	HOJA DE ESPECIFICACIÓN	Nº	-
EMPRESA	CEPSA		HOJA Nº	-
FABRICA	CEPSA		FECHA	10/06/2021
PLANTA	Polígono Sur Tarragona		PREPARADO	18/05/2021
		Bomba centrífuga	REVISADO	18/05/2021
			APROBADO	-
ÍTEM	P43	MegaCPK 080-50-315 n=960 rpm		
SERVICIO	Bombeo			
TIPO	Centrífuga			
Nº UNIDADES	1			
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
CAPACIDAD	NORMAL	23,2 m ³ /h		
	DISEÑO	1.160 m ³ /h		
ALTURA DIFERENCIAL		1,20 bar		
PRESIÓN	IMPULSIÓN	1,41 (kg/cm ²)g		
	ASPIRACIÓN	0,21 (kg/cm ²)g		
FLUIDO	PRODUCTO	CEPSA Diatermo 22		
	SÓLIDO	- %peso		
	PRES. VAPOR	<0,002 psia		
	TEMPERATURA	80 °C		
	DENSIDAD	830 kg/m ³		
	VISCOSIDAD	6,52 cSt		
NPSH	DISPONIBLE	16 m.c.l.		
	REQUERIDO	1 m.c.l.		
RENDIMIENTO		50 %		
POTENCIA EN EL EJE		- kW		
POTENCIA EN EL MOTOR		1,50 kW		
OPERACIÓN				
CONEXIONES				
RATING DE LAS BRIDAS	IMPULSIÓN	150 #		
	ASPIRACIÓN	150 #		
TAMAÑO DE LAS BRIDAS	IMPULSIÓN	2,00 inch		
	ASPIRACIÓN	3,00 inch		
MATERIALES / CONSTRUCCIÓN				
CUERPO		Grey cast iron JL1040		
RODETE	TIPO	-		
	MATERIAL	EN-GJL-250		
	TAMAÑO	311 mm ø		
EJE		-		
FUNDA EJE		-		
CAMISA ESTÁTOR		-		
COJINETES ROTOR		-		
COJINETES EJE		-		
JUNTA		-		
CIERRE		-		
ACOPLE		-		
CIERRE	TIPO	Estopada		
	INYECCIÓN DE LÍQUIDO	-		
	REFRIGERACIÓN	-		
ACCIONAMIENTO	TIPO	Motor eléctrico		
	PROTECCIÓN	Fusible y medición corriente		
	MARCA MODELO	-		
AISLAMIENTO				
CÓDIGO				
ISO 2858 / ISO 5199; Directiva 94/9/EC (ATEX)				
COMENTARIOS				



PROYECTO	TFGEQ_2109	HOJA DE ESPECIFICACIÓN		N°	-
EMPRESA	CEPSA			HOJA N°	-
FABRICA	CEPSA			FECHA	10/06/2021
PLANTA	Poligono Sur Tarragona	Bomba de tornillo		PREPARADO	28/05/2021
				REVISADO	28/05/2021
				APROBADO	-
ÍTEM		P43	NETZSCH NOTOS 3NS 189/25		
SERVICIO		Bombeo			
TIPO		Tornillo			
N° UNIDADES		1			
CONDICIONES DE OPERACIÓN					
CAPACIDAD	NORMAL	26,8 m ³ /h			
	DISEÑO	400 m ³ /h			
ALTURA DIFERENCIAL		15,0 bar			
PRESIÓN	IMPULSIÓN	15,2 (kg/cm ²)g			
	ASPIRACIÓN	0,21 (kg/cm ²)g			
FLUIDO	PRODUCTO	CEPSA DIATERMO 22			
	SÓLIDO	- %peso			
	PRES. VAPOR	<0,002 psia			
	TEMPERATURA	80 °C			
	DENSIDAD	830 kg/m ³			
	VISCOSIDAD	6,52 cSt			
NPSH	DISPONIBLE	16 m.c.l.			
	REQUERIDO	2,6 m.c.l.			
RENDIMIENTO		- %			
POTENCIA EN EL EJE		5,39 kW			
POTENCIA EN EL MOTOR		5,50 kW			
OPERACIÓN					
CONEXIONES					
RATING DE LAS BRIDAS	IMPULSIÓN	150 #			
	ASPIRACIÓN	150 #			
TAMAÑO DE LAS BRIDAS	NORMAL	5 inch			
	ASPIRACIÓN	3 inch			
MATERIALES / CONSTRUCCIÓN					
CARCASA		UNS FE55006			
CABEZAL		UNS FE55006			
PIE SOPORTE		UNS FE55006			
EJE		Nitrated alloy steel 20MnCr5			
ROTOR		Nitrated alloy steel 20MnCr5			
O-RINGS		Aramid fiber			
COJINETES		Cast iron			
SELLADO DEL EJE		Type 03a - C x SIC x FKM			
CÁMARA DE CALEFACCIÓN		Eje y cabezal			
VÁLVULA DE SEGURIDAD		Sí (con cámara de calefacción)			
REDUCTOR		-			
CIERRE	TIPO	Single mechanical seal component (4348778)			
	INYECCIÓN DE LÍQUIDO	-			
	REFRIGERACIÓN	-			
	MARCA MODELO	-			
ACCIONAMIENTO	TIPO	Motor eléctrico			
	PROTECCIÓN	Fusible y medición corriente			
	MARCA MODELO	-			
AISLAMIENTO		Lana de vidrio			
CÓDIGO					
Norma de calidad ISO 9001					
COMENTARIOS					
External grease lubricated					
Direction of rotation (screws): clovkwise (as viewed from drive end)					
Painting plan N°2 (T > 120 °C)					



SERIES 90/91 ANSI RANGE

Series 90 Gate Valves are linear motion valves devised for stopping the flow of the service fluid when necessary, not being suitable for regulating purpose. They are bolted bonnet, outside screw and yoke, rising stem, bidirectional, with metal sealing and full bore. The atmospheric sealing is achieved by flexible graphite rings. The two slightly sloped seats favor a tight shut off, being largely used in the power, chemical and oil industry sectors. The range is also comprehensive of a wide offer of different versions and options. The standard operation is achieved by handwheel or gear, depending on valve size and working pressure. Valves can also be arranged for automation with different kinds of actuators.

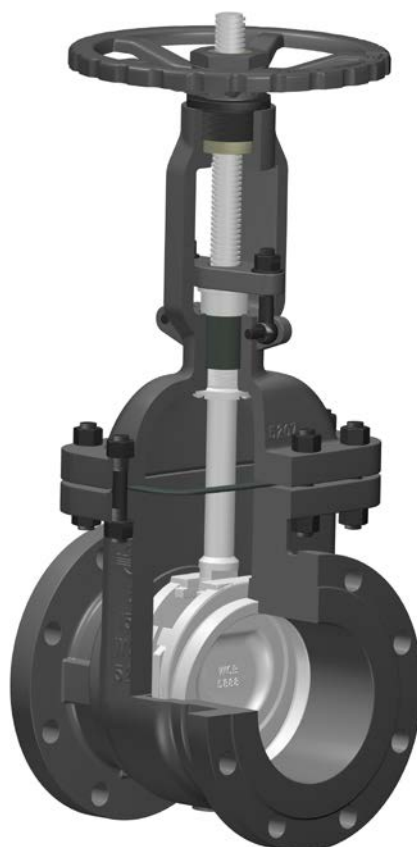
Precise machining of components for optimal performance

Outside screw and yoke, rising stem

Back Seat feature

Seat surface can be hardened to increase wear resistance

Flexible Wedge, favours the closure even at low pressures



Ergonomic non-rising handwheel

Marking for identification and full traceability purpose

Great versatility in end connections, materials and configurations

Sloped valve seats, vertical shut off, flow assists closure

Full bore, minimum pressure drop

Main Features / Reference Standards

Design: API 600 or API 6D
 Pressure Rating: 150/300/600/900/1500/2500#
 Face to face length: ASME B16.10
 Valve end connections: Flanged RF or RTJ to ASME B16.5 (size ≤ 24") / ASME B16.47 (size > 24")
 Welded BW to ASME B16.25

Marking: MSS SP-25
 Inspections & Tests: API 598
 Bidirectional design
 Primer painted grey color similar to RAL 7037 for protection during storage and transport (carbon steel body/bonnet)
 Product compliant with Directive 2014/68/EU on Pressure Equipment (PED) and Machinery Directive 2006/42/EC for European Union territory

Main Duties / Limits of use

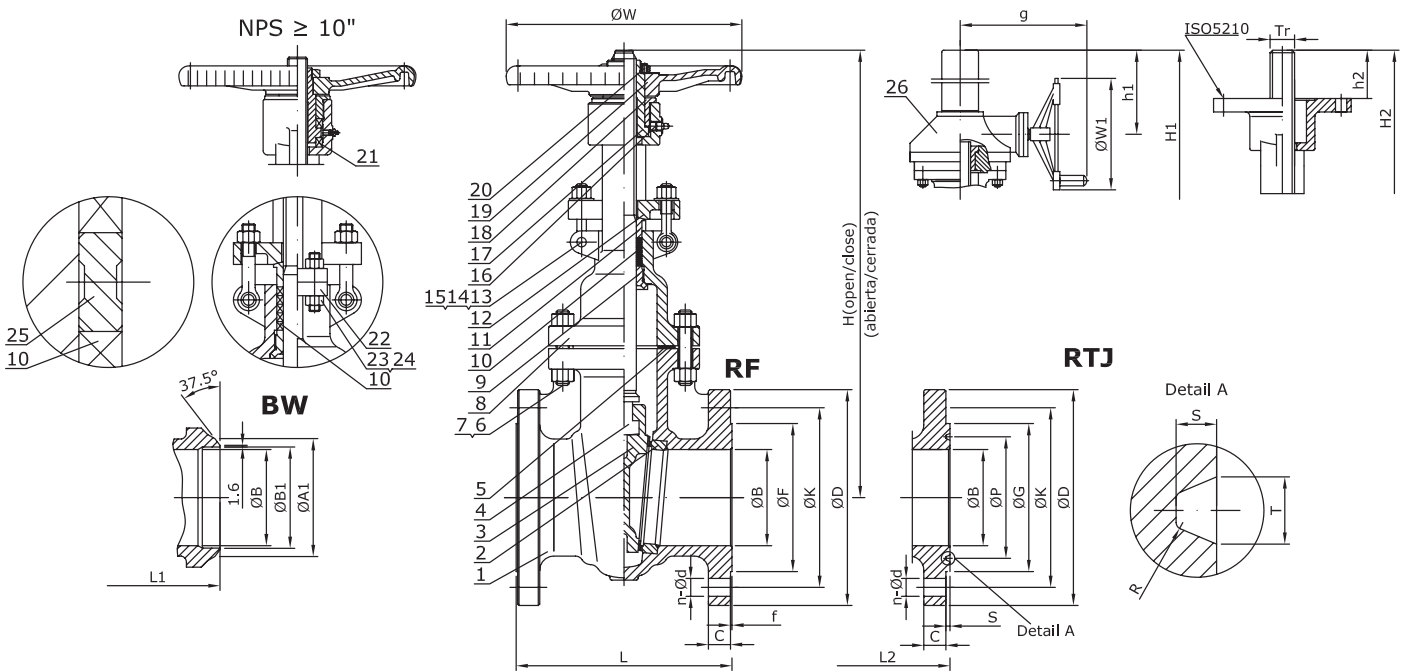
Fluids compatible with materials of construction. Questions referring to chemical resistance, please consult us
 Pressure / Temperature Rating to ASME B16.34. See section "Engineering & Performance Data"
 For products compliant with Directive 2014/68/EU, observe also limits acc. to Annex II tables 6 & 8 (gases & liquids group 1*) and tables 7 & 9 (gases & liquids group 2*) up to category III
 *Classification of fluids (group 1 or 2) acc. to Directive 2014/68/EU, Article 13

Options

Different body materials and trim combinations, different valve connections, compliance with NACE MR0175, extended bonnet, bellow seal, pressure seal, welded bonnet, lantern ring with double packing, live loaded packing, chained hand wheel, manual gear, pneumatic, electric or hydraulic actuation, limit switches, execution for aggressive atmosphere, etc. Please consult us
 Design acc. to API 603 for steel gate valves on request.

Main Parts and Materials

SERIES 90 ANSI RANGE
Class 150



N°	Part name	A216 WCB (90A0_)	A352 LCB		A217 WC1 (90B1_)	A217 WC6 (90B8_)	A217 WC9 (90B9_)	A217 C5 (90C2_)	A217 C12 (90C4_)
			Trim 2 (90A82_)	Trim 12 (90A8G_)					
1	Body	A216 WCB	A352 LCB		A217 WC1	A217 WC6	A217 WC9	A217 C5	A217 C12
2	Seat Ring	A105	A182 F304	A182 F316+HF	A182 F1+HF	A182 F11+HF	A182 F22+HF	A182 F5+HF	A182 F9+HF
3	Wedge	A216 WCB	A351 CF8	A351 CF8M	A217 WC1+HF	A217 WC6+HF	A217 WC9+HF	A217 C5+HF	A217 C12+HF
4	Stem	A182 F6a	A182 F304	A182 F316	A182 F6a	A182 F6a	A182 F6a	A182 F6a	A182 F6a
5	Gasket	SS304 +Graphite	SS304 +Graphite		SS304 +Graphite		SS304+Graphite		
6	Bonnet Bolt (1)	A193 B7	A320 L7		A193 B16		A193 B16		
7	Bonnet Nut (1)	A194 2H	A194 4		A194 4		A194 4		
8	Bonnet	A216 WCB	A352 LCB		A217 WC1	A217 WC6	A217 WC9	A217 C5	A217 C12
9	Backseat Bushing	A182 F6a	A182 F304	A182 F316	A182 F6a		A182 F6a		
10	Packing	Graphite	Graphite		Graphite		Graphite		
11	Packing Gland	A182 F6a	A182 F304		A182 F6a		A182 F6a		
12	Gland Flange	A216 WCB	A352 LCB		A217 WC1	A217 WC6	A217 WC9	A217 C5	A217 C12
13	Eyebolt Pin	AISI 1025	AISI 1025		A276 410		A276 410		
14	Gland Eyebolt (1)	A193 B7	A320 L7		A193 B16		A193 B16		
15	Gland Nut (1)	A194 2H	A194 4		A194 4		A194 4		
16	Grease Nipple	Carbon Steel	Carbon Steel		Alloy Steel		Alloy Steel		
17	Stem Nut	A439 D2	A439 D2		A439 D2		A439 D2		
18	Retaining Nut	Carbon Steel	Carbon Steel		Carbon Steel		Carbon Steel		
19	Handwheel	Steel	Steel		Steel		Steel		
20	Handwheel Nut	Carbon Steel	Carbon Steel		Carbon Steel		Carbon Steel		
21	Bearings (2)	Alloy Steel	Alloy Steel		Alloy Steel		Alloy Steel		
22	Yoke (2)	A216 WCB	A352 LCB		A217 WC1	A217 WC6	A217 WC9	A217 C5	A217 C12
23	Yoke Bolt (1) (2)	A193 B7	A320 L7		A193 B16		A193 B16		
24	Yoke Nut (1) (2)	A194 2H	A194 4		A194 4		A194 4		
25	Lantern Ring (3)	A276 410	A276 304		A276 410		A276 410		
26	Gear	Assembly	Assembly		Assembly		Assembly		

(1) Bolting material for NACE MR0175 compliance available (i.e. B7M / 2HM for WCB bodies)

(2) 10" and above

(3) On request

Fig. 90A0_	Seat Surface	Wedge Surface	Stem
TRIM #1 (90A01)	A105+13Cr	A216 WCB+13Cr	A182 F6a
TRIM #5 (90A05)	A105+HF	A216 WCB+HF	A182 F6a
TRIM #8 (90A08)	A105+HF	A216 WCB+13Cr	A182 F6a

HF = Hard faced

Information / restriction of technical rules need to be observed!
Installation, Operating and Maintenance Manual can be downloaded at www.comeval.es

The engineer, designing a system or a plant, is responsible for the selection of the correct valve
Product suitability must be verified, contact manufacturer for information



Project data	
Project-No.	project
Description	Rediseño de una planta de envasado de productos asfálticos
Customer	CEPSA Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona
Contact	
Prepared by	Alejo Fernández Barral
Order	
TAG-No.	PCV-403
Note	

Media and process data	Operating-pt1	Operating-pt2	Operating-pt3	Unit
Media selection	Liquid			
Medium	Bitumen			

Temperature	100.0			°C
Density [ρ]	1100.0*			kg/m ³
Vapour pressure [pv]	40.0*			Pa(g)
Critical pressure [pc]	220.1868*			bar(g)
Viscosity (dyn.) [η]	253.0*			mPas

* No data base value! Approximate value!

Inlet pressure [p1]	1.5			bar(g)
Outlet pressure [p2]	1.2			bar(g)
Operation volume flow [Q]	22.0			m ³ /h

Result data	Operating-pt1	Operating-pt2	Operating-pt3	Unit
Kv-value	71.19			m ³ /h
Cv-value	83.06			gal US/min
Stroke position[%]	70.75			
DN necessary	31.2			mm
Outlet velocity	1.22			m/s
Flow condition				
Sound pressure level in 1m	44.21			dB(A)
Insulation[without]	44.21			dB(A)

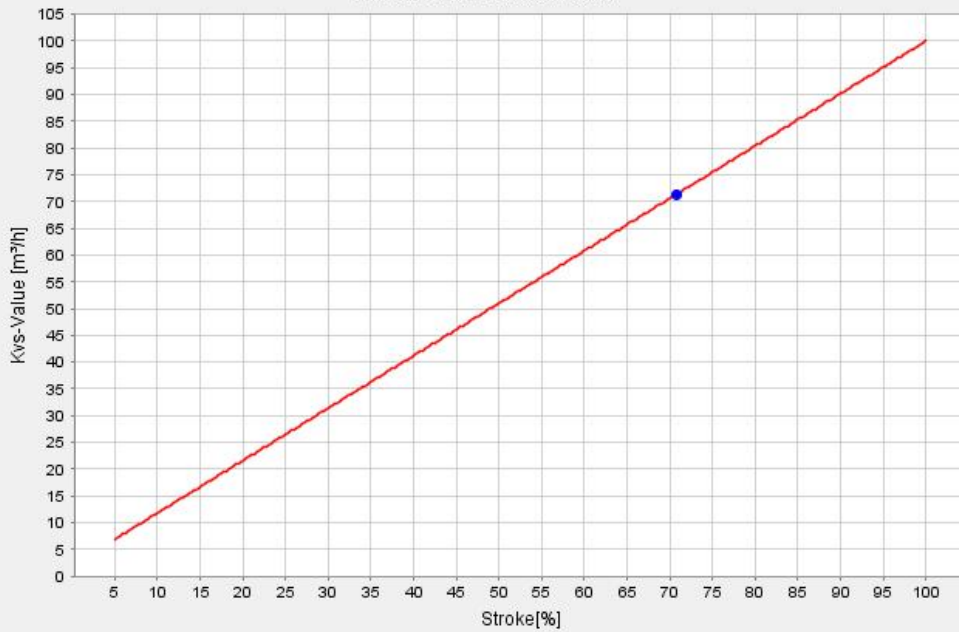
Sound pressure calculation acc. to VDMA 24422 1979.

Pressure recovery factor[FL]	0.900869			
Valve form factor[FD]	0.362405			
Valve factor[Zy]	0.267611			
Correction factor for Kvs	1.15			

Selected valve			
Type:	ARI-STEVI 12440	Nominal diameter:	DN 80
Construction type:	Straight through	Plug:	Parabolic plug
Connection	flange	Kvs:	100.0
Function :	Control	Flow characteristic:	linear
Material:	EN-JL1040	Flow:	Flow in open direction
Pressure:	PN 16		
Design:	Standard		
Stem sealing:	PTFE-packing		

Pipe data	Nominal	Nominal	Di[mm]	s[mm]	Speed	Unit
Pipe D1	80	PN 16	82.5	3.2	1.14	m/s
Pipe D2	80	PN 16	82.5	3.2	1.14	m/s

Flow characteristic



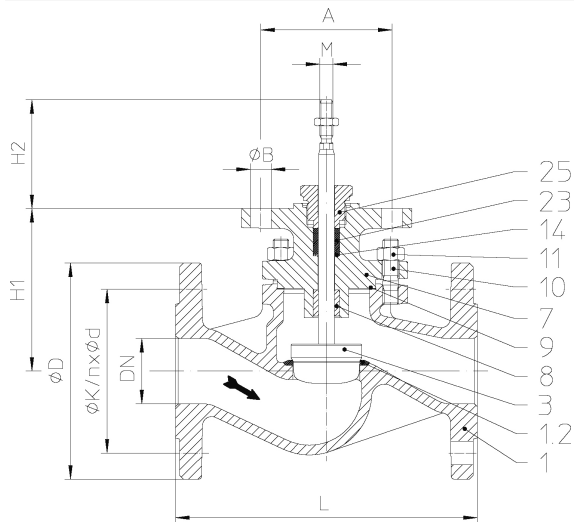
— Kvs: 100.0 Characteristic:linear

● Operating point 1 :Kv-value:71.19 / Stroke[%]:70.8 Note: Kv-value at Line-Size!

Product data	
Productkey	17132100142
Article code	124400080G1
Type	ARI-STEVI 12440
Designation	Control valve - straight through with flanges
Material	EN-JL1040
Pressure	PN 16
Form	Straight through
Connection	flange
Nominal diameter	DN 80
Function	Control
Flow characteristic	linear
Kvs	100.0
Stem sealing	PTFE-packing
Plug	Parabolic plug
Seat	seat rolled
Design	Standard
Seat diameter [mm]	81
Stem Thread	M14x1,5

At selection of the valve, observe following factors:

Material resistance, limits for nominal diameter and temperature



Project-No.	project
Description	Rediseño de una planta de envasado de productos asfálticos
Customer	CEPSA Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona
Contact	
Prepared by	Alejo Fernández Barral
Order	
TAG-No.	PCV-403
Note	

Product data	
Productkey	17132100142
Article code	124400080G1
Type	ARI-STEVI 12440
Designation	Control valve - straight through with flanges
Material	EN-JL1040
Pressure	PN 16
Form	Straight through
Connection	flange
Nominal diameter	DN 80
Function	Control
Flow characteristic	linear
Kvs	100.0
Stem sealing	PTFE-packing
Plug	Parabolic plug
Seat	seat rolled
Design	Standard
Seat diameter [mm]	81
Stem Thread	M14x1,5

Dimension in mm

DN	H1	H2	M	Fzul	A	øB	L	øD	øK	nxød
DN 80	152	83	M14x1,5	29,5	100	2 x Ø16	310	200	160	8 x 18
POS	Designation		Material							Sp.p.
1	Body		EN-GJL-250, EN-JL1040							
1.2	Seat ring		X20Cr13+QT, 1.4021+QT							
3	Plug		X20Cr13+QT, 1.4021+QT							*
7	Mounting bonnet		EN-GJL-250, EN-JL1040							
8	Guide bushing		X20Cr13+QT, 1.4021+QT (hardened)							
9	Gasket		GRAPHIT (CrNi laminated with graphite)							*
10	Studs		25CrMo4, 1.7218							
11	Hexagon nuts		C35E, 1.1181							
14	Washer		X5CrNi18-10, 1.4301							*
23	Packing ring		GRAPHIT							*
25	Screw joint		X8CrNiS18-9, 1.4305							*



Project data	
Project-No.	project
Description	Rediseño de una planta de envasado de productos asfálticos
Customer	CEPSA Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona
Contact	
Prepared by	Alejo Fernández Barral
Order	
TAG-No.	PCV-407
Note	

Media and process data	Operating-pt1	Operating-pt2	Operating-pt3	Unit
Media selection	Liquid			
Medium	Bitumen			

Temperature	100.0			°C
Density [ρ]	1100.0*			kg/m³
Vapour pressure [pv]	40.0*			Pa(g)
Critical pressure [pc]	220.1868*			bar(g)
Viscosity (dyn.) [η]	253.0*			mPas

* No data base value! Approximate value!

Inlet pressure [p1]	1.5			bar(g)
Outlet pressure [p2]	1.3			bar(g)
Operation volume flow [Q]	16.0			m³/h

Result data	Operating-pt1	Operating-pt2	Operating-pt3	Unit
Kv-value	63.41			m³/h
Cv-value	73.98			gal US/min
Stroke position[%]	62.75			
DN necessary	26.61			mm
Outlet velocity	0.885			m/s
Flow condition				
Sound pressure level in 1m	39.83			dB(A)
Insulation[without]	39.83			dB(A)

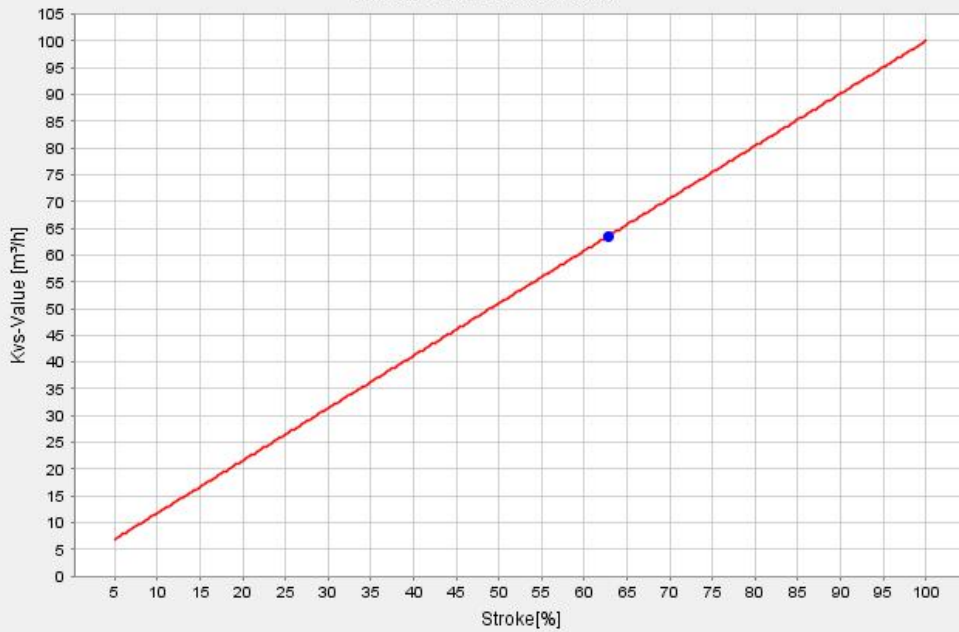
Sound pressure calculation acc. to VDMA 24422 1979.

Pressure recovery factor[FL]	0.904017			
Valve form factor[FD]	0.3332			
Valve factor[Zy]	0.293171			
Correction factor for Kvs	1.15			

Selected valve			
Type:	ARI-STEVI 12440	Nominal diameter:	DN 80
Construction type:	Straight through	Plug:	Parabolic plug
Connection	flange	Kvs:	100.0
Function :	Control	Flow characteristic:	linear
Material:	EN-JL1040	Flow:	Flow in open direction
Pressure:	PN 16		
Design:	Standard		
Stem sealing:	PTFE-packing		

Pipe data	Nominal	Nominal	Di[mm]	s[mm]	Speed	Unit
Pipe D1	80	PN 16	82.5	3.2	0.83	m/s
Pipe D2	80	PN 16	82.5	3.2	0.83	m/s

Flow characteristic



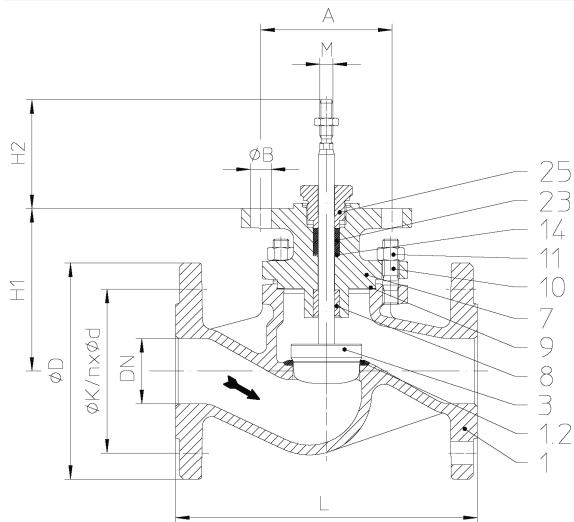
— Kvs: 100.0 Characteristic:linear

● Operating point 1 :Kv-value:63.41 / Stroke[%]:62.8 Note: Kv-value at Line-Size!

Product data	
Productkey	17132100142
Article code	124400080G1
Type	ARI-STEVI 12440
Designation	Control valve - straight through with flanges
Material	EN-JL1040
Pressure	PN 16
Form	Straight through
Connection	flange
Nominal diameter	DN 80
Function	Control
Flow characteristic	linear
Kvs	100.0
Stem sealing	PTFE-packing
Plug	Parabolic plug
Seat	seat rolled
Design	Standard
Seat diameter [mm]	81
Stem Thread	M14x1,5

At selection of the valve, observe following factors:

Material resistance, limits for nominal diameter and temperature



Project-No.	project
Description	Rediseño de una planta de envasado de productos asfálticos
Customer	CEPSA Comercial Petróleo Asfaltos Tarragona
Contact	
Prepared by	Alejo Fernández Barral
Order	
TAG-No.	PCV-407
Note	

Product data	
Productkey	17132100142
Article code	124400080G1
Type	ARI-STEVI 12440
Designation	Control valve - straight through with flanges
Material	EN-JL1040
Pressure	PN 16
Form	Straight through
Connection	flange
Nominal diameter	DN 80
Function	Control
Flow characteristic	linear
Kvs	100.0
Stem sealing	PTFE-packing
Plug	Parabolic plug
Seat	seat rolled
Design	Standard
Seat diameter [mm]	81
Stem Thread	M14x1,5

Dimension in mm

DN	H1	H2	M	Fzul	A	øB	L	øD	øK	nxød
DN 80	152	83	M14x1,5	29,5	100	2 x Ø16	310	200	160	8 x 18
POS	Designation		Material							Sp.p.
1	Body		EN-GJL-250, EN-JL1040							
1.2	Seat ring		X20Cr13+QT, 1.4021+QT							
3	Plug		X20Cr13+QT, 1.4021+QT							*
7	Mounting bonnet		EN-GJL-250, EN-JL1040							
8	Guide bushing		X20Cr13+QT, 1.4021+QT (hardened)							
9	Gasket		GRAPHIT (CrNi laminated with graphite)							*
10	Studs		25CrMo4, 1.7218							
11	Hexagon nuts		C35E, 1.1181							
14	Washer		X5CrNi18-10, 1.4301							*
23	Packing ring		GRAPHIT							*
25	Screw joint		X8CrNiS18-9, 1.4305							*