

Laia Delgado Porta

**Optimización y gestión de KPI de operaciones de
AFEPASA**

**Trabajo Final de Máster
Dirigido por la Dra. Silvia De la Flor López**

Máster en Ingeniería Industrial



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar las gracias a las dos personas que me han guiado y ayudado durante el desarrollo de la totalidad del proyecto; a la Dra. Silvia De la Flor por aceptar la propuesta inicial del trabajo, por su disposición y atención en el seguimiento del proyecto y a Alberto Marquesán por darme la oportunidad de realizar el trabajo de final de máster en la empresa, por prestarme su ayuda siempre que lo he necesitado y por enseñarme día a día a mejorar profesionalmente.

También me gustaría mostrar mi agradecimiento a Xavier Serra por ofrecerme su ayuda con la herramienta *Power BI* y a todos los compañeros y compañeras de AFEPASA que en algún momento me han ayudado y me han dado ánimos en la realización del proyecto.

Finalmente, dar las gracias a mi familia y amigos por mostrarme su más sincero apoyo durante este período. En especial, a Ariadna, por su apoyo incondicional día a día.

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	1
1.1.	Descripción del proyecto	1
1.2.	Objetivo y alcance del proyecto.....	1
1.3.	Descripción del azufre y sus usos	2
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	5
2.1	Descripción proceso productivo azufre micronizado	5
2.2	Descripción proceso productivo azufre sublimado.....	7
3.	ORGANIGRAMA.....	10
4.	ANÁLISIS DE LOS KPI ACTUALES.....	12
4.1.	Descripción de los KPI actuales en el departamento de compras.....	13
4.1.1.	Determinación del presupuesto de compras de materia prima	13
4.1.2.	Determinación del presupuesto de compras de materias auxiliares	21
4.2.	Descripción de los KPI actuales del departamento de logística	22
4.2.1.	Determinación de los KPI actuales en logística marítima.....	22
4.2.2	Determinación de los KPI actuales en logística terrestre	26
4.3	Descripción de los KPI actuales del departamento de producción	28
5.	DEFINICIÓN Y MEJORA DE NUEVOS KPI	32
5.1.	Definición y mejora de nuevos KPI en el departamento de compras.....	32
5.2.	Definición y mejora de nuevos KPI en el departamento de logística.....	47
5.3.	Definición y mejora de nuevos KPI en el departamento de producción	59
6.	CONCLUSIONES.....	71
7.	ANEXO	72
A.1.	<i>Layout</i> de la empresa AFEPASA	72
A.2.	Composición de los artículos base para la determinación de las necesidades anuales de compra de materia prima	73

A.3. Diagramas de proceso.....	76
A.3.1. Diagrama de proceso del azufre micronizado en sacos	77
A.3.2. Diagrama de proceso del azufre micronizado en <i>big bags</i>	78
A.3.3. Diagrama de proceso del azufre sublimado industria en sacos	79
A.3.4. Diagrama de proceso del azufre sublimado industria en <i>big bags</i>	80
A.3.5. Diagrama de proceso del azufre sublimado agricultura en sacos	81
A.3.6. Diagrama de proceso del azufre sublimado agricultura en <i>big bags</i>	82

1. ANTECEDENTES

1.1. Descripción del proyecto

Este proyecto parte de la necesidad real de la empresa Azufrera y Fertilizantes Pallarés (AFEPASA) de definir y analizar los KPI (*key performance indicator*) del departamento de operaciones, que engloba las áreas de producción, logística y compras. Los KPI definidos se mostrarán en una herramienta de gestión de la información (*dashboard*) que permitirá analizar y realizar el seguimiento de los indicadores de manera visual.

Los indicadores clave de rendimiento (KPI) son valores que permiten obtener información sobre la eficacia y eficiencia de las acciones que se llevan a cabo en la empresa y que permiten tomar decisiones estratégicas para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

El proyecto se inicia mediante una breve introducción de la empresa AFEPASA, empresa sobre la cual se desarrolla el trabajo, y la descripción de sus artículos. Seguidamente, se detalla el proceso productivo seguido para la elaboración de los diferentes productos y como se estructura la empresa mediante la presentación de su organigrama jerárquico. En los siguientes apartados se definen los KPI calculados manualmente en la actualidad por el departamento de Operaciones y se analizan los datos obtenidos a partir de cada uno de ellos y las conclusiones que se obtienen sobre el seguimiento de presupuesto establecido. Partiendo de la base de estos indicadores predefinidos, se analizará cada uno de ellos y se evaluará la mejora o la creación de nuevos indicadores que muestren datos que permitan profundizar en su seguimiento y que faciliten la posterior toma de decisiones.

Una vez seleccionados los indicadores que permitirán realizar el seguimiento anual, se mostrarán sus resultados en los cuadros de mando (*dashboards*) definidos mediante el uso de la herramienta de análisis de datos *Power BI* y se realizará un plan de acción para su optimización y seguimiento para la toma de decisiones estratégicas en el departamento de operaciones.

1.2. Objetivo y alcance del proyecto

El principal objetivo del proyecto es analizar los KPI actuales del departamento de Operaciones de AFEPASA para su optimización y fijación de nuevos indicadores que permitan supervisar el logro de los objetivos estratégicos y facilitar la toma de decisiones.

Los indicadores establecidos se mostrarán en una importante herramienta de gestión (*Power BI*) que permitirá realizar el seguimiento de los indicadores detalladamente. A continuación, se listan las tareas a desarrollar:

- Comprobar los KPI actuales y su interacción, así como consolidar nuevos indicadores y obtención de los datos en caso necesario.
- Ajustar los KPI y realizar el análisis de los resultados para extraer conclusiones y acciones a realizar para su optimización.
- Participar en el análisis y la optimización de los *dashboards* de producción, logística y compras para visualizar los KPI y su análisis.
- Establecer un plan de acción para la optimización. Aplicar y visualizar los resultados obtenidos.
- Realizar un seguimiento de presupuesto, desviaciones y tendencias para la toma de decisiones en Operaciones.
- Emplear los KPI propuestos para tener un análisis claro de la viabilidad económica al mostrar un estudio detallado de las posibles desviaciones y detectar a qué son debidas.

1.3. Descripción del azufre y sus usos

La empresa AZUFRERA Y FERTILIZANTES PALLARÉS (AFEPASA) situada en el polígono industrial de Constantí en Tarragona, se dedica a la manipulación, transformación, envasado y comercialización de azufres en sus diferentes variedades. El 80% de su uso se centra en la agricultura, actuando como fungicida, acaricida, nutricional, bioestimulante o acondicionador de suelos, aunque su uso también se extiende al sector industrial, como puede ser en la industria de los neumáticos y la industria del caucho.

El azufre es un producto ecológico que actúa como fungicida y acaricida ecológico altamente efectivo que tiene acciones preventivas, curativas y erradicadoras. AFEPASA cuenta con una amplia gama de productos que, en función de las necesidades que se desean cubrir, se clasifican en 3 familias:

- **Bioestimulantes:** Estimulan los procesos naturales de los mismos para beneficiar la absorción y eficacia de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y/o la calidad del cultivo. Dentro de esta familia podemos encontrar los siguientes productos: triumphalis, organosul 20S, organosul KS, organosul NS y microsul 40S.

• **Fertilizantes:** Pueden ser sustancias orgánicas o inorgánicas que actúan como nutrientes para las plantas mejorando la calidad del sustrato y estimulando el crecimiento. Los productos que podemos encontrar en esta categoría son: agrosolfo, afesol, solfourea pallarés, k-systemics, scolti flow, azufre garden pallarés, soldefend plus, cuprazufre-2 y azufre especial aqua.

• **Fitosanitarios:** son productos que se han obtenido a partir de la minería o mediante síntesis química utilizados para el tratamiento y protección contra enfermedades y plagas de los cultivos. Los productos fitosanitarios son: azufre micronizado P300/100, azufre micronizado P300/80, azufre micronizado P300/80 especial secante, azufre sublimado flor pallarés, azufre micronizado P300/80 especial efecto contra insectos, azufre molido P100, azufre líquido, azufre micronizado P300/80 especial efecto filtro solar, azumo MG jed, afesoxim y mildfos. Entre estos productos destacan principalmente:

- *Azufre micronizado:* Este producto se obtiene con la molturación del azufre en molinos que separan por granulometría, obteniendo tamaños de partícula en un amplio rango que oscila entre las 40 y 70 μm favoreciendo una mejor aplicación. El azufre micronizado otorga una protección total a la planta, previniendo la aparición de diversas enfermedades. También se da la posibilidad de mezclarlo con otras materias primas para obtener otros productos derivados con propiedades diferentes. En el siguiente apartado se explicará con más detalle el proceso productivo. En la Figura 1 se muestra el envase empleado para el envasado del azufre micronizado P-300/100 en sacos de 25 kilogramos.



Figura 1. Saco azufre micronizado P-300/100. Fuente: <https://www.afepasa.com/>

- *Azufre sublimado*: La obtención de este producto se basa en el proceso de sublimación inversa, donde inicialmente el azufre en estado sólido pasa a estado líquido y posteriormente a estado gas. En el interior de las cámaras de sublimación se produce un descenso importante de temperatura y presión pasando el azufre directamente de estado gaseoso a estado sólido sin pasar previamente por el estado líquido. Este proceso de fabricación se precisará en el siguiente apartado.

Es la forma más pura del azufre y presenta unas partículas de mayor diámetro superficial que favorecen la emisión de azufre gas a menores temperaturas y una mayor adherencia. En la Figura 2 se muestra el envase empleado para el producto azufre sublimado flor pallarés en sacos de 25 kilogramos.



Figura 2. Saco azufre sublimado flor pallarés. Fuente: <https://www.afepasa.com/>

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo se inicia con la descarga de la materia prima, la cual es transportada por camiones, en un primer almacén donde se separa el azufre por calles. Los camiones entran a fábrica donde inicialmente pasan por báscula para comprobar el peso del producto y entregan la documentación de descarga. A continuación, el camión descarga en la calle habilitada bajo la supervisión de un operario. Hay que tener en cuenta que la calle en la que se realiza la descarga del azufre se inhabilita durante 1-2 días para el consumo de la materia prima, debido a la energía estática que se genera durante la descarga y el consecuente peligro de explosión.

El almacén de azufre dispone de dos tolvas que se encargan de iniciar el proceso de fabricación de dos tipos de semielaborados, los cuales se detallan en los siguientes subapartados.

En el Anexo A.1 se adjunta el *layout* de la empresa donde se muestra la distribución de las diferentes unidades de proceso y de la zona de oficinas. Como se puede observar en el plano, en la parte izquierda se encuentra ubicada la zona de fábrica y los almacenes de materia prima y de producto final y en la parte derecha se encuentra ubicado el edificio de oficinas.

2.1 Descripción proceso productivo azufre micronizado

La primera tolva del almacén de materia prima la nombraremos “Tolva de micronizado” y se carga con la ayuda de una pala. El azufre es transportado mediante una cinta transportadora y un elevador al tanque pulmón de azufre lenteja (Figura 3). Al mismo tiempo, en la torre de mezclas se produce la combinación de los aditivos que intervienen en la fabricación de este semielaborado.



Figura 3. Azufre lenteja

En la torre de mezclas se dispone de unas básculas que tienen asignado el peso deseado que se quiere mezclar de cada producto, abren la válvula cuando llegan al punto de consigna fijado y descargan la mezcla de azufre y de aditivos en los molinos que tienen la función de moler la mezcla de productos.

A la salida de los molinos ya disponemos de azufre micronizado que se descarga en una tolva. A continuación, se permite dos tipos de envasado del producto: en *big bags* o en sacos. Para la fabricación de los *big bag*, el sinfín de salida del molino alimenta directamente el *big bag* que mediante una báscula lo completa al peso deseado. Para el envasado del producto en sacos, mediante el sinfín de salida del molino, se alimenta la envasadora automática que se encarga del llenado de los sacos y el posterior paletizado del producto.

Finalmente, una vez envasado el producto en *big bags* o en sacos, el personal encargado de conducir las carretillas transportadoras ubica el producto en los almacenes destinados al almacenaje de producto final.

En la Figura 4 se muestra el esquema de las etapas del proceso de producción del azufre micronizado desde la descarga de los camiones que contienen el azufre en las tolvas hasta el ensacado del producto en el formato deseado.

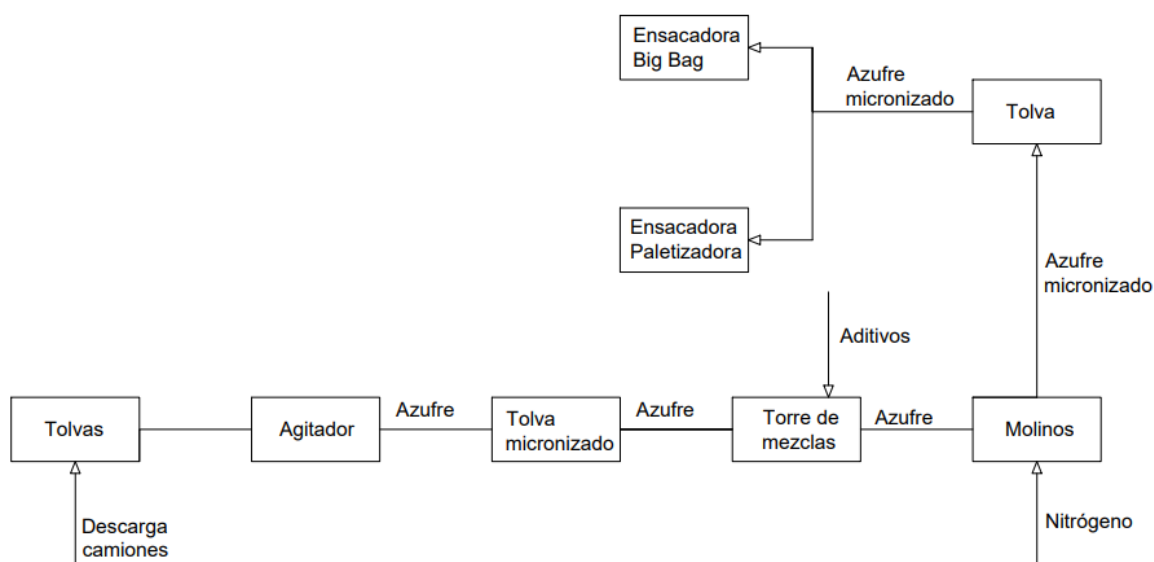


Figura 4. Diagrama de bloques proceso fabricación azufre micronizado

En el Anexo 3 se muestran los diagramas de proceso de la producción del azufre micronizado y su respectivo envasado en sacos (A.3.1) y en *big bags* (A.3.2).

2.2 Descripción proceso productivo azufre sublimado

La segunda tolva del almacén de materia prima sigue el mismo proceso de llenado que la tolva de micronizado y en este caso alimenta directamente a las cámaras de sublimación. En estas cámaras se lleva a cabo el proceso de fabricación del azufre con una pureza del 99,5%.

El proceso de obtención del azufre sublimado con esta elevada pureza se inicia con la alimentación de azufre sólido en una pila a una temperatura aproximada de 150°C que ya contiene azufre en estado líquido. Al entrar en contacto el azufre sólido con el azufre líquido ya contenido en esta unidad se produce el proceso de fusión. Seguidamente, mediante un inyector, se inyecta gradualmente azufre líquido en el horno que trabaja con unos quemadores que alcanzan temperaturas superiores a 500°C produciendo el proceso de vaporización donde el azufre introducido pasa de estado líquido a estado gas. Seguidamente, el azufre en estado gas se introduce en las cámaras de sublimación, que, por sus condiciones de operación, transforma la materia prima de estado gaseoso a estado sólido, proceso conocido como sublimación inversa, puesto que se produce el cambio de fase de gas a sólido sin pasar previamente por el estado líquido. En la siguiente Figura 5, se muestra un esquema de los procesos de cambios de fase.

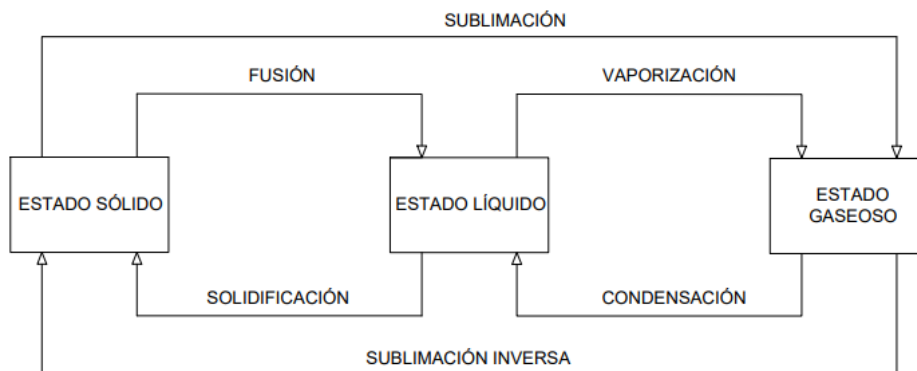


Figura 5. Procesos de cambios de fase

El producto obtenido es conocido como semielaborado azufre sublimado, que se transporta al almacén correspondiente mediante palas. En la siguiente Figura 6, se muestra el azufre sublimado almacenado en la nave de sublimado.



Figura 6. Almacenaje del azufre sublimado producido en las cámaras de sublimación

Seguidamente, se pueden realizar dos procesos diferentes en función de si se desea obtener azufre sublimado para uso agrícola o para uso industrial.

El proceso para la obtención de azufre para uso en la industria es más simple, puesto que se envasa directamente el azufre sublimado obtenido en las cámaras en el formato deseado, ya sea en *big bags* o en sacos de formatos más reducidos. En la Figura 7, se muestra el diagrama de bloques del azufre sublimado industria. Adicionalmente, en el Anexo 3 se muestran los diagramas de proceso de fabricación del azufre sublimado industria y su envasado en sacos (A.3.3) y en *big bags* (A.3.4).

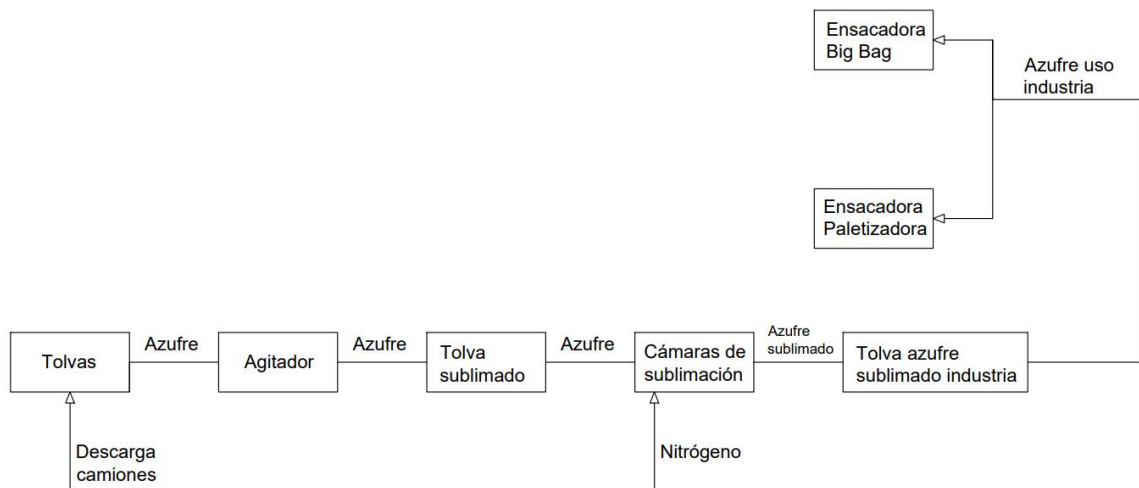


Figura 7. Diagrama de bloques producción azufre sublimado industria

Para el uso del producto en agricultura, se incorpora en una primera mezcladora el aditivo A con el semielaborado del azufre sublimado. Seguidamente, esta primera mezcla se introduce en la tamizadora para obtener el tamaño de partícula requerido por el proceso.

Mediante un sinfín, se transporta la mezcla de semielaborados a una segunda mezcladora donde se añade el aditivo C necesario.

Finalmente, se envasa el producto en el formato deseado y se almacena correctamente etiquetado en el almacén de producto final. Seguidamente, en la Figura 8, se muestra el diagrama de bloques y en el Anexo 3 se puede consultar el diagrama de proceso para la fabricación y el envasado del azufre sublimado para uso en agricultura (A.3.5 y A3.6).

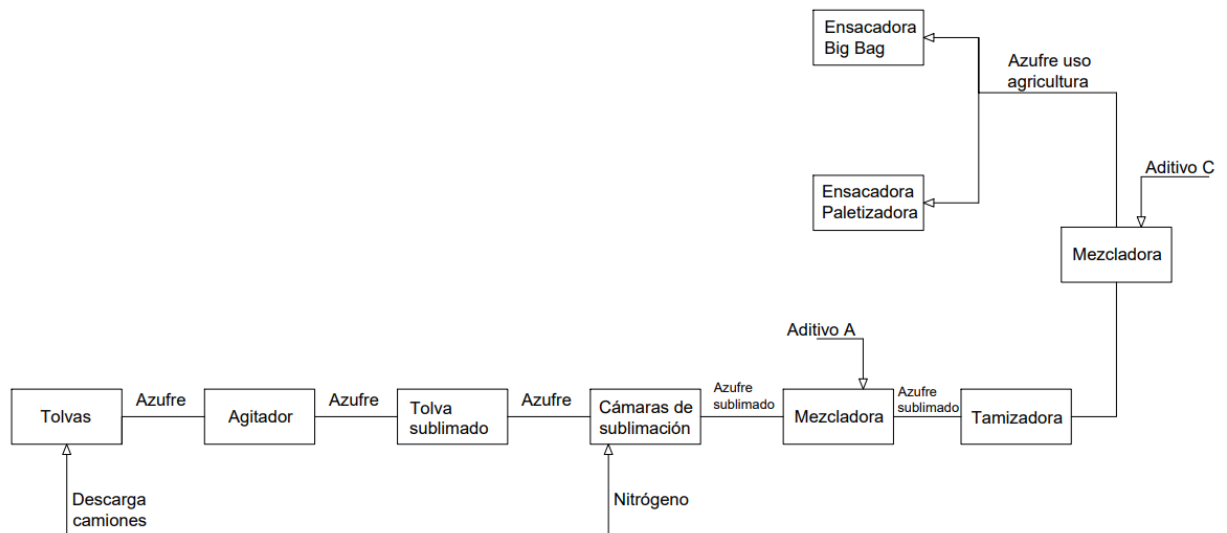


Figura 8. Diagrama de bloques proceso producción azufre sublimado agricultura

3. ORGANIGRAMA

A continuación, se muestra el organigrama de la empresa, esquema que muestra de manera jerárquica los roles dentro de la compañía y que tiene como principal función definir y organizar las acciones que se deben desarrollar dentro de la misma.

La parte superior del organigrama lo conforma el Consejo de Administración de la compañía que define y aprueba las estrategias generales. Seguidamente, se encuentra el Director General que es la persona responsable de la gestión y dirección administrativa de la compañía. De este rol dependen los diferentes departamentos que forman la empresa que son Operaciones, I+D+i y laboratorio, Registros, Seguridad y medioambiente, Ingeniería y mantenimiento, departamento Comercial y el departamento de Sostenibilidad y comunicación. Cada uno de ellos está dirigido por un responsable de departamento.

El departamento de administración, encargado principalmente de la contabilidad de la empresa es gestionado por la empresa Afrex Holding que forma parte del grupo de 3 empresas al que también pertenece AFEPASA.

El departamento de registros fertilizantes, el reglamento REACH que regula la producción y el uso de las sustancias químicas y sus impactos, el departamento de recursos humanos y el departamento de sistemas de información se gestionan externamente.

El departamento de operaciones es el departamento sobre el cual se desarrolla el proyecto y está formada por los subdepartamentos de producción, compras y logística terrestre y marítima.

El departamento de producción está formado por un responsable que dirige a treinta y un trabajadores distribuidos en dos turnos de trabajo. Los turnos se desarrollan en horario de mañana y de tarde con una duración de ocho horas de trabajo cada turno. La jornada se distribuye de lunes a viernes, a excepción de los camaristas, que su puesto de trabajo se ubica en las cámaras de sublimación que están en funcionamiento los 365 días del año.

En la Figura 9 se muestra el organigrama de la empresa y las personas que conforman cada departamento. AFEPASA cuenta con un total de 74 trabajadores de los cuales 36 forman parte del departamento de Operaciones.

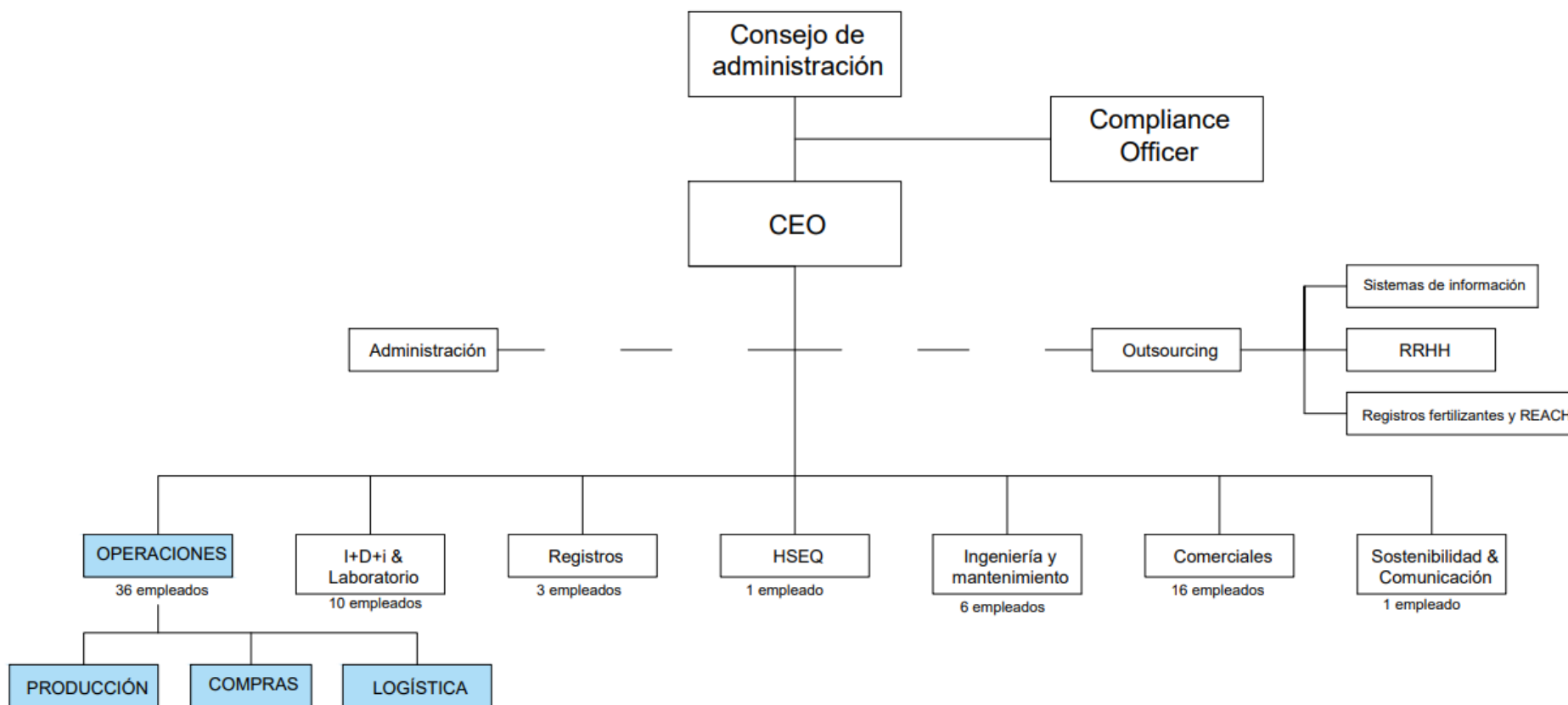


Figura 9. Organigrama de AFEPASA

4. ANÁLISIS DE LOS KPI ACTUALES

Actualmente la empresa realiza el tratamiento de los resultados de los indicadores clave de rendimiento de manera manual, proceso por el cual se necesita un gran recurso de tiempo para obtener los datos clave. Adicionalmente, la información que se obtiene es limitada y solo permite una visión global del seguimiento de los objetivos de la empresa.

El sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) con el que trabaja la empresa permite entre otras acciones realizar albaranes de compra-venta y facturas de transporte, pero no es capaz de relacionar estos datos con los costes reales de producción. Además, la información que se puede obtener mediante este programa es segregada, es decir, que los diferentes módulos con los que trabaja están aislados y no hay interconexión de información entre ellos.

Los resultados de los KPI obtenidos se detallan mensualmente en el consejo de administración, por lo tanto, **a petición de la empresa, el principal objetivo del proyecto en la definición de KPI es rediseñar su cálculo y determinación de manera que se pueda profundizar en su análisis, obtener conclusiones más detalladas y favorecer la optimización de los recursos disponibles.** Como ya se ha puntualizado, actualmente la información disponible que se obtiene en el cálculo de estos indicadores es limitada y se desea poder disponer de un programa como es el *Power BI*, para que contenga todos los datos actualizados de la empresa y poder consultarlos en el momento en que se precise. **El segundo objetivo del proyecto es diseñar y participar en la ejecución de los cuadros de mando de los departamentos de compras, logística y producción mediante la herramienta *Power BI* para que integren los indicadores propuestos.**

Otra limitación que presenta el ERP de la empresa es que no recoge los presupuestos anuales y por lo tanto no permite realizar la comparativa ni el seguimiento de los datos reales respecto a los datos previstos. **Por lo tanto, como tercer objetivo del proyecto, se introducirán en la nueva herramienta los presupuestos anuales para poder realizar el seguimiento de los datos reales respecto los teóricos. De esta manera, se llevará un control más detallado del presupuesto pudiendo detectar con mayor antelación posibles desviaciones.**

Seguidamente se presentan los indicadores actuales para los 3 departamentos incluidos en el área de Operaciones y se analizan los datos que se pueden obtener con cada uno de ellos y las limitaciones que presentan.

4.1. Descripción de los KPI actuales en el departamento de compras

El departamento de compras es el área de la empresa que se encarga de adquirir las materias primas, envases, material de acondicionamiento y todos los productos necesarios para la producción y sus operaciones diarias. Este departamento también tiene la responsabilidad de evaluar los precios de compra de los productos y materiales con el objetivo de reducir los costes de adquisición garantizando en todo momento el cumplimiento de la calidad requerida.

4.1.1. Determinación del presupuesto de compras de materia prima

Para evaluar el cumplimiento del presupuesto anual establecido para esta área de la empresa, inicialmente se define un presupuesto de ventas anual en kilogramos de los diferentes productos que comercializa la compañía. A continuación, a partir de la fórmula específica de consumos de materia prima para cada producto, se determinan las necesidades totales anuales de cada materia prima.

Seguidamente, se muestra a modo de ejemplo, el cálculo realizado para la determinación de las materias primas necesarias para la producción de la previsión anual de 22.000 toneladas del producto azufre micronizado perteneciente al artículo base 1.

Todos los productos se clasifican por artículo base en función de las materias primas que consumen para su fabricación. La única diferencia que se puede encontrar dentro de un mismo artículo base es el envasado o etiquetado final del producto, que varía en función del cliente y país al cual es vendido. Cada país dispone de registros propios de productos y normativas que obligan a que el envase o la etiqueta contenga determinada información.

La composición de este producto es del 98,8% de azufre lenteja, un 0,7% de aditivo A y un 0,5% de aditivo B. Como se ha detallado una previsión anual de 22.000 toneladas, se multiplica este valor por la composición de cada materia prima para determinar cuál es la necesidad anual. Realizado el cálculo, se determina una necesidad de 21.736 toneladas de azufre lenteja, 154 toneladas de aditivo A y 110 toneladas de aditivo B.

En la Tabla 1 se muestra el ejemplo de cálculo detallado del azufre micronizado 98,5% para la determinación de las materias primas necesarias para la fabricación de las 22.000 toneladas anuales.

Tabla 1. Ejemplo de cálculo para la determinación de las materias primas necesarias para la fabricación de la previsión anual del azufre micronizado 98,5%

Producto	Previsión anual (ton)	Materia prima	Composición (%)	MMPP necesaria anual (ton)
Base-001		Azufre lenteja	98,8	21.736
Azufre micronizado	22.000	Aditivo A	0,7	154
		Aditivo B	0,5	110
98,5%				

Se procede de la misma manera para todos los productos que comercializa la empresa, realizando finalmente un cómputo de la cantidad total necesaria para cada materia prima, determinando de esta manera los kilogramos totales necesarios de materia prima o, en otras palabras, el presupuesto anual de compras en kilogramos de materia prima.

En el anexo A.2 se muestra la tabla A.2.1 donde se muestra la composición de todos los artículos base que comercializa la compañía para poder determinar la necesidad anual de cada materia prima.

Una vez determinados los kilogramos totales necesarios y a partir de la previsión de precios de compra de estas materias primas, se determina el coste de compra de cada materia prima. Finalmente, realizando el sumatorio de los costes totales de adquisición de cada materia prima se obtiene el presupuesto anual de compras en euros de materia prima.

Los indicadores calculados en esta área sirven para realizar un seguimiento del presupuesto en euros y en kilogramos y así determinar el presupuesto acumulado del año y detectar posibles desviaciones respecto a previsión e identificar a qué son debidas.

Para realizar el seguimiento se toma como punto de partida el histórico de compras del año anterior. Como se ha detallado, se trata de un producto de temporada que depende considerablemente de los factores climatológicos, por lo que se conoce aproximadamente el volumen de ventas mensualizado. Debido a esto, la forma más precisa de realizar el seguimiento de las compras y detectar así desviaciones en el presupuesto es realizando la comparativa con las compras realizadas el año anterior en el mismo período de tiempo.

En un primer momento, se determina cual es el porcentaje de compra que aplicaría cada mes respecto el presupuesto anual. El porcentaje de compra se calcula a partir del histórico de compras del año anterior, el procedimiento seguido es el siguiente:

En la siguiente Tabla 2 se muestran las siguientes columnas: la primera pertenece al mes y la segunda columna “euros acumulados real 2021” especifica el acumulado de ventas reales en euros del año 2021. Para determinar los euros acumulados de febrero se suman los euros mensuales reales de enero y los euros reales de febrero, para determinar el acumulado de marzo se suman los euros reales de enero y febrero, y así sucesivamente para el resto de los meses del año.

Con los valores descritos de la columna “euros acumulados real 2021”, se puede determinar la previsión de compra de producto mensualizado para el año 2022. Para ello se determina qué porcentaje de compra aplica mensualmente para el año 2021 respecto el total anual, se muestran los valores en la tercera columna de la tabla “% compra mensual acumulado 2021”. Este porcentaje se determina como el cociente de los euros acumulados mensualmente y el acumulado final en el mes de diciembre de 2021.

Finalmente, se determina la previsión mensual del año 2022 como la multiplicación del presupuesto total anual 2022 por el % de compra mensual acumulado del año 2021. El presupuesto del año 2022 es de 10.800.000 € y el presupuesto mensualizado acumulado se muestra en la columna “Presupuesto mensual 2022”.

Tabla 2. Procedimiento de cálculo para la determinación de la previsión mensual acumulada del año 2022 para la compra de materias primas en euros

Mes	Euros Acumulados real 2021 (M€)	% compra mensual acumulado 2021	Previsión mensual acumulada 2022 (M€)
Enero	0,50	4,32	0,47
Febrero	1,14	9,80	1,06
Marzo	2,27	19,57	2,11
Abril	3,25	28,07	3,03
Mayo	4,74	40,96	4,42
Junio	5,94	51,28	5,54
Julio	7,11	61,35	6,63
Agosto	7,40	63,87	6,90
Septiembre	8,05	69,46	7,50
Octubre	8,78	75,76	8,18
Noviembre	9,62	83,05	8,97
Diciembre	11,6	100,00	10,8

Se realiza el mismo procedimiento para las toneladas de producto a comprar y se muestran los datos de cálculo en la siguiente Tabla 3. El presupuesto total se establece en 28.576 toneladas.

Tabla 3. Procedimiento de cálculo para la determinación de la previsión mensual acumulada del año 2022 para la compra de materias primas en toneladas

Mes	Toneladas Acumuladas 2021	% compra mensual acumulado 2021	Previsión mensual acumulada 2022
Enero	3.000	7,31	2.090
Febrero	6.120	14,92	4.260
Marzo	9.990	24,36	6.960
Abril	14.100	34,37	9.820
Mayo	18.300	44,72	12.800
Junio	23.400	57,02	16.300
Julio	27.500	66,96	19.100
Agosto	28.500	69,45	19.800
Septiembre	30.500	74,24	21.200
Octubre	32.900	80,11	22.900
Noviembre	35.800	87,29	24.900
Diciembre	41.000	100,00	28.576

Al disponer de los valores reales de compras realizado, se pueden determinar los $KPI_{1ACTcompras-\text{€}}$ y $KPI_{2ACTcompras-MMPP}$:

$$KPI_{1ACTcompras-\text{€}} = \frac{\text{compras reales en presupuesto (€)}}{\text{Presupuesto de compras transcurrido (€)}} \cdot 100 \quad (4.1)$$

$$KPI_{2ACTcompras-MMPP} = \frac{\text{compras reales en presupuesto (kg)}}{\text{Presupuesto de compras transcurrido (kg)}} \cdot 100 \quad (4.2)$$

De esta forma se puede determinar el porcentaje de desviación que existe entre el presupuesto inicial y las compras reales efectuadas en el transcurso del año.

También se deben considerar las compras efectuadas en productos que no se habían estimado en el presupuesto inicial. Por lo tanto, sumando el coste y los kilogramos de productos que no constan en el presupuesto a las compras realizadas dentro de presupuesto se obtienen los indicadores totales de compras:

$$KPI_{3ACTcompras-\text{€}} = \frac{\text{compras reales en presupuesto} + \text{compras reales fuera de ppto(€)}}{\text{Presupuesto de compras transcurrido (€)}} \cdot 100 \quad (4.3)$$

$$KPI_{4ACTcompras-MMPP} = \frac{\text{compras reales en presupuesto} + \text{compras reales fuera de ppto (kg)}}{\text{Presupuesto de compras transcurrido (kg)}} \cdot 100 \quad (4.4)$$

En las figuras 10 y 11, se muestra como ejemplo el seguimiento del presupuesto en euros actualizado hasta el mes de julio. En la columna de la izquierda en color azul se indica el presupuesto de compras transcurrido teórico; a la derecha, en color naranja, se muestran las compras reales incluidas en presupuesto y en color gris las compras realizadas no presupuestadas inicialmente. Se realiza el mismo gráfico para el seguimiento de los kilogramos. Con esta información graficada y con los resultados de los KPI, se puede analizar qué desviaciones hay y a qué son debidas.

Las compras fuera de presupuesto pertenecen a compras de productos que no estaban inicialmente incluidas en el presupuesto de compras y que son debidas principalmente a la constante innovación de productos por el departamento de I+D que conlleva a realizar pruebas industriales para la fabricación de nuevos productos y que, por lo tanto, implica a nuevas necesidades productivas.

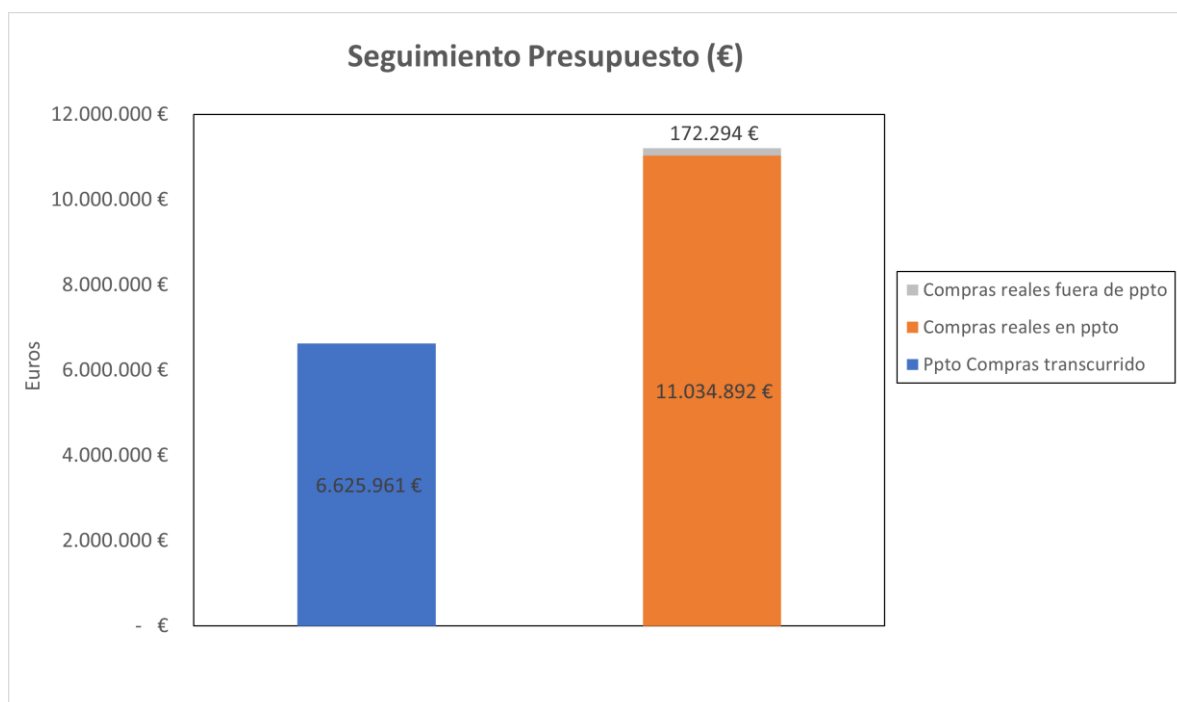


Figura 10. Seguimiento del presupuesto de compras de materias primas en € enero-julio. Comparativa de presupuesto teórico respecto el presupuesto real

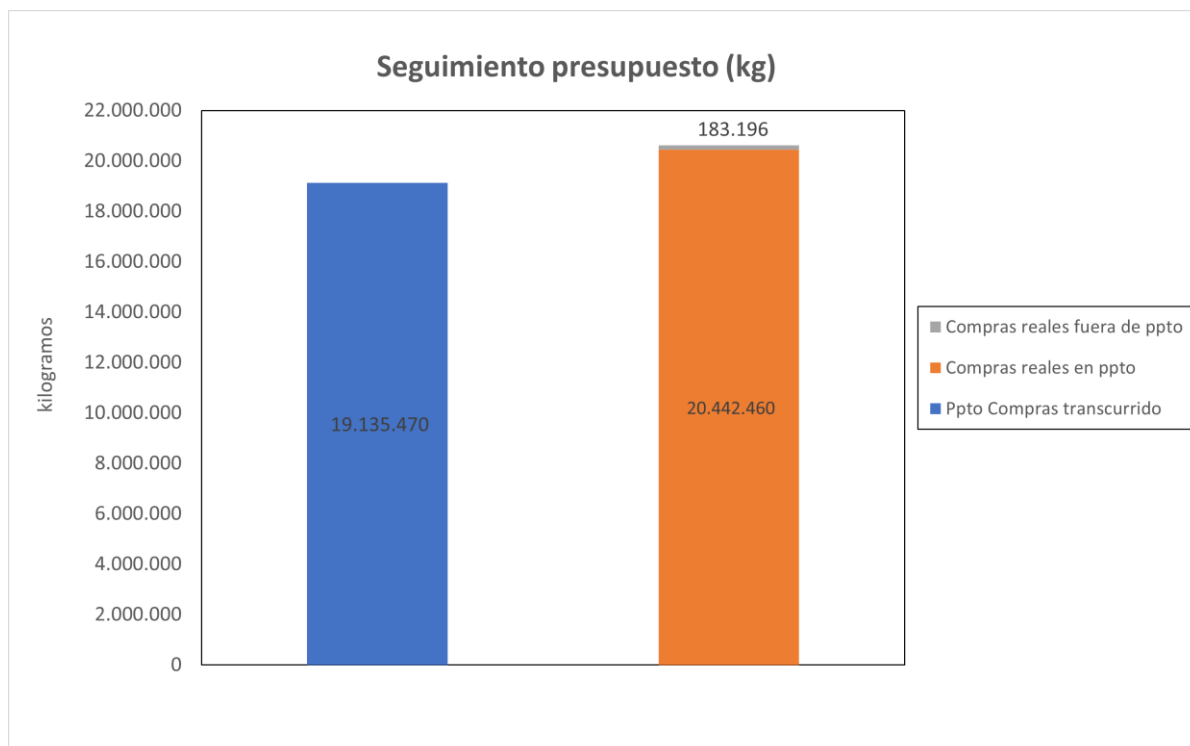


Figura 11. Seguimiento del presupuesto de compras de materias primas en kg enero-julio. Comparativa de presupuesto teórico respecto el presupuesto real

A partir de las figuras 10 y 11, se puede determinar que el presupuesto de compra de materia prima en kilogramos sigue la misma tendencia que el presupuestado inicialmente puesto que la desviación que existe es del 8%. Sin embargo, la desviación más significativa se produce en el presupuesto en euros donde la desviación producida es del 69%. Las principales causas radican en la situación alcista de los precios debido a la inestabilidad geopolítica producida por la guerra de Ucrania y por la inflación asociada. Con la nueva herramienta de gestión de datos, se podrá ver la evolución de los precios según referencia, período de tiempo y proveedor, pudiendo de esta manera analizar la tendencia de los precios y poder tomar una decisión anticipada sobre la compra del producto.

Finalmente, se determina el nivel de seguimiento de presupuesto del año en euros y en kilogramos respecto al presupuesto de compras inicial. Para ello se determinan los $KPI_{5ACTcomprasseguim.año-\text{€}}$ y $KPI_{6ACTscomprasseguim.año-MMPP}$:

$$KPI_{5ACTcomprasseguim.año-\text{€}} = \frac{\text{compras reales en presupuesto} + \text{compras reales fuera de ppto}(\text{€})}{\text{Presupuesto de compras anual}(\text{€})} \cdot 100 \quad (4.5)$$

$$KPI_{6ACTscomprasseguim.año-MMPP} = \frac{\text{compras reales en presupuesto} + \text{compras reales fuera de ppto (kg)}}{\text{Presupuesto de compras anual (kg)}} \cdot 100 \quad (4.6)$$

En la Figura 12 se presenta el seguimiento anual del presupuesto en euros y en la Figura 13 el seguimiento anual en kilogramos hasta el mes de julio. Para ambos gráficos, en color gris, se muestra el presupuesto anual teórico total, en color azul los euros y kilogramos acumulados del año y en color naranja el seguimiento del presupuesto teórico anual.

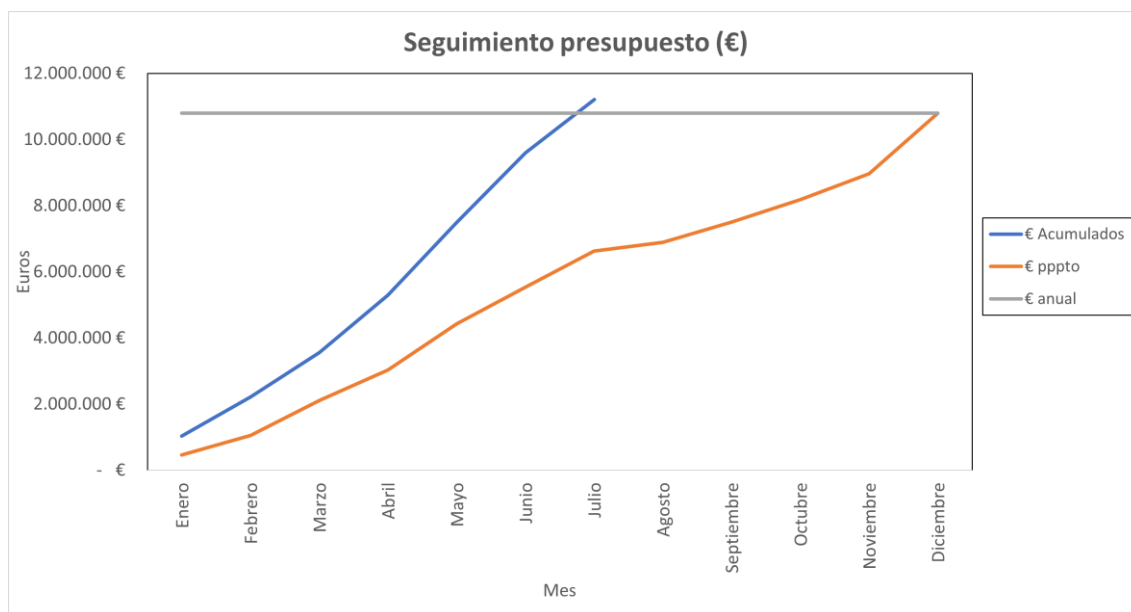


Figura 12. Evolución del presupuesto de compras de materias primas respecto el presupuesto teórico en euros

Según presupuesto teórico para el mes de julio se habían presupuestado unas compras totales de 6,6 millones de euros. Sin embargo, el gasto real ha estado de 11,2 millones de euros, por lo que la desviación total hasta el mes de julio ha estado del 69% respecto presupuesto. Estos valores permiten también establecer qué presupuesto del año total ha transcurrido hasta la fecha, en este caso, se ha consumido un 104% de los euros presupuestados para 2022, por lo que ya se ha gastado más presupuesto del que estaba inicialmente planificado. Se puede observar en el gráfico puesto que la línea azul que indica los euros acumulados reales sobrepasa la línea gris que representa el presupuesto anual establecido para el departamento de compras.

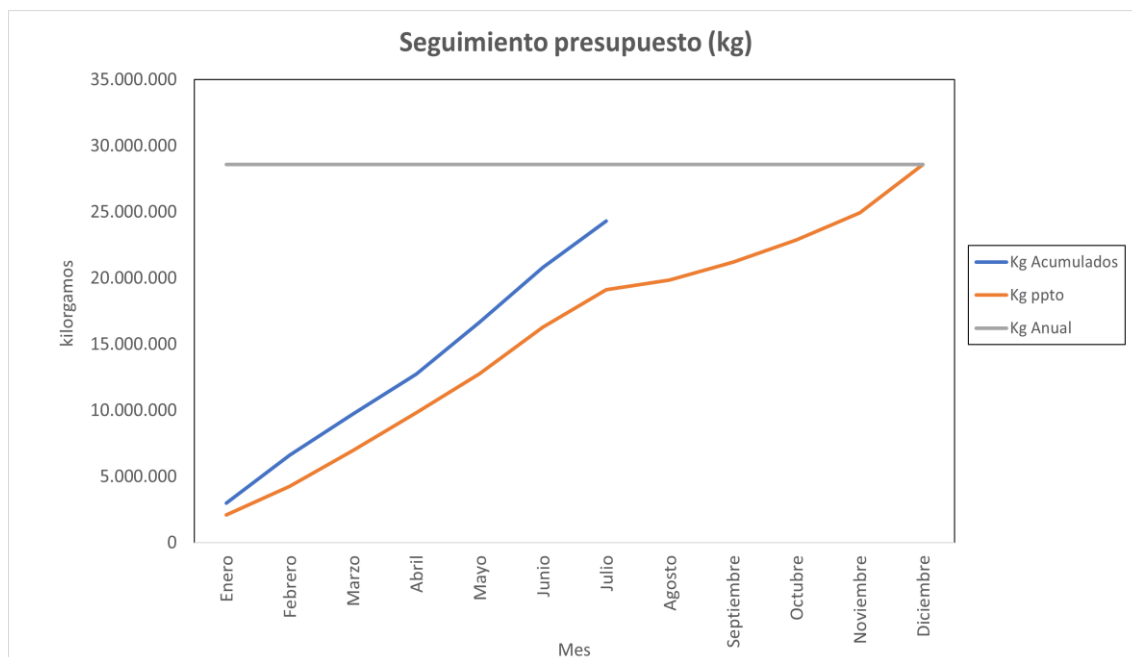


Figura 13. Evolución del presupuesto de compras de materias primas respecto el presupuesto teórico en kilogramos

Respecto al seguimiento del presupuesto en kilogramos, hasta el mes de julio se han adquirido un total de 20.625 toneladas cuando el presupuesto establecido inicialmente era de 19.135 toneladas. Analizando el gráfico se obtiene que se ha adquirido el 72% del presupuesto del año.

Revisando los gráficos 12 y 13 conjuntamente, se puede determinar que hay una desviación significativa en el presupuesto en euros, ya que, aunque se ha adquirido un 8% más de producto el desvío en euros es del 69%. Con respecto al seguimiento anual, el presupuesto en euros en el mes de julio es superior al teórico del año 2022 y en kilogramos la desviación sigue la tendencia presupuestada.

Por lo tanto, se puede determinar que la principal desviación se da en el aumento de los precios de compra de la materia prima, siendo la principal causa de esta gran desviación la inestabilidad geopolítica. Se han dado y se dan actualmente situaciones de escasez de productos, que en algún caso puntual ha derivado en cancelaciones de pedidos ya confirmados y en aumentos considerables de precios de compra. Adicionalmente, hay que sumar el incremento en el transporte derivado del aumento de la gasolina, que los proveedores repercuten directamente sobre el precio de compra del producto.

Con la generación del cuadro de mando en la herramienta *Power BI* se busca, a partir del histórico de compra disponible en sistema, poder conocer la tendencia de los costes reales por proveedor y anticiparse a situaciones de compra de producto donde el precio es muy elevado.

4.1.2. Determinación del presupuesto de compras de materias auxiliares

Respecto a las materias auxiliares como pueden ser pallets y envases se procede de la misma manera: a partir del presupuesto de ventas de los comerciales se estima el material de acondicionamiento y de envasado necesario. Una vez determinada la cantidad necesaria de cada producto, se estudia el precio de compra para precisar el presupuesto anual en euros y así realizar el seguimiento respecto unidades y precio de compra para compararlo con el presupuesto inicial y detectar fluctuaciones.

Para determinar el número aproximado de pallets necesarios y por lo tanto establecer el presupuesto de compras en euros de esta materia auxiliar, se parte del óptimo de kilogramos que se puede completar en un pallet de producto. Para el transporte terrestre, se estiman los pallets a 1.500 kilogramos y para el transporte marítimo a 1.125 kilogramos. Por lo tanto, una vez se ha determinado el presupuesto de ventas y el método de transporte que se deberá utilizar, se puede estimar cual es el impacto en euros que tiene esta materia auxiliar.

Para los envases, el departamento comercial establece en qué formato se servirán los productos solicitados, el formato estándar es el de 25 kilogramos, pero también se comercializa producto en formato de 10 kg, 5 kg, 2 kg, 1 kg, 500 gramos, 400 gramos y 50 gramos. A partir de esta información y establecido el precio de compra de los envases con el proveedor, se calcula el presupuesto en euros de los envases.

Una vez presentados los KPI actuales del departamento de compras, se detecta que la principal limitación que tiene este método de determinación de KPI es que no muestra una evolución individualizada del precio de compra de cada materia prima en el tiempo, sino que se computa la evolución del presupuesto global de compras en el transcurso del año. De este modo, solo se permite identificar la desviación que hay sobre presupuesto, pero sin entrar en detalle sobre qué produce la desviación y por qué se produce. Lo que se desea con el estudio y optimización de los indicadores de compras es poder disponer de los datos actualizados de las compras efectuadas durante el transcurso del año pudiendo detectar donde se está produciendo la desviación, analizarla y, por consiguiente, poder tomar las medidas correspondientes.

Adicionalmente, en referencia a esta limitación, tampoco se realiza un análisis de coste de materia prima por proveedor. Realizando este estudio previamente a la compra de los productos se podría detectar donde se están produciendo subidas de precio que

afecten directamente sobre presupuesto y tomar decisiones sobre cantidades y proveedores a los que adquirir el producto.

En el apartado 5.1 del proyecto se analizará detalladamente de qué manera se podría optimizar el seguimiento del presupuesto de compras establecido mediante la proposición de nuevos indicadores. Los nuevos KPI propuestos darán respuesta a las limitaciones presentadas en los KPI actuales y facilitarán el análisis de los datos a consultar.

4.2.Descripción de los KPI actuales del departamento de logística

El departamento de logística se encarga principalmente del transporte y el almacenamiento de mercancías, materiales y materias primas adquiridas previamente por el departamento de compras. De este departamento depende también la planificación estratégica de entrega de los pedidos a los clientes en el momento deseado.

Actualmente, la empresa se encuentra con la dificultad de poder asignar mediante su ERP el coste real de transporte a cada operación.

Seguidamente se presentan los indicadores actuales para el seguimiento del presupuesto del departamento de logística, separados en indicadores para la logística marítima y indicadores para la logística terrestre.

4.2.1. Determinación de los KPI actuales en logística marítima

AFEPASA exporta a más de 70 países de los 5 continentes, por ese motivo, cabe destacar la gran importancia en el seguimiento del presupuesto de la logística marítima.

Los indicadores actuales tienen como punto de partida el presupuesto anual de ventas agrupados por país de entrega. Para poder realizar la estimación del presupuesto del año actual, se estudian cuáles serán los nuevos precios del transporte, partiendo como base de los precios del año anterior. Es muy difícil determinar con exactitud en qué medida se dará el aumento de precios. Este año, por ejemplo, se han dado casos de subidas de fletes del 200%.

En la siguiente Figura 14, se muestra el histórico de la evolución del coste de exportación de AFEPASA a Jordania desde el año 2014 hasta la actualidad. Como se puede observar, desde el año 2019 se ha producido un aumento considerable del coste de transporte obteniendo máximos históricos debidos entre otros motivos al aumento del precio de la gasolina. Este hecho recalca la importancia de definir correctamente los KPI y realizar un adecuado seguimiento del presupuesto en el departamento de logística.

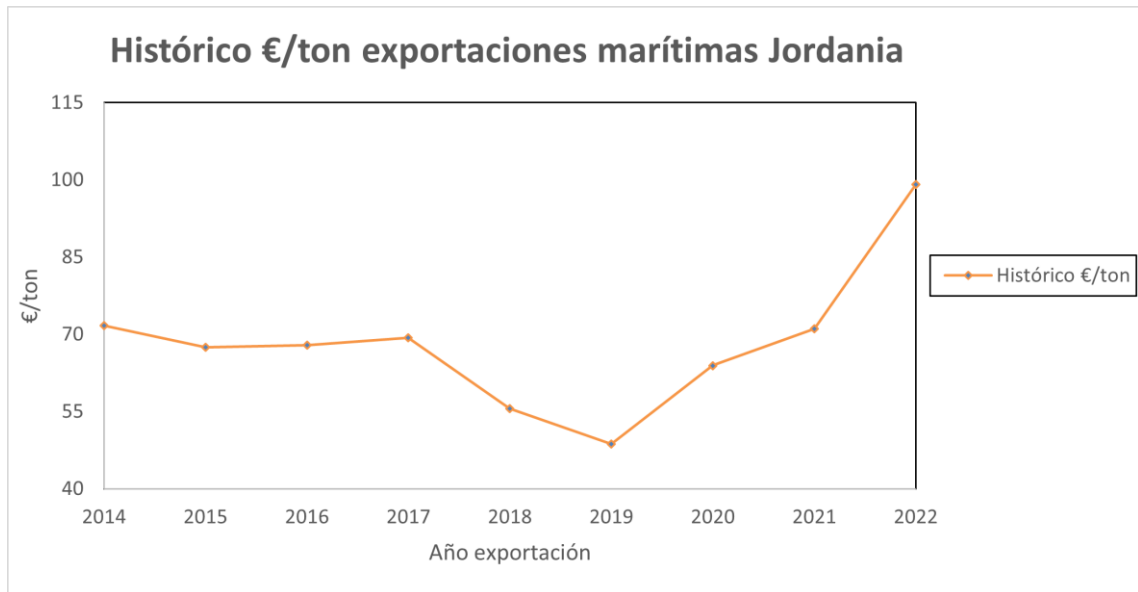


Figura 14. Evolución del coste de transporte marítimo anual a Jordania en €/ton

Cada mes se realiza la actualización de las ventas de productos y el coste total de transporte. Al tratarse de un producto de temporada, se dispone de la demanda de los productos mensualizados, de esta forma se puede estimar teóricamente cuál es el coste de la exportación de los kilogramos de producto solicitado.

Mensualmente se informa del producto exportado y el coste de transporte que ha supuesto la exportación. A partir de estos valores, se pueden determinar los $KPI_{1ACTlogísticaM-€}$ y $KPI_{2ACTlogísticaM-MMPP}$ de logística marítima correspondientes para realizar el seguimiento:

$$KPI_{1ACTlogísticaM-€} = \frac{\text{Coste real exportación (€)}}{\text{Presupuesto teórico transcurrido (€)}} \cdot 100 \quad (4.7)$$

$$KPI_{2ACTlogísticaM-MMPP} = \frac{\text{toneladas reales exportadas (kg)}}{\text{Presupuesto teórico transcurrido (kg)}} \cdot 100 \quad (4.8)$$

Mediante estos valores se pueden obtener conclusiones sobre el seguimiento del presupuesto, en qué medida se están exportando los kilogramos de producto solicitado y si el coste de las exportaciones va en base al coste presupuestado inicialmente.

Finalmente, los dos últimos indicadores $KPI_{3ACTlogísticaM-€}$ y $KPI_{4ACTlogísticaM-MMPP}$ determinados en logística marítima sirven para definir qué

porcentaje del año se ha desarrollado en base al coste presupuestado y al coste real acumulado.

$$KPI_{3ACTlogísticaM-€} = \frac{\text{Coste real exportación cierre mes (€)}}{\text{Presupuesto teórico total (€)}} \cdot 100 \quad (4.7)$$

$$KPI_{4ACTlogísticaM-MMPP} = \frac{\text{toneladas reales exportadas cierre mes (kg)}}{\text{Presupuesto teórico total (kg)}} \cdot 100 \quad (4.8)$$

En las Figuras 15 y 16 se muestran los $KPI_{3ACTlogísticaM-€}$ y $KPI_{4ACTlogísticaM-MMPP}$ graficados respectivamente. En color gris se puede observar el presupuesto total anual, en color azul el presupuesto teórico mensualizado y en color naranja el seguimiento del presupuesto real a cierre de mes julio.

En el seguimiento del presupuesto marítimo en euros, se determina que el coste total de los fletes de exportación a cierre de mes de julio está un 87% por encima del coste presupuestado para el cierre de este mes, ya que el coste presupuestado era de 556.000 € y el coste real ha sido de 1.041.700 €. También, se debe analizar que el coste real a cierre de mes de julio supera en un 46% el coste total presupuestado para el año 2022.

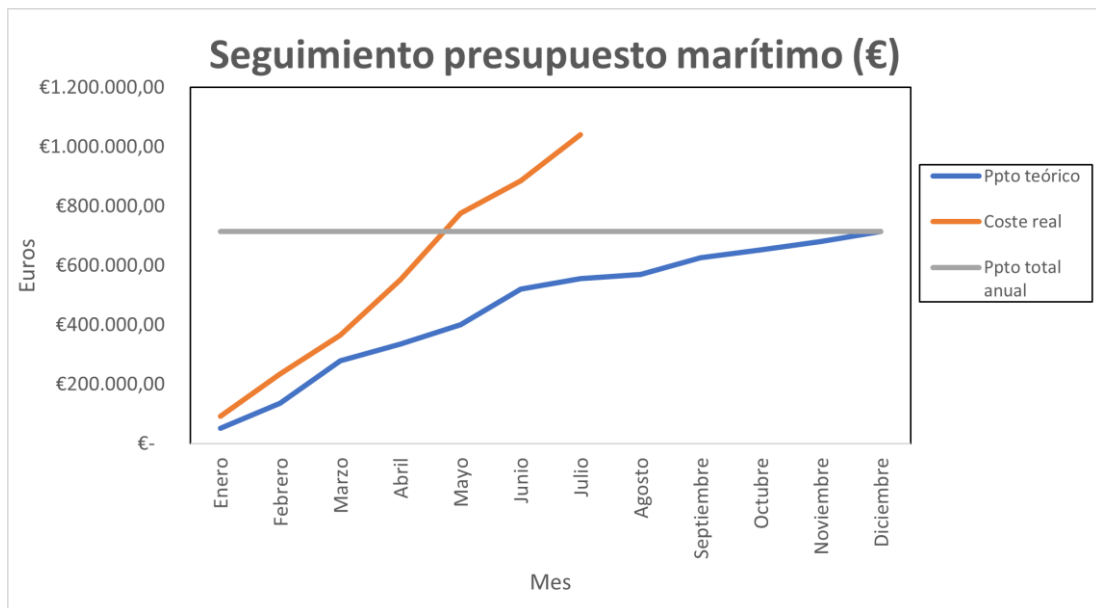


Figura 15. Evolución del presupuesto de transporte en logística marítima respecto el presupuesto teórico en euros ($KPI_{3ACTlogísticaM-€}$)

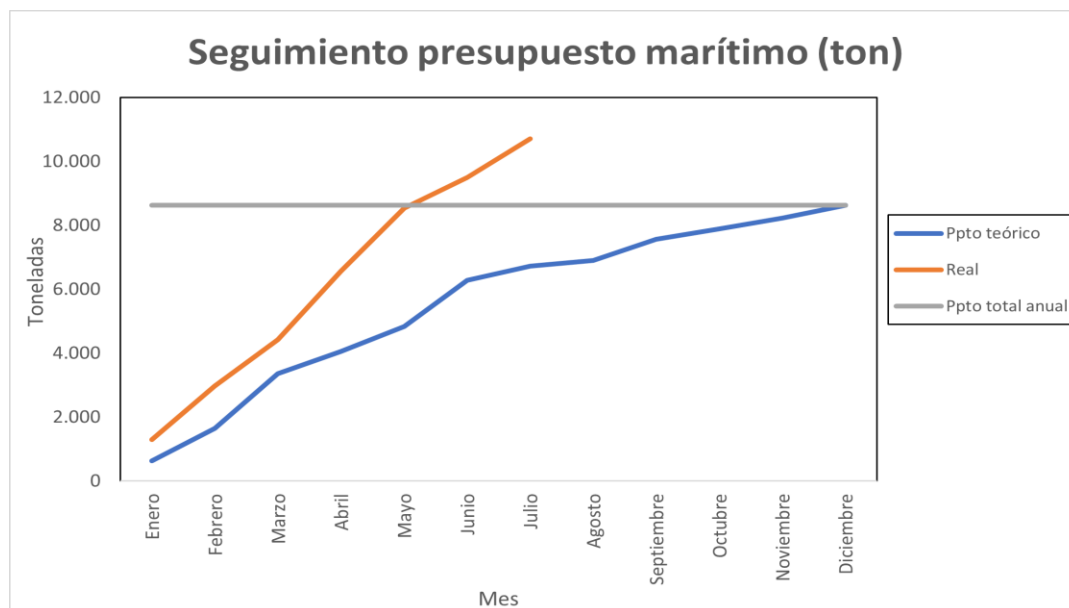


Figura 16. Evolución del presupuesto de transporte en logística marítima respecto al presupuesto teórico en toneladas ($KPI_{ACTlogísticaM-MMPP}$)

Respecto al seguimiento de toneladas exportadas, se ha exportado un 59% más de toneladas a cierre de julio respecto al teórico. Estos valores indican que a cierre de julio se ha fabricado y exportado más volumen del presupuestado inicialmente para el año completo. A partir de este gráfico se determina que en mayo ya se había realizado el 100% de las exportaciones presupuestadas.

Para poder realizar un correcto análisis de los datos obtenidos, hay que analizar los dos gráficos conjuntamente. Aunque inicialmente a partir de la Figura 15 los resultados del presupuesto en euros parecen indicar un aumento considerable de los fletes y una importante desviación respecto los valores de referencia, hay que analizar qué parte de esta desviación se produce porque se han exportado más toneladas de las que había planificadas inicialmente. Cuantificando estos resultados, la planificación inicial establecía un precio de exportación de 82,7 €/ton, y con los datos reales, el coste real de exportación se sitúa en los 97,2 €/ton, por lo que la desviación real es del 18%.

Estos gráficos recalcan de manera visual la importancia de realizar un correcto seguimiento de los indicadores para determinar a qué son debidas las desviaciones respecto presupuesto y poder disponer de información más actualizada sobre la tendencia de estos costes para estimar el sobre coste que puede suponer. Anualmente, cuando se prepara el presupuesto de logística marítima, se estima una pequeña subida respecto a los costes del año anterior correspondientes a subidas de fletes. Por lo tanto, se puede observar en la Figura 15 que la estimación inicial de incremento de precio realizada sobre el encarecimiento de los fletes no ha estado suficiente respecto a la subida real.

En la determinación de KPI actuales de logística marítima no se realiza un estudio del histórico de las navieras con las que trabaja la empresa para estudiar cuál de ellas ofrece mejores costes para futuros envíos. La compañía previamente a la realización de la exportación analiza qué opción es la más económica, atendiendo siempre a las necesidades por las que se trabaja.

En la siguiente Figura 17, se muestra el coste €/ton promedio del histórico disponible del año 2014 a 2022 de los países de los cuales se ha exportado en los últimos dos años. Asimismo, se ha determinado la variación del coste del año actual respecto al coste promedio y se ha añadido en la parte superior de la barra de datos de cada país.

Como se puede observar, en color azul se muestran los países en los cuales ha habido una subida de precios este año respecto el histórico y en color rojo los que se ha producido una bajada de precios. También, se pueden observar subidas de hasta el 77% que implican, aproximadamente, un sobrecoste de 40 €/ton.

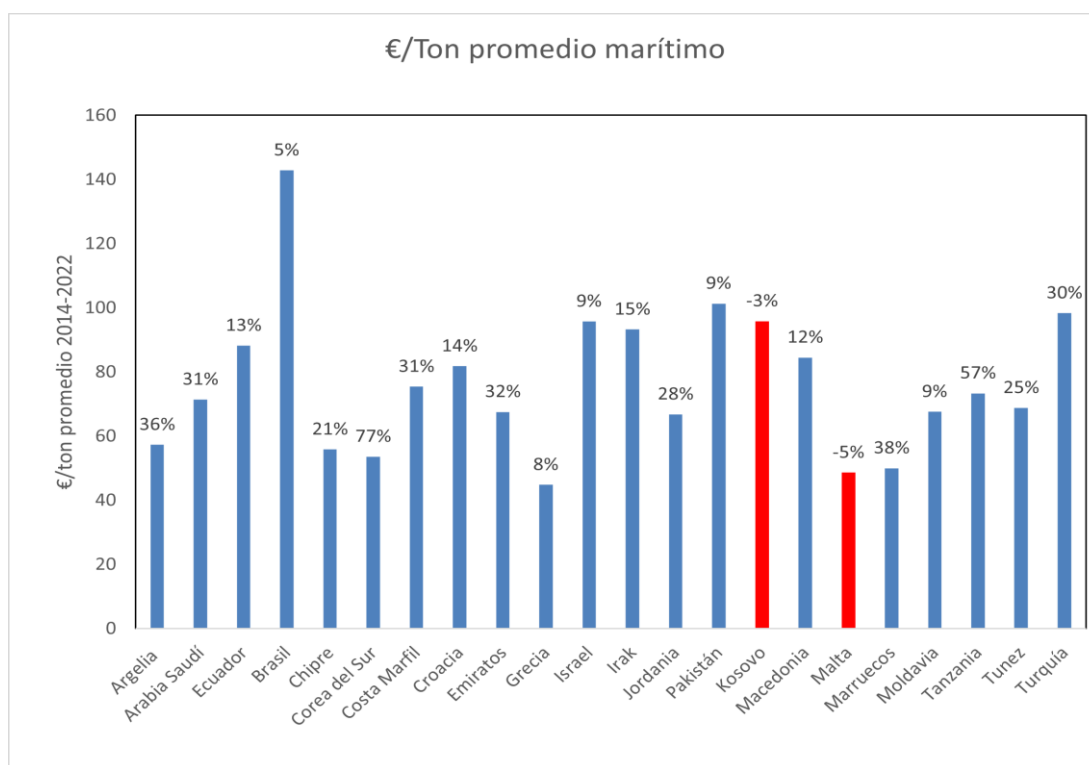


Figura 17. Histórico de €/ton promedio de transporte para las exportaciones marítimas

4.2.2 Determinación de los KPI actuales en logística terrestre

En la logística terrestre destacan dos subcategorías: transporte nacional y transporte internacional.

Respecto al transporte nacional, el seguimiento del presupuesto se realiza de manera similar al de la logística marítima. Se parte del presupuesto anual de ventas agrupados por provincia de entrega y se estima el coste total anual a partir del coste del año anterior y estudiando cuál será la previsión del precio del año actual.

Mensualmente, se realiza la actualización de las ventas de productos y el coste que ha supuesto de transporte. Se realiza el seguimiento del presupuesto con la determinación de los $KPI_{1ACTlogísticaTN-€}$ y $KPI_{2ACTlogísticaTN-MMPP}$ de logística terrestre, que se determinan a partir del presupuesto teórico transcurrido y el coste y toneladas reales vendidas a cierre de mes.

$$KPI_{1ACTlogísticaTN-€} = \frac{\text{Coste real logística terrestre (€)}}{\text{Presupuesto teórico transcurrido (€)}} \cdot 100 \quad (4.9)$$

$$KPI_{2ACTlogísticaTN-MMPP} = \frac{\text{toneladas reales vendidas (kg)}}{\text{Presupuesto teórico transcurrido (kg)}} \cdot 100 \quad (4.10)$$

Con la determinación de estos indicadores se desea obtener información sobre si se está vendiendo el producto en base a la previsión de venta y si el coste de transporte va en relación con el presupuesto estimado inicialmente.

En referencia al transporte terrestre internacional, se determinan los indicadores de la misma manera que para el transporte marítimo, agrupando los clientes por países de entrega. Como ya se ha detallado para el transporte marítimo y terrestre nacional, los KPI se determinan en base al presupuesto teórico transcurrido y el coste del transporte y kilogramos de producto transportado a cierre de mes.

$$KPI_{1ACTlogística-TI€} = \frac{\text{Coste real logística terrestre (€)}}{\text{Presupuesto teórico transcurrido (€)}} \cdot 100 \quad (4.11)$$

$$KPI_{2ACTlogísticaTI-MMPP} = \frac{\text{toneladas reales vendidas (kg)}}{\text{Presupuesto teórico transcurrido (kg)}} \cdot 100 \quad (4.12)$$

En la siguiente Figura 18 se muestra el coste promedio (€/ton) del envío de producto a las diferentes provincias de España, en las cuales se ha realizado algún envío en los dos últimos años. Para elaborar el gráfico se ha empleado el mismo procedimiento que en la Figura 17 de logística marítima, las barras indican el coste promedio de envío para

cada provincia y en la parte superior de cada barra se indica la variación (%) del coste actual respecto el promedio calculado desde el año 2014 hasta la actualidad.

Las barras en color azul indican las provincias en las cuales ha habido una subida de precio respecto el promedio y las barras en color rojo las provincias donde el precio de transporte ha disminuido respecto el promedio.

La subida más destacada se da en la provincia de Huesca con aumentos de coste de transporte del 50%.

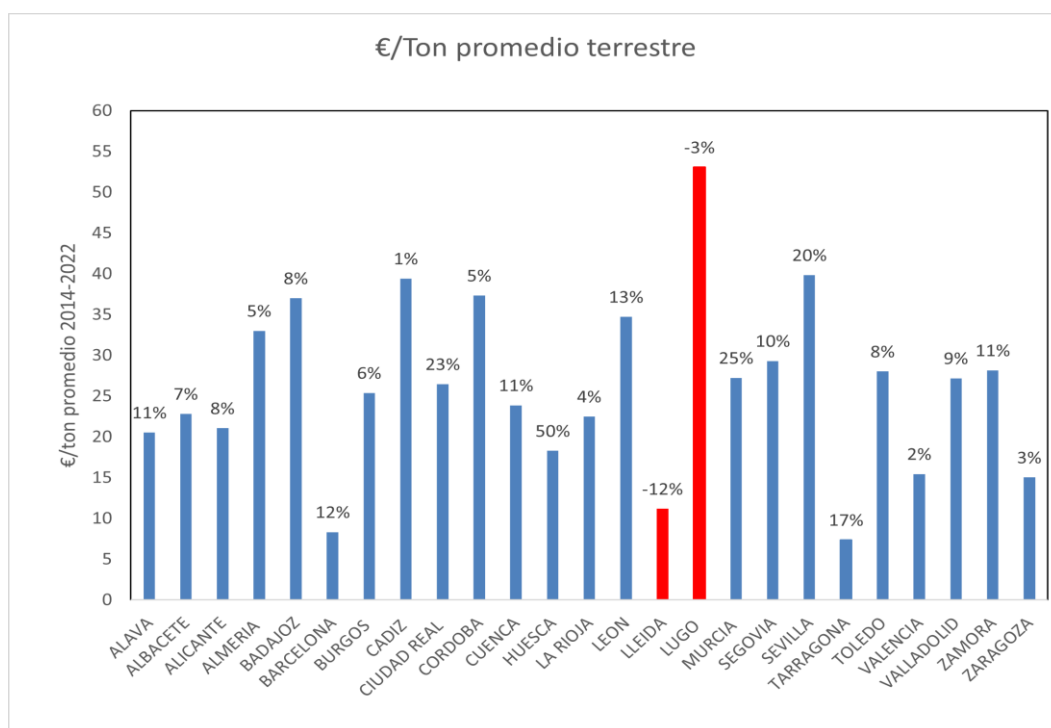


Figura 18. Histórico de €/ton promedio de transporte terrestre

4.3 Descripción de los KPI actuales del departamento de producción

El departamento de producción es el área de la empresa encargada de la transformación de las materias primas en productos finales. Los KPI de producción permiten determinar el rendimiento, la eficiencia y la eficacia de las operaciones de producción. De esta manera, permiten identificar factores negativos relacionados con la productividad y establecer medidas correctoras para optimizarlos con el objetivo de reducir los costes de fabricación y aumentar el rendimiento.

Los indicadores actuales que realizan el seguimiento de la producción son: el cálculo de ton/h, la determinación de las toneladas mensuales y totales fabricadas y la comparativa de los resultados obtenidos con los resultados de los años anteriores.

Para determinar el primer indicador de producción ($KPI_{1ACTproducción}$), inicialmente se determinan las toneladas fabricadas mensualmente y las horas totales trabajadas al mes, donde se tienen en cuenta los factores de bajas, absentismo laboral y horas extras realizadas.

$$KPI_{1ACTproducción} = \frac{\text{toneladas totales fabricadas (ton)}}{\text{horas totales trabajadas (h)}} \quad (4.13)$$

El resultado obtenido se compara con los resultados de los años anteriores para determinar variaciones en producción e identificar a qué son debidas. Es importante realizar la comparación con los datos del mismo mes, pero de años anteriores, puesto que, en verano, debido a las altas temperaturas y los riesgos asociados a las mismas, la productividad es inferior a los meses con temperaturas más bajas.

En la Figura 19 se muestra el seguimiento y la tendencia de las toneladas totales fabricadas mensualmente, para el año 2022 están actualizados los datos hasta el cierre del mes de julio. Como se puede observar en el gráfico, en el año 2022 se ha producido un incremento en las toneladas producidas durante el primer semestre del año respecto al histórico. Las altas producciones vienen favorecidas por la ampliación del turno de trabajo de lunes a sábados hasta su corte a finales de junio debido a la falta de suministro de materias primas.

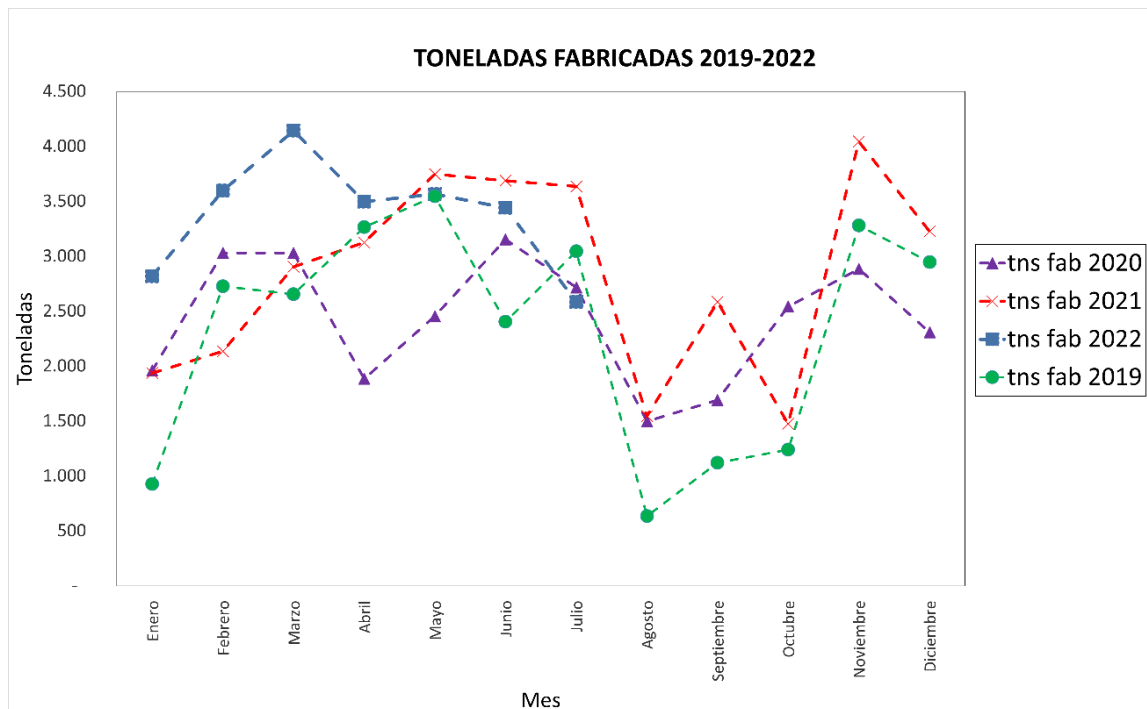


Figura 19. Toneladas totales fabricadas 2019-2022

En la Figura 20, se muestra el resultado del KPI_{1ACT} producción con el que se puede realizar el seguimiento de la productividad.

Como se puede observar, la productividad es inferior durante los meses más calurosos del año, debido a problemas con la estática asociadas a las altas temperaturas que impide, por motivos de seguridad, trabajar a altas velocidades. Adicionalmente, durante el mes de agosto se suele programar la parada de mantenimiento con una durada aproximada de 2-3 semanas.

También la productividad es inferior durante los meses de marzo, abril y mayo en que dependiendo del año es cuando se producen las elevadas precipitaciones. El azufre al mojarse genera problemas de adhesión a la maquinaria que hay que limpiar rápidamente para impedir que ocasione embozos.

Otros problemas que derivan en la disminución de la productividad son los problemas mecánicos, que en muchas ocasiones obligan a la parada del proceso para poder solucionar la avería.

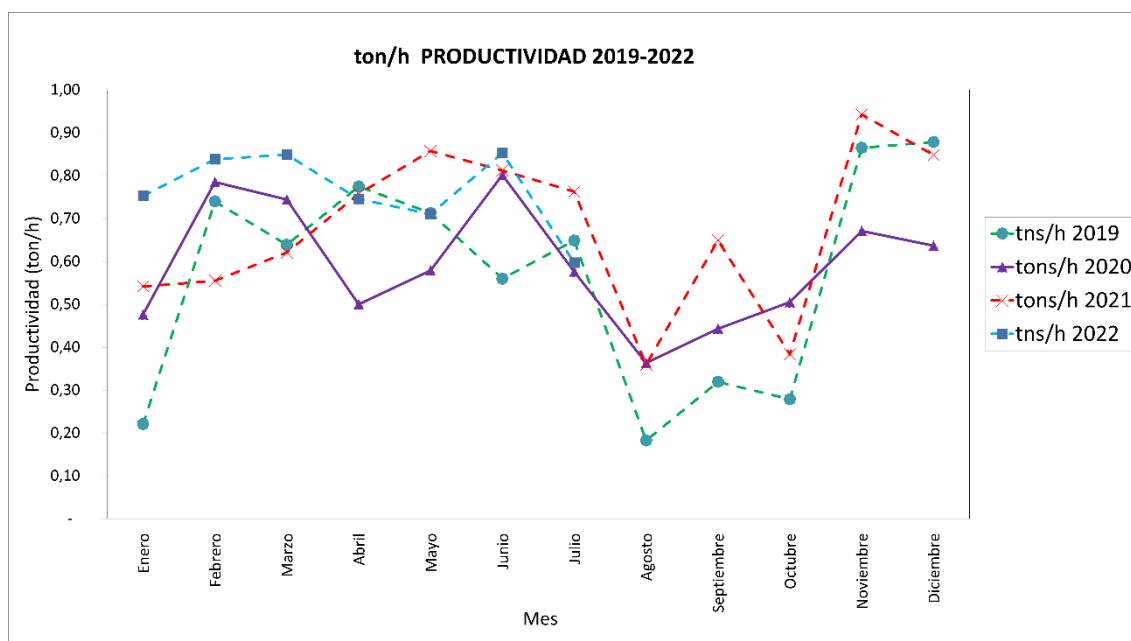


Figura 20. Ton/h fabricadas 2019-2022

Presentados los indicadores actuales establecidos para el departamento de Operaciones, se puede concluir que este año destaca por la gran subida de precios y por la baja disponibilidad de materia prima y de material de acondicionamiento, motivos que se repercuten en tener que obtener el producto con suficiente antelación y en determinados casos, hacerlo sin tener el precio de compra actualizado.

Esta problemática no afecta solamente al departamento de compras, sino que también repercute en otros departamentos de la empresa como es el departamento de producción. Este año se había planteado una reestructuración de los turnos de trabajo ampliando la jornada laboral a los sábados, pero al haber falta de suministro del azufre se tuvo que volver al horario habitual de lunes a viernes. Si la falta de materia prima se hubiera extendido en el tiempo se tendría que haber planteado parar la fábrica hasta que la situación hubiera vuelto de nuevo a la normalidad.

Por lo tanto, la finalidad principal en la generación de los cuadros de mando es poder disponer de toda la información actualizada y disponible de manera ordenada pudiendo anticiparse a situaciones de escasez y aumento de precio en los costes de los productos.

5. DEFINICIÓN Y MEJORA DE NUEVOS KPI

Una vez detallada la estrategia actual de cálculo de KPI para los diferentes subdepartamentos de operaciones y definidas las problemáticas con su determinación y la limitada capacidad de obtención de datos específicos, ya que únicamente permiten obtener una visión global del seguimiento del presupuesto, se procede a profundizar en la extracción de datos de los KPI actuales y a consolidar nuevos indicadores mediante la utilización de la herramienta de análisis de datos *Power BI*.

Esta herramienta permite gestionar los datos provenientes del ERP de la empresa y mostrar de manera personalizada (tablas, gráficos, etc) los indicadores e informes que se deseen con la información actualizada en el momento de la consulta de los datos. Adicionalmente, como se trata de una herramienta de Inteligencia Artificial permite detectar cuales son las tendencias de los datos y realizar predicciones sobre actividades de ventas.

Lo que se desea lograr con el uso del *Power BI* es poder mostrar en un cuadro de mando el seguimiento de los datos de cualquier departamento de la empresa de manera visual e intuitiva facilitando el control y la optimización de los resultados obtenidos. Los datos mostrados se analizarán mensualmente por el responsable del departamento de Operaciones y se presentarán al Consejo de Administración de la empresa. Es por ello, que la estructura definida en los cuadros de mando del departamento de Operaciones ha sido la solicitada por el responsable del departamento atendiendo a las necesidades de la empresa.

5.1. Definición y mejora de nuevos KPI en el departamento de compras

En el apartado 4.1 del proyecto se ha detallado el procedimiento a seguir para la determinación de los indicadores actuales de compras, proceso realizado manualmente a partir de datos generales que permiten obtener una visión global del seguimiento del presupuesto.

A partir de los datos obtenidos se presenta mensualmente un informe al Consejo de Administración que contiene los datos y las conclusiones obtenidas sobre el estado del seguimiento del presupuesto.

La principal limitación que presenta este método es la realización del seguimiento grosso modo, es decir, que se detalla únicamente cuál es el coste de las compras realizadas y los kilogramos de materia prima adquiridos hasta el momento de la elaboración del

informe y se determina cual es la desviación que se presenta respecto el presupuesto, obteniendo una visión global de la situación. Únicamente el responsable del seguimiento de las operaciones realizadas tiene conocimiento sobre a qué son debidas las principales desviaciones del presupuesto y puede analizarlo y obtener conclusiones cuantificables.

Generalmente, las principales desviaciones que se dan hoy en día en el presupuesto vienen dadas por la gran escasez de las materias primas a nivel mundial, donde este factor se ve repercutido en un aumento considerable de los costes de adquisición de los productos.

Con el objetivo de realizar un análisis más exhaustivo del seguimiento de las compras efectuadas en el transcurso del año, se ha analizado qué datos e indicadores son necesarios para poder realizar el estudio. Como ya detallado, estos valores se mostrarán en la herramienta *Power BI*, la cual recogerá los datos directamente del ERP de la empresa para disponerlos actualizados en el momento de la consulta. Esta herramienta permite mostrar toda clase de datos en forma de tablas, gráficos y resultados de indicadores determinados.

Inicialmente para el análisis de compras, se muestran de manera global los datos de las compras efectuadas en el transcurso del año. Lo que se desea en esta primera vista es obtener un conocimiento total de la situación de la empresa en el desarrollo de las compras. Con el objetivo de poder profundizar en el análisis y obtener conclusiones más detalladas sobre los datos de compras, inicialmente se muestra una vista general donde se muestran los datos organizados en seis categorías de productos: materia prima, producto acabado, envase, material de acondicionamiento, etiqueta y semielaborado. Para poder mostrarlo, en la parte superior del *dashboard* se muestran las unidades totales adquiridas en 2022 y el coste total de estas compras efectuadas. Estos valores nos permiten tener el conocimiento general del volumen de compras de la empresa, pero para poder cuantificarlo y obtener información adicional sobre el seguimiento, se establecen dos indicadores, mostrados también en la parte superior del cuadro de mando, que permiten determinar de manera general como está transcurriendo el presupuesto establecido al inicio del año y poder detectar desviaciones.

El primer indicador propuesto ($KPI_{1PROPcompras-\text{€}}$) realiza la comparativa de las compras totales efectuadas respecto el presupuesto de compras transcurrido en euros para el período de tiempo en que se realiza la consulta. El resultado mostrado es el porcentaje del seguimiento de las compras transcurridas. Este indicador generalmente puede tener dos rangos de resultados: KPI con valores inferiores al 100% el cual establece que no se

ha llegado a cumplir el presupuesto establecido y KPI con valores superiores al 100% que determina que las compras efectuadas están sobrepasando el presupuesto inicial.

$$KPI_{1PROPcompras-\text{€}} = \frac{\text{compras efectuadas (€)}}{\text{Presupuesto de compras transcurrido (€)}} \cdot 100 \quad (5.1)$$

El segundo indicador ($KPI_{2PROPcompras-MMPP}$) se determina de la misma manera que el primero, pero en lugar de cuantificar los euros consumidos en el transcurso del año cuantifica los kilogramos/unidades adquiridas.

$$KPI_{2PROPcompras-MMPP} = \frac{\text{comprasefectuadas (kg)}}{\text{Presupuesto de compras transcurrido (kg)}} \cdot 100 \quad (5.2)$$

Estos dos primeros indicadores permiten detectar las principales desviaciones en el presupuesto. Se pueden dar dos casos similares en que ambos indicadores sean superiores o inferiores al 100%, lo cual podría indicar que una mayor o menor compra de producto se traduce en un mayor o menor gasto de capital, siguiendo la tendencia del presupuesto de compras definido. En caso contrario, se puede dar el caso de detectar desviaciones en los indicadores en sentido opuesto, es decir que uno de ellos sea inferior al 100% y el otro superior o viceversa, en este caso habría que analizar detalladamente a qué son debidas estas desviaciones, puesto que podrían significar que se está adquiriendo, por ejemplo, menor producto a un precio superior al presupuestado.

Seguidamente, en la parte central de la vista se muestra una tabla con las compras totales efectuadas por categoría y producto (Figura 21).

Compras producto por proveedor comparativo año anterior								
tipoArt	Uds	Precio (€/ton)	Compra EUR	% Total	Precio LY (€/ton)	Compra LY	Preu_var (€/ton)	%var
<input type="checkbox"/>	166,6	88,83	14.797	0,11%	0,00		88,83	0,00
<input type="checkbox"/> Envase	1.073,7	508,52	546.018	3,97%	385,60	224.245	122,92	31,88 ↑
<input type="checkbox"/> Etiqueta	270,0	161,03	43.472	0,32%	118,00	9.986	43,03	36,46 ↑
<input type="checkbox"/> Materia Prima	29.184,1	368,32	10.749.203	78,23%	170,10	3.999.670	198,22	116,53 ↑
<input type="checkbox"/> Material Acondicionamiento	207,1	2.051,43	424.826	3,09%	1.631,70	202.308	419,73	25,72 ↑
<input type="checkbox"/> Producto Acabado	2.498,3	782,85	1.955.820	14,23%	652,60	1.555.658	130,25	19,96 ↑
<input type="checkbox"/> Semielaborado	96,4	75,00	7.230	0,05%	0,00		75,00	0,00
Total	33.496,2	410,24	13.741.365	100,00%	224,50	5.991.867	185,74	82,73

Figura 21. Tabla compras totales efectuadas por categoría. Ampliación vista general *dashboard* de compras propuesto

En esta vista global de la tabla se definen las características de compra por categoría, y al seleccionar el botón de desplegar se muestra el listado de compra detallado de cada

producto desglosado por proveedor. En la Figura 22 se muestra la tabla detallada para la materia prima MP-0001 correspondiente al azufre refinado industria.

Compras producto por proveedor comparativo año anterior							
tipoArt	Uds	Precio (€/ton)	Compra EUR	% Total	Precio LY (€/ton)	Compra LY	Preu_var (€/ton)
Etiqueta	270,0	161,03	43.472	0,32%	118,00	9.986	43,03
Materia Prima	29.184,1	368,32	10.749.203	78,23%	170,10	3.999.670	198,22
MP-0001	28.141,2	340,02	9.568.571	69,63%	162,40	3.699.078	177,62
PROVEEDOR 1	1.546,7	377,08	583.223	4,24%	178,40	327.973	198,68
PROVEEDOR 2	11.735,3	368,34	4.322.541	31,46%	195,30	1.248.057	173,04
PROVEEDOR 3	9.056,3	330,06	2.989.107	21,75%	133,10	1.739.941	196,96
PROVEEDOR 4	2.652,9	411,97	1.092.912	7,95%	259,70	383.107	152,27
PROVEEDOR 5	3.150,0	184,38	580.787	4,23%	0,00		184,38
MP-0002	200,5	2.040,18	409.014	2,98%	1.151,40	168.798	888,78
Total	33.496,2	410,24	13.741.365	100,00%	224,50	5.991.867	185,74

Figura 22. Tabla compras totales efectuadas categoría materia prima producto MP-0001 azufre refinado industria. Ampliación vista general *dashboard* de compras propuesto

Las columnas incluidas en esta tabla se definen a continuación:

- Representación de las unidades totales adquiridas. Para las compras de materia prima, producto acabado y semielaborado se muestra en toneladas de producto y para el material de acondicionamiento como son los envases, etiquetas y material de acondicionamiento se detalla en unidades de producto.
- Seguidamente, se detalla el precio medio (€/ton) de compra de estos productos durante el año 2022 y el coste total (€) que representan estas compras.
- En la siguiente columna, se muestra el porcentaje de compra que representa este producto respecto las compras totales efectuadas en el transcurso del año. Esta columna es muy útil para detectar qué productos son los que tienen un mayor peso en el presupuesto.
- Para poder realizar la comparativa del estado del seguimiento de las compras efectuadas, se determina en las columnas “Precio LY” y “Compra LY” que representan el coste y las unidades compradas en el año 2021. A partir de estos valores, se determina la variación del precio actual respecto al anterior (indicador $Preu_{PROPvar}$), por ejemplo, para el caso del azufre refinado industria:

$$Preu_{PROPvar} = Precio_{2022} - Precio_{2021} = 340,55 - 159,10 = 181,45 \text{ €/ton} \quad (5.3)$$

El cálculo de este parámetro determina que el precio medio de compra del azufre del año actual respecto el año anterior tiene un incremento de 181,45 €/ton.

Finalmente, se determina qué % de variación representa esta diferencia de precio entre el año actual y el año anterior:

$$\%var_{PROP} = \frac{340,55-159,10}{159,10} \cdot 100 = 114,05\% \quad (5.4)$$

Para este cálculo concreto, se estaría indicando que se ha producido un encarecimiento del 14% en el coste de compra del azufre de este año respecto al año anterior.

Adicionalmente, se ha añadido al lado del porcentaje de variación una flecha roja señalando hacia arriba para destacar que respecto el año anterior se ha producido una subida de precio y en el caso contrario, cuando se trata de una disminución del precio de compra respecto el año anterior, la flecha señala hacia abajo y se muestra de color verde. Este icono permite conocer la tendencia del precio actual respecto al del año anterior de una manera visual.

En la definición inicial del *dashboard* de compras, para facilitar su montaje y empezar a optimizar la vista y los datos que se desean mostrar, se ha realizado la comparativa de los valores actuales respecto los valores de compras reales del año pasado. Para poder realizar un correcto seguimiento, idealmente se realizará la comparativa respecto el presupuesto establecido para el año en curso y no respecto los valores obtenidos en el año anterior, puesto que al realizar la comparativa respecto el presupuesto si se tienen en cuenta posibles desviaciones en el precio, ya que se realiza una estimación del precio del producto en función de su tendencia y permite obtener datos de indicadores más reales y ajustados. Por ejemplo, se ha definido anteriormente el precio medio de compra del azufre del año anterior y se ha comparado con el precio medio actual obteniendo una diferencia de aproximadamente 180 €/ton. Considerando el gran volumen de compras que se da para esta materia prima la cual es superior al 60% del presupuesto total anual, se pueden establecer desviaciones muy significativas en el capital invertido en su compra, lo cual estaría informando de falsos resultados al realizar la comparativa con datos obsoletos. En este punto se puede observar la importancia que radica en establecer un correcto presupuesto de compras, para que los datos obtenidos al determinar los indicadores sean lo más reales posibles y permitan obtener información más relevante en su determinación. Adicionalmente, aunque los indicadores se calculen en base al presupuesto de compras establecido, se mostrarán igualmente los datos de las compras efectuadas en el año anterior en la tabla central por si se desean consultar en algún momento para determinar, por ejemplo, si se está siguiendo la tendencia de compra anual.

En la parte inferior de la vista se presenta un gráfico de barras que muestra las compras efectuadas en el período de tiempo deseado (€ o kg) y en la parte superior de la barra se indican las unidades totales adquiridas o el coste total de las compras realizadas. En la parte superior del gráfico se han situado dos botones dando la opción de mostrar en el gráfico los datos en euros o kilogramos. Este gráfico que tiene la opción de ampliarse mostrándose en una pestaña única, permite mostrar los resultados en un período de tiempo anual, trimestral y mensual. En la Figura 23 se muestra el gráfico de barras para el período trimestral (€) y en la Figura 24 para el período mensual (€), ambos gráficos correspondientes a la compra de azufre refinado industria.

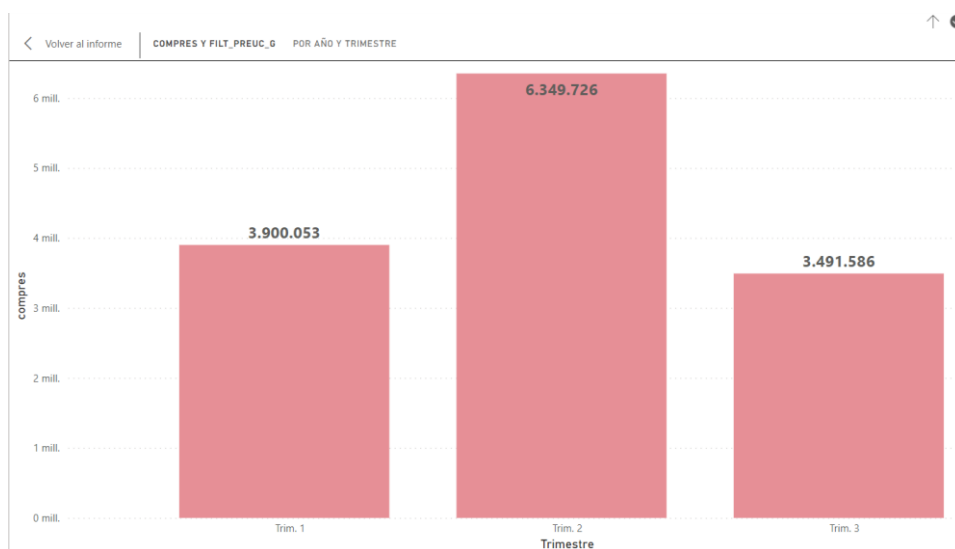


Figura 23. Gráfico de barras mostrando las compras trimestrales (€) de azufre refinado industria realizadas en el año 2022. Ampliación vista general *dashboard* de compras propuesto

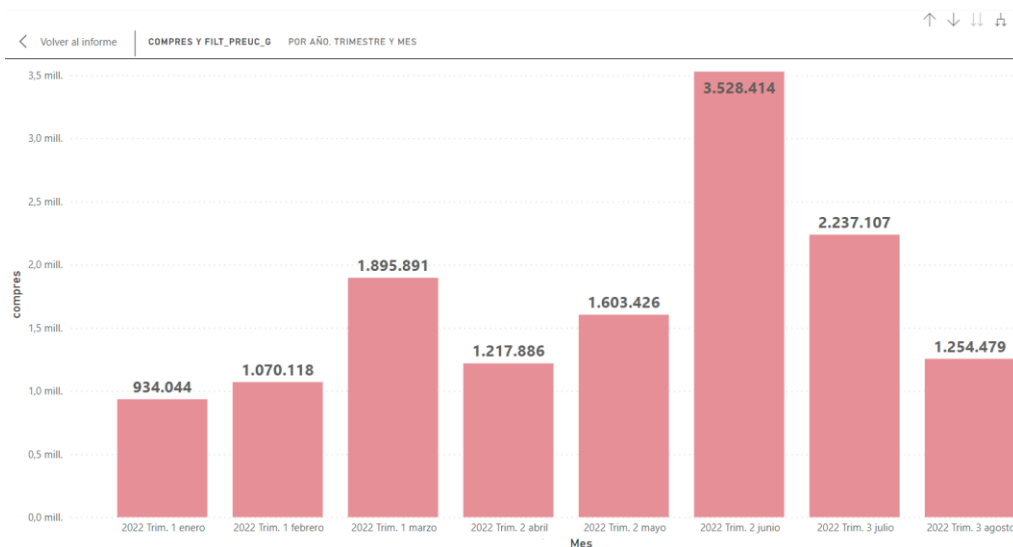


Figura 24. Gráfico de barras mostrando las compras mensuales (€) de azufre refinado industria realizadas en el año 2022. Ampliación vista general *dashboard* de compras propuesto

A continuación, en la Figura 25, se presenta la vista general del *dashboard* de compras definido por categoría de producto y en la Figura 26 la vista general seleccionando la categoría de materia prima (por motivos de confidencialidad los valores mostrados no se corresponden con los valores reales y se muestran únicamente a modo de ejemplo para la explicación del *dashboard* de compras).

Como se puede observar, en la Figura 25 se muestra una vista general donde aparecen las diferentes categorías de compra y los datos mostrados en los indicadores y gráficos pertenecen a todas las compras realizadas en el año en curso. En la Figura 26, sin embargo, al seleccionar la categoría materia prima, se muestran los datos actualizados para las materias primas adquiridas en el año 2022.



Figura 25. Vista general del *dashboard* de compras propuesto



Figura 26. Vista general del dashboard de compras propuesto al seleccionar la categoría materia prima

Adicionalmente, con el uso de la herramienta *Power BI*, se puede determinar qué peso económico tiene cada materia prima en el presupuesto, puesto que de esta manera se podrán determinar de donde pueden surgir las grandes desviaciones. Como ya se ha detallado, esta herramienta está directamente conectada con la ERP de la empresa por lo que se transfiere de manera directa los datos de cada compra realizada.

El procedimiento seguido para la entrada de estos datos en el ERP parte de un pedido inicial de compras donde se especifica el producto deseado, la cantidad, el precio de compra y la fecha requerida de entrega con la previa confirmación de las condiciones de compra por parte del proveedor. Una vez se ha recibido el producto deseado, se realiza la entrada del albarán a partir del pedido de compra en el sistema donde se verifica el producto, la cantidad y el precio de compra. Esta información es la que se traspasará al *Power BI* y que por lo tanto permitirá realizar un seguimiento detallado del presupuesto.

A partir de la entrada de todos los albaranes de compra, se obtiene qué productos son los que tienen un mayor impacto en el presupuesto de compra. La ley de Pareto conocida como la regla del 80-20, indica que el 20% de los artículos representan el 80% del volumen de compra. Para determinar qué productos son los que tienen un mayor volumen en el presupuesto se determina el importe de compra de cada producto, que se muestra en la columna % total, y a continuación, se determina qué porcentaje de compra representa sobre la valoración del stock total. Finalmente, se determina el porcentaje acumulado de todos los artículos. Esta información se mostrará en una nueva columna de la tabla donde se realice el sumatorio del porcentaje de compra acumulado.

A partir de la determinación de los artículos que representan el 80% se puede analizar si se puede optimizar la obtención de estos recursos ya que podrían disminuir considerablemente el presupuesto de compras.

Para mostrar visualmente en *Power BI* los productos que tienen un mayor importe en el presupuesto, se ha propuesto utilizar la siguiente vista de distribución de productos por importe (Figura 27), donde se muestra un recuadro por producto dentro de cada categoría y donde su tamaño indica el peso que tiene cada artículo sobre el presupuesto. Por ejemplo, el azufre refinado dentro de la categoría de materias primas es la compra que tiene un mayor impacto por importe y, por lo tanto, se muestra con un mayor tamaño en comparación con los otros productos. En la parte inferior izquierda se muestra el coste total de obtención de la respectiva materia prima en el período de enero a junio de 2022.

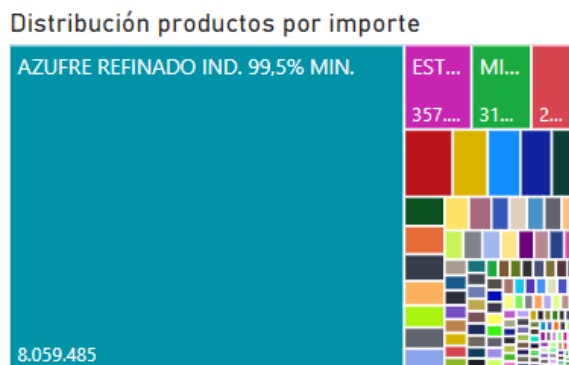


Figura 27. Distribución de las materias primas adquiridas por importe. El tamaño del recuadro indica el porcentaje de compra (€) correspondiente

Otra función que se ha habilitado en la herramienta *Power BI* debido a las necesidades surgidas para el análisis del presupuesto de compras, y que a diferencia de la anterior determinación de los indicadores de compras no se realizaba, es la realización del estudio del presupuesto individualizado para cada producto.

Al seleccionar en la tabla o en la vista de la distribución productos por importe un artículo concreto se pueden mostrar los detalles de sus compras realizadas. Estos datos se pueden mostrar para el período del año deseado.

En la Figura 28, se muestra un ejemplo de esta vista para la materia prima azufre refinado:

- En la parte superior se indica, de izquierda a derecha, las toneladas totales adquiridas en 2022, el coste total que ha supuesto estas compras, el precio medio de compra (€/ton), el precio máximo al que se ha adquirido (€/ton) y el precio mínimo (€/ton).
- En la parte superior derecha se muestra la variación de precio que tiene el producto en comparación con el coste del mes anterior. Las barras de color verde y rojo indican el €/ton de diferencia de precio. Este gráfico permite obtener de manera visual y numérica (puesto que encima de la barra se identifica que subida de precio representa) la tendencia de coste que presenta el producto y permite valorar su adquisición en cuanto a cantidad y plazo de entrega. En color verde se indican subidas de precio respecto el mes anterior, y en color rojo se representan los costes que han disminuido. Finalmente, en la parte final del gráfico, en color azul, se muestra cual ha sido la desviación total del coste de compra en el acumulado del año. Los valores positivos indican una subida de precio y los costes negativos una bajada.

- En la parte inferior de la vista se muestra en un diagrama de columnas las toneladas totales adquiridas cada mes y en color rojo se muestra el precio de compra de esta materia prima. Este tipo de gráfico es muy útil puesto que permite visualizar cual es la tendencia del precio de la materia prima y permite establecer prioridades en la compra de productos. Para el azufre se observa una subida continua mes a mes con un incremento considerable en el mes de mayo, que se estabiliza y produce una pequeña bajada en el mes de junio. Como ya se ha detallado, este gráfico se puede adaptar a las necesidades de tiempo deseadas, pudiendo mostrar el precio del producto por año, trimestre, mensualizado y diario.
- En la parte inferior derecha se muestran visualmente los diferentes proveedores que comercializan la materia prima y en qué grado lo hacen, adicionalmente en la tabla se encuentra detallado el porcentaje de compra que aplica a cada proveedor.

Además, se ha habilitado una opción que permite mostrar en una nueva ventana el análisis detallado de las compras realizadas por producto y proveedor. Esta vista muestra la tendencia del precio de las compras realizadas en un período de tiempo fijado (anual, trimestral, mensual, diario). En la Figura 29, se muestra un ejemplo de las compras mensuales realizadas del azufre refinado industria. La vista se separa en dos partes; la primera, en la parte superior muestra en un gráfico la tendencia de los precios de compra en el tiempo por proveedor. Al cierre del mes se muestra en un punto del color correspondiente del proveedor el precio de compra en €/ton. En la parte inferior de la vista, se muestra un gráfico de barras donde se indica en diferentes colores, asociados a proveedores, la cantidad adquirida por mes a cada proveedor.

Esta vista permite determinar la tendencia del precio del producto en el tiempo y analizar en qué momento se debe realizar la compra. Además, se realiza la tendencia por proveedor, de tal manera que, se identifican los precios de compra que ofrece cada uno, facilitando la toma de decisión previa a la compra.

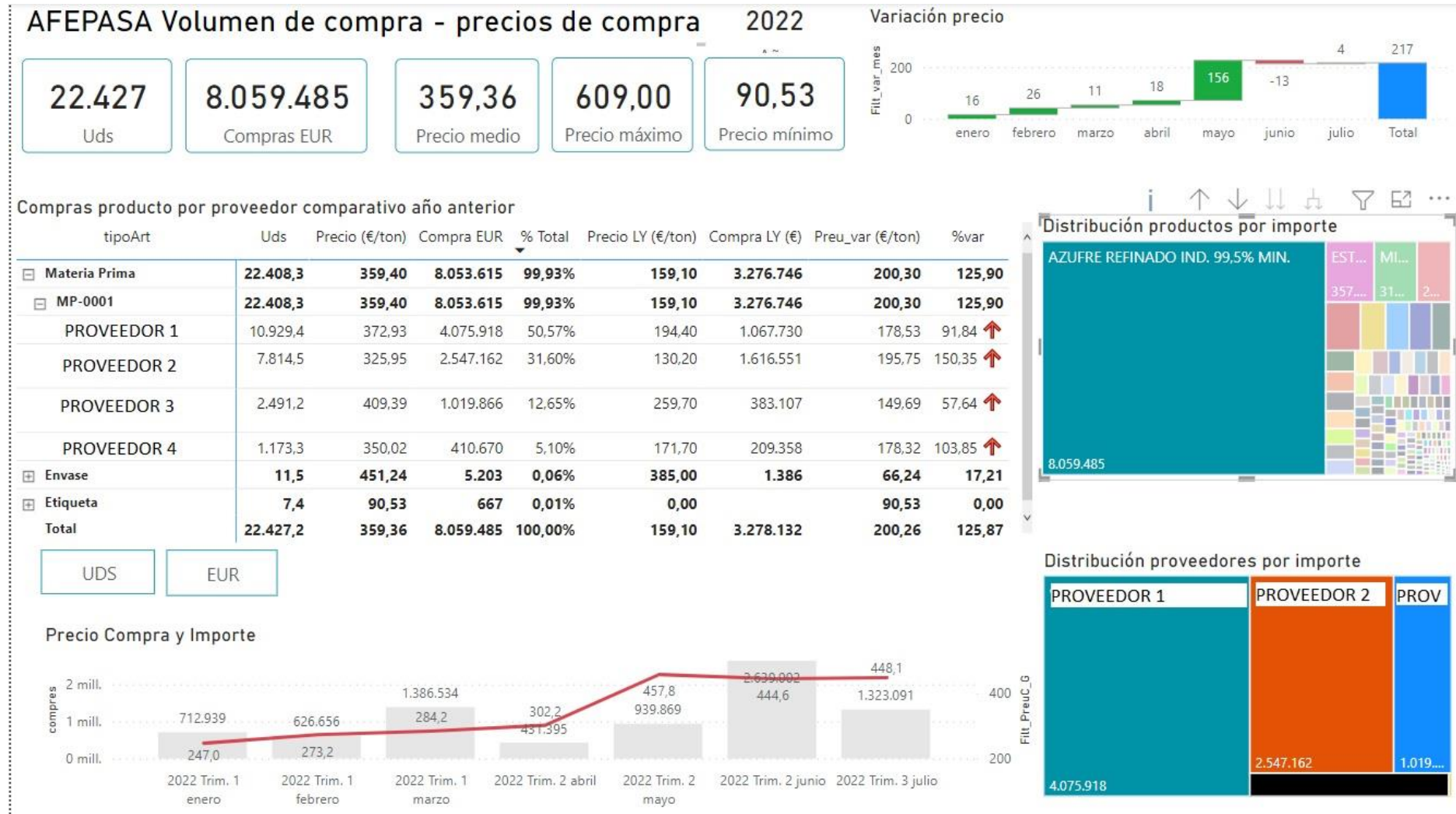


Figura 28. Vista *dashboard* de compras propuesto para el análisis de la materia prima Azufre refinado industria 99,5%

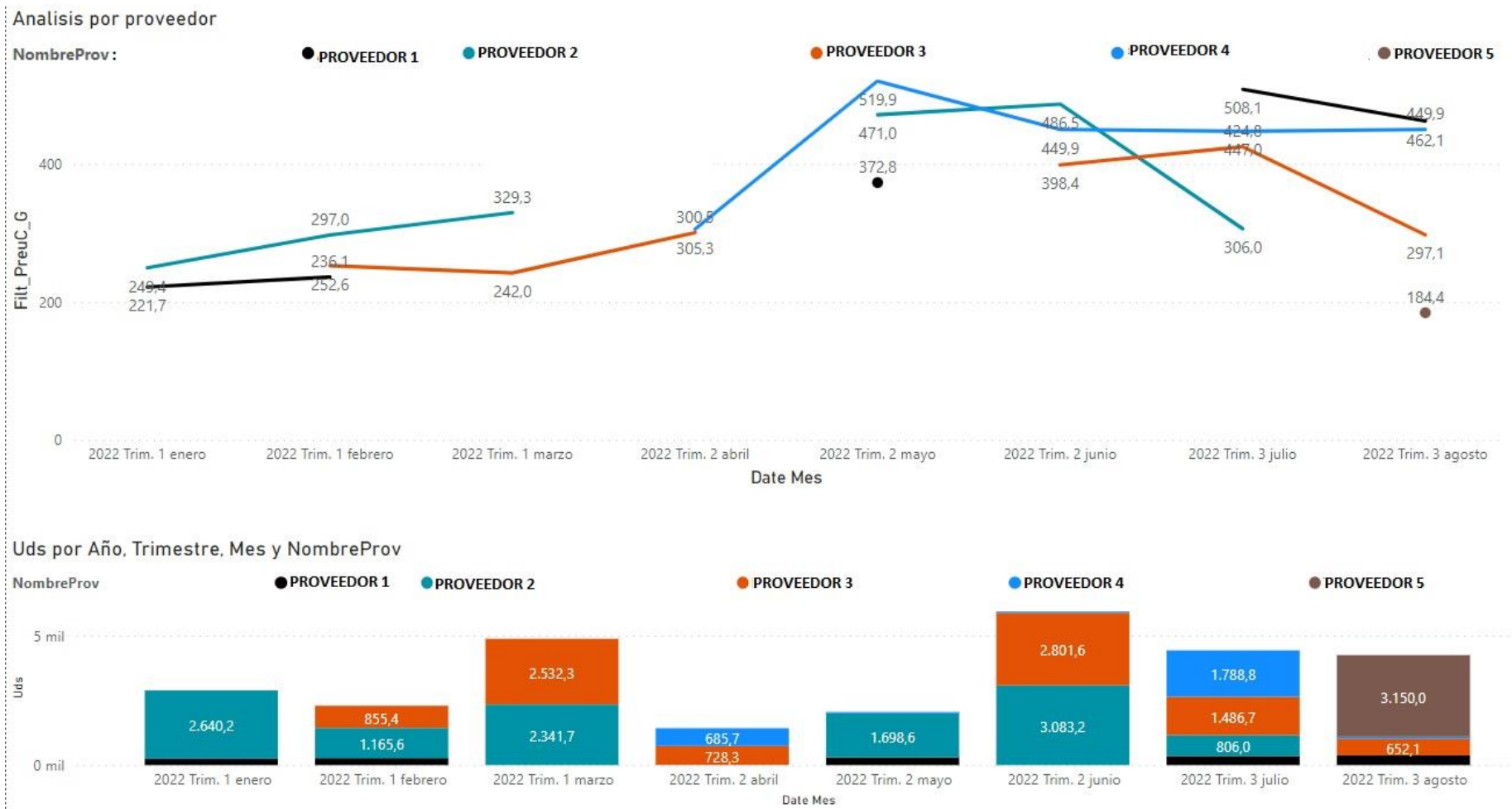


Figura 29. Vista adicional *dashboard* de compras propuesto para el análisis de la materia prima Azufre refinado industria 99,5% detallado por proveedor

Se observa en la Figura 29 la situación alcista del precio de compra de las materias primas, en este caso concreto del azufre refinado industria. En el mes de enero el precio de compra se situaba entorno los 210 €/ton, y tras un aumento considerable se situaba entre mayo y junio a 480-500 €/ton. En el tercer trimestre del año se observa una disminución del coste.

Con la incorporación de este gráfico en la herramienta *Power BI* se desea poder tener el control sobre los precios de compra de los diferentes productos y poder determinar cuál es el mejor momento de compra y con qué proveedor se debe realizar la operación.

Además, se puede observar en el gráfico inferior, la escasez de producto en los meses de abril y mayo que repercutieron en la cancelación del nuevo turno de trabajo de lunes a sábado por falta de materia prima.

Definitivamente esta herramienta destaca por la facilidad de uso para la revisión de los datos deseados. Permite realizar un análisis general de todas las categorías englobadas en el presupuesto de compras e ir profundizando en función del grado de detalle precisado. Los gráficos mostrados tanto en la parte inferior, como en la parte derecha de la vista se actualizan constantemente a partir del filtro seleccionado, tanto por unidad de tiempo como por categoría y producto.

Adicionalmente, si se desea obtener información más detallada sobre las compras efectuadas para un producto concreto, la herramienta *Power BI*, se ha diseñado para que permita consultar en otra pestaña las facturas recibidas en las cuales además del importe total del producto y la cantidad recibida se puede obtener otra información de interés como por ejemplo la fecha de recepción del producto y el coste en €/ton.

Una vez se han definido las vistas propuestas para los *dashboards* del departamento de compras y detallados los diferentes campos mostrados, se puede estudiar qué indicadores actuales se mantienen y cuales se proponen para su incorporación dentro de la herramienta *Power BI*.

Los indicadores iniciales detallados en la vista general del *dashboard* representan de manera global el seguimiento del presupuesto de compras y el volumen total de las compras efectuadas. Estos KPI se mantienen respecto a la determinación manual puesto que permiten obtener los primeros datos genéricos del desarrollo del presupuesto de compras.

Seguidamente, se ha mostrado en una tabla las características detalladas de compra específica de cada producto, que, a diferencia de la determinación actual, permite obtener datos detallados y concretos sobre la compra de los diferentes productos. Adicionalmente,

permite obtener información sobre las compras realizadas a los diferentes proveedores y qué diferencias de precio y volumen se dan entre ellos, pudiendo establecer prioridades ante la compra del producto.

Se ha diseñado la vista del cuadro de mando mostrando los precios mínimos, medios y máximos de compras reales de un producto determinado y se ha añadido un gráfico que muestra la tendencia del coste y permite realizar el análisis detallado de compra por proveedor. Este método de visualización de la información es muy importante ya que permite establecer el plan de compra de producto y anticiparse a situaciones de subidas considerables de precio que afectan directamente al presupuesto de compras.

En definitiva, el objetivo de este cuadro de mando de compras es disponer de una herramienta con todos los datos actualizados que permita realizar un análisis exhaustivo de las diferentes compras realizadas y que permita obtener una visión de futuro específica para los diferentes productos, identificando donde se podrían obtener posibles ahorros en su adquisición y ajustar al máximo el presupuesto real respecto al presupuesto establecido al inicio del año.

5.2. Definición y mejora de nuevos KPI en el departamento de logística

La necesidad de generación de un cuadro de mando que permita controlar de manera exhaustiva el presupuesto viene dada principalmente por las grandes e históricas subidas de precio en los fletes marítimos y en el transporte por carretera.

El encarecimiento de la gasolina, que afecta directamente al transporte, es el principal factor que influye en el sobrecoste entre el año actual y los años anteriores y que viene dada por el presente contexto político internacional y el continuo aumento de precio del barril de petróleo.

Es de suma importancia disponer de los datos actualizados sobre los diferentes envíos de productos a los clientes y detectar desviaciones significativas a tiempo para no incurrir negativamente en el presupuesto establecido para este departamento.

Se ha definido un cuadro de mando general que engloba la logística marítima y la logística terrestre en una única vista. Esta opción permite obtener datos globales sobre el seguimiento del presupuesto y a posteriori explorar en profundidad las diferentes escalas del proceso como son la categoría de exportación internacional y nacional, los países y provincias donde se genera la venta y su correspondiente transporte y por último mostrar los clientes finales y las características del envío.

La metodología seguida para establecer el *dashboard* de logística es similar a la de compras donde en la parte superior se especifican los indicadores con los datos más relevantes y que ofrecen la información deseada sobre el seguimiento de la categoría, en la parte central se muestra una tabla con la información detallada y en la parte inferior y lateral derecha se muestra de manera visual los datos que se desean destacar por su importancia. En la Figura 30 se muestra la vista propuesta del cuadro de mando del departamento de logística donde los datos proporcionados se detallan para todos los envíos realizados durante el año 2022, de tal manera, que los indicadores mostrados se determinan para los datos globales sin entrar en detalle sobre las categorías de envío disponibles. Seguidamente se realizará la explicación de toda la información disponible en el cuadro de mando.

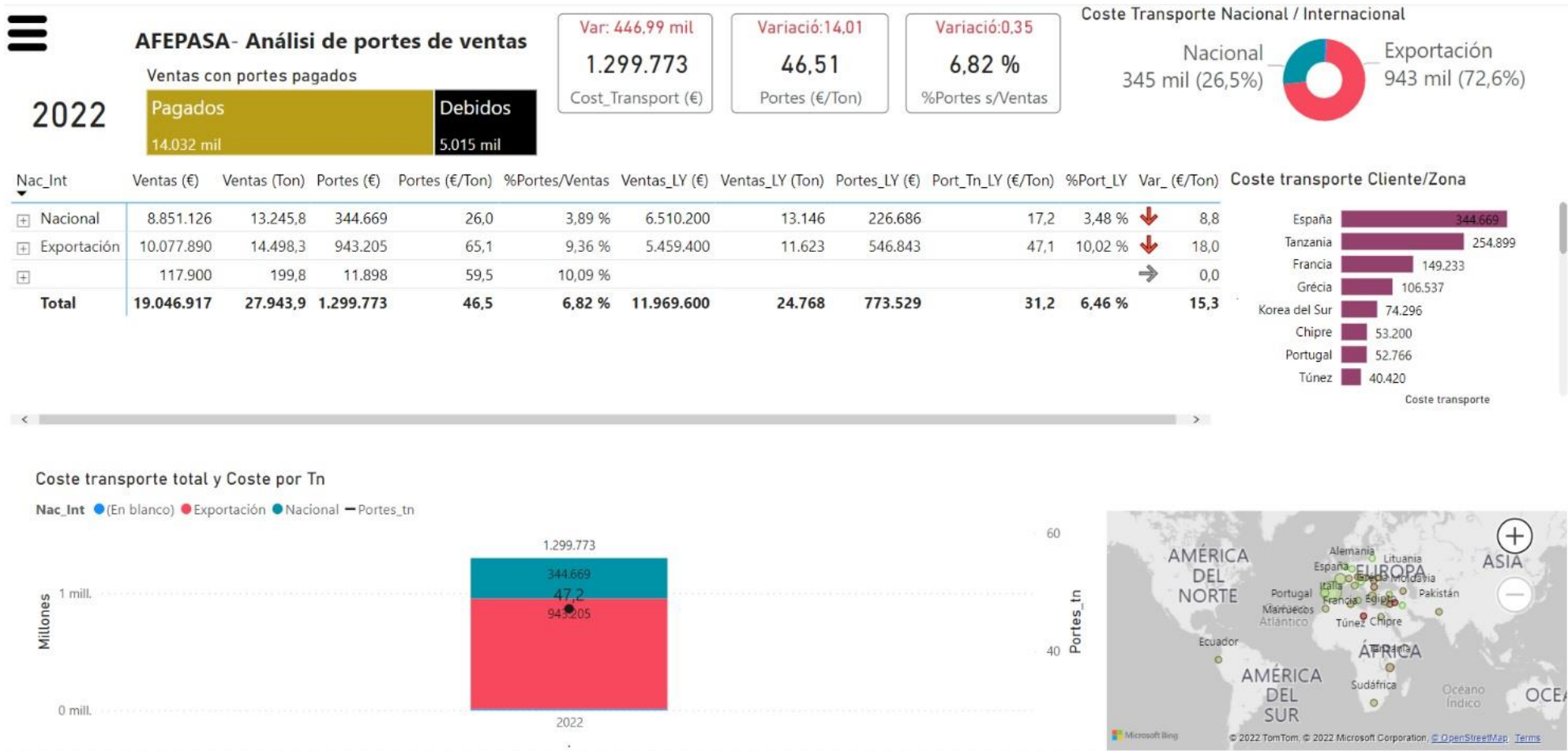


Figura 30. Vista general del dashboard de logística marítima y terrestre propuesto

Los indicadores propuestos para la logística marítima y terrestre y que permiten tener datos reales sobre el seguimiento del presupuesto se muestran en la parte superior de la vista y son el coste total de transporte (€), el coste de transporte por tonelada (€/ton) y el indicador que muestra cual es el impacto que tiene el transporte sobre la venta final del producto (%). Este último indicador muestra el porcentaje que representa el transporte sobre la facturación, es decir, que si el indicador tiene un valor de 6,82% indica que para una hipotética venta de 100 €/ton el importe total del transporte para esta operación es de 6,82 €/ton. Este indicador se determina de la siguiente manera:

$$KPI_{PROP-\% \text{ portes/ventas}} = \frac{\text{Venta producto (€)}}{\text{Coste envío del producto (€)}} \cdot 100 \quad (5.5)$$

Estos indicadores permiten conocer el coste real que supone la logística en el presupuesto de la empresa, realizar el estudio de cuál es el coste por tonelada que supone la venta para los diferentes países de entrega y finalmente determinar qué impacto tiene el transporte en el precio final del producto. Es de suma importancia realizar una correcta gestión de los costes para detectar posibles desviaciones que afecten directamente sobre los márgenes de la empresa y poder tomar decisiones estratégicas sobre el precio de venta de los productos. Tras hablarlo con el responsable de departamento se fija que el valor máximo que puede darse en este indicador antes de tomar una decisión sobre las características de la venta es del 15%. Una vez se alcanza este valor o superior en la determinación de este indicador, se debe analizar qué factores se pueden optimizar para disminuir el impacto que tiene el transporte en la venta del producto. Algunas de las medidas que se pueden aplicar son la búsqueda de nuevos transitarios que ofrezcan precios de transporte más competitivos, aunque es una medida difícil de conseguir puesto que los costes que se ofrecen son similares entre diferentes compañías de transporte, negociar con el cliente la venta de productos con incoterms¹ en los cuales sea el mismo comprador el responsable de gestionar el transporte del producto y finalmente, repercutir directamente el precio del transporte en el precio final de venta del producto.

En la parte superior de la vista donde se muestran los 3 indicadores detallados, en letra de color rojo, se muestra la variación que hay entre los datos reales de transporte para el año en curso y los datos presupuestados al inicio del año. Estos indicadores

¹ Incoterm: Reglas internacionales aceptadas por los gobiernos y partes involucradas en el transporte internacional de mercancías

permiten obtener información sobre el grado del seguimiento del presupuesto de manera global, puesto que posteriormente, al analizar los datos se pueden determinar las conclusiones sobre las posibles desviaciones dadas. En la Figura 31 se muestran los tres indicadores propuestos para el departamento de logística.



Figura 31. Indicadores propuestos mostrados en la parte superior de la vista. En color rojo se indica la diferencia de los datos reales respecto los presupuestados

Adicionalmente se dispone de un indicador en la parte superior de la vista que muestra un gráfico de barra horizontal (Figura 32) que representa en color oro las ventas con portes pagados y en color negro las ventas con portes debidos y se muestran sus valores reales en la parte inferior del recuadro. Los portes pagados hacen referencia a los portes que corren a cargo de AFEPASA y los portes debidos son los portes de transporte los cuales se hace cargo el propio cliente al gestionar él mismo la recogida del producto en las instalaciones del proveedor. Estos datos se extraen también del ERP de la empresa, puesto que el comercial al entrar el pedido de venta establece como se debe gestionar el envío del producto.

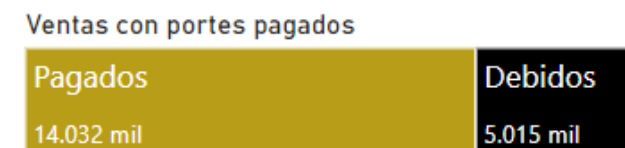


Figura 32. Indicador propuesto mostrados en la parte superior de la vista. En color oro las ventas con portes pagados y en negro las ventas con portes debidos

En la parte lateral superior derecha, se muestra en un gráfico circular (Figura 33) que representa qué porcentaje del coste total de transporte (€) que asume la compañía aplica al transporte nacional y cual a la exportación. Este gráfico permite determinar de qué manera se reparte el presupuesto de la logística de la empresa.

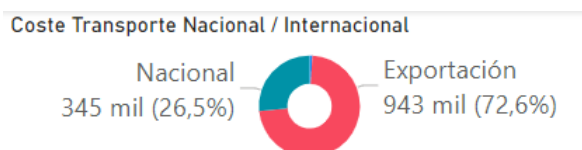


Figura 33. Indicador propuesto mostrados en la parte superior derecha de la vista. En azul porcentaje de ventas que aplica a transporte nacional y en rojo las exportaciones

En la parte central del cuadro de mando, se muestra la tabla donde se detallan las características de todos los envíos de producto realizados durante el año 2022. Esta tabla da la opción de mostrar un total general, mostrar el total desglosado para las dos categorías de transporte y posteriormente mediante un desplegable detallar los envíos por continente y país para las exportaciones y por país y provincia para el transporte nacional. Se muestra la tabla con los detalles de envío del año 2022 en la Figura 34.

Nac_Int	Ventas (€)	Ventas (Ton)	Portes (€)	Portes (€/Ton)	%Portes/Ventas	Ventas_LY (€)	Ventas_LY (Ton)	Portes_LY (€)	Port_Tn_LY (€/Ton)	%Port_LY	Var_ (€/Ton)
Nacional	8.851.126	13.245,8	344.669	26,0	3,89 %	6.510.200	13.146	226.686	17,2	3,48 %	8,8
Exportación	10.077.890	14.498,3	943.205	65,1	9,36 %	5.459.400	11.623	546.843	47,1	10,02 %	18,0
	117.900	199,8	11.898	59,5	10,09 %						0,0
Total	19.046.917	27.943,9	1.299.773	46,5	6,82 %	11.969.600	24.768	773.529	31,2	6,46 %	15,3

Figura 34. Tabla con los detalles de envíos nacionales e internacionales mostrada en la parte central de la vista.

La información que muestra la tabla por columnas es la siguiente:

- La primera columna muestra las ventas totales efectuadas de producto en euros.
- La segunda columna muestra las ventas totales de producto vendidas durante el año en curso en toneladas.
- La siguiente columna indicada son los portes totales para los envíos de producto realizados en euros. Para los portes debidos esta columna se muestra en blanco, puesto que los costes de transporte son asumidos directamente por el cliente.
- A continuación, se determina los portes por tonelada de producto (€/ton) donde se realiza el cociente entre los portes (€) y la venta total de producto (Ton).
- El % de portes se calcula mediante el cociente de las ventas (€) y los portes (€), como ya detallado, se muestra el impacto del transporte en el precio de venta del producto.
- Las siguientes columnas muestran la información ya detallada para el año en curso, pero con la información actualizada del año anterior (LY=*last year*).
- Finalmente, la última columna de la tabla determina la variación de los portes por tonelada en comparativa con los datos del año anterior, de esta manera, se puede determinar cuál es la diferencia que se da en los costes de envío de producto. También para facilitar la vista, se han añadido unas flechas indicativas en los casos en que se da una subida de precio (flecha hacia abajo de color rojo), una bajada de precio (flecha hacia arriba de color verde) o si el precio se mantiene constante (flecha indicando hacia la derecha de color gris).

En la parte inferior central, se presenta un gráfico de barras donde se detalla por unidad de tiempo el coste de transporte total y el coste de transporte por tonelada. Al seleccionar en el gráfico las dos flechas boca abajo se permite bajar de jerarquía mostrando la vista de valores anuales y valores mensuales. En color rojo se muestran los portes de exportación, en color azul los costes de transporte nacional, mediante un punto negro en la parte central de la barra se identifica el coste medio de envío por tonelada (€/ton) y en la parte superior de la barra el coste total de transporte. Adicionalmente, al desplazar el ratón por encima de la barra se muestran las características principales del mes en cuestión: mes que corresponde, categoría de transporte, coste total de transporte y volumen de ventas total.

En la Figura 35 se muestra el gráfico anual y en la Figura 36 el gráfico con los datos mensualizados donde se muestra la tendencia del coste medio de envío (€/Ton).

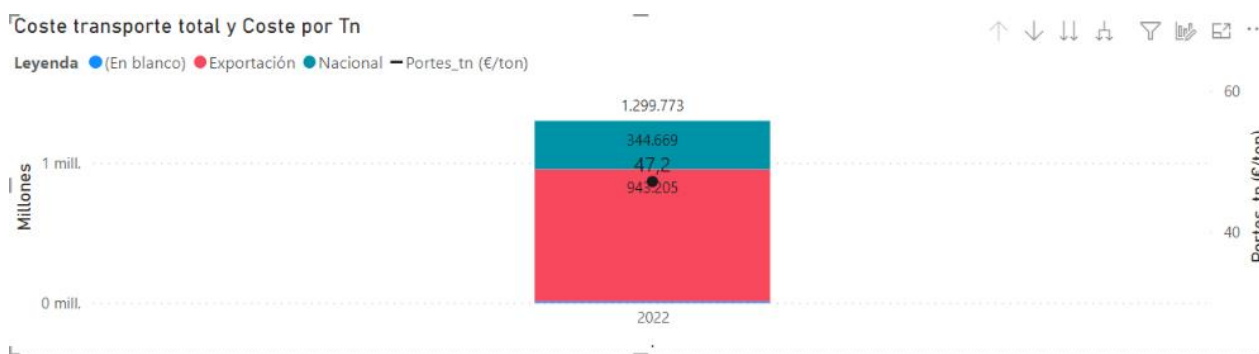


Figura 35. Gráfico definido en la parte inferior de la vista del cuadro de mando. En color azul el coste de transporte anual nacional y en rojo el coste anual de transporte internacional

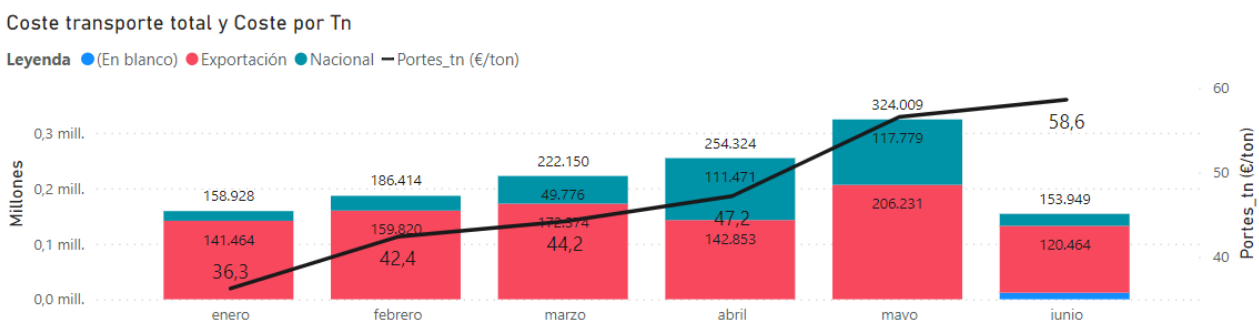


Figura 36. Gráfico definido en la parte inferior de la vista. En color azul y en rojo el coste mensual de transporte nacional e internacional y en negro la tendencia del precio.

Como se puede observar en la Figura 36, se muestra una continua tendencia al alza del coste de transporte por tonelada, lo que significa que el precio de transporte se está encareciendo mensualmente. Con la finalidad de poder detectar donde se dan las grandes desviaciones en el coste de transporte, este gráfico permite seleccionar un mes concreto,

mostrando únicamente los datos reales del período de tiempo seleccionado, favoreciendo el análisis de los datos. Adicionalmente, se puede seleccionar la categoría de exportación o nacional para detectar en que categoría se da la importante subida de precio de transporte. De esta manera, se actualizará automáticamente la tabla central mostrando el detalle de los envíos realizados en el mes y categoría seleccionada permitiendo detectar que envíos generan la gran desviación de precio por tonelada.

Finalmente, en la parte lateral central derecha del cuadro de mando se muestra un gráfico de barras donde se ordena de mayor a menor cuales son los clientes con un mayor volumen de coste de transporte (Figura 37). Si se observa la vista de manera general, se mostrarán los clientes ordenados según el coste total de transporte independientemente del país de entrega. Si se desea profundizar en el análisis, al seleccionar en la tabla o en el mismo gráfico un país determinado, este gráfico se actualiza ordenando por coste de transporte todos los clientes a los cuales se ha servido producto del respectivo país.

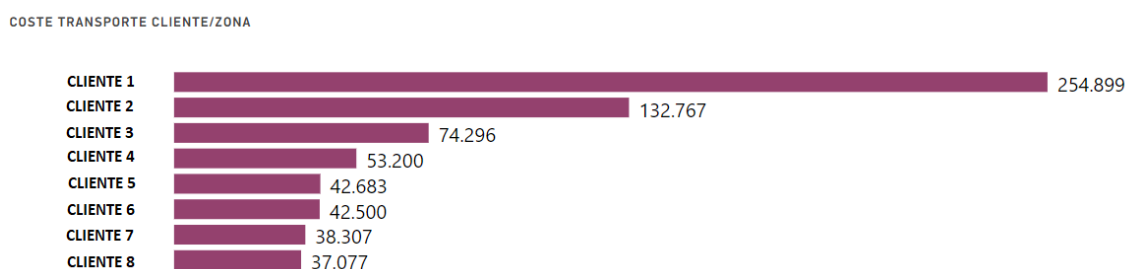


Figura 37. Gráfico definido en la parte central derecha de la vista. Gráfico de barras que muestra los clientes con mayor volumen de coste de transporte

Siguiendo con la explicación del cuadro de mando del departamento de logística, en la zona lateral inferior derecha de la vista, se muestra el mapamundi donde se muestran en formas circulares de diferentes colores y tamaños los países sobre los cuales se ha efectuado alguna venta de producto en el año 2022. En color verde se indican las ventas realizadas con un menor precio de venta por tonelada y a medida que el precio de transporte aumenta se va oscureciendo hasta mostrarse el círculo de color rojo, que aplica a los países con el precio de transporte más elevado. Finalmente, también se indica por grosor de la forma circular el volumen de venta del país; los círculos más pequeños indican ventas de producto más reducidas, sin embargo, para círculos de un tamaño mayor se indica que estos países han realizado una elevada compra de producto. Se muestra el detalle en la Figura 38.



Figura 38. Gráfico definido en la parte inferior derecha de la vista. Mapamundi que muestra el volumen de ventas y coste de transporte por país

En la Figura 39, se puede observar cómo interactúa el cuadro de mando al seleccionar un parámetro determinado. Para mostrar un ejemplo concreto, se ha seleccionado el país Grecia perteneciente a la categoría de exportación marítima.

Los indicadores de la parte superior se calculan para los datos reales de los envíos efectuados a este país. Estos indican que el coste total de los envíos efectuados hasta la fecha es de 106.357 €, que el coste medio es de 62,62 €/Ton y que el transporte tiene un impacto de 9,52% sobre el precio final del producto. En la parte superior de estos indicadores, en rojo, se muestra la variación respecto el año anterior.

Todos los gráficos mostrados en la vista se han actualizado; el gráfico que indica el porcentaje correspondiente de envíos nacionales e internacionales muestra que el 100% de los envíos a este país se tratan de una exportación. Adicionalmente, en el mapamundi se muestra únicamente seleccionado Grecia y en el gráfico de barras de coste de transporte se muestra ordenadamente de mayor a menor coste los clientes a los cuales se ha enviado producto durante el año en curso.

Finalmente, en la parte inferior se detalla el coste de transporte total y coste por tonelada de los envíos efectuados a este país. Este gráfico desglosado es muy útil puesto que realiza la comparativa real de costes de envío al mismo país y puerto de descarga pudiendo detectar donde se dan las desviaciones en el coste de transporte por cliente.

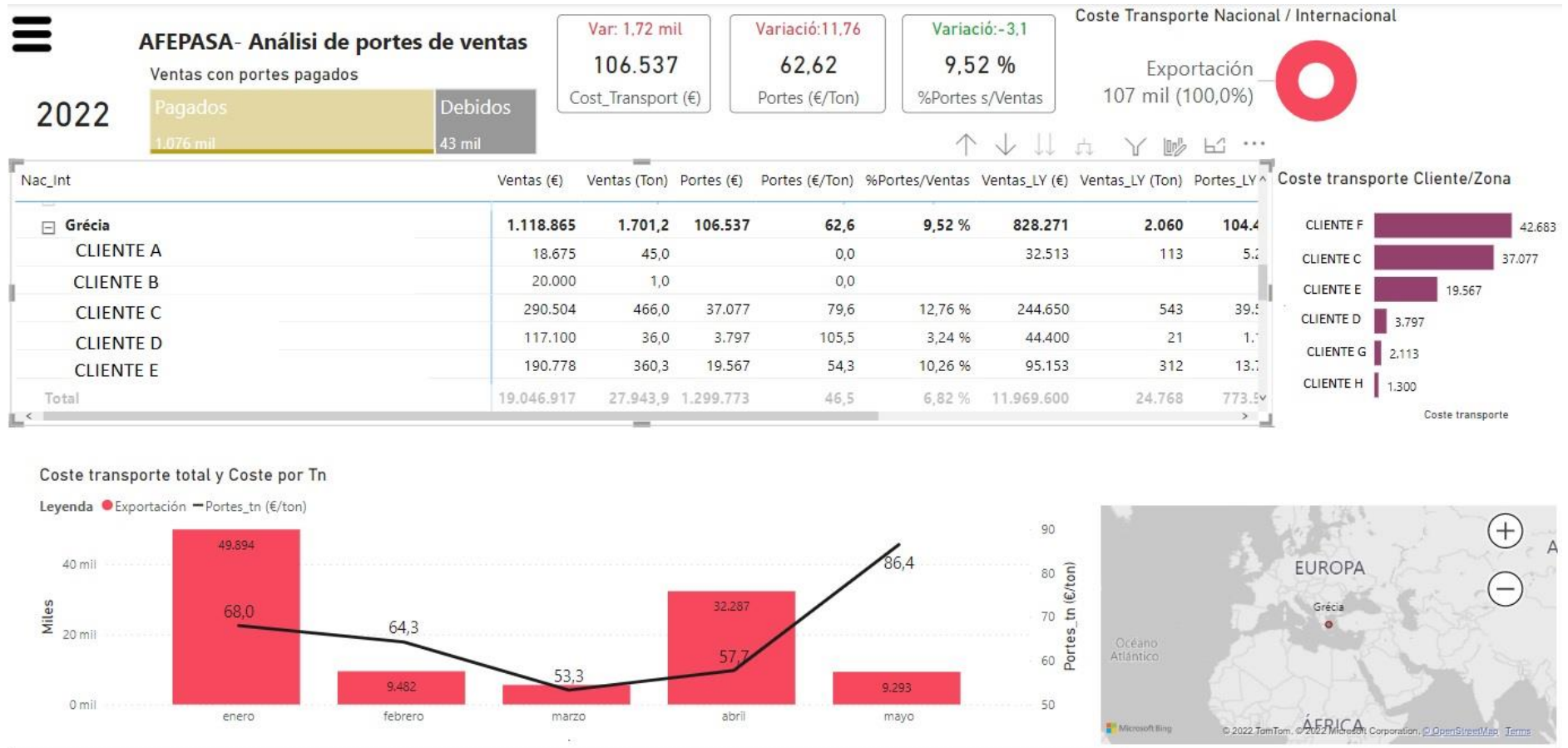


Figura 39. Vista específica del dashboard propuesto para la logística marítima en Grecia

Una vez detallados los parámetros mostrados en el cuadro de mando y como se puede interactuar con ellos para obtener la información más relevante sobre el seguimiento del presupuesto establecido para la logística nacional e internacional, se puede realizar una mirada atrás para analizar de que datos se partía inicialmente y que datos se pueden obtener ahora mediante el uso de esta herramienta de analítica de datos.

Los indicadores determinados actualmente para el análisis del seguimiento del presupuesto de logística marítima ($KPI_{1ACTlogísticaM-\epsilon}$ y $KPI_{2ACTlogísticaM-MMPP}$) y terrestre nacional e internacional ($KPI_{1ACTlogísticaTN-\epsilon}$ y $KPI_{2ACTlogísticaTN-MMPP}$) consisten en calcular cual es el coste real de exportación y las toneladas reales exportadas respecto del presupuesto teórico transcurrido. Con estos valores se establece como se está desarrollando el transporte de los productos en comparación con el presupuesto. Estos indicadores permiten únicamente conocer cómo se está desarrollando la estimación inicial de la logística sin tener herramientas para detectar donde se están produciendo las principales desviaciones.

Mediante el uso del programa *Power BI* se diseña un cuadro de mando en el cual se establece la propuesta de cálculo de tres indicadores en la parte superior de la vista que permiten realizar el seguimiento total del presupuesto establecido. Se desea determinar el coste total de transporte, las toneladas totales enviadas a cliente y qué impacto tiene el coste del transporte en el precio final de venta del producto. Adicionalmente, en la parte superior de estos indicadores se determina qué diferencia hay entre los datos reales y los datos presupuestados.

Analizando los datos determinados mediante el cálculo de los KPI actuales y los datos mostrados mediante el análisis de los KPI propuestos en el nuevo *dashboard* de logística, se observa que se han mantenido los indicadores iniciales de seguimiento de coste total y de toneladas enviadas respecto el presupuesto. Como ya detallado, en el cuadro de mando se muestra el total general y posteriormente en la parte superior se muestra la comparativa respecto los datos presupuestados.

El tercer y nuevo indicador ($KPI_{PROP-\% portes/ventas}$) establecido muestra qué parte del precio de venta del producto es absorbido por el coste de transporte. Es de suma importancia la determinación de este KPI debido a que permite detectar grandes desviaciones en el coste del transporte que afectan directamente al coste de venta del producto. Se establece junto el responsable de departamento que el valor máximo que

puede mostrar este indicador es del 15%, para valores iguales o superiores a esta cifra se deben analizar las posibles medidas a tomar para tratar de disminuirlo.

Una ventaja que muestra el cuadro de mando respecto la determinación manual, es que al realizar el volcado de datos desde el ERP de la empresa se dispone de todas las características detalladas de las ventas realizadas. Entre otros datos se dispone de las fechas de envío, productos enviados y cantidades, clientes, precios de venta, transitorios y coste de envío de los productos. Estos datos se muestran en una tabla situada en la parte central de la vista que detalla las principales características de los envíos, partiendo de dos categorías generales que son los envíos pertenecientes a la logística terrestre y los envíos de la logística marítima. Posteriormente estas dos categorías principales se pueden desglosar por país, provincia de entrega y cliente. En esta misma tabla también se muestra el cálculo de los indicadores, los datos actuales y los datos del año pasado por si se desean consultar en un momento concreto para obtener información adicional.

A modo informativo, en la parte superior derecha de las Figuras 30 y 39 se muestra el gráfico que indica qué porcentaje de los envíos son categorizados como exportación y cuáles como envíos nacionales. Por ejemplo, en la Figura 30 donde se muestra la información general de los envíos realizados en 2022 se computa que el 72,6% de los envíos son exportaciones y el resto son envíos nacionales. Para la Figura 39, que muestra la información de los envíos marítimos a Grecia, este gráfico se ha actualizado mostrando que el 100% de los envíos a este país son exportaciones.

En la parte inferior se establece un gráfico de barras que especifica el coste total de envío de los productos y coste de envío por tonelada. Este gráfico permite cambiar la unidad de tiempo en el que se muestran los datos pudiendo analizar en detalle cual es la tendencia de los costes de transporte por país.

Además, cabe destacar la interacción que se establece entre todos los datos de envío de producto, dando la opción de calcular instantáneamente cualquier indicador y gráficos mostrados para un elemento concreto. Por ejemplo, se puede seleccionar un país concreto, ya sea a partir de la tabla principal o de la vista del mapamundi, para que se recalculen todos los parámetros de la vista y los gráficos para ese país concreto. Si se desea, también se puede bajar una categoría adicional de la jerarquía mostrando estos datos detallados por cliente.

El principal objetivo de esta interacción de datos es tener la posibilidad de poder analizar en profundidad cualquier envío realizado para detectar desviaciones futuras en el coste de transporte y poder tomar decisiones previas al envío del producto.

Finalmente, se ha habilitado en el cuadro de mando la opción de poder seleccionar en la tabla “Obtener detalle” para mostrar en otra vista adicional cualquier albarán de venta realizado, pudiendo consultar cualquier dato específico de las ventas ya realizadas.

5.3. Definición y mejora de nuevos KPI en el departamento de producción

El departamento de producción se encarga de fabricar el producto acabado a partir de las materias primas adquiridas cumpliendo con los niveles de calidad establecidos por la compañía. El producto fabricado se almacena en las naves disponibles para dicha función hasta el momento de su venta.

La importancia de la generación del cuadro de mando de producción radica en la necesidad de realizar el seguimiento del proceso productivo para poder tomar decisiones sobre la estrategia aplicada. A partir de los indicadores definidos en el *dashboard*, se desea analizar los niveles de productividad con el objetivo de apostar por una mejora continua del proceso, aumentar positivamente los datos de los KPI establecidos y detectar a tiempo desviaciones negativas para poder tomar decisiones correctoras que impacten de la menor manera posible.

El primer indicador definido que permite realizar el seguimiento diario de la producción se determina a partir del cómputo de las fabricaciones de todas las máquinas disponibles en la instalación. El procedimiento seguido para su determinación parte de la entrada del pedido en el sistema por parte del comercial, donde se vuelca la información sobre el producto, cantidad y cliente a una vista analizada por el departamento de producción llamada “Planificador”. Una vez analizados los diferentes pedidos que aparecen en sistema y las fechas de entrega estimadas, se planifica la producción de los diferentes productos. Para ello, se lanza una orden de fabricación (OF) para cada producto, puesto que cada artículo tiene definidas las materias primas a consumir, los envases, el material de acondicionamiento y en qué máquina se fabrica. En la Figura 40, se muestra un ejemplo de una hoja de fabricación del azufre micronizado AFEPASA, en el cual se define el producto, la cantidad a fabricar, el consumo del semielaborado 98,5%, la fase de envasado que corresponde en este caso a la nueva envasadora automática (*haver*) y finalmente se definen los sacos a consumir, los pallets y el *film* necesario para plastificar el pallet.

Cada orden de fabricación se asigna a un operario que es el encargado de fabricar el producto y una vez finalizado el pedido cumplimentar la orden de fabricación con los datos reales de producción previamente a su cierre en sistema. Esta metodología permite

ajustar en mayor detalle los consumos realizados y por lo tanto disponer de datos más fiables en sistema, ya que, por ejemplo, la hoja de fabricación estándar no computa si algún saco se rompe durante el envasado del producto.



HOJA DE FABRICACIÓN

Núm.OF: 68 / 2022	Fecha OF: 01/02/2022	Nº Lote: 0522 - - - -
Artículo: AF-DP0025ES01 - AZUFRE MICRONIZADO P-300/100 - PAPEL 25 KG.(AGRIC.)		
Cantidad OF (kgs.a fabricar): 10800	Kgs. fabricados:	
CICLO PRODUCTIVO:	Sacos por Palet:	
Observaciones Fabricación:		

FASE 1: F-16 PESADA SEMIELABORADOS

Instrucción-Componente:	Cantidad:	Cantidad real:	Lote:
SEM-004 - AZUFRE SEMIELABORADO 98,5%	10800		

ENVASADO

Observaciones Pedido:
Observaciones de Envasado:

FASE ENVASADO: F-02-11 NUEVA ENVASADORA AUTOMÁTICA

ENVASES:	Cantidad:	Cantidad real:	Lote:
EA-DP0025ES01T - AZUFRE MICRONIZADO P-300/100 - ENVASE TERMOSOLDABLE PAPEL 25 KG (AFEPASA)	432		
SACOS ROTOS:	Cantidad:	Cantidad real:	Lote:
EA-DP0025ES01T - AZUFRE MICRONIZADO P-300/100 - ENVASE TERMOSOLDABLE PAPEL 25 KG (AFEPASA)			
ETIQUETAS:	Cantidad:	Cantidad real:	Lote:
--	0		
PARTE DE RECUPERACIÓN:	Cantidad:	Cantidad real:	Lote:
--			

MATERIAS PRIMAS:	Cantidad:	Cantidad real:	Lote:
AC-0001 - FILM PLASTIFICAR -	4		
AC-0002 - PALET CP-1 (100x120) -	8		

Comprobado - Controlador:	Producción:	Centro de trabajo:
	06 -OPERARIO	NUEVA ENVASADORA AUTOMÁTICA

Figura 40. Ejemplo de hoja de fabricación (OF) del producto azufre micronizado P-300/100

Una vez lanzada la OF, la vista permite generar etiquetas de código de barras específicas para los pallets de cada producto fabricado. Por lo tanto, una vez fabricado un pallet se le pega una etiqueta de código de barras en la cual se menciona el producto, el envase del producto (por ejemplo, sacos de 25 kg), la cantidad del pallet, el lote correspondiente y un número aleatorio único para cada pallet.

La ubicación inicial de los pallets es la nombrada “Nave 96 – Pendiente de entrada en almacén”. Esta ubicación cambia cuando el operario ha acabado de fabricar el pallet de producto y se dispone a ubicarlo en la nave correspondiente de almacenaje, para ello pasa la pistola de lectura de código de barras por la etiqueta del pallet y por la etiqueta de ubicación de la nave, estantería y piso correspondiente. Siempre que se ha acabado de fabricar un pallet se realiza este procedimiento, por lo que el sistema tiene constancia de que cantidad se ha fabricado de cada producto y por lo tanto se determina cual es el cómputo diario de producción desglosado por tipo de envasadora.

El siguiente indicador establecido ($KPI_{2PROP\% fabricación}$) y que permite realizar el seguimiento sobre el funcionamiento de los molinos se mide a partir de la producción óptima diaria establecida de 130 toneladas. Este indicador es de suma importancia debido a que permite conocer la eficiencia de la productividad y medir el uso de la capacidad de producción instalada. Se deben analizar los resultados obtenidos para detectar pérdidas operativas significativas y sobrecostes no deseados.

Las máquinas que generalmente computan en la unidad de molinos son la envasadora de *big bags* y la nueva envasadora automática. Hay determinados productos que, aunque no funcionen con las máquinas nombradas de molinos su producción si se debe computar en esta suma, puesto que el producto envasado proviene de esa unidad de trabajo. La envasadora que permite alternar el trabajo de la unidad de molinos junto con el envasado de otras categorías de productos es la envasadora automática (*Piper*). Por lo tanto, realizando el sumatorio de las máquinas de molinos se permite calcular el indicador diario de producción óptimo en molinos:

$$KPI_{2PROP\% fabricación} = \frac{\text{cantidad diaria molinos fabricada (ton)}}{\text{capacidad diaria molinos (ton)}} \cdot 100 \quad (5.6)$$

Como ya detallado, se ha establecido que el óptimo de los molinos es de 130 toneladas diarias para la fabricación del producto estándar 98,5%. Al aplicar el cálculo del indicador se puede determinar si la producción de un día determinado ha sido inferior o superior al óptimo y determinar el porqué. Adicionalmente, se crea una columna de comentarios que permite clarificar a que es debida la variación en la producción y guardarlo como histórico para futuras consultas. Este sistema para la determinación de la producción diaria y poder tener control sobre la ubicación de almacenaje de los pallets producidos fue implementada

hace aproximadamente dos años, por lo que, aunque se dispone del histórico de datos de fabricación mensualizado, no se dispone del detalle de que pallet fue fabricado cada día.

Se genera un gráfico que muestra los valores diarios de manera visual respecto el óptimo, se podrá consultar en la ventana “Gráficos” del cuadro de mando (Figura 41). En línea continua de color azul se muestra la producción real diaria y en color naranja discontinuo se muestra la producción óptima de 130 toneladas. De este gráfico se determina que en la franja del 16 al 26 de julio disminuyó la producción debido a que se fabricó un producto específico bajo pedido. Estos datos se pueden determinar al consultar en la tabla creada en la parte central de la vista la producción de esos días y comprobar que el producto fabricado no es en base al estándar 98,5% sino que es en base a una mezcla específica.



Figura 41. Representación de la producción de los molinos en el mes de julio. Producción real (azul) y producción óptima (naranja)

Finalmente, el tercer indicador establecido ($KPI_{3PRO}ton/hora$) permite determinar la producción real en toneladas por hora trabajada. Para poder determinarlo, se dispone de una vista en el ERP de la empresa sobre la cual se puede indicar las horas reales trabajadas diarias por personal fijo de la empresa, las horas extras realizadas y las horas realizadas por personal proveniente de empresa contratista (ETT). Estas horas computadas son horas reales de trabajo, no se incluyen en esta categoría las horas disponibles de vacaciones ni las horas por bajas médicas.

Este indicador permite optimizar los recursos humanos disponibles y analizar si se producen variaciones en la productividad respecto datos históricos.

Al disponer de la producción real en toneladas de producto y las horas totales trabajadas se puede determinar el tercer indicador para el seguimiento de la productividad.

$$KPI_{3PRO} \text{ton/hora} = \frac{\text{cantidad total fabricada}}{\text{horas reales trabajadas}} \cdot 100 \quad (5.7)$$

Para mostrar los datos determinados en el cuadro de mando de producción, se sigue el mismo modelo empleado en los cuadros de mando de compras y de logística, en los cuales se establece en la parte superior de la vista los datos de los KPI que ofrecen más información sobre el seguimiento del departamento. Se muestran tres recuadros para los tres KPI definidos; en el primero se muestran las toneladas totales fabricadas, en el segundo el porcentaje de estas toneladas que corresponde a los molinos y en el tercer recuadro las toneladas fabricadas por hora. Se muestran los indicadores definidos en la Figura 42.

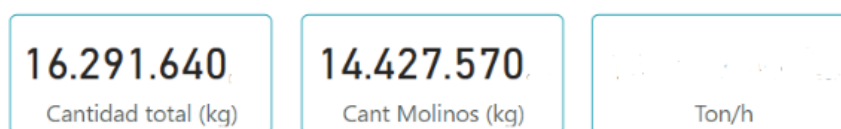


Figura 42. Representación de los tres indicadores propuestos en el *dashboard* de producción

En la parte central de la vista, se muestra una tabla con el desglose de los datos más significativos por unidad de tiempo partiendo de la unidad global anual pudiendo desglosar a unidades más concretas como mensual y diario. En la Figura 43 se muestra la tabla de datos con los valores del año en curso.

Year	CantTotal (kg)	CantMolinos (kg)	OpMolinos (%)	CantNEA (kg)	CantEnvBB (kg)	CantEA (kg)	CantPeqFor (kg)	CantSublimado (kg)	CantBBPrill (kg)
2022	16.291.640,00	14.427.570,00	110,98	12.866.570,00	1.362.000,00	1.586.200,00	314.880,00	96.750,00	76.900,00
January	2.355.345,00	2.176.975,00	16,75	2.069.975,00	107.000,00	66.990,00	91.380,00	0,00	11.000,00
February	1.155.845,00	1.019.300,00	7,84	937.300,00	82.000,00	162.695,00	48.800,00	5.000,00	0,00
March	1.318.195,00	1.084.025,00	8,34	1.009.025,00	75.000,00	216.850,00	17.320,00	0,00	0,00
Abril	2.771.775,00	2.386.300,00	18,36	2.076.300,00	310.000,00	319.335,00	66.140,00	0,00	0,00
Total	16.291.640,00	14.427.570,00	110,98	12.866.570,00	1.362.000,00	1.586.200,00	314.880,00	96.750,00	76.900,00

Figura 43. Tabla de datos productivos mostrado en la parte central del *dashboard* de producción

A continuación, se definen las columnas mostradas en la tabla de datos productivos, por orden de las columnas definidas:

- Cantidad total fabricada (ton) en todas las unidades de envasado de producto.
- Cantidad total fabricada en los molinos (ton). Esta columna se calcula como la suma de las toneladas producidas en la envasadora de *big bags*, las toneladas

producidas en la nueva envasadora automática y la suma de las toneladas de producto de 98,5% envasado en la envasadora automática.

- Porcentaje de la cantidad total fabricada en los molinos respecto la cantidad óptima establecida de 130 toneladas
- Cantidad total fabricada (ton) en la nueva envasadora automática (*Haver*).
- Cantidad total fabricada (ton) en la envasadora de *big bags*.
- Cantidad total fabricada (ton) en la envasadora automática (*Piper*).
- Cantidad total (ton) fabricada en la envasadora de pequeño formato. En esta columna se incluye la fabricación de las dos envasadoras de formato pequeño disponibles; la envasadora de 0,5 kilogramos – 1 kilogramos y la envasadora de 45 g – 5 kilogramos.
- Cantidad total (ton) fabricada de la envasadora de la planta de sublimado.
- Cantidad total (ton) fabricada en la envasadora *big bag* prill de granel de lenteja.
- Cantidad total (ton) fabricada en envasadoras manuales. En esta categoría se incluyen trabajos manuales como puede ser el reetiquetado de un producto.
- Determinación del tercer indicador sobre la ratio de toneladas fabricadas por hora trabajada.

A continuación, se sitúan en la parte derecha e inferior de la vista algunos gráficos representativos de los datos más significativos que permiten de manera visual analizar el seguimiento de la productividad.

En la parte inferior central de la vista se muestra un gráfico de barra que representa la producción en el tiempo. En la Figura 44, se muestra a modo de ejemplo los datos productivos del mes de julio.

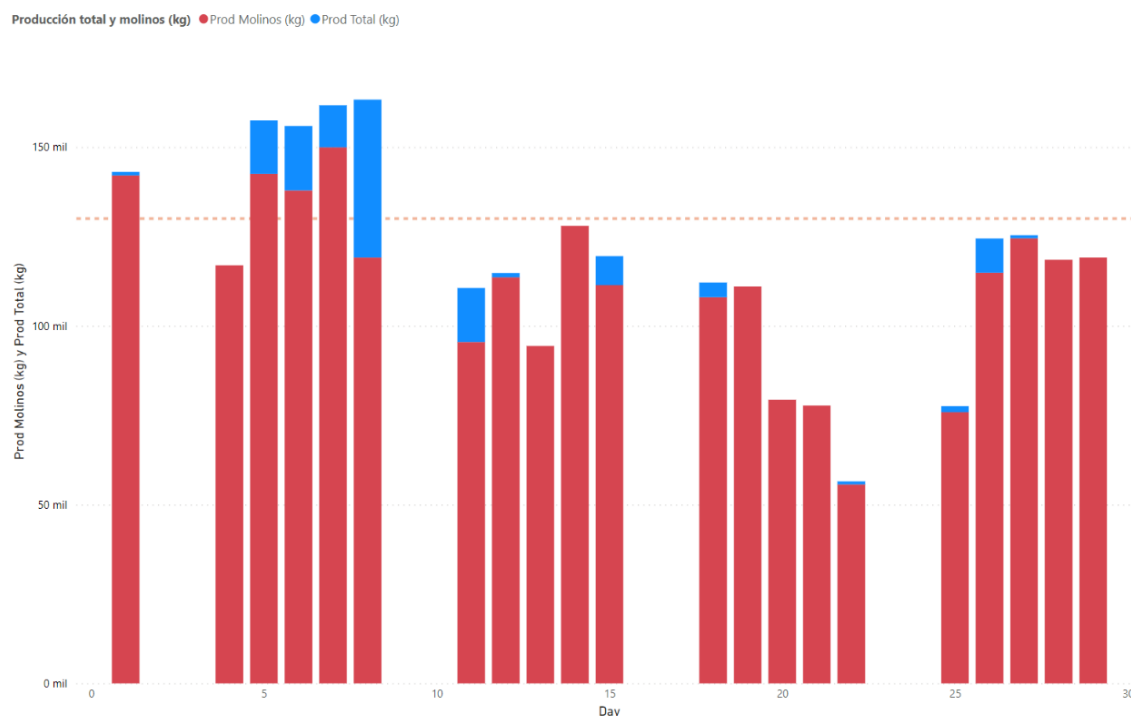


Figura 44. Gráfico que representa las cantidades totales (azul) y de los molinos (roja) producida en julio 2022.

Se ha diseñado la herramienta para poder seleccionar la unidad de tiempo deseada para poder analizar en mayor detalle los datos obtenidos, partiendo del año hasta bajar la jerarquía a meses y días. En este gráfico se desea mostrar la productividad total, indicada en color azul en la vista, y la parte de esta producción total que corresponde a la fabricación en los molinos, indicada en color rojo. Adicionalmente, se añade una línea discontinua de color naranja que representa la cantidad óptima de 130 toneladas de fabricación en los molinos. La representación de esta línea permite identificar visualmente la eficiencia en la fabricación diaria y determinar rápidamente si se está cumpliendo con el objetivo establecido.

Finalmente, en color negro, se mostrará mediante un punto las toneladas fabricadas por hora. Al desglosar la vista por meses, permitirá obtener la tendencia de productividad. Como ya detallado, en algunos meses determinados estos datos productivos pueden ser inferiores en comparación con otros meses debido principalmente a motivos climatológicos como pueden ser fuertes lluvias y calores intensos que repercuten negativamente en la producción.

Para poder comparar los datos productivos correctamente, es necesario hacerlo mediante los datos reales de años anteriores, para cotejar en períodos de tiempos mensuales en que las condiciones climatológicas son similares. Este gráfico comparativo de histórico respecto actual se mostrará en la pestaña “Gráficos”.

En la Figura 45, se muestra un gráfico circular que indica de la producción total, que parte corresponde a cada tipo de envasadora mostrando su porcentaje. Este gráfico permite determinar el grado de utilización de cada máquina. En la vista se ubica en la parte superior derecha.

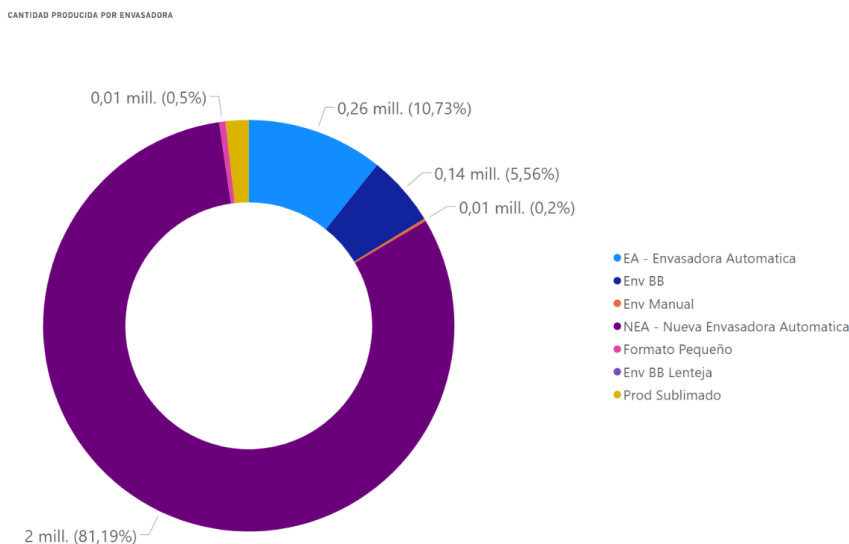


Figura 45. Gráfico circular que representa las cantidades producidas por envasadora y % de uso para el mes de agosto

Como se puede observar, la envasadora más utilizada es la nueva envasadora automática que junto con la envasadora de big bags producen el 86% de la producción del mes de julio. Estas envasadoras están directamente conectadas con las fabricaciones en los molinos.

Seguidamente, en la parte central derecha se muestra una fotografía mediante vista aérea de la instalación de la empresa (Figura 46). En ella se mostrará en círculos de diferentes colores, la ubicación de cada unidad de envasado dentro de la instalación y se podrán seleccionar para que muestre los datos específicos de producción de la máquina determinada. De la misma manera, se puede seleccionar la envasadora que se desea y posteriormente analizar datos concretos de producción en días y meses determinados. Es una herramienta adicional de visualización de datos.



Figura 46. Fotografía aérea de la planta de fabricación de AFEPASA

Finalmente, en la parte inferior derecha de la vista se añade un gráfico de barras que permite determinar el seguimiento de la producción respecto al teórico. Una vez se ha establecido el presupuesto de venta de los diferentes productos, se determina la producción anual que se debe fabricar en cada máquina. Mediante la utilización de este gráfico, se permite llevar el control de la cantidad teórica a fabricar respecto a la ya fabricada y analizar si se deben tomar medidas correctoras para aumentar la productividad. El principal objetivo es llegar a cumplir el presupuesto establecido inicialmente. En la Figura 47, se muestra el seguimiento de la producción actualizado la última semana de agosto.

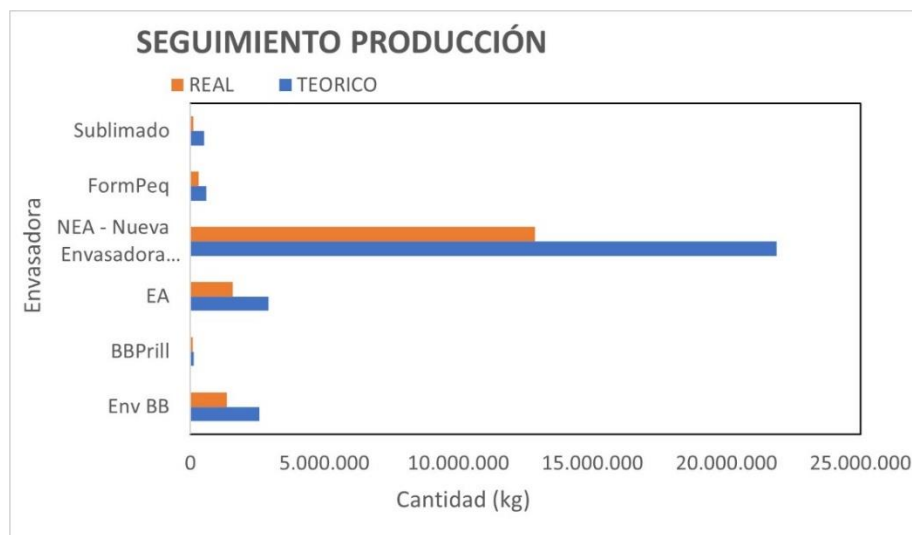


Figura 47. Seguimiento anual de la producción real respecto la teórica por tipo de envasadora

Finalmente, en la Figura 48 se muestra el *dashboard* de producción definido mostrando los valores actualizados a cierre de la última semana de agosto.



Figura 48. Dashboard propuesto para la vista general del departamento de producción

Analizando la información que se puede obtener mediante el uso de los cuadros de mando en el área de producción respecto a los datos obtenidos actualmente, se obtiene un mayor nivel de detalle en el análisis de datos y la posibilidad de revisar rápidamente el histórico en caso de necesidad.

Para la generación del *dashboard* de producción, se ha partido como base de los KPI calculados actualmente para realizar el seguimiento productivo, donde se determinaban las toneladas totales producidas y la ratio de toneladas fabricadas por hora. Estos indicadores se muestran en la parte superior de la vista. Adicionalmente, se ha incorporado también en esta vista principal, el indicador para el seguimiento diario de la producción total de los molinos. Este indicador permite detectar desviaciones en cuestión de horas y facilita la toma de decisiones optimizando de esta manera la cantidad diaria a fabricar.

Debido a la importancia que disponen los gráficos de productividad y de producción total, estos se han mantenido en una nueva ventana nombrada “Gráficos”. Además, se ha volcado la información del histórico global de productividad total y toneladas hora desde el año 2014 para poder realizar la comparativa respecto el histórico. Lamentablemente, al no disponer de la herramienta de ubicación de pallets, esta información únicamente se puede mostrar mensualizada, pero es de gran utilidad puesto que muestra cómo se está desarrollando la productividad del año actual en comparación con los otros años.

Como se ha detallado en los anteriores cuadros de mando de logística y de compras, se incorpora la opción de poder mostrar datos productivos en diferentes unidades de tiempo en función de la necesidad de análisis que se dé, pudiendo determinar los datos anual, mensual o diariamente. Al seleccionar la unidad de tiempo deseada, los gráficos e indicadores mostrados en la vista se actualizarán automáticamente mostrando únicamente los valores reales de los días seleccionados.

El cuadro de mando permite también analizar la capacidad productiva de cada unidad de la planta y mostrar gráficamente que porcentaje sobre la producción total representa.

Además, se ha incorporado un gráfico que permite realizar el seguimiento de la producción real respecto la teórica por tipo de envasadora. Con el análisis de este gráfico, lo que se desea es poder tener la información necesaria para poder tomar una decisión sobre la capacidad productiva sin tener impactos importantes.

Finalmente, se incorporará una opción en la tabla central de la vista, sobre la cual desglosando la producción diaria se podrá seleccionar botón derecho y obtener detalles sobre la hoja de fabricación que corresponde a la cantidad seleccionada por tipo de

envasadora. Esta opción permitirá obtener información adicional sobre fechas de producción de productos y cantidades fabricadas por día.

Tras el análisis del cuadro de mando y los indicadores propuestos, se puede determinar que el nivel de seguimiento de la producción con el uso de esta herramienta en comparación con el seguimiento actual es mucho más detallado y permite anticiparse a la toma de decisiones sobre afectaciones en la productividad.

Actualmente, el análisis se realiza mensualmente, lo que se propone con la utilización de este *dashboard* es poder determinar diaria y rápidamente que la producción sigue la tendencia óptima, y en caso de que no sea así poder encontrar una solución que tenga la menor afectación en la productividad, consiguiendo lograr los objetivos productivos establecidos al inicio del año.

6. CONCLUSIONES

Se ha realizado el análisis de los KPI actuales de los departamentos de compras, logística y producción de la empresa AFEPASA. Inicialmente, se han presentado los indicadores empleados en la actualidad mostrando como ejemplo el seguimiento de los datos reales obtenidos en el año en curso. Se han analizado los datos obtenidos y se han extraído las conclusiones sobre posibles desviaciones en el seguimiento real respecto el teórico.

Una vez realizado el análisis de los indicadores actuales, se han detectado y aplicado mejoras para facilitar la supervisión de los datos obtenidos y la consecución de los objetivos estratégicos establecidos. Los indicadores actuales permiten únicamente saber el nivel de desarrollo del presupuesto respecto el teórico y determinar qué desviación se está dando. Se han consolidado nuevos indicadores que aporten información adicional y otorguen un mayor nivel de detalle en el seguimiento del presupuesto facilitando la toma de decisiones en cada departamento y la detección anticipada de las posibles desviaciones.

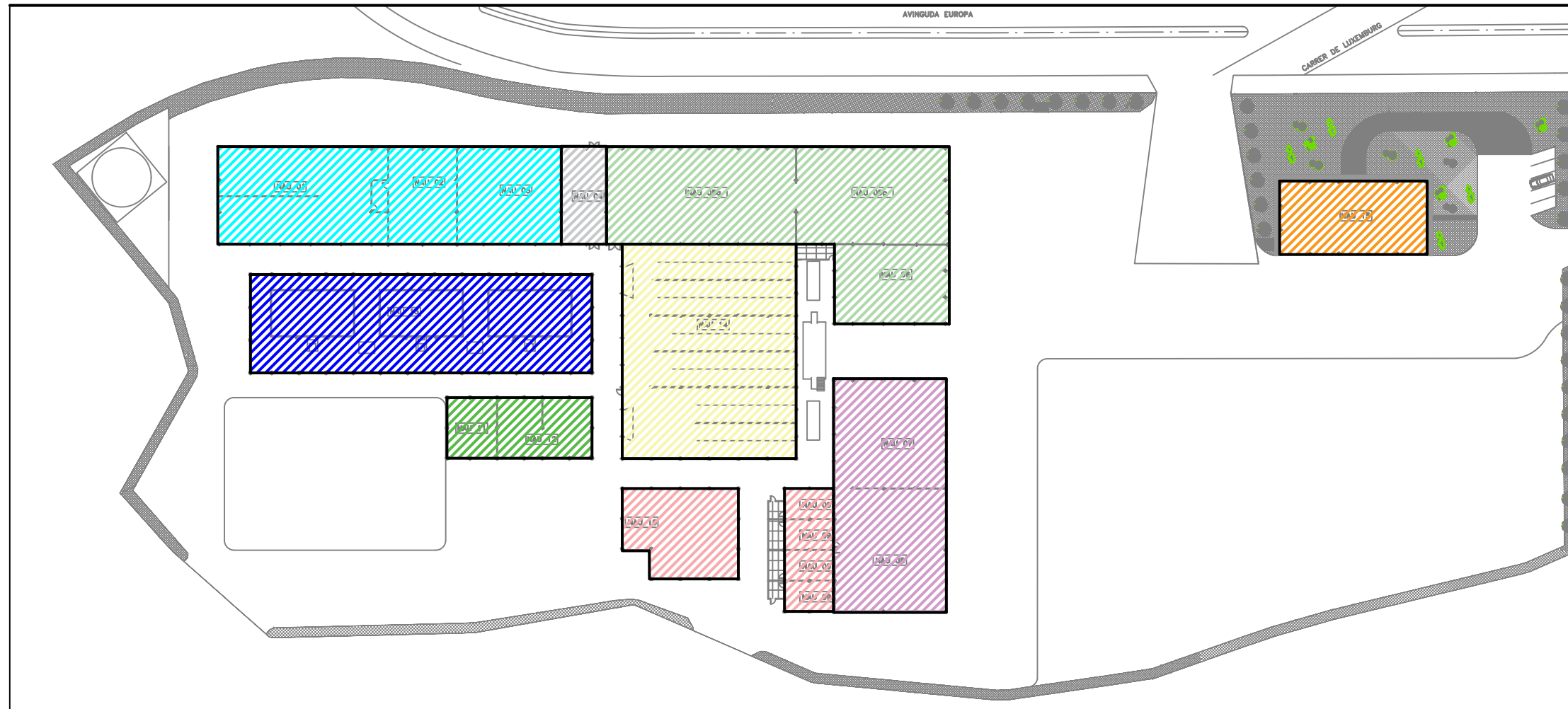
Se han diseñado y participado en la ejecución de los cuadros de mando de cada departamento mediante la herramienta de gestión *Power BI*. Se han optimizado las vistas de cada *dashboard* mostrando de manera ordenada y visual los indicadores propuestos, así como su interacción con los datos de las tablas y de los gráficos establecidos.










Se han descrito los parámetros mostrados en cada vista y como interactuar con ellos para poder obtener los datos que permitan detectar las desviaciones actuales en el presupuesto y las tendencias futuras, consiguiendo disminuir el impacto que estas podrían tener.

Finalmente, el coste económico de ejecución del proyecto para AFEPASA ha estado de 7.000 euros para la programación de los cuadros de mando por un programador externo, más las horas dedicadas para el estudio de los indicadores actuales y su optimización. El beneficio que se puede obtener no es aún tangible, pero con la implantación de esta herramienta para la visualización y el seguimiento del presupuesto, se prevé tener un mejor control de los costes, favoreciendo la disminución de las desviaciones económicas y un mayor ajuste sobre el presupuesto establecido al inicio del año.

7. ANEXO

A.1. Layout de la empresa AFEPASA



	OFICINAS
	ALMACÉN SUBLIMADO
	CÁMARAS SUBLIMACIÓN
	ALMACÉN GENERAL
	UNIDAD DE MEZCLA
	CONJUNTO MOLTURACIÓN
	ZONA ENVASADO
	ALMACÉN AZUFRE
	SALA TÉCNICA

A.2. Composición de los artículos base para la determinación de las necesidades anuales de compra de materia prima

Tabla A.2.1. Composición de los artículos base para el cálculo de necesidades anuales de materia prima

Base	Presup.Kgs	AZUFRE LENTEJA	ADITIVO A	ADITIVO B	ADITIVO C	ADITIVO D	ADITIVO E	ADITIVO F	ADITIVO G	ADITIVO H	ADITIVO I	ADITIVO J	ADITIVO K
BASE-001 - AZUFRE MICRONIZADO 98,5%	22.000.000	98,8%	0,5%		0,7%								
BASE-004 - AZUFRE MICRONIZADO 80%	700.000	80,0%	16,0%		4,0%								
BASE-131 - AZUFRE 98% + COBRE	500.000	98,0%					2,0%						
BASE-007 - AZUFRE 80% + PERMANGANATO	1.400.000	80,0%	18,0%		2,0%								
BASE-008 - AZUFRE SUBLIMADO AGRICULTURA 99%	517.000	99,0%	0,3%		0,7%								
BASE-009 - AZUFRE MICRONIZADO INDUSTRIA 99.5%	70.500	99,5%			0,5%								
BASE-010 - AZUFRE MICRONIZADO ALIMENTACIÓN ANIMAL 99,5%	137.500	99,5%				0,5%							
BASE-011 - AZUFRE SUBLIMADO INDUSTRIA 99.9%	61.000	100,0%											
BASE-030 - AZUFRE TIPO LENTEJA	1.000.000	100,0%											
BASE-031 - AZUFRE TIPO LENTEJA FERTILIZANTE	500.000	100,0%											

Optimización y gestión de KPI de operaciones de AFEPASA

BASE-074 - SEMIELABORADO 80% ESPECIAL SECANTE	80.000	80,0%	0,2%	0,4 %	15,0 %	4,5 %	
BASE-080 - LENTEJA TAMIZADA 2-5 mm	600.000	100,0 %					
BASE-081 - AZUFRE 80% PROTECCIÓN CONTRA INSECTOS	200.000	80,0%	0,4%	1,0 %		19,7 %	
BASE-089 - SUBLIMADO 98% + ADITIVOS	650.000	98,0%		1,5 %			0,5 %
BASE-114 - AZUFRE 80% + FILTRO SOLAR	100.000	80,0%		18,0 %	2,0 %		
BASE-121 - AZUFRE 98,5% ESPECIAL AQUA	60.000	98,5%			0,3 %		1,3 %

A.3. Diagramas de proceso

A.3.1. Diagrama de proceso del azufre micronizado en sacos

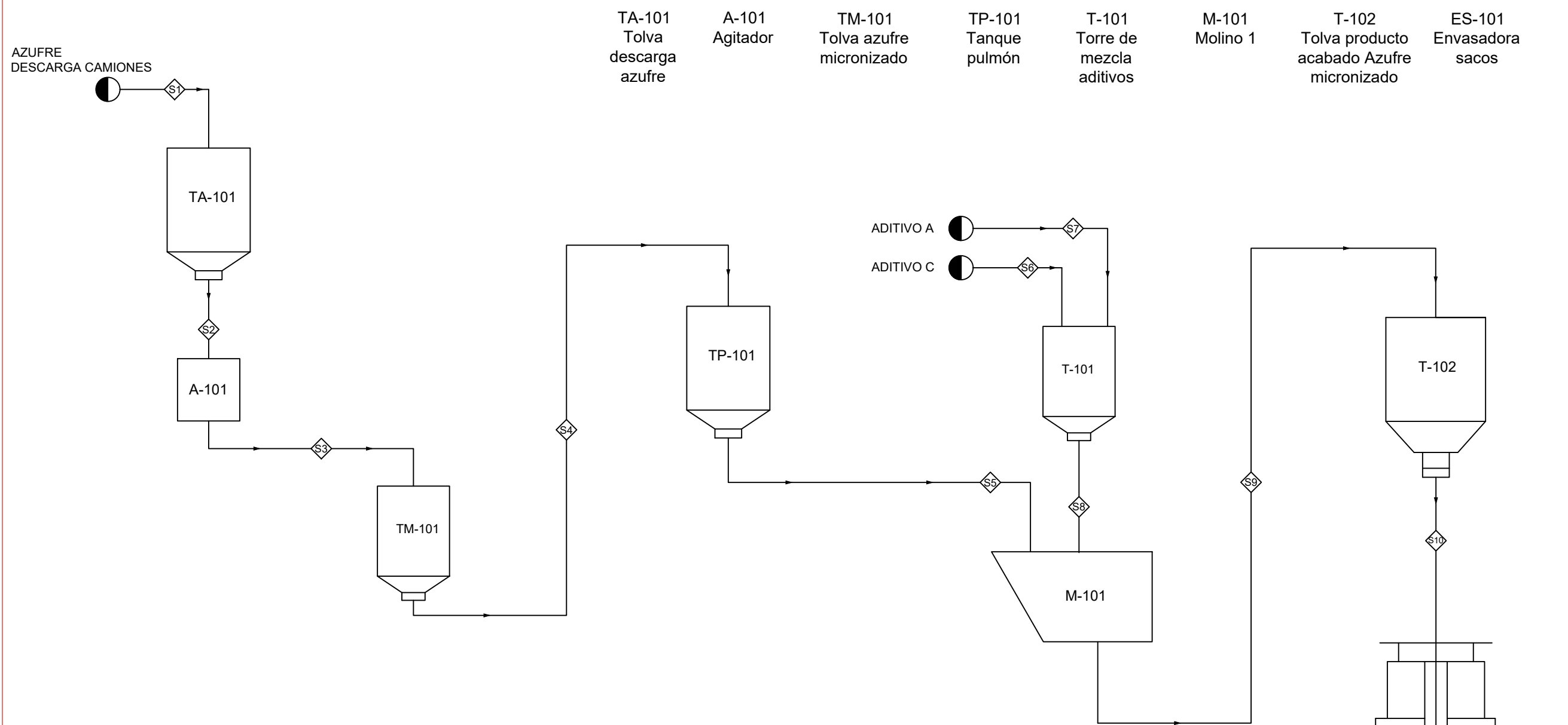
A.3.2. Diagrama de proceso del azufre micronizado en *big bags*

A.3.3. Diagrama de proceso del azufre sublimado industria en sacos

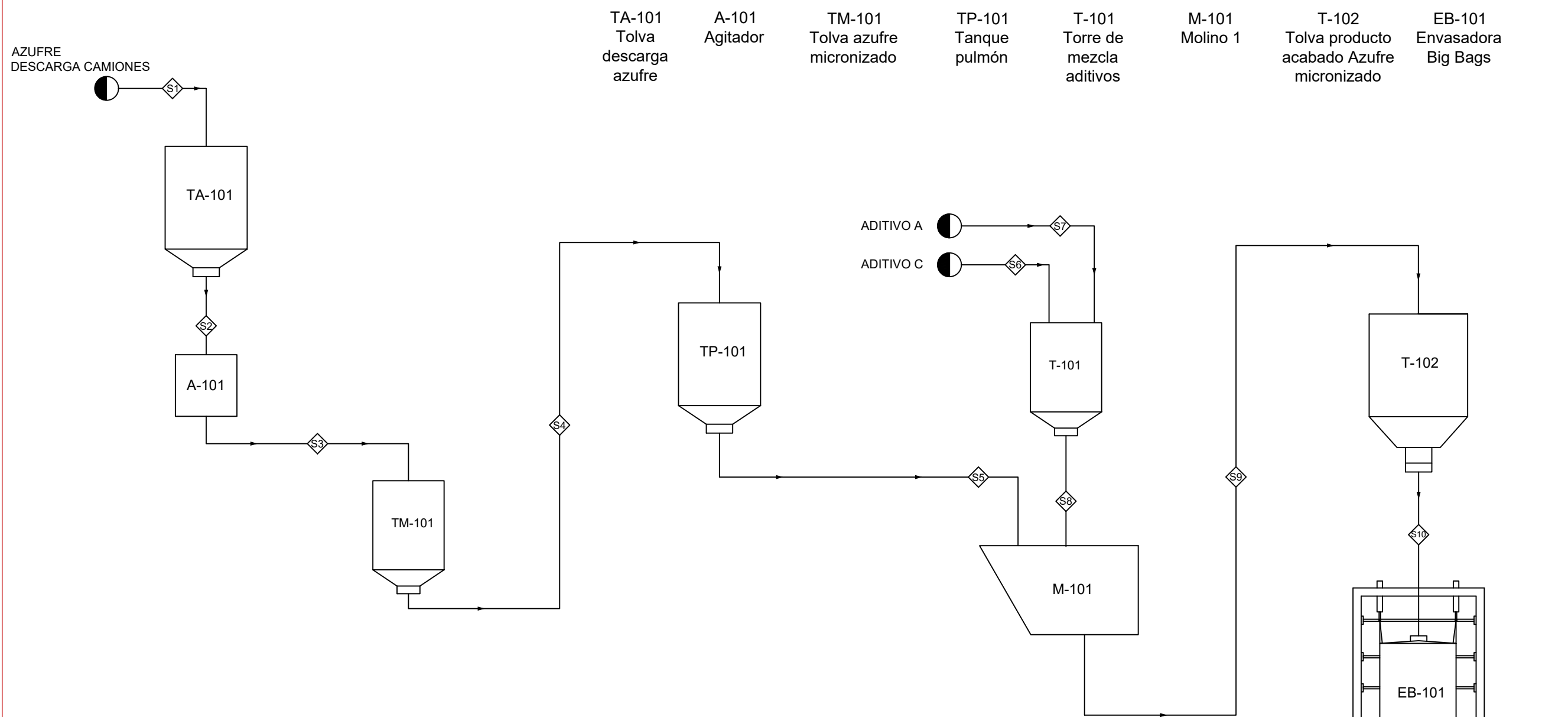
A.3.4. Diagrama de proceso del azufre sublimado industria en *big bags*

A.3.5. Diagrama de proceso del azufre sublimado agricultura en sacos

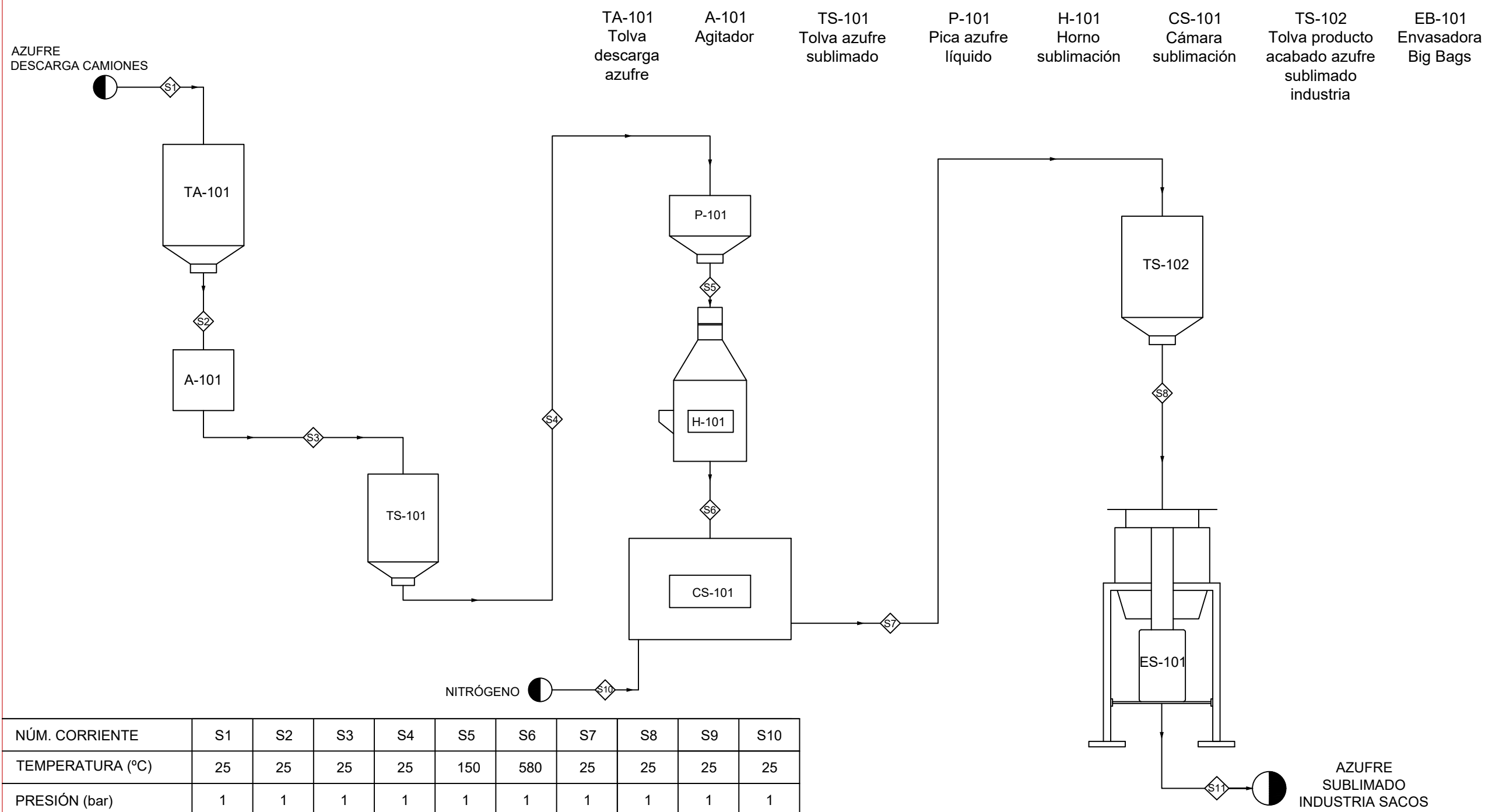
A.3.6. Diagrama de proceso del azufre sublimado agricultura en *big bags*



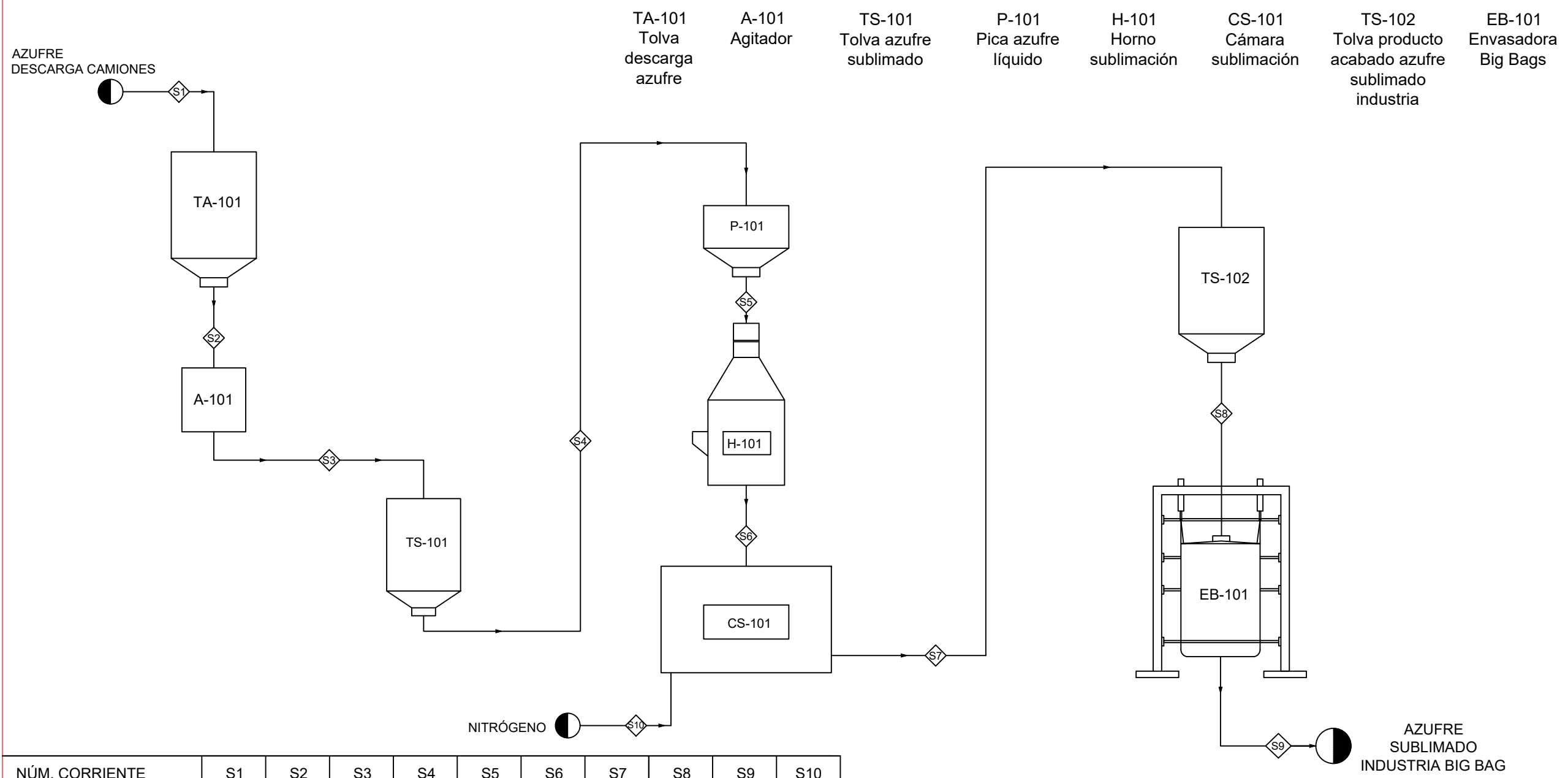
NÚM. CORRIENTE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
TEMPERATURA (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
PRESIÓN (bar)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAUDAL MÁSSICO (KG/H)	7150	7150	7150	7150	7150	569	406	975	8125	8125	8125
CAUDAL MÁSSICO COMPONENTES (KG/H)											
AZUFRE	7150	7150	7150	7150	7150	0	0	0	0	0	0
ADITIVO A	0	0	0	0	0	0	406	406	0	0	0
ADITIVO C	0	0	0	0	0	569	0	569	0	0	0
AZUFRE MICRONIZADO	0	0	0	0	0	0	0	0	8125	8125	8125



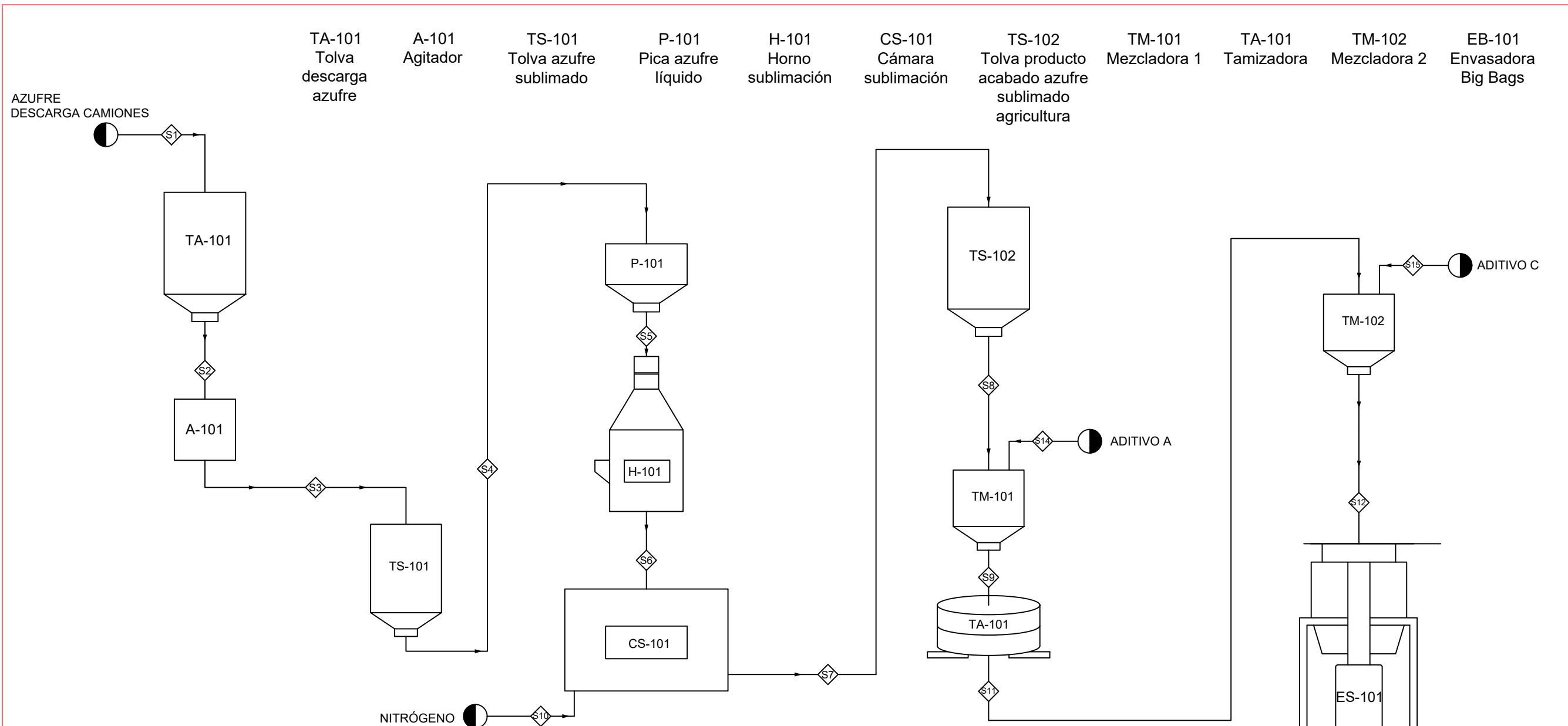
NÚM. CORRIENTE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
TEMPERATURA (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
PRESIÓN (bar)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAUDAL MÁSSICO (KG/H)	7150	7150	7150	7150	7150	569	406	975	8125	8125	8125
CAUDAL MÁSSICO COMPONENTES (KG/H)											
AZUFRE	7150	7150	7150	7150	7150	0	0	0	0	0	0
ADITIVO A	0	0	0	0	0	0	406	406	0	0	0
ADITIVO C	0	0	0	0	0	569	0	569	0	0	0
AZUFRE MICRONIZADO	0	0	0	0	0	0	0	0	8125	8125	8125



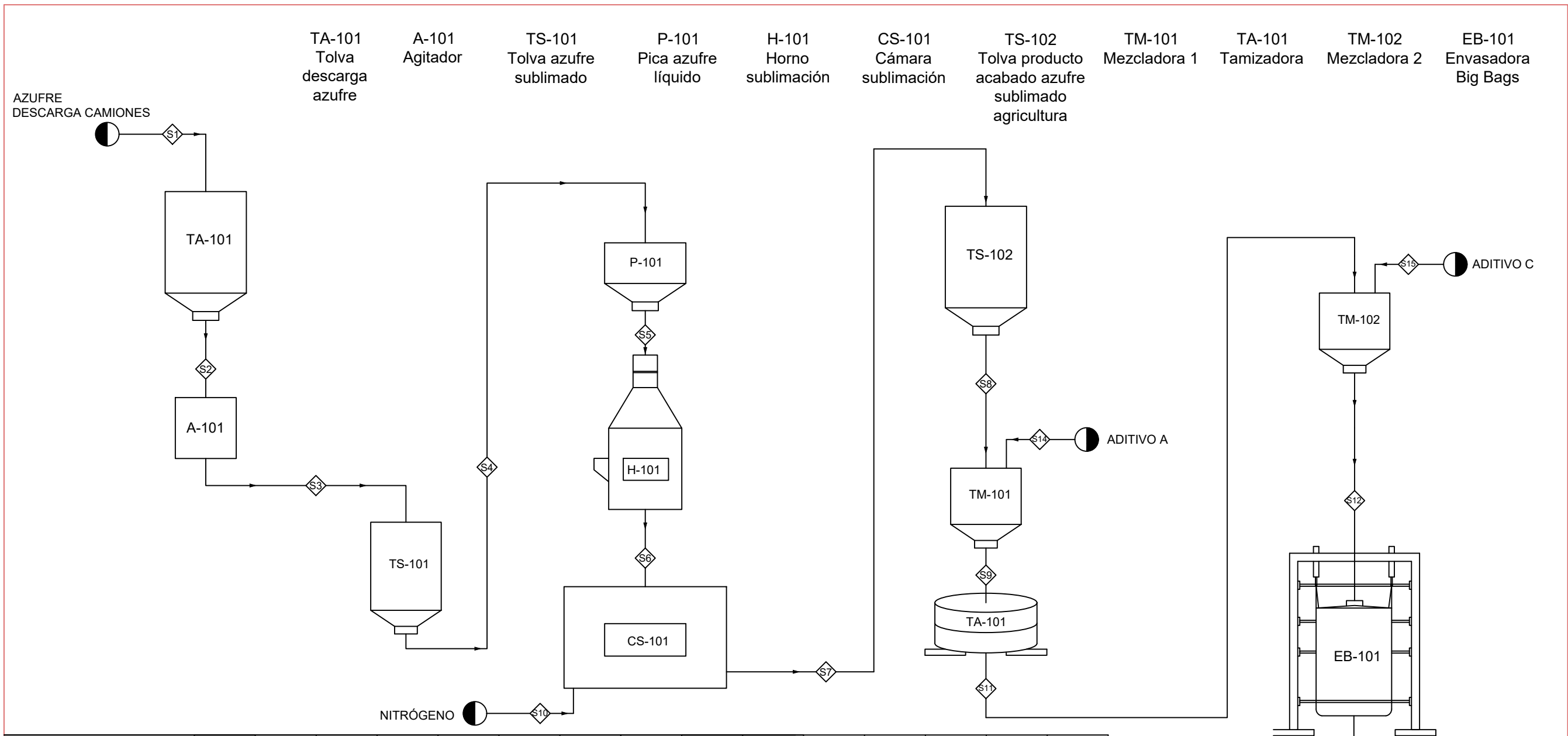
NÚM. CORRIENTE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
TEMPERATURA (°C)	25	25	25	25	150	580	25	25	25	25
PRESIÓN (bar)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAUDAL MÁSICO (KG/H)	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	60
CAUDAL MÁSICO COMPONENTES (KG/H)										
AZUFRE	1875	1875	1875	1875	1875	1875	0	0	0	60
NITRÓGENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AZUFRE SUBLIMADO IND	0	0	0	0	0	0	1875	1875	1875	60



NÚM. CORRIENTE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
TEMPERATURA (°C)	25	25	25	25	150	580	25	25	25	25
PRESIÓN (bar)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAUDAL MÁSIKO (KG/H)	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	60
CAUDAL MÁSIKO COMPONENTES (KG/H)										
AZUFRE	1875	1875	1875	1875	1875	1875	0	0	0	0
NITRÓGENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AZUFRE SUBLIMADO IND	0	0	0	0	0	0	1875	1875	1875	60



NÚM. CORRIENTE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
TEMPERATURA (°C)	25	25	25	25	150	580	25	25	25	25	25	25	25	25	25
PRESIÓN (bar)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAUDAL MÁSIKO (KG/H)	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1869	60	1869	1875	1875	13	6
CAUDAL MÁSIKO COMPONENTES (KG/H)															
AZUFRE	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	0	1856	0	0	0	0
NITRÓGENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
ADITIVO A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
ADITIVO C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
AZUFRE SUBLIMADO AG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1875	1875	0	0



NÚM. CORRIENTE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
TEMPERATURA (°C)	25	25	25	25	150	580	25	25	25	25	25	25	25	25	25
PRESIÓN (bar)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAUDAL MÁSSICO (KG/H)	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1869	60	1869	1875	1875	13	6
CAUDAL MÁSSICO COMPONENTES (KG/H)															
AZUFRE	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	1856	0	1856	0	0	0	0
NITRÓGENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
ADITIVO A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
ADITIVO C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
AZUFRE SUBLIMADO AG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1875	1875	0	0