

CÓMO REALIZAR CARGA DE CAMIONES Y CAPTACIÓN DE EMISIONES DURANTE EL DESPACHO DE ASFALTOS

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y VARIABLES DE DECISIÓN

Daniela Fabiana Fernandez, Santiago Mendoza Alvarez, Carolina Rafaela Rodriguez, Lucas Gabriel
Reboredo

TECNA Tecnología, Ingeniería y Construcción S.A.

dafernandez@tecna.com, smendoza@tecna.com, carrodriguez@tecna.com, lreboredo@tecna.com

Sinopsis

El despacho de productos de una refinería tiene distintas modalidades: cañerías, camiones o barcos. En la unidad de asfaltos el despacho es principalmente por camiones. La alta viscosidad, la incompatibilidad de productos, las características del fluido y la elevada temperatura requerida para la manipulación, otorgan a la carga de camiones de asfaltos singularidades de diseño y operación.

El diseño y la operatoria del despacho de productos y carga de camiones debe tener en cuenta: i) la selección del equipo de bombeo para el tipo de fluido; ii) la configuración de despacho (bombas por producto o bombas por posición), teniendo en cuenta las limitaciones asociadas a la pérdida de especificación; iii) optimización de cantidad de picos de carga; iv) el esquema de control para la carga de camiones; v) las facilidades para la carga de camiones; vi) el sistema de captación de vapores durante la carga.

En el trabajo a presentar se analizan cada uno de los puntos mencionados anteriormente, considerando las diferentes variables de decisión a considerar e indicando alternativas para lograr una mejora en la operatoria de carga y en el mantenimiento de los equipos, para una operación segura tanto para los operadores como para las instalaciones circundantes.

1. Introducción

En el presente trabajo técnico se estudian las distintas variables involucradas en el despacho de productos asfálticos con el fin de analizar las posibles alternativas de despacho y carga de camiones. Para dicho estudio deben considerarse fundamentalmente los productos a ser despachados y los requerimientos propios de la operatoria de carga.

En una planta de asfalto, los productos a despachar se agrupan en las siguientes categorías: asfaltos viales, emulsiones asfálticas, asfaltos modificados, asfaltos industriales y pintura asfáltica. Cada grupo de productos presenta características particulares, las cuales deben ser consideradas en el análisis. Adicionalmente, tanto la operatoria de despacho como los equipos e instalaciones involucradas en la misma, tienen ciertos requerimientos y limitaciones que deben ser consideradas para el estudio de las distintas alternativas posibles.

2. Desarrollo

2.1 Conceptos generales

2.1.1 Características de los productos a despachar

Con el fin de definir una óptima configuración de despacho, así como la selección de equipos de bombeo y de la operatoria de carga deben considerarse las propiedades y características especiales de los productos a despachar.

- **Asfaltos Viales:** Son sólidos a temperatura ambiente y son utilizados principalmente para la construcción de carreteras, impermeabilización de edificaciones y como materiales de ingeniería civil. Los asfaltos viales se clasifican según el valor de viscosidad en CA-5, CA-10, CA-20, CA-30 y CA-40; de acuerdo a la Norma IRAM 6835 “Asfaltos para uso vial. Clasificados por viscosidad – Requisitos”.

Debido a las características propias de los asfaltos viales, existen limitaciones en cuanto a la temperatura mínima y máxima de despacho y circulación. Para mantener costos de bombeo razonables se tiene un valor mínimo de temperatura dado que se trata de un fluido altamente viscoso. En la industria el límite inferior de temperatura para los asfaltos viales se fija generalmente alrededor de los 140°C. El límite superior de temperatura es fijado normalmente en torno a los 180 °C con el fin de evitar la degradación térmica y para permitir el manejo en forma segura manteniendo un margen por debajo de la temperatura de flash point.

- **Emulsiones Asfálticas:** Son dispersiones coloidales que se obtienen a partir de tres componentes principales: asfaltos viales, agua y agente emulsificante. Adicionalmente, algunas de ellas requieren del agregado de solvente. En general, se tiene una fase continua, agua, y una fase discontinua, asfalto. En el caso de las emulsiones de imprimación, la fase continua es el asfalto y la fase dispersa el agua. Una de las clasificaciones correspondientes a las emulsiones asfálticas está asociada a la velocidad con que las gotas de asfalto coalescen. La tendencia a coalescer está asociada con la rapidez con que la emulsión se vuelve inestable. Respecto a las temperaturas requeridas para la circulación y despacho, se tienen temperaturas mínimas considerablemente menores a las requeridas para asfaltos viales. Análogamente, ocurre lo mismo para las temperaturas máximas. Estos productos son menos viscosos que los asfaltos viales.
- **Asfaltos Modificados:** Son elaborados a partir de bases asfálticas (asfaltos viales) y la incorporación de polímeros sintéticos. Estos asfaltos tienen una reducida susceptibilidad térmica, lo que otorga rigidez a elevadas temperaturas y flexibilidad en el rango de bajas temperaturas. Respecto a los valores de viscosidad y al rango de temperaturas máximas y mínimas de circulación, tienen características análogas a los asfaltos viales.
- **Asfaltos Industriales.** Son elaborados a partir de bases oxidadas. Respecto a los valores de viscosidad y al rango de temperaturas máximas y mínimas de circulación, son superiores a las consideradas para los asfaltos viales. Dentro de los asfaltos industriales se encuentra la pintura asfáltica que tiene propiedades y características similares a las emulsiones asfálticas, debido a que se produce a partir de la mezcla de solvente y asfaltos oxidados.

2.1.2 Tabla de compatibilidad de los distintos fluidos

Para la definición de la configuración óptima de despacho de los distintos productos asfálticos, se tiene como parámetro crítico a la compatibilidad entre los mismos.

En la siguiente tabla se indica la compatibilidad entre los distintos productos:

Productos	Asfaltos Viales	Asfaltos Modificados	Asfaltos Industriales	Pintura Asfáltica	Emulsion Rapida	Emulsion Lenta	Emulsion de Imprimación
Asfaltos Viales	√	√	√				
Asfaltos Modificados	√	√	√				
Asfaltos Industriales	√		√				
Pintura Asfáltica				√			
Emulsión Rápida					√		
Emulsión Lenta						√	
Emulsión de Imprimación							√
√ Productos compatibles							

Tabla 1- Compatibilidad entre productos asfálticos

En líneas generales se observa la incompatibilidad entre productos que tienen distintas características como lo son las emulsiones y las bases asfálticas o bien la pintura asfáltica y los asfaltos industriales. Adicionalmente dentro de las emulsiones se presenta incompatibilidad entre los distintos tipos (rápida, lenta, de imprimación), por lo que no deben mezclarse diferentes grados o tipos de emulsiones en tanques de almacenamiento y equipos asociados al transporte.

Respecto a los asfaltos modificados se puede observar que son compatibles con los asfaltos viales y no con los industriales. Esto último se debe a que los asfaltos modificados se producen a partir de la incorporación de polímeros a bases asfálticas y no se recomienda la utilización de asfaltos oxidados para la preparación de los mismos.

Lo indicado en el presente ítem determina el número mínimo de picos de carga, equipos de bombeo, líneas de succión, descarga y retorno requeridas. Es decir, la incompatibilidad entre productos es un parámetro crítico para definir la complejidad de la configuración de despacho de productos asfálticos.

En el caso que se realice la carga sucesiva de dos productos compatibles por el mismo sistema de bombeo (línea de succión, bomba y línea de descarga) debe analizarse el volumen contenido en dicho sistema con el fin de descartar una posible contaminación del nuevo producto a cargar.

2.1.3 Bajos volúmenes de producto/Carga Batch

En la mayoría de las plantas donde se procesan hidrocarburos, por lo general se tienen cargaderos destinados a una limitada cantidad de productos que requieren ser despachados, por ejemplo tres o cuatro.

En este estudio se presenta el análisis del cargadero de una Planta de Asfalto, en la cual se tiene la necesidad de despachar una cantidad importante de productos diferentes e incompatibles entre sí, por lo que se requiere de un análisis minucioso para cumplir con los tiempos y cantidades de producto a ser despachados con la mínima cantidad de islas y bombas posibles. Adicionalmente, deben considerarse que la operación de carga es discontinua en función a las necesidades del mercado y disponibilidad de procesamiento de la refinería.

2.1.4 Requerimiento mínimos asociados a la filosofía de control de la operatoria de carga

Debido a que la operación de carga de camiones con productos elaborados en una Planta de Asfaltos se realiza en su gran mayoría a elevadas temperaturas (cercas a los 170 °C) es necesario tomar recaudos para evitar accidentes y generación de elevadas cantidades de emisiones de vapores de hidrocarburos hacia la atmósfera. Por lo tanto, se utilizan rampas de caudal para el llenado del camión cisterna, con el objetivo de reducir el riesgo de accidentes. Se inicia el proceso a una velocidad de llenado cercana a 1 m/seg durante los primeros minutos para garantizar que no se produzcan salpicaduras ni excesiva generación de vapores hacia el ambiente. Luego se incrementa lentamente la velocidad a aproximadamente 3 m/seg hasta alcanzar el 90% del peso del producto a ser cargado al camión, y en ese momento se comienza a reducir la velocidad lentamente hasta lograr nuevamente el valor de 1m/seg para detenerse al momento de ser alcanzado el peso del producto, evitando así con estas maniobras producir un golpe de ariete si se detiene la carga en forma instantánea al alcanzar el peso deseado.

2.1.5 Aspectos Medioambientales

La importancia del aspecto medioambiental y sus regulaciones son determinantes para la selección del sistema de control de emisiones. Asimismo la selección de tecnología de control de emisiones depende del estudio detallado de la Legislación Nacional que escapa del presente estudio.

Se pueden diferenciar dos aspectos relevantes respecto a la legislación nacional que regulan las emisiones de contaminantes gaseosos o vapores de hidrocarburos a la atmosfera:

- **Aspectos atmosféricos:** La legislación aplicable que menciona las concentraciones máximas de emisiones permitidas al ambiente son:
 - Ley 5965/58;
 - Decreto 2009/60;
 - Decreto 3970/90;
 - Decreto 3395/1996 (Anexo 3) - Normas de Calidad de Aire Ambiente. Fecha Publicación: 27/09/1996 (Tabla B “Niveles Guía de Calidad de aire ambiente”);
 - Resolución 242/97 SPA.
- **Aspectos relacionados a la protección de personas:** La Ley 19587 – Ley de higiene y seguridad en el trabajo y el Decreto 351, capítulo IX, ANEXO 3 regulan las concentraciones máximas de emisiones permitidas a la cuales un trabajador puede estar expuesto durante un cierto período de tiempo.

2.2 Despacho de los productos

2.2.1 Parque de Bombas

2.2.1.1 Tipos de bombas requeridos para los distintos productos a despachar

Los tipos de bombas que se utilizan en la industria tanto para el bombeo de asfaltos como de emulsiones pertenecen a la familia de las bombas de desplazamiento positivo, del tipo rotativas. Esto se debe a los elevados niveles de viscosidad de los asfaltos como así también a la importante variación de la misma en función de la temperatura.

En el caso de los asfaltos viales, generalmente se utilizan bombas de engranaje debido a que brindan buenas prestaciones y no presentan limitaciones en los caudales requeridos.

En el caso de las emulsiones (compuestas por elevado porcentaje de fase acuosa), la sensibilidad al corte restringe los caudales a utilizar, siendo una práctica común en la industria no sobrepasar caudales del orden de los 40 m³/h cuando se bombean ciertos tipos de emulsiones con bombas de engranajes.

Actualmente por las necesidades de optimizar los tiempos de despacho y transvase de emulsiones, se requiere utilizar bombas que no generen elevados esfuerzos de corte al fluido. En estos casos particulares se utiliza en la industria bombas de doble tornillo. Éstas, por su diseño, no generan esfuerzos de corte que afecten las emulsiones debido a las bajas velocidades internas respecto de bombas de engranajes y por lo tanto se pueden utilizar cuando se requieren transvasar o despachar caudales de productos de 70 m³/h o más.

A continuación se detallan las principales características de ambos tipos de bombas:

- **Bombas de engranajes:**

Son el tipo de bomba más utilizado en despacho y transvase de asfaltos viales. Estas bombas pueden ser de engranajes internos o de engranajes externos. Entre estos dos tipos la principal diferencia se encuentra en la capacidad máxima y la presión de descarga máxima que manejan. Las bombas de engranajes internos manejan capacidades de hasta 250 m³/h y presiones de descarga de hasta 15,5 barg. Las bombas de engranajes externos manejan hasta un 40% más de caudal y duplican la presión de descarga máxima. Además estas bombas tienen mejor relación costo/beneficio que las de tornillos.

- **Bombas de tornillo:**

Las bombas de tornillo son las bombas más utilizadas para el despacho de emulsiones. Existen de distintos tipos, entre los más comunes se encuentran bombas de simple o doble tornillo. Estas últimas son las más utilizadas para el despacho de emulsiones. Las mismas manejan capacidades de hasta 1800 m³/h y presiones de descarga de hasta 28 barg.

2.2.1.2 Análisis de Configuración de Bombas por Producto o por Isla

Se analiza en este punto las características de dos configuraciones diferentes para la operación de carga de **cuatro productos compatibles**:

- Bombas dedicadas por Producto;
- Bombas dedicadas por Isla de Carga.

El alcance de este punto no incluye el análisis sobre los productos incompatibles, ya que no es posible por su naturaleza compartir la operación de carga en un mismo sistema de bombeo (líneas de succión/descarga, bomba y recirculación) debido a la contaminación que se produciría sobre el nuevo producto cargado (tanto en el comienzo de la carga o durante el barrido).

Los condicionantes que deben ser respetados al momento de analizar las diferentes configuraciones de bombeo antes mencionadas son los siguientes:

- **Flexibilidad Operativa:** En una Planta de Asfaltos normalmente se tienen varios tanques dedicados al almacenamiento de Asfaltos Viales. Si es condición mantener la flexibilidad operativa de modificar el producto vial almacenado en cada uno de los tanques en función de las necesidades estacionales y productivas, es necesario garantizar el despacho con esta premisa.
- **Recirculación de Productos en Cargadero:** En ocasiones se tiene el requisito de servicio técnico de tomar una muestra de punta de línea para la verificación de especificación de producto a despachar, ya que la certificación de calidad de producto es tomada “en el seno de tanque”. Para

ello se debe poder realizar la recirculación durante un período de tiempo previo al despacho para garantizar la calidad de la carga.

- Requisitos Mínimos de carga: Debido a necesidades propias de una Planta de Asfaltos, es posible que se requiera despachar el mismo producto por distintas posiciones de carga en el mismo momento, operación definida como “simultaneidad de carga de un determinado producto”.

A modo de ejemplificar el análisis de carga por producto o por isla de carga, se propone el siguiente requerimiento mínimo de carga para los asfaltos viales producidos en la planta, considerando un caudal nominal de carga (Q_n):

- Asfalto Vial 1: carga en simultáneo de cuatro camiones de este producto;
- Asfalto Vial 2: carga en simultáneo de dos camiones de este producto;
- Asfalto Vial 3 y Asfalto Vial 4: carga de un único camión a la vez de cada uno de estos productos.

Se define como Caudal Nominal de Carga (Q_n) al máximo caudal despachado por cada una de las bombas de carga en función a las siguientes limitaciones:

- Volumen del tanque cisterna del camión de transporte de combustible.
- Tiempo definido para despacho de cada camión, considerando la jornada de trabajo en el Cargadero de Asfaltos y la cantidad de producto que es necesario despachar en función a la capacidad de almacenamiento de la planta.
- La velocidad máxima de carga no debe superar en ninguna etapa de la operación el valor de 3 m/s.

A continuación se presentan los esquemas de bombeo obtenidos y el análisis de cada una de las configuraciones presentadas:

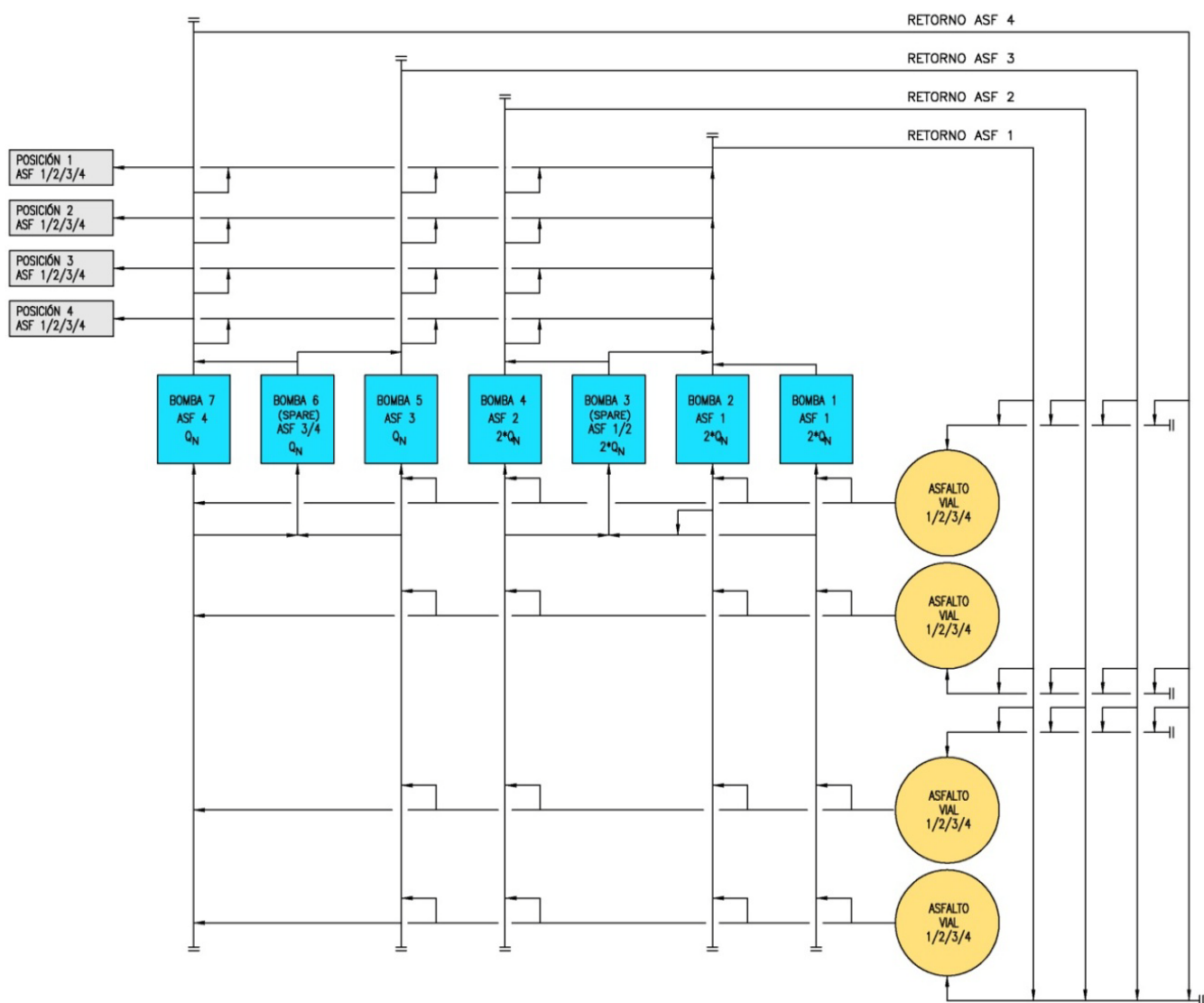


Figura 1- Configuración Bombas por Producto

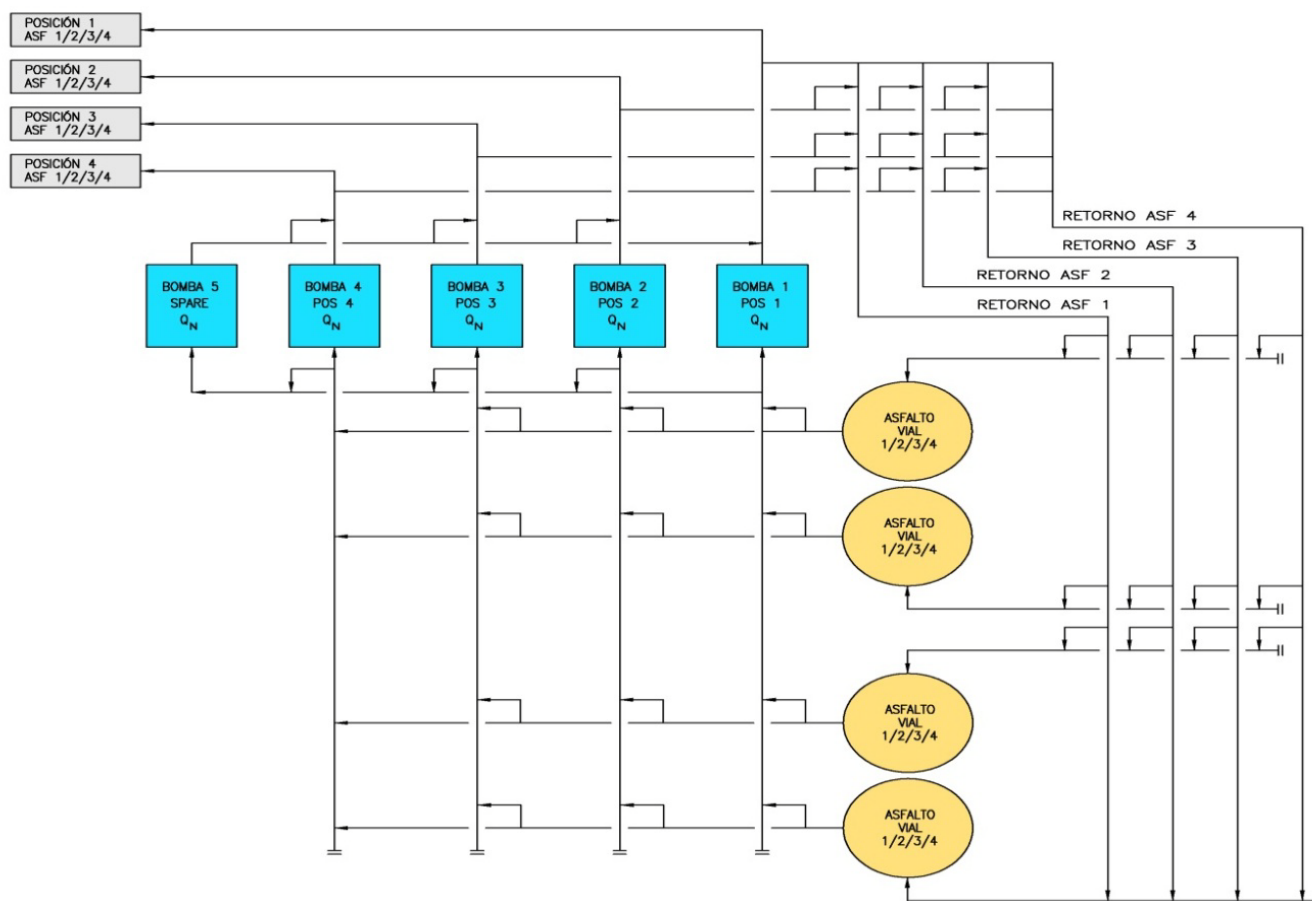


Figura 2 - Configuración Bombas por Posición

Como resultado del análisis, se plantea la comparativa de las variables críticas para ambas configuraciones:

- Cantidad de Bombas en cada una de las configuraciones:
En función a los condicionantes listados, se presenta a continuación el análisis de la cantidad de bombas requeridas para cada configuración.

Análisis	Bombas por Producto	Bombas por Posición
Cantidad de Bombas para Asfaltos Viales operativas	Cinco Bombas (Tres bombas de caudal igual a $2xQ_n$ + Dos bombas de caudal igual a Q_n)	Cuatro Bombas (Cuatro bombas de caudal igual a Q_n)
Características	• Dos bombas exclusivas para Asfalto Vial 1, cada una de ellas opera a un caudal igual a $2xQ_n$. • Una bomba exclusiva para Asfalto Vial 2, que opera a un caudal igual a $2xQ_n$. • Una bomba exclusiva para Asfalto Vial 3, que opera a un caudal igual a Q_n. • Una bomba exclusiva para Asfalto Vial 4, que opera a un caudal igual a Q_n. Se cumple con la simultaneidad y caudal de carga pedidos.	Cada una de las bombas puede operar con cada uno de los Asfaltos Viales producidos en la planta. Cumple con la simultaneidad pedida. Cada una de las bombas opera a un caudal igual a Q_n. Cumple con el caudal de carga.
Cantidad de Bombas para Asfaltos Viales en spare	Dos Bombas (Una bomba de caudal igual a $2xQ_n$ (Asfalto Vial 1 y 2) Una bombas de caudal igual a Q_n (Asfasol Vial 3 y 4))	Una Bomba (Una bomba de caudal igual a Q_n)
Cantidad de Bombas Totales	Siete Bombas	Cinco Bombas

Tabla 2 – Comparativa Número de Bombas

- Cañerías e Interconexiones en la succión del Sistema de Bombeo:
En la siguiente tabla se muestra el análisis realizado para cada configuración, teniendo en cuenta la flexibilidad operativa requerida:

Análisis	Bombas por Producto	Bombas por Posición
Cantidad de Bombas para Asfaltos Viales	Siete Bombas	Cinco Bombas
Cantidad de Colectores de Succión de Bombas para Asfaltos Viales	5	4

Tabla 3 – Comparativa Número de colectores de succión

Debido al aumento del número de colectores de succión se incrementa también la cantidad de válvulas requeridas para la configuración de Bombas por Posición vs Bombas por Producto.

- Cañerías e Interconexiones en la descarga del Sistema de Bombeo y Cargadero:
En la siguiente tabla se muestra el análisis realizado para cada configuración, teniendo en cuenta la flexibilidad y simultaneidad de carga requerida:

Análisis	Bombas por Producto	Bombas por Posición
Cantidad de Bombas para Asfaltos Viales	Siete Bombas	Cinco Bombas
Cantidad de Colectores de Descarga de Bombas para Asfaltos Viales (no se cuentan los de las bombas spare)	4 (Dos colectores para caudal igual a $2 \times Q_n$ + Dos colectores para caudal igual a Q_n)	4 (Cuatro colectores para caudal igual a Q_n)
Cantidad de colectores de Descarga de Bombas para Asfaltos Viales que derivan a la Posición 1	4	1
Cantidad de colectores de Descarga de Bombas para Asfaltos Viales que derivan a la Posición 2	4	1
Cantidad de colectores de Descarga de Bombas para Asfaltos Viales que derivan a la Posición 3	4	1
Cantidad de colectores de Descarga de Bombas para Asfaltos Viales que derivan a la Posición 4	4	1

Tabla 4 – Comparativa Número de colectores de descarga

La alternativa “bombas por posición de carga” requiere la interconexión de cada pico con las cuatro líneas de retorno de productos a los tanques (una por producto), para el posible barrido en caso de cambio de producto a despachar. La alternativa “bombas por producto”, debido al requerimiento de recirculación de producto para garantizar la calidad de despacho, también requiere de la interconexión a líneas de retorno. Como los colectores ya están diferenciados por producto, por lo que no sería necesaria la interconexión de cada colector a todas las líneas de retorno.

Resulta de este análisis que el aumento del número de colectores de descarga incrementa también la cantidad de válvulas requeridas para la configuración de Bombas por Posición vs Bombas por Producto.

2.2.1.3 Conclusión

Debido a que la cantidad de líneas, válvulas y bombas necesarias para la configuración definida para “bombas por producto” es mucho mayor que la requerida para “bombas por posición”, se puede observar que esta última configuración sería la más económica para ser llevada a cabo en una Planta de Asfaltos.

2.2.2 Islas de Carga

2.2.2.2 Descripción de las instalaciones de las Islas de Carga

A continuación se describen dos alternativas de islas de carga de asfaltos considerando que las variables a considerar para el control de la carga son el tiempo y el peso del producto a ser cargado.

Se plantean dos alternativas; una alternativa con mayor operación manual y una alternativa con mayor automatización.

Alternativa 1: Isla de Carga con mayor operación manual

- Equipamiento:
 - Brazos de carga del tipo Top Loading o carga superior: Los brazos están encamisados o enchaquetados y los fluidos calefactores más usados pueden ser tanto vapor como aceite térmico. Así como también puede disponerse de tracing eléctrico.
 - Los brazos vienen provistos de campanas de captación de gases y humos. Los mismos se deben interconectar al sistema de control de emisiones el cual es externo a las islas de carga.
 - La cantidad de brazos por isla varía de acuerdo al espacio disponible. Cabe mencionar que es común encontrar islas de carga con 2 y hasta 4 brazos de carga.
 - Elemento final de control: es el encargado de ejecutar la rampa. Los mismos pueden ser: válvula de control (o válvula set-stop) ó Variadores de velocidad
 - Una Balanza de camiones que sirve para la medición fiscal del peso del producto cargado al final de la carga (no interviene en el control de la carga). Se puede contar con una balanza por posición de carga o bien, una balanza en general.
 - Sensor de sobrellenado (Elemento de seguridad).
 - Puesta a tierra del camión (Elemento de seguridad).
 - No cuenta con ningún sistema de control de carga.
 - Cada isla tiene una estructura de hormigón para facilitar las maniobras sobre el camión.
- Operación de carga:
 - Operaciones manuales
 - Verificación de escalera retraída y camión bien posicionado (barreras ópticas laterales, de frente y posteriores (esto será necesario o no dependiendo del diseño de las balanzas).
 - Bajado manual de escalera.
 - Posicionamiento manual de pico.
 - Posicionamiento manual de cadena.
 - Posicionamiento manual de extractor de gases y humos.
 - Permisivos básicos: no tiene ningún permisivo previo a la carga. No obstante, cabe destacar que el sensor de puesta a tierra genera una alarma local para dar aviso al operador si no se encuentra conectado.
- Descripción del Control

El inicio de la carga es decisión del operador. El control de la carga se realiza por tiempo únicamente. Se genera una rampa ejecutada por un temporizador programado en el sistema de

control de la planta que actúa sobre el elemento final de control. En caso de no producirse el fin del llenado en el momento esperado, un sensor de sobrellenado actúa enviando una señal al sistemas de control y automáticamente se detienen las bombas en forma local o remota.

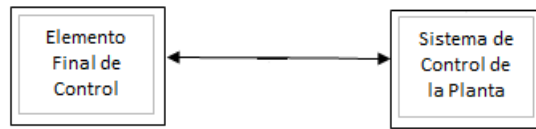


Figura 3 – Arquitectura de Control-Alternativa 1

Alternativa 2: Isla de Carga con mayor automatización

- Equipamiento: El equipamiento presenta el mismo alcance que la Alternativa 1, más los siguientes ítems:
 - Una Balanza de camiones por isla, que sirve para la medición fiscal del peso del producto cargado y que interviene en el control de la carga.
 - PLC propio de cada módulo: Controlador X
 - PLC de CARGA, es un único sistema de control que integra las decisiones y controles requeridos en el cargadero de camiones.

- Operación de carga:

- Operaciones manuales: son las mismas que en la alternativa 1, más las siguientes:
 - Posicionamiento manual del brazo de carga con extractor de gases y humos en la boca del camión.
 - Conexión de puesta a tierra.
 - Realizar tara.
- Operaciones del PLC Controlador X (propio de cada módulo de carga):

Permisivos básicos:

- Verificación de posición correcta de las válvulas requeridas para permitir la succión y despacho de producto por la isla elegida.
- Verificación de la correcta conexión a puesta a tierra.
- Verificación de la correcta conexión del brazo en boca de carga.

Hasta que no estén habilitados los permisivos antes mencionados, el Controlador X no habilita la operación de despacho y el sistema de control PLC de Carga no da inicio a la operación de carga de camiones. Adicionalmente, cada uno de estos controladores recibe la señal de peso del producto a ser cargado (de la balanza propia de cada isla) y se la envía al PLC de Carga.

Una vez que el chofer del camión realice las tareas manuales ya descritas, se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- Habilitación automática del inicio de carga en cada una de las islas o módulos de carga por parte del Controlador X.
- Ejecución de la lógica de carga y verificación constante de las condiciones de seguridad, por parte del PLC de Carga.
- Fin de carga, por parte del PLC de Carga.

o Captura de peso final.

- Descripción del Control

El control de la carga se realiza por tiempo y peso. Se genera una rampa ejecutada por un temporizador y por la señal de peso de la balanza, ambos programados en el PLC de Carga.

El temporizador y la balanza actúan sobre el elemento final de control a través del PLC de Carga. En el sistema de control de planta se cargan los datos de cada camión y de los productos que son despachados en cada uno de ellos, así como también los pesos de producto finalmente cargados para su facturación.

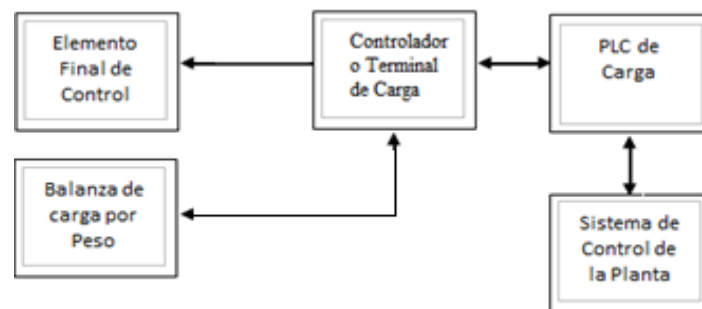


Figura 4 – Arquitectura de Control-Alternativa 2

2.2.3 Filosofía de Control de Carga de camiones

2.2.3.1 Esquemas de control de carga

En el punto 2.2.1.2 se define que la mejor configuración a ser adoptada para las bombas de despacho será “Bombas por Posición de Carga”. En el caso que la operación sea más automática, queda definida la necesidad de vincular en el control de la operación de carga de camiones tanto la señal del peso que indica cada balanza con la bomba que está realizando el despacho (en una determinada posición). Por lo tanto se describe el control de la alternativa 2.

Objetivos del Esquema de Control:

A continuación se listan los requerimientos mínimos que debe ofrecer el esquema de control de acuerdo a las necesidades del cargadero y el parque de bombas de despacho:

1. Iniciar el proceso de carga de camión en una posición determinada.
2. Terminar el proceso de carga de camión una vez que se alcance el peso de producto (valor predeterminado).
3. Evitar la desconexión del Brazo de Carga de la toma del camión si se inicia la carga a caudal nominal de la bomba.
4. Evitar el golpe de ariete en el sistema al momento que se finaliza la operación de carga.

Debido a la baja probabilidad de acumulación de cargas eléctricas en el asfalto no es necesario garantizar una velocidad mínima al iniciar el proceso de carga para evitar que posibles salpicaduras generen una descarga de electricidad estática con un potencial riesgo de ignición. Sin embargo, ya que es necesario asegurar una rampa descendente en la velocidad de carga al momento de finalizar la operación para evitar el golpe de ariete, se aprovecha el esquema de control propuesto para asegurar también una rampa de velocidad ascendente al iniciar la carga que limite los siguientes mecanismos al momento del ingreso de asfalto a alta temperatura en el tanque cisterna:

- Formación violenta de vapor en caso que el tanque cisterna del camión tenga un poco de agua;
- Formación violenta de vapor de hidrocarburos en caso que el tanque cisterna del camión tenga restos de un combustible más liviano;
- Detección de la formación de espuma dentro del tanque cisterna en el caso que hubiera restos de agua o hidrocarburos livianos.

Alternativas del Esquema de Control:

Se proponen dos esquemas para la automatización de la operación de carga de camiones:

- Esquema de control de carga mediante la medición y control de la presión en el colector de envío a los brazos de carga (picos) (Esquema 1);
- Esquema de control de carga considerando variadores de velocidad (Esquema 2 y 3);
- Esquema de control de carga mediante un temporizador que actué sobre dos válvulas de control responsables de variar el caudal de carga (Esquema 4).

En función a los esquemas mencionados y teniendo en cuenta la necesidad de poder llevar a cabo durante el proceso de carga tanto una rampa ascendente como descendente, se realiza el siguiente análisis:

1. Se puede realizar un control DIRECTO sobre la velocidad de carga (para asegurar la rampa) mediante :
 - Un elemento final de control: Válvula de control de caudal (que recircula a la succión de la bomba el caudal excedente para garantizar la rampa al momento de iniciar y finalizar la carga). Control poco eficiente, ya que se consume potencia en recircular un caudal que no es despachado. Por esta razón no se continua el análisis.
 - Un elemento final de control: variador de velocidad en la bomba de despacho (Esquema 3). Control eficiente ya que se consume solo la potencia requerida para despacho de producto.
 - Dos elementos finales de control: Válvula de control de caudal + variador de velocidad en la bomba de despacho (Esquema 2). Control más eficiente que el que se menciona en primer lugar ya que se consume menor cantidad de potencia en recircular el caudal que no es despachado (ya que hay menor cantidad de caudal recirculado), pero menos eficiente que el segundo citado.
2. Se puede realizar un control INDIRECTO sobre la velocidad de carga (para asegurar la rampa) mediante :
 - Dos elementos finales de control: Válvula de control de peso + Válvula de control de presión (Esquema 1). Control poco eficiente, ya que se consume potencia en recircular un caudal que no es despachado.
 - Dos elementos finales de control: Válvula de control V1 + Válvula de control V2 (Esquema 4) operadas por temporizador desde el PLC. Control poco eficiente como el anterior, ya que también se consume potencia en recircular un caudal que no es despachado.
 - Tres elementos finales de control: Válvula de control de peso + Válvula de control de presión + variador de velocidad en la bomba de despacho. Control más eficiente que los dos anteriores, ya que se consume menor cantidad de potencia en recircular el caudal que no es despachado, pero requiere una instrumentación más costosa. Por esta razón no se continúa el análisis.

Esquema 1 - Control Indirecto: Caudal de Carga por control de Presión.

[illegible]

Figura 6 – Esquema de Control N°2

Esquema 3 - Control Directo: Caudal de Carga con variador de velocidad.

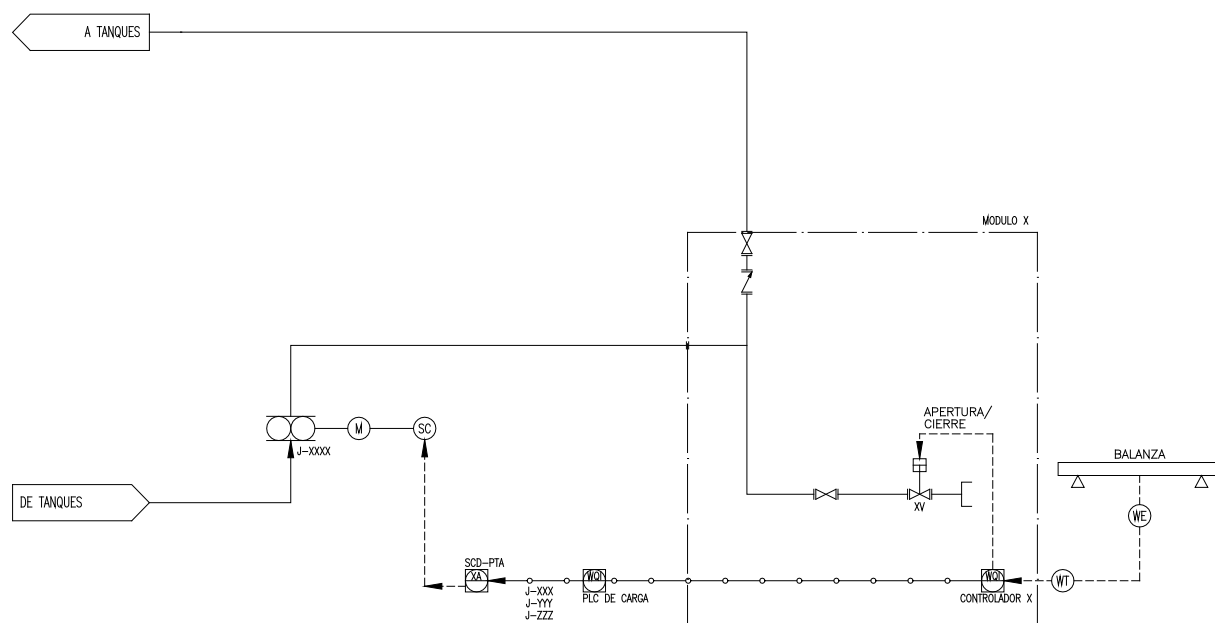


Figura 7 – Esquema de Control N°3

Esquema 4 - Control Indirecto: Caudal de Carga por apertura y cierre de válvulas de control temporizadas desde PLC.

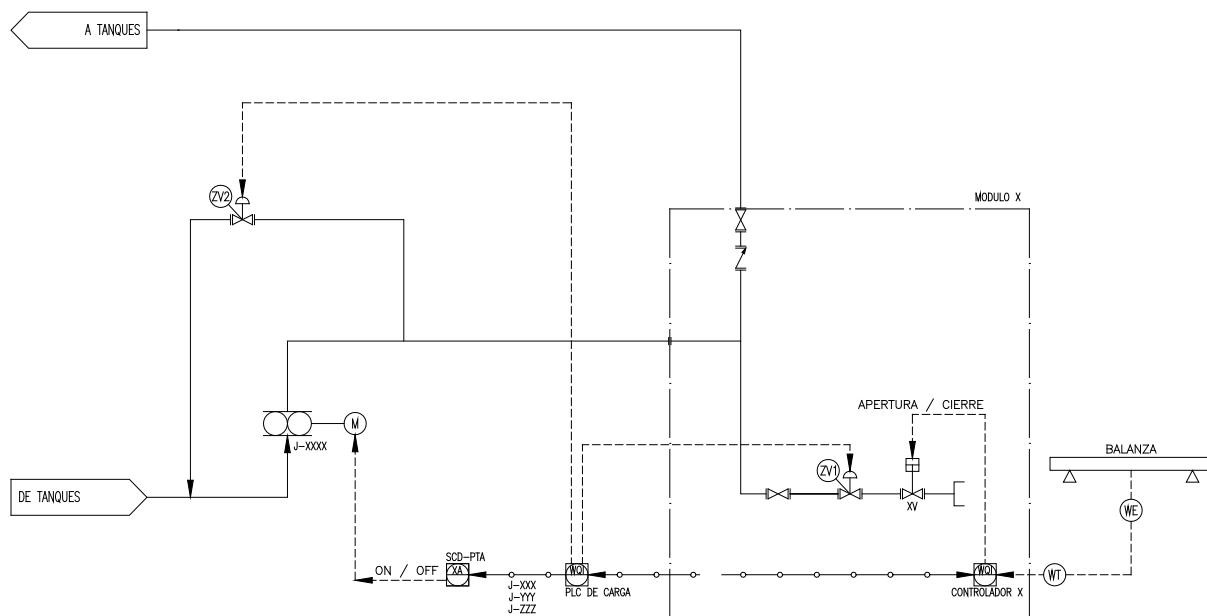


Figura 8 – Esquema de Control N°4

Etapas de la Operación de Carga de Camiones:

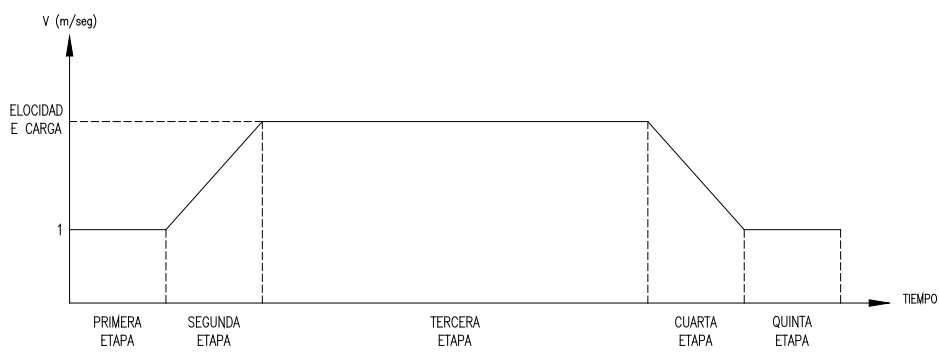


Figura 9 – Etapas de operación de carga

Intervalo de Tiempo: PRIMERA ETAPA		
Intervalo de tiempo de carga inicial correspondiente desde el encendido de la bomba hasta que se llenan los primeros centímetros del tanque cisterna, a velocidad cercana de 1 m/seg para garantizar que no se producirán salpicaduras.		
Tipo de Bomba	Característica	Responsable del Control
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 1: Una vez que esté habilitada la operación de carga (todos los permisos habilitados), el CONTROLADORX abre la válvula XV (ubicada en el extremo del brazo de carga) y envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que encienda la bomba de despacho (que opera a caudal constante). El PLC-DE CARGA de Cargadero decide qué bomba (J-XXX, J-YYY ó J-ZZZ) realizará la operación (en función a la disponibilidad y requerimientos de carga en ese momento) y envía una señal al PLC de la Planta de Asfaltos para que arranque la bomba elegida. Las dos válvulas de control deben estar abiertas de forma tal que la válvula WV esté con un porcentaje de apertura predefinido que solo permita pasar un caudal de carga cercano a 1 m/s, y la válvula PV recircule el caudal restante para evitar presurizar la línea.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante un temporizador.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 2: Una vez que esté habilitada la operación de carga (todos los permisos habilitados), el CONTROLADORX abre la válvula XV (ubicada en el extremo del brazo de carga) y envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que encienda la bomba de despacho (que opera a caudal variable). El PLC-DE CARGA de Cargadero decide qué bomba (J-XXX, J-YYY ó J-ZZZ) realizará la operación (en función a la disponibilidad y requerimientos de carga en ese momento) y envía una señal al PLC de la Planta de Asfaltos para que arranque la bomba elegida. Debido a que se requiere al inicio una velocidad de carga cercana a 1 m/seg, lo que equivale a un 30% del caudal nominal de carga, es necesario realizar un lazo de control de rango partido así la bomba trabaja a su velocidad mínima (50%) mientras se habilita la recirculación a través de la válvula FV para garantizar la mínima velocidad de carga sin sobrepresionar el sistema.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante un temporizador y por el lazo cerrado de control de caudal (FE + FV + SC de la bomba).
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 3: Una vez que esté habilitada la operación de carga (todos los permisos habilitados), el CONTROLADORX abre la válvula XV (ubicada en el extremo del brazo de carga) y envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que encienda la bomba de despacho (que opera a caudal variable). El PLC-DE CARGA de Cargadero decide qué bomba (J-XXX, J-YYY ó J-ZZZ) realizará la operación (en función a la disponibilidad y requerimientos de carga en ese momento) y envía una señal al PLC de la Planta de Asfaltos para que arranque la bomba elegida. Debido a que se requiere al inicio una velocidad de carga cercana a 1 m/seg, lo que equivale a un 30% del caudal nominal de carga, es necesario que la bomba opere en esta primer etapa a baja velocidad.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante un temporizador y por el variador de frecuencia de la bomba (el set del variador será fijado por este PLC).
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 4: Una vez que esté habilitada la operación de carga (todos los permisos habilitados), el CONTROLADORX abre la válvula XV (ubicada en el extremo del brazo de carga) y envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que encienda la bomba de despacho (que opera a caudal constante). El PLC-DE CARGA de Cargadero decide qué bomba (J-XXX, J-YYY ó J-ZZZ) realizará la operación (en función a la disponibilidad y requerimientos de carga en ese momento) y envía una señal al PLC de la Planta de Asfaltos para que arranque la bomba elegida. Las dos válvulas de control deben estar abiertas de forma tal que la válvula ZV1 esté con un porcentaje de apertura predefinido que solo permita pasar un caudal de carga cercano a 1 m/s, y la válvula ZV2 recircule el caudal restante para evitar presurizar la línea.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante un temporizador. Los porcentajes de apertura de cada una de las válvulas ZVs los define el PLC-DE CARGA de Cargadero, considerando que las dos funcionan en forma idéntica pero invertida (es decir: cuando la ZV1 esté abierta un 15% la ZV2 debe estar abierta en un 85%).

Tabla 5 – Comparativa Esquemas de Control Primera Etapa

Intervalo de Tiempo: SEGUNDA ETAPA		
Intervalo de tiempo de carga correspondiente al aumento de velocidad que va desde 1 m/seg hasta la velocidad nominal de carga. Este incremento de velocidad debe garantizar un llenado continuo en el tanque y asegurar que no se producirá turbulencia ni niebla, factores que harían peligrosa la operación de carga.		
Tipo de Bomba	Característica	Responsable del Control
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 1: En esta etapa la válvula WV debe comenzar a abrirse hasta llegar al 100% del porcentaje de apertura y la válvula PV debe comenzar a cerrarse hasta llegar al final de su carrera y garantizar la carga total del producto bombeado al camión.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de incremento de caudal de carga con temporizador.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 2: En esta etapa la válvula FV comienza a cerrarse y empieza a aumentar la velocidad de la bomba desde el 50 hasta el 100% para garantizar la carga total del producto bombeado al camión.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de incremento de caudal de carga con temporizador, y por el lazo cerrado de control de caudal (FE + FV + SC de la bomba).
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 3: En esta etapa comienza a aumentar la velocidad de la bomba desde el 30% de su caudal nominal hasta alcanzar el 100%, para garantizar así la carga total del producto bombeado al camión.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de incremento de caudal de carga con temporizador, y por el variador de frecuencia de la bomba (el set del variador será fijado por este PLC).
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 4: En esta etapa la válvula ZV1 debe comenzar a abrirse hasta llegar al 100% del porcentaje de apertura y la válvula ZV2 debe comenzar a cerrarse hasta llegar al final de su carrera y garantizar la carga total del producto bombeado al camión.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de incremento de caudal de carga con temporizador. Los porcentajes de apertura de cada una de las válvulas ZVs los define el PLC-DE CARGA de Cargadero, considerando que las dos funcionan en forma idéntica pero invertida (es decir: cuando la ZV1 esté abierta un 15% la ZV2 debe estar abierta en un 85%).

Nota: La “rampa de incremento de caudal” es la operación de aumentar en forma proporcional la velocidad de carga con el tiempo hasta alcanzar un valor deseado (predeterminado). Esta operación será realizada en forma automática por el CONTROLADOR X en donde se esté llevando a cabo la operación de Carga de Camión.

Tabla 6 – Comparativa Esquemas de Control Segunda Etapa

Intervalo de Tiempo: TERCERA ETAPA		
Intervalo de tiempo de carga correspondiente al llenado del camión a velocidad de carga constante. Este Intervalo termina cuando se alcanza el 95% del peso requerido de carga.		
Tipo de Bomba	Característica	Responsable del Control
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 1: En esta etapa la válvula WV está abierta al 100% y la válvula PV está completamente cerrada.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El PLC-DE CARGA de Cargadero mantiene abierta al 100% a la válvula WV y cerrada a la válvula PV, mientras que el CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar un 95% del total del peso requerido a ser cargado.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 2: En esta etapa la válvula FV está totalmente cerrada y la bomba está operando al 100% de su velocidad nominal.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El PLC-DE CARGA de Cargadero mantiene cerrada la válvula FV y la velocidad nominal de carga para la bomba, mientras que el CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar un 95% del total del peso requerido a ser cargado.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 3: En esta etapa la bomba está operando al 100% de su velocidad nominal.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El PLC-DE CARGA de Cargadero mantiene la velocidad nominal de carga para la bomba (el set del variador será fijado por este PLC), mientras que el CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar un 95% del total del peso requerido a ser cargado.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 4: En esta etapa la válvula ZV1 está abierta al 100% y la válvula ZV2 está completamente cerrada.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El PLC-DE CARGA de Cargadero mantiene abierta al 100% a la válvula ZV1 y cerrada a la válvula ZV2, mientras que el CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar un 95% del total del peso requerido a ser cargado.

Tabla 7 – Comparativa Esquemas de Control Tercer Etapa

Intervalo de Tiempo: CUARTA ETAPA		
Intervalo de tiempo de carga correspondiente a la disminución de velocidad que va desde la velocidad nominal de carga hasta un valor cercano de un 1 m/seg. Esta reducción de velocidad debe garantizar a su vez un llenado continuo en el tanque.		
Tipo de Bomba	Característica	Responsable del Control
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 1: En esta etapa la válvula WV debe comenzar a cerrarse hasta llegar a un porcentaje de apertura que sólo permita pasar un caudal de carga cercano a 1 m/s, y la PV recircule el caudal restante para evitar presurizar la línea.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de decremento de caudal de carga con temporizador (que comienza su control una vez que se alcanza el 95 % del total del peso a ser cargado).
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 2: En esta etapa la válvula FV comienza a abrirse y empieza a reducirse la velocidad de la bomba desde el 100 hasta el 50% para garantizar una velocidad final de carga cercana a 1 m/seg.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de decremento de caudal de carga con temporizador (que comienza su control una vez que se alcanza el 95 % del total del peso a ser cargado) y por el lazo cerrado de control de caudal (FE + FV + SC de la bomba).
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 3: En esta etapa empieza a reducirse la velocidad de la bomba desde el 100% hasta el 30% de su caudal nominal para garantizar una velocidad final de carga cercana a 1 m/seg.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de decremento de caudal de carga con temporizador (que comienza su control una vez que se alcanza el 95 % del total del peso a ser cargado) y por el variador de frecuencia de la bomba (el set del variador será fijado por este PLC).
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 4: En esta etapa la válvula ZV1 debe comenzar a cerrarse hasta llegar a un porcentaje de apertura que sólo permita pasar un caudal de carga cercano a 1 m/s, y la ZV2 recircule el caudal restante para evitar presurizar la línea.	Esta etapa también es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero mediante una rampa de decremento de caudal de carga con temporizador (que comienza su control una vez que se alcanza el 95 % del total del peso a ser cargado). Los porcentajes de apertura de cada una de las válvulas ZVs los define el PLC-DE CARGA de Cargadero, considerando que las dos funcionan en forma idéntica pero invertida (es decir: cuando la ZV1 esté abierta un 15% la ZV2 debe estar abierta en un 85%).

Nota: La “rampa de decremento de caudal” es la operación de reducir en forma proporcional la velocidad de carga con el tiempo hasta alcanzar un valor deseado (predeterminado). Esta operación será realizada en forma automática por el CONTROLADOR X en donde se esté llevando a cabo la operación de Carga de Camión.

Tabla 8 – Comparativa Esquemas de Control Cuarta Etapa

Intervalo de Tiempo: QUINTA ETAPA		
Intervalo de tiempo de carga final que empieza desde el momento en que se reduce la velocidad de carga a un valor cercano a 1 m/seg hasta que se alcanza el peso de producto requerido.		
Tipo de Bomba	Característica	Responsable del Control
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 1: Una vez que las celdas de carga (balanza) envían la señal al CONTROLADORX correspondiente al peso esperado de producto cargado, el CONTROLADORX le pide al PLC-DE CARGA de Cargadero que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar el 100% del peso requerido a ser cargado, y en ese momento envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV. Hasta el instante en que se alcanza el peso esperado, el PLC-DE CARGA de Cargadero mantiene el estado mencionado anteriormente para cada una de las válvulas de control y al recibir el pedido de paro de bomba desde el CONTROLADORX envía una señal al PLC de la Planta de Asfaltos para que detenga a la bomba elegida que está realizando la operación de despacho.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 2: Una vez que las celdas de carga (balanza) envían la señal al CONTROLADORX correspondiente al peso esperado de producto cargado, el CONTROLADORX le pide al PLC-DE CARGA de Cargadero que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar el 100% del peso requerido a ser cargado, y en ese momento envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV. Hasta el instante en que se alcanza el peso esperado, el PLC-DE CARGA de Cargadero mantendrá tanto el estado mencionado anteriormente para cada una de las válvulas de control así como la velocidad de la bomba en un 50% hasta alcanzar el 100 % del total del peso a ser cargado, momento en que dicho PLC pedirá al PLC de la Planta de Asfalto detener a la bomba elegida que está realizando la operación de despacho.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 3: Una vez que las celdas de carga (balanza) envían la señal al CONTROLADORX correspondiente al peso esperado de producto cargado, el CONTROLADORX le pide al PLC-DE CARGA de Cargadero que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar el 100% del peso requerido a ser cargado, y en ese momento envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV. Hasta el instante en que se alcanza el peso esperado, el PLC-DE CARGA de Cargadero mantendrá tanto el estado mencionado anteriormente para cada una de las válvulas de control así como la velocidad de la bomba en un 30% hasta alcanzar el 100 % del total del peso a ser cargado, momento en que dicho PLC pedirá al PLC de la Planta de Asfalto detener a la bomba elegida que está realizando la operación de despacho.
Desplazamiento Positivo: Engranaje	Esquema 4: Una vez que las celdas de carga (balanza) envían la señal al CONTROLADORX correspondiente al peso esperado de producto cargado, el CONTROLADORX le pide al PLC-DE CARGA de Cargadero que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV.	Esta etapa es controlada por el PLC-DE CARGA de Cargadero y por el CONTROLADORX. El CONTROLADORX recibe la señal de peso cargado de producto desde la balanza hasta alcanzar el 100% del peso requerido a ser cargado, y en ese momento envía una señal al PLC-DE CARGA de Cargadero para que pare la bomba de despacho que está operando y luego cierra la válvula XV. Hasta el instante en que se alcanza el peso esperado, el PLC-DE CARGA de Cargadero mantiene el estado mencionado anteriormente para cada una de las válvulas de control y al recibir el pedido de paro de bomba desde el CONTROLADORX envía una señal al PLC de la Planta de Asfaltos para que detenga a la bomba elegida que está realizando la operación de despacho.

Tabla 9 – Comparativa Esquemas de Control Quinta Etapa

2.2.3.12 Esquemas de control de carga

En función de la inversión y el grado de automatismo que se quiera brindar al proceso, se selecciona el esquema de control de carga que se ajuste más a las necesidades.

2.3 Control de Emisiones

Para el análisis del control de emisiones se considera un cargadero de camiones de asfaltos, en donde la carga es del tipo superior o TOP LOADING.

2.3.1 Tecnologías existentes de control de emisiones

A continuación se desarrollan las principales tecnologías utilizadas para el control de emisiones de fuentes puntuales. Las mismas son aptas para el control de compuestos orgánicos volátiles (VOC) tal como se presentan en el cargadero de asfaltos.

Dichas tecnologías se dividen en 2 categorías principales:

1. Métodos destructivos, como es la incineración .
2. Métodos de recuperación, incluyendo adsorción, absorción y condensación.

Estas tecnologías pueden ser utilizadas separadamente o combinadas, por ejemplo usando adsorción e incineración.

La selección entre métodos destructivos y de recuperación se basa en la posibilidad real de recuperación de los vapores, es decir, en la concentración de vapores orgánicos en la corriente captada y en el costo de esta pérdida de producto durante la carga, además de los aspectos medioambientales, demanda energética, facilidad de instalación (disponibilidad de espacio) y facilidad de operación y mantenimiento. En consecuencia, para una selección adecuada de la tecnología, es fundamental tener una base de datos que incluya lo siguiente: información precisa de cada una de las emisiones en el cargadero (composición y concentración, presión de operación, temperatura de operación), tipo de emisión (continua o intermitente), turndown requerido (cantidad de puntos de emisión simultáneos, mínimos y máximos), así como la legislación nacional e internacional.

2.3.2 Descripción de las tecnologías existentes de control de emisiones

- Incineración (Oxidación térmica)

Los compuestos fósiles que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno pueden ser transformados en dióxido de carbono y agua de acuerdo a reacciones exotérmicas. Con este método se pueden obtener eficiencias de incineración mayores al 99% cuando la concentración de compuestos orgánicos a la entrada de la unidad es mayor a 100 ppmv. Este tipo de tecnología se utiliza comúnmente cuando se tiene mezcla de compuestos orgánicos y aire, mezclas complejas de compuestos orgánicos e importantes variaciones de concentraciones en la entrada. Adicionalmente presenta una limitación correspondiente a compuestos con alta temperatura de combustión.

El equipamiento principal de esta tecnología consiste en una cámara refractaria de combustión, oxidadores y ventiladores.

En el proceso de incineración la mezcla de aire y vapores asfálticos son introducidos en la cámara de combustión donde se eleva la temperatura con el fin de alcanzar la temperatura de combustión apropiada. Generalmente la concentración de compuestos orgánicos de las emisiones no es suficientemente elevada para proveer una combustión autosostenida, por lo tanto se requiere combustible adicional (gas natural, fuel oil, o incluso energía eléctrica). Los productos de la combustión son expulsados a la atmósfera.

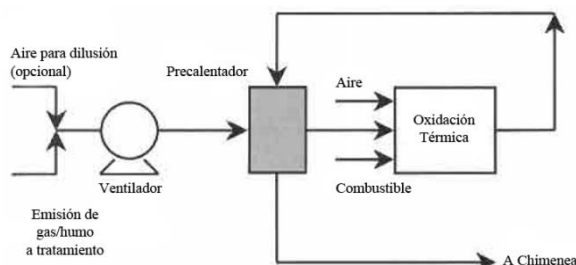


Figura 10 – Esquema de Incineración Térmica

- Incineración (Oxidación catalítica)

Los contaminantes o emisiones asfálticas son oxidados hasta obtener dióxido de carbono y agua. Se usa un medio catalítico para iniciar la reacción de combustión la cual ocurre a una temperatura menor

que la de oxidación térmica. Muchos equipos comercializados actualmente tienen eficiencias de incineración mayores al 98%.

Este tipo de tecnología se utiliza comúnmente cuando se trata de compuestos con altas temperaturas de combustión. No obstante se tienen ciertas limitaciones como son altas concentraciones de compuestos orgánicos (mayor al 20%), lo cual incrementa la temperatura de oxidación llevando la temperatura del lecho catalítico a valores mayores a 650°C, siendo ésta una temperatura crítica para el buen funcionamiento del mismo.

Se utilizan catalizadores tales como metales preciosos, metales comunes o sales metálicas. Los mismos pueden soportarse o contenerse con metales inertes como la alúmina o con materiales cerámicos.

Si bien el funcionamiento y equipamiento es similar a la alternativa de oxidación térmica, existen importantes características que diferencian a la oxidación catalítica de la térmica: en la alternativa catalítica la oxidación es producida en el lecho catalítico, se requiere menos combustible que en el método térmico, en líneas generales requiere de una dilución previa (Inyección de aire), lo cual incrementa el volumen de los equipos y por lo tanto la inversión inicial y los costos operativos y requiere prefiltrado de partículas y líquidos los cuales no pueden ser vaporizados.

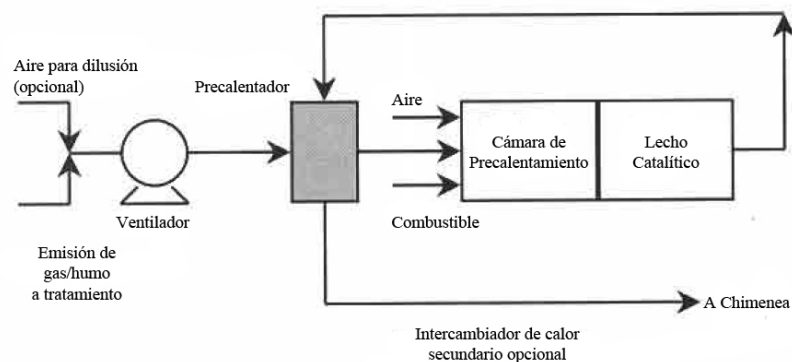


Figura 11 – Esquema de Incineración Catalítica

- Filtración

En esta tecnología se hacen circular las emisiones por ductos mediante ventiladores extractores. Utilizando sistema de filtrado tipo cartucho se retienen los contaminantes y partículas. El aire filtrado es expulsado a la atmosfera. Se logran eficiencias de filtrado > a 99% en partículas de 0,3 micrones.

Esta tecnología no elimina vapores, sólo nieblas y humos, por lo tanto no puede recibir líquidos directamente. Requiere de un sistema de condensado previo a la entrada a los filtros. Adicionalmente en el caso de utilizarse carbón activado como agente de filtración debe considerarse que el MEK (Metil Etil Cetona) es incompatible con el mismo. Dicho compuesto está presente en las emisiones asfálticas. No obstante, existen proveedores en el mercado argentino que usan carbón activado como agente de retención de vapores y neutralizan el MEK utilizando alúmina impregnada de permanganato de potasio (actualmente no se cuenta con un servicio o aplicación específica en operación).

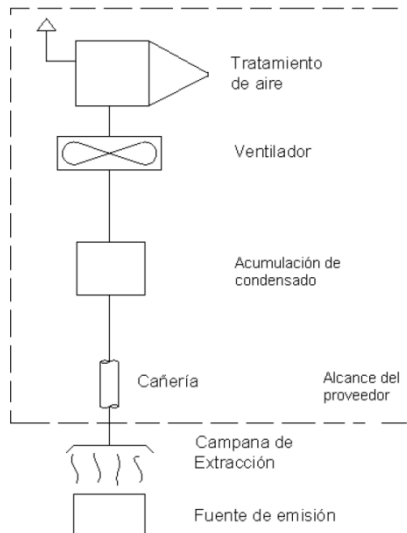


Figura 12 – Esquema Filtración

- Adsorción

Es un proceso físico en el que los contaminantes orgánicos son transferidos sobre una superficie sólida adsorbente. Generalmente la eficiencia de remoción de esta tecnología es mayor al 95%. El adsorbente más usado es el carbón activado, pero también es usada la Zeolita y ciertas resinas.

Este tipo de tecnología puede manejar grandes volúmenes de gases y vapores con baja concentración de contaminantes. No obstante la misma no puede ser utilizada con contaminantes que reaccionen con el adsorbente (en el caso de utilizarse carbon activado como adsorbente, MEK).

Los adsorbentes de lecho fijo pueden ser operados en forma intermitente o semi continua como son los sistemas adsorbentes de lechos duales en donde mientras un lecho está operativo el otro se está regenerando. Están constituidos generalmente de ventiladores, dos torres adsorbentes y condensadores

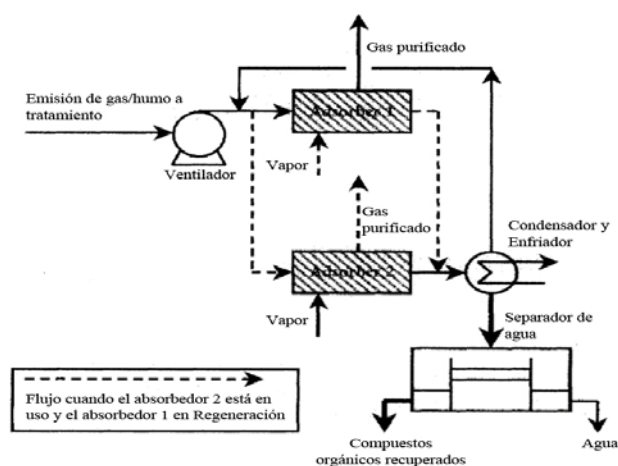


Figura 13 – Esquema Adsorción

- Absorción

Es un proceso de transferencia de masa de uno o más componentes de la corriente de vapores hacia la corriente de líquidos (Solvente, absorbente). Su principal aplicación es en el control de contaminantes gaseosos presentes en elevadas concentraciones. En este tipo de aplicaciones se pueden obtener eficiencias de remoción mayores al 98%.

La tasa de absorción es diseñada usando bajas temperaturas de operación y altas presiones, grandes áreas para la transferencia de masa, relaciones líquido-gas altas y concentraciones orgánicas elevadas en los vapores o efluentes captados, no siendo este el caso del cargadero de asfaltos. Es una tecnología inflexible debido a su bajo turndown.

Esta tecnología consiste en una columna absorbente a contracorriente, y una columna regenerativa. La regeneración se consigue mediante stripping, destilación o extracción. Los absorbentes utilizados son: agua, aceites siliconados, parafinas, ésteres de alto punto de ebullición y polialquilglicoleter.

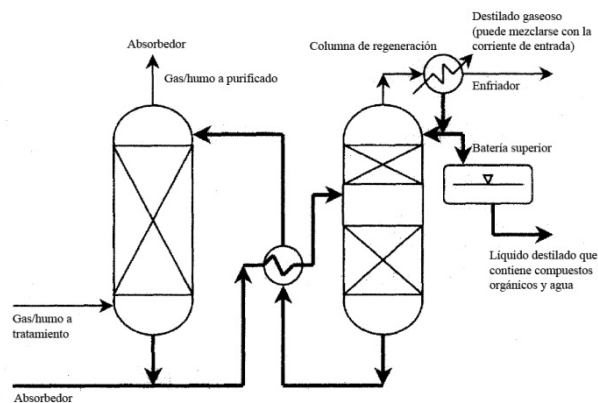


Figura 14 – Esquema Absorción

- Condensación

La condensación se puede lograr tanto incrementando la presión como reduciendo la temperatura de los vapores o gases a tratar. Generalmente los sistemas de condensación operan a presión constante. Se pueden alcanzar eficiencias de remoción del 95% con elevadas concentraciones de vapores y gases a la entrada del sistema.

Esta alternativa se utiliza en los siguientes casos: para elevadas concentraciones de vapores o gases (>3000 ppmv), para efluentes gaseosos más o menos constantes, para recuperar compuestos de alto valor previo a la incineración o previo a entrar a sistemas de adsorción o absorción, en la recuperación de compuestos orgánicos volátiles, venteo de tanques o durante la carga de camiones. Cabe destacar que los efluentes gaseosos de las plantas de asfalto no cumplen con las características de los efluentes gaseosos requeridos.

Los tiempos de puesta en marcha y apagado de la unidad son relativamente cortos en comparación con los métodos de incineración. Adicionalmente debe considerarse la corrosión o formación de hielo si condensa agua en el sistema.

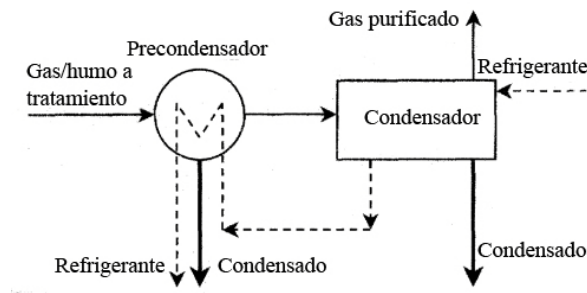


Figura 15 – Esquema Condensación

2.3.3 Conclusión

En conclusión se tiene que los sistemas de incineración (térmica o catalítica) son los que más se adaptan en cuanto a capacidad de neutralización de emisiones del cargadero. Asimismo se recomienda la tecnología de filtración, requiriéndose previo a su aceptación final, pruebas pilotos que avalen la utilización de filtros de carbón activado en presencia de MEK. No se recomiendan los sistemas de recuperación con tecnologías de adsorción, absorción y condensación para servicios de carga de camiones de asfaltos porque se utilizan para mayores capacidades o mayores concentraciones, no siendo el caso de las emisiones en cargaderos de asfaltos.

3. Conclusiones

Se han analizado las distintas alternativas disponibles para la operación de despacho de productos asfálticos en lo que respecta al tipo de producto a despachar, tipo de carga, configuración de carga, islas de carga (equipamiento e instalaciones), esquemas de control y sistemas de control de emisiones que garanticen una adecuada operatoria de despacho. Cabe destacar que la selección de la alternativa a considerar depende fuertemente de las características de los productos a despachar, de los efluentes gaseosos, de la capacidad de producción y demanda del mercado y requerimientos propios de la planta o del proyecto.

4. Bibliografía

1. AEMA- Basic Asphalt Emulsion Manual March 1-2004.
2. Esko Tahti, Howard Goodfellow - "Industrial Ventilation Design Guidebook" – 1st Edition - 2001. Academic Press
3. Igor J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald – "Pump Handbook" 3rd Edition – 2001, McGraw-Hill.
4. IRAM 6835 "Asfaltos para uso vial. Clasificados por viscosidad".
5. API RECOMMENDED PRACTICE 2003 "Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents".
6. NFPA 77 RECOMMENDED PRACTICE ON STATIC ELECTRICITY

5. Curriculum Vitae

Daniela Fabiana Fernandez

Ingeniera Química, Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires.
Tecna – Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.
Ingeniera de Procesos.

Santiago Mendoza Alvarez

Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata..
Tecna – Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.
Ingeniero de Equipos Mecánicos.

Carolina Rafaela Rodriguez

Ingeniera Química, Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires.
Tecna – Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.
Ingeniera de Procesos.

Lucas Gabriel Reboredo

Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires.
Tecna – Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.
Jefe de Procesos.