

# Fosfina Pura en Cilindros, Formas de Uso, Sistemas de Aplicación y Potenciales usos en Brasil

Franziskus Horn F.<sup>1</sup>, Francisco Horn P.<sup>1</sup>, Pedro Horn P.<sup>1</sup>, Miguel Rogers T.<sup>1</sup>

## Introducción

En la historia de la humanidad, siempre ha sido una problemática fundamental el cómo almacenar los alimentos de manera que, independiente de la estacionalidad de la producción agrícola, exista alimento en cantidad y calidad disponible en todo momento para las personas. Con este objetivo, desde la antigüedad, los seres humanos han desarrollado diferentes sistemas de almacenamiento de alimentos.

Si no se toman las precauciones adecuadas, los alimentos almacenados pueden ser atacados por diferentes agentes, tanto físicos como biológicos, que afectan su calidad y producen pérdidas significativas. Los insectos son uno de los principales causantes de las pérdidas de productos alimenticios, ya que estos grandes depósitos artificiales presentan condiciones ideales para su desarrollo.

Los países se han esforzado por mantener estas plagas bajo control, de modo de conservar adecuadamente el producto almacenado y adicionalmente evitar la propagación de estas entre diferentes lugares geográficos como producto del intercambio comercial entre los países.

Las herramientas existentes en el mundo para el control de estas plagas actualmente no son muchas. En países como Brasil, donde las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de insectos durante todo el año, el tema de cómo controlarlos se hace especialmente importante.

Dentro de las condiciones deseables de una herramienta para el control de plagas que podemos nombrar, es que esta no deje residuos en los productos tratados, que no reaccione con estos ni afecte su calidad, y que presente una buena capacidad de penetración en el producto tratado. Adicionalmente se requiere que estas medidas de control sean sustentables desde el punto de vista ambiental, no produciendo calentamiento global ni dañando la capa de ozono, y que una vez liberado a la atmósfera se degrade rápidamente. No menos importante es que esta herramienta de control pueda ser aplicada de manera segura.

A medida que avanza el conocimiento, son cada vez mayores las limitaciones que existen para la aplicación de estas herramientas de control de plagas. La humanidad se ha equivocado muchas veces, aplicando productos que generan daños a personas, ecosistema e instalaciones.

En la actualidad, existen muy pocas herramientas que cumplan con las condiciones deseables para una medida de control de plagas, lo cual hace que el espectro de posibilidades para la protección de alimentos y productos en grandes depósitos se reduzca drásticamente a tan solo unos pocos gases fumigantes. Es por esto, que la humanidad, con toda su capacidad de desarrollo

---

<sup>1</sup> Fosfoquim S.A., Avda. General O'Higgins 2165, Padre Hurtado, Chile. E-mail de contacto: [fhornf@fosfoquim.cl](mailto:fhornf@fosfoquim.cl)

y la investigación efectuada a lo largo de muchos años, no ha encontrado un producto mejor que la fosfina gaseosa para este fin, la cual se utiliza hace más de 75 años alrededor del mundo. A continuación se presenta una tabla comparativa presentando las características de los gases fumigantes más utilizados actualmente para el control de plagas en productos almacenados.

Tabla 1. Propiedades de los Principales Gases Fumigantes Utilizados Actualmente

	<b>Fosfina</b>	<b>Bromuro de Metilo</b>	<b>Fluoruro de Sulfurilo</b>	<b>Ácido Cianhídrico</b>
<b>Formula Química</b>	PH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> Br	SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	HCN
<b>Residuos</b>	No Detectables	Bromuros	Fluoruros	Cianuros
<b>Capacidad de Difusión</b>	Muy buena	Buena	Buena	Baja
<b>Densidad respecto al aire</b>	Casi Igual (en mezclas con aire)	Muy Pesado	Muy Pesado	Casi Igual
<b>Limite de Inflamabilidad en el aire</b>	1,8 %	No	No	6 a 41 %
<b>Solubilidad en Agua</b>	Muy Baja	baja	Baja	Alta
<b>Solubilidad en Grasas y Aceites</b>	Muy Baja	Alta	-	Alta
<b>Daño a Capa de Ozono</b>	No	Si	No	No
<b>Calentamiento Global</b>	No	Baja	Si	No
<b>Degradación en Atmosfera</b>	24 -48 horas	1 año	40 a 100 años	> 1 año
<b>Cantidad de Producto a Utilizar</b>	1 a 2 gr/ton	20 a 60 gr/ton	20 a 128 gr/ton	10 a 30 gr/ton
<b>Tiempo de Exposición para Control de Insectos</b>	24 – 96 horas	2 a 24 horas	12 a 72 horas	1 a 24 horas
<b>Fitotoxicidad</b>	No	Si	No	Si
<b>Corrosividad</b>	Si, cobre	Si, fierro	No	No

## ¿Qué es la Fosfina?

Hoy en día, la fosfina, si bien presenta algunas dificultades para su aplicación, es el gas fumigante que mas se acerca a las características de un fumigante ideal, siendo el producto que se está utilizando mayoritariamente en el mundo desde hace más de 75 años para el control de plagas en productos almacenados.

Las ventajas de la fosfina frente a otros gases fumigante son múltiples, por un lado se trata de un gas toxico muy simple, que puede oxidarse con el oxígeno del aire a ácido fosfórico, reacción que es catalizada por la luz solar. Tampoco reacciona con los alimentos o productos tratados, ni deja residuos detectables en estos al ser aplicada en su forma pura desde cilindros. No daña la capa de ozono y no produce calentamiento global.

Si bien en el mundo hace ya varios años existe fosfina pura en cilindros, debido a su condición de autoinflamabilidad con el aire, no era posible su aplicación directa para fumigaciones, a pesar de que obviamente seria la manera más lógica y práctica de utilizarla.

Hoy en día la fosfina es usada ampliamente a nivel mundial mediante la aplicación de formulaciones solidas de fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio, que expuestas a la humedad ambiente libera lentamente el gas fosfina mediante una reacción de hidrólisis. Junto con la producción de fosfina en la reacción, también se generan otros gases como amoníaco, el cual es altamente fitotóxico y produce problemas en los tratamientos de frutas y vegetales frescos. Como producto de la reacción de hidrólisis de fosfuros metálicos se genera un residuo que contiene fosfuro metálico activo, por lo tanto es un residuo peligroso, tóxico y que aun puede producir fosfina, el cual se debe recolectar, desactivar y disponer de manera adecuada una vez finalizada la fumigación.

En todo el mundo los fumigadores saben que si estas formulaciones de fosfuros metálicos, como fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio, son expuestas directamente al agua o en una condición de muy alta humedad, generan una gran cantidad de gas en una reacción exotérmica, pudiendo generar una alta concentración de fosfina que alcance el límite de inflamabilidad de 18.000 ppm causando incendios o explosiones. Estos problemas de aplicación de la fosfina son responsables de muchísimas pérdidas a nivel mundial en cuanto a vidas humanas, productos e infraestructura.



Imagen 1. Incendio en domo de almacenamiento, Septiembre de 2009



Imagen 2. Incendio en bodega, Diciembre de 2008

Encontrar un método seguro para la aplicación de fosfina para el control de plagas es primordial. Mucha gente alrededor del mundo ha aportado ideas y métodos novedosos.

El equipo técnico de Fosfoquim, después de convivir por más de 30 años con estos problemas, finalmente logró, en el año 2002, desarrollar un método limpio y seguro para la aplicación de fosfina pura denominada Horn Diluphos System® (HDS) que permite la dilución de fosfina pura desde cilindros directamente con aire, sin riesgos de inflamación en el proceso, para luego inyectar esta mezcla de aire con fosfina pura sin amoniaco al objeto a ser fumigado. Esta tecnología está patentada por Fosfoquim en diversos países.

La aplicación de fosfina pura a partir de cilindros con la tecnología HDS tiene una serie de ventajas, entre las que se puede nombrar la rapidez y seguridad de la aplicación y de la ventilación, el hecho de no dejar residuos y que su aplicación no depende de la temperatura ni humedad ambiental.

## Descripción del Horn Diluphos System®

El Horn Diluphos System (HDS), patentado por Fosfoquim, es un sistema automatizado que permite la dilución directa de fosfina pura de cilindros con aire por debajo del límite de auto inflamación, permitiendo la inyección de una mezcla de aire con fosfina a una instalación sellada a fumigar, utilizando concentraciones de hasta 10.000 ppm de fosfina sin riesgos de inflamación. Este sistema incluye una serie de mecanismos de seguridad que controlan el proceso y evitan problemas en situaciones riesgosas como un corte de energía.

Para operar el equipo, el operador debe conectar el equipo a la fuente eléctrica, a un cilindro de nitrógeno y a uno o más cilindros de fosfina y luego seguir las instrucciones del equipo indicadas en la pantalla LCD. Este equipo está diseñado de tal modo que solicita al operador realizar una acción y luego el equipo verifica que estas acciones se hayan realizado y de buena manera.

Con el uso del HDS se reducen los habituales problemas de la fosfina como fumigante. Los problemas de inflamabilidad de la fosfina al interior del almacén se eliminan ya que la concentración nunca sobrepasará los 18.000 ppm si no se realiza recirculación. Con el Horn Diluphos System es más fácil controlar la corrosión ya que solo se aplica la cantidad de gas que realmente se requiere. Asimismo, en caso de requerir una redosificación, esta se puede realizar desde el exterior del recinto. A diferencia de los fosfuros metálicos, al aplicar fosfina pura en cilindros, no se genera amoniaco, el cual por su parte potencia la corrosividad de la fosfina para metales como el cobre y la plata o sus aleaciones.

Actualmente existen diferentes modelos de equipos de fumigación Horn Diluphos System que son capaces de satisfacer prácticamente todas las situaciones y tamaños de fumigación. A continuación se presenta una tabla con las características de los diferentes equipos de fumigación.



Imagen 3. Equipo Horn Diluphos System modelo HDS 200.

Tabla 2. Características de los diferentes equipos de fumigación Horn Diluphos System.

Modelo	HDS 30 (A)	HDS 30 (B)	HDS 80	HDS 200	HDS 800
<b>Foto Referencial</b>					
<b>Capacidad (Flujo PH<sub>3</sub>)</b>	1 gr/min	6 gr/min	19 gr/min	47 gr/min	190 gr/min
<b>Flujo de Aire</b>	27 m <sup>3</sup> /hora	27 m <sup>3</sup> /hora	80 m <sup>3</sup> /hora	200 m <sup>3</sup> /hora	800 m <sup>3</sup> /hora
<b>Concentración max. de PH<sub>3</sub></b>	1.650 ppm	10.000 ppm	10.000 ppm	10.000 ppm	10.000 ppm

## Monitor de Concentración de Fosfina Fosfoquim Certiphos Monitor®

Contar con una tecnología tan potente como el Horn Diluphos System para las fumigaciones de productos almacenados con fosfina es una gran ventaja, pero esta tecnología, o cualquier otra tecnología de fumigación, requiere de un método de control para verificar su correcta aplicación. Por lo mismo, realizar fumigaciones sin utilizar equipos de medición de concentración de fosfina equivale a manejar un automóvil con los ojos vendados; inevitablemente las cosas en algún momento no van a salir bien.



Imagen 4. Equipo de monitoreo de concentración de fosfina Fosfoquim Certiphos Monitor®

Fosfoquim, en conjunto con la compañía PPM de Alemania, ha desarrollado un equipo de monitoreo electrónico que registra las concentraciones de fosfina en tiempo real durante todo el tratamiento con el objetivo de asegurar buenos resultados de fumigación.

Este equipo de monitoreo denominado Fosfoquim Certiphos Monitor® cuenta con una tecnología única en el mundo para la medición de la concentración de fosfina, utilizando un sensor foto-acústico. Estos equipos de monitoreo permanecen en el sitio de fumigación durante todo el tiempo de tratamiento y permiten la impresión de datos directamente desde el monitor o la descarga de los datos de tratamiento mediante planillas de cálculo mediante una memoria USB. Adicionalmente se pueden generar señales digitales de alarma de alta y baja concentración de gas que pueden utilizarse para control de la fumigación.

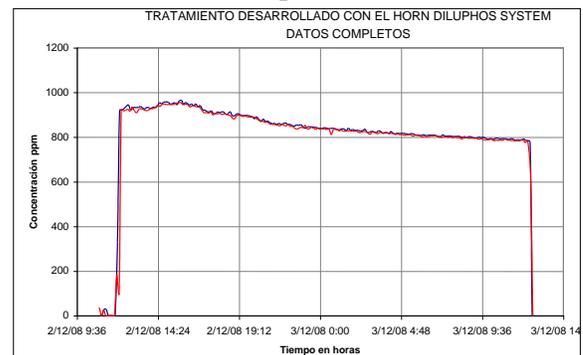


Imagen 5. Reporte de concentraciones de fumigación obtenido con el Fosfoquim Certiphos Monitor®.

Con este monitor, las fumigaciones pueden ser auditadas por las autoridades, el cliente y los fumigadores, verificando que se logró alcanzar y mantener las concentraciones dentro de lo requerido para el control de los insectos en el producto tratado.

En Chile, más de 8.000 fumigaciones se han realizado desde 2005 por Fosfoquim con fosfina pura en cilindros con la tecnología HDS, siendo gran parte de estas auditadas por las autoridades agrícolas chilenas y extranjeras, especialmente cuando se trata de productos de exportación. En estos casos los reportes de concentración de fosfina durante el tratamiento representa información fundamental para la aprobación de los lotes de productos a exportar y para evaluar el trabajo realizado.

## **Aplicación del Horn Diluphos System® para Fumigaciones**



Imagen 6. Demostración internacional del HDS, Australia 2003

La tecnología HDS ha demostrado ser altamente versátil, haciendo posible su aplicación en variados tipos de productos y recintos, con diferentes condiciones ambientales y de operación. De este modo, países como Australia, Argentina, Nueva Zelanda, Estados Unidos de América, Uruguay y Chile están utilizando esta tecnología en forma satisfactoria y en variados tipos de aplicaciones.

Entre las aplicaciones se cuentan la fumigación de silos verticales, silos bolsa, bodegas planas, lotes bajo carpa, bodegas de barcos, edificios de procesos industriales, viveros, contenedores y cámaras frigoríficas.

Los productos fumigados son fruta y vegetales frescos, frutas seca, granos, tabaco, café, madera, harina, alimento de ganado, productos alimenticios en general, entre otros.

Adicionalmente, Fosfoquim ha desarrollado metodologías de fumigación especiales para resolver algunos de los problemas asociados a la fumigación con fosfina como la corrosión de los sistemas eléctricos y electrónicos en edificios de procesos agroindustriales.

A continuación se presentan diferentes aplicaciones de esta tecnología para la fumigación con fosfina pura.

### Fumigación de Granos Almacenados con fosfina utilizando el HDS

Actualmente, los granos se almacenan en una serie de diferentes tipos de estructuras, como silos de chapa metálica, silos de concreto, bodegas planas, bunkers, silos bolsa. En general, para todos estos tipos de estructuras es posible utilizar el HDS en conjunto con un sistema de aplicación desarrollado por Fosfoquim llamado H- System.

El H-System contempla la utilización de un equipo HDS en conjunto con un ventilador adicional para dilución, el cual puede ser propio de la instalación o instalado especialmente para la fumigación. El principio del H- System consiste en reemplazar todo el aire al interior del almacén de granos,



Imagen 7. Bodega plana de 300.000 toneladas de trigo, fumigada con el HDS 800.

reemplazándolo con una mezcla de aire con fosfina con una concentración cercana a la concentración objetivo de fumigación la cual se obtiene diluyendo el flujo de fosfina con aire que genera el HDS con el flujo de aire del ventilador adicional. El flujo de aire del ventilador adicional debe ser de ser de aproximadamente 5 a 10 veces el caudal del equipo HDS utilizado. De este modo se logra una rápida y eficiente distribución del gas fumigante en la instalación a fumigar, logrando concentraciones

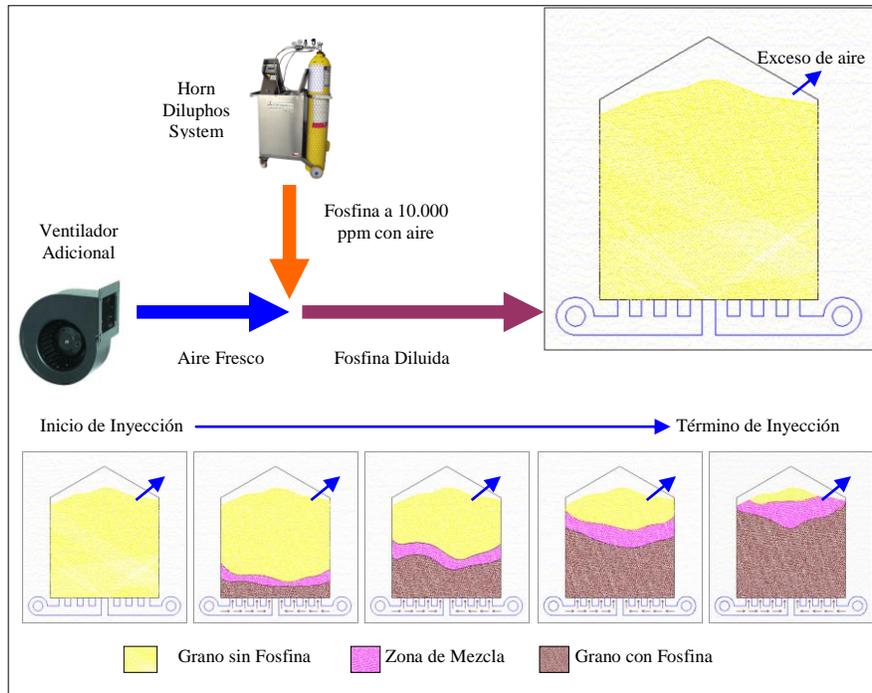


Imagen 8. Fumigación de depósitos de granos utilizando el H-System. El sistema contempla la inyección de una mezcla de aire con fosfina cercana a la concentración objetivo reemplazando todo el aire de la instalación con esta mezcla de aire y fosfina. El exceso de aire inyectado escapa a la atmósfera por la parte superior del silo.

letales para los insectos desde el inicio de la fumigación. Este sistema de fumigación se puede aplicar en silos o bodegas con o sin sistema de ventilación. En el caso de los almacenes sin sistema de ventilación, se debe realizar una preparación de los almacenes previo a la carga del grano, instalando ductos de distribución de gas en PVC o ductos de plástico corrugado.

En las instalaciones en las cuales exista sistema de ventilación o recirculación de aire, generalmente se pueden utilizar los mismos ductos de ventilación para distribuir el gas en la instalación. Utilizando el H-System, no es necesario realizar recirculación de aire una vez inyectada la fosfina.

En el caso de los silos bolsa, estos pueden ser fumigados con el H-System inyectando aire y fosfina en un extremo del silo, manteniendo abierto el extremo opuesto de modo de purgar el silo bolsa y reemplazar el aire al interior con una mezcla de aire y fosfina.

Con este método de fumigación se logra una rápida y eficiente distribución del gas en todo el producto almacenado, logrando concentraciones letales de fosfina casi desde el inicio de la fumigación. Se evita la entrada de personal a espacios confinados ya que toda la operación se puede realizar desde el exterior. Otra importante ventaja es que se puede redosificar fosfina desde el exterior en cualquier momento en caso de que la concentración al interior disminuya por debajo de los requerimientos de fumigación. Por otro lado los costos de implementación son bajos, ya que el sistema de distribución de gas se puede fabricar en PVC o plástico corrugado.



Imagen 9. Los silos bolsa son una muy buena y barata alternativa de almacenamiento de granos. Estos almacenes requieren de fumigación y con el H System se pueden fumigar fácilmente.

## Fumigación de Fruta Fresca con fosfina en Cámaras Frigoríficas utilizando el HDS

Los ensayos realizados para la fumigación de fruta fresca con fosfina a partir de fosfuros metálicos tuvieron malos resultados en cuanto a la calidad de la fruta. Estos problemas estaban relacionados principalmente a la alta temperatura en que se realizaron los ensayos, la cual era requerida para la generación de fosfina y a la presencia de amoníaco, generado por los fosfuros metálicos, el cual es altamente fitotóxico para la fruta y vegetales frescos.



Imagen 10. Contenedores reefer de 40 pies adaptados como cámara de fumigación de fruta fresca.

A partir del desarrollo del HDS, Fosfoquim ha desarrollado y patentado una metodología de fumigación de fruta fresca con fosfina a baja temperatura, con altas concentraciones de fosfina, libre de amoníaco, con el sorprendente descubrimiento que bajo determinadas condiciones de fumigación la calidad de la fruta no es afectada, y que es posible controlar las principales plagas de la fruta. Al realizarse el tratamiento a la temperatura optima de almacenamiento de a fruta, se pueden realizar fumigaciones con altas concentraciones de fosfina sin producir daño en la fruta debido a su baja actividad metabólica. Esta alta concentración de gas logra compensar la baja actividad metabólica de los insectos a estas temperaturas, logrando controlar efectivamente las plagas. Fumigando con esta tecnología no se detectan residuos cuantificables a las 72 horas de realizada la ventilación del tratamiento.

Desde el año 2005 a la fecha se han realizado cerca de 8.000 tratamientos de fruta fresca en Chile. Las frutas tratadas con fosfina han sido exitosamente exportadas a diversos mercados en Sudamérica, Norteamérica, Asia y Europa, sin daños ni residuos de fosfina en las frutas tratadas.

Estas fumigaciones se realizan a la fruta ya procesada y embalada previo a su despacho en cámaras frigoríficas, las cual han sido previamente adaptadas y certificadas para efectuar el proceso de fumigación, en cuanto a la seguridad y hermeticidad de los recintos. Las cámaras frigoríficas son adaptadas para el proceso de fumigación, siendo hermetizadas e instalando tuberías de distribución de gas. Este sistema de distribución permite la liberación del gas cerca de los ventiladores de los evaporadores, los cuales permanecen funcionando durante todo el tratamiento, con el objetivo de lograr una rápida distribución del gas en la instalación. Adicionalmente se instala un ducto de recirculación por donde se succiona aire, lejos del punto de inyección, con lo cual se puede realizar la inyección de gas a una instalación totalmente sellada, sin provocar un aumento de la presión interna de la cámara como consecuencia del proceso de inyección de gas.



Imagen 11. Cámara de atmosfera controlada de 4.815 m<sup>3</sup> preparada para ser fumigada con fosfina utilizando el Horn Diluphos System.

En Chile, al año 2010, existen mas de 150 cámaras de fumigación aprobadas por las autoridades locales con volúmenes desde los 76 metros cúbicos a cerca de 5.000 metros cúbicos, con diferentes tipos de instalación como contenedores reefer adaptados, cámaras de fumigación de bromuro de metilo, cámaras frigoríficas convencionales y cámaras de atmósfera controlada. Con los diferentes modelos de HDS disponibles actualmente es posible realizar la inyección de gas y

la distribución de este en tiempos menores a una hora para todos los tamaños de instalación en Chile.

Con los estudios e información hoy día disponible, la fumigación de fruta fresca con fosfina se ha convertido en una útil herramienta para la industria frutícola exportadora, permitiendo el acceso a nuevos y más lejanos mercados, con fruta de buena calidad y libre de plagas.

Dado este desarrollo en Chile, varios países están trabajando en el tema de fumigación con fosfina en fruta fresca. En Nueva Zelanda ya se cuenta con registro para la fumigación de kiwis y se está ampliando su registro para manzanas. Argentina ya tiene registro para fumigación de manzanas y se está trabajando en su ampliación a otras frutas. En Uruguay se esta aplicando en granos y se encuentra aprobada la aplicación a fruta fresca, entre otros.

### Fumigación en Tránsito de Bodegas de Barcos con fosfina utilizando el HDS

Los requerimientos fitosanitarios de los diferentes países hacen necesaria la aplicación de tratamientos fitosanitarios para el ingreso de mercaderías desde otras zonas geográficas. En algunos casos, considerando el volumen, medio de transporte o tipo de almacenamiento, la aplicación de estas medidas de control de plagas deben ser aplicadas directamente en las bodegas de los barcos que transportan la mercadería a destino.

La fumigación tradicional de este tipo de mercaderías como maderas o granos en bodegas de barcos con fosfuros metálicos conlleva una serie de problemas tanto de seguridad como de aplicación y distribución del fumigante. Especialmente en las bodegas de barcos que transportan madera, la humedad relativa ambiental suele ser muy alta y frecuentemente se encuentra agua libre al interior de las bodegas, lo cual representa un riesgo muy importante de incendios al fumigar con fosfuros metálicos.

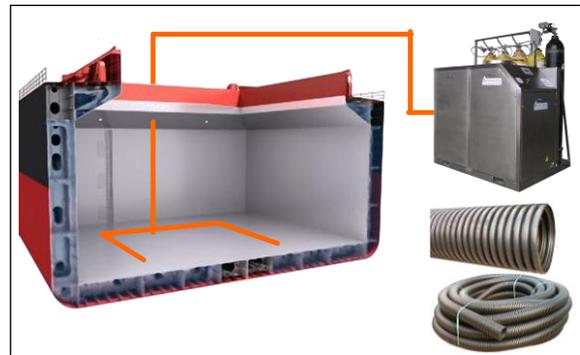


Imagen 12. Sistema de inyección de gas para la fumigación de bodegas de barcos. El sistema puede ser instalado a través de las escotillas y es fabricado de tubería de drenaje, la cual queda en la bodega posterior a la inyección del fumigante.



Imagen 13. Barco con troncos a granel para ser fumigado con fosfina utilizando el Horn Diluophos System.

Con respecto a la distribución del fumigante, los fosfuros metálicos normalmente son aplicados una vez cargado el producto o incluso a través de las escotillas de acceso de personas una vez cargado el barco, esto representa un problema ya que la difusión de la fosfina es muy lenta a través de la bodega y se requiere bastante tiempo para lograr una concentración homogénea. Adicionalmente se incrementa el riesgo de incendio por las grandes cantidades de fosfuro metálico que se aplican en una zona determinada.

El HDS es muy útil en estas situaciones en que se requiere aplicar una alta cantidad de fosfina en poco tiempo. El HDS 800 de Fosfoquim es capaz de aplicar hasta 200 gramos por minuto, con lo cual una bodega de 5.000 metros cúbicos puede ser inyectada con fosfina y distribuido el gas en aproximadamente una hora. De este modo se reduce al mínimo la

mano de obra, se eliminan los riesgos de incendio en el proceso de fumigación. Tampoco se requiere de la entrada a espacios confinados y se evita la manipulación del fumigante por los operadores. Adicionalmente esta tecnología no deja ningún tipo de residuos ni sólidos ni líquidos que coleccionar y disponer luego de la fumigación. El proceso de ventilación de estas instalaciones es rápido, ya que una vez finalizada la inyección de gas no se sigue generando fosfina al interior al no tener fosfuros metálicos presentes.

Para la inyección de gas en las bodegas se puede instalar un sistema de distribución de gas de bajo costo construido con mangueras de plástico corrugado que puede ser instalada previo a la carga de los productos en la bodega a través de la escotilla de acceso o los ductos de venteo de la bodega. Estos tubos son desechables y quedan en la bodega luego de la inyección de fosfina.

### Inyección Automatizada de fosfina con el HDS.

Con la nueva generación de equipos HDS de Fosfoquim, hoy es posible realizar un sueño en el tema de fumigación como es el realizar fumigaciones automatizadas, en la cual, si la concentración de fosfina cae por debajo de un límite preestablecido por el operador, se realiza automáticamente una reinyección de gas hasta lograr los niveles de concentración requerido. Esta modalidad de fumigación es posible llevarla a cabo utilizando un equipo HDS en conjunto con equipo electrónico de monitoreo de concentración de fosfina. Esta nueva metodología de aplicación hace posible llevar a cabo fumigaciones de grandes estructuras o edificios de procesos industriales como molinos de harina, bodegas, plantas de envasado y plantas procesadoras de

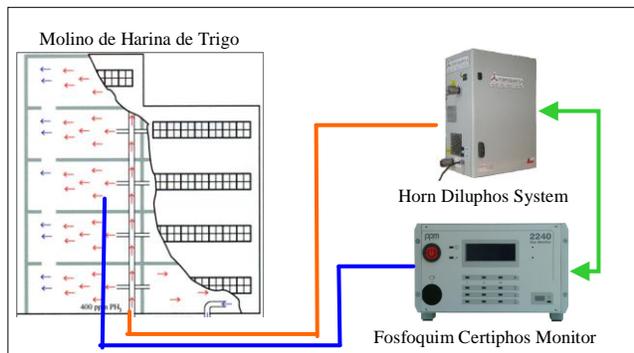


Imagen 14. Proceso de inyección automatizada utilizando el Horn Diluphos System y el Fosfoquim Certiphos Monitor. Esta metodología permite la realización de reinyecciones automáticas de acuerdo al nivel de concentración requerida y los niveles fijados por el fumigador.

posible controlar efectivamente los niveles de concentración al interior de la instalación a fumigar, evitando la sobredosificación que se realiza con los métodos tradicionales para compensar la baja hermeticidad, y a su vez manteniendo los niveles de concentración requerido para lograr controlar efectivamente los insectos. Adicionalmente, al fumigar con fosfina pura no se aplica amoniaco, el cual también es altamente corrosivo para metales como el cobre.

semillas, las cuales normalmente son muy poco herméticas y por lo tanto se requiere mucha mano de obra en las fumigación y adicionalmente tienen una cantidad de equipos eléctricos y electrónicos en su interior que pueden sufrir corrosión como consecuencia del proceso de fumigación con concentraciones mayores a las deseadas.

La aplicación de esta metodología hace

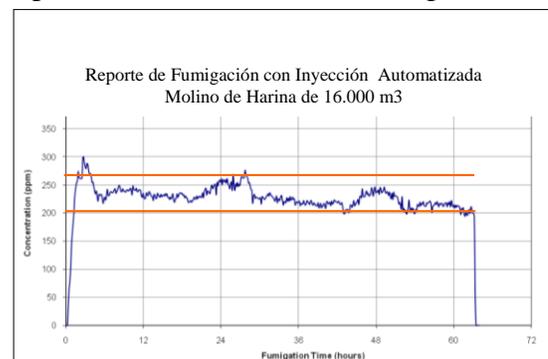


Imagen 15. Reporte real de fumigación de molino de harina de 16.000 m3 utilizando inyección automatizada. Como se puede observar, la concentración se mantiene dentro de los límites establecidos por el fumigador (líneas rojas).

Dentro de las principales ventajas de este método, destaca la minimización de los problemas de corrosión al no sobredosificar, ya que solo se inyecta la cantidad de fosfina que se requiere para realizar la fumigación. Asimismo es posible reducir considerablemente la mano de obra para las labores de sellado y las reinyecciones durante la fumigación. Adicionalmente, al trabajar con fosfina pura, los problemas de corrosión son menores que en los casos en que se fumiga con fosfuros metálicos, ya que no se aplica amoniaco, el cual es generado como subproducto de la reacción de hidrólisis de las formulaciones solidas.

### Fumigación de Contenedores con fosfina utilizando JP System junto con el HDS.

Fosfoquim, en su incesante búsqueda de soluciones para las diferentes aplicaciones de fosfina ha desarrollado el JP System, el cual es un sistema de distribución de fosfina para la fumigación de contenedores marítimos estándar sin previa adaptación. Este sistema consiste en una pieza de distribución que se introduce entre las puertas del contenedor para realizar la operación.

Este sistema permite la fumigación de contenedores convencionales sin la necesidad de abrir las puertas del contenedor, lo cual es una gran ventaja, que permite a las autoridades fitosanitarias fumigar un contenedor contra las diferentes plagas sin el riesgo de distribuir la plaga al mantenerla confinada en todo momento al interior del contenedor hasta el momento del tratamiento.

Con este sistema de fumigación se logran altas concentraciones de fosfina al interior de los contenedores en un tiempo muy corto, permitiendo realizar fumigaciones más cortas que con sistemas tradicionales de fumigación con fosfuros metálicos. Adicionalmente este sistema de fumigación puede ser aplicado en cualquier contenedor convencional sin dejar ningún tipo de residuos solido ni líquidos en el contenedor tratado. El tiempo de inyección de fosfina por contenedor es de aproximadamente 15 minutos con un equipo HDS 30, lo cual hace esta herramienta una alternativa interesante considerando la cantidad de bienes que se transportan actualmente en contenedores.



Imagen 16. Fumigación de un contenedor utilizando el Horn Diluphos System en conjunto con el JP System.



Imagen17. Dispositivo JP System utilizado para la inyección de fosfina con el Horn Diluphos System a través de los burletes de goma de las puertas del contenedor.

### **Aplicación de fosfina en cilindros para pequeñas aplicaciones a través de mezcla con CO<sub>2</sub> mediante aplicación directa**

En los casos en que se requiere de pequeñas cantidades de fosfina para la fumigación de espacios, existe también la alternativa de aplicar fosfina directamente a partir de un cilindro que contiene una mezcla de CO<sub>2</sub> con 2 % de fosfina, la cual no es inflamable y se puede aplicar en forma directa sin la necesidad de un equipo de aplicación como el HDS.

Dicha formulación, conocida como ECO<sub>2</sub>FUME, si bien tiene un costo más elevado, no requiere de un equipo especial para su aplicación y por lo tanto es ideal para realizar fumigaciones de pequeños lotes bajo carpa, contenedores, camiones etc.

## Potenciales Usos de Fosfina Pura en Cilindros con el Horn Diluphos System en Brasil.

De acuerdo a las características climáticas de Brasil, en que las relativamente altas temperaturas ambientales durante todo el año permiten el desarrollo de los insectos, que pueden producir daños a los productos almacenados, y considerando el gran nivel de producción de alimentos y otros productos susceptibles de ser atacados, como los productos madereros, granos, fruta fresca, café, tabaco, entre otros, las ventajas que presenta un sistema de fumigación con el Horn Diluphos System hacen visualizar un gran potencial de uso de esta tecnología. Esta herramienta puede convertirse en una muy valiosa ayuda al servicio de la industria brasilera, tanto para el mercado interno como para los productos de exportación, tal como ha sucedido en otros países como Chile, USA, Australia y Nueva Zelanda, países en que esta tecnología está siendo ampliamente utilizada.

Como todo nuevo desarrollo en el tema fitosanitario, se hace necesario un estrecho trabajo con las autoridades locales para el registro e introducción de la tecnología, así como también de apoyo del mundo privado para el establecimiento de una red de distribución que permita abarcar el extenso mercado brasilero.

Una vez introducida en el mercado brasilero, la tecnología Horn Diluphos System para fumigaciones con fosfina pura en cilindros puede abrir grandes oportunidades al sector agroexportador brasilero, ya que esta herramienta puede permitir el acceso de los productos agrícolas brasileros a

nuevos y mas lejanos mercados en donde de acuerdo a las condiciones existentes no se puede acceder por condiciones fitosanitarias o por problemas operativos con las alternativas de control fitosanitario actualmente disponibles en el mercado brasilero.

Asimismo, el uso de esta tecnología permite cumplir con las cada vez mas exigentes normas de seguridad y de cuidado del medio ambiente, cumpliendo los compromisos internacionales de reducción de uso de bromuro de metilo como el Protocolo de Montreal y los gases invernadero a través del Protocolo de Kyoto y elevar el estándar de seguridad y calidad de las aplicaciones con fosfina en Brasil.

### Bibliografía

HORN, F. et al. Fumigation field trial tour of the Horn Diluphos System using Cytec VAPORPHOS. Stored Grain in Australia, 2003. In: Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, Canberra, Australia, 2003. p.174-182.

HORN, P. et al. Studies and commercial application of VAPORPH3OS phosphine fumigant for disinfestation of exported fruits and vegetables in South America. In: Postharvest Pacifica Conference, 2009, Nueva Zelanda.

MONRO, H.A.U. Manual de fumigación contra insectos. Roma: FAO, 1970. 404p.



Imagen 18. Visita a nuestras instalaciones de representantes fitosanitarios de APEC, junio 2010.