

Comunicado de prensa de Sensor Instruments

Octubre de 2021

Control de chorro pulverizado en luz transmitida

21/10/2021. Sensor Instruments GmbH:

Al diseñar sistemas de pulverización, es necesario asegurarse de que los sensores se adapten a la geometría del cono de pulverización y a la cantidad de pulverización de la aplicación en cuestión. Además, tanto la geometría del cono de pulverización como la cantidad de pulverización dependen del producto utilizado (imprimación, adhesivo, disolvente, agua, alcohol, pintura, etc.), así como del orificio de la boquilla de pulverización, de la sobrepresión y de la dosis de pulverización. Especialmente cuando se utilizan productos resistentes y adherentes (pegamento) como agente de pulverización, puede ocurrir que una parte del orificio de la boquilla de pulverización se pegue, lo que modificaría tanto la cantidad de pulverización como la geometría de pulverización. Esto puede modificar la dirección y el ángulo de apertura del chorro pulverizado.

Al diseñar el sistema de control de chorro pulverizado, es importante hacerse algunas preguntas fundamentales:

1. ¿Es suficiente la evaluación cualitativa del proceso de pulverización (sí/no o el proceso de pulverización está bien/mal) o se requiere también un análisis más detallado (geometría del chorro, cantidad de pulverización)?
2. ¿Qué producto se pulveriza (imprimación, adhesivo, disolvente, agua, alcohol, pintura, etc.) y cuál es la mejor forma de escanearlo (interacción con escaneo óptico: tamaño y distribución de las gotas)?
3. ¿Qué variables determinan/perjudican la calidad del chorro pulverizado en el proceso? ¿Cuáles son las condiciones generales para el escaneo óptico del proceso de pulverización?

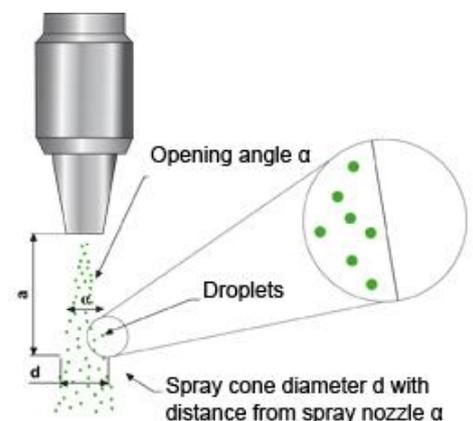
El objetivo del control de chorro pulverizado en línea es controlar la calidad del proceso de pulverización durante el proceso de producción de forma automatizada.

Principio de medición

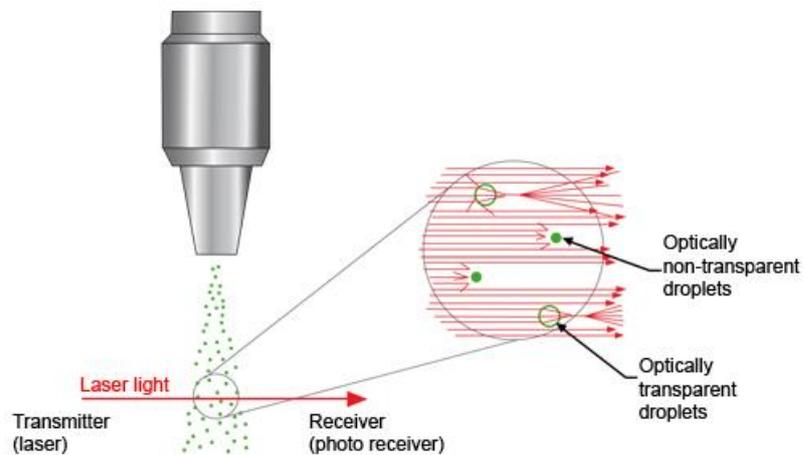
¿Qué es exactamente un chorro pulverizado?

Por lo general, un chorro pulverizado es una “estructura suelta” de pequeñas gotas que se forman a través de la atomización del líquido de pulverización en la salida de la boquilla de pulverización o de la vorticalidad existente en la boquilla. El tamaño de las gotas oscila entre unos pocos micrómetros y unos cientos de micrómetros, y depende principalmente del producto pulverizado. Estas gotas salen por el orificio de la boquilla de pulverización a una determinada velocidad y luego se desaceleran a causa de la fricción del aire.

El chorro pulverizado está determinado por el ángulo de apertura del cono de pulverización y por la cantidad de pulverización (gotas/unidad de tiempo o caudal de pulverización).

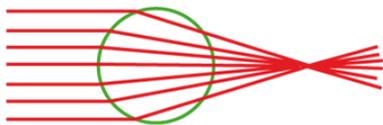


¿Cómo se registra el chorro pulverizado?

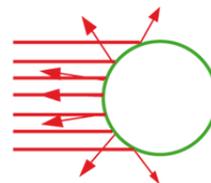


Para determinar la cantidad de pulverización, se aplica un haz de luz a través del cono de pulverización, p. ej., con una barrera de luz transmitida por láser. Tras la salida, la intensidad del haz de luz se mide en el receptor. En su recorrido a través del cono de pulverización, parte del haz láser se desvía a consecuencia de las gotas del chorro pulverizado y no llega al receptor.

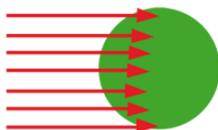
La desviación se produce por la reflexión en la superficie de las gotas o por el enfoque de la radiación láser, ya que las gotas, si son ópticamente transparentes, funcionan como microlentes. Sin embargo, parte de la luz también es absorbida por las gotas o no llega al receptor debido a la difracción que se produce en la interfaz.



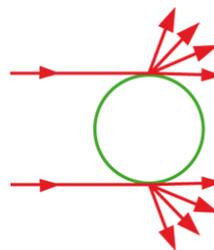
1) Enfoque de la radiación láser



2) Reflexión de la radiación láser



3) Absorción de la radiación láser



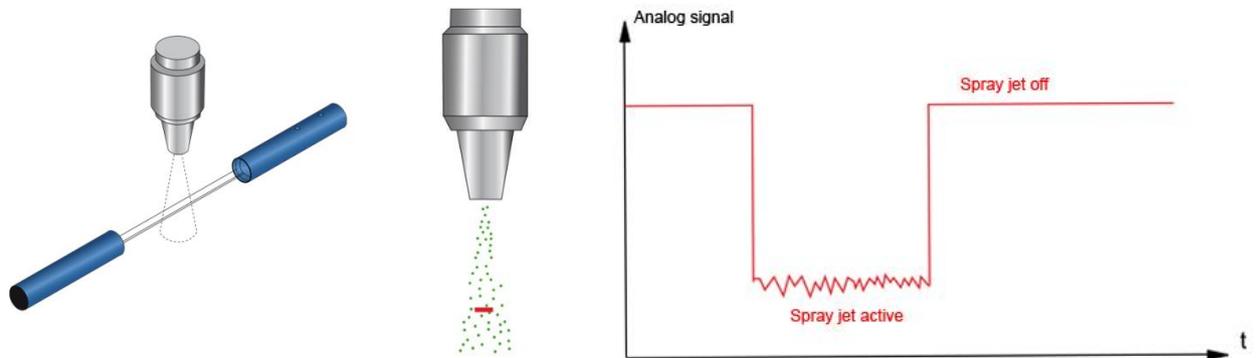
4) Difracción de la radiación láser

Métodos de control de chorro pulverizado en luz transmitida:

1. Método de luz transmitida de un solo haz

→ Sensores D-LAS2, SPECTRO-1-CONLAS o A-LAS

Este método consiste en apuntar un haz de luz láser, preferiblemente con una pantalla en forma de ranura, a través del centro del chorro pulverizado.



La disminución de la señal en comparación con la ausencia del chorro pulverizado sirve como medida para la cantidad de pulverización. Este método se utiliza principalmente para determinar la cantidad de pulverización o la presencia o ausencia de un chorro pulverizado.

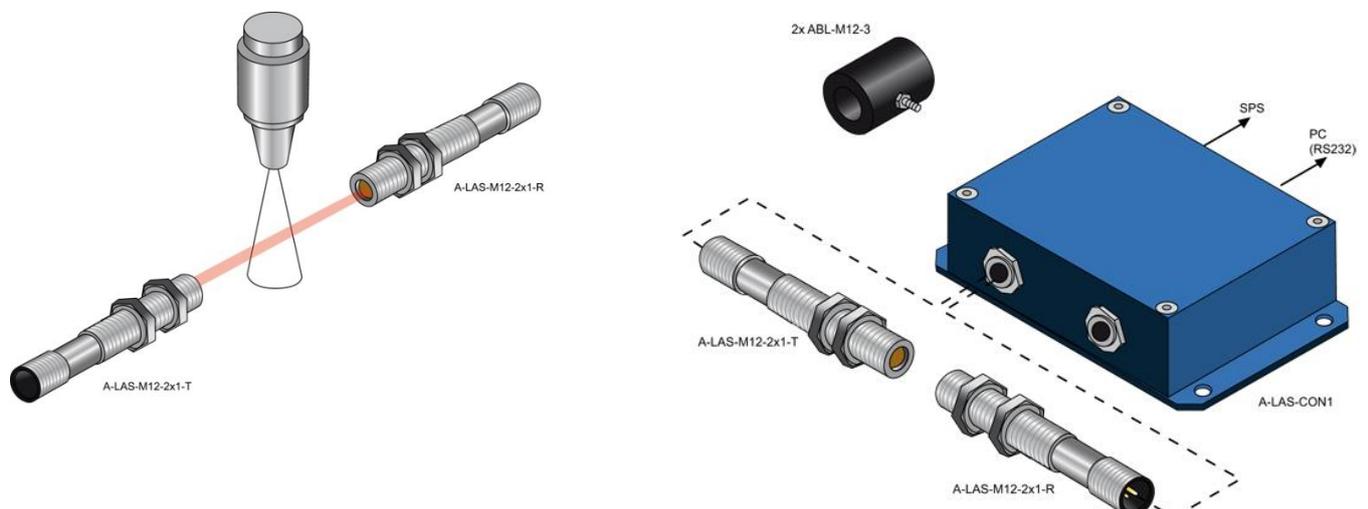
El funcionamiento del sistema A-LAS-CON1 para el [control de chorro pulverizado](#) o el [control de microdosificación](#) se explica más detalladamente en dos [vídeos de formación](#). Se puede acceder a los vídeos de nuestro canal de YouTube haciendo clic en el enlace correspondiente.

Ejemplo: sistemas de barrera fotoeléctrica unidireccional con controlador: serie del sensor: serie A-LAS

Tipo de sensor: A-LAS-M12-2x1-T (emisor) + A-LAS-M12-2x1-R (receptor) + A-LAS-CON1 (controlador)

El controlador con software A-LAS-CON1-Scope incluido permite calibrar el sistema antes del proceso de pulverización propiamente dicho.

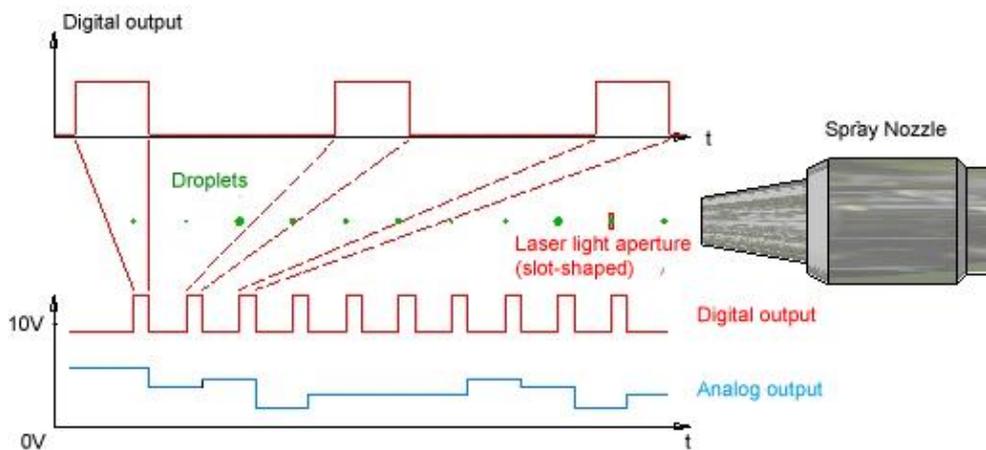
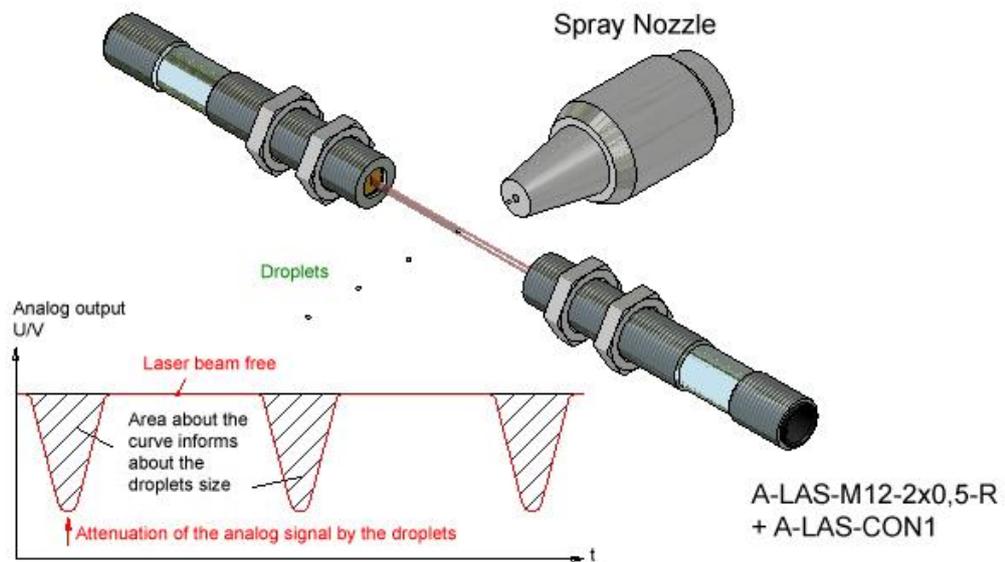
De este modo, es posible detectar incluso las cantidades de pulverización más pequeñas, ya que cualquier contaminación se puede compensar mediante la calibración (al 100 %), lo que permite que el umbral de detección se acerque mucho al valor del 100 % (p. ej., 99,7 %). La unidad de control proporciona una señal analógica y una salida de señal digital que informa cuando no se alcanza el umbral de detección.



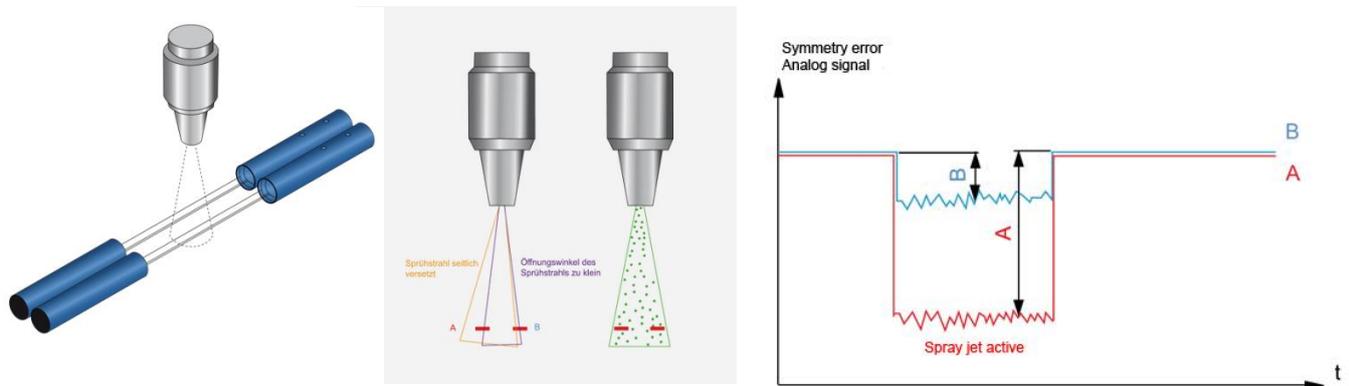
Si el sensor es lo suficientemente rápido, se pueden detectar las interrupciones breves provocadas por burbujas de aire. En el control de microdosificación, donde hay que caracterizar gotas individuales, se puede analizar incluso el tamaño de las gotas.

La solución ideal para el control de microdosificación es un sensor de la serie A-LAS con una apertura adaptada al tamaño de la gota en combinación con la unidad de control A-LAS-CON1, ya que este sistema de sensores presenta una alta frecuencia de escaneo y conmutación. El tamaño de la gota se almacena en la salida analógica hasta que llega la siguiente gota.

A-LAS-M12-2x0,5-T



2. Método de luz transmitida de dos haces → Sensores A-LAS-CON1 o SI-JET



En este caso, se evalúa la simetría del haz o se calculan las cantidades de pulverización como se explica a continuación:

$$\text{NORM} = \frac{A}{A+B} * 4096 = \text{SIMETRÍA}$$

$$\text{INT} = \frac{A+B}{2} * 4096 = \text{CANTIDAD DE PULVERIZACIÓN}$$

Además del control de cantidad de pulverización, este método también es adecuado para el control de simetría hasta cierto punto. Aquí ya se puede detectar una deriva lateral del cono de pulverización. El sistema de dos haces se utiliza principalmente cuando se requiere una comprobación sencilla y rentable de la simetría del cono de pulverización.

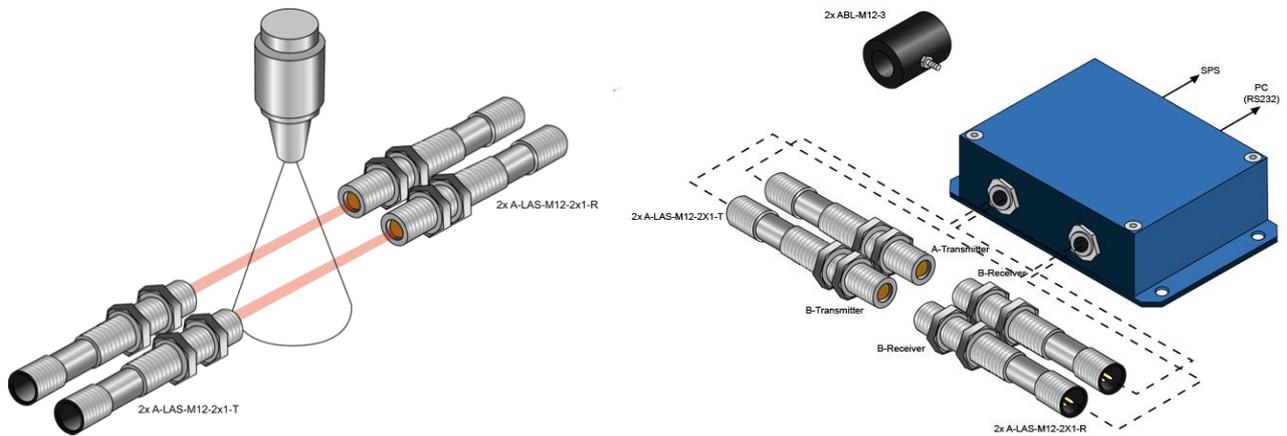
Ejemplo: sistemas de barrera fotoeléctrica unidireccional de dos haces: serie del sensor: serie A-LAS

Tipo de sensor: A-LAS-M12-2x1-T (2 emisores) + A-LAS-M12-2x1-R (2 receptores) + A-LAS-CON1 (controlador)

La unidad de control A-LAS-CON1 controla y evalúa los dos sensores láser A-LAS. La calibración se ejecuta entre los procesos de pulverización a través de una señal digital externa (p. ej., del CLP) que informa a la unidad de control de cuándo se puede realizar la calibración. Con los dos sensores láser, es posible realizar un control de simetría sencillo. También se puede controlar la cantidad de pulverización. Para evitar la contaminación de las cubiertas ópticas de los sensores láser, se utilizan accesorios de aire de soplado ABL-M12-3.

Hay 3 señales de salida digitales disponibles: SIMETRÍA CORRECTA/INCORRECTA, SEÑAL A CORRECTA/INCORRECTA y SEÑAL B CORRECTA/INCORRECTA

El sistema comprueba si la SEÑAL A, la SEÑAL B y la SIMETRÍA se encuentran dentro del rango de tolerancia especificado.



3. Método de luz transmitida de tres haces → Sensores SI-JET o nuevo sistema láser SI-JET-CONLAS3

Este método permite detectar pequeñas variaciones de simetría y cantidad.



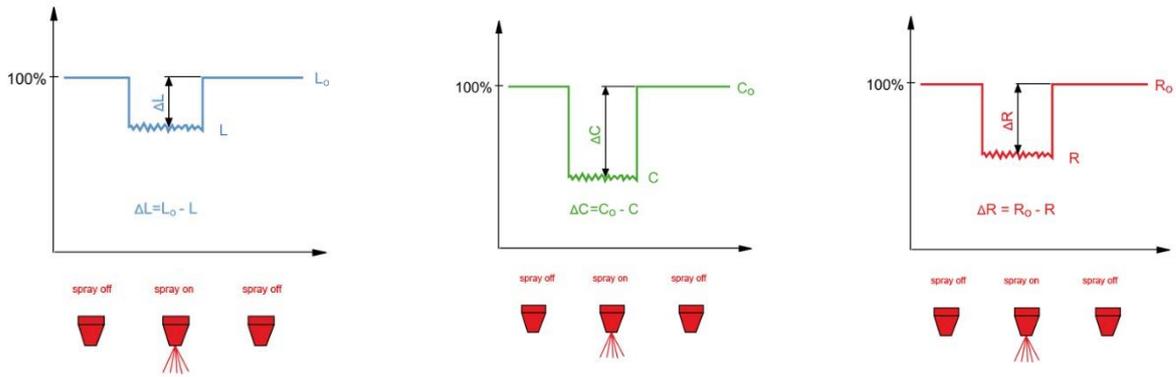
Para ello, se puede elegir entre dos modos de evaluación: ABSOLUTE (absoluto) y RELATIVE (relativo). En ambos modos, se evalúa la densidad del chorro pulverizado (DENSITY), la relación de los dos haces periféricos (SYM1) y, por último, la relación del haz central con respecto a los dos haces periféricos (SYM2).

En el modo ABSOLUTE, se utilizan directamente los valores L, C y R en las siguientes ecuaciones:

$$\text{DENSITY} = \frac{(L+C+R)}{3} \quad \text{SYM1} = \frac{L}{L+R} * 1000 \quad \text{SYM2} = \frac{C}{C + \frac{L+R}{2}} * 1000$$

L, C y R son valores brutos de los 3 canales con un valor comprendido entre 0 y 4096 (12 bits).

En el modo RELATIVE, se forma la relación de los respectivos valores brutos L, C y R durante el proceso de pulverización con los datos brutos L0, C0 y R0, que están presentes cuando no hay pulverización. De este modo, los datos brutos L0, C0 y R0 componen el valor del 100 %.



En este caso, se aplica lo siguiente a la cantidad de pulverización:

$$\text{DENSITY} = \Delta C$$

Y a las dos simetrías:

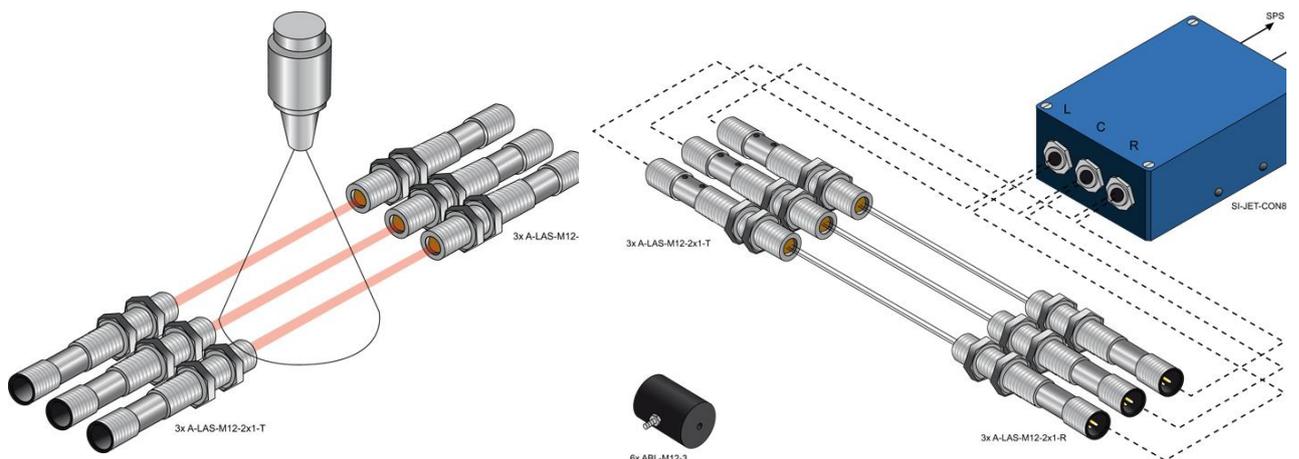
$$\text{SYM1} = \frac{\Delta L}{\Delta L + \Delta R} * 1000$$

$$\text{SYM2} = \frac{\Delta C}{\Delta C + \frac{\Delta L + \Delta R}{2}} * 1000$$

Ejemplo: barrera fotoeléctrica unidireccional de tres haces, modelo dividido: serie del sensor: serie SI-JET

Tipo de sensor: A-LAS-M12-2x1-T (3 emisores) + A-LAS-M12-2x1-R (3 receptores) + SI-JET3-CON8 (controlador)

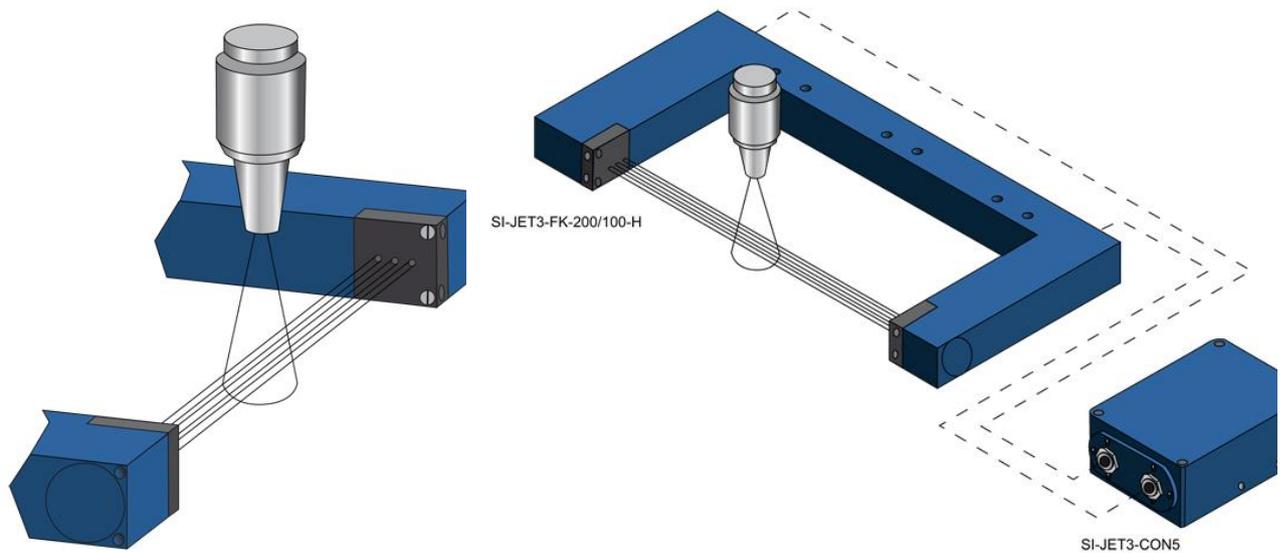
La unidad de control SI-JET3-CON8 evalúa los frontales de los tres sensores. Para la evaluación, se utiliza el software SI-JET2-Scope V3.0. Es posible evaluar tanto la cantidad de pulverización (DENSITY) como la simetría (SYM1, SYM2). En el modo de evaluación RELATIVE, la contaminación se compensa con una calibración automática. Se pueden especificar hasta 31 tolerancias de chorro pulverizado distintas, de modo que las 5 salidas digitales se pueden utilizar para informar con tiempo sobre una deriva del chorro pulverizado.



Ejemplo: barrera fotoeléctrica unidireccional de tres haces, modelo de horquilla: serie del sensor: serie SI-JET

Tipo de sensor: SI-JET3-FK-200/100-H (frontal) + SI-JET3-CON5 (electrónica de control)

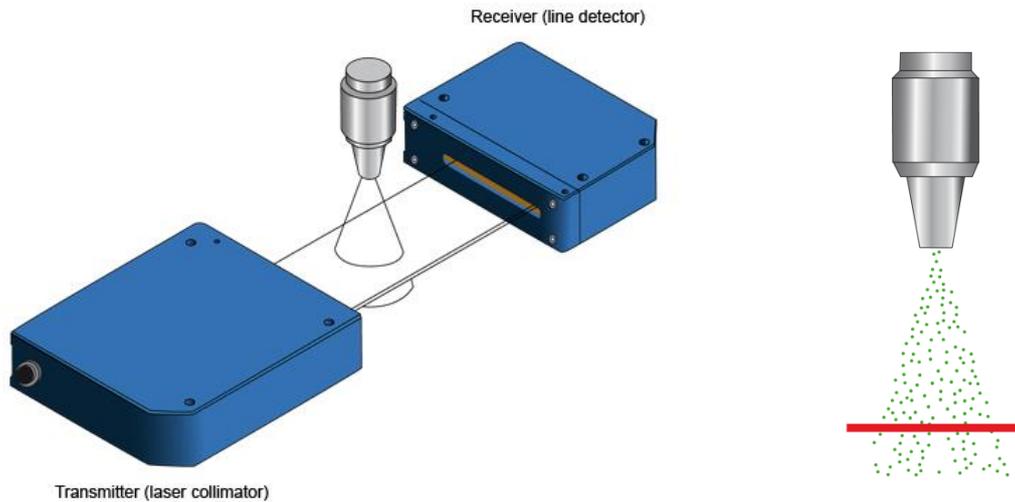
La horquilla dispone de tres haces de luz de 3 mm de diámetro cada uno y una distancia de centro a centro de 5 mm. Para evaluar la cantidad de pulverización (DENSITY) y la simetría (SYM1, SYM2), se utiliza el software SI-JET2-Scope V3.0. En el modo de evaluación RELATIVE, que se puede utilizar cuando el intervalo de chorro pulverizado se encuentra en el rango de un minuto, se realiza una calibración entre los intervalos de pulverización para compensar una posible contaminación. El modo ABSOLUTE se utiliza cuando el chorro pulverizado es continuo. 5 salidas digitales de hasta 31 niveles informan sobre los correspondientes niveles de tolerancia. De esta forma, también se puede generar fácilmente un gráfico de tendencias (p. ej., a través de un CLP).



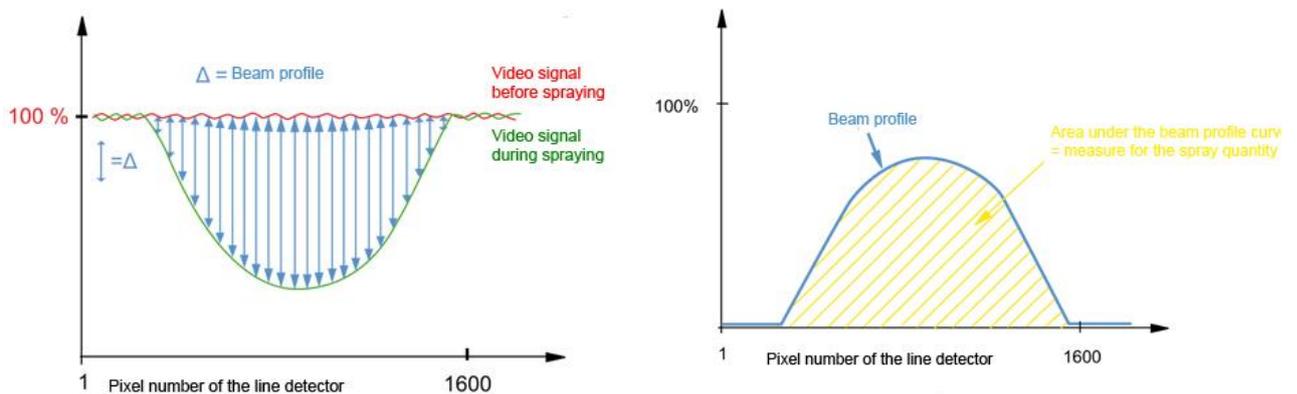
4. Método de banda de luz

→ Sensores L-LAS-TB-xx-AL-SC con software L-LAS Spray Control Scope

En este caso, se apunta una banda de luz continua hacia el chorro pulverizado. Por lo general, la banda de luz es más ancha que el cono de pulverización, lo que permite detectar la totalidad del chorro pulverizado. En la parte opuesta del chorro pulverizado, hay un receptor de línea CCD que proporciona una alta resolución a lo largo de la línea. Esto permite evaluar el perfil de haz completo. Para determinar el perfil de haz, se compara la diferencia porcentual entre las dos señales de vídeo (señales de línea) que se han registrado antes y durante el proceso de pulverización.



El perfil de haz (perfil de amortiguación) proporciona información sobre la distribución local del producto en el chorro pulverizado.



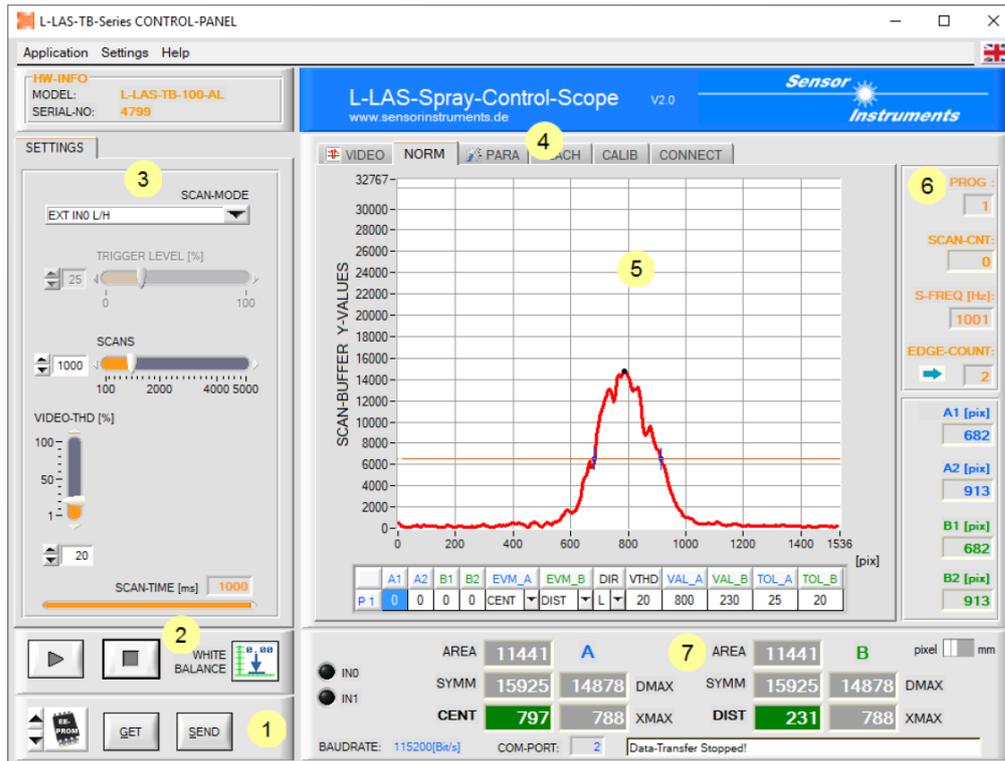
Perfil de haz basado en la atenuación provocada por el chorro pulverizado

Perfil de haz invertido, representado como en el L-LAS-Spray Control

Al realizar muchos escaneos consecutivos, se puede calcular la distribución espacial estadística de las gotas de pulverización sobre la línea CCD. Este método es adecuado para el análisis detallado y el control de calidad de las boquillas de pulverización.

El análisis con el método de banda de luz proporciona información detallada sobre el perfil de haz. Además, es apto para métodos de pulverización asistidos por robot, con los que el robot podría colocar la boquilla periódicamente en la llamada posición de anclaje para realizar una prueba de pulverización de 1-2 segundos de duración con fines analíticos.

La siguiente figura describe los principales elementos de función y manejo del software de control para ordenador L-LAS-Spray-Control-Scope v2.0:



La interfaz de usuario L-LAS-Spray-Control-Scope tiene muchas funciones:

- Visualización de los datos medidos en campos de salida numéricos y gráficos
 - Ajuste de la fuente de iluminación
 - Ajuste de la polaridad de las salidas de conmutación digitales OUT0, OUT1 y OUT2
 - Selección de un modo de evaluación adecuado
 - Almacenamiento de los parámetros en la memoria RAM, en la memoria EEPROM de la electrónica de control o en un archivo de configuración en el disco duro del ordenador
- 1 Campos de función para enviar/leer los parámetros de configuración (transferencia de parámetros)
 - 2 Campos de función de INICIO/PARADA para el intercambio de datos RS232 con el sensor
 - 3 Visualización del estado de funcionamiento actual en el sensor (modo de activación, umbral de evaluación, etc.)
 - 4 Fila del tabulador para cambiar entre las distintas ventanas gráficas del tabulador
 - 5 Salida gráfica (visualización de la evolución temporal de los valores medidos con valor de aprendizaje y banda de tolerancia)
 - 6 Elementos de visualización numérica (frecuencia de medición, número de bordes, número de programa, etc.)
 - 7 Visualización de los valores medidos en [mm] o [píxeles]

La evaluación del chorro pulverizado se realiza en el sensor L-LAS, que es capaz de comparar los parámetros del chorro pulverizado con valores teóricos. Si todos los parámetros son correctos, se establece una salida digital. Como alternativa, también se puede utilizar un CLP para consultar el resultado, perfil de haz incluido, mediante el protocolo RS-232.

Ejemplo: serie L-LAS-TB-xx-T/R-AL-SC, sensores de línea láser estándar para el control de chorro pulverizado:

Los sensores de línea se utilizan cuando se requieren mediciones exactas o cuando es necesario calcular las dimensiones de un objeto con alta precisión.

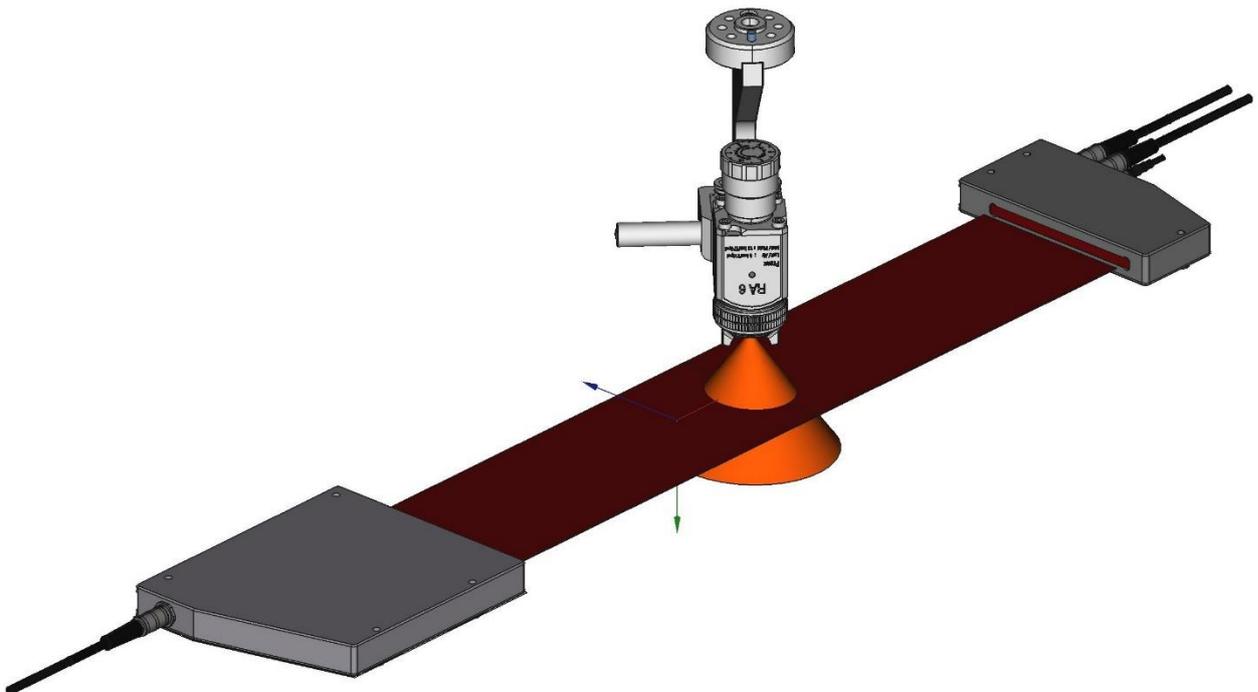
Un sistema de sensores L-LAS-TB-xx-AL-SC consta de un emisor (L-LAS-TB-xx-T-AL-SC) y de un receptor con unidad de control (L-LAS-TB-xx-R-AL-SC). Por lo general, la óptica del emisor y del receptor se protege mediante dispositivos de burbujas de aire.

Nuestros sensores de control de pulverización de la serie L-LAS se entregan con un paquete de software estándar. El software L-LAS-Spray Control-Scope v2.x proporciona un perfil de chorro pulverizado que se puede almacenar en la memoria del ordenador en forma de archivo con número consecutivo, de modo que se puede utilizar para analizar el perfil de pulverización.

Actualmente, están disponibles los siguientes tipos de sensores:

- (a) El L-LAS-TB-28-T/R-AL-SC cuenta con una cortina de luz láser de 28 mm de anchura con una resolución muy alta. El detector de líneas tiene 2000 píxeles aprox.
- (b) El L-LAS-TB-50-T/R-AL-SC funciona con una cortina de luz láser de 48 mm de anchura. El detector de líneas tiene aprox. 770 píxeles.
- (c) El L-LAS-TB-75-T/R-AL-SC dispone de una cortina de luz láser de 73 mm de anchura y un detector de líneas de 1200 píxeles aprox.
- (d) El L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC dispone de una cortina de luz láser de 98 mm de anchura y un detector de líneas de 1600 píxeles aprox.

En función de los requisitos de la aplicación, se pueden seleccionar otros rangos de medición (ver serie L-LAS-TB-AL).



L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC: sistema de sensores para el análisis del chorro pulverizado con una banda de luz de 98 mm

5. Aplicación del control de chorro pulverizado en atmósferas potencialmente explosivas → Sensores SI-JET con fibra óptica

Para que el control del chorro pulverizado también pueda realizarse durante periodos de tiempo prolongados en un entorno en el que predomine una atmósfera explosiva peligrosa en forma de mezcla de aire y gases, vapores o nieblas inflamables, se utilizan fibras ópticas.

Esto también permite trabajar en atmósferas potencialmente explosivas Ø en virtud de la directiva ATEX. Los componentes electrónicos y optoelectrónicos del sistema de control de chorro pulverizado se encuentran fuera de la zona Ø. Solo los componentes ópticos u optomecánicos (frontal optomecánico) se encuentran en la zona . La conexión entre el frontal y la unidad de evaluación se establece a través de fibra óptica.

Para ello, hay que asegurarse de que la densidad de potencia óptica no sobrepase un límite determinado. Sin embargo, en el caso de los productos SI, la densidad de potencia óptica está muy por debajo del límite permitido.

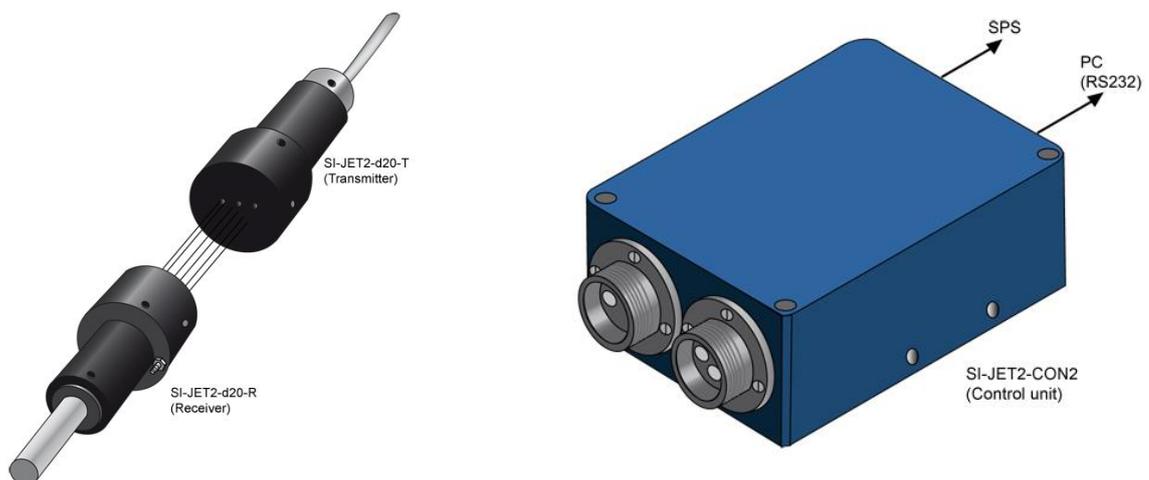


Más información en nuestro sitio web: → GLOSARIO → [Control de chorros de pulverización](#)

Utilizando la fibra óptica, se pueden realizar sistemas de uno, dos y tres haces que se ajustan a los requisitos de la aplicación del chorro de pulverización.

Ejemplo de sensor de haces: SI-JET2-d20-T (emisor) + SI-JET2-d20-R (receptor) + SI-JET2-CON2.

El frontal especial recibe luz roja a través de un cable de fibra óptica, y una pantalla integrada en la parte superior del aire de soplado genera 3 haces con un diámetro de 3 mm cada uno y una distancia de centro a centro de 5 mm. La evaluación se realiza con el software SI-JET2-Scope V3.0. La unidad de control SI-JET2-CON2 cuenta con 5 salidas digitales que también se pueden utilizar para realizar un gráfico de tendencias (p. ej., a través de un CLP).



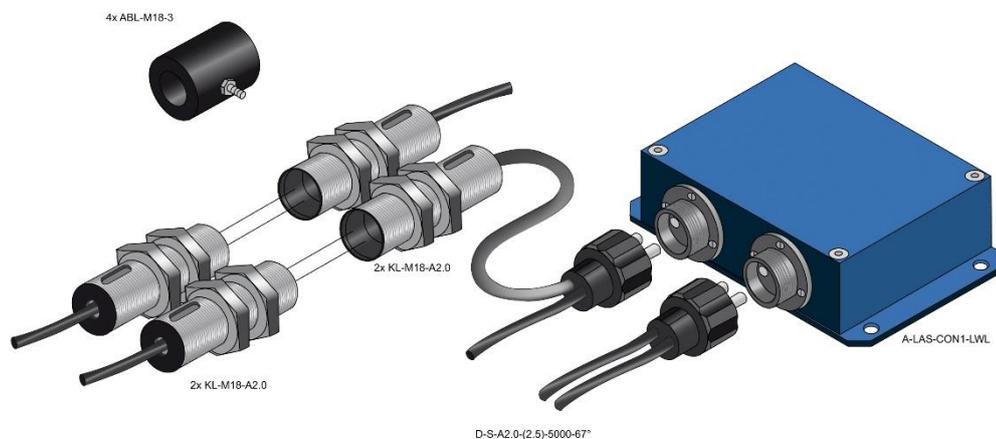
Ejemplo de barrera fotoeléctrica unidireccional de dos haces para el uso en la zona con riesgo de explosión: serie del sensor: serie A-LAS

Cable de fibra óptica D-S-A2.0-(2.5)-500-67° + óptica frontal KL-M18-A2.0 (2x) + unidad de control A-LAS-CON1-FIO.

La unidad A-LAS-CON1-FIO ejecuta procesos de control y evaluación de la misma forma que la A-LAS-CON1.

Puesto que los componentes electrónicos y optoelectrónicos están integrados en este caso en la unidad de control, no en el frontal del sensor, este tipo es apto para el funcionamiento en la zona con riesgo de explosión.

Para proteger las unidades ópticas, se utilizan accesorios de aire de soplado del tipo ABL-M18-3.



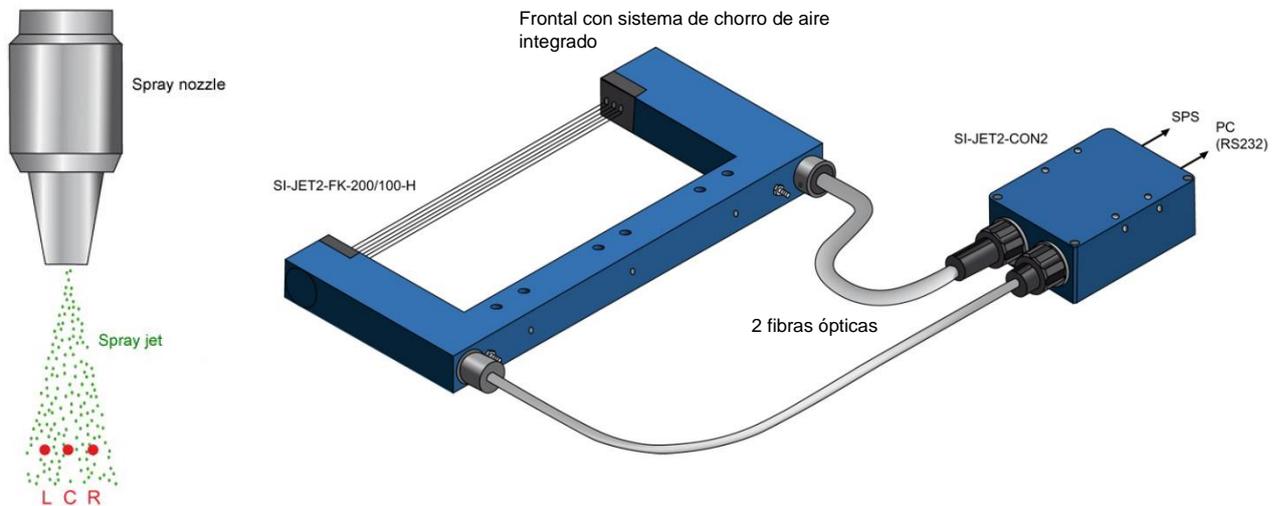
Ejemplo de sensor de tres haces: KL-M18-A2.0 (frontal) + R3-M-A2.0-(2.5)-500-67°-3x (cable de fibra óptica) + SI-JET2-CON3 (unidad de control)

En los sensores de este tipo, los tres haces de luz roja se pueden ajustar individualmente al chorro pulverizado correspondiente. Para la evaluación, se utiliza el software SI-JET2-Scope V3.0. Este tipo resulta especialmente útil para boquillas de pulverización con un gran ángulo de apertura.



Ejemplo de sensor de tres haces en horquilla: SI-JET2-FK-200/100-H (frontal) + SI-JET2-CON2 (unidad de control)

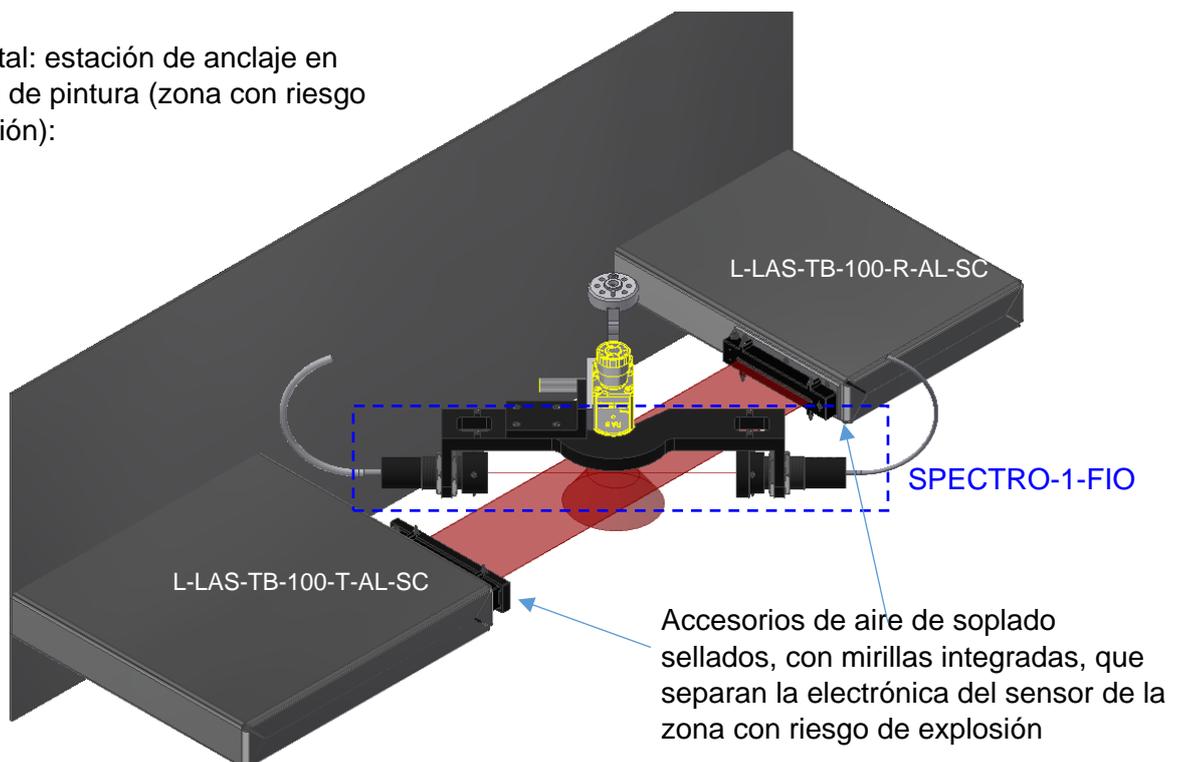
En esta versión, los 3 haces también están colocados a una distancia (de centro a centro) de 5 mm entre sí; el haz de luz roja tiene un diámetro de 3 mm. Con la unidad de control SI-JET-CON2, se puede generar un gráfico de tendencias de los parámetros del chorro pulverizado, p. ej., en combinación con un CLP.



Ejemplo de sistema combinado: SPECTRO-1-FIO (fijado en la boquilla) y L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC (estación de pruebas):

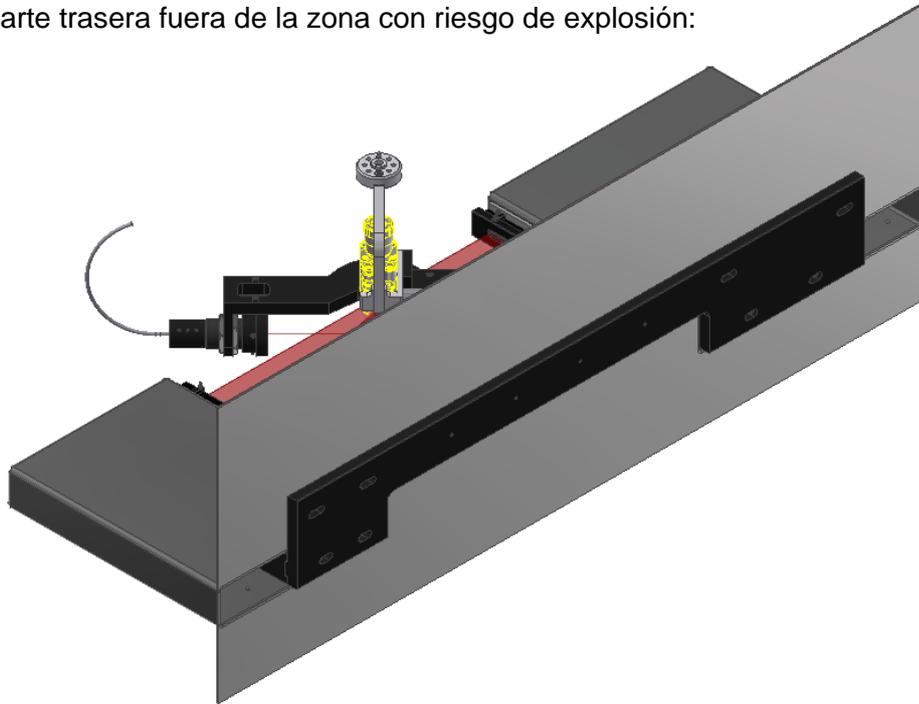
Integrar sistemas de líneas láser (L-LAS) en una zona con riesgo de explosión es un reto considerable, pues no se pueden utilizar fibras ópticas. No obstante, también ayudamos a nuestros clientes con diseños que permitan el funcionamiento en zonas con riesgo de explosión en función de la aplicación.

Vista frontal: estación de anclaje en una celda de pintura (zona con riesgo de explosión):



El sistema combinado consta de un sistema de un solo haz con cable de fibra óptica (SPECTRO-1-FIO) para el control continuo durante el proceso de pulverización y de un L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC en una carcasa especial. La cortina de luz láser atraviesa la zona con riesgo de explosión a través de dos mirillas con unidades de aire de soplado que separan la electrónica del sensor de la zona con riesgo de explosión.

Vista de la parte trasera fuera de la zona con riesgo de explosión:



Puesto que la electrónica del sensor se encuentra fuera de la zona con riesgo de explosión (componente de la pared de la cabina de pintura con conexión al aire exterior), para la evaluación del peligro, solo sigue siendo relevante la energía óptica que se irradia en la atmósfera inflamable para la medición (EN IEC 60079-28). En este caso, los sensores SI pueden funcionar sin problemas, pues la potencia de la luz irradiada (energía de ignición) se sitúa muy por debajo del límite de 5 mW/mm^2 .

Contacto:

Sensor Instruments
Entwicklungs- und Vertriebs GmbH
Schlinding 11
D-94169 Thurmansbang
Teléfono +49 8544 9719-0
Fax +49 8544 9719-13
info@sensorinstruments.de