

# La monitorización del oxígeno optimiza la calidad y el sabor

## PARTE 2: Medir, calibrar y mantener

### Introducción

A menos que se controlen las concentraciones de oxígeno a lo largo del proceso de elaboración, apenas se obtendrá nada del agua y de los mejores lúpulos y granos. El oxígeno es un elemento difícil de controlar; sin embargo, si se dispone del equipo adecuado de medición, puede vigilarse, lo que permite a los cerveceros garantizar la calidad del producto y aumentar la longevidad de los lotes.

Gracias a sus más de 40 años de experiencia en la medición de oxígeno en el sector cervecero, Hach (con la marca Orbisphere) está en una buena posición para evaluar las tecnologías óptica y amperométrica. Esta serie en dos partes sobre la aplicación examina la importancia de la monitorización de oxígeno con sensores de oxígeno disuelto (OD) ópticos y amperométricos.<sup>1,2</sup>

**La PARTE 1 de esta serie cubre aspectos esenciales en la elección de un sensor de oxígeno, tales como:**

- Los efectos de la oxidación en el proceso de elaboración
- Sensores de oxígeno ópticos y amperométricos
- Condiciones del proceso que afectan a la medición de oxígeno.

**En la PARTE 2, además de repasar la información relativa a la oxidación de la Parte uno, se incluye información importante sobre la exactitud de las mediciones y las operaciones diarias, entre las que se incluyen:**

- Cero verdadero para sensores de oxígeno
- Calibración del sensor
- Estabilidad y desviación del sensor
- Tiempo de respuesta
- Mantenimiento del sensor

### Exactitud del cero

Como se ilustra en la Figura 1, el método amperométrico puede proporcionar de forma intrínseca un cero físico verdadero (es decir: sin oxígeno no hay señal). Mientras que la mayor parte de los sistemas amperométricos muestran una desviación del cero y requieren una calibración de "cero" periódica, el exclusivo diseño del sensor Orbisphere de Hach garantiza un cero verdadero estable a lo largo del tiempo. La experiencia en la práctica y de laboratorio ha demostrado que se puede obtener una exactitud tan buena como de  $\pm 0,1$  ppb con estos sensores amperométricos. A la inversa, el parámetro que más varía con la tecnología óptica es el valor en ausencia de oxígeno.

Normalmente, una calibración de cero se realiza exponiendo el sensor a un gas sin oxígeno, como nitrógeno ( $N_2$ ) al 99,999 % o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) al 99,999 %. La exactitud del cero está vinculada directamente a la precisión de la calibración de cero, que a su vez está condicionada por: la calidad de la muestra de calibración ( $\pm 0,4$  ppb), la ausencia de fuga en el sistema de calibración y la calidad de la señal del sensor. La exactitud que puede esperarse de esta calibración es de  $\pm 1$  ppb. A continuación se trata la estabilidad de esta tecnología.

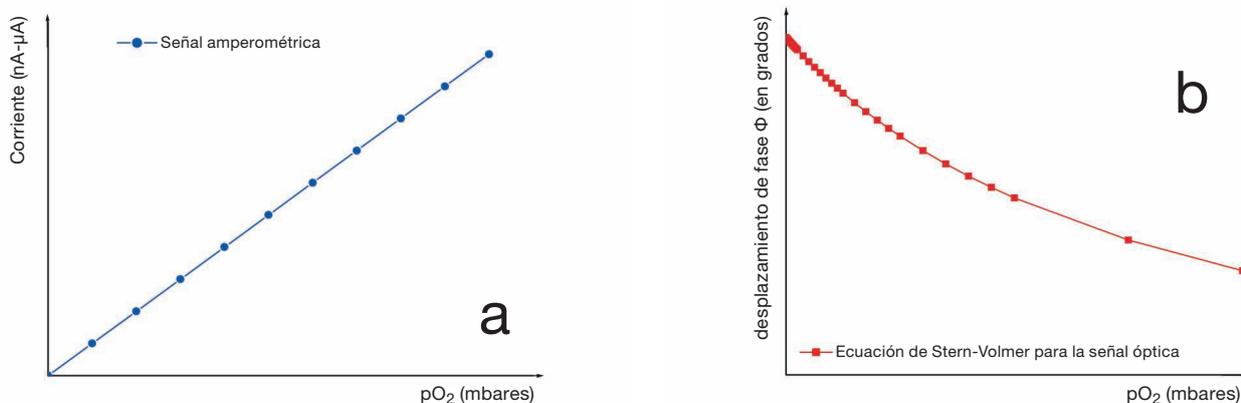


Figura 1: Diferencias entre el comportamiento de la señal y el contenido de oxígeno con ambos sensores

### Calibración

Mientras que el sensor amperométrico Orbisphere solo requiere una sencilla calibración de un punto en aire para determinar la pendiente debida a su "cero verdadero", la mayor parte de los sensores amperométricos necesitan que el punto cero y la pendiente se calibren con periodicidad. Como ya se ha mencionado con anterioridad, el parámetro que más varía con la tecnología óptica es el valor en ausencia de oxígeno. Puesto que los otros parámetros que definen el desplazamiento de fase normalmente muestran un cambio insignificante a lo largo del tiempo, el parámetro clave que debe ajustarse es el cero.

La calibración requiere una configuración y una muestra específicas y proporciona una exactitud de  $\pm 1$  ppb. Junto con los parámetros definidos en fábrica que describen la curva en las concentraciones elevadas de oxígeno, por lo general, la exactitud global ronda  $\pm 1$  ppb o el  $\pm 2$  % del valor medido (lo que sea mayor).

### Estabilidad a lo largo del tiempo

Con el tiempo, todos los dispositivos derivan. Por este motivo, es necesario calibrarlos a determinados intervalos. Cuanto menor sea la deriva, mayor será el tiempo que transcurra entre las tareas de mantenimiento y la calibración. A excepción del diseño amperométrico de Orbisphere que no presenta deriva del cero, los demás sensores amperométricos experimentan derivas tanto del punto cero como de la pendiente, lo que requiere que se realicen calibraciones periódicas. En las aplicaciones para la cerveza, la frecuencia de la calibración suele ser de entre 1 y 3 meses para otros sensores amperométricos. El sensor Orbisphere, por su parte, solo requiere que se realice una calibración en aire durante el mantenimiento semestral.

Los sistemas ópticos existentes establecen que la calibración se realice una vez cada dos años<sup>3</sup>. Las condiciones para lograr esta frecuencia son que los sistemas funcionen únicamente durante 12 horas al día, por lo que estarían desconectados el tiempo restante, y que se configuren para proporcionar mediciones cada 30 segundos. La realidad, sin embargo, es que los sistemas están configurados para funcionar de manera continua y proporcionar mediciones cada 5 segundos. Como consecuencia, se produce una ligera deriva a lo largo del tiempo que debe corregirse con una calibración o un ajuste cada seis meses.

### Tiempo de respuesta

El tiempo de respuesta de un sensor amperométrico viene determinado por la permeabilidad del oxígeno a través de la membrana de medición. En el caso de los sensores que se utilizan en los procesos de la cerveza, el 90 % del cambio de la muestra se detecta normalmente entre 30 y 60 segundos. Además, los sensores que emplean un electrodo de guarda, que evita el efecto del oxígeno presente en el electrolito del sensor, muestran un tiempo de respuesta mejor (hasta dos veces más rápido) a los valores bajos de oxígeno. En un estudio reciente, se ha documentado un tiempo de respuesta ( $t_{90}$ ) desde el aire a cero de 10 segundos<sup>3</sup>. Este hecho solo tiene lugar en la fase gaseosa en la que el gas  $N_2$  empuja el oxígeno fuera del cabezal luminiscente.

Los datos de mediciones publicados recientemente por el centro de investigación Weihenstephan sobre la elaboración de cerveza indican una respuesta más rápida a un cambio hacia una concentración más elevada de oxígeno en la cerveza para el sensor amperométrico Orbisphere ( $t_{90} = 45$  s) en comparación con otro sistema óptico utilizado ( $t_{90} = 70$  s)<sup>4</sup>.

### Requisitos de mantenimiento

A pesar de que durante largo tiempo se ha considerado que el mantenimiento del sensor amperométrico era una tarea tediosa, la mayor parte de los sensores modernos se limpian y acondicionan con cierta facilidad. El sensor Orbisphere A1100 se suministra con unos kits patentados de membranas preinstaladas que incluyen el electrolito predosificado que reduce el mantenimiento semestral a solo tres minutos. El mantenimiento de un sensor amperométrico debe realizarse a intervalos periódicos porque el sensor se ensucia y el electrolito se consume.

Los sensores ópticos no requieren un mantenimiento de estas características y el cabezal del sensor normalmente se limpia durante el proceso CIP. La única tarea de mantenimiento que realmente ha de hacerse es la sustitución del cabezal óptico cada 1 ó 2 años, en función de las condiciones del proceso. Los sensores ópticos Orbisphere M1100 instalados han demostrado tener un rendimiento extraordinario, con un intervalo de calibración superior a seis meses, utilizándose de forma continua y proporcionando una medición cada 5 segundos (no es necesario desconectar el instrumento cuando no hay un flujo de cerveza circulando por la tubería). Además, el rango de medición del sensor M1100 se ha ampliado y ahora cubre las concentraciones altas y bajas de mosto.

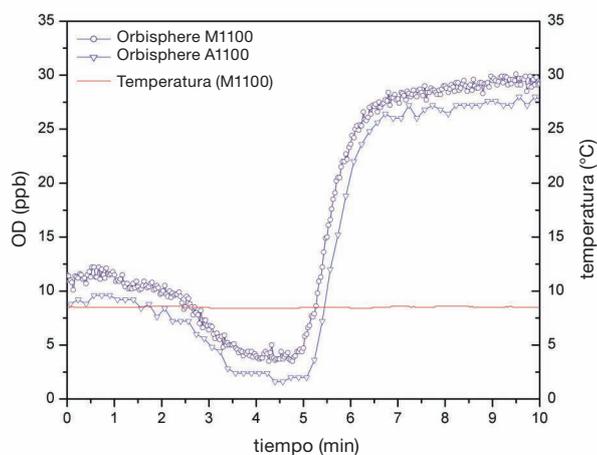


Figura 2: Tiempo de respuesta de la medición del sensor

### Conclusión

En la cerveza, el intercambio de oxígeno entre la muestra y el cabezal luminiscente, así como la medición exacta de la temperatura, son claves para alcanzar un tiempo de respuesta rápido.

Hemos comprobado que el último sensor óptico para la cerveza tiene un tiempo de respuesta idéntico al de los sensores amperométricos en el proceso de elaboración (consulte la Figura 2). Además, las concentraciones de oxígeno medidas se corresponden bien con los valores del sensor amperométrico (en menos de 3 ppb).



*Sensor óptico de oxígeno disuelto Orbisphere M1100*



*Sensor amperométrico de oxígeno disuelto Orbisphere A1100*

---

### Referencias

1. Dunand F.A., Ledermann N., Hediger S., PowerPlant Chemistry 2006, 8(10), p.603
2. Dunand F.A., Ledermann N., Hediger S., Haller M., Weber C., PowerPlant Chemistry 2007, 9(9), 518
3. Verkoelen F.; Brewing and Beverage Industry International, 2007, N° 1, 16.
4. Titze J., Walter H., Jacob F., Friess A., Parlar H.; Brewing Science, 2008, March/April, 66.