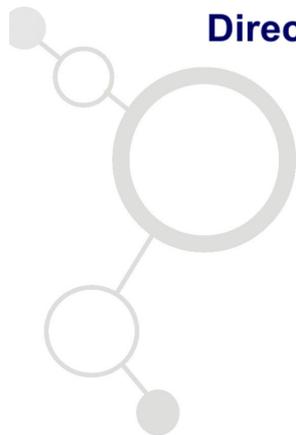


TRATAMIENTOS CON OZONO



Informe emitido en

Agosto, 2012



Índice

1. INTRODUCCIÓN	2
2. QUÉ ES EL OZONO. CARACTERIZACIÓN	3
2.1. Ficha descriptiva del ozono	3
2.2. Caracterización	4
2.3. Mecanismo de acción	5
2.4. Espectro de acción	6
2.5. El ozono como agente limpiador	7
3. VENTAJAS DEL USO DE OZONO EN LAVANDERÍAS	8
4. NORMATIVA REFERENTE AL OZONO	11
5. DATOS TOXICOLÓGICOS	12

1. Introducción

De unos años a esta parte estamos asistiendo a un creciente cambio en el que la preocupación por lo ambiental, así como por todo lo que constituye materia de seguridad, impregna tanto la normativa del Estado como la política empresarial. Esta tendencia cristaliza en la generalización del uso de nuevas tecnologías, más limpias, eficaces y seguras, en todos los campos. El sector de las lavanderías no es ajeno a estos criterios y busca innovaciones tecnológicas que, además de proporcionar un servicio de calidad a sus clientes, redunden en el abaratamiento de sus costes sin merma de sus prestaciones.

La tecnología del ozono, poderoso desinfectante por sus propiedades oxidantes, reduce de manera sustancial los problemas inherentes al proceso de lavado (grandes consumos de agua y productos químicos, altas temperaturas, vertidos y condiciones de trabajo) abaratando costes a la vez que mejora la limpieza de los tejidos y su textura.

Los criterios de definición de Puntos Críticos y la metodología aplicada a la solución de problemas frecuentes en lavanderías, pertenecen al "know-how" de Cosemar Ozono, que estudia cada caso en una evaluación previa al diseño de sus instalaciones y al montaje de sus equipos.

Este criterio industrial de venta de soluciones y aplicaciones, con seguimiento integral de la eficacia de la tecnología propuesta, es una característica diferencial de la División Industrial de Cosemar Ozono, dedicada al diseño, ejecución y supervisión de soluciones industriales, con el fin de obtener un producto final de calidad óptima.

El ozono en lavanderías: SIN riesgo de corrosión de materiales

Muchos de los químicos utilizados en lavanderías son corrosivos (por ejemplo los neutralizantes), por lo que las máquinas se construyen con materiales resistentes a la corrosión o con acero inoxidable 304 y 316.

Por otra parte, la cantidad de O_3 usada es muy pequeña; por ejemplo, para máquinas de 75-200 kg y 10 g/h, con un flujo de 2 L/m, el ozono disuelto nunca excede los 0,5 gr/L.



El O_3 es aplicado por inyección directa en la base del tambor de acero inoxidable de la máquina, por lo que el único componente que con el uso se deterioran ligeramente más rápido de lo normal son determinadas piezas de caucho sintético.

Teniendo en cuenta las bajas concentraciones utilizadas y la existencia de detectores y destructores de O_3 , éste no representa un riesgo mayor que el cloro en su aplicación en lavanderías

2. Qué es el ozono. Caracterización

El ozono es un compuesto formado por tres átomos de oxígeno, cuya función más conocida es la de protección frente a la peligrosa radiación ultravioleta del sol; pero también es un potente oxidante y desinfectante con gran variedad de utilidades. La más destacada es la desinfección de aguas.

2.1. Ficha descriptiva del ozono

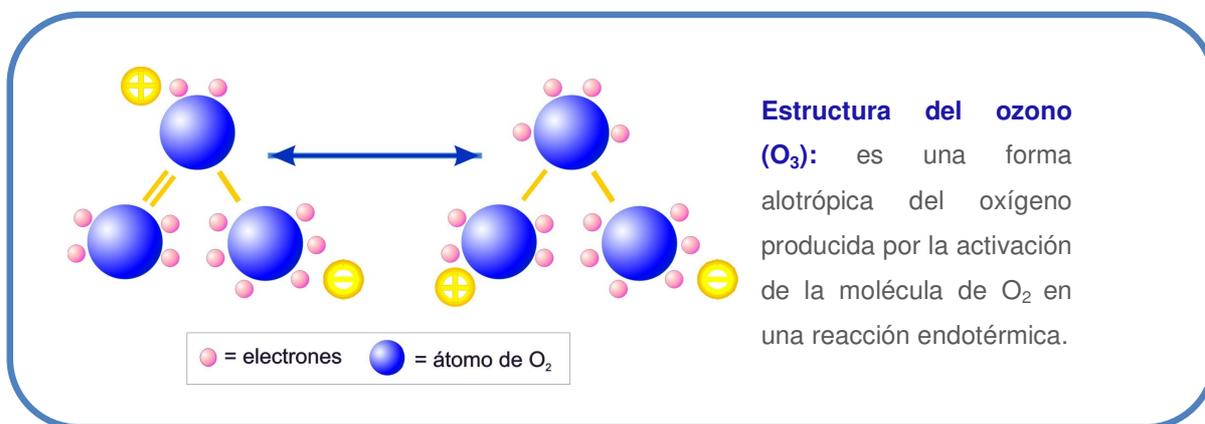
Identificación	
Nombre químico	ozono
Masa molecular relativa	48 g/L
Volumen molar	22,4 m ³ PTN/Kmol
Fórmula empírica	O ₃
Número de registro CAS	10028-15-6
Referencia EINECS	233-069-2
Densidad (gas)	2,144 g/L a 0°C
Densidad (líquido)	1,574 g/cm ³ a - 183°C
Temperatura de condensación a 100kPa	-112°C
Temperatura de fusión	-196°C
Punto de ebullición	-110,5°C
Punto de fusión	-251,4°C
Temperatura crítica	-12°C
Presión crítica	54 atms.
Densidad relativa frente al aire	1,3 veces más pesado que el aire
Inestable y susceptible de explotar fácilmente	Líquido -112°C Sólido -192°C
Equivalencia	1 ppm = 2 mg/m ³

2.2. Caracterización

El ozono es un compuesto formado por tres átomos de oxígeno, cuya función más conocida es la de protección frente a la peligrosa radiación ultravioleta del sol; pero también es un potente oxidante y desinfectante con gran variedad de utilidades. La más destacada es la desinfección de aguas.

Se trata de un gas azul pálido e inestable, que a temperatura ambiente se caracteriza por un olor picante, perceptible a menudo durante las tormentas eléctricas, así como en la proximidad de equipos eléctricos, según evidenció el filósofo holandés Van Marun en el año 1785. A una temperatura de -112°C condensa a un líquido azul intenso. En condiciones normales de presión y temperatura, el ozono es trece veces más soluble en agua que el oxígeno, pero debido a la mayor concentración de oxígeno en aire, éste se encuentra disuelto en el agua en mayor medida que el ozono.

La molécula presenta una estructura molecular angular, con una longitud de enlace oxígeno-oxígeno de $1,28 \text{ \AA}$; se puede representar de la siguiente manera:



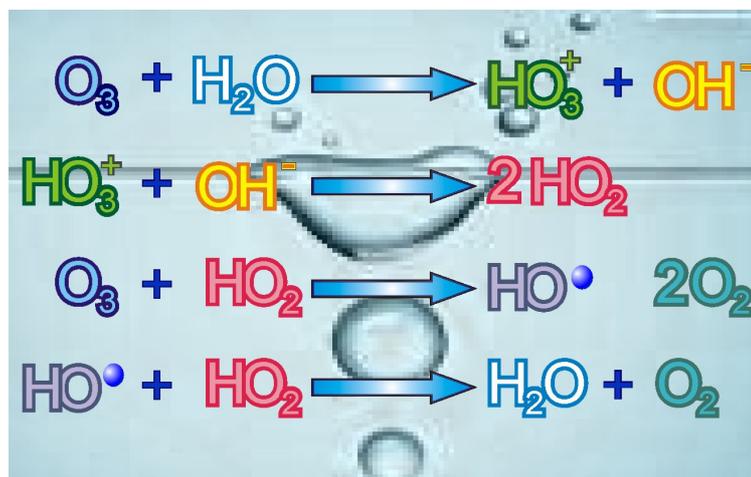
Debido a la inestabilidad del compuesto, en este tipo de aplicaciones, éste debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores. El funcionamiento de estos aparatos es sencillo: pasan una corriente de oxígeno a través de dos electrodos. De esta manera, al aplicar un voltaje determinado, se provoca una corriente de electrones en el espacio delimitado por los electrodos, que es por el cual circula el gas. Estos electrones provocarán la disociación de las moléculas de oxígeno que posteriormente formarán el ozono.

2.3. Mecanismo de acción

Cuando este gas es inyectado en el **agua**, puede ejercer su poder oxidante mediante dos mecanismos de acción:

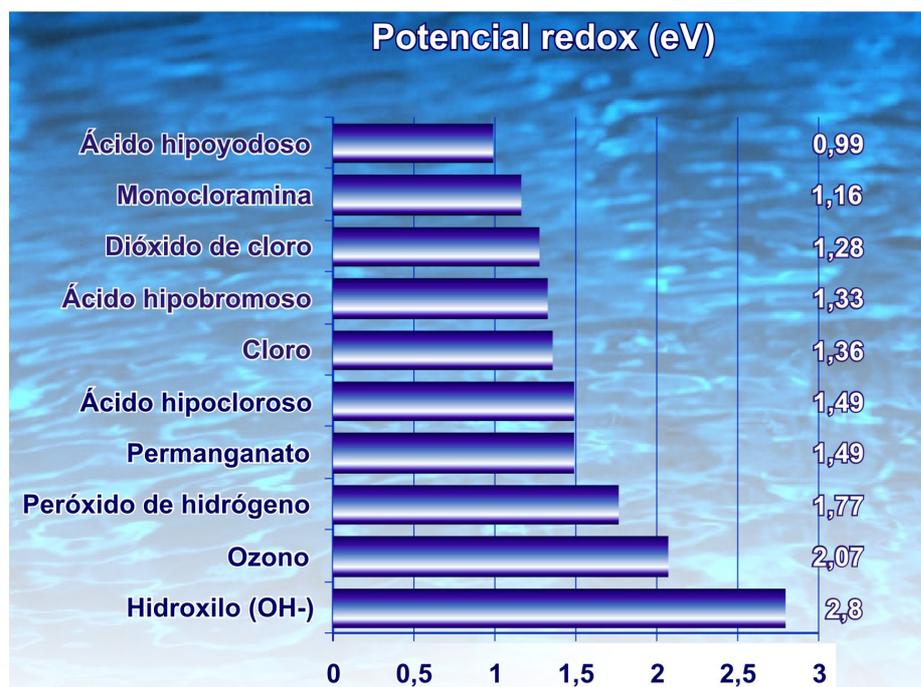
1. Oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular.
2. Oxidación por radicales libres hidroxilo.

Los radicales libres hidroxilo, (OH[•]), se generan en el agua como a continuación se expone:



Los radicales libres así generados, constituyen uno de los más potentes oxidantes en agua, con un potencial de 2,80 V. No obstante, presentan el inconveniente de que su vida media es del orden de microsegundos, aunque la oxidación que llevan a cabo es mucho más rápida que la oxidación directa por moléculas de ozono.

De los oxidantes más utilizados en el tratamiento de aguas, los radicales libres de hidroxilo y el ozono tienen el potencial más alto, como se puede observar en la siguiente tabla:



Así, dependiendo de las condiciones del medio, puede predominar una u otra vía de oxidación:

- En condiciones de bajo pH, predomina la oxidación molecular.
- Bajo condiciones que favorecen la producción de radicales hidroxilos, como es el caso de un elevado pH, exposición a radiación ultra-violeta, o por adición de peróxido de hidrógeno, empieza a dominar la oxidación mediante hidroxilos. (EPA Guidance Manual, 1999).

2.4. Espectro de acción

Se puede decir que el ozono no tiene límites en el número y especies de microorganismos que puede eliminar, dado que actúa sobre estos a varios niveles.

La **oxidación directa de la pared celular** constituye su principal modo de acción. Esta oxidación provoca la rotura de dicha pared, propiciando así que los constituyentes celulares salgan al exterior de la célula. Asimismo, la producción de radicales hidroxilo como consecuencia de la desintegración del ozono en el agua, provoca un efecto similar al expuesto.

Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono-nitrógeno, lo que da lugar a una **despolimerización**. Los microorganismos, por tanto, no son capaces de desarrollar inmunidad al ozono como hacen frente a otros compuestos.

El ozono es eficaz, pues, en la **eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares, esporas y quistes** (Rice, 1984; Owens, 2000; Lezcano, 1999).

Por otra parte, **actúa a menor concentración y con menor tiempo de contacto** que otros desinfectantes como el cloro, dióxido de cloro y monocloraminas.

Además el ozono, como indicábamos previamente, **oxida sustancias citoplasmáticas**, mientras que el cloro únicamente produce una destrucción de centros vitales de la célula, que en ocasiones no llega a ser efectiva por lo que los microorganismos logran recuperarse (Bitton, 1994).

2.5. El Ozono como agente limpiador

Aparte de su probada acción desinfectante, el ozono, por su gran poder oxidante, elimina eficazmente la materia orgánica (grasa, sudor, sangre...) de los textiles, dilatando sus fibras, lo que a su vez favorece la penetración de los detergentes.

El ozono, además, se transforma rápidamente en oxígeno, lo que aumenta la concentración de este en el agua. El incremento de oxígeno, por su parte, aumenta el potencial de limpieza de los detergentes utilizados.

Así pues, además del control microbiológico que el ozono proporciona, elimina olores y suciedad y favorece la acción de los detergentes. Todo ello redundando en una serie de ventajas que pasamos a referir.

3. Ventajas del uso de ozono en lavandería

- **Reduce el consumo de agua caliente:** al aumentar las concentraciones de oxígeno en el agua de lavado y favorecer la acción de los detergentes, no son necesarias altas temperaturas para conseguir una limpieza óptima. De hecho, se puede lavar con agua fría consiguiendo mejores resultados que los obtenidos con agua caliente sin ozono.
- **Reduce el consumo de productos químicos:** porque, además de aumentar su potencial detergente al oxigenar el agua, el ozono abre las fibras de los tejidos, favoreciendo la penetración en las telas de los detergentes.

Asimismo, el poder desinfectante y oxidante del ozono hace innecesaria la utilización de agentes blanqueantes a base de cloro (lejías).

Tampoco son necesarios los productos utilizados para equilibrar el pH del agua, ya que el ozono lo mantiene en valores próximos al neutro.

- **Reduce el tiempo/número de lavados:** al ser los detergentes más eficaces en presencia de ozono, se consigue la misma limpieza en un tiempo más corto. Se puede llegar a reducir el tiempo de lavado convencional en un 33% aproximadamente.
- **Reduce el tiempo/número de aclarados:** al haber reducido cantidad de detergente, el tiempo necesario para eliminar sus residuos es menor.
- **Reduce el consumo de agua:** al reducir o incluso eliminar fases del proceso de lavado, la cantidad final de agua utilizada es muchísimo menor. De hecho, la disminución del consumo de agua es la característica más notable de la ozonización.
- **Reduce los tiempos de secado:** porque el ozono abre las fibras de los tejidos, lo que favorece la extracción de agua en el ciclo de centrifugado.

- **Elimina el problema de vertidos y residuos:** el ozono hace que, al final del ciclo de lavado, el agua residual quede libre de cualquier tipo de contaminación microbiológica, con un pH cercano al neutro y con cantidades menores de productos químicos.

Por otra parte, al generarse in situ, se hace innecesaria su manipulación, almacenamiento o transporte, lo que redundará en una disminución muy significativa de los riesgos derivados de estas actividades (irritaciones y corrosiones, accidentes graves por vertidos de sustancias peligrosas, etc.)

- **Aumenta la vida útil de los tejidos:** al verse reducida la temperatura de lavado, la cantidad de producto químico empleado, los ciclos de lavado y aclarado y los tiempos de secado, todos ellos factores que dañan los tejidos.
- **Aumenta la capacidad de los lavados:** al producirse un ahorro de tiempo en todo el proceso de lavado.
- **Mejora la calidad del servicio y con ello la satisfacción del cliente:** la ropa lavada con ozono queda limpia, desinfectada, sin residuos de detergentes o agentes blanqueantes que pueden producir alergias y úlceras de contacto; además, al abrir el ozono las fibras de los tejidos, estos se vuelven más esponjosos y suaves, sin necesidad de utilizar suavizantes, ya que el ozono impide asimismo la formación de electricidad estática.
- **Mejora las condiciones de trabajo:** al poderse trabajar sin altas temperaturas y reducirse los tiempos de lavado y secado y el consumo de productos químicos, las condiciones del entorno de trabajo mejoran notablemente.

UN EJEMPLO PRÁCTICO

A.- CONDICIONES NORMALES:

En los lavados domésticos la relación de baño (carga/litros) suele ser de 1/5. Por ejemplo, en una maquina con capacidad para 20 Kg se utilizan 10 litros de agua.

Los ciclos de lavado, en caso de tejidos muy sucios, son:

- Lavado principal: 1
- Aclarados: 4
- Suavizados: 1
- Consumo de jabón: 12 g/L

B.- CONDICIONES CON OZONO:

B.1.- REDUCCIONES:

Aclarados: 2	➔	Reducción de consumo de agua: 33%.
Consumo de químicos	➔	Eliminación de hipoclorito sódico (lejía)
Consumo de jabón: 4-5g/L	➔	Reducción del 60 %
Consumo energético	➔	Los lavados con O ₃ son con agua fría
	➔	Reducción de tiempo de funcionamiento de máquinas (al eliminar aclarados)
Tiempo de lavado	➔	Reducción de un 33%
Costes de mantenimiento	➔	Al disminuir las horas de funcionamiento de los equipos

B.2.- AUMENTOS

Eficacia en la desinfección	➔	Aumenta en un 100%
Vida media de las prendas	➔	Aumenta en un 50% (al eliminar la lejía)
Capacidad de los lavados	➔	Aumenta en un 33%

4. Normativa referente al ozono

- Real Decreto 865/2003, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- NTP 538 del INSHT. Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones de suministro de agua.
- Resolución de 23 de abril de 1984, de la Subsecretaría, por la que se aprueba la lista positiva de aditivos y coadyuvantes tecnológicos autorizados para el tratamiento de las aguas potables de consumo público.
- Norma española UNE 400-201-94, recomendaciones de seguridad en generadores de ozono para tratamiento de aire.
- Norma española UNE-EN 1278:1999 de productos químicos utilizados en el tratamiento del agua destinada a consumo humano: Ozono, transposición de la Norma Europea EN 1278 de Septiembre de 1998.
- Real Decreto 140/2003, de 7 de Febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Real Decreto 168/1985, de 6 de febrero, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria sobre condiciones generales de almacenamiento frigorífico de alimentos y productos alimentarios.

5. Datos toxicológicos

En cuanto a su ficha toxicológica, el ozono está clasificado únicamente como AGENTE IRRITANTE X_i en aire, no estando clasificado como carcinogénico. Esta clasificación como agente irritante se refiere **exclusivamente a sus concentraciones en aire**, es decir, a los problemas derivados de su inhalación, que dependen de la concentración a la cual las personas están expuestas, así como del tiempo de dicha exposición.

La normativa emitida por la OMS recomienda una concentración máxima de ozono en aire, para el público en general, de 0,05 ppm (0,1 mg/m³).

Datos de toxicidad por inhalación

- TLV: 0,1 ppm
- Recomendaciones de seguridad de la norma UNE 400-201-94: <100 µg/m³
- Los Valores Límite Ambientales (VLA) (año 2000), establecen para el ozono límites de exposición en función de la actividad realizada, siendo el valor más restrictivo 0,05 ppm (exposiciones de 8 horas) y 0,2 ppm para periodos inferiores a 2 horas. La EPA establece un estándar de 0,12 ppm para 1 hora de exposición y la OMS propone un valor de referencia de 120 µg/m³ ó 0,06 ppm para un periodo máximo de 8 horas

Por otra parte, salvo que se almacene líquido a altas presiones, el ozono es generado *in situ*, no pudiendo existir escapes superiores a la producción programada en los generadores, ya que estos únicamente producen el gas, no lo acumulan. Los valores para producir efectos agudos letales son muy altos, de 15 ppm, concentraciones prácticamente inalcanzables en tratamientos convencionales.

Disuelto **en agua, el ozono resulta completamente inocuo**, dado que su acción sobre la materia orgánica provoca su rápida descomposición. De hecho, **el ozono se encuentra autorizado como coadyuvante en el tratamiento de aguas potables** según la resolución de 23 de Abril de 1984 del Ministerio de Sanidad y Consumo (BOE Núm. 111 de 9 de Mayo del

mismo año), estando asimismo reconocido como desinfectante en la potabilización de aguas por la norma UNE-EN 1278:1999.

En palabras textuales de la norma española:

El ozono se auto-descompone en el agua. Por tanto, a las dosis habitualmente aplicadas, no se requiere generalmente ningún proceso de eliminación. [...]

Asimismo, el real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, incluye el ozono como *sustancia para el tratamiento del agua*, ya que cumple con la norma UNE-EN correspondiente y en vigencia (incluida en el Anexo II del RD, *normas UNE-EN de sustancias utilizadas en el tratamiento del agua de consumo humano*: UNE-EN 1278:1999- Ozono).

En el *Codex Alimentarius*, el ozono viene definido por tener un uso funcional en alimentos como agente antimicrobiano y desinfectante, tanto del agua destinada a consumo directo, del hielo, o de sustancias de consumo indirecto, como es el caso del agua utilizada en el tratamiento o presentación del pescado, productos agrícolas y otros alimentos perecederos.

María del Mar Pérez Calvo
Dr. en CC. Biológicas
Director Técnico de Cosemar Ozono