



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

El ahorro de agua en lavanderías industriales con la tecnología del ozono

Autor: María del Mar Pérez Calvo

Institución: Cosemar Ozono, S.L

E-mail: laboratorio@cosemar-ozono.com



RESUMEN:

Proliferan las campañas de concienciación de la sociedad sobre la importancia del ahorro en el consumo de agua. La eficacia de dichas campañas es innegable y es raro ya encontrar a quien confiese utilizar el baño en lugar de la ducha o dejar el grifo abierto mientras se lava los dientes. Sin embargo, sólo un 8% del consumo de agua potable se destina al consumo doméstico, luego, mientras estas iniciativas no pasen al sector industrial, poco estaremos logrando aparte de acallar conciencias. Las lavanderías industriales, por ejemplo, consumen grandes cantidades de agua y energía por los procesos inherentes a su función, además de generar vertidos contaminantes. Los principales objetivos del uso de ozono en estas industrias son la reducción de costes energéticos y productos químicos contaminantes, así como el reciclaje de la mayor cantidad de agua posible. De hecho, el uso de ozono reduce de manera espectacular el consumo de agua caliente al favorecer la acción de los productos químicos utilizados, disminuyendo por tanto su consumo ya que, 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; tampoco son necesarios los productos utilizados para equilibrar el pH del agua, ya que el ozono lo mantiene en valores próximos al neutro. Por lo tanto, 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, con lo que el impacto ambiental de estos vertidos es menor. Así pues, 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.

1.- INTRODUCCIÓN

El agua ha sido, desde el comienzo de los tiempos, la llave para la civilización y el desarrollo, siendo un recurso natural fundamental y uno de los pilares básicos en los que se apoya el progreso. Sin embargo, en la actualidad, se ha perdido el sentimiento reverencial que las culturas antiguas profesaban al agua, y se trata este bien como una simple mercancía, considerando sus reservas como ilimitadas.



A pesar de esta apreciación generalizada, la realidad es que tan solo un 1% del total del agua del planeta es agua dulce; el resto es agua de mar, está almacenada en el subsuelo o está en forma de hielo. De hecho, hay más de 1.000 millones de personas sin acceso a agua potable, y el 80 % de las enfermedades que se padecen en los países del tercer mundo se deben a la ingesta de agua no apta para el consumo.

Las amenazas a las que se enfrenta la conservación del agua son tantas, que los gobiernos del mundo occidental hace ya tiempo que comenzaron a considerar el uso racional del agua una prioridad en sus políticas, asumiendo un compromiso con el desarrollo sostenible. Así asistimos continuamente a numerosas campañas de concienciación de la sociedad sobre la importancia del ahorro en el consumo de agua, sobre todo en países como el nuestro, que se enfrentan a una creciente escasez de este bien. La eficacia de dichas campañas es innegable y es raro ya encontrar a quien confiese utilizar el baño en lugar de la ducha o dejar el grifo abierto mientras se lava los dientes. Sin embargo, sólo un 8% del consumo de agua potable se destina al consumo doméstico luego, mientras estas iniciativas no pasen al sector industrial y agrario, poco estaremos logrando aparte de acallar conciencias.

Dentro del sector industrial, cuyo consumo de agua representa un 25% del total, existen empresas procedentes de diversos sectores dispuestas a adoptar un compromiso con el uso racional y eficiente del recurso llevando a cabo medidas acordes a sus procesos productivos.

Las lavanderías industriales, por ejemplo, consumen grandes cantidades de agua y energía por los procesos propios de su función, además de generar vertidos contaminantes.

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 resultando, en consecuencia, ello beneficioso para el medio.

2.- LA SUCIEDAD EN LOS TEJIDOS

En los núcleos urbanos existen numerosos establecimientos que, por su naturaleza, requieren grandes instalaciones para el lavado de cantidades importantes de textiles de diversa índole (hoteles, restaurantes, residencias, etc.). Muchos de estos establecimientos poseen sus propias instalaciones, mientras que otros optan por subcontratar dicho servicio. En cualquier caso, las lavanderías industriales, reciben distintos tipos de ropa sucia que deben limpiar brindando a sus clientes una calidad óptima. Para ello, como ya se ha comentado, se requieren grandes cantidades de agua, energía y productos químicos.

La suciedad en los tejidos es, generalmente, una mezcla de varias sustancias con diferentes propiedades:

1. Manchas solubles en agua: sal, azúcar, zumo de frutas, colorantes, sangre, etc.
2. Manchas eliminadas con detergentes, acción mecánica y tiempo: grasas y aceites alimentarios animales y vegetales.
3. Manchas eliminadas con tensioactivos, acción mecánica y tiempo: aceites minerales procedentes de la industria.
4. Manchas eliminadas con blanqueadores clorados u oxigenados: café, té, vino tinto, orina, etc.
5. Suciedad que no es soluble ni con detergentes ni con blanqueadores: cola, vaselina, óxido, parafina, aceite para instrumentos, etc. (suciedades problemáticas)



Dependiendo de los sectores a los que las lavanderías dan servicio, predominará uno u otro tipo de suciedad: restauración y hostelería (mantelerías, ropa de cama, toallas, etc.), hospitales y residencias (en este caso lo primordial es la desinfección para prevenir infecciones nosocomiales), etc.

3.- IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Como ya se ha indicado, los distintos ciclos de los procesos de lavado y aclarado requieren ingentes cantidades de agua, constituyendo el consumo de ésta el principal coste medioambiental de las lavanderías. Este gasto es aún más delicado en países que, como el nuestro, se enfrentan a una creciente escasez de agua.

Asimismo la necesidad de calentar este agua a temperaturas de 65-70°C, temperatura necesaria en los lavados convencionales para asegurar la eliminación de toda la suciedad que puede presentar el género, supone un considerable gasto energético, con los problemas de emisión de CO₂ que dicho gasto conlleva. Además, en España existe una normativa que prohíbe las descargas de aguas residuales a temperaturas superiores a 35°C en virtud del impacto ambiental que implican.

Por otra parte, las lavanderías utilizan normalmente los siguientes compuestos químicos: detergentes, que ayudan a disolver la suciedad y contienen agentes tensioactivos (mejoran la infiltración del agua en las fibras de los tejidos) y coadyuvantes (compuestos alcalinos que, al aumentar el pH del agua, mejoran la eficiencia del lavado); suavizantes, neutralizantes (ácidos como el acético, que neutralizan el pH para reducir los depósitos

alcalinos y clorados en los tejidos); blanqueadores clorados u oxidantes, enzimas, perfume, etc. Todos estos productos hacen que los vertidos de lavanderías sean muy contaminantes, por lo que deben tratarse antes de ser desaguados.

A este respecto, la determinación y conservación de la calidad del agua depende de una serie de normas de obligado cumplimiento, recogidas en numerosas Directivas comunitarias y traspuestas al ordenamiento jurídico español; dichas normas imponen una serie de requisitos concisos y exigentes respecto a la calidad que las aguas deben poseer en función de su uso, así como respecto a los vertidos y su posterior tratamiento en las estaciones depuradoras. Según estas normas, en concreto el Libro Blanco del Agua, la calidad general de las aguas superficiales españolas no es del todo satisfactoria.



Una proporción considerable de la contaminación del agua se debe a la liberación regular de vertidos industriales en el agua. Estos vertidos incluyen residuos agrícolas, domésticos e industriales, que contienen una variedad considerable de compuestos no biodegradables.

La biodegradabilidad de un compuesto depende de las condiciones biológicas en las que se degrade y de su estructura química. Ésta influye decisivamente en la biodegradabilidad de algunos compuestos orgánicos. Así, la naturaleza química de muchos detergentes, plásticos, materiales de embalaje y residuos médicos los hace resistentes a la degradación microbiana, con los problemas que de ello se derivan, ya que, aparte de provocar la eutrofización de acuíferos (debida en gran medida a los fosfatos de los detergentes), resultan perjudiciales para la salud.¹

Así, por ejemplo, los alquiflenoles y derivados, usados como detergentes industriales, y en algunas pinturas y varios plásticos, son disruptores endocrinos y pueden dañar el sistema inmunológico; los almizcles sintéticos, fragancias añadidas a muchos productos como perfumes, cosméticos y detergentes para ropa, son persistentes y bioacumulativos, pueden causar daños en el hígado e interferir con las funciones cerebrales.

Aunque el estado de la cabecera de la mayoría de los ríos de la mitad norte peninsular presenta un grado óptimo de conservación, a medida que van discurriendo por núcleos urbanos e industriales el grado de contaminación de las aguas aumenta llegando, en algunos casos, a un estado muy degradado en sus tramos medios y finales.

¹ En la Cumbre de Río de Janeiro de junio de 1992, y Bajo el título de Agenda 21, se aprobó un programa de acción para crear las condiciones de un desarrollo duradero y respetuoso con el medio ambiente. [...] se persigue disminuir en un 10% el peso de detergente y de material utilizado en los envases, y en otro 10% la cantidad de componentes orgánicos difíciles de eliminar del medio ambiente. Estos objetivos han sido asumidos voluntariamente por la Asociación Internacional de Jabones, Detergentes y Productos Afines (AISE), que incluirán en los paquetes consejos para conseguir ese ahorro. La campaña afecta a 18 países europeos, entre los que se encuentra España. (Consumer.es, boletín nº32. Abril, 2000)



4.- NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LOS DETERGENTES

Se denominan detergentes los compuestos cuya disolución actúa como agente limpiador de la suciedad en superficies contaminadas.

El agua sola no es capaz de disolver la grasa que compone y contiene la suciedad. Un detergente limpia debido a la capacidad que tiene para formar emulsiones con los materiales solubles en grasas; las moléculas de detergente rodean la suciedad hasta incluirla en una envoltura denominada *micela*. La parte apolar de la molécula de detergente se disuelve en la gotita de grasa mientras que los grupos polares se orientan hacia la capa de agua que los rodea. La repulsión entre cargas iguales evita que las gotas de grasa se unan de nuevo. Se forma así una emulsión que se puede separar de la superficie que se está lavando.

Hasta la década de 1940, el jabón era el único detergente importante, pero hoy, el jabón es sólo uno más entre los principales detergentes. Los constituyentes de los detergentes suelen denominarse agentes de superficie activa o surfactantes, pues actúan sobre una superficie. Una propiedad común de los detergentes es que están formados de moléculas relativamente grandes (de una masa molecular superior a 200). Una parte de la molécula es soluble en materiales orgánicos y la otra en agua.

Durante la II Guerra Mundial, la escasez de grasas, con las que se fabricaba el jabón, propició el desarrollo de detergentes sintéticos o no jabonosos. Después de la guerra, se aceleró esta tendencia como consecuencia de la necesidad de nuevos detergentes para las máquinas de lavar automáticas.

Los detergentes se obtienen tratando un compuesto aromático, derivado del benceno, con ácido sulfúrico, neutralizándolo posteriormente con hidróxido de sodio para transformarlo en su sal de sodio. Los productos detergentes obtenidos mediante estas reacciones fueron muy utilizados a finales de la década de 1940 y principios de la de 1950, como ya se ha señalado, y resultaron bastante efectivos en agua dura y en agua fría, condiciones en las que el jabón era a menudo ineficaz. Pero estos detergentes resultaron ser perjudiciales, ya que, a diferencia de los jabones, no eran solubles ni biodegradables; una vez en agua tendían a permanecer en ella, y no se transformaban en sustancias más solubles y menos complejas. Solían formar espuma en desagües y en las plantas de aguas residuales, e incluso aparecían en aguas superficiales y subterráneas.

Se llegaron a obtener productos más satisfactorios, reemplazando el compuesto aromático por los llamados compuestos lineales del tipo alquilo, en el proceso antes descrito. Su acción detergente era tan eficaz como la de los anteriores, pero resultaban más solubles y biodegradables. Los nuevos alquilsulfonatos lineales se transforman en productos menos dañinos por la acción de microorganismos en desagües, plantas de tratamiento de aguas residuales y en el propio suelo.

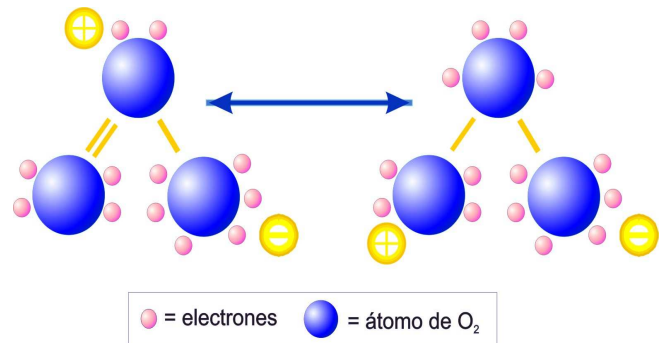
Los detergentes actuales contienen diferentes aditivos, fosfatos que realzan la limpieza, agentes espumantes, blanqueantes, etc., que intentan satisfacer la demanda de los consumidores.; sin embargo estos aditivos, así como la propia naturaleza de los detergentes, son causa de contaminación de los cauces fluviales a los que son vertidos.

5.- QUÉ ES EL OZONO

5.a.- CARACTERIZACIÓN

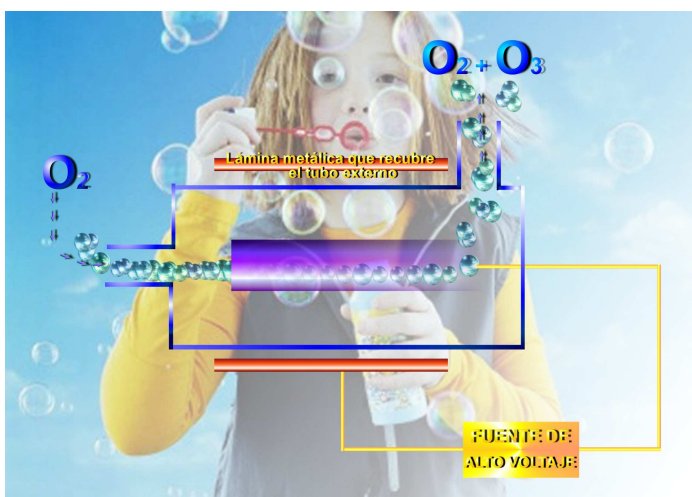
Desde el punto de vista químico, el ozono es una forma alotrópica del oxígeno, formada por tres átomos de este elemento, cuya función más conocida es la de protección frente a la peligrosa radiación ultravioleta del sol; pero también es un potente oxidante y desinfectante con gran variedad de utilidades. La más destacada es la desinfección de aguas.

La molécula presenta una estructura molecular angular, con una longitud de enlace oxígeno-oxígeno de 1,28 Å.



Es, después del flúor, el compuesto más oxidante, debido a su facilidad para captar electrones. De rápida descomposición y, a igualdad de condiciones, más estable en agua que en aire.

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 -12°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.



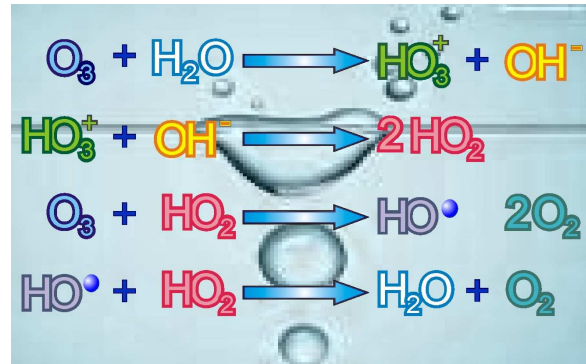
formarán el ozono.

Dada la inestabilidad del compuesto, éste debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores. El funcionamiento de estos aparatos es sencillo: pasan un flujo 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 pasa el gas. Estos electrones provocarán la disociación de las moléculas de oxígeno que posteriormente

5.b.- 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.



Reacciones de formación de radicales libres OH[•]

Estos radicales libres, generados en el agua por combinación de ésta con las moléculas de ozono, constituyen uno de los más potentes oxidantes, 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 (son los más oxidantes). Ello explica la gran eficacia del ozono como desinfectante, así como su capacidad para oxidar materia orgánica del agua, eliminar olores y sabores desagradables, y degradar compuestos químicos de diversa naturaleza.



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

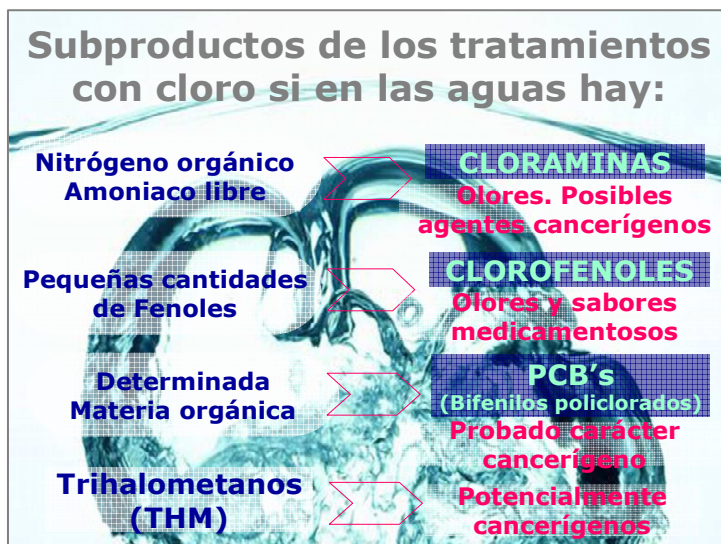
- ✚ En condiciones de bajo pH, predomina la oxidación molecular.
- ✚ Bajo condiciones que favorecen la producción de radicales hidroxilo, como es el caso de un elevado pH, exposición a radiación ultravioleta, o por adición de peróxido de hidrógeno, empieza a dominar la oxidación mediante hidroxilos.

5.c.- DESINFECCIÓN

La desinfección tiene como objetivo la destrucción selectiva de bacterias y virus patógenos presentes en los tejidos. Se realiza mediante la adición de productos químicos como lejías u otros compuestos desinfectantes, lo cual puede entrañar una serie de riesgos para el medio receptor de los vertidos, por lo que dichos productos deben utilizarse con precaución.

El uso de cloro en combinación con agua caliente para aumentar su eficacia, ha sido hasta el momento el método más empleado para eliminar manchas y desinfectar. El hecho de calentar el agua supone, como ya se ha indicado, un gran incremento en la factura de la luz y junto con el empleo de blanqueadores como el cloro, acortan la vida de las prendas. El uso de cloro en el lavado además causa la contaminación del agua provocando un perjuicio al medio ambiente y un aumento en el coste de las tasas de vertido. De hecho, el agente de más amplio uso es el cloro, que presenta graves desventajas no sólo en lo que al medio concierne, sino también en lo que respecta a cuestiones de Salud Pública. Así, si el agua de vertido con cloro o sus derivados entra en contacto con otra que contenga materias orgánicas o contaminantes químicos, se pueden originar compuestos tóxicos o que menoscaban las características organolépticas del agua:

Por ejemplo, las cloraminas comunican al agua olores y están consideradas como posibles agentes cancerígenos; los clorofenoles confieren al agua olores y sabores medicamentosos; los trihalometanos empiezan a alcanzar niveles preocupantes en el agua de consumo y cada vez parece más plausible que posean efectos cancerígenos, al igual que los PCBs, de probado carácter cancerígeno, etc.



Lo más seguro para la consecución de una desinfección óptima sin subproductos tóxicos, es el tratamiento con ozono, reconocido como desinfectante en la potabilización de aguas en los países más avanzados y comprometidos con el medio, entre ellos el nuestro, estando recogido su uso por el Ministerio de Sanidad y Consumo.²

La base de la acción bactericida de cualquier agente suele ser la oxidación de componentes fundamentales para la supervivencia de los microorganismos. La capacidad de oxidar con mayor o menor facilidad dichas estructuras marca la diferencia, en cuanto a eficacia, de los distintos compuestos utilizados normalmente en desinfección. Como hemos visto, el ozono es, dentro de los compuestos normalmente utilizados en desinfección de aguas, el que presenta una mayor capacidad oxidante, lo que quiere decir mayor eficiencia biocida.

La eficacia del ozono como desinfectante está de sobra probada, habiéndose evidenciado que es capaz de destruir esporas de *Bacillus subtilis*, la forma más resistente de los microorganismos.

La eficacia del ozono como desinfectante está de sobra probada, habiéndose evidenciado que es capaz de destruir esporas de *Bacillus subtilis*, la forma más resistente de los microorganismos.

² Ver apartado de "Toxicología"



De hecho, el ozono es efectivo frente a gran número de microorganismos sobre los que actúa con gran rapidez, a bajas concentraciones y en un amplio rango de pH, debido a su alto potencial de oxidación.

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.

Microorganismos estudiados frente a los cuales es efectivo el ozono

ALGAS

Chlorella vulgaris

BACTERIAS (I)

Achromobacter
Aeromonas hydrophilia
Agrobacterium tumefaciens
Bacillus anthracis
Bacillus megaterium
(esporas y vegetativa)

Bacillus mesentericus
Bacillus paratyphosus
Bacillus spores
Bacillus subtilis
(esporas y vegetativa)

Clostridium tetani
Corynebacterium diphtheriae
Eberthella typhosa
Escherichia coli
Legionella bozemanii
Legionella dumoffii
Legionella gormanii
Legionella longbeachae
Legionella micdadel
Legionella pneumophila
Leptospira canicola
Leptospira interrogans
Micrococcus candidus
Micrococcus sphaeroides
Mycobacterium avium

complex

Mycobacterium leprae
Mycobacterium tuberculosis
Neisseria catarrhalis
Nocardia corallina
Phytomonas tumefaciens
Proteus vulgaris
Pseudomonas aeruginosa
Pseudomonas fluorescens
Rhodospirillum rubrum
Salmonella enteritidis
Salmonella paratyphi

BACTERIAS (II)

Salmonella typhimurium
Salmonella typhosa
Sarcina lutea
Serratia marcescens
Shigella dysenteriae
Shigella flexneri
Shigella paradysenteriae
Shigella sonnei
Spirillum rubrum
Staphylococcus albus
Staphylococcus aureus
Staphylococcus epidermidis
Staphylococcus faecalis
Streptococcus hemolyticus
Streptococcus lactis
Streptococcus salivarius
Streptococcus viridans
Vibrio cholerae
Vibrio comma

HONGOS

Microsporon audoaini
Microsporon lenosum
Monilia albicans
Trichophyton
Mentagrophytes
Trichophyton purpureum

ESPORAS DE HONGOS

Aspergillus flavus
Aspergillus glaucus
Aspergillus niger
Clostridium perfringens
Mucor racemosus A
Mucor racemosus B
Oospora lactis
Penicillium digitatum
Penicillium expansum
Penicillium roqueforti
Rhizopus nigricans

NEMÁTODOS

Huevos

PARÁSITOS

Cryptosporidium
Giardia lamblia

PROTOZOOS

Paramecium (Patógenas y no patógenas)

VIRUS

Adenovirus
Bacteriophage
Coliphage
Corona
Coxsackie
Cytomegalovirus
Echovirus
Epstein Barr
Flavivirus
Herpes (todos los tipos)
Hepatitis
Influenza
Orthomyxoviridae
Paramyxoviridae
Poliomielitis
Retroviridae (VIH)
Rhabdoviridae (Rabia)
Rotavirus
Syphilis
Tobacco mosaic
Toga

LEVADURAS

Levadura de panadería
Candida (todas las formas)
Saccharomyces cerevisiae
Saccharomyces var.
Ellipsoideus
Saccharomyces sp.



5.d- 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 por su efecto humectante.

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.

6.- LA TECNOLOGÍA DEL OZONO APLICADA A LAVANDERÍAS

Los sistemas de ozono en lavanderías industriales tienen como objetivo reducir al máximo, dentro de lo posible, sus gastos sin perder los estándares de calidad necesarios para ofrecer el mejor servicio.

Para conseguir una óptima eficacia en la limpieza con ozono, es fundamental que el gas se encuentre perfectamente disuelto en el agua. Existen cuatro factores que afectan a la eficiencia del ozono en esta aplicación y que tienen que ver con la capacidad de disolución del gas en agua: el tiempo de contacto entre ambos, la presión del gas, el método de mezcla y la temperatura del agua.

La forma más eficaz de conseguir una ozonización perfecta – y por tanto eficiente-, depende del diseño, la metodología y la investigación que redundan en el hallazgo de las condiciones óptimas de los principales factores que influyen en la disolución del ozono en el agua.

Con una tecnología adecuada, el agua es tomada de la red y mezclada con el ozono a través de un venturi en una columna de contacto (reactor). El agua así tratada pasa luego a un tanque presurizado y se va recirculando de éste al reactor hasta el momento en que el sistema de lavado demanda agua.

La recirculación entre el tanque y el reactor hacen que el agua mantenga en todo momento las concentraciones adecuadas de ozono en disolución hasta que las lavadoras lo demandan.

El ozono así disuelto es capaz de oxidar por completo los contaminantes (suciedad, grasas, bacterias, etc.) presentes en la ropa a lavar; cuanto mayor sea la concentración de ozono, mayor será la capacidad de este agua de limpiar por completo los tejidos.

La concentración de ozono adecuada para aplicación en lavanderías y que garantiza los mayores niveles de eficiencia en el lavado, va desde 1,5 a 3 ppm (dependiendo de las características del agua de partida), lo que corresponde a un potencial redox de unos 900mV.

NIVELES DE REDUCCIÓN

100% de agua caliente
40% de producto químico
35% de agua
38% de tiempo de lavado
30% de tiempo de secado

EJEMPLO PRÁCTICO (gentileza de TUPESA, Gerona)

A.- CONDICIONES NORMALES:

En los lavados la relación de baño (carga / litros) suele ser de 1/3 a 1/5. Por ejemplo, en una maquina con capacidad para 50 Kg. y relación de baño 1/5 se utilizan 250 litros de agua cada vez que llenamos la maquina.

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

Proceso normal de lavado	Tiempo (minutos)
Prelavado a 45°C	8
Lavado a 45°C con 10 g/L de detergente	14
Enjuague 1 agua fria	4
Enjuague 2 agua fria	4
Enjuague 3 agua fria + suavizante	5
Centrifugado	8
Tiempo total del proceso	43

B.- PROCESO CON O₃:

Proceso de lavado O ₃	Tiempo(minutos)
Lavado en frio con 5 g/L de detergente + O ₃	15
Enjuague 1 agua fria + O ₃	4
Enjuague 2 agua fria + O ₃	4
Centrifugado	4
Tiempo total del proceso	27

REDUCCIONES CON O₃:

- ✓ Enjuagues: 2 Reducción del consumo de agua 40%
- ✓ Consumo de químicos Eliminación de hipoclorito sodico(lejía)
- ✓ Consumo de detergentes Reducción del 50%
- ✓ Consumo energético Los lavados con O₃ son con agua fría
- ✓ Tiempos de lavado Reducción de un 37%
- ✓ Consumo de suavizantes Reducción del 100%
- ✓ Centrifugado Reducción del 50%
- ✓ Consumo eléctrico Reducción de un 37%

AUMENTOS CON O₃:

- ✓ Eficacia en la desinfección Aumenta el 100%
- ✓ Vida media de las prendas Aumenta en un 50% (al eliminar la lejía)
- ✓ Capacidad de los lavados Aumenta en un 37%



7.- VENTAJAS DEL USO DEL OZONO EN LAVANDERIAS

Como hemos visto, 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.

✚ 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

Debido al uso de menor cantidad de químicos en el proceso de lavado, hay un menor depósito de residuos en los tejidos, con lo que se pueden evitar uno o dos aclarados y se reduce el tiempo de centrifugación y secado

✚ Reduce los tiempos de secado y centrifugado

Porque el ozono abre las fibras de los tejidos, lo que favorece la extracción de agua en el ciclo de centrifugado; asimismo, al contener los tejidos menor cantidad de residuos químicos, liberan mejor el agua.

✚ 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.

✚ 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 redundaría en una disminución muy significativa de los riesgos derivados de estas actividades (irritaciones y corrosiones, accidentes graves por vertidos de sustancias peligrosas...)

✚ **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. De hecho, cuando los lavados se realizan con ozono, se observa una gran reducción en la acumulación de fibras en los filtros de las secadoras. El aumento en la vida útil de los tejidos con ozono es de un 25-50%.

✚ **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 final.**

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.

8.- TOXICOLOGÍA

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).

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. Únicamente en el caso de tratamientos a altas presiones podría producirse la liberación de ozono al aire,

apareciendo entonces en la superficie de intercambio agua-aire concentraciones que podrían considerarse peligrosas; **pero los tratamientos convencionales no se realizan en estas condiciones**. 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).



Por otra parte, 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.

A pesar de esta definición y de que desde varios años antes este compuesto se consideraba como **seguro para alimentos** (GRAS: Generally Recognized as Safe), no fue hasta el año 2001 cuando la FDA (Administración Americana de Alimentos y Drogas), lo **incluyó como agente antimicrobiano de uso alimentario**. Esta autorización permite que el ozono pueda ser utilizado en forma gaseosa o líquida en el tratamiento, almacenaje y procesado de alimentos, incluyendo carne y pollo.

9.- NORMATIVA

El uso del ozono está regulado según sus usos, encontrándose incluido en:

- ✚ **Real Decreto 140/2003**, de 7 de Febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- ✚ **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 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.
- ✚ **Norma española UNE 400-201-94,** recomendaciones de seguridad en generadores de ozono para tratamiento de aire.
- ✚ **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.

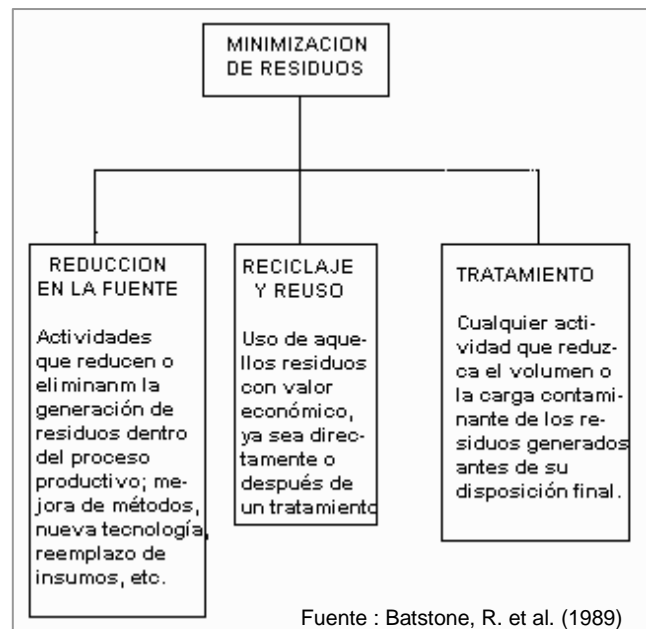
10.- CONCLUSIONES

Uno de los mecanismos más eficaces para la conservación del agua es la optimización de su uso. La instalación de nuevas tecnologías permite reducir notablemente el consumo de agua en los hogares o en la industria.

Asimismo, la minimización de residuos se considera una estrategia gerencial tendiente a reducir el volumen y la carga contaminante de los vertidos generados por un proceso productivo; en otros términos es la estrategia para optimizar los procesos que producen descargas residuales líquidas y sólidas y emisiones gaseosas.

Baststone, Smith & Wilson, destacan tres actividades en la minimización de residuos:

- ✚ Reducción en la fuente
- ✚ Reciclaje
- ✚ Tratamiento.



El componente sustancial de este concepto es la reducción en la fuente, que comprende actividades como la sustitución de productos químicos, control del proceso productivo y adaptación de nuevas tecnologías. Todo esto es posible, en el caso de lavanderías industriales, gracias a la tecnología del ozono.

El objetivo de la ozonización en lavanderías es la mejora en la calidad de las prendas textiles tratadas en sus instalaciones, así como la reducción de los costes energéticos y medioambientales de dichas instalaciones, aumentando así su rentabilidad y disminuyendo el impacto ambiental que suponen por el gran consumo que implican de agua y energía, así como por la contaminación de aguas debida a sus vertidos.