

Piscinas de uso público (III): riesgos asociados a los reductores del pH y subproductos de desinfección

Piscines publiques (III). Risques associés aux réducteurs de pH et les sous-produits de désinfection
Public swimming pools (III). Risks associated to pH reducers and disinfection by-products

Redactores:

Asunción Freixa
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Antón Gomá
Ingeniero de telecomunicaciones

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

En la presente NTP se revisan los riesgos asociados a los productos empleados en las piscinas como reductores del pH. Aunque algunos de ellos ya se comentan en la NTP 690, la introducción del dióxido de carbono como regulador del pH en lugar del ácido clorhídrico añade nuevas perspectivas en este sentido. Por otro lado, también se exponen las ventajas que presenta esta sustitución en cuanto a la mejora de las condiciones de seguridad y de protección de la salud de los trabajadores y usuarios de las piscinas.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios relativos a la formación de subproductos de la desinfección en aguas de piscinas y los riesgos que se pueden producir en los trabajadores de estas instalaciones se han centrado fundamentalmente en los producidos por el desinfectante, normalmente un producto halogenado. También, cuando se habla de reducir la presencia de subproductos, dicha reducción se centra en las cloraminas o los trihalometanos, y se suele intentar conseguir mediante estrategias de sustitución o complementación del desinfectante utilizado.

La mayoría de piscinas requieren de forma imprescindible otro compuesto para controlar el pH, normalmente un ácido fuerte, para compensar el aumento de alcalinidad que experimenta el agua por la adición del desinfectante, que tiene un pH básico. Sin esa neutralización la desinfección no sería efectiva. El ácido más usado es el ácido clorhídrico y, en menor medida, el ácido sulfúrico.

En las Notas Técnicas de Prevención 341, 689 y 690 ya se han revisado los riesgos para los trabajadores, tanto para la salud por exposición prolongada, como los derivados de condiciones de seguridad que conlleva el funcionamiento de una piscina. En ellas, al hablar del reductor del pH, se ha resaltado el peligro que supone especialmente para el personal de mantenimiento la mezcla accidental de ese compuesto con el desinfectante, que, en el caso de que sea un derivado conteniendo cloro, puede formar una nube tóxica de dicho gas, que puede afectar gravemente a los trabajadores y usuarios de las instalaciones.

Para eliminar este tipo de riesgos se propone un sistema de reducción del pH distinto del habitual, consistente en emplear dióxido de carbono en lugar de ácido clorhídrico como regulador del pH. En la presente NTP

se exponen los resultados obtenidos aplicando dicha modificación con el objetivo de mejorar las condiciones de seguridad de los trabajadores y usuarios de este tipo de instalaciones.

2. ASPECTOS GENERALES

Una revisión de la evolución de las estrategias para mejorar las condiciones ambientales de una piscina cubierta empieza por la necesidad de ventilar y renovar el aire correctamente. En ese sentido, en las primeras Normas Técnicas de Edificación se fijaba como normativa de construcción de espacios deportivos, volúmenes mínimos de aire de renovación por usuario o por superficie. Posteriormente incluso se introdujeron sondas de calidad de aire que, conectadas al sistema de control centralizado de las instalaciones técnicas del edificio, determinaban la apertura de las compuertas de renovación del climatizador en función de la calidad del aire medida.

Paulatinamente y en paralelo a esas evoluciones, se inició una optimización de los productos químicos empleados. De su dosificación directa y manual en el vaso de la piscina se pasó a la dosificación automática, exigida por las normativas que empezaron en los años 80 a establecerse en las diferentes comunidades autónomas.

Pero tampoco bastaba con desinfectar automáticamente el agua con cualquier método de control. Así, de la medición de potencial redox, a partir de la cual indirectamente se estimaba el cloro libre y se conectaba la bomba de dosificación, se pasó a medir el cloro libre directamente mediante sensores específicos. Con ello se redujeron los valles y picos de concentración de cloro en el agua y, en consecuencia, se produjo una reducción importante de algunos subproductos formados en esos picos, los cua-

les a su vez no dejan de existir por el hecho de reducirse posteriormente la concentración de cloro.

Paralelamente a cuestionarse cual sería el desinfectante ideal, es realmente necesaria la reducción de los subproductos formados que pueden pasar al ambiente y perjudicar la salud de los trabajadores y usuarios de estas instalaciones.

Así pues, además de una ventilación correcta y de la optimización de un desinfectante adecuado, es necesario que la elección del reductor del pH o la forma de dosificarlo sean correctas, lo cual puede jugar un papel incluso más importante que el propio desinfectante en la formación o no formación de subproductos en el agua que pueden evaporarse y contaminar el aire ambiente de la piscina.

3. SUBPRODUCTOS PRESENTES EN EL AGUA Y EN EL AIRE EN PISCINAS

En primer lugar, procede enumerar los principales subproductos de desinfección que se puede esperar encontrar disueltos en el agua de la piscina y cuáles de ellos se podrán encontrar evaporados en el ambiente. Dicho subproductos, en función del desinfectante utilizado se relacionan en la tabla 1.

A los productos relacionados en la tabla 1 se añaden los productos que directamente aparecen como contaminantes, básicamente el cloro (CAS: 7782-50-5), al cual la anterior tabla no hace referencia por ser una tabla de subproductos, pero que es el que genera mayor preocupación por su carácter irritante y sofocante y que ha sido ya comentado en las NTP 341 y 690.

El subproducto más conocido en el ámbito de las instalaciones acuáticas son las cloraminas (cloro combinado) a las que siempre se ha atribuido el olor típico de piscina. Sin embargo, se ha observado que esa percepción baja cuando baja la concentración de cloro emitido por la piscina, incluso a pesar de que el agua contenga cantidades muy altas (0,7 ppm) de cloro combinado. De ahí que quizás haya que revisar en el futuro esa relación tan asumida entre olor característico y cloraminas.

Un buen indicador del nivel de contaminación del aire es la concentración de oxidantes totales, cuya composición la forman mayoritariamente el gas cloro, la tricloramina y en menor medida la dicloramina. En un estudio realizado en la Universidad Autónoma de Barcelona, donde se midieron simultáneamente oxidantes y gas cloro, se constató que la reducción de oxidantes en el ambiente coincidía



Figura 1. Toma de muestras de oxidantes en aire

con una reducción también del gas cloro, de lo que se infiere que cuando no sea posible disponer de los sistemas de medida directos de cloro ambiental, es posible tomar la concentración total de oxidantes como referencia.

La mayor concentración de contaminantes provenientes de la piscina se encuentra en el volumen de aire inmediatamente por encima de la lámina de agua, lo que hace que el principal afectado por la exposición a dichos contaminantes sea el usuario de la piscina, ya que la concentración de contaminantes en el aire decrece a medida que aumenta la distancia a la lámina. Con una buena ventilación de la instalación se evitaría un riesgo innecesario para el usuario de la piscina, pero también para el trabajador de las instalaciones (técnicos de mantenimiento, socorristas y monitores de natación) que durante toda su jornada laboral pueden estar en contacto con este contaminante.

4. REDUCTORES DEL pH Y PRESENCIA DE OXIDANTES EN EL AIRE

Como ya se ha indicado anteriormente, el ácido fuerte suele ser ácido clorhídrico, aunque también puede usarse ácido sulfúrico, y según las condiciones de desinfección del agua del vaso se va formando en mayor o menor cantidad gas cloro en el agua de manera continuada que, a su vez, pasa al aire. El objetivo fundamental de sustituir el ácido fuerte por dióxido de carbono como reductor del pH es evitar la mezcla accidental del ácido clorhídrico (reductor del pH) con el hipoclorito (desinfectante) y así evitar un posible accidente y reducir la cantidad de oxidantes presentes en el ambiente del recinto donde están ubicadas las piscinas. La realización de diferentes controles ambientales desveló, en el estudio ya citado en la Universidad Autónoma de Barcelona que realmente había una reducción significativa de oxidantes en el ambiente respecto a los valores de concentración encontrados hasta entonces con el reductor convencional.

Llevando a cabo diferentes mediciones a 20 cm. de la lámina de agua (ver figura 1) se obtuvieron unos valores de oxidantes en aire distintos cuando se utilizaba diferente desinfectante del agua y diferente reductor del pH (ver tabla 2) siendo 1,5 mg/m³ (0,5 ppm) el VLA-EC (valor límite ambiental para exposición corta para el cloro, LEP 2007 (INSHT)).

Efectivamente, los resultados del estudio indican que existe una reducción significativa de la presencia de oxidantes en el ambiente de la piscina cuando el reductor de pH no es un ácido fuerte como el ácido clorhídrico sino que se ha substituido por otro compuesto, como el dióxido de carbono, tanto si el desinfectante es un compuesto de cloro o ozono. Así, en tal caso se pudo rebajar el nivel de oxidantes en el ambiente (1 mg/m³ de media) en un hall de piscina que estaba siendo correctamente ventilado (650 ppm de CO₂ ambiental) a valores un 30%

Valor medio de oxidantes en los puntos A y B mg/m ³	Método de tratamiento
0,76	CO ₂
0,56	CO ₂ +O ₃
1	ClH

Tabla 2. Concentración de oxidantes en aire según el tipo de desinfección y el reductor de pH, a un nivel de ocupación equivalente

DESINFECTANTE	PRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN	CLASIFICACIÓN UE*	EFECTOS
Cloro/Hipoclorito	Trihalometanos (THMs) (cloroformo)	Xn. R 22, 38, 40, 48/20/22. S (2-) 36/37	Irritante, causa somnolencia, daña al sistema nervioso central
Cloro/Hipoclorito	Ácidos Haloacéticos	T, N. R 25, 34, 50. S (1/2-) 23, 37, 45, 61	Corrosivo para ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Haloacetnitrilos	T, N. R 23/24/25, 51/53. S (1/2-), 45, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Haloacetonas	—	Corrosivo para ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Hidratos de cloral	T. R 25, 36/38. S (1/2-), 25, 45	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloropicrin	T+. R 22, 26, 36/37/38. S (1/2-), 36/37, 38, 45	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloruro de cianógeno	**	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloratos	O, Xn, N. R 9, 22, 51/53. S (2-), 13, 17, 46, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloraminas	**	Irritante
Ozono	Bromatos	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Ozono	Aldehídos	—	Irritante
Ozono	Acetonas	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Ozono	Acetoácidos	—	—
Ozono	Ácidos carboxílicos	—	—
Ozono	Bromoformo	T, N. R 23, 36/38 51/53. S (1/2-), 28, 45, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio Daña el sistema nervioso central
Dióxido de cloro	Cloritos	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Dióxido de cloro	Cloratos	O, Xn, N: R 9, 22, 51/53, S (2-), 13, 17, 46, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Bromo/hipobromito/BCDMH	THMs principalmente bromoformo	T, N: R 23, 36/38, 51/53, S (1/2-), 28, 45, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Bromo/hipobromito/BCDMH	Hidrato de bromal	**	—
Bromo/hipobromito/BCDMH	Bromatos	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Bromo hipobromito/BCDMH	Bromoaminas	—	Irritante

Xn (Nocivo), T (Tóxico), N (Peligroso para el medio ambiente), T+ (Muy Tóxico), O (Comburente)

- R 9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
- R 20 Nocivo por inhalación.
- R 22 Nocivo por ingestión.
- R 23/24/25 Tóxico por inhalación por contacto con la piel y por ingestión.
- R 25 Tóxico por ingestión.
- R 26 Muy tóxico por inhalación.
- R 34 Provoca quemaduras.
- R 36 Irrita los ojos.
- R 37 Irrita las vías respiratorias.
- R 38 Irrita la piel.
- R 40 Posibles efectos cancerígenos.
- R 48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
- R 50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R 51 Tóxico para los organismos acuáticos.
- R 53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

- S 1 Consérvese bajo llave.
- S 2 Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S 13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S 17 Manténgase lejos de materiales combustibles.
- S 23 No respirar los vapores.
- S 25 Evítase el contacto con los ojos.
- S 28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante).
- S 36 Úsese indumentaria protectora.
- S 37 Úsense guantes adecuados.
- S 38 En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
- S 45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).
- S 46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase.
- S 61 Evítase su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas/ficha de datos de seguridad.

Tabla 1. Principales productos de la desinfección (Ver referencia 1 en Bibliografía)

* Según Anexo I del RD 363/95
** No incluido en el Anexo I

inferiores manteniendo esas condiciones de ventilación y comparando siempre situaciones similares de ocupación. Los resultados fueron análogos cuando en lugar de medir el conjunto de oxidantes lo que se midió fue directamente gas cloro, observándose una reducción media del 46% del nivel de gas cloro generado.

El dióxido de carbono disuelto en el agua se transforma mayoritariamente en carbonatos y, lentamente y en menor cantidad, en ácido carbónico. Éste último es el que juega el papel de reductor del pH, mientras que el primero supone un tampón que de alguna forma amortigua la formación de gas cloro. Esa formación de gas cloro también es menor debido al hecho de que el ácido carbónico es un ácido débil mientras que el ácido clorhídrico o el ácido sulfúrico son ácidos fuertes. A pesar de esa condición de ácido débil, el dióxido de carbono tiene capacidad para mantener el control del pH igual que pueda hacerlo un ácido fuerte.

Esa reducción del nivel de gas cloro emanado por el agua y la consiguiente mejora del ambiente es aun más notable alrededor de los tanques de compensación, normalmente en zonas técnicas transitadas por el personal de mantenimiento, donde la ventilación suele ser más pobre.

En el estudio ya mencionado, la reducción de oxidantes aumentó un 10% más cuando se incluyó una etapa de ozonización en la depuración del agua, como se observa en la tabla 2. Esa etapa consistió en intercalar, para el 100% del agua circulando por el sistema de filtraje, una adición de ozono a concentraciones bajas a fin de evitar la formación de bromatos y tiempos de contacto altos (8 minutos). Obviamente, cualquier rastro de ozono debe ser retirado del agua antes de reintroducirla en los vasos de la piscina y, naturalmente también, no deben existir fugas de dicho gas en ninguna parte de la instalación, debido a que el ozono es un fuerte oxidante

y consecuentemente un gran irritante de las vías respiratorias.

Existe otra posibilidad de reducir en parte la formación de gas cloro disminuyendo la cantidad de ácido clorhídrico o sulfúrico inyectada en cada pulso de la bomba dosificadora, es decir, inyectando menos cantidad pero durante más tiempo. El efecto sería similar al de diluir el ácido antes de adicionarlo al agua. La mejora en el ambiente es significativamente menor que cuando se prescinde totalmente de cualquiera de esos ácidos fuertes pero este apunte puede constituir un recurso cuando en la instalación no se plantea la eliminación de los mismos.

5. CONCLUSIÓN

El nivel de oxidantes en el ambiente de las piscinas cubiertas debe ser muy bajo debido a que estos compuestos son muy irritantes y por consiguiente un factor de riesgo para los trabajadores de estas instalaciones.

Uno de los factores fundamentales, como ya se ha mencionado en las anteriores Notas técnicas de prevención referentes a este tema es una correcta ventilación de la instalación.

Otro factor importante es minimizar el desinfectante a la vez que evitar el uso de ácidos fuertes como sistema de reducción del pH o, al menos, evitar la inyección de estos últimos con poca dilución. De esa forma se consigue reducir la presencia de oxidantes en el ambiente.

Al reducir estos factores de riesgos ambientales (minimizando los oxidantes en ambiente de trabajo) se puede llegar a conseguir un ambiente no peligroso para los trabajadores y usuarios de dichas instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **Guidelines for safe recreational-water environments. Volumen 2: Swimming pools, spas and similar recreational-water environments.**
Organización Mundial de la Salud. Agosto 2000.
- (2) **Fichas internacionales de Seguridad Química (FISQ).**
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/introducci-htm>
- (3) FREIXA BLANXART, A.
Piscinas de uso público (II). Peligrosidad de los productos químicos.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP-690. INSHT, Barcelona 2005.
- (4) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Límites de Exposición Profesionales (LEP) 2007
INSHT