

Piscinas- Tratamiento del Agua



***C/ Nicolás de Fer, 41
Polígono Industrial de roces, 3
33211 Gijón (Asturias)
Tfno: 985167393 · Fax: 985167493
email: aqua-tech@aqua-tech.es***

Objetivos del Tratamiento del Agua de una Piscina

- Agua clara
- Seguridad en la higiene
- Sin agresividad del agua hacia la piel
- Baja concentración de compuestos irritantes y contaminantes
- Preferiblemente sin olores

Directrices y Normativas

- Sin peligro para la salud humana debido a los gérmenes patógenos
- En España, demasiada normativa. Decretos por CCAA e incluso Ordenanzas municipales
- En Alemania los requerimientos higiénicos son estipulados dentro de la Norma Alemana Industrial DIN 19643 :
 - El desinfectante tiene que ser verificado en cualquier momento y en cualquier lugar a la concentración mínima estipulada
 - Se le exige al desinfectante una reducción del 99.9% de E.Coli en solo 30 segundos

Imposiciones del Agua de la Piscina

- El agua fresca de reposición al vaso de la piscina debe estar libre de materias húmicas (precursores de los THM's)
- El agua no puede tener suciedad (polvo, hojas, etc...)
- Ni gérmenes, virus, patógenos...
- No puede contener restos de sudor humano y urea
- El agua no puede contener cremas y aceites de belleza ni protectores solares

Problemas en el Tratamiento del Agua

- Irritaciones en los ojos y la mucosa nasal por el cloro combinado y las cloraminas (típico olor a cloro)
- La generación no controlada de Trihalometanos (haloformas), THMs (cancerígenos)
- Contaminación microbiológica:
 - Legionela
 - Pseudomonas

Exigencias de acuerdo a la DIN 19643

(Normativa Industrial Alemana)

- Contenido de Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Legionela:
0 gérmenes en 100 ml
- Valor de pH entre 6.5 y 7.6
- Cloro Libre entre 0.3 – 0.6 ppm (piscina de burbujas entre 0.7 – 1.2 ppm)
- Cloro Combinado (cloraminas) en el agua de la piscina, por debajo de 0.2 ppm
- Trihalometanos, THM por debajo de 0.02 ppm

Vías para poder cumplir con las exigencias

- Las condiciones químicas requeridas del agua tienen que ser cumplimentadas en cualquier lugar y en cualquier momento en el agua de la piscina; y por ello es preciso:
 - Optimizar la tecnología hidráulica y de filtración, incluyendo una eficiente floculación
 - Utilizar sistemas de control automáticos para el cloro y el pH
- Dosificación de carbón activo pulverizado antes del filtro
- Ozonificación del agua de la piscina
- Utilización de la radiación UV para la descomposición de Cloro Combinado (cloraminas)

Tratamiento Standard Agua de la Piscina

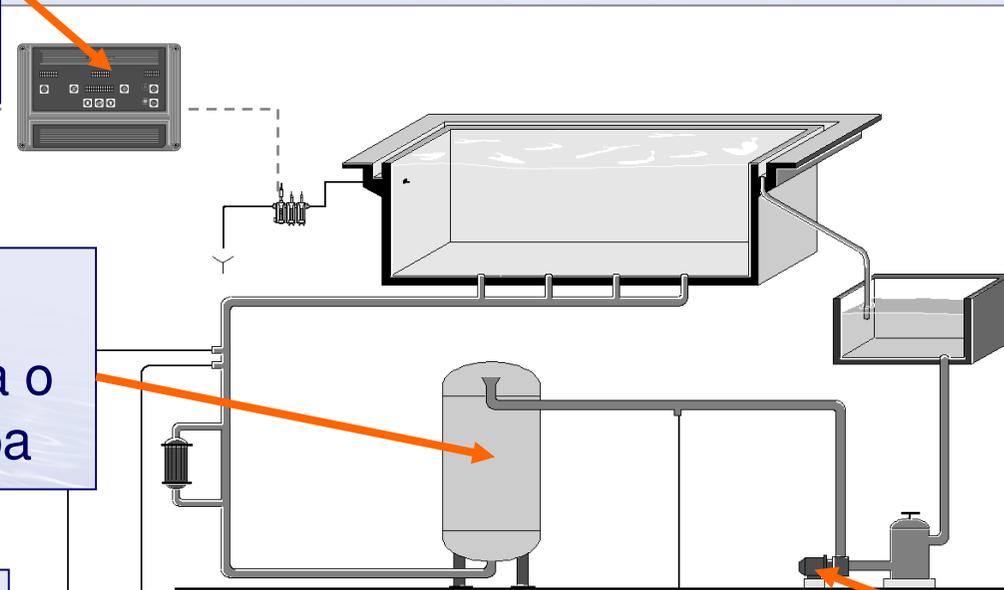
Controlador :
disinfectant,
Redox y pH

Filtración
Filtro de arena o
filtro multicapa

Estación
dosificación
dosificación de
desinfectante y
corrector de pH

Estación de
dosificación
floculante

Bomba de
recirculación
El agua de la piscina
debería ser
recirculada de
manera continua
(24h/dia)

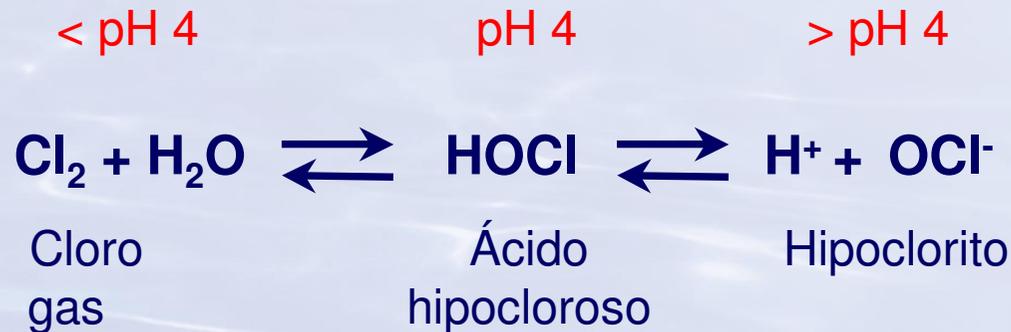


Disinfectantes para el Agua de la Piscina

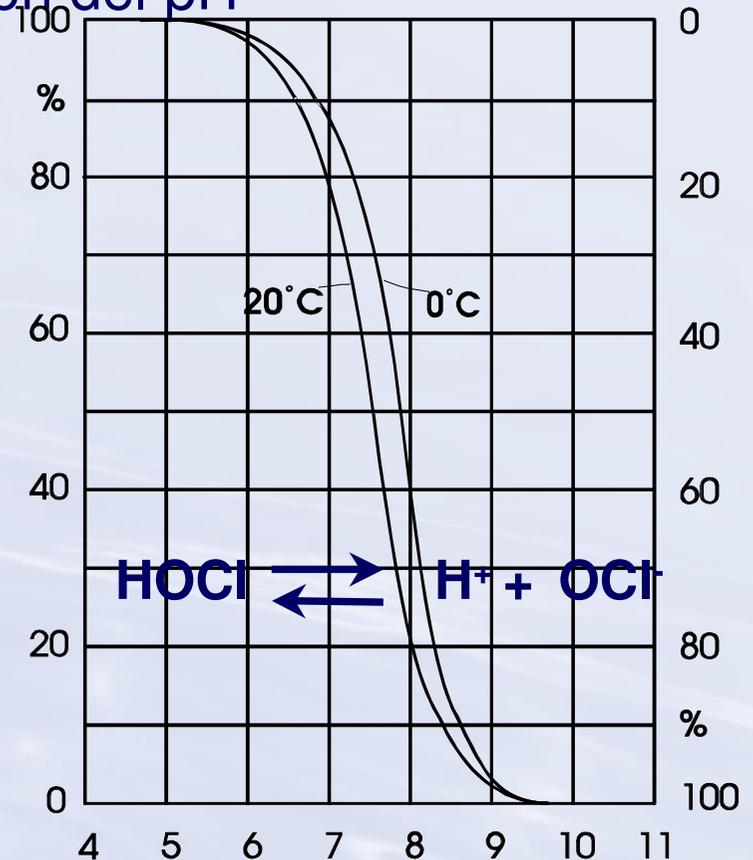
- Productos clorados:
donde el activo químico es siempre el ácido hipocloroso HOCl
 - Cloro gas
 - Hipoclorito sódico 12 %, NaOCl
 - Hipoclorito cálcico $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (Olin HTH)
 - Cloro generado in situ a partir de la electrólisis salina (NaCl)
 - Cloro orgánico (material granulado o tabletas)
Ácido cloro isocianúrico, sodio-cloro isocianurto; teniendo en cuenta que el activo químico es siempre el ácido hipocloroso HOCl
- Otros activos químicos (no tan eficientes como el cloro)
 - Bromo
 - Peróxido de hidrógeno

Actividad del Cloro

- La actividad del cloro está en función del pH



- La actividad del cloro está en función de la concentración de ácido isocianúrico
 - e.j. con una concentración de 100 ppm de ácido isocianúrico decrece la actividad del cloro hasta sólo un 12 % !



Ajuste del pH

- El pH tiene que estar entre 6,5 y 7,5
 - A valores inferiores de 6,5: se produce corrosión
 - A valores superiores: decrece la fuerza desinfectante del cloro, y con ello aumenta el riesgo de agresividad en la piel y en los ojos
- Razones por las cuales el pH es variable:
 - Desgasificación del agua del dióxido de carbono
 - Dosificación de activos químicos alcalinos o ácidos (hipoclorito o floculantes)
- Productos químicos para el ajuste del pH
 - Uso del ácido clorhídrico (HCl): que sus efectos son una corrosión debido a su comportamiento inestable en fase gas y también en aumento de cloruros en el agua
 - Productos en base a ácido sulfúrico líquido (H_2SO_4) o sólidos (NaHSO_4)
 - Sosa caústica (NaOH) o carbonato sódico (Na_2CO_3)
 - Filtración sobre piedra caliza (CaCO_3)

Floculación

- Contaminación coloidal en el agua de la piscina:
 - Bacterias (incluso una vez muertas por el cloro)
 - Esporas de algas
 - Grasa, componentes de cosméticos y otros productos orgánicos de larga cadena
- Una dosificación continua de floculante hace posible que los coloides sean filtrables transformándolos en floques
- Floculantes útiles:
 - Compuestos del aluminio como los de sulfato (sulfato de aluminio) o cloruro (cloruro de aluminio); parcialmente pre hidrolizados
 - Compuestos de hierro (III) como los sulfatos (sulfato férmico) o de cloruro (cloruro férmico)
- La condición básica para una floculación eficaz es trabajar a un pH correcto

Control Automático

- Clave para un control automático:
 - Llegar al punto de consigna de manera rápida y eficaz
 - Sólo permitir pequeñas desviaciones del punto de consigna

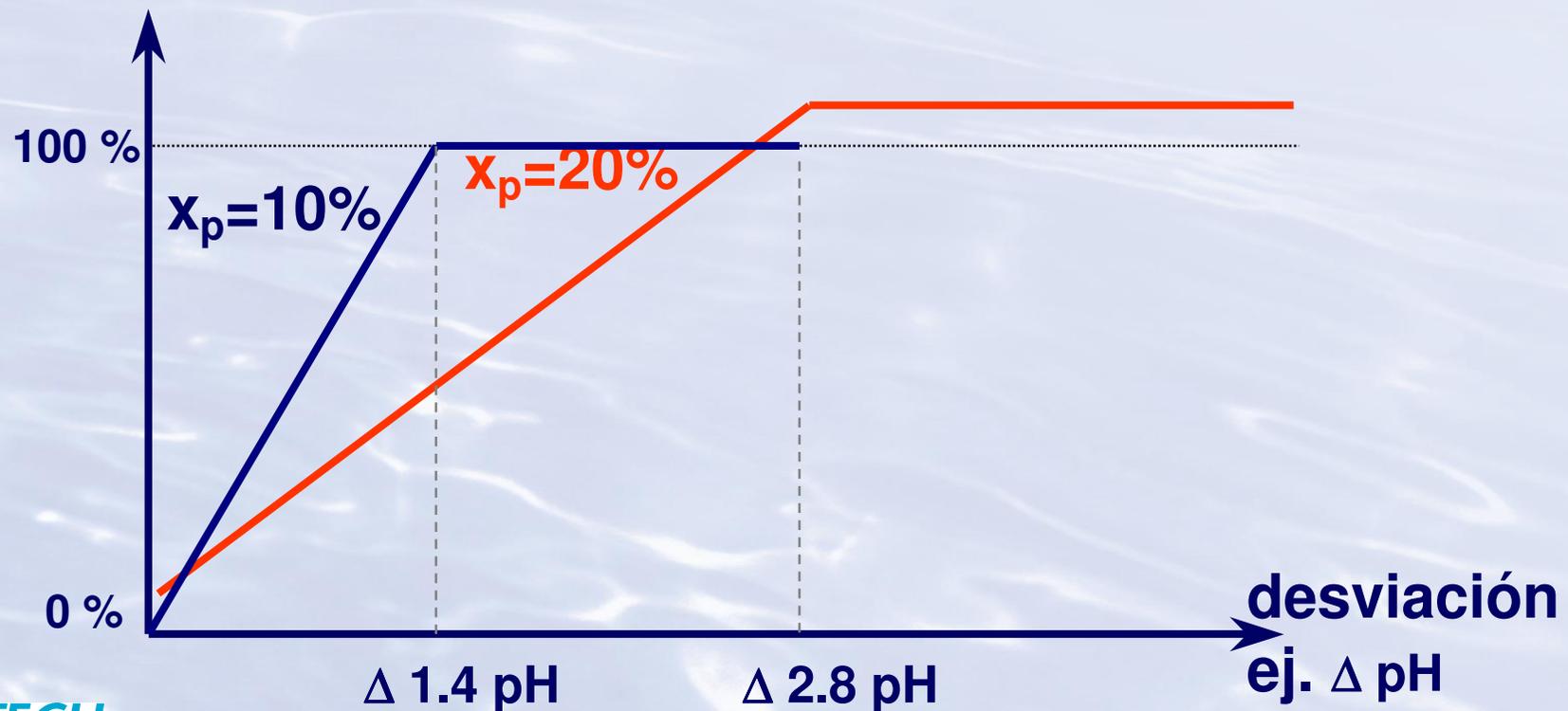


Control Proporcional: Controlador P

- Salida de actuación (capacidad de dosificación) proporcional a la desviación del punto de consigna

- X_p = factor proporcional en porcentaje del rango de medición (ej. pH 14)

ej. Frecuencia de la bomba dosificadora



Control Proporcional + Control Integral:

Controlador PI

- Controlador P: si hay un consumo fijo de agente de dosificación (ej.: el hipoclorito sódico) entonces la salida de actuación equivale al consumo antes de llegar al punto de consigna
- Controlador P dobla la salida de actuación según el control P dentro de un tiempo integral T_i
- El punto de consigna será alcanzado a pesar del consumo fijo de agente de dosificación

Control Proporcional + Integral + Derivativo:

Controlador PID

- Controlador P: si hay un cambio rápido del valor de medición en el punto de consigna, el controlador reaccionará de acuerdo con la primera pequeña desviación con una pequeña salida de actuación
- El controlador PD utiliza la velocidad en el cambio de la desviación para calcular la desviación acordada después del tiempo derivativo T_n
- La salida de actuación calculada es utilizada inmediatamente y permite una rápida reacción en rápidas desviaciones del punto de consigna
- El controlador PID está utilizando los 3 principios de control para optimizar el comportamiento

Visión Futura



Dosificación de Carbón Activo Pulverizado

- Reducción eficaz de cloraminas y THM (Trihalometános)
- Adición mínima de acuerdo a la DIN 19643: 1–3 g/m³ en agitación
- Cuando se utiliza carbón activo pulverizado, la tecnología utilizada tiene que garantizar también un funcionamiento óptimo de floculación
- El control del proceso implica conseguir una penetración del carbón

Desventaja de utilizar Carbón Pulverizado

- La manipulación del carbón pulverizado
- Se incrementa el número de contralavados en el filtro por:
 - Aumento de la suciedad en las capas inferiores del lecho filtrante
 - Se incrementa el consumo de agua fresca
- Dificultades por disponer de agua contaminada en el contralavado, con necesidad de:
 - sedimentación
 - filtros de fangos
 - residuos

Experiencias en la utilización del Ozono

- floculación - filtración - ozonización – filtración por absorción en carbón activo – cloración
 - Practicada desde los años 60
 - Incluida en la Norma Industrial Alemana DIN 19643 del 1984
- floculación - ozonización – filtración multicapa-cloración
 - Standarizado desde 1997
- Existe un "know-how" y experiencia desde más de 30 años en el tratamiento del agua de la piscina y con más de 3000 instalaciones de ozono en todo el mundo

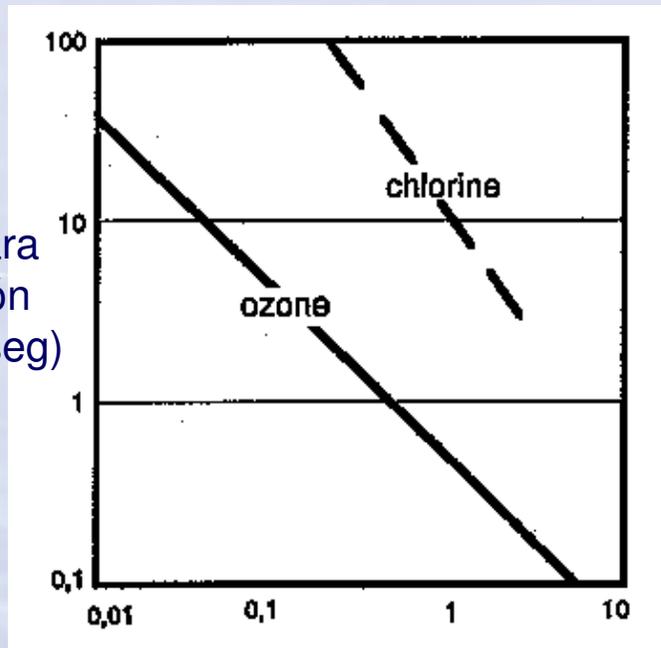
Efecto de Desinfección del Ozono

- Barrera microbiológica en el tanque de reacción
- Seguridad de funcionamiento también en piscinas de hidroterapia

Sontheimer, 1977

Virus

Tiempo para la reducción del 95% (seg)

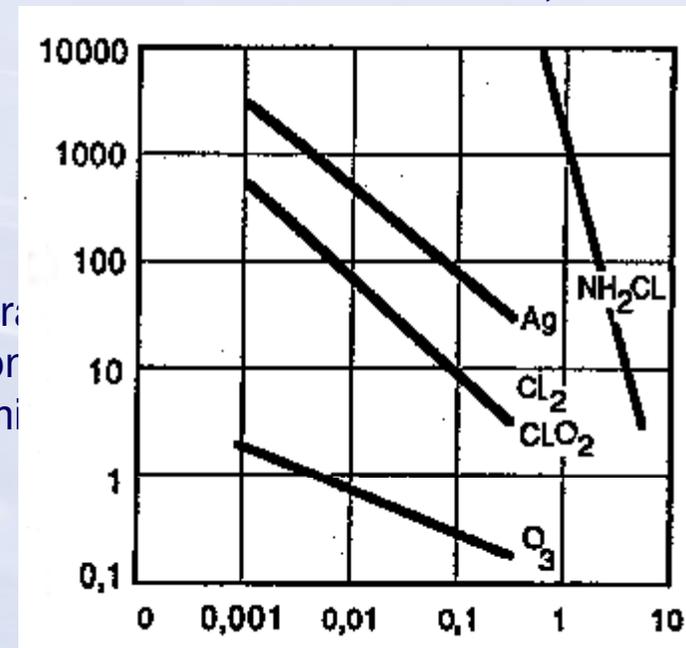


Concentración de Ozono (ppm)

Hübner, 1973

Bacteria E. Coli

Tiempo para la reducción del 99% (min)



Concentración de Ozono (ppm)

Para una desinfección suficiente es necesario mantener una concentración superior a 0.4 ppm durante un tiempo superior a 4 min.

$$CT = 0.4 \times 4 = 1.6$$

(CT = producto de la concentración y el tiempo)

Efecto de Oxidación del Ozono

- El ozono es el oxidante más fuerte utilizado en el tratamiento del agua
- Metales, nitritos y sulfitos son oxidados al instante, el amonio se corroe muy lentamente
 - Descompone de manera completa la mayoría del cloro combinado, isn “mal olor de cloro” con una atmósfera placentera
 - Descomposición de la urea
 - Reducción de los THM’s
 - Reducción del consumo de agua fresca
- Cloraminas, THM’s (Trihalometános) y muchos otros cumpuestos orgánicos se corroen muy lentamente
 - Quedando absorbidos en el carbón activo
 - Con una oxidación muy rápida de las sustancias debido al ozono en la superficie del carbón activo

Efecto de Floculación del Ozono

- Micro floculación
 - Componentes solubles no deseados son floculados y pueden ser filtrados por el filtro de arena
 - Agua clara- cristalina
- El contenido de cloro residual y el regimen de recirculación puede ser reducido según la DIN 19643

Dosis de Ozono requerida en las Piscinas

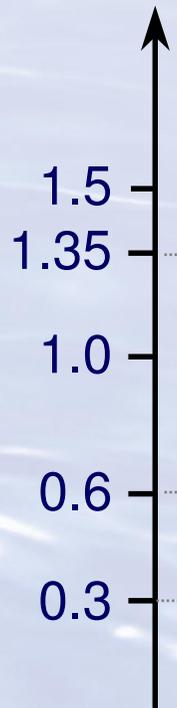
$$m \text{ [g/h]} = Q \text{ [m}^3\text{/h]} \times c \text{ [mg/l]}; \quad Q \text{ [m}^3\text{/h]} = Y \times A \text{ [m}^2\text{]}$$

Adición de Ozono cuadal

Demanda de Ozono caudal

Superficie de la piscina

profundidad [m]



Valores Y

0.44 sin ozono
0.37 con ozono

0.43

1.5
1.35

0.63

0.74 sin ozono
0.62 con ozono

1.0

0.6

1.2

0.77

0.3

0.6
0.6 sin ozono
0.5 con ozono

Detalles:

Demanda de Ozono y temperatura del agua:

<= 28 °C	0.8 mg/l Ozon
>28 <=32 °C	1.0 mg/l Ozon
>32 <= 35 °C	1.2 mg/l Ozon
> 35 °C	1.5 mg/l Ozon

- para piscinas de burbujas, de acuerdo con DIN:

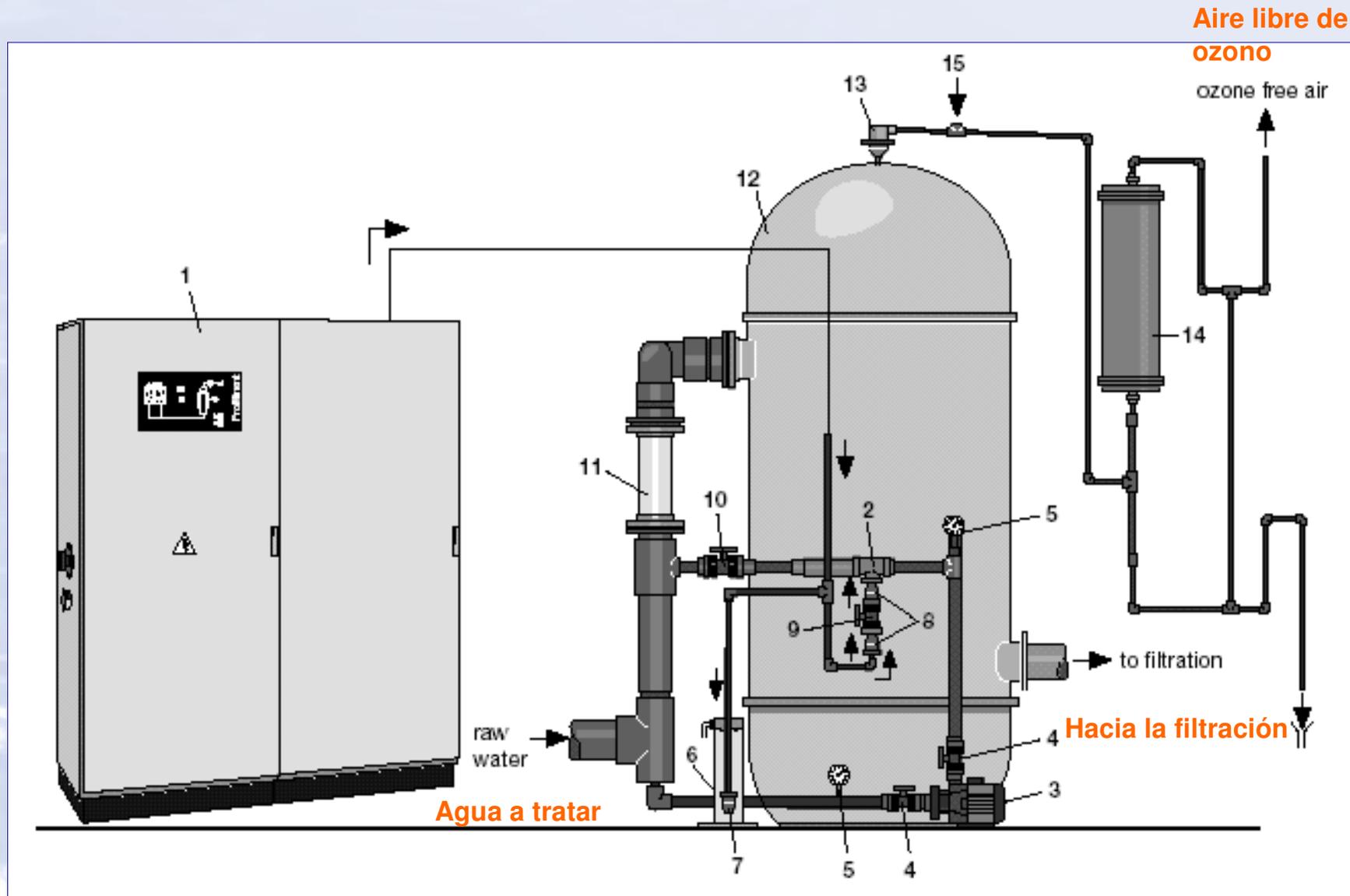
$$Q \text{ [m}^3\text{/h]} = 20 \times V \text{ [m}^3\text{]}$$

- para piscinas de agua caliente y otras, referirse a DIN 19643 o „Bädertechnik“ - Dirk Lindemann Tilsiter Weg 2, 68723 Schwetzingen, phone.: +49(0)6202 -18523

Alemania: DIN 19643

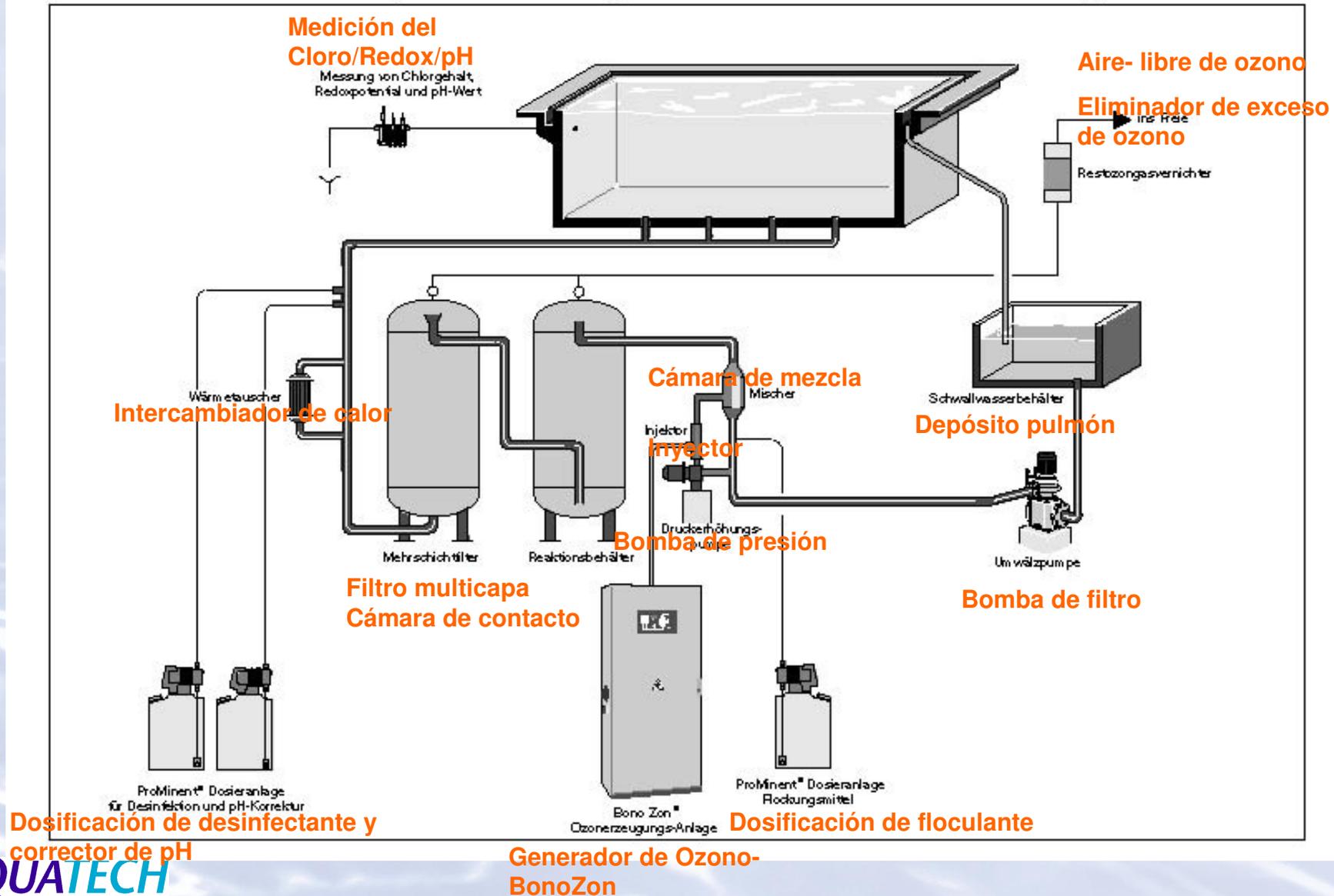
U.K.: PWTAG Grupo de soporte al tratamiento del agua de la piscina

Diseño de un Sistema de Ozono



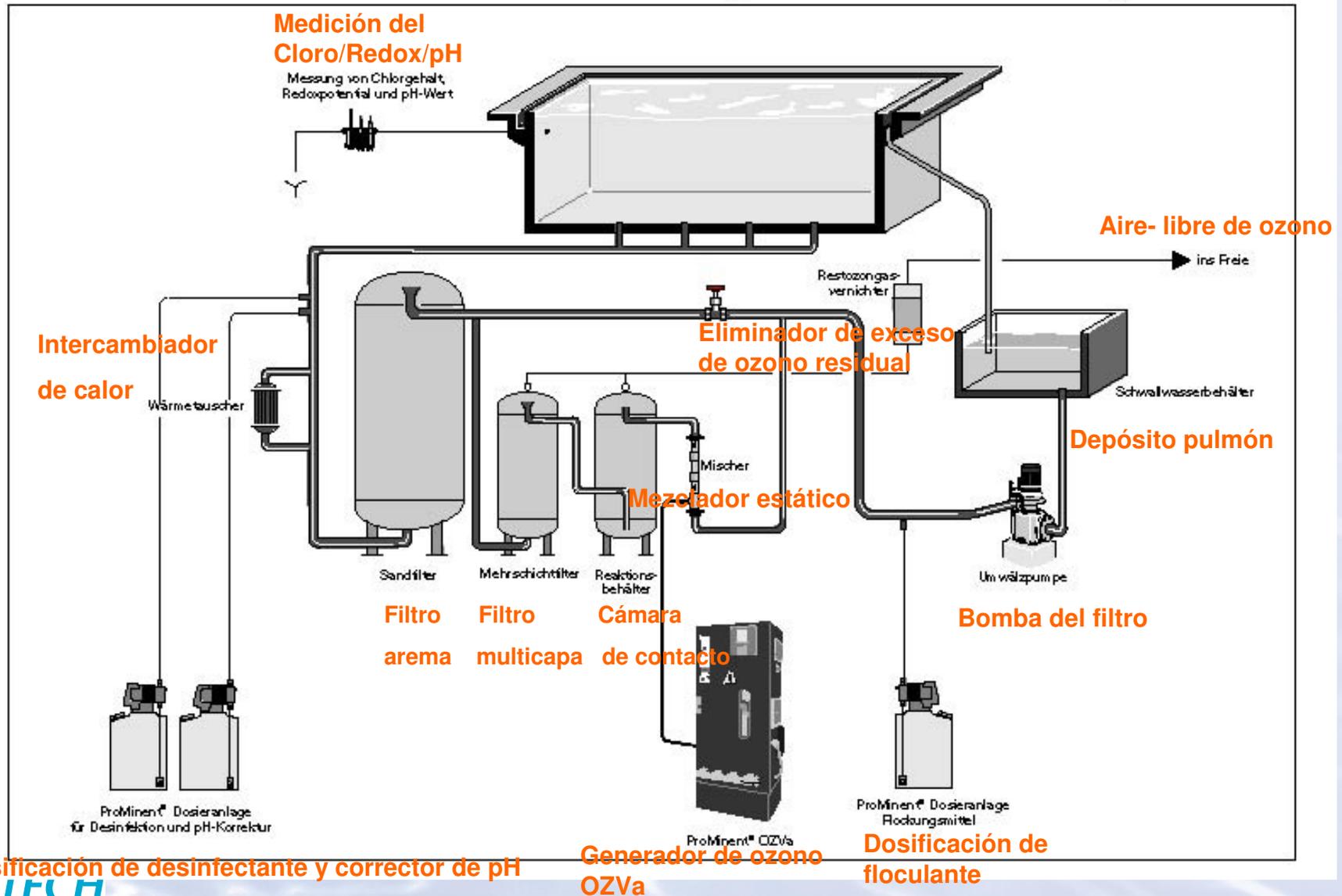
Ozonificación de acuerdo con la DIN 19643-3

Floculación – Ozonificación – Filtración Multicapa - Cloración
Flockung - Ozonisierung - Mehrschichtfiltration - Chlorung



Ozonificación del Caudal Parcial

Schwimmbadwasser - Aufbereitung mit Teilstromozonisierung



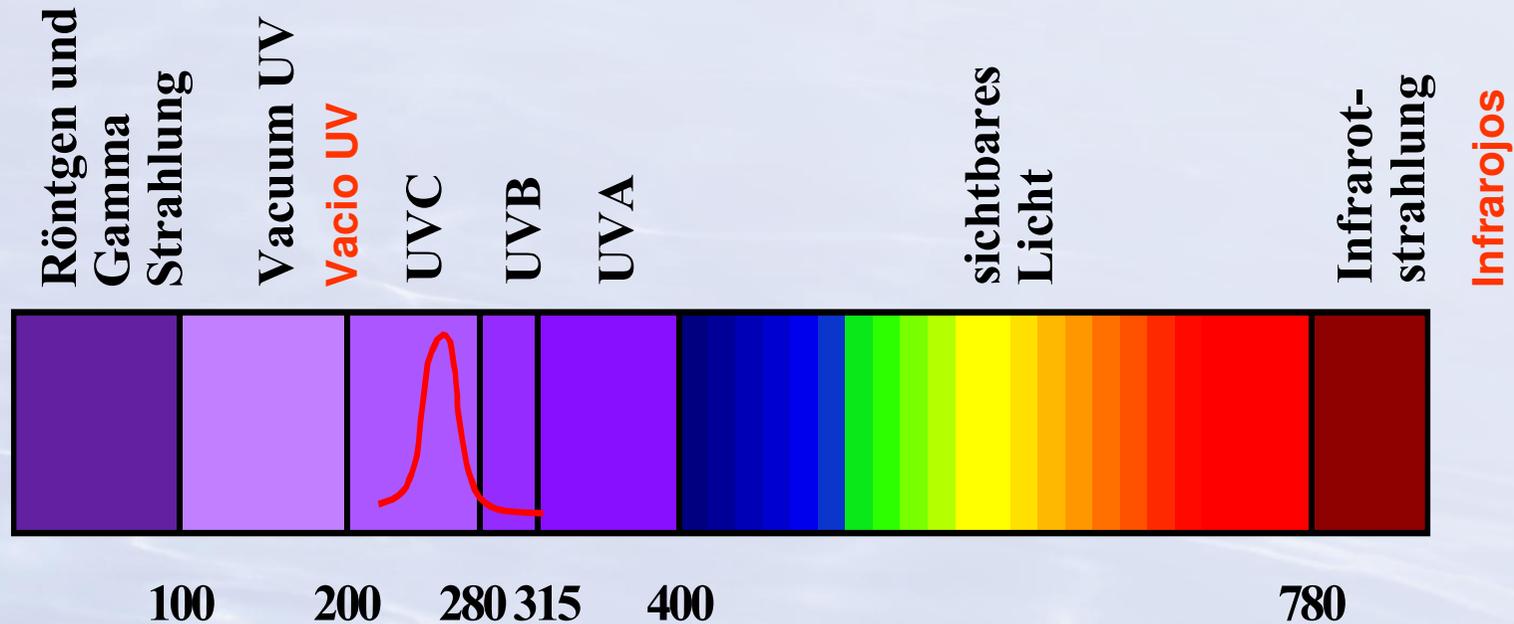
Ozonificación del Caudal Parcial

- Qué porción mínima debería ser tratada?
 - 20-25% de la capacidad de recirculación
- Puede ser descartado el filtro de absorción por carbón activo?
 - no, dado que muchas sustancias nocivas son solo absorbidas y descompuestas por el ozono en la superficie del carbón activo
- Comparación al modo de funcionamiento sin ozono:
 - Reducción del consumo de agua fresca
 - Mejora del valor redox
 - Reducción del cloro combinado
 - Reducción de los THM's (Trihalometános)
- Comparado a la ozonificación del 100% del caudal
 - Reducción de la inversión y costos de funcionamiento
 - Reducción del espacio requerido

Las ventajas de la desinfección por UV

- No hay introducción de productos químicos en el agua
- No hay formación de sustancias no deseadas en el agua
- No hay mal estar por mal olor o mal gusto del agua desinfectada
- No hay almacenamiento o manipulación de reactivos químicos
- Bajo mantenimiento y facilidad en el funcionamiento de los sistemas
- Tecnología segura y sofisticada
- Ventajas económicas en la compra y en el funcionamiento

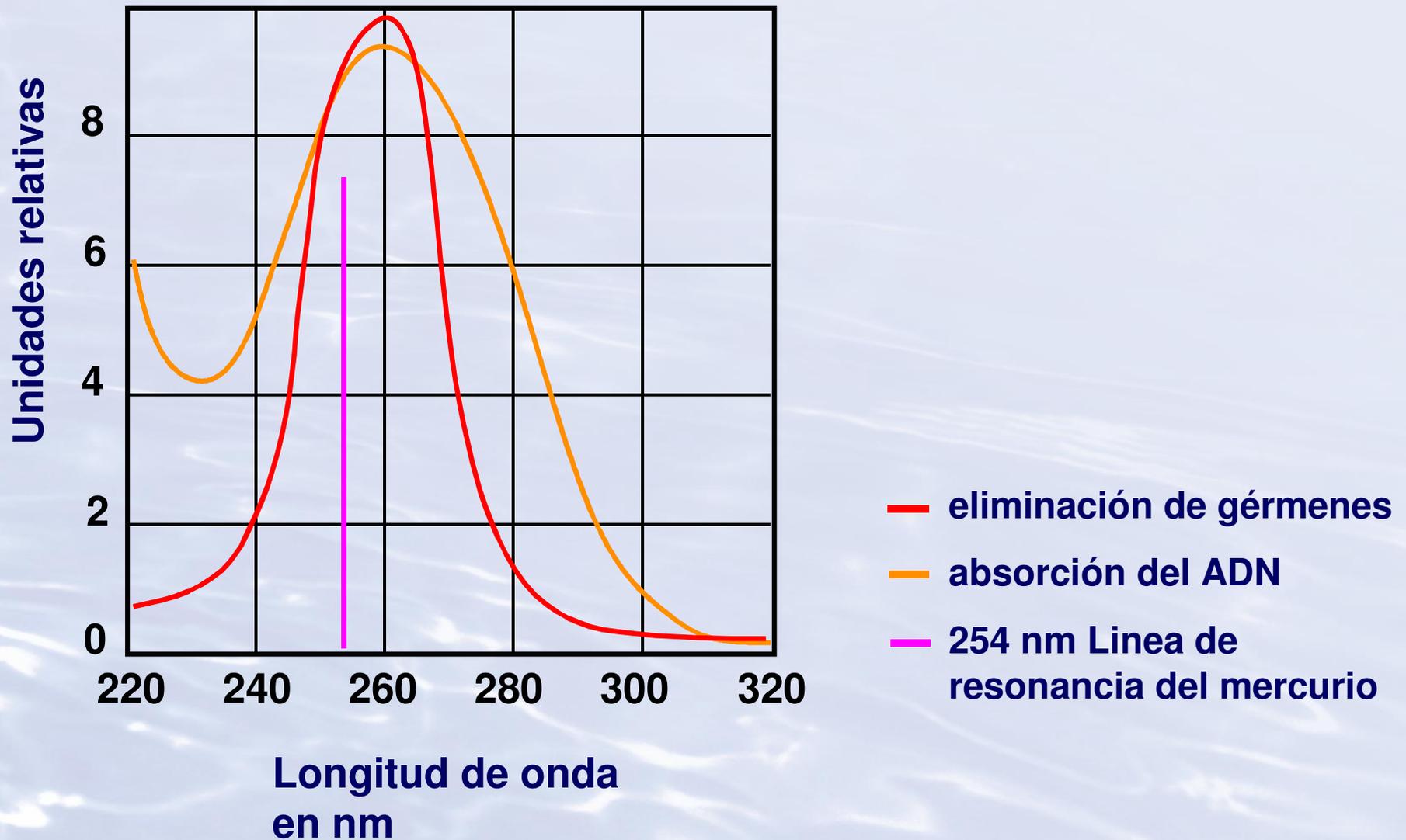
Espectro Electromagnético



Wellenlänge in nm
Longitud de onda en mm

— Abhängigkeit der Keimabtötung von der Wellenlänge

Eliminación de los gérmenes con la Radiación UV

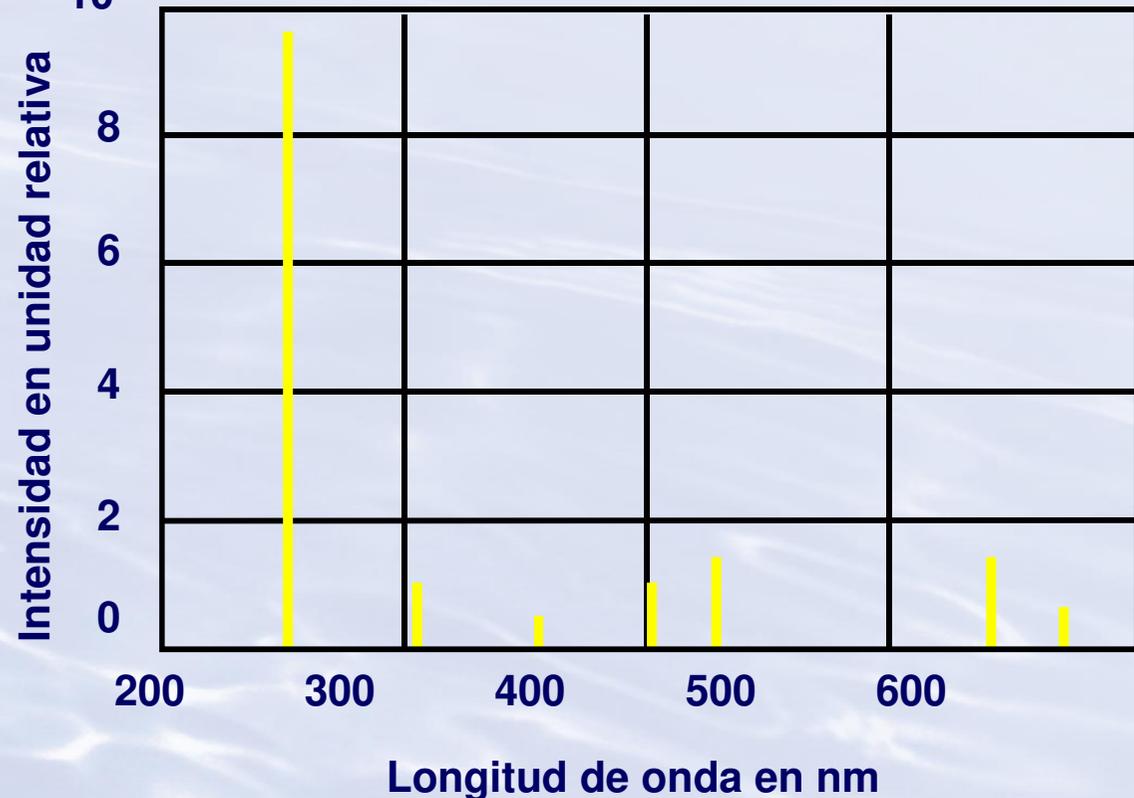


Sistemas de Alto Flujo

- Las lámparas de UV de alto flujo con indio-mercurio, permiten tener una capacidad de UV múltiple por metro de longitud de la lámpara, comparado con las lámparas standard
 - Ventaja: diseño compacto, menos lámparas por unidad de volumen de caudal de agua
- La capacidad es muy independiente de la temperatura del agua
 - Ventaja: desinfección segura tanto en agua fría o caliente
- Funcionamiento de las lámparas a través de las cajas de ignición de alta capacidad, en vez de un arrancador en los equipos convencionales
 - Ventaja: ignición segura de la lámpara UV
 - Separación de la lámpara UV y la unidad de control

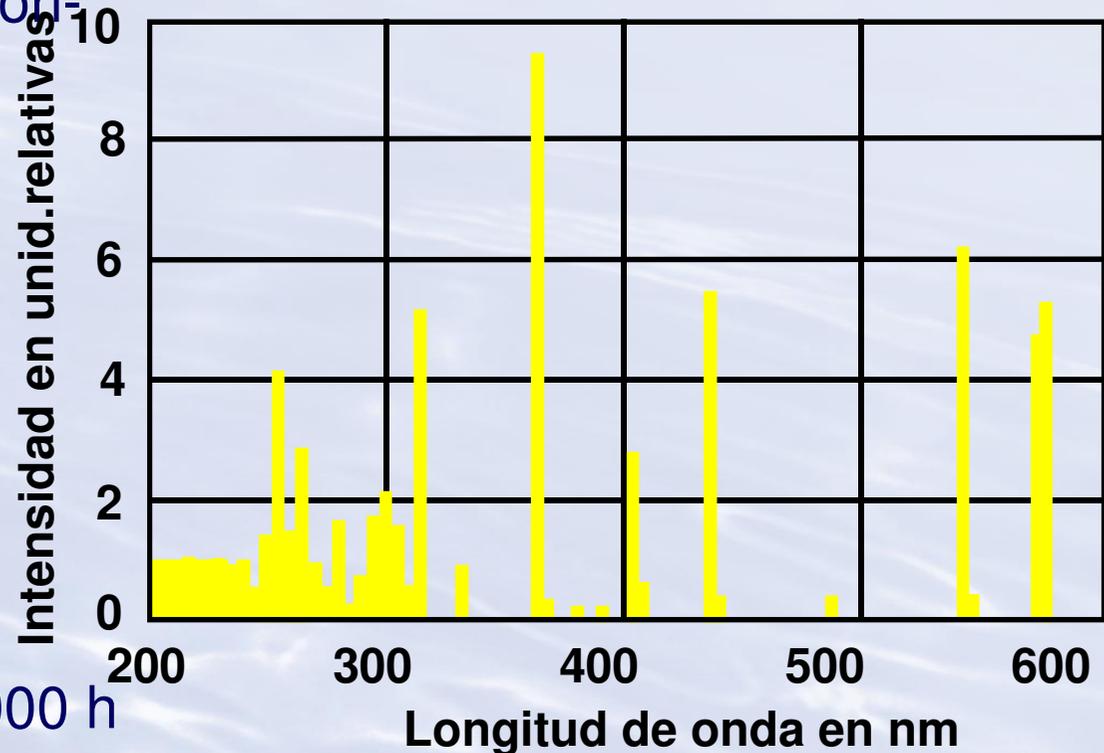
Espectro de Lámparas de Baja Presión de Alto Flujo

- Potencia: approx. 200 W por arco métrico longitudinal
- Temperatura de funcionamiento: 20 -150 °C
- Rendimiento de desinfección η_{10} – radiación relevante a 254 nm: 35%
- No hay emisión por debajo de 254 nm
- Tiempo de vida approx. 10.000 h



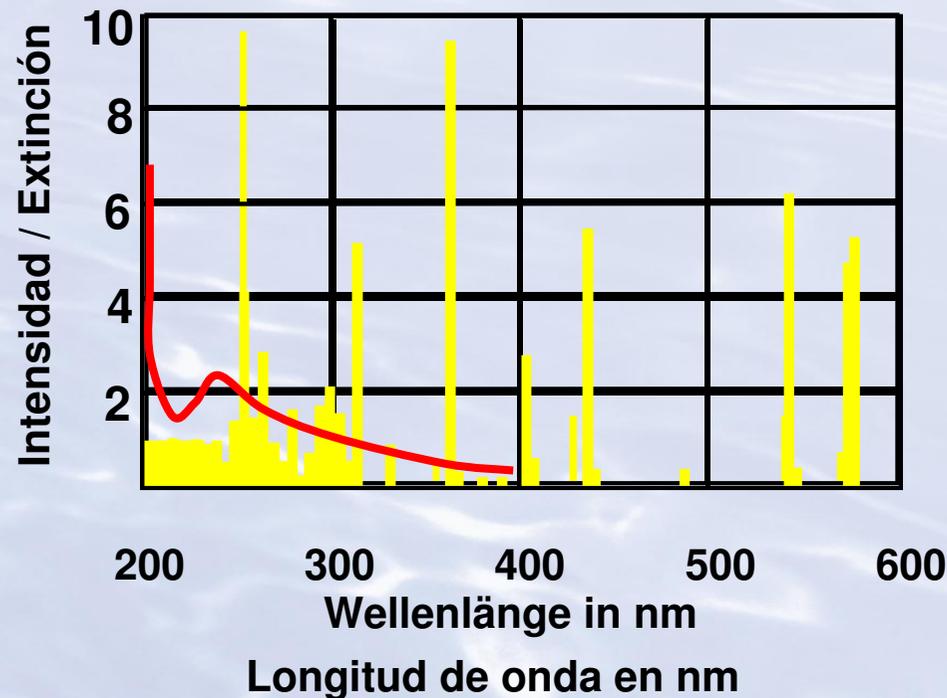
Espectro de la Línea de Potencia con Lámparas de Media Presión

- Potencia: 2000 – 10000 W por arco métrico longitudinal
- Presión de vapor del Mercurio de 1 bar
- Temperatura de funcionamiento 650 - 850 °C
- Rendimiento de desinfección radiación relevante a 254 nm: 17%
- Debido a tener emisión por debajo de 254 nm, es óptimo para el proceso de oxidación fotoquímica
- Tiempo de vida approx. 8000 h



Descomposición de las Cloraminas por Radiación UV

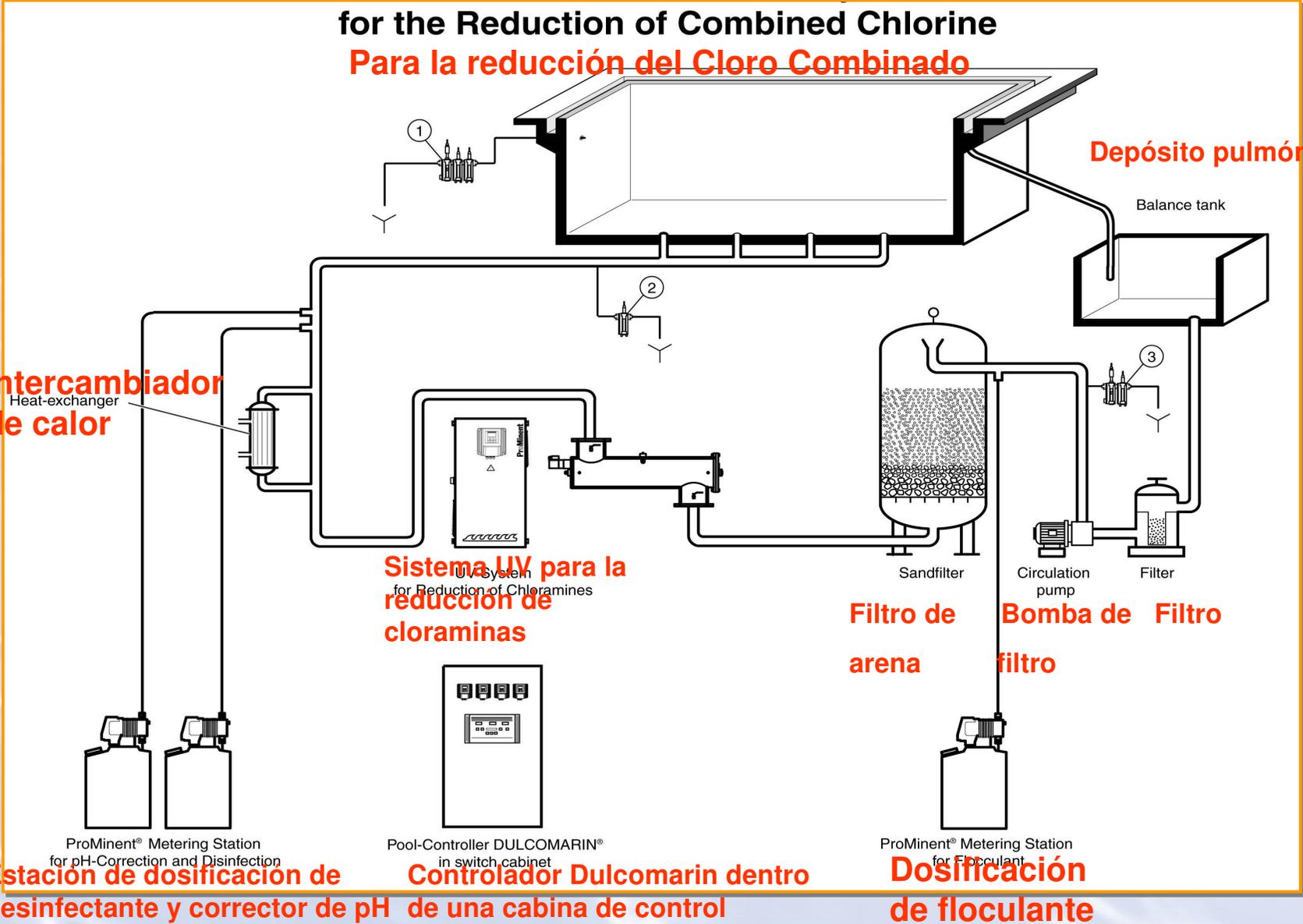
- Lámparas de UV de baja presión: no hay emisión entre 200 y 250 nm
- Máxima absorción de las cloraminas: entre 200 y 250 nm
- Las lámparas de media presión del tipo de alta potencia con emisión entre 200 - 250 nm y una alta dosis de radiación son más apropiados



Objetivos a conseguir con el uso del UV

- Reducción de cloraminas a valores inferiores a 0.2 ppm
- El valor redox permanece constante
- La oxidabilidad permanece constante
- Baja inversión y pocos costes de operación
- Se requiere de poco espacio
- Instalación simple
- Trabajo limitado en cuanto a mantenimiento

Ejemplo de Instalación



Ejemplos de Instalación

- Dulcodes Powerline 6 kW en una piscina cubierta



- Dulcodes Powerline 2 kW, colocado bajo ciertas condiciones adversas debido a la localización y falta de espacio



Comparativa de Métodos

Método	Costes		Efectos sobre	
	adquisición	mantenimiento	cloraminas	THM
Carbón Activo Pulverizado	bajo	alto	si	si
Ozono	alto	bajo	si	si
UV	medio	bajo	si	no