



III Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

MASTERCLASS 17



“Desinfección de aguas depuradas mediante generación in situ de ácido hipocloroso.”

Ana Isabel Tena

Jefa de Explotación Depuración en Facsa



Ciclo de 20
MasterClass
AGUASRESIDUALES.INFO

Jueves

13 NOVIEMBRE

16:30h. España

Índice

1. Antecedentes.
2. Descripción de la EDAR Vilafranca (Castellón).
3. Estudio de desinfección con ácido hipocloroso.
4. Impacto del ácido hipocloroso en la decoloración del agua industrial.
5. Efecto del poder coagulante del catholyte.
6. Conclusiones

1. ANTECEDENTES



VILAFRANCA



2019- Nueva Autorización de Vertido (CHJ)

Vertido 1: vertido de la EDAR (tratamiento completo)

La composición de las aguas del efluente residual que se autoriza a verter en este punto, no deberá en ningún caso superar los valores límite de emisión (VLE) que se fijan en la tabla siguiente:

Tabla 7. Valores límites de emisión del punto de vertido a Barranco de las Cuevas del Forcal.

PARÁMETRO	UNIDAD	VLE
DBO5	mg O ₂ /L	25
DQO	mg O ₂ /L	125
Escherichia coli	UFC/100 mL	1.800
Sólidos en suspensión	mg/L	35
Nitratos	mg NO ₃ /L	50

El vertido estará exento de sólidos gruesos, arenas y materias flotantes. Además, deberán cumplirse las normas de calidad ambiental del medio receptor.

Nueva AV con parámetros microbiológicos (<1.800UFC/100ml de E. Coli).

Se inicia la desinfección con hipoclorito de sodio 150g/L.

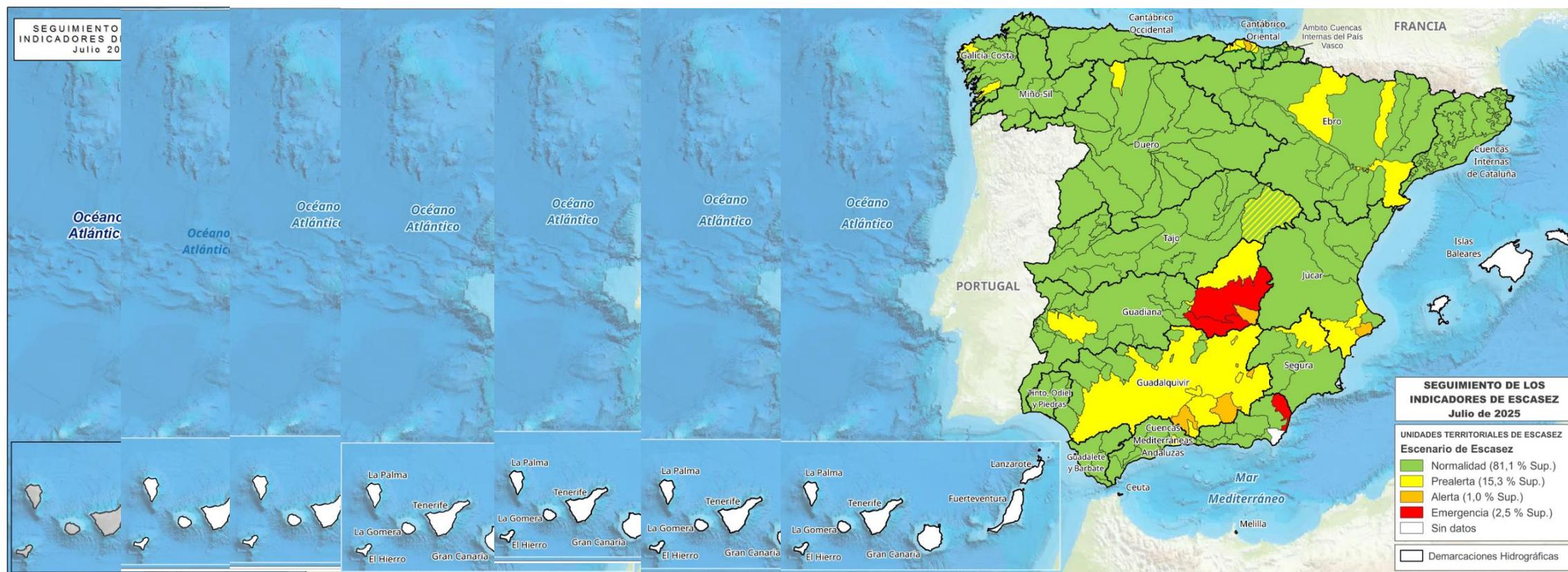
2.1 Clasificación de la sustancia acorde Reglamento (EC) 1272/2008 (CLP/GHS) y sus modificaciones:

Clasificación	Indicación de peligro
Corrosivo metales; categoría 1 Corrosión cutánea; categoría 1B Lesiones oculares; categoría 1 Peligro acuático agudo; categoría 1 Factor M=10 Peligro acuático crónico; categoría 2	H290: Puede ser corrosivo para los metales H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares H318: Provoca lesiones oculares graves H400: Muy tóxico para la vida acuática H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos 10



Nivel nacional:

-2017-2021 (escasez hídrica)



Nivel global:



Sequía en la cuenca del Amazonas:

- Propagación incendios forestales
- Pérdida de cultivos
- Problemas de salud a la población
- Escasez de alimentos
- Escasez de agua potable
- **Éxodo poblacional**

CAMBIO CLIMÁTICO /

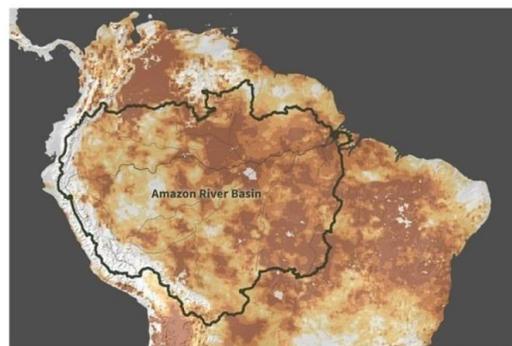
Sequía global: la ONU advierte de daños humanos y económicos sin precedentes entre 2023 y 2025

El cambio climático y la sobreexplotación de recursos están detrás de algunos de los episodios de sequía más destructivos de la historia reciente, según un informe internacional que documenta impactos críticos en todos los continentes.



Sequía global: la ONU advierte de daños humanos y económicos sin precedentes entre 2023 y 2025 | Sinc

El calentamiento global es más responsable que El Niño de la actual sequía récord en el Amazonas



El retrato global de la sequía aporta datos de una emergencia planetaria «sin precedentes»

Publicado por: Redacción EFEverde 1 diciembre, 2023

Día Mundial de los Humedales
 Lagunas sin peces y reservas al límite, la sequía asfixia a los humedales: "Es una situación insólita"

- ▶ Cataluña ha comenzado a tomar medidas contra la sequía y Andalucía se lo plantea
- ▶ El Inventario Español de Zonas Húmedas deja fuera a 8 de cada 10, según FGN



Legislación europea en materia de reutilización del agua

REGLAMENTO (UE) 2020/741 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
de 25 de mayo de 2020

relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua

(Texto pertinente a efectos del EEE)

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, y en particular su artículo 192, apartado 1,

Vista la propuesta de la Comisión Europea,

Previa transmisión del proyecto de acto legislativo a los Parlamentos nacionales,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo (1),

Visto el dictamen del Comité de las Regiones (2),

De conformidad con el procedimiento legislativo ordinario (3),

Considerando lo siguiente:

- (1) Los recursos hídricos de la Unión se encuentran bajo una presión cada vez mayor, lo cual da lugar a problemas de escasez de agua y a un deterioro de su calidad. En particular, el cambio climático, las pautas meteorológicas impredecibles y las sequías están contribuyendo significativamente a la presión sobre la disponibilidad de agua dulce, derivadas del desarrollo urbano y la agricultura.
- (2) La capacidad de la Unión para responder a las presiones crecientes sobre los recursos hídricos podría mejorar mediante una mayor reutilización de las aguas depuradas, limitando la extracción de las masas de agua superficiales y de las masas de aguas subterráneas, reduciendo el impacto de los vertidos de aguas depuradas en las masas de agua y fomentando el ahorro de agua a través de los usos múltiples de las aguas residuales urbanas, garantizando al mismo tiempo un nivel elevado de protección del medio ambiente. La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (4) menciona la reutilización del agua —en combinación con el fomento de la utilización de tecnologías eficientes en el uso del agua en la industria y las técnicas de riego que permiten el ahorro de agua— como una de las medidas complementarias que los Estados miembros pueden optar por aplicar para alcanzar los objetivos de buen estado cualitativo y cuantitativo de las masas de aguas superficiales y de las masas de aguas subterráneas establecidos en dicha Directiva. La Directiva 91/271/CEE del Consejo (5) exige que las aguas depuradas se reúnicen cuando proceda.
- (3) La comunicación de la Comisión de 14 de noviembre de 2012 «Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa» hace hincapié en la necesidad de crear un instrumento que regule las normas a escala de la Unión para la reutilización del agua, con el fin de eliminar los obstáculos a un uso generalizado de esta opción alternativa de suministro de agua, concretamente uno que pueda ayudar a paliar la escasez de agua y a reducir la vulnerabilidad de los sistemas de suministro.
- (4) La comunicación de la Comisión de 18 de julio de 2007 «Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea» establece la jerarquía de medidas que los Estados miembros deberían tener en cuenta en la gestión de los problemas de escasez de agua y de sequía. Señala que en las regiones en las que se hayan aplicado todas las medidas preventivas respetando la jerarquización del agua y donde la demanda de agua siga siendo superior a la disponibilidad, las infraestructuras adicionales de suministro de agua pueden utilizarse como planteamiento alternativo, en algunas circunstancias, y teniendo debidamente en cuenta la relación coste-beneficio, para paliar las consecuencias de una sequía grave.

(1) DO C 110 de 22.3.2019, p. 94.

(2) DO C 86 de 7.3.2019, p. 353.

(3) Posición del Parlamento Europeo de 12 de febrero de 2019 (pendiente de publicación en el Diario Oficial) y posición del Consejo en primera lectura de 7 de abril de 2020 (DO C 147 de 4.5.2020, p. 1). Posición del Parlamento Europeo de 13 de mayo de 2020 (pendiente de publicación en el Diario Oficial).

(4) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DO L 327 de 22.12.2000, p. 1).

(5) Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (DO L 135 de 30.5.1991, p. 40).

** Reglamento (UE) 2020/741 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua.



Cuadro 4 — Controles de validación de las aguas regeneradas para el riego agrícola

Clase de calidad de las aguas regeneradas	Microorganismos indicadores (*)	Objetivos de rendimiento de la cadena de tratamiento (reducción de log ₁₀)
Clase de reg	<i>E. coli</i>	≥ 5,0
	Colifagos totales/colifagos F-específicos/colifagos somáticos/colifagos (**)	≥ 6,0
	Esporas de <i>Clostridium perfringens</i> /bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato (***)	≥ 4,0 (en caso de esporas de <i>Clostridium perfringens</i>) ≥ 5,0 (en caso de bacterias formadoras de esporas reductoras de sulfato)

Instalación de un generador de ácido hipocloroso in situ en EDAR Vilafranca



Inocuo para el medio ambiente



Inocuo para las personas



No corrosivo



Viable económicamente en pequeñas EDAR



mutagénicos

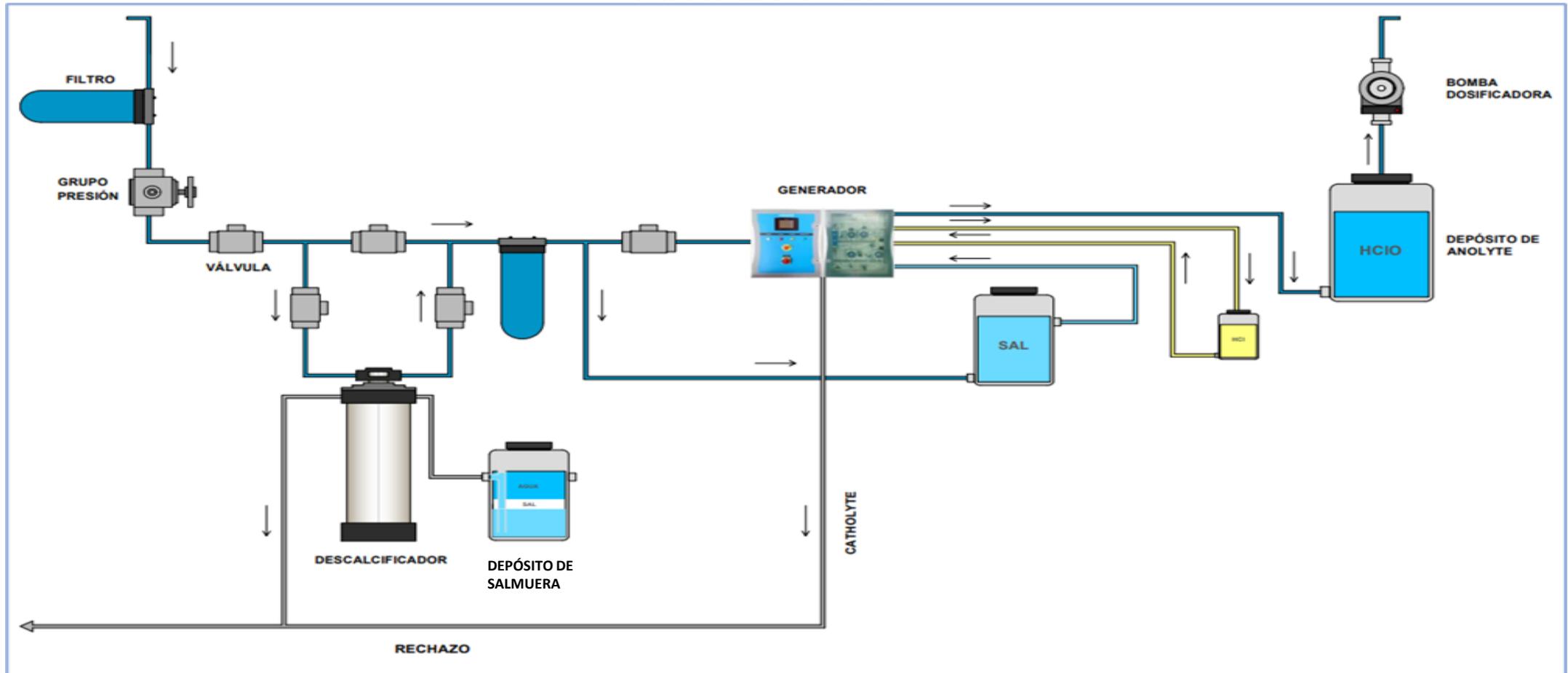


carcinógenos

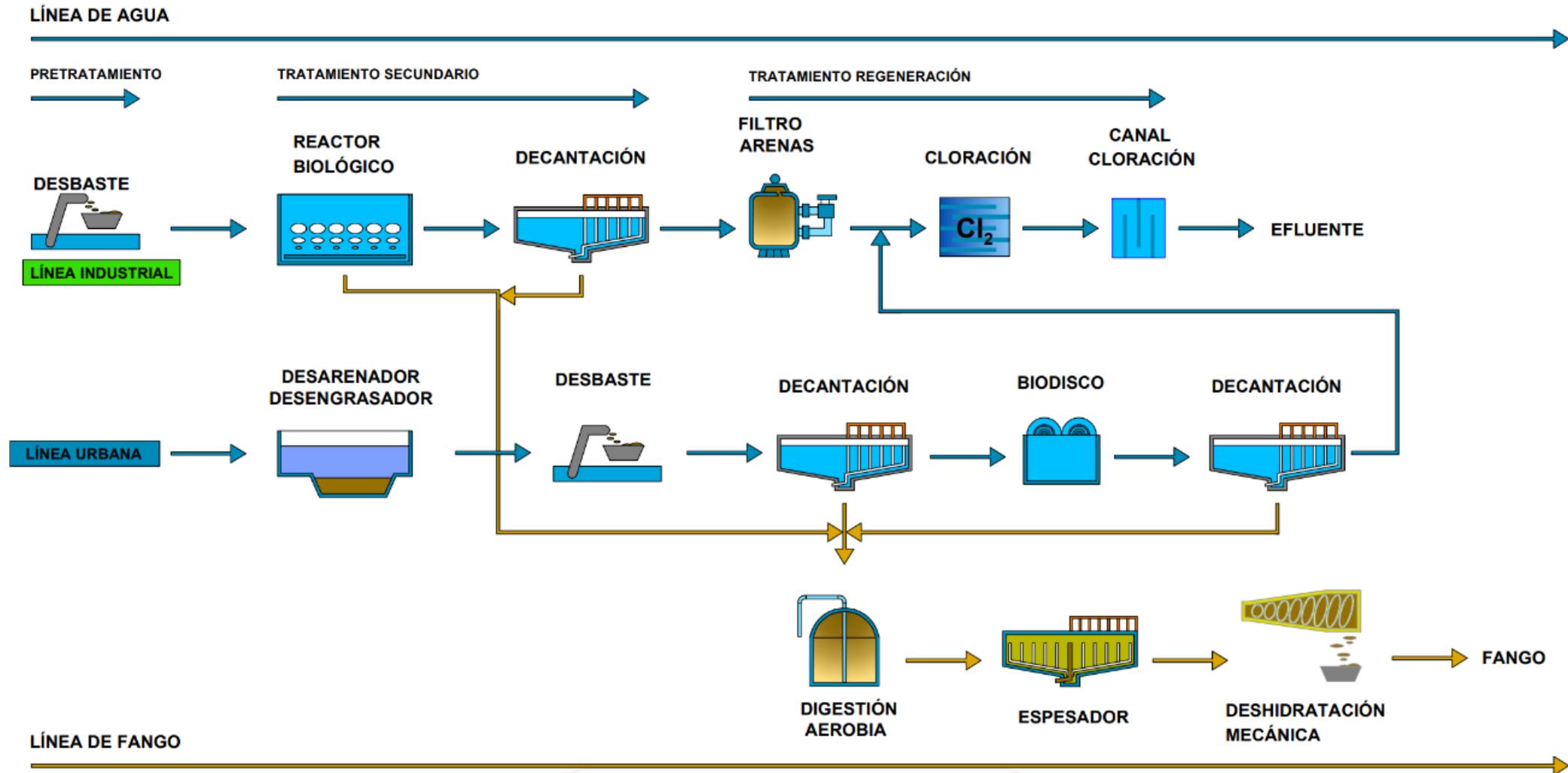
Subproductos de la desinfección

Esquema instalación de desinfección_EDAR Vilafranca

AMI 250-1K



2. DESCRIPCIÓN EDAR VILAFRANCA



ESTUDIO AQUACTIVA AMI-250 EN EDAR VILAFRANCA										
SEMANA	LINEA	REACTIVO	CON FILTRACIÓN / SIN FILTRACIÓN	PRUEBAS EN GRG AGITADO	PRUEBAS EN EDAR VILAFRANCA	VARIABLES DE OPERACIÓN	VARIABLES CONTROL PROCESO DE DESINFECCIÓN EN EDAR VILAFRANCA	ANALÍTICAS INTERNAS HASTA DOSIS ÓPTIMA DE ANOLYTE (PRUEBAS EN GRG)	ANALÍTICAS INTERNAS CON DOSIS ÓPTIMA DE ANOLYTE (EDAR VILAFRANCA)	ANALÍTICAS SEMANALES EXTERNAS CON LA DOSIS ÓPTIMA EN EDAR VILAFRANCA (azul requisitos Calidad A. Subgrupos validación calidad A) En verde otros parámetros de control
43										
Puesta en marcha instalación										
44	Línea urbana (decantación primaria, biodiscos y decantación secundaria)	Anolyte	Sin filtración DynaSand	Los cálculos para definir las concentraciones óptimas de reactivos se realizarán en GRG con los siguientes TRH : 0,5 min, 1min, 3 min, 15 min.	Con las concentraciones inicialmente definidas con GRG, se realizarán las pruebas en la EDAR con los TRH definidos (salida arqueta dosificación, arqueta intermedia, entrada canal cloración, salida canal cloración)	Concentración Anolyte. El fabricante recomienda inicialmente 2ppm, se modificará en función de los resultados hasta llegar al óptimo.	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de anolyte se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Influyente integrado: E coli + coliformes totales Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	1. MICROBIOLOGIA: E.coli, Legionella sp., huevos de helmintos 2. FISICO-QUÍMICOS: SS totales, DBO ₅ , turbidez, absorbancia 3. SUBPRODUCTOS: cloratos, percloratos y trihalometanos
44		Hipoclorito	Sin filtración DynaSand			Concentración NaClO	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez.	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de hipoclorito se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	
45		Anolyte	Con filtración DynaSand			Concentración Anolyte.	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de anolyte se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	1. MICROBIOLOGIA: E.coli, Legionella sp., huevos de helmintos 2. FISICO-QUÍMICOS: SS totales, DBO ₅ , turbidez, absorbancia
		Coagulante previa al filtrado (rechazo Aquactiv) + Anolyte	Con filtración DynaSand			Concentración Anolyte + concentración coagulante	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de anolyte se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	1. MICROBIOLOGIA: E.coli, Legionella sp., huevos de helmintos 2. FISICO-QUÍMICOS: SS totales, DBO ₅ , turbidez, absorbancia 3. SUBPRODUCTOS: cloratos, percloratos y trihalometanos
45		Hipoclorito	Con filtración DynaSand			Concentración NaClO	Diferencial ORP, pH, caudal salida, turbidez	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de hipoclorito se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	
46		Anolyte	Sin filtración DynaSand			Concentración anolyte. (partiendo de la dosis recomendada inicialmente por aquactiva, 10ppm, hasta conseguir validación)	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: se realizarán las analíticas necesarias hasta conseguir validación.	Influyente integrado: E coli + coliformes totales Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4 (salida arqueta dosificación, arqueta intermedia, entrada canal de cloración, salida canal de cloración)	1. MICROBIOLOGIA INFLUYENTE Y EFLUYENTE: E.coli, coliformes totales, clostridium perfringens 2. SUBPRODUCTOS: cloratos, percloratos y trihalometanos

SEMANA	LINEA	REACTIVO	CON FILTRACIÓN /SIN FILTRACIÓN	PRUEBAS EN GRG AGITADO	PRUEBAS EN EDAR VILAFRANCA	VARIABLES DE OPERACIÓN	VARIABLES CONTROL PROCESO DE DESINFECCIÓN EN EDAR VILAFRANCA	ANALÍTICAS INTERNAS HASTA DOSIS ÓPTIMA DE ANOLYTE (PRUEBAS EN GRG)	ANALÍTICAS INTERNAS CON DÓSIIS ÓPTIMA DE ANOLYTE (EDAR VILAFRANCA)	ANALÍTICAS SEMANALES EXTERNAS CON LA DOSIS ÓPTIMA EN EDAR VILAFRANCA (azul requisitos Calidad A. Subrayado validación calidad A) En verde otros parámetros de control
47	Línea industrial (fangos activos y decantación secundaria)	Anolyte	Sin filtración DynaSand			Concentración Anolyte. El fabricante recomienda inicialmente 2ppm, se modificará en función de los resultados hasta llegar al óptimo.	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de anolyte se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Influente integrado: E coli + coliformes totales Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	1. MICROBIOLOGIA: <u>E.coli</u> , Legionella sp, huevos de helmintos 2. FISICO-QUÍMICOS: SS totales, DBO ₅ , turbidez, <u>absorbancia</u> 3. SUBPRODUCTOS: cloratos, percloratos y trihalometanos
47		Hipoclorito	Sin filtración DynaSand			Concentración NaClO	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez.	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de hipoclorito se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	
48		Anolyte	Con filtración DynaSand	Los cálculos para definir las concentraciones óptimas de reactivos se realizarán en GRG con los siguientes TRH : 0,5 min, 1min, 3 min, 15 min.	Con las concentraciones inicialmente definidas con GRG, se realizarán las pruebas en la EDAR con los TRH definidos (salida arqueta dosificación, arqueta intermedia, entrada canal cloración, salida canal cloración)	Concentración Anolyte.	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de anolyte se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	1. MICROBIOLOGIA: <u>E.coli</u> , Legionella sp, huevos de helmintos 2. FISICO-QUÍMICOS: SS totales, DBO ₅ , turbidez, <u>absorbancia</u>
		Coagulante previa al filtrado (rechazo Aquactiv) + Anolyte	Con filtración DynaSand	Concentración Anolyte + concentración coagulante		Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de anolyte se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	1. MICROBIOLOGIA: <u>E.coli</u> , Legionella sp, huevos de helmintos 2. FISICO-QUÍMICOS: SS totales, DBO ₅ , turbidez, <u>absorbancia</u> 3. SUBPRODUCTOS: cloratos, percloratos y trihalometanos	
48		Hipoclorito	Con filtración DynaSand			Concentración NaClO	Diferencial ORP, pH, caudal salida, turbidez	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: para cada concentración de hipoclorito se realizarán 4 analíticas (una por cada TRH)	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras: 4, una por cada TRH	
49	Anolyte	Sin filtración DynaSand	Los cálculos para definir el TRH mínimo para conseguir la validación, se realizarán en GRG		Concentración anolyte. (partiendo de la dosis recomendada inicialmente por aquactiva, 10ppm, hasta conseguir validación)	Caudal salida, diferencial ORP, pH, turbidez, consumo energético, consumo agua potable, dosis sal Anolyte, dosis sal descalcificador, caudal rechazo del Aquactiva	Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº muestras: se realizarán las analíticas necesarias hasta conseguir validación.	Influente integrado: E coli + coliformes totales Efluente desinfectado: E coli + coliformes totales Nº de muestras, 4 (salida arqueta dosificación, arqueta intermedia, entrada canal de cloración, salida canal de cloración)	1. MICROBIOLOGIA INFLUENTE Y EFLENTE: <u>E.coli</u> , coliformes totales, <u>clostridium perfringens</u> 2. SUBPRODUCTOS: cloratos, percloratos y trihalometanos	

VARIABLES DE TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN/DESINFECCIÓN	VARIABLES DE OPERACIÓN	VARIABLES DE CONTROL DEL PROCESO DE DESINFECCIÓN
LINEA DE TRATAMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> • Urbana • Industrial • 50% Urbana+ 50% Industrial 	CONCENTRACIÓN DE REACTIVO PARA CONSEGUIR AGUA REGENERADA CALIDAD A/B <ul style="list-style-type: none"> • Anolyte • Hipoclorito de sodio 150g/L 	CAUDAL DE SALIDA (caudalímetro)
REACTIVO DESINFECTANTE: <ul style="list-style-type: none"> • Anolyte • Hipoclorito de sodio 150g/L 	CONCENTRACIÓN DE REACTIVO PARA LA VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Anolyte • Hipoclorito de sodio 150g/L 	DIFERENCIAL RED-OX: <ul style="list-style-type: none"> • Arqueta intermedia (pre-desinfección) • Arqueta final (tras CC)
FILTRACIÓN DEL EFLUENTE: <ul style="list-style-type: none"> • Filtración DynaSand (filtro de arenas) • Sin Filtración DynaSand 		pH <ul style="list-style-type: none"> • Del efluente desinfectado • Del propio reactivo desinfectante
		CONSUMO DE SAL
		CONSUMO DE AGUA POTABLE
		CAUDAL DE RECHAZO (CATHOLYTE)
		RESULTADOS ANALÍTICOS

3. ESTUDIO DESINFECCIÓN CON ÁCIDO HIPOCLOROSO

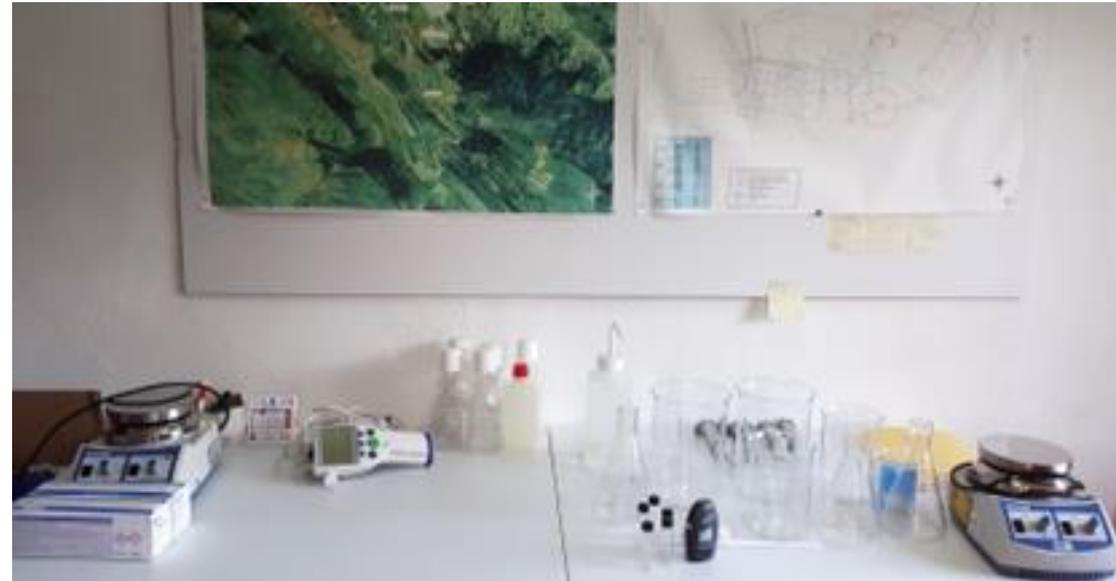
3.1. Definición de **dosis óptima** para el cumplimiento de los criterios de **calidad** fijados en la legislación (Clase calidad A/B/C/D; uso agrícola).

3.2. Definición de dosis óptima para la **validación de las instalaciones de regeneración de aguas**.

3.3. Comparativa con el hipoclorito de sodio en cuanto a la generación de **subproductos de la desinfección (SPD)**.

3.1. Definición de la dosis óptima

a) Escala laboratorio



Variable		Unidades
TRH (tiempo de retención hidráulico)	0,5 / 1 / 3 y 15	Minutos
Redox	Todas las muestras	mV
Conductividad	Todas las muestras	$\mu\text{S/cm}$
pH	4,5 / 6 y 7	Unidades de pH
Concentración de hipoclorito de sodio 150 g/L	2 / 3 / 4 / 5 y 7	ppm de cloro activo
Concentración de ácido hipocloroso 1.000 ppm	2 / 3 / 4 / 5 y 7	ppm de cloro activo

3.1. Definición de la dosis óptima

a) Escala laboratorio

LÍNEA URBANA					
DOSIS CLORO ACTIVO	MUESTRA CONTROL (efluente sin desinfectar)	TRH: 0,5 min	TRH: 1 min	TRH: 3 min	TRH: 15 min
	Promedio UFC/100ml	Promedio UFC/100ml	Promedio UFC/100ml	Promedio UFC/100ml	Promedio UFC/100ml
Anolyte 2 ppm	900.000	460.000	420.000	37.0000	32.000
Anolyte 3 ppm		320.000	260.000	63.000	310
Anolyte 5 ppm		100.000	27.000	670	1
Hipoclorito 2 ppm	1.200.000	160.000	100.000	90.000	19.000
Hipoclorito 3 ppm		450.000	410.000	160.000	700
Hipoclorito 5 ppm		120.000	54.000	520	3



Clase de calidad de agua regenerada A (uso agrícola).

< 10 UFC/100ml

3.1. Definición de la dosis óptima

a) Escala laboratorio

LÍNEA URBANA					
DOSIS CLORO ACTIVO	CONTROL (efluente sin desinfectar)	TRH: 3 minutos		TRH: 15 minutos	
	Promedio UFC/100ml	Promedio UFC/100ml	Reducción (UFC)	Promedio UFC/100ml	Reducción (UFC)
Anolyte 4 ppm	630.000	-	-	19	629.981
Anolyte 7 ppm	630.000	0	630.000	-	-
Hipoclorito 4 ppm	180.000	-	-	78	179.922
Hipoclorito 7 ppm	180.000	4	179.996	-	-



**Clase de calidad de agua
regenerada B (uso agrícola).**

< 100 UFC/100ml

3.1. Definición de la dosis óptima

a) Escala laboratorio

LÍNEA URBANA				
DOSIS CLORO ACTIVO	pH	CONTROL (efluente sin desinfectar)	TRH: 15 minutos	
		Promedio UFC/100ml	Promedio UFC/100ml	Reducción (UFC)
Anolyte 5 ppm	4,5	630.000	4	629.996
Anolyte 5 ppm	6		2	629.998
Anolyte 5 ppm	7		35	629.965



pH < 4,5 → CLORO GAS en el ambiente (sala de generación del anolyte) → corrosivo para materiales (metales) e irritante para el personal operador (tóxico).

3.1. Definición de la dosis óptima

a) Escala industrial

LÍNEA URBANA			
DOSIS CLORO ACTIVO	CONTROL (efluente sin desinfectar)	TRH: 15 min	
	<i>Escherichia Coli</i> (UFC/100ml)	<i>Escherichia Coli</i> (UFC/100ml)	Calidad de agua regenerada obtenida Clase A/B
Anolyte 3,5 ppm	160.000	65	B
	110.000	100	B
	90.000	27	B
Anolyte 4 ppm	42.000	7	A
	49.000	11	B
	61.000	13	B
Anolyte 4,5 ppm	37.000	0	A
	41.000	0	A
	27.000	0	A

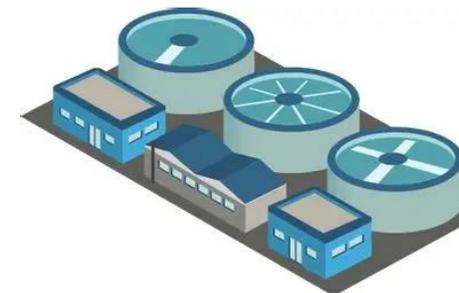


3.2. Definición de dosis óptima para la validación de las instalaciones

Capacidad de reducción de *Clostridium perfringens* (UFC/100ml) en el propio proceso de depuración:

Sin 
desinfección

MUESTRA	LÍNEA URBANA	LINEA INDUSTRIAL
	<i>Clostridium perfringens</i> (UFC/100ml)	<i>Clostridium perfringens</i> (UFC/100ml)
Influente (M 1)	200.000	1.400.000
Influente (M 2)	170.000	1.300.000
Influente (M 3)	110.000	1.200.000
Salida biodisco línea urbana (M 1)	13.000	-
Salida biodisco línea urbana (M 2)	160.000 (*)	-
Salida biodisco línea urbana (M 3)	14.000	-
Efluente sin desinfectar (M 1)	7.000	22.000
Efluente sin desinfectar (M 2)	2.200	15.000
Efluente sin desinfectar (M 3)	16.000	19.000



❌ **DESNITRIFICACIÓN**

MEDIO FAVORABLE PARA
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Reducción 1,28 log

DESNITRIFICACIÓN ✓

MEDIO DESFAVORABLE PARA
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Reducción 1,84 log



3.2. Definición de dosis óptima para la validación de las instalaciones

DOSIS EVALUADAS:

Dosis cloro activo	Log reducción
10 ppm	< 2.5
20 ppm	<2.5
30 ppm	4.2
40 ppm	4.3

Dosis cloro activo	Log reducción
22.5 ppm	<2.5
25 ppm	3.8
27.5 ppm	4.26

LÍNEA URBANA				
MUESTRA	CLOSTRIDIUM PERFRINGENS UFC/100ml	CLOSTRIDIUM PERFRINGENS UFC/100ml	% reducción	Log reducción
Promedio influente EDAR	260.000	3,0 E+05	0,00%	0,0
Promedio efluente sin desinfectar	17.000	2,0 E+04	93,46%	1,2
Promedio efluente desinfectado	14	1,0 E+01	99,99%	4,26

Resultados obtenidos tras la dosificación de 27,5ppm de cloro activo en la EDAR Vilafranca.

3.3. Comparativa con el hipoclorito de sodio en cuanto a la generación de SPD.

- No hay legislación vigente en cuanto a la generación de los SPD en materia de aguas residuales, pero sí en **aguas de consumo**:

- **Directiva (UE) 2020/2184** del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la calidad del agua destinada al consumo humano.

- **RD 3/2023**, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico sanitarios de la calidad de agua de consumo, control y suministro.



Cloratos: 250 µg/L

Trihalometanos: 100 µg/L

3.3. Comparativa con el hipoclorito de sodio en cuanto a la generación de SPD.

SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN (SPD)	DESINFECTANTE					
	DOSIS ÁCIDO HIPOCLOROSO (ANOLYTE)			DOSIS HIPOCLORITO DE SODIO 150 g/L		
	3,5 ppm	4,5 ppm	27,5 ppm	3,5 ppm	4,5 ppm	27,5 ppm
CLORATOS	✓	✓	x	x	x	x
TRIHALOMETANOS	✓	✓	x	✓	x	x
DICLOROBROMOMETANO	✓	✓	x	✓	x	x
DIBROMOCLOROMETANO	✓	✓	x	✓	x	x
BROMOFORMO	✓	✓	x	✓	x	x
CLOROFORMO	✓	✓	x	✓	x	x

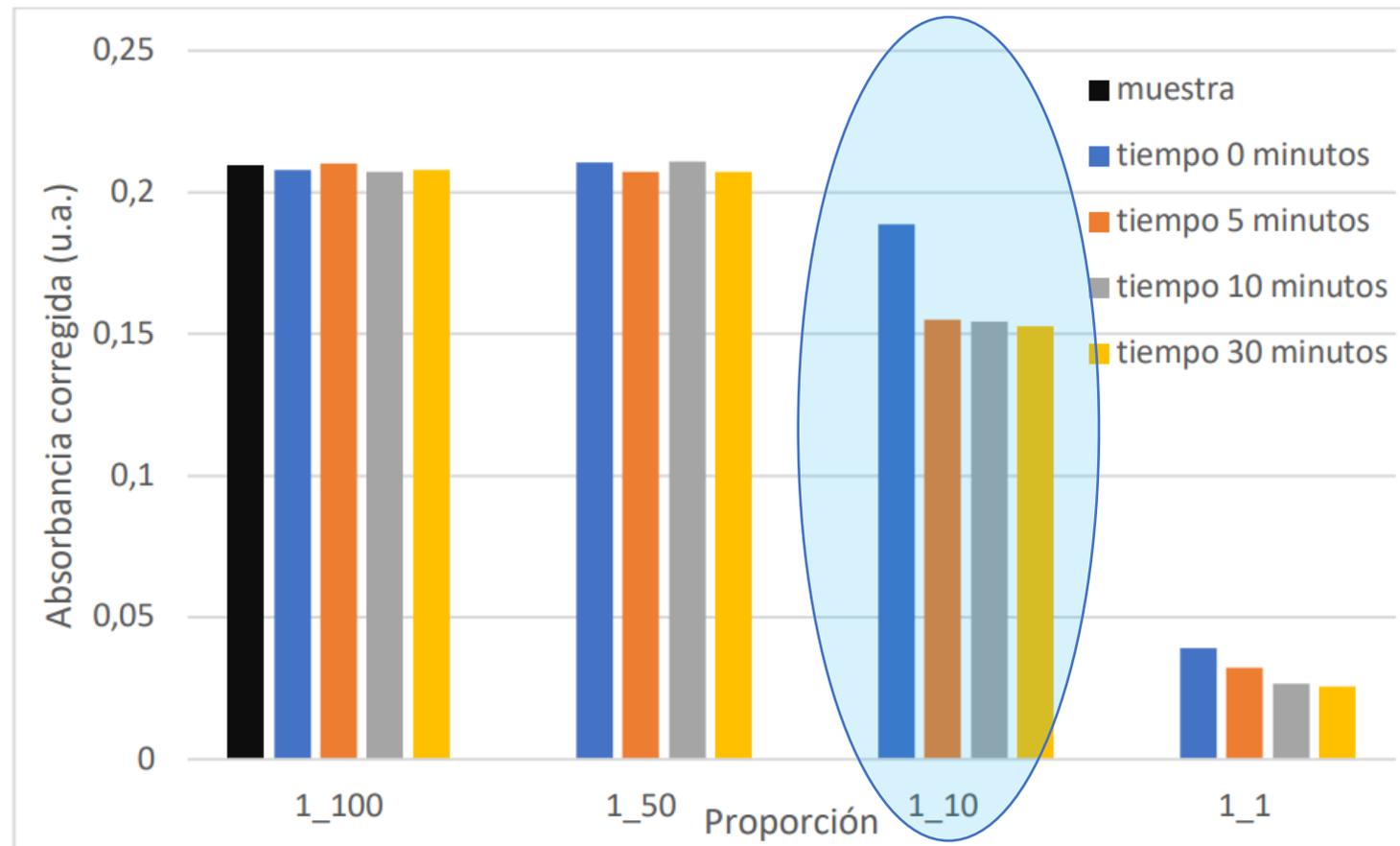
x Incumple con la legislación de aguas de consumo (THM > 100µg/L y cloratos > 250µg/L)

✓ Cumple con la legislación de aguas de consumo (THM < 100µg/L y cloratos < 250µg/L)

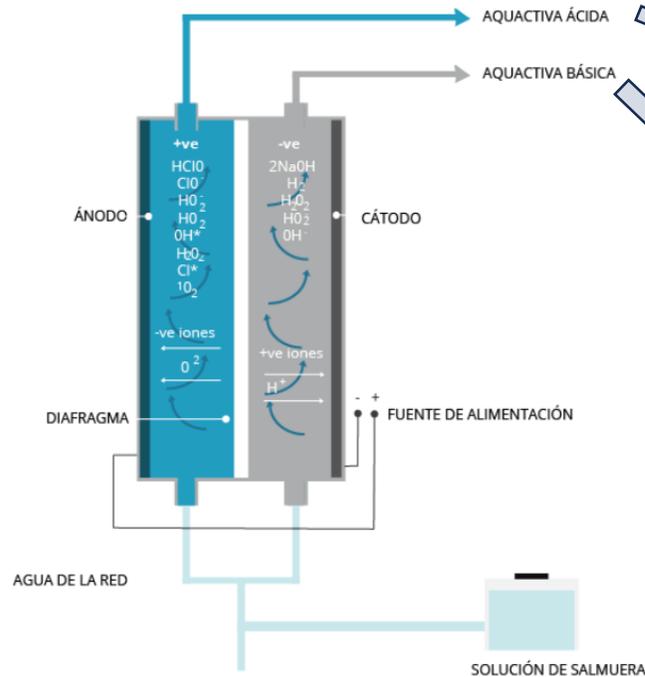
4. IMPACTO DEL ÁCIDO HIPOCLOROSO EN LA DECOLORACIÓN DEL AGUA INDUSTRIAL



4. IMPACTO DEL ÁCIDO HIPOCLOROSO EN LA DECOLORACIÓN DEL AGUA INDUSTRIAL



5. EFECTO DEL PODER COAGULANTE DEL CATHOLYTE



Desinfectante Aquactiva: ANOLYTE

- ▶ Cloro Activo mg/l = 500 - 2500 ppm
- ▶ pH = 3 - 8
- ▶ ORP = 900- 1.200 mV

Uso: detergente, bioestimulante, esterilizante, de rápida acción

Detergente Aquactiva CATHOLYTE

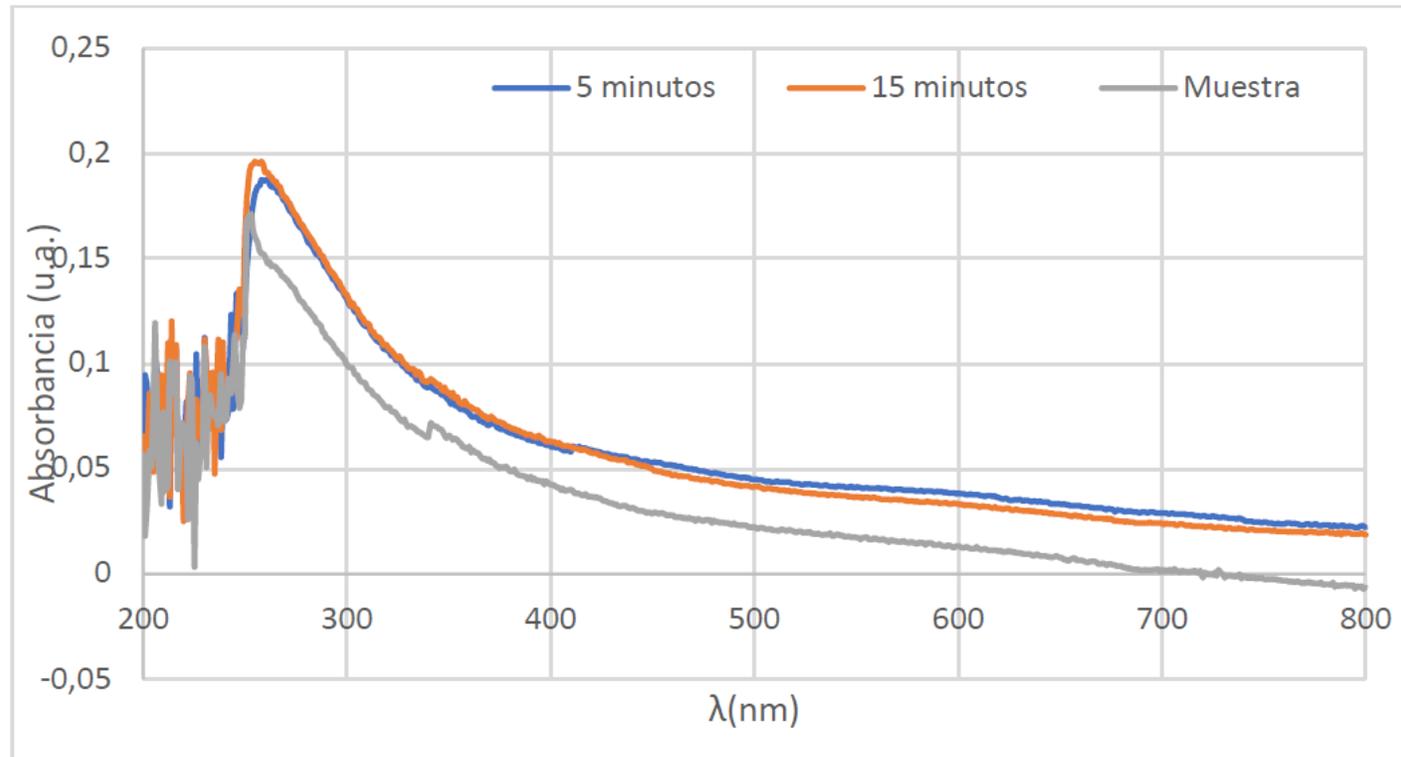
- ▶ Cloro Activo mg/l = 0 ppm
- ▶ pH = 11,0 - 13,0
- ▶ ORP = -800 - -900 mV

Uso: detergente, solución alcalina, floculante

Para determinar la estabilidad se utilizaron 2 técnicas, a escala laboratorio:

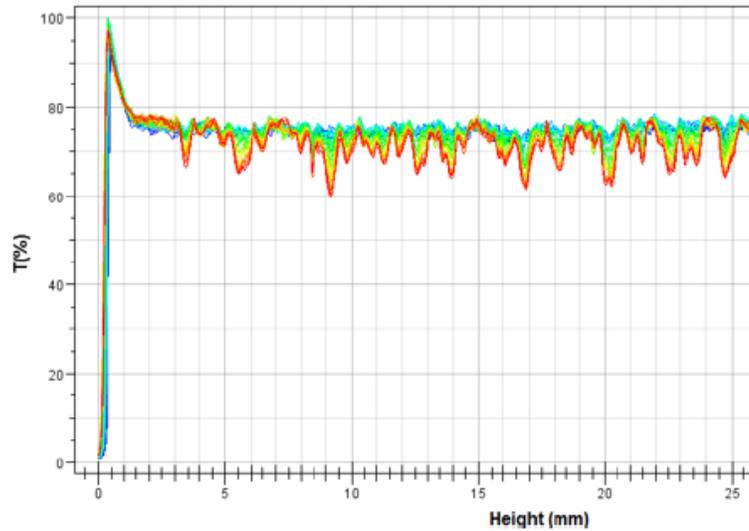
- Espectrofotómetro UV-Visible (rango de 200-800nm)
- Turbiscan

5. EFECTO DEL PODER COAGULANTE DEL CATHOLYTE

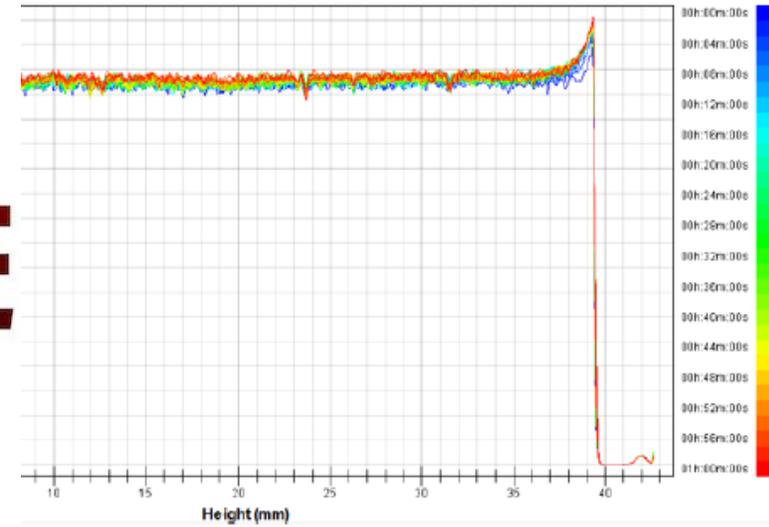


Espectros de absorción de la muestra y de la dilución 1:100 a distintos tiempos

5. EFECTO DEL PODER COAGULANTE DEL CATHOLYTE



Muestra pura



Catholyte proporción 1:100

6. CONCLUSIONES

- Dosis óptima clase de **calidad de agua regenerada A**: 4,5ppm de cloro activo
- Dosis óptima clase de **calidad de agua regenerada B**: 3,5ppm de cloro activo
- **pH** anolyte óptimo: 4,5-6
- **Estabilidad del anolyte fresco (966,66ppm-1063ppm)** → seguridad de la desinfección comparado con el hipoclorito de sodio.
- **Validación** de la instalación de desinfección: dosis 27,5ppm de cloro activo.
- **SPD:**
 - *THM*: incumplimiento legislación agua potable para dosis superiores a 3,5ppm hipoclorito / dosis superiores a 4,5ppm anolyte (se generan menos THM)
 - *Cloratos*: incumplimiento legislación agua potable para dosis inferiores a 3,5ppm hipoclorito / dosis superiores a 4,5ppm anolyte.

**Gracias por
vuestra atención.**



III Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO