

Mitigación del crecimiento de algas en canales hidroeléctricos utilizando un nuevo mortero de recubrimiento con actividad biocida



Dr. Ignacio Segura Pérez

Innovation & Business Manager – Smart Engineering
Investigador colaborador – Universidad Politécnica de Cataluña

Índice

1. Antecedentes y objetivo del Proyecto
2. Descripción del material desarrollado
3. Pruebas piloto y resultados obtenidos
4. Potencial incremento de producción hidroeléctrica
5. Conclusiones

Antecedentes y Objetivo

La colonización biológica es un proceso prácticamente generalizado en las infraestructuras hidráulicas y civiles en contacto permanente con el agua



Antecedentes y Objetivo



- Reducción de la sección efectiva del canal, disminución del caudal
- Modificación del coeficiente de Manning y reducción del caudal efectivo
- Ataque de compuertas y otros sistemas por el desprendimiento de algas
- Incremento de costes de mantenimiento y disminución de la durabilidad

Descripción del material desarrollado

Formulado PL-UV-H-2B	Composición			
	IRGASAN DP 300® ACTICIDE SR 1453®		MOUSSEX® FILLER CALIZO	
Principio activo	2,4,4'-Tricloro-2' hidroxí-difenil-eter 2-Octil-2H-isotiazol-3-one + terbutrin			
Características físicas	Producto sólido			
Propiedades	Bactericida-fungicida-alguicida			
Dosificaciones ensayos (% spms)	0	0,15	0,2	0,3
Resultados ensayos físicos				
Consistencia (mm)	148	152	145	150
Densidad en estado fresco (g/l)	2523	2501	2479	2484
Densidad en estado endurecido (g/l)	2476	2465	2430	2449



- Desarrollado en la tesis doctoral de José M^a Vaquero Martínez
- Evaluado a escala de laboratorio y en pequeñas pruebas a escala

Descripción de las pruebas piloto

Canal de Gabet
(ENDESA GENERACIÓN S.A.)



Canal de Salinas
(ACCIONA ENERGÍA S.A.)



Descripción de las pruebas piloto

Canal de Gabet

- Canal de 8 km de generación hidroeléctrica
- Comienza en el embalse Sant Antoni y vierte sus aguas en la Central Hidroeléctrica de Reculada
- Diferentes tratamientos para evitar crecimiento de algas en hastiales
- Intervenciones bianuales para reposición y limpieza del canal. Limpieza por medios mecánicos



Descripción de las pruebas piloto

Canal de Gabet



Descripción de las pruebas piloto

Canal de Gabet

Primera intervención en noviembre de 2014

- Evaluación de dos tipos de morteros:
Masterseal 6100 FX and Masterseal 325 E
- Aditivo biocida incorporado al mortero (4.5% sps)
- Tratamiento de 2 secciones diferentes ($A_{\text{total}} = 8 \text{ m}^2$)
- Diferentes rugosidades de las áreas tratadas
- Exposición a condiciones reales de operación durante 48 meses



Descripción de las pruebas piloto

Canal de Gabet

Segunda intervención en noviembre de 2017

- Aplicación con mortero Masterseal 550
- Aditivo biocida incorporado al mortero (4.5% sps)
- Tratamiento de 2 secciones diferentes, 15 ml cada una ($A_{\text{total}} = 510 \text{ m}^2$)
- Diferentes rugosidades de las áreas tratadas



Descripción de las pruebas piloto

Canal de Salinas

- Canal de 5 km de generación hidroeléctrica
- Comienza en el azud de Salinas y vierte sus aguas en la Central Hidroeléctrica de Salinas
- Crecimiento de algas en los cajeros a gran velocidad reduciendo sensiblemente la sección hidráulica
- Intervenciones bianuales para reposición y limpieza del canal, limpieza manual



Descripción de las pruebas piloto

Canal de Salinas



Aspecto tras limpieza



Canal 11 meses
después de la limpieza



Descripción de las pruebas piloto

Canal de Salinas

Intervención en noviembre de 2017

- Aplicación con mortero Masterseal 550
- Aditivo biocida incorporado al mortero (4.5% sps)
- Tratamiento de 3 secciones diferentes, de 5 ml cada sección ($A_{\text{total}} = 15 \text{ m}^2$):
 - Z1: solo limpieza
 - Z2: limpieza y mortero Masterseal 550
 - Z3: limpieza+mortero+biocida

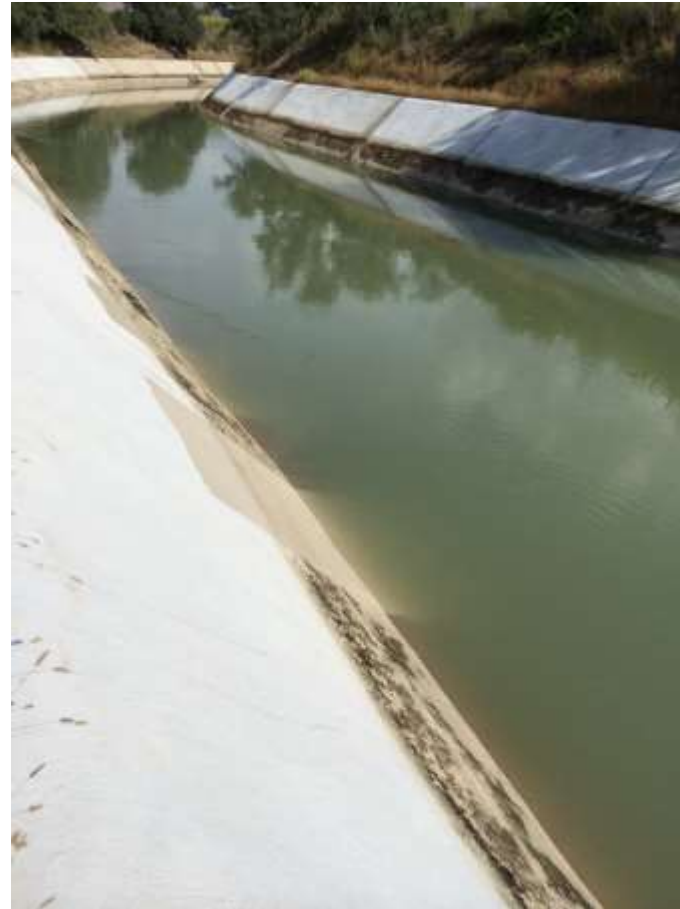


Resultados obtenidos: Canal de Gabet (10 meses)

Zona 1



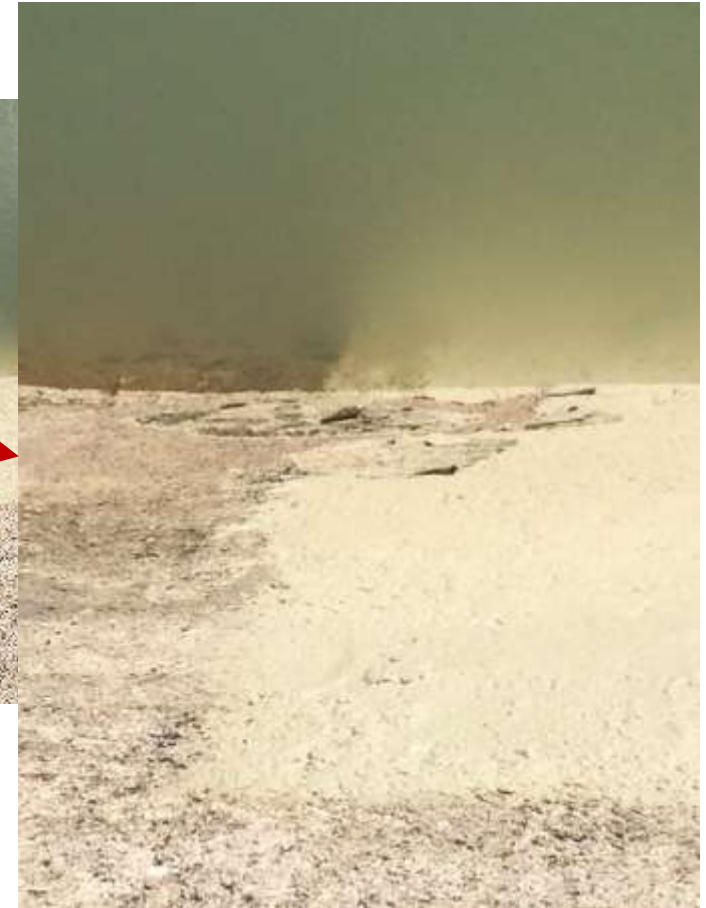
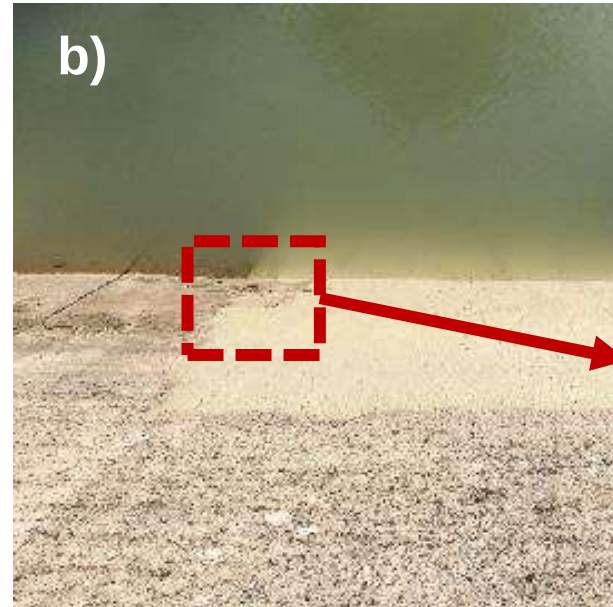
Zona 2



**Vista general del estado de los
paños tratados en la zona 1 y
zona 2**

Resultados obtenidos: Canal de Gabet (10 meses)

Zona 1



(a) Masterseal 6100 FX y (b) Masterseal 325 E.

Resultados obtenidos: Canal de Gabet (10 meses)

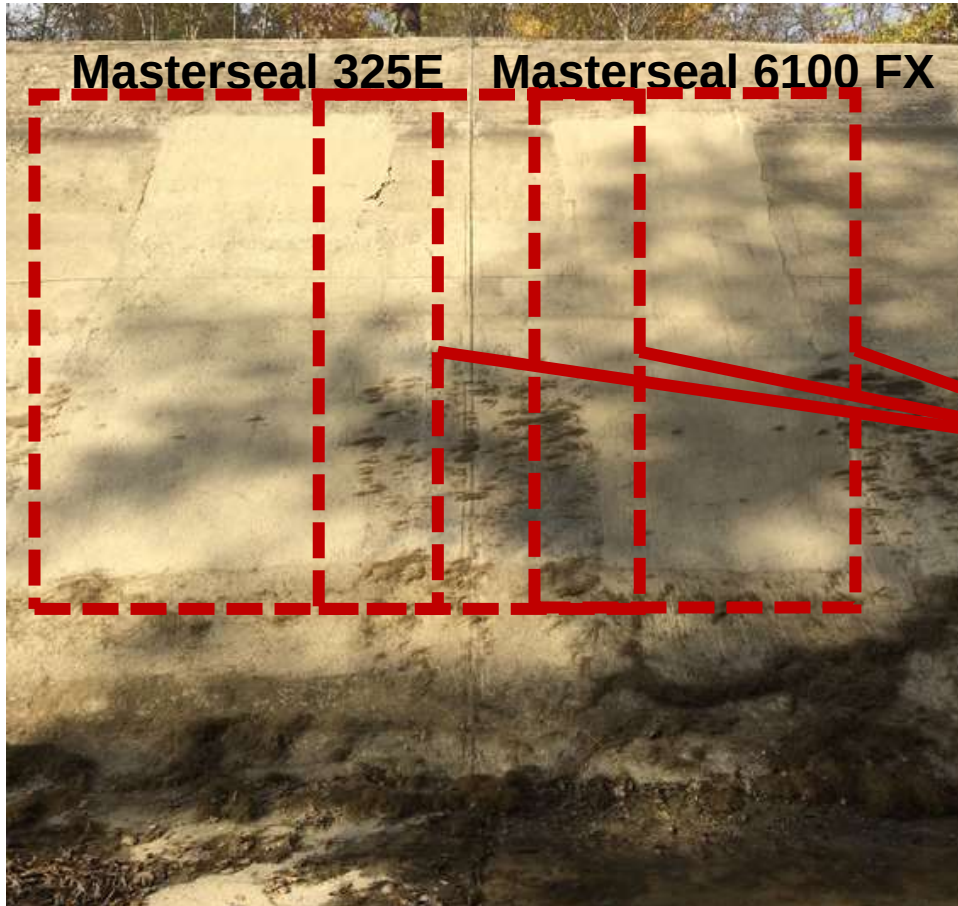
Zona 2



(a) Masterseal 6100 FX y (b) Masterseal 325 E.

Resultados obtenidos: Canal de Gabet (24 meses)

Zona 1



No se ha producido
ningún tipo de
trastorno en la zona
de Masterseal 325E
ni en Masterseal 6100 FX

Resultados obtenidos: Canal de Gabet (24 meses)

Zona 2



Resultados obtenidos: Canal de Gabet (48 meses)

Zona 1



Resultados obtenidos: Canal de Gabet (24 meses)

Zona 2



Resultados obtenidos: Canal de Gabet (48 meses)

Zona sin tratar

Diferente crecimiento biológico entre las zonas repuestas recientemente (acabado liso) y las zonas rugosas más antiguas



Resultados obtenidos: Canal de Salinas (5 meses)

Zona sin tratar



Formación de biofilm en los hastiales del canal y evidencias de crecimiento biológico con respecto al canal recién limpio



Resultados obtenidos: Canal de Salinas (5 meses)

Zona sin tratamiento biocida



Formación de biofilm en los
hastiales del canal

Resultados obtenidos: Canal de Salinas (5 meses)

Zona con tratamiento biocida



**No hay crecimiento
biológico**

Potencial incremento de producción hidroeléctrica

Fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

Q , caudal en el canal abierto (m^3/s)

n , coeficiente de Manning, ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$)

R , radio hidráulico, (m)

S , pendiente de la línea de agua, (m/m)

A , sección del flujo de agua, (m^2)

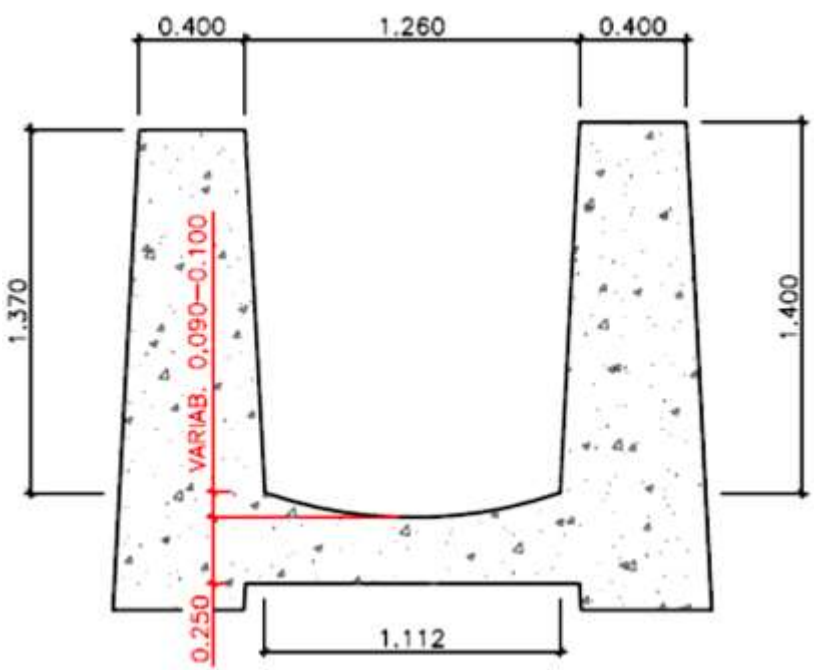
Revestimiento	n	
	Nuevo	Deteriorado
Hormigón con superficie rugosa	0,017	
Hormigón alisado/fratasado	0,013	0,017
Hormigón con algas	0,02	

(Chow, 1959)

Algunos autores cifran la variación de n por efecto del crecimiento de algas del 50 – 75%

Estimación beneficio económico

Canal de Salinas



Pendiente del 0,116%
Espesor algas = 3 cm / hastial

Condición	Caudal (m³/s)
Canal limpio operando en cota máxima	2,62
Canal con algas (efecto variación <i>n</i>)	1,70
Canal con algas (efecto reducción sección y <i>n</i>)	1,59
Canal superficie envejecida	2,00

- Considerando la situación actual, el crecimiento de algas supone una reducción de caudal del 15 – 20%
- Potencialmente, el tratamiento permitiría incrementos de caudal del 30%

Estimación beneficio económico

Canal de Gabet



Pendiente del 0,015%

Espeor algas = 3 cm / hastial

Condición	Caudal (m ³ /s)
Canal limpio operando en cota máxima	245,8
Canal con algas (efecto variación <i>n</i>)	159,8
Canal con algas (efecto reducción sección y <i>n</i>)	159,3
Canal superficie envejecida	187,9

- Considerando la situación actual, el crecimiento de algas supone una reducción de caudal del 15%
- Potencialmente, el tratamiento permitiría incrementos de caudal del 31%

Conclusiones

- El nuevo mortero con propiedades biocidas ha sido evaluado en diferentes condiciones reales de operación, en algunos casos durante más de 48 meses
- En las secciones no tratadas se aprecia presencia de colonización biológica (biofilm) y crecimiento de algas. Mayor incidencia en superficies de alta rugosidad
- Las diferentes zonas tratadas presentan un buen comportamiento, sin presencia de colonización biológica. En el caso del canal de Gabet, tras 48 meses de exposición en condiciones reales de operación, sigue sin apreciarse crecimiento de algas

Conclusiones

- El recubrimiento que mejores prestaciones proporciona es del tipo mortero, con cierta flexibilidad. Los recubrimientos tipo pintura no ofrecen una adecuada durabilidad y pueden acabar siendo disueltos.
- El crecimiento de algas afecta tanto al coeficiente de Manning como a la sección efectiva del canal. El tratamiento podría permitir incrementos de caudal en los canales estudiados cercanos al 31%
- Así mismo, al reducirse las operaciones de mantenimiento, se incrementa la durabilidad del canal.

Agradecimientos

