

I-043 - ESTUDIOS REALIZADOS EM EQUIPOS DE DESINFECCIÓN UV EM SISTEMAS DE BAJA TRANSMITANCIA MODIFICACION DE UM SISTEMA OPERATIVO COMO FORMA DE ALCANZAR LA PERFORMANCE DESEADA

Alvaro Irigoyen Russi⁽¹⁾

Engenheiro Industrial UDELAR Uruguay- Assessor sênior CIEMSA .30 anos de experiência em operação e manutenção de sistemas de tratamento de esgotos, com especialização em Start Up. Manutenção e desenho de manobras de operação de novos sistemas (Montevideo e Punta del este) sistemas para mais de 1,5 milhões de pessoas. Especializado na operação e projetos de sistemas de desinfecção UV. Membro IUVA (International Ultraviolet Association). Palestrante na IUVA AMERICAS CONFERENCE sobre o tema de trabalho.

Endereço⁽¹⁾: Buenos Aires 618.501 Montevideo-Uruguay CEP11100 Cel. (+598)94-643-804
Irigoyen@netgate.com.uy CIEMSA Soriano 1180 Montevideo-Uruguay **airigoyen@ciemsa.com.uy**
(+598) 2902-0675

RESUMO

As cidades de Maldonado e Punta del Este estão localizadas no sudeste do Uruguai, na América do Sul. Essas cidades abrigam o balneário mais exclusivo do país e se situam entre os destinos turísticos mais populares da América do Sul.

Em 2010, Obras Sanitárias do Estado (OSE), a Companhia uruguaia de Água e Saneamento, assinou um contrato para a construção de um novo sistema de desinfecção voltado ao tratamento dos efluentes dos residentes de Maldonado e Punta del Este. Terminado em 2012, o sistema inclui sete estações elevatórias e uma planta de tratamento primário melhorada, floculação-sedimentação com sulfato de alumínio - $Al_2(SO_4)_3$ - bem como agente floculante com um emissário offshore de 1.100 metros. A capacidade máxima do sistema é de 4.960 metros cúbicos por hora (m^3/h) e o fluxo médio é de 2.200 m^3/h . A transmitância ultravioleta (UVT) do afluente para os sistemas é inferior a 40 por cento, o nível total de sólidos suspensos é tipicamente inferior a 30 mg/l. Esse valor baixo foi o objetivo projetado para o tratamento. Para alcançar melhores valores de UVT, é necessário usar doses mais elevadas do que as projetadas [120mg/L de - $Al_2(SO_4)_3$] com o risco de inibição da digestão anaeróbia das lamas residuais.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção Ultravioleta, Esgotos tratados, baixa transmitância UVT.

OBJETIVO

O presente estudo examina dois projetos de sistemas de desinfecção ultravioleta (UV) e sugere recomendações sobre a otimização do projeto do sistema para a desinfecção UV com baixo afluente UVT. O estudo ilustra a importância da compreensão dos parâmetros afluentes antes da especificação de um sistema de desinfecção UV, a fim de obter níveis ótimos de eficiência. Por último, um sistema de desinfecção UV de canal aberto é a solução ótima para a desinfecção por UV com baixos afluentes UVT - fornecendo águas residuais tratadas e limpas, do mais alto padrão, usando uma quantidade mínima de energia, tanto pra reuso com pra disposição final.

FALHA INICIAL

Seguindo o comissionamento do sistema de desinfecção UV, os operadores descobriram que a tecnologia originalmente selecionada não funcionou de acordo com as expectativas de uma redução de 3 log (99,9%) no número de coliformes fecais para menos de 1.000 CFU / 100 mL de coliformes fecais.

O equipamento original selecionado foi o sistema Wedeco TAK55 UV da Xylem com dois bancos em séries de 11 módulos com 18 lâmpadas em cada módulo. As especificações do projeto supuseram que um único banco deveria ser suficiente para desinfetar um fluxo de 3.600 m^3/h . Porém, com taxas de fluxo de 1.800 m^3/h ou menos, o equipamento não atingiu esse objetivo. Em seu primeiro ano de operação, com um fluxo médio de 1.300 m^3/h (30% da capacidade máxima do sistema), o equipamento somente atingiu a meta de redução esperada de 3 log em 28% dos testes. Todos estes valores foram testados com valores UVT e TSS sob especificação.

Para resolver isso, era necessário dispor de mais energia para executar as lâmpadas e, além disso, os bancos de reposição também foram colocados em operação.

Trabalhando em estreita colaboração, Ciemsa e Xylem fizeram mudanças nos parâmetros operacionais do sistema UV (potência, número de lâmpadas e bancos, frequência de limpeza, etc.) visando aumentar a redução do log. Isso levou a que os objetivos fossem alcançados em 70% dos casos. A melhor configuração para a planta de Maldonado era 2 bancos em 90 por cento de poder e 4 limpezas por hora.

POSSÍVEIS RAZÕES PARA A DETERIORAÇÃO NO DESEMPENHO DO SISTEMA ORIGINAL DE DESINFECÇÃO UV SELECIONADO

Confiando que o sistema foi instalado corretamente, os desenhadores e os operadores do sistema, juntos, investigaram todos os parâmetros possíveis e seu impacto no desempenho do sistema.

- **Parâmetros da água**

A especificação de projeto incluiu os seguintes parâmetros: (com um fluxo máximo de 4.936m³/h)

- Transmittância UV $\geq 40\%$
- Total de sólidos em suspensão ≤ 30 mg/L (média de 10 mg/L)
- Tamanho das partículas ≤ 30 μ m
- Temperatura do efluente 5 - 30 ° C

Embora houvesse amostras ocasionais demonstrando um UVT de <40%, por si só isso não explicaria as falhas de desempenho do sistema UV.

Em relação à UVT, observa-se que a penetração dos raios é altamente sensível às variações de transmittância. Como dado importante para a operação de um UV, devemos considerar que se um equipamento é desenhado para um valor de UVT, os resultados não serão aplicáveis a UVT menores (pode decair até 50% a penetração dos raios para quedas de UVT próximas a 5%) em relação à dose, as quedas registradas são maiores a 10%.

Avg. Fluence Rate			
		FID Value Units/Flow Rate	
Lamp Power	240,0 Watts	Min.	30,0 %T
Lamp Efficiency	30,0 %	Max.	70,0 %T
Lamp Arc Length	140,0 cm	Step Value:	5,000 %T
Reactor Length	200,0 cm	Experimental M	1,516
Lamp Sleeve Diameter	2,00 cm	Lamp Sleeve IRI	1,372
Maximum Cylinder Diameter	20,00 cm	Flow Rate	200,0 l/min
Lamp Pressure	low		
		Average Fluence	
		Fluence Rate (UV Dose)	
%T	mW/cm ²	mJ/cm ²	%
30,000	3,985	18,027	0,88
35,000	4,548	20,572	0,88
40,000	5,167	23,376	0,88
45,000	5,853	26,480	0,88
50,000	6,616	29,929	0,89
55,000	7,464	33,767	0,89
60,000	8,409	38,042	0,89
65,000	9,462	42,804	0,89
70,000	10,633	48,103	

Figura 1 Distribuição de fluence rate em relação a UVT

- **Fluxo máximo**

O fluxo de afluentes é medido por um canal Parshall e é registrado em um sistema de Controle, Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) em intervalos de um minuto. O caudal não excedeu a capacidade máxima do sistema. Como o medidor de FLUXO do sistema Wedeco TAK apresentou valores semelhantes aos do canal Parshall (desvio máximo de 5 por cento), a equipe concluiu que o fluxo de afluentes não era o problema.

- **Equipamento**

A investigação também se concentrou em problemas percebidos enquanto o sistema estava em operação, como algumas lâmpadas queimando antes do fim de sua vida útil e visível escurecimento de algumas lâmpadas. Foi examinado o impacto de uma única lâmpada queimada sobre os resultados de desinfecção UV.

- *Ageing*

Os parâmetros da lâmpada, incluindo parâmetros elétricos e ambientais, foram estudados para determinar por que algumas lâmpadas falharam antes do fim de sua vida útil esperada. Esse é um dos maiores responsáveis pela falha dos equipamentos Uv. As lâmpadas possuem uma CURVA DE ENVELHECIMENTO. Os fabricantes garantem um valor de emissão ao EOLL, o equipamento deve ser projetado para essa emissão e não para a inicial. Além disso, as lâmpadas devem ser usadas por parte dos operadores até esse ponto e não ir além dele, para poder garantir uma boa desinfecção. Existem elementos de medida que podem ajudar os operadores a antecipar e programar as trocas.



Figura 2 *Ageing* das lâmpadas

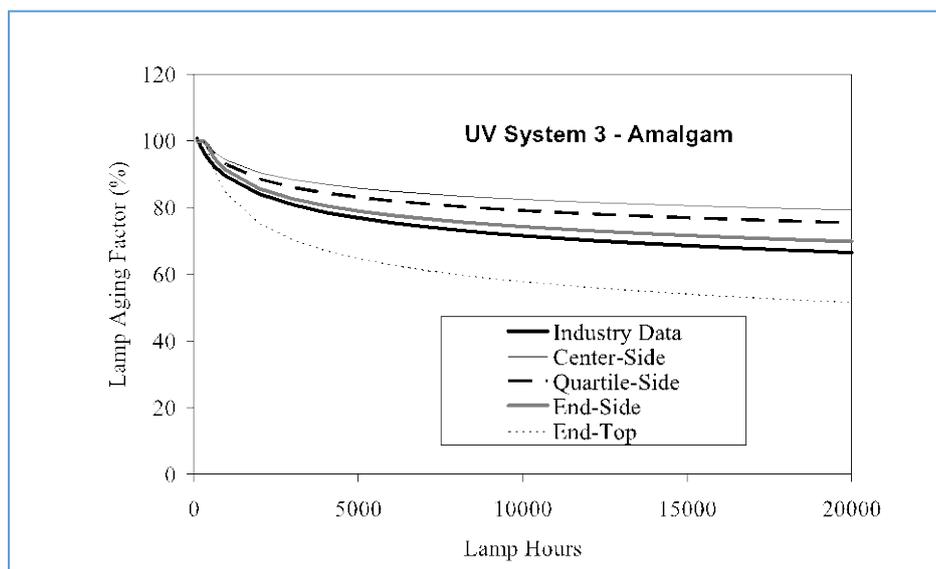


Figura 3 *Ageing factor* vs horas

- *Manutenção/Fouling*

Esse fenômeno é um dos que mais afeta o resultado da desinfecção. *Fouling* é o depósito de elementos sólidos, principalmente metálicos, na superfície dos *sleeves*. Dessa forma, diminui a transmissão de raios UV. Existem vários elementos que aumentam esses depósitos, metais na água, em especial Fe, sílice, alcalinidade.

Os equipamentos possuem sistemas de limpeza mecânica (*wiping*) ou química. Esses sistemas garantem a limpeza de *sleeves* por mais tempo, mantendo desse modo um rendimento mais estável do sistema de desinfecção. Devem ser controlados os fatores que agem sobre a acumulação de materiais nas lâmpadas.

Em Nosso sistema a fraca qualidade do efluente provou ser um desafio para a limpeza do canal e do sleeve de quartzo. Embora esteja equipado com um sistema de limpeza automática, o sistema UV ainda requer manutenção adicional (por exemplo, substituição regular do anel de limpeza). Efluentes secundários fatores *fouling* > 0,9 são comumente observados, mas o fator *fouling* nesse local foi inicialmente 0,5. Com limpeza química adicional com ácido cítrico a 15 por cento o fator *fouling* atingiu 0,8.

Os parâmetros operacionais foram corrigidos e uma investigação mais detalhada sobre o projeto da tecnologia foi realizada.

- ***Linha central da lâmpada***

Um dos parâmetros estudados mais detalhadamente foi a distância entre as lâmpadas (linha central da lâmpada).

O Wedeco TAK55 instalado tem uma linha central da lâmpada de 120 mm, o que resulta em uma distância livre de 7 centímetros (cm) entre as mangas da lâmpada, em ambas as direções.

Em um UVT de 40% (e às vezes mais baixo), uma inativação de 99,9% de coliformes fecais não foi atingida consistentemente devido à irradiância e tempo de residência distribuição. O método de dimensionamento original baseado na soma de fontes pontuais superestimou os efeitos da turbulência para a mistura completa. Com mistura incompleta, a linha central da lâmpada larga proibiu a exposição das bactérias à dose de UV relevante para uma inativação de 3 log.



Figura 4 Vista central do TAK55

- ***Desenho da dose UV***

No momento em que o sistema TAK foi projetado para esse local, o desenho comum de abordagem para sistemas UV de canal aberto foi baseado em uma dose calculada. A proposta requeria uma dose UV > 30 mJ/cm² sob os parâmetros operacionais descritos.

Utilizando os resultados do software UVCalc^{®1}, calculou-se que para um caudal de 400 m³/h em um módulo de 18 lâmpadas a um UVT = 40% a dose de UV administrada seria próxima a 38 mJ/cm². No entanto, como é possível observar na Fig. 1 abaixo, a distribuição da taxa de fluência no módulo é muito heterogênea sob um UVT baixo. Algumas partes do fluxo recebem apenas uma dose UV de 20 mJ/cm², causando um desempenho biológico inferior ao esperado.

É por isso que o teste de validação do sistema UV ganhou maior importância inclusive para projetos de sistemas de águas residuais UV ao longo dos últimos anos. Se um sistema UV foi testado, o desempenho pode ser melhor previsto para o conjunto das condições testadas. Se as condições validadas incluem qualidades de água baixas comparáveis, aplica-se mesmo para as qualidades de água baixa encontradas nesse local.

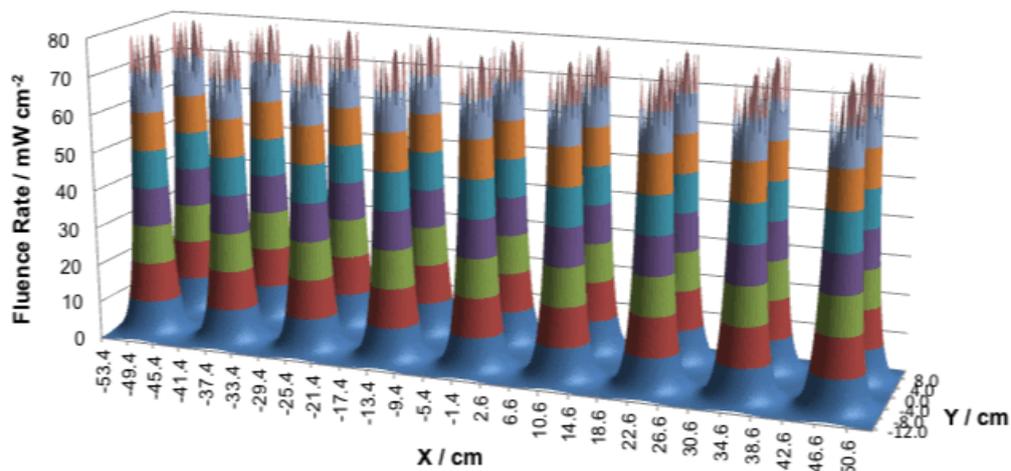


Figura 5 Distribuição da taxa de fluência no plano central para o sistema UV Xylem Wedeco TAK55. X está sobre o comprimento do módulo e Y está sobre a largura.

REVISÃO DO DESENHO BASEADO NA VALIDAÇÃO DA DOSE UV

Tendo estabelecido uma compreensão clara dos parâmetros do sistema, a equipe da Xylem foi capaz de recomendar uma solução "mais bem ajustada" que garanta níveis ótimos de eficiência e confiabilidade. O sistema UV Wedeco Duron da Xylem está composto por 216 lâmpadas UV em um único canal (18 módulos com 12 lâmpadas cada um deles, instalados em seis bancos). Os engenheiros de aplicação da Xylem trabalharam em estreita colaboração com os operadores do sistema para fornecer a solução UV alternativa em um tempo apropriado, com interrupção mínima das operações.

O sistema UV Wedeco Duron (novo no mercado em 2012) com lâmpadas UV de 600 W foi instalado com uma inclinação de 45 graus. O sistema também tem:

- Arranjo de lâmpadas escalonadas para alto desempenho de desinfecção
- Troca rápida e fácil da lâmpada com módulos UV remanescentes no canal
- Profundidade de canal reduzida para custos de construção mais baixos
- Todas as ligações elétricas estão fora da água

O sistema UV Wedeco Duron foi validado de acordo com o Manual de Orientação de Desinfecção UV (UVDGM) da Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA, por suas siglas em inglês); o Instituto Nacional de Investigação da Água (NWRI, por suas siglas em inglês), 2012 Orientações para Água Potável e Reúso de Água; e o Protocolo Uniforme da Associação Internacional UV (IUVA, por suas siglas em inglês) para aplicações de validação UV de águas residuais. Sendo validado até as condições encontradas nesse local, o projeto do sistema Duron foi baseado em um bioensaio.

Fig.6 explica a diferença no percurso de partículas críticas para o arranjo de lâmpadas do sistema Duron em comparação com um sistema de lâmpada horizontal, tal como o sistema TAK55.

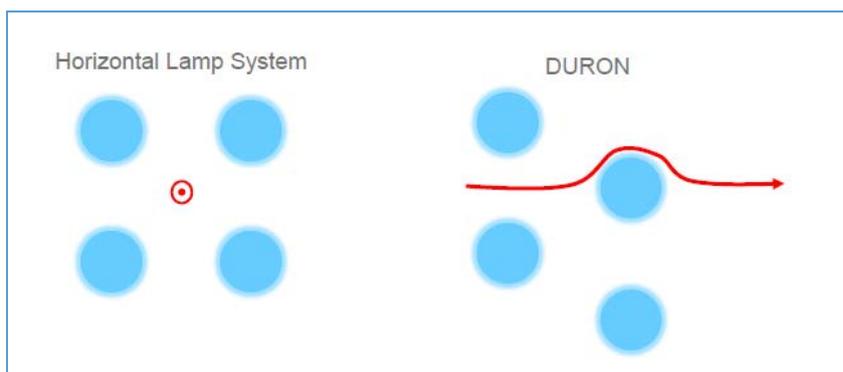


Figura 6 Seguimento de partículas no sistema de lâmpadas UV horizontal (TAK 55) versus o sistema de lâmpadas UV escalonadas (Duron).

Enquanto - assumindo zero efeitos de mistura - a partícula no centro de 4 lâmpadas de um sistema de lâmpada horizontal receberá somente uma dose mínima de UV (e em UVTs baixos isso poderia ser zero), o arranjo escalonado do sistema Duron força a partícula para altas zonas de irradiância (e, portanto, de dose UV). Isto é ainda de maior destaque na apresentação visual das simulações DFC mostradas na Fig. 3.

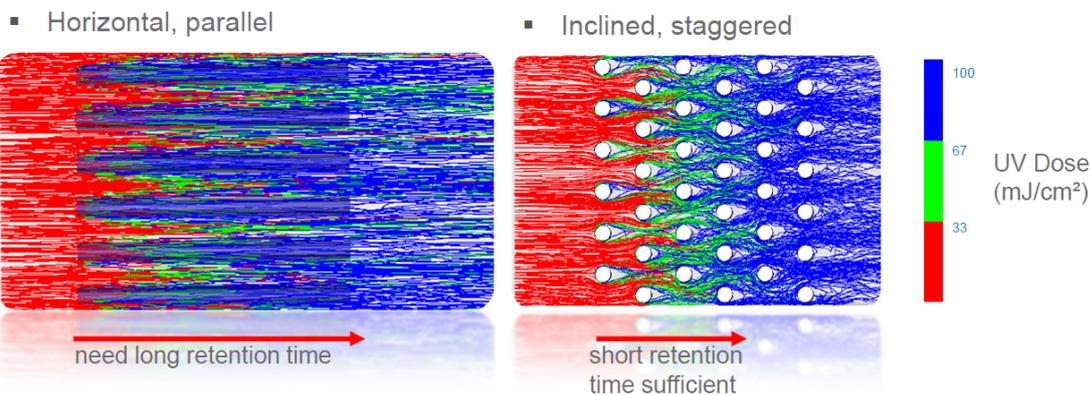


Figura 7. Dinâmica de fluidos computacional (DFC) Distribuições de dose UV para o sistema horizontal (TAK55) versus o sistema escalonado (Duron).

O sistema Wedeco Duron superou exitosamente a fase de comissionamento e está cumprindo os objetivos do projeto e superando o sistema TAK55 sob condições semelhantes. A desinfecção alcançada estava na faixa de 4 log de inativação (3 log de inativação é o objetivo do projeto), conforme apresentado na Fig. 8

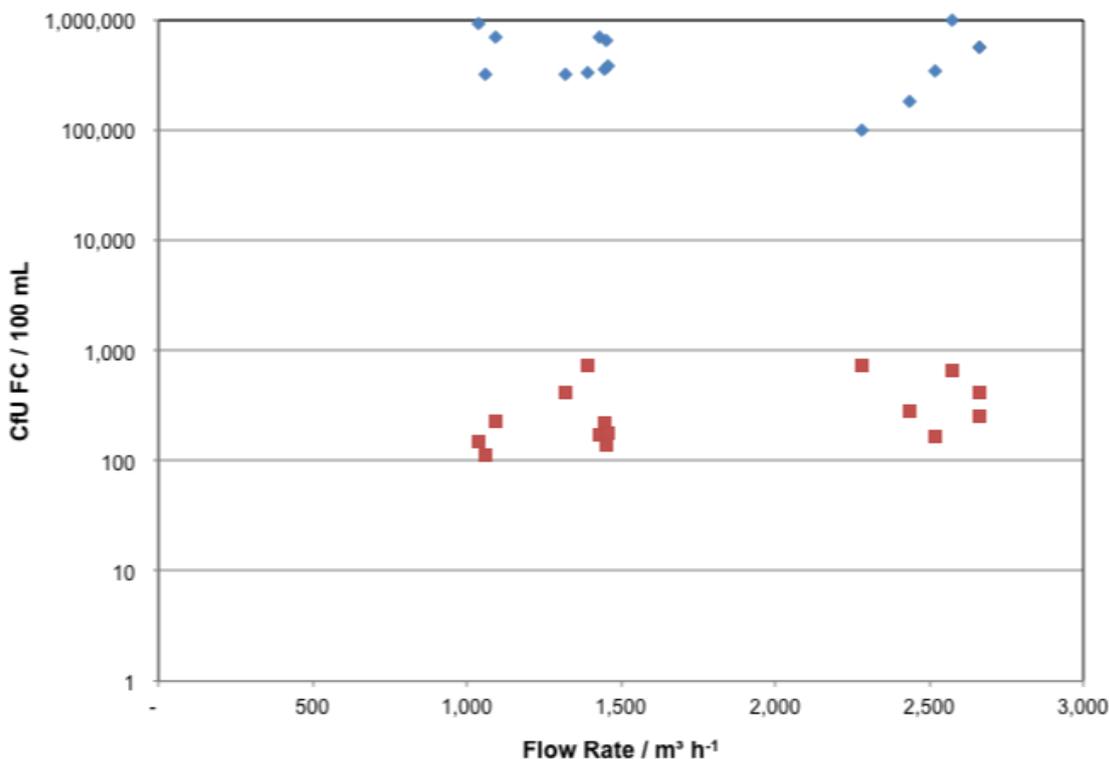


Figura 8. Desinfecção de coliformes fecais - os pontos azuis representam valores de afluentes e os pontos vermelhos representam valores de efluentes.

Devido à má qualidade da água, ainda se observa um elevado potencial de fouling. Com a finalidade de evitar um aumento do atendimento operacional, a Xylem está testando um projeto especial de anel de limpador não-químico para efluentes tão desafiantes.



Figura 9 Instalação do Duron na planta ETE Punta del Este

RECOMENDAÇÕES PARA ESPECIFICAÇÕES DE DESINFECÇÃO DE BAIXA UVT POR ULTAVIOLETA

Com base nesses estudos, podem ser feitas algumas recomendações sobre a especificação, operação e manutenção de equipamentos UV quando usados em estações de tratamento de águas residuais com afluentes de baixa transmitância UV.

1. Os projetos de sistemas UV para efluentes de baixa qualidade baseados em uma aproximação de dose UV calculada (PSS) podem conduzir a uma superestimação do desempenho do sistema UV. Portanto, o projeto do sistema UV deveria se basear em sistemas UV validados.
2. O sistema selecionado deveria ser testado independentemente para fornecer a dose UV necessária, especialmente a baixas taxas UVT.
3. Caso o efluente apresente um elevado potencial de *fouling* (por exemplo, devido a níveis elevados de ferro ou manganês), deve ser estabelecido um fator *fouling* específico do local. Não é possível simplesmente usar um fator *fouling* de um efluente de qualidade diferente, independentemente do sistema de limpeza. O fator *fouling* nessa situação foi de 0,85. Um fator de envelhecimento da lâmpada ajustado em 0,9 ou menos é aceitável para os cálculos de projeto, caso não se disponha de estudos no local.
4. Em operação, a potência e a intensidade da lâmpada devem ser controladas diariamente para monitorar e controlar o *fouling*.
5. O fator de envelhecimento da lâmpada deve ser controlado e as lâmpadas devem ser substituídas quando atingirem valores do fator de envelhecimento inferiores aos valores calculados - todas as lâmpadas de um banco (ou fileira) devem estar em funcionamento.
6. O equipamento deve ter limpezas mecânicas ou químicas.
7. A cada seis meses, todo o equipamento deve ser limpo fora do canal com o equipamento e os produtos adequados.

CONCLUSÕES

Todos os parâmetros afluentes devem ser cuidadosamente investigados antes da especificação de um sistema de desinfecção UV para garantir níveis ótimos de eficiência do sistema.

Os fornecedores de tecnologia devem participar em seus próprios estudos em andamento desses parâmetros para informar sobre o desenho do equipamento.

O operador do sistema e o fornecedor dos serviços de manutenção também devem ter um conhecimento profundo da tecnologia. As novas especificações e orientações para o projeto (UVDGM) devem ser usadas quando o pré-projeto e as especificações estão sendo esboçadas.

Por último, devem ser realizados testes regulares durante o primeiro mês após a colocação em funcionamento do sistema para garantir um desempenho ótimo do sistema de desinfecção UV e que o processo seja alcançado. Na planta de Maldonado, continuamos estudando para aumentar a eficiência do sistema UV.

AGRADECIMENTOS

- Pessoal UGD/OSE
- Pessoal de Operação CIEMSA
- Pessoal XYLEM (Uruguai e Argentina)
- Dr Jim Bolton

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NYSERDA 2004 Evaluation of ultraviolet disinfection
2. Dr. Jim Bolton 2014 Ultraviolet application handbook
3. USEPA UVDGM (2006)
4. EPA Water technologies fact sheets 2010
5. WEDECO Duron manuals 2015
6. Alex Ryer Light measure Handbook
7. EPA UV guidelines 3rd edition 2012