

O MAIOR  
EVENTO DE  
SANEAMENTO  
DA AMÉRICA  
LATINA



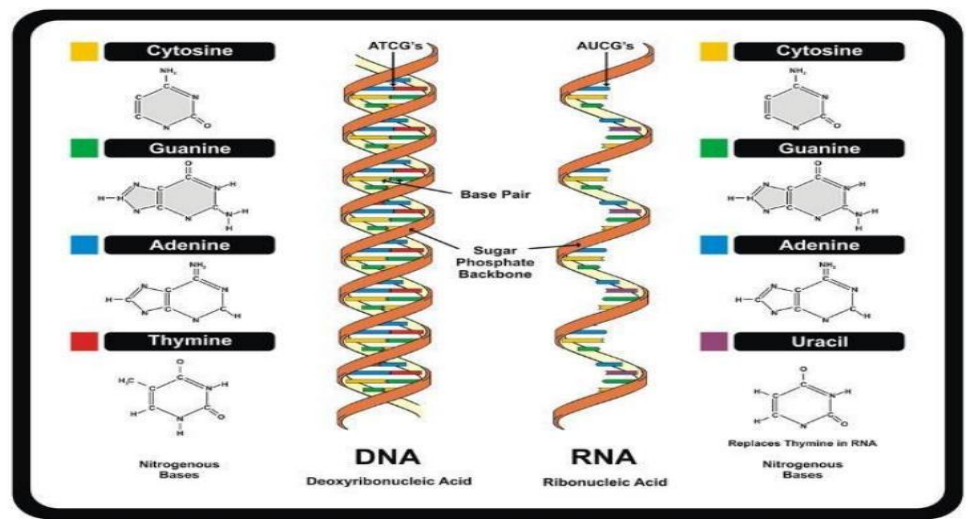
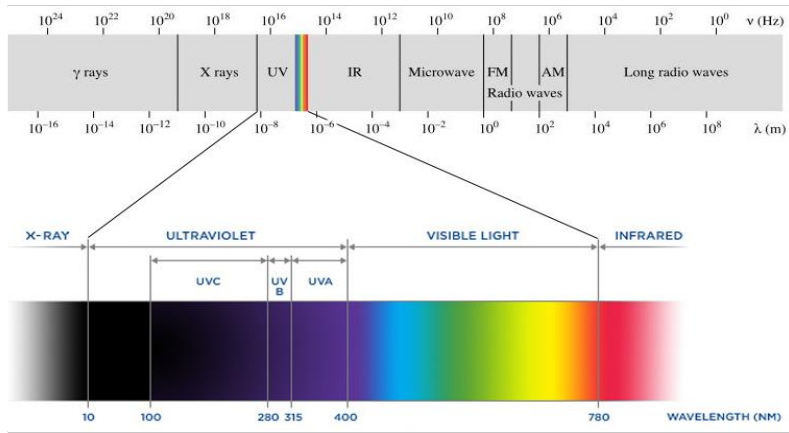
18 A 20  
SETEMBRO 2018  
EXPO CENTER  
NORTE  
SÃO PAULO - SP

**9611- DESEMPENHO E A CHAVE  
ENERGIA E DESINFECÃO COMO OBJETIVO PARA SISTEMAS  
DE DESINFECÃO ULTRAVIOLETA DE AGUAS RESIDUAIS**

**Eng. Alvaro Irigoyen Russi**  
**Msc Eng Civil Hid Julieta López**  
**irigoyen@netgate.com.uy**

# DESINFECÃO ULTRAVIOLETA DE ÁGUAS RESIDUAIS





El proceso por el cual UV altera el ADN de los microorganismos para hacerlos estériles se conoce como la **dimerización de las timinas**.

La timina es un compuesto heterocíclico derivado de la **pirimidina**. Es una de las cinco bases nitrogenadas constituyentes de los ácidos nucleicos. Forma parte del ADN y se representa con la letra T forma Cadenas con la **adenina**

Luz UV provoca que pares de bases timina se unan a una a la otra en secuencias genéticas que se conocen como **dímeros de pirimidina**, Esta interrupción en la cadena , no se puede copia por las enzimas reproductivas. Por lo tanto no podran reproducirse. Imposibilitados de reproducirse el patógeno deja de ser un riesgo para la salud.

**Dosis Reducción equivalente ( RED )** : La dosis que se asigna al reactor UV basado en pruebas de validación del reactor. El RED es equivalente al medido con el aparato de haz colimado para el mismo grado de inactivación del microorganismo OBJETIVO.

**Dosis UV Diseño** La RED requerida para una inactivación de registro específico del microorganismo objetivo. La dosis de diseño UV se utiliza para el dimensionamiento de los sistemas de desinfección UV .

**Dosis UV operacional:** La dosis UV que se establece sobre la base de los resultados de la pruebas de validación equipo. La dosis UV operativa , un índice útil del comportamiento del reactor , se puede utilizar para hacer un uso más eficiente del sistema de desinfección UV (por ejemplo, reducir la demanda de energía, reducir el número de reactores o trenes de reactores en línea ) mientras se mantiene la dosis de diseño UV

**DOSIS:** Cantidad de energía ultravioleta irradiada por unidad área  
( en realidad Fluence rate)

**RED** ( dosis de reducción) Cantidad de energía UV necesaria para lograr una tasa de desinfección (Expresada en Log N/No).

$$\text{Dosis} = \text{intensidad} \times \text{tiempo}$$

UV DOSE  
(mJ/cm<sup>2</sup>)

=

UV INTENSITY  
(μW/cm<sup>2</sup>)

=

EXPOSURE TIME  
(s)



# TRANSMITANCIA

El parámetro fundamental es la **UVT o transmitancia UV**

**UVT** es el porcentaje de la luz emitida 253,7 nm que traspasa 1 cm del

20% - 50%

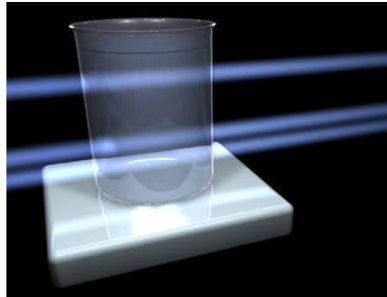
50% - 70%

> 70%

Efluente primario  
Efluente mezcla  
Lagunas de tto

Efluente secundario  
Aguas de reuso  
Efluente filtrado

Post membrana  
Tratamiento potable  
Lagunas para uso

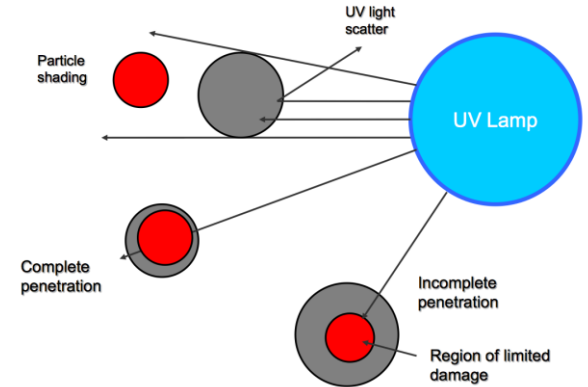


Avg. Fluence Rate				
		FFD Value Units	Flow Rate	
Lamp Power	240,0 Watts	Min.	30,0 %T	
Lamp Efficiency	30,0 %	Max.	70,0 %T	
Lamp Arc Length	140,0 cm	Step Value	5,000 %T	
Reactor Length	200,0 cm	Experimental M	1,516	
Lamp Sleeve Diameter	2,00 cm	Lamp Sleeve Dia	1,372	
Maximum Cylinder Diameter	20,00 cm	Flow Rate	200,0 L/min	
Lamp Pressure	low			
	Average Fluence Rate	Fluence (UV Dose)		
%T	mW/cm <sup>2</sup>	mJ/cm <sup>2</sup>	%	
	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	

# UV BASICS SYSTEM DESIGN CRITERIA

<b>Flow Rates:</b>	Peak and Average
<b>Water Quality:</b>	UV Transmittance (%UVT) Total Suspended Solids: Quantity, Size
<b>Treatment Application:</b>	Target Organism and Permit Limit Upstream Treatment Processes Chemicals Added UV Design Dosage
<b>Configuration:</b>	Footprint, Headloss, Tank Dimensions
<b>Redundancy Needs:</b>	Equipment Maintenance

## UV BASICS EFFECT OF PARTICLES



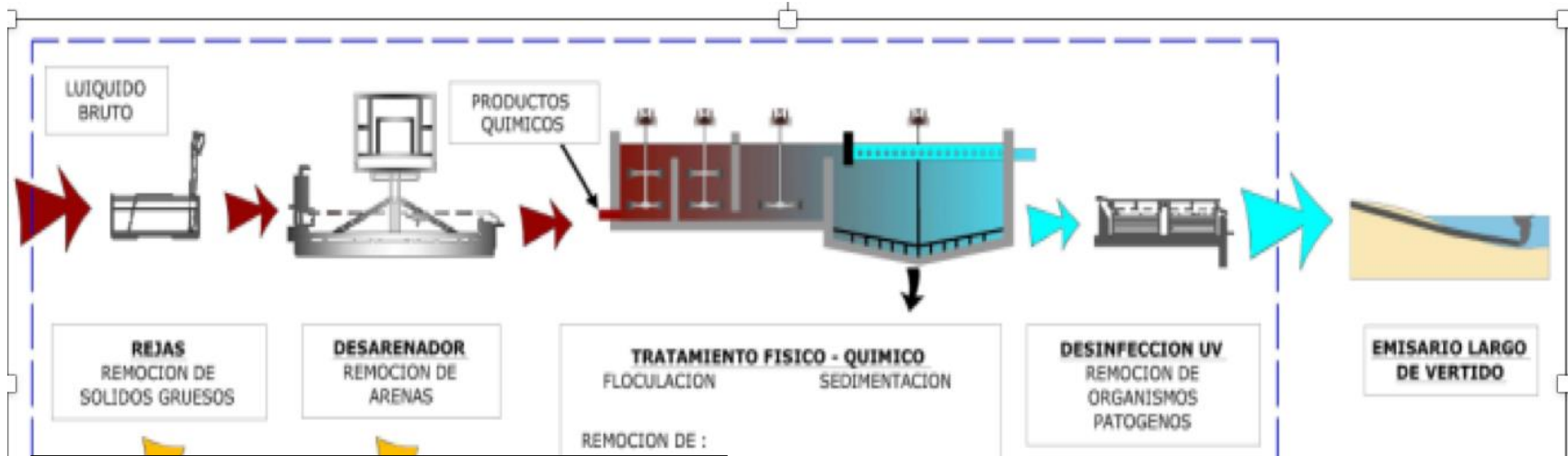
# MOTIVOS DEL ESTUDIO







# Diseño planta El Jagüel



## FLOW:

Maximum 4936 m<sup>3</sup>/hr (21732 GPM)

Median: 2200 m<sup>3</sup>/hr ( 9680 GPM)

## CFU/ml: (Colony Forming Unit) Fecal Coliforms

Influent: 10<sup>6</sup>- 10<sup>7</sup>

Effluent: ≤5000 CFU/ml

Geom.mean(5) ≤1000 CFU/ml

UVT objective ≥ 40%

Design Uvdose 30mJ/cm<sup>2</sup> (PSS) Flocculant Dose max 120 mg/l

# Wedeco TAK 55 especificación para ETE Maldonado

## 1. Requerimientos de Prestación

Aplicación : Agua residual

Rango de Caudal 2025: 4,936 m³/h

Rango de Caudal 2035: 6,372 m³/h

Transmitancia UV a 253.7 nm : min. 40 % (1 cm)

Dosis UV : min. 30 mJ/cm²  
(a fin de la vida útil de la lámpara)

Sólidos suspendidos : 30 mg/l @ max

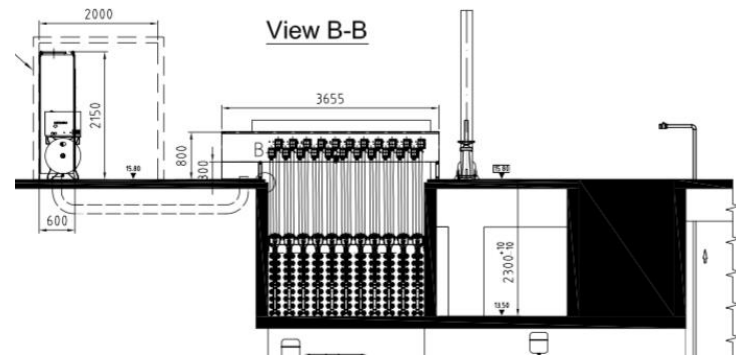
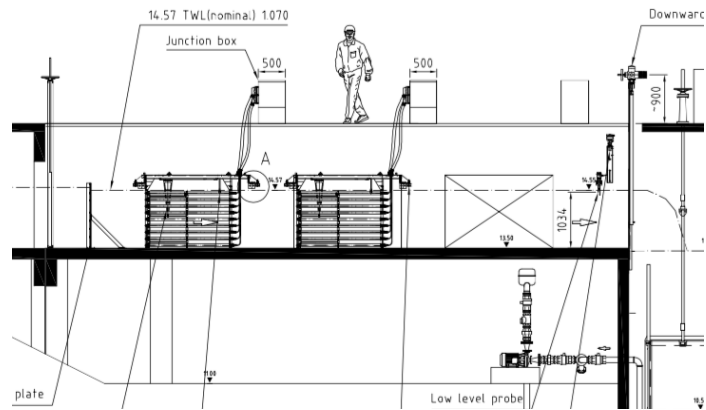
Tamaño de partícula : < 30 µm

Temperatura del Agua : 5 - 30° C

Coliformes fecales (al ingreso) : max. 1,000,000 CFU / 100 ml

Tipo de Sistema	TAK 55 HP
Rango de caudal pico (diseño etapa 1)	<b>4.936 m³/h</b>
Transmitance UV (min.)	<b>40 % (1 cm)</b>
Min. Dosis UV (= dosis de diseño)	<b>30 mJ/cm²</b>
No. de chanel	1
Chanel dimensions	
With channel lamps	2,635 mm
With control level	2,635 mm
length	10,450 mm
deep	1,465 mm
water level	1,070 mm
No. de bancos por canal ( banks)	2
Lámpara UV por banco (lamps 1 bank)	198
Lámparas UV totales ( total lamps)	396)
Tipo de lámpara UV ( view brochure)	Alta intensidad, baja presión, emisión variable Spektrotherm® HP
Potencia Max. (Lámparas UV)	117 kW (para fase 2 es 143 KW)
Vida útil de lámparas (garantizadas)	12.000 hrs (16.000 hrs esperable)
wiping	Wiping system teflon viton
Level control	Descent penstock

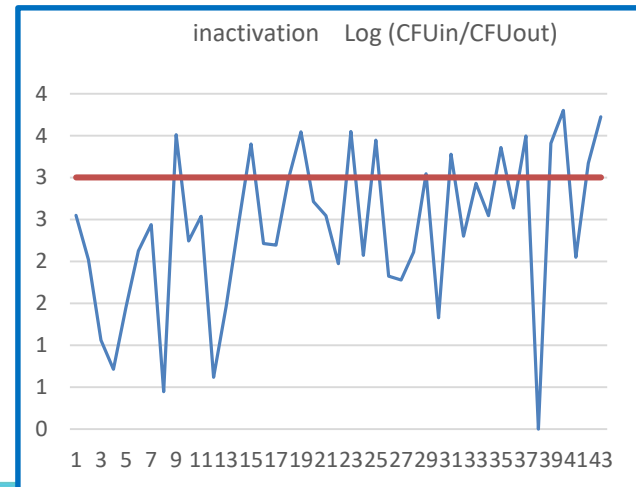
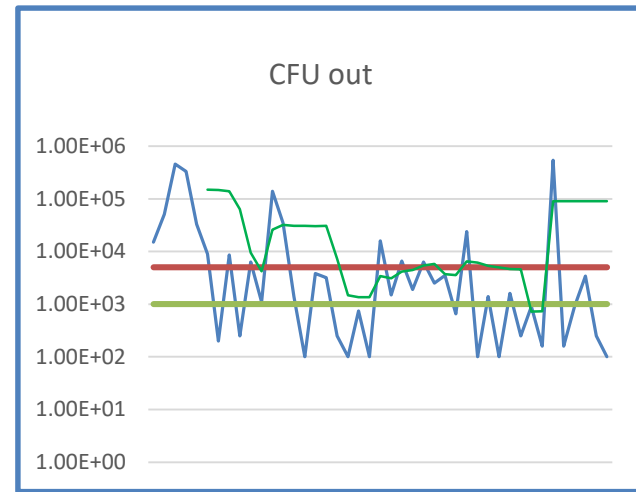




## • FALHA INICIAL

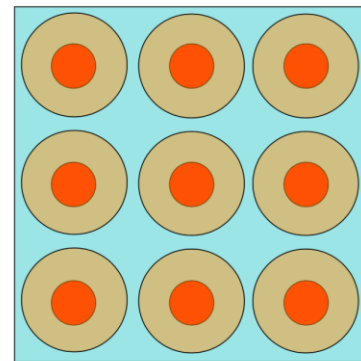
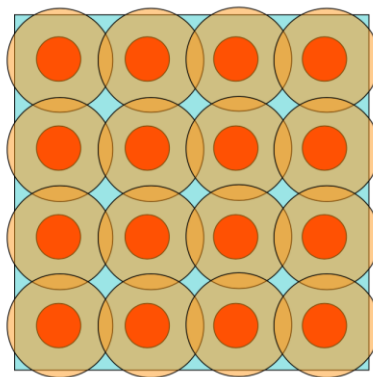
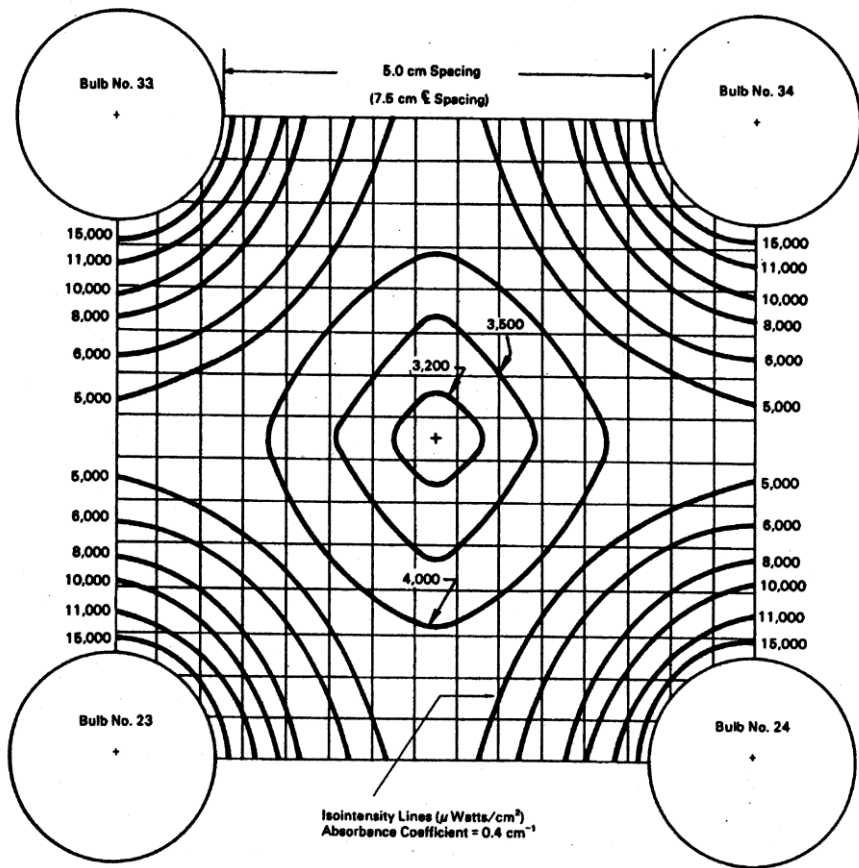
A vazões de 1.800 m<sup>3</sup> / h ou menos, no entanto, o equipamento não atingiu esse objetivo. Em seu primeiro ano de operação, com fluxo médio de 1.300 m<sup>3</sup> / h (30% da capacidade máxima do sistema), o equipamento atingiu apenas a meta de redução de 3 logs esperada em 28% dos testes. Todos esses valores foram testados com os valores de UVT e TSS sob especificação

•A melhor configuração para a planta de Maldonado era 2 bancos em 90 por cento de poder e 4 limpezas por hora.



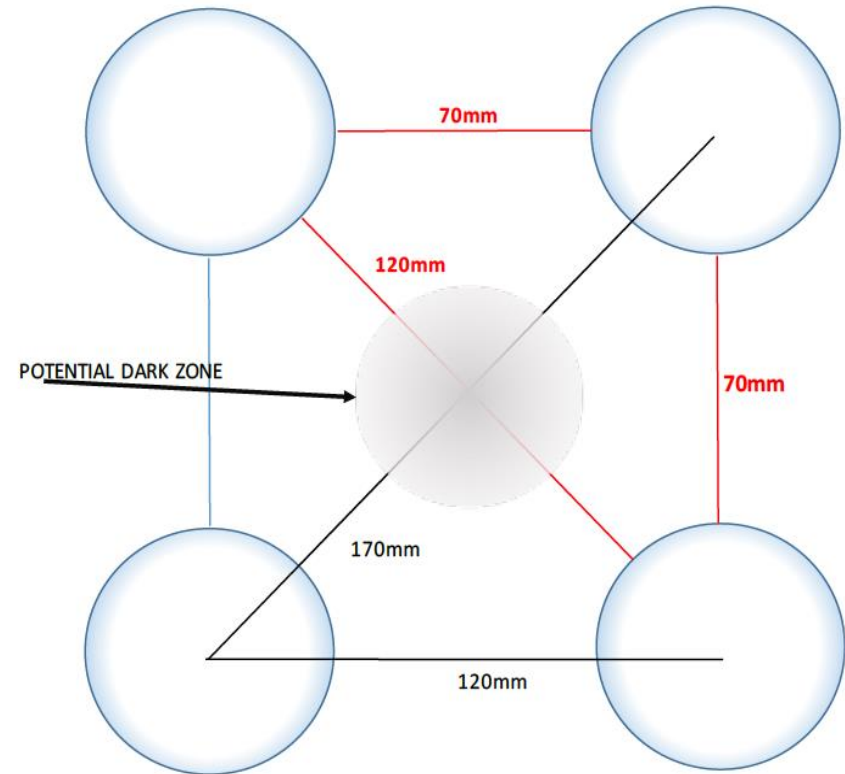
# POSSÍVEIS RAZÕES PARA A DETERIORAÇÃO NO DESEMPENHO DO SISTEMA ORIGINAL DE DESINFECÇÃO UV SELECIONADO

- Cumprimento dos parâmetros( UVT, SST)
- Qualidade da água.
- Fluxo máximo
- Equipamento
- Ageing
- Manutenção/Fouling
- Linha central da lâmpada
- Desenho da dose UV



## Lamp Centerline

- 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 50% (e às vezes mais baixo), uma inativação de 99,9% de coliformes fecais não foi atingida consistentemente devido à transmitância 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.



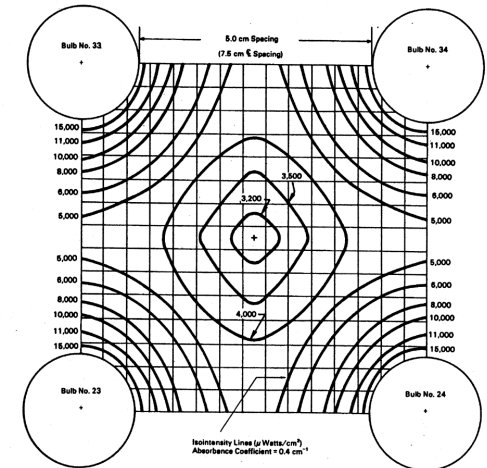
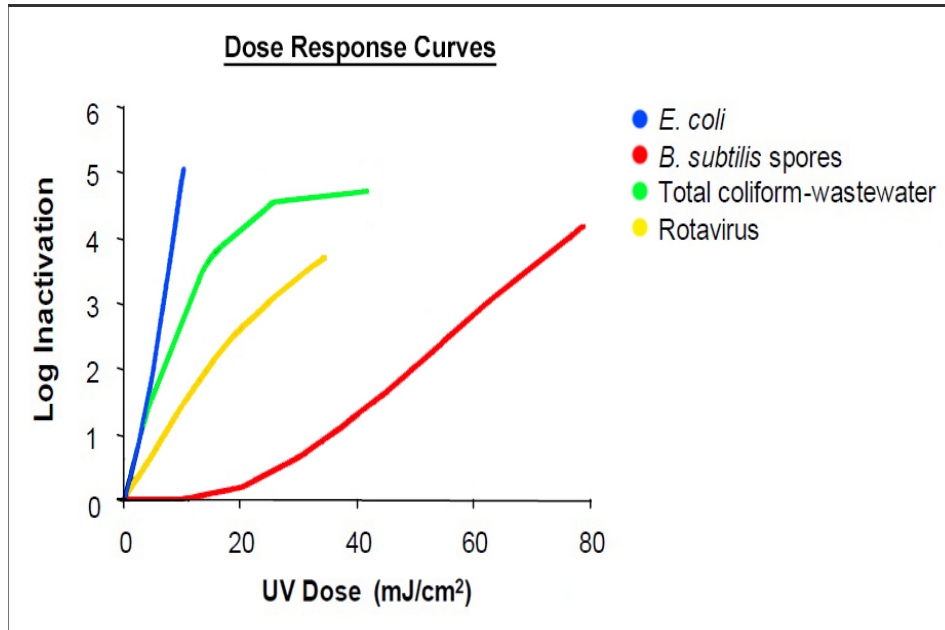


# Métodos de calculo y diseño

Un método común de medición de DOSIS es el PSS ( Point Source Sumation) que responde a una integración promedio de los valores que se generan

LOS SISTEMAS COMO PSS GENERAN QUE UN PROMEDIO ENTRE VALORES QUE NO SON LINEALES

POR OTRA PARTE DEBEMOS CONSIDERAR LAS CURVAS DE LAS FORMULAS DE CABAJ SOMMER

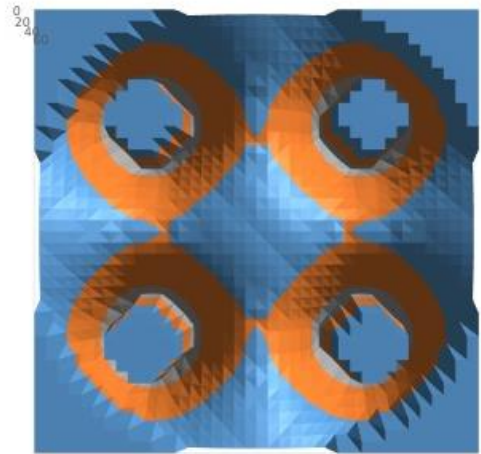
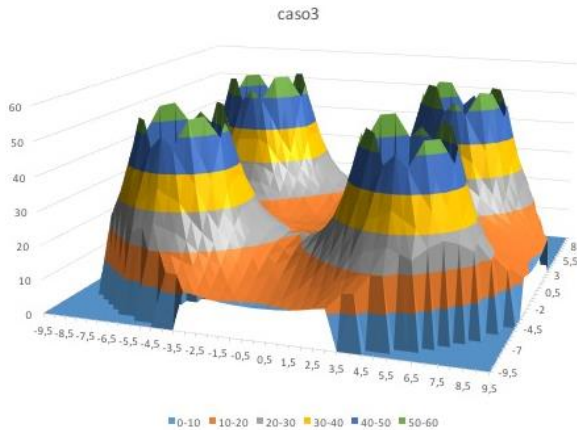
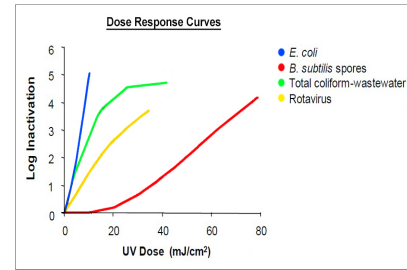
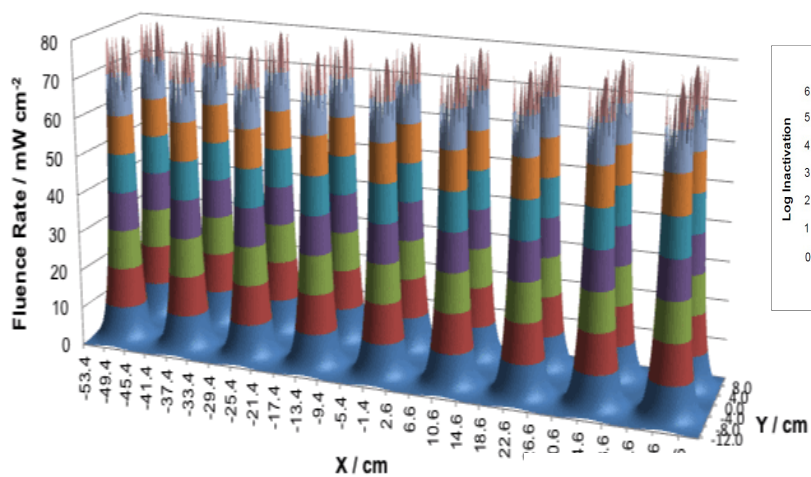


# UV dose

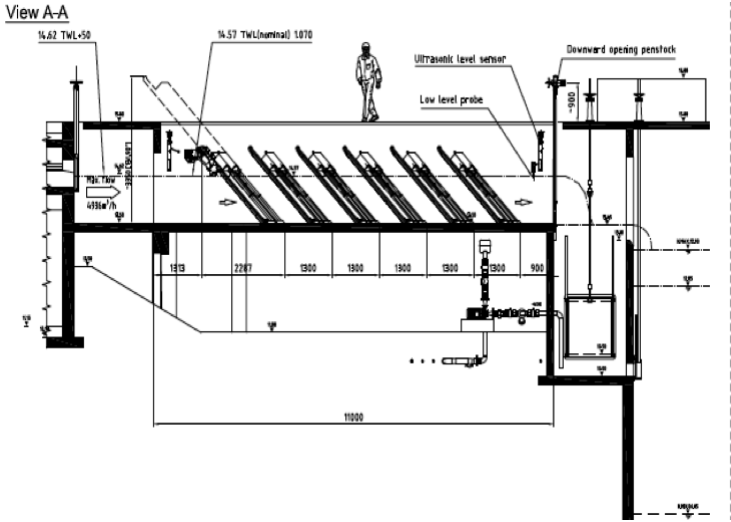
• Utilizando os resultados do software UVCalc®<sup>1</sup>, calculou-se que para um caudal de 400 m<sup>3</sup>/h em um módulo de 18 lâmpadas a um UVT = 40% a dose de UV administrada seria próxima a 38 mJ/cm<sup>2</sup>. No entanto, como é possível observar na Fig. 1 abaixo, a distribuição da taxa de fluência no módulo é muito heterogênea sob um UVT baixo.

• Algumas partes do fluxo recebem apenas uma dose UV de 20 mJ/cm<sup>2</sup>, causando um desempenho biológico inferior ao esperado.

\* Mais poder não garante mais inativação devido às leis de Chick Watson e à má qualidade dos influentes



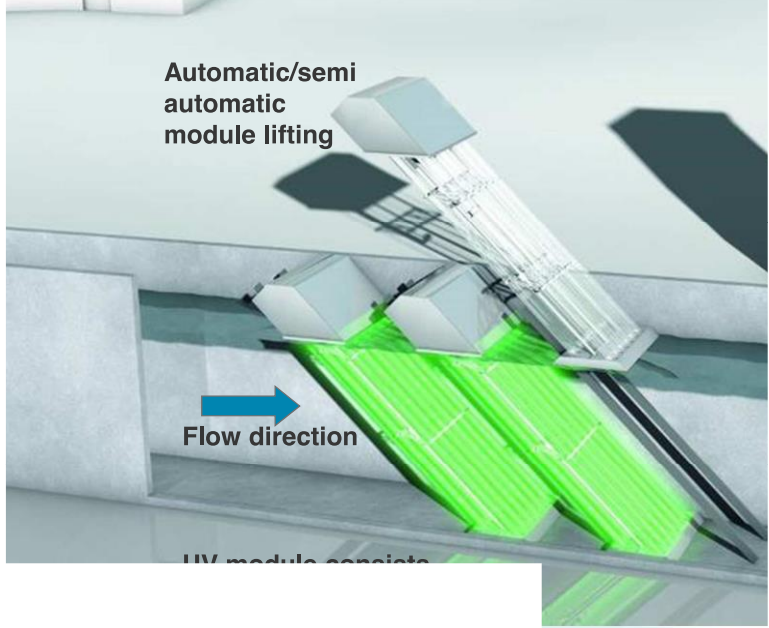
# NOVO EQUIPO MALDONADO



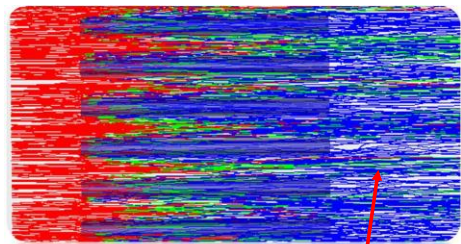
Design

Di

User s



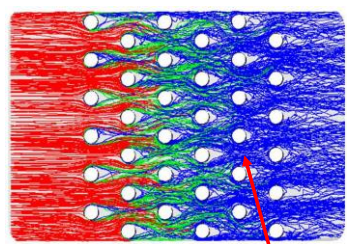
Horizontal, parallel



need long retention time

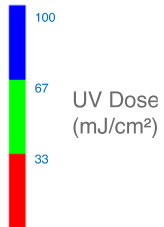
Partial dose distribution delivers a dose of 33 mJ/cm<sup>2</sup>

Inclined, staggered



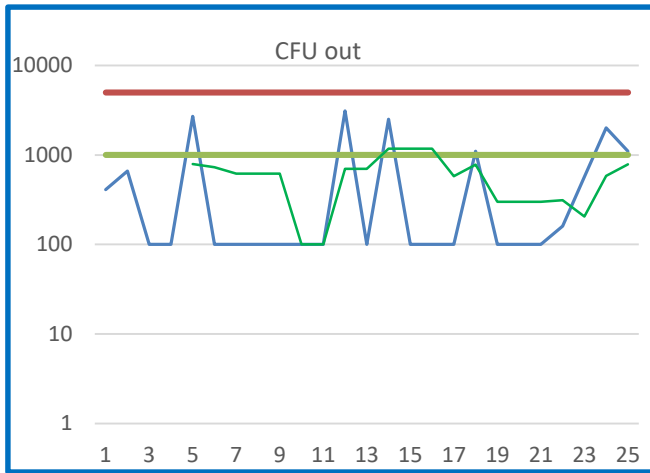
short retention time sufficient

Complete dose distribution ensure a dose of 67mJ/cm<sup>2</sup>

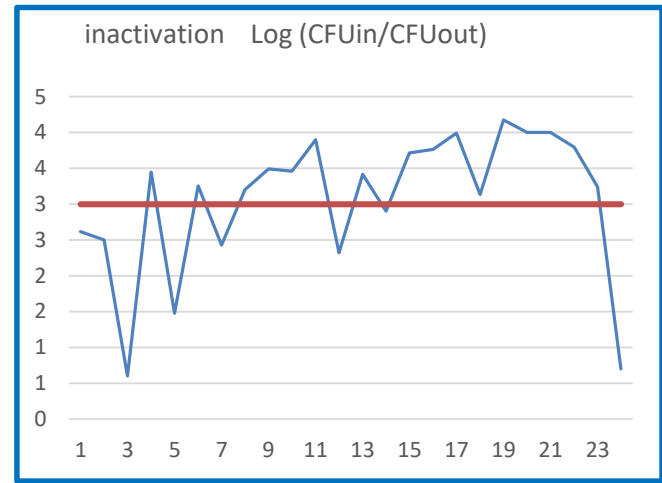




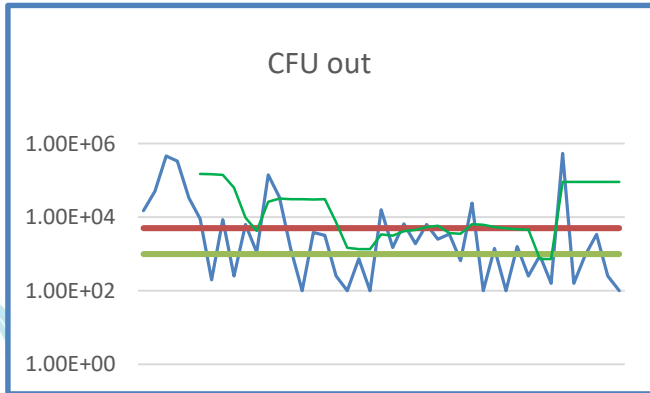
# comparação e conclusões



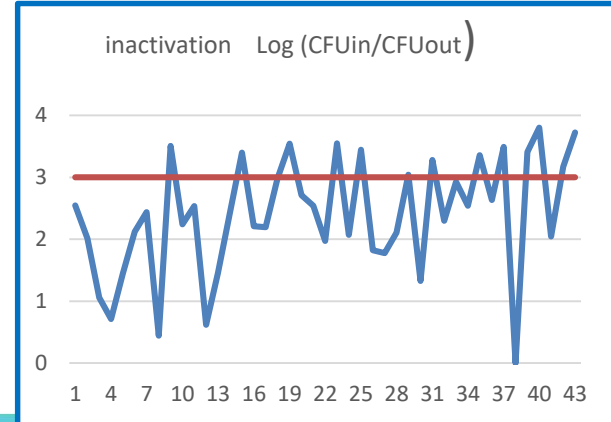
DEC  
2013



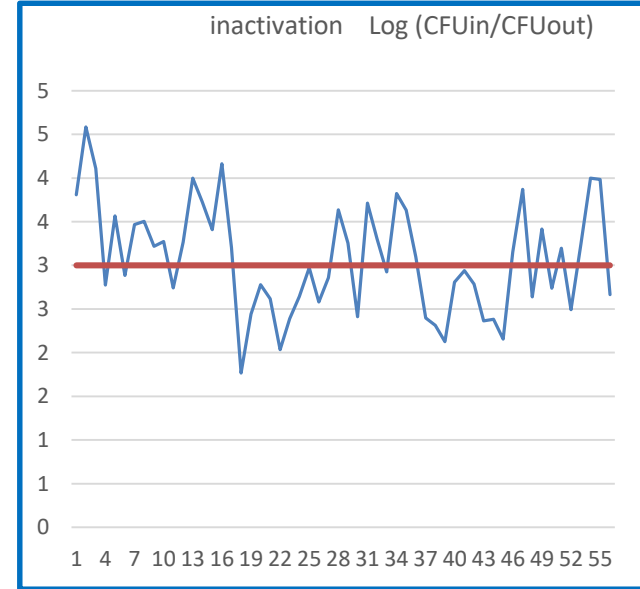
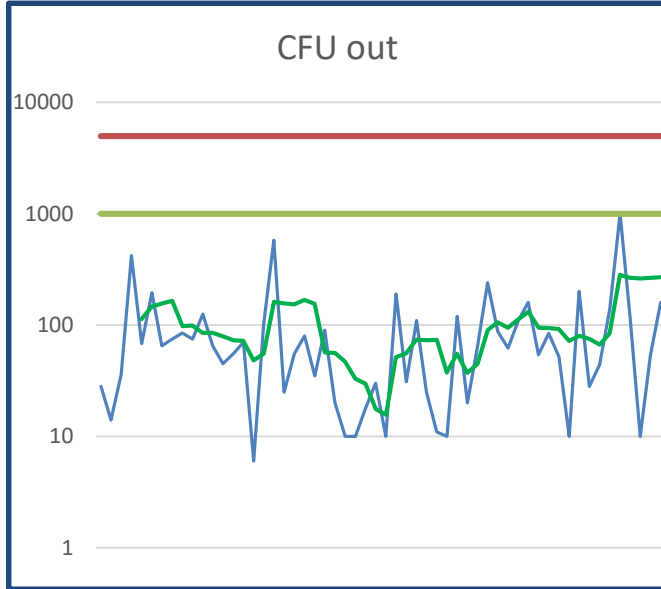
**After one year of operation the results were not the same. The permitted values were all overpassed**

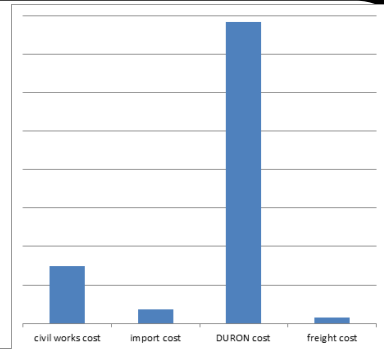
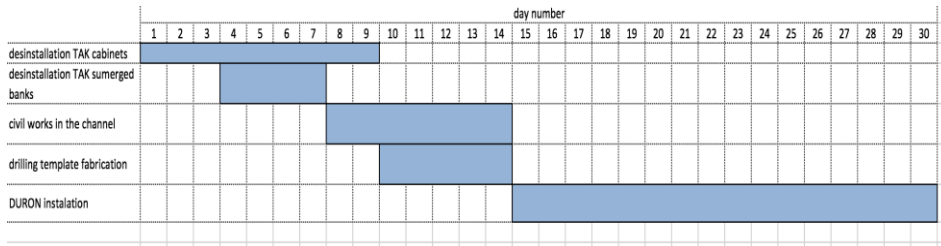
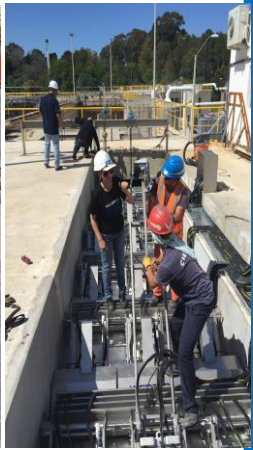
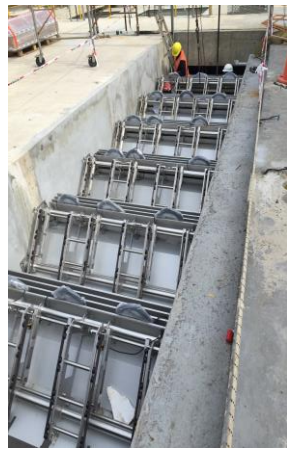


JAN  
2015



# transversal







# Controle



## filosofia de controle

A filosofia de controle e o design do novo equipamento transversal permitem que o sistema de controle minimize o consumo de energia. Para o sistema paralelo (que estudamos instalado no Uruguai), o consumo mínimo de energia (para fluxos mínimos ou abaixo e boa desinfecção) era de 70% da potência total de um banco (normalmente o controle aciona outros bancos quando a potência do primeiro banco excede 90 por cento). No caso de bancos escalonados baseados no design físico, o design normalmente usa mais bancos. Isso permite que o controle divida a energia entre mais bancos e atenda aos fluxos mínimos, exigindo menos energia. No caso em que estudamos em profundidade, uma estação de tratamento de águas residuais de uma cidade balneária, o fluxo de inverno é inferior a 20% do máximo e 40% do fluxo de verão. Isso exige o uso da potência mínima do equipamento por mais de 8 meses. O sistema escalonado usa apenas 2 bancos 50 por cento. do tempo. Por este motivo, o consumo de energia foi reduzido de 35% da potência total para os 15%. Isso representou uma economia de mais de 120 Mwh apenas no inverno. Outras economias ocorrem durante a operação normal no verão. No caso do TAK 55 para conseguir a desinfecção ótima, precisávamos usar 90 PCT do poder de desinfetar apenas 40% do fluxo. (130 KW) Com um transversal (DURON), precisávamos apenas de 60 KW para garantir a mesma taxa de desinfecção. Isso representou uma economia de 200 Mwhr. A redução total do consumo de energia foi de 320 Mwhr por ano (40.000USD)

# Lâmpadas

Baseado no mesmo estudo de tempo que fizemos acima. Os resultados para a vida útil da lâmpada e o custo da lâmpada são: Para o sistema paralelo: precisamos de um banco ligado o tempo todo e dois bancos ligam em 120 dias. Isso resulta em 8500 horas para o primeiro banco e 3000 para o segundo. Considerando que a vida útil da lâmpada é de 12.000 horas, usamos 70% da vida útil da lâmpada do primeiro banco e 25% do segundo banco. Se fizermos uma operação equilibrada, usamos 50% do tempo de vida útil das lâmpadas por ano. Precisamos substituir as lâmpadas a cada dois anos. Para o sistema escalonado, usamos apenas 2 bancos no inverno e 4 bancos no horário de verão. Por esse motivo, usamos apenas 30% da vida útil da lâmpada por ano. Então, precisamos substituir as lâmpadas a cada 3 anos. Isso resulta em economia de 30% dos custos da substituição da lâmpada.

A manutenção dos sistemas escalonados é mais fácil que os paralelos,Primeiro todas as conexões elétricas estão fora do fluxo. Esta é uma característica do design de todos os sistemas similares que estudamos. Como as águas residuais possuem características altamente corrosivas, o projeto de sistemas transversais com todas as conexões fora do fluxo resulta em menos corrosão dos conectores elétricos e eletrônicos.Outra vantagem deste design é a possibilidade de trocar a luva e as lâmpadas sem tirar todo o banco. Em alguns casos, é possível, para um operador experiente e treinado, trocar as lâmpadas com o funcionamento do banco.Nos últimos dois anos, isso nos proporcionou uma economia de mais de 100 horas / homem, apenas para manutenção e, estimamos, isso representará uma economia de mais **de 200 horas / homem para a troca de lam de todas as lâmpadas da EOLL.**



## CONCLUSÕES

### CONCLUSÕES

- A substituição de um sistema paralelo por um escalonado resultou em uma desinfecção mais eficaz  
Com a análise de custos acabada podemos concluir: as economias obtidas durante o primeiro ano pagaram os custos das obras de substituição.
- O custo do equipamento pode ser pago em menos de 10 anos.  
Finalmente, os resultados da desinfecção são ideais, sem risco de resultados baixos de desinfecção.
- Todos os parâmetros influenciados devem ser cuidadosamente investigados antes da especificação de um sistema de desinfecção UV para garantir a eficiência ideal do sistema.
- Os fornecedores de tecnologia devem se engajar em seus próprios estudos contínuos desses parâmetros para informar sobre o equipamento final projetado para instalação
- O operador do sistema e o provedor de manutenção também devem ter um conhecimento profundo da tecnologia. As novas especificações e orientação para o design (UVDGM) devem ser usadas quando o pré-projeto e as especificações estiverem sendo elaborados.
- 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
- Boa operação do equipamento reduz custos de energia. 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  
Boa operação do equipamento reduz custos de energia.



# IUVANews

Vol. 18, Issue 3 • Fall 2016

- Response to Paper on UV Disinfection of *E. coli* and *P. aeruginosa*
- UV Sensitivity Review



Official Publication of the International Ultraviolet Association

# obrigado

## REFERENCES:

Bolton, J. R. and Cotton, C.A. 2008 The Ultraviolet Disinfection Handbook, American Water Works Association, Denver, CO.

USEPA, 2006. *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule*. Available on the web at: [f.US Environmental Protection Agency](http://www.epa.gov), Washington, DC.

## agradecimientos

OSE /UGD

ING. HUGO TRÍAS

ING. CÉSAR FERNANDEZ

ING FABIAN GOMEZ

CIEMSA ( MALDONADO)team

DR JIM BOLTON

WEDECO/XYLEM TEAM

**Ing. Alvaro Irigoyen**  
**Estudio IRIGOYEN**  
**LINEBAY S.A.**  
**MONTEVIDEO URUGUAY**

**[irigoyen@netgate.com.uy](mailto:irigoyen@netgate.com.uy)**

