



Sistemas de Recirculación para la Acuicultura

Diseños de Sistemas

Gustavo Parada

Diseño conceptual

➤ Capacidad de producción:

- ✓ Número y peso de peces a siembra
- ✓ Cosecha Número y peso

➤ Configuración del sistema de estanques:

- ✓ Numero de circuitos independiente
- ✓ Número de estanques por circuito
- ✓ Tipo y tamaño de los estanques

➤ Determinación de la carga:

(máxima por circuito)

- ✓ Producción de CO₂
- ✓ Producción de Amonio
- ✓ Requerimiento de O₂
- ✓ Producción de sólidos

Requerimiento de O₂,
y emisiones de CO₂

Producción de CO₂

- Base Molar
 - 1 mole de CO₂ producido por cada 1 mole O₂ consumido
- Base másica
 - 1.38 g of CO₂ producido por cada 1 g O₂ consumido

> Efectos del CO₂

- Reduce capacidad de transporte de O₂
- Promueve la deposición de Ca en riñón
- → Baja crecimiento, mortalidad

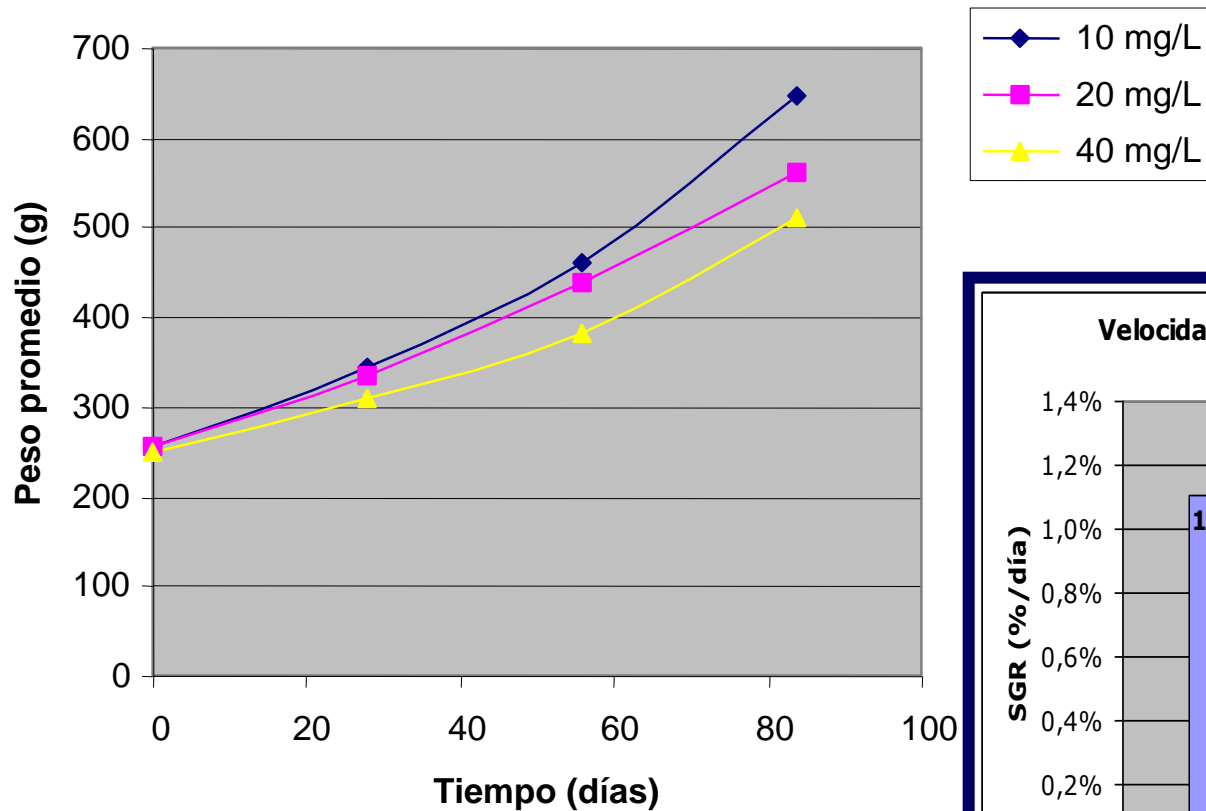
> Efectos del CO2

El nivel seguro depende de la especie, estado de desarrollo y de la calidad del agua

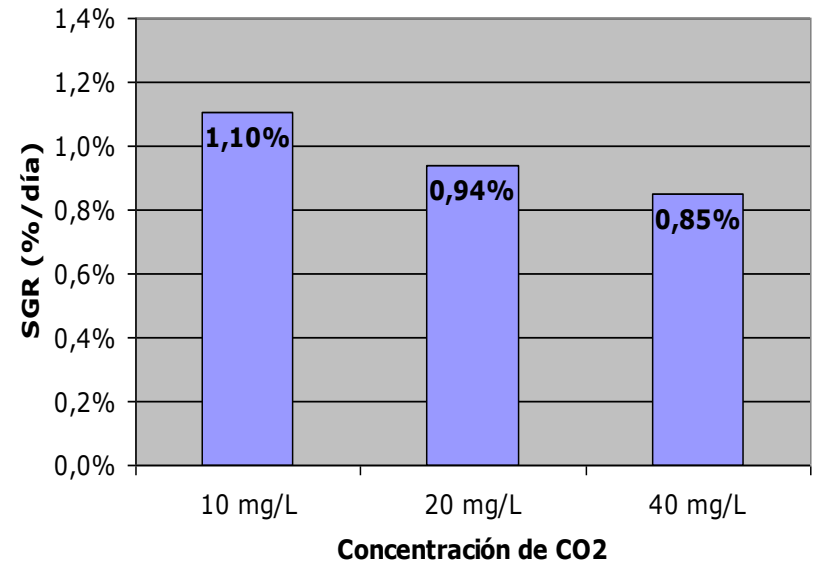
Especie	Concentración mg/L
Tilapia	60
Trucha	9 – 30
Salmón	<20

Efecto de CO2 en crecimiento

Crecimiento de Trucha arcoiris



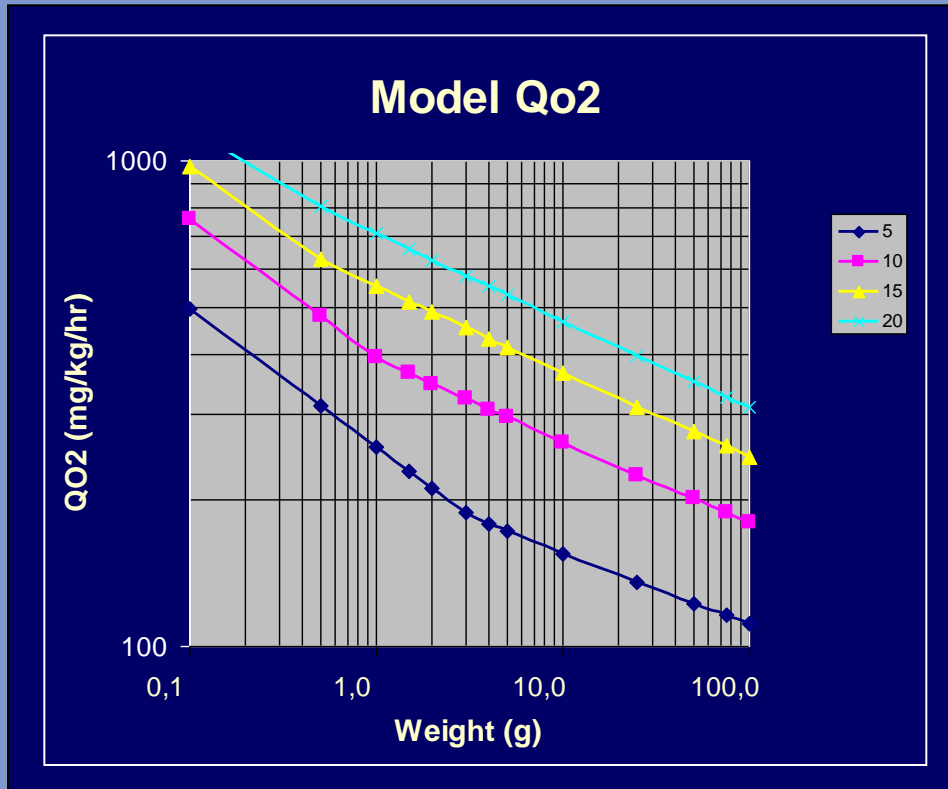
Velocidad específica de crecimiento de trucha arcoiris



Requerimiento de O₂

- Depende de:
 - La especie
 - Temperatura
 - Tamaño/edad
 - Estado fisiológico
 - Salinidad
 - Esfuerzo físico
 - Stress

Requerimiento de O2



Modelo de diseño
para Salmón

Base model $q_{O_2} = A \times W^b \times T^c$

Swimming factor = 1,79^v

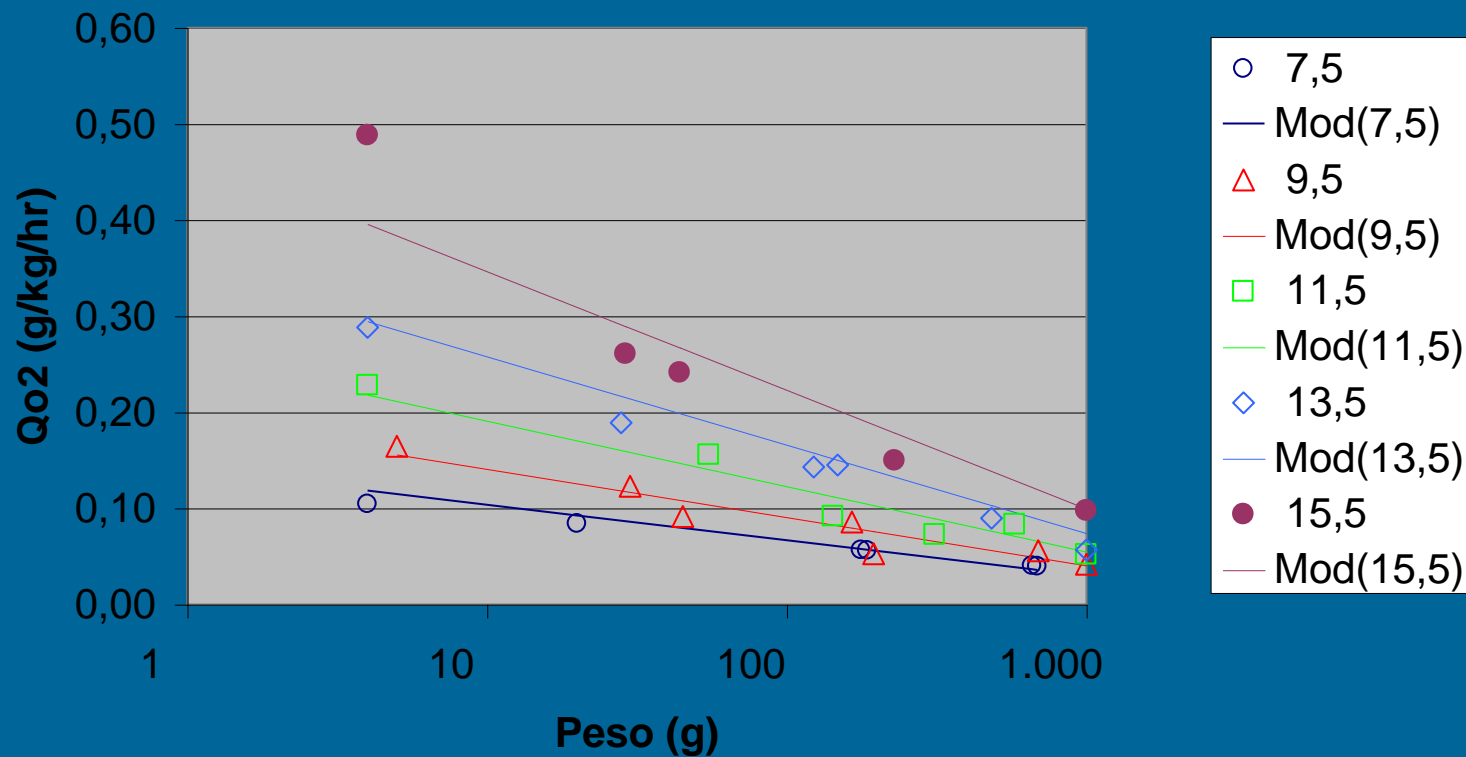
[v = speed in body lengths per second]

Correction of 25 mg O₂/kg/hr

[discrepancy & safety]

Requerimiento de O2

Modelo Qo2 Turbot



Emisión de amonio y
Sólidos suspendidos

Producción de amonio

- Toxicidad de Amonio
 - NH₃ altamente tóxico
 - Se recomienda NH₃ < 0,025 mg/L
 - N-NH₃ < 0,02 mg/L



a pH 7 = 10mg/L de N-NH₃ (NAT)

Muy riesgoso → NAT < 1 mg/L (frios)
→ NAT < 3 mg/L (cálidos)

Fracción de NH₃ en N-NH₃

<u>Temp °C.</u>	<u>pH</u>					
	<u>6.0</u>	<u>6.5</u>	<u>7.0</u>	<u>7.5</u>	<u>8.0</u>	<u>9.0</u>
10	-	0.1	0.2	0.6	1.8	15.7
15	-	0.1	0.3	0.9	2.7	21.5
20	-	0.1	0.4	1.2	3.8	28.4
25	0.1	0.2	0.6	1.8	5.4	36.3
30	0.1	0.3	0.8	2.5	7.5	44.6

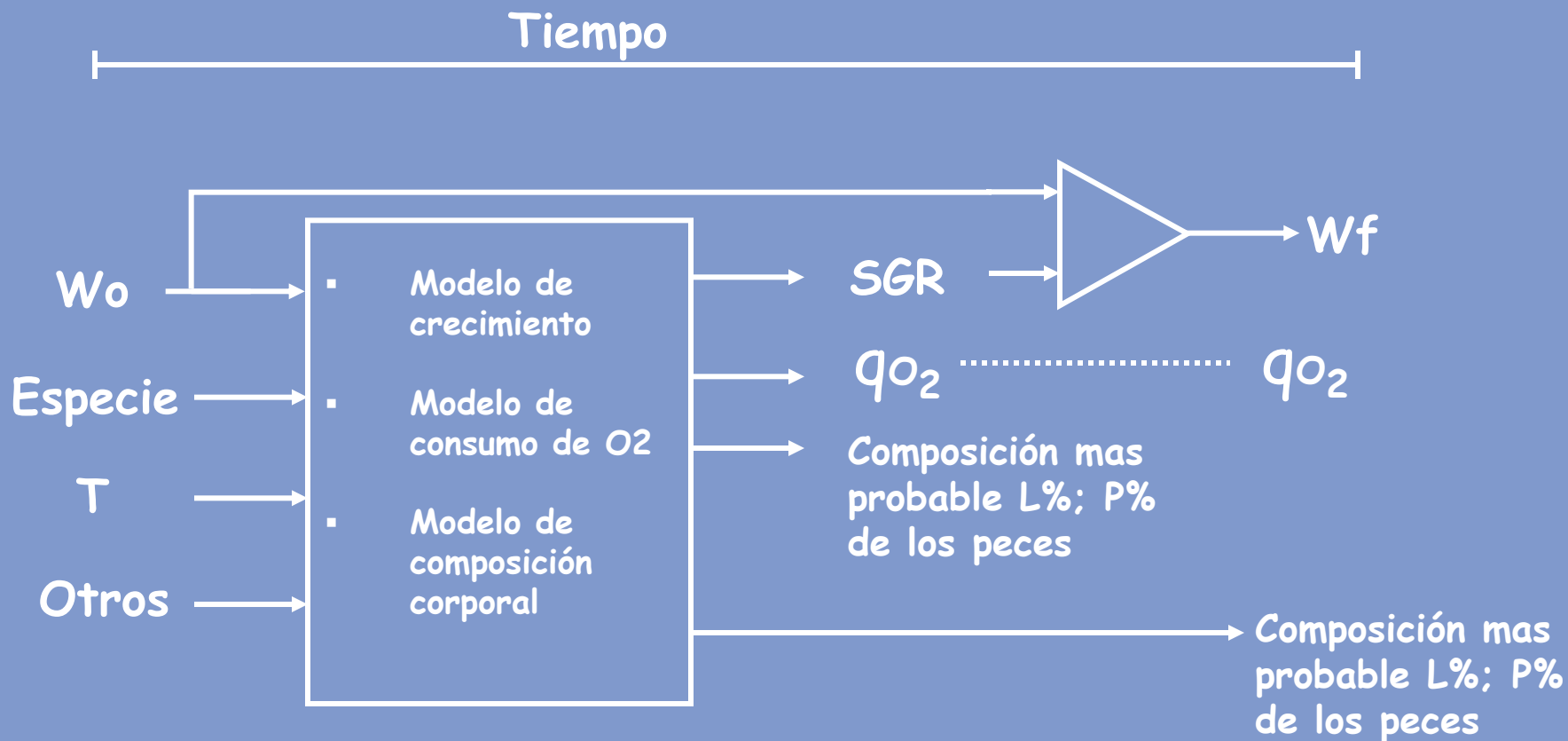
Producción de amonio

- Depende de:
 - La especie
 - Composición del alimento
 - Tamaño/edad
 - Estado fisiológico

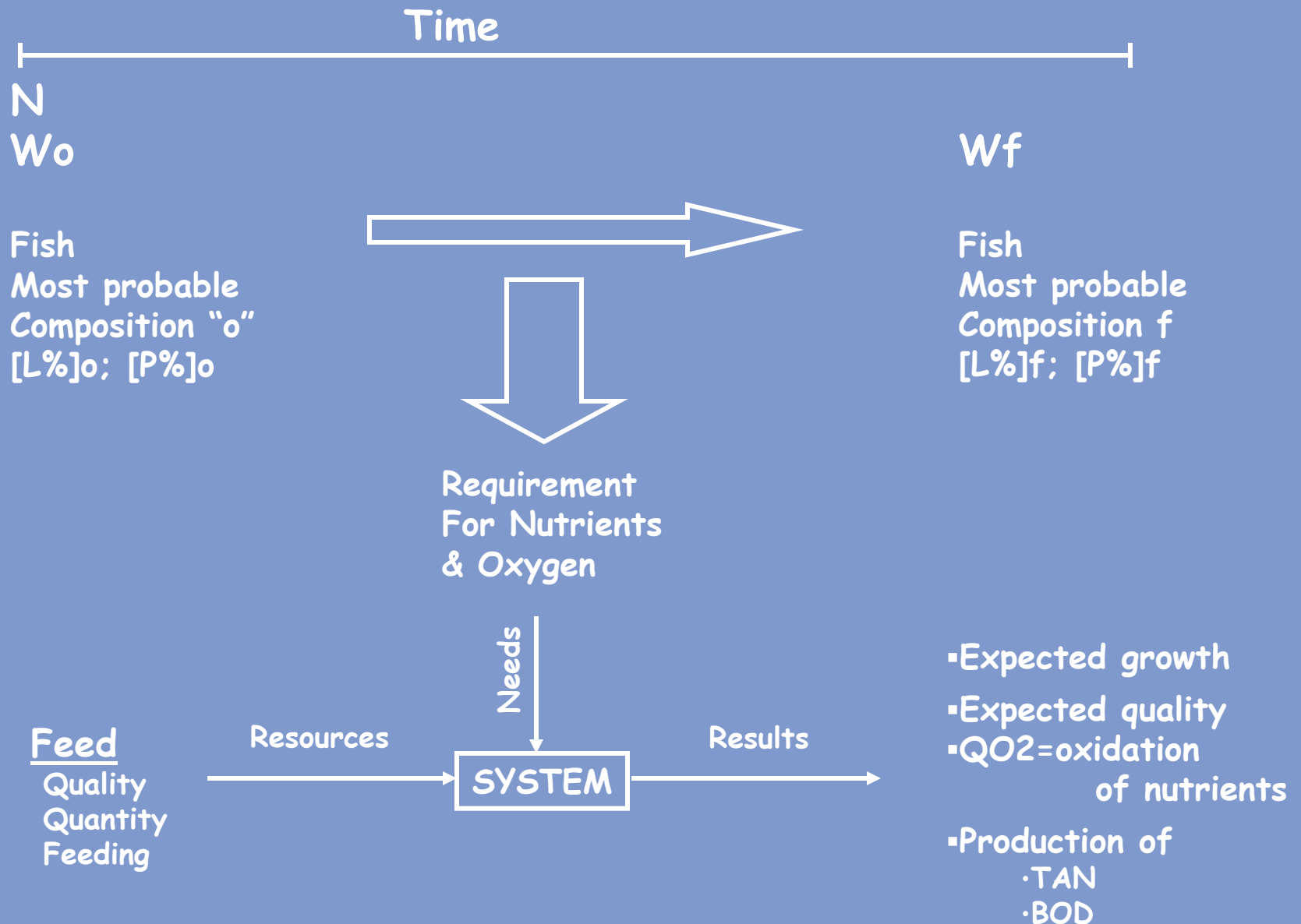
Producción de amonio

- Se puede estimar por:
 - Estimación en base al alimento consumido
 - Balance simple de nitrógeno
 - Modelo nutricional

Modelo nutricional



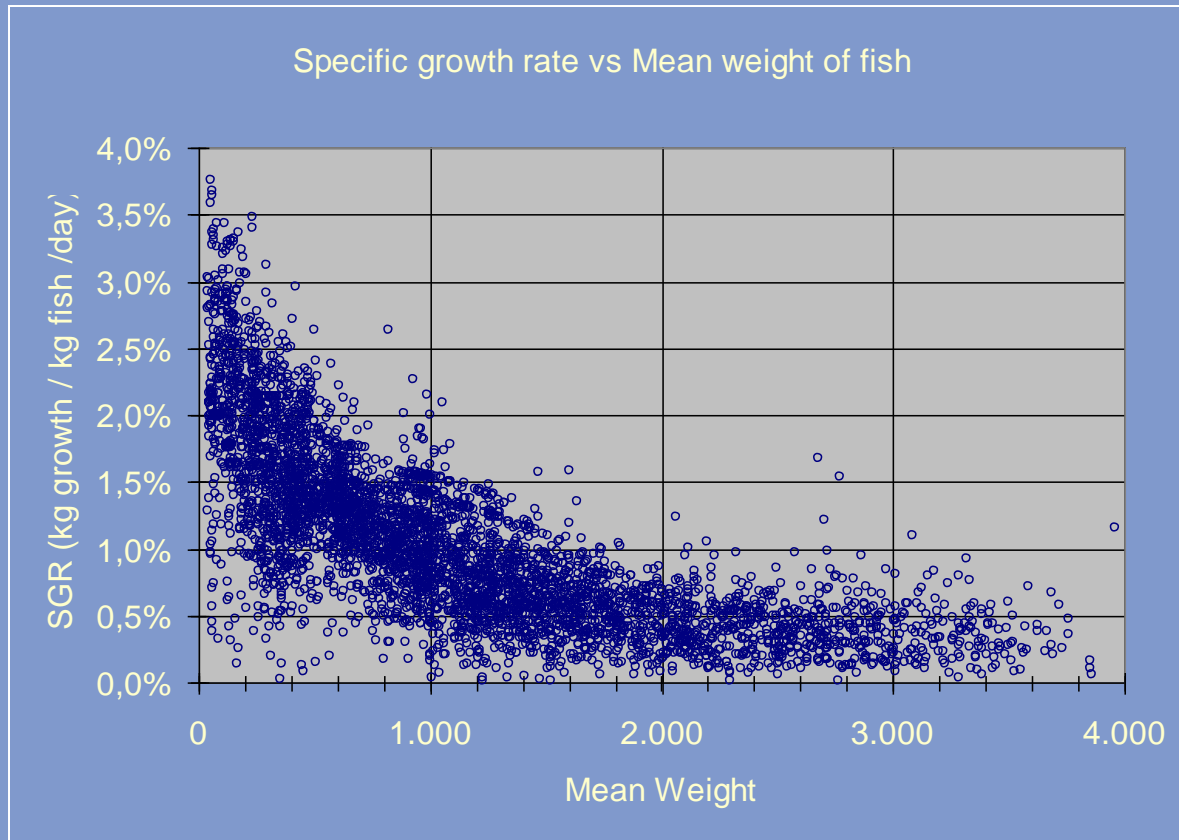
Modelo nutricional



Modelo nutricional

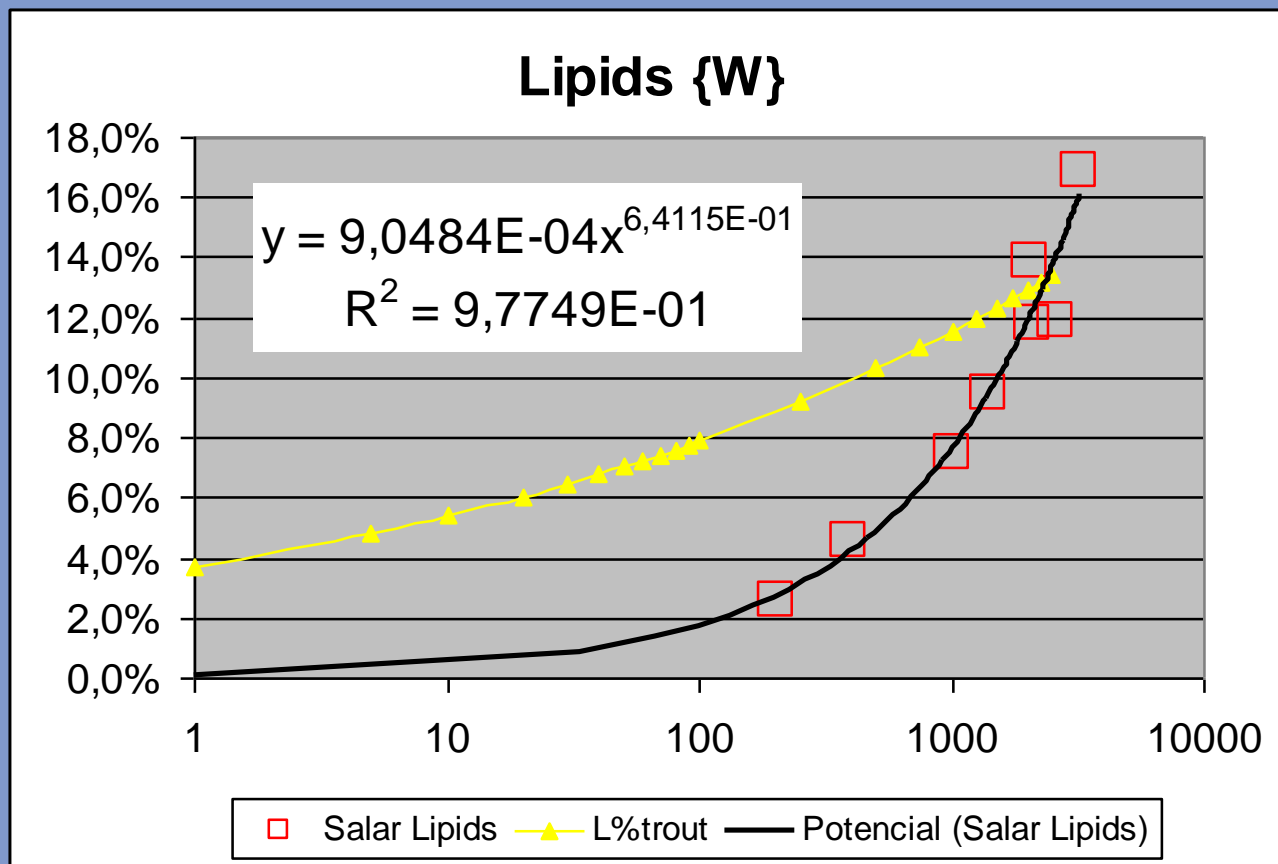
Modelling Growth (SGR)

$$\text{Base model SGR} = \text{SGRo} \times \text{Ln}(W) \times T^a$$



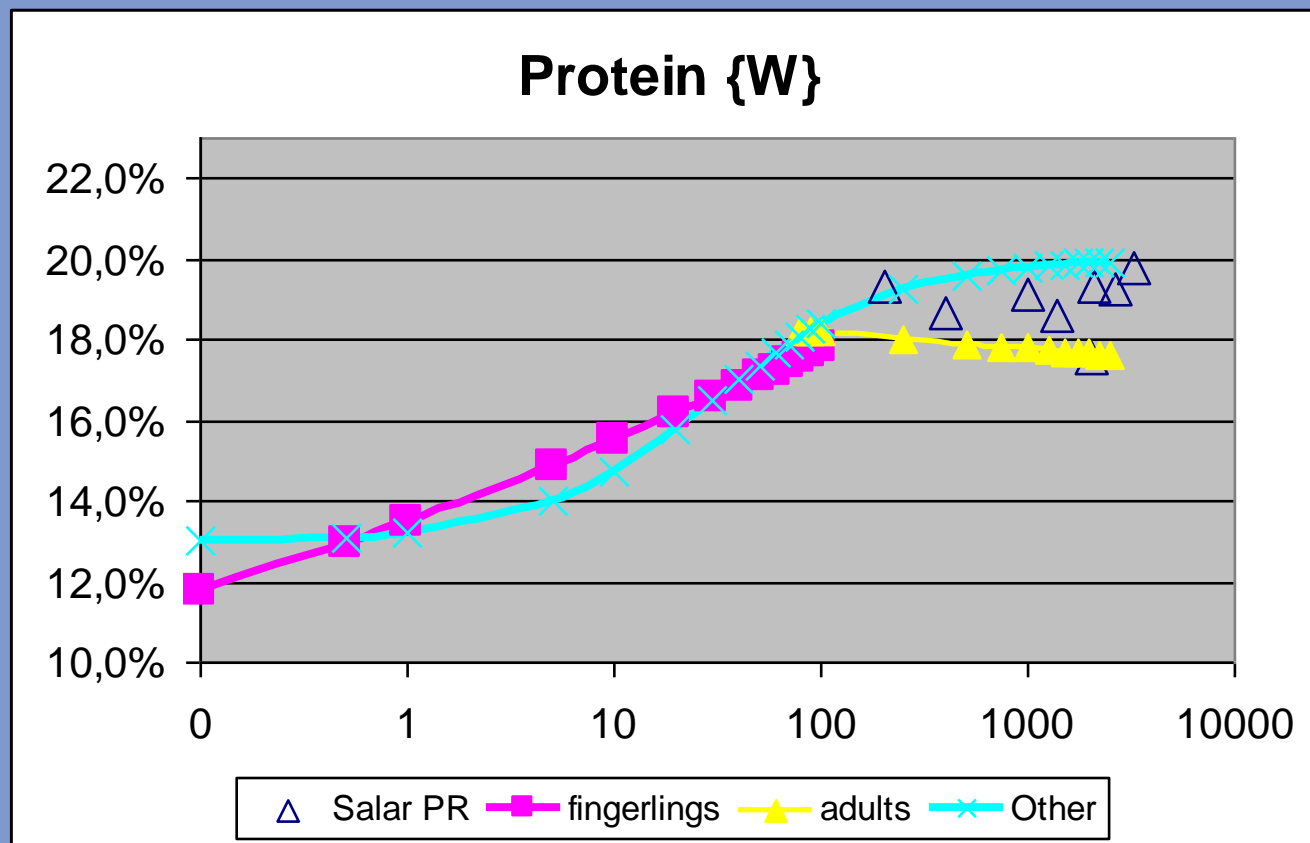
Modelo nutricional

Fish Composition



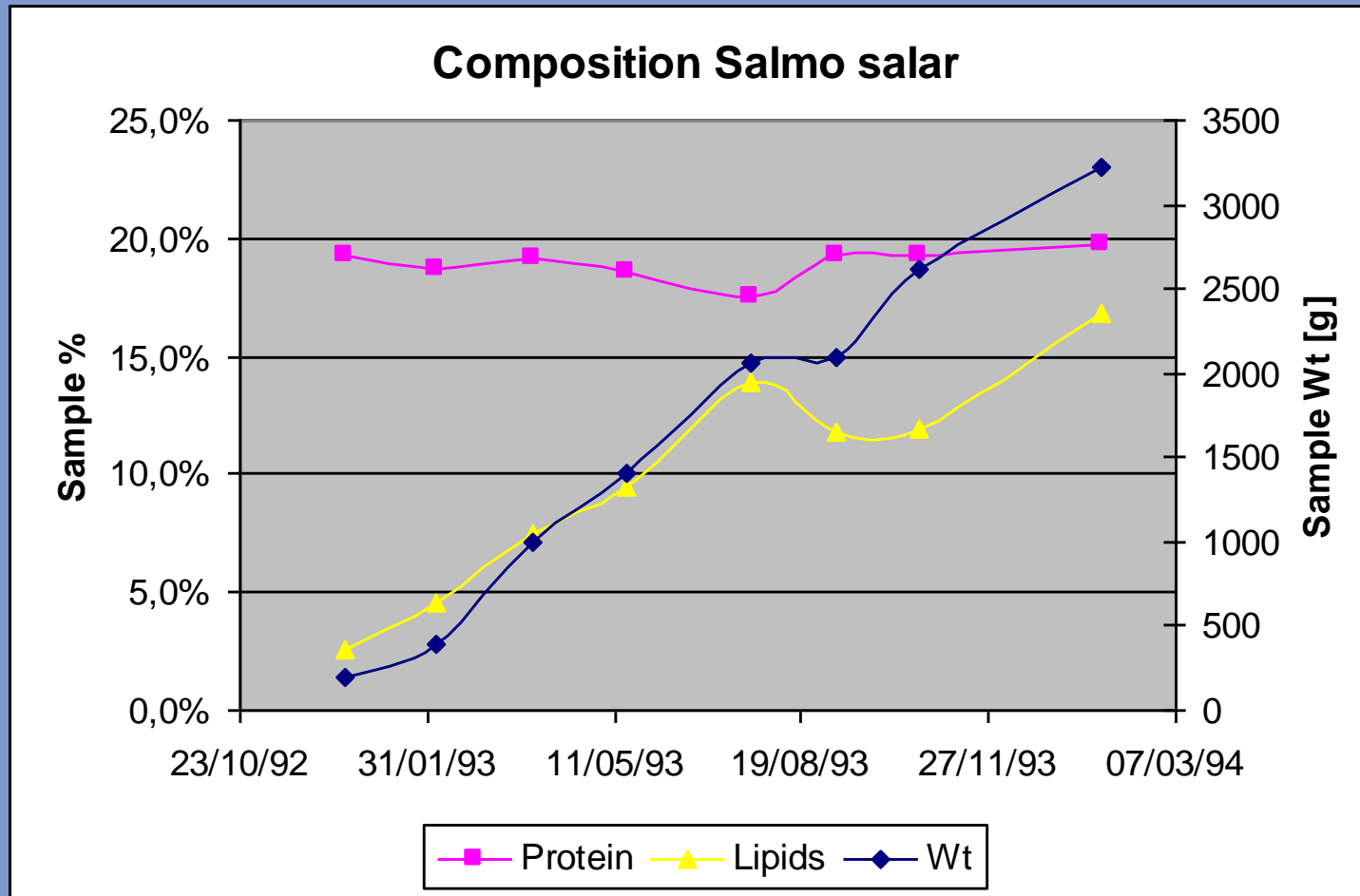
Modelo nutricional

Fish Composition



Modelo nutricional

Fish Composition



Modelo nutricional

Catabolism of nutrients

Amino acids (aa herring)



Faty acids (fish oil)



Modelo nutricional

Catabolisis

	1 g Protein catabolized	1 g Lipid catabolized	1 g CHO catabolized
<i>O2 required</i>	1,445 g	2,854 g	1,185 g
<i>NH4 excreted</i>	0,206 g	0	0
<i>CO2 produced</i>	1,940 g	2,858 g	1,630 g

Modelo nutricional

FEED		
	Composition	Digestibility
Protein	52,0%	90%
Fat	22,0%	90%
Carbohidrates	8,2%	30%
Fibre	0,8%	0%
Ash	10,0%	
Water	7,0%	

Time zero conditions	
N (fish number)	100000
W (average weight [g])	80
P% (protein content)	18,1%
L% (lipid content)	1,50%

Over feeding rate	13%
Period analysed [days]	1
Temperature [°C]	14

SGR (1/day)	1,45%
qo2	242 mg/kg/hr

Final conditions		
W (average weight) [g]		81
P% (protein content) [%]		18,2%
L% (lipid content) [%]		1,52%
Biomass Increase [kg]		117
Protein retention [kg]		27,2
Lipids retention [kg]		2,9
Oxigen used [kg]		46,48

Modelo nutricional

	Feed given	Wasted	Ingested	digested	excreted	Retained [kg]	Catabolized
Total	X	0,129X	0,871X	0,601X	0,269X	30,1	
Protein	0,52X	0,067X	0,453X	0,408X	0,045X	27,2	0,408X-27,2
Lipids	0,22X	0,028X	0,192X	0,172X	0,019X	2,9	0,172X-2,9
Carbohidrate	0,082X	0,011X	0,071X	0,021X	0,05X		0,021X-0
Fibre	0,008X	0,001X	0,007X	0X	0,007X		
Ash	0,1X	0,013X	0,087X	0X	0,087X		
Water	0,07X	0,009X	0,061X	0X	0,061X		

$$1,445x(0,408X-27,2) + 2,854x(0,172X-2,9) + 1,185x(0,021X-0) = 46,48$$

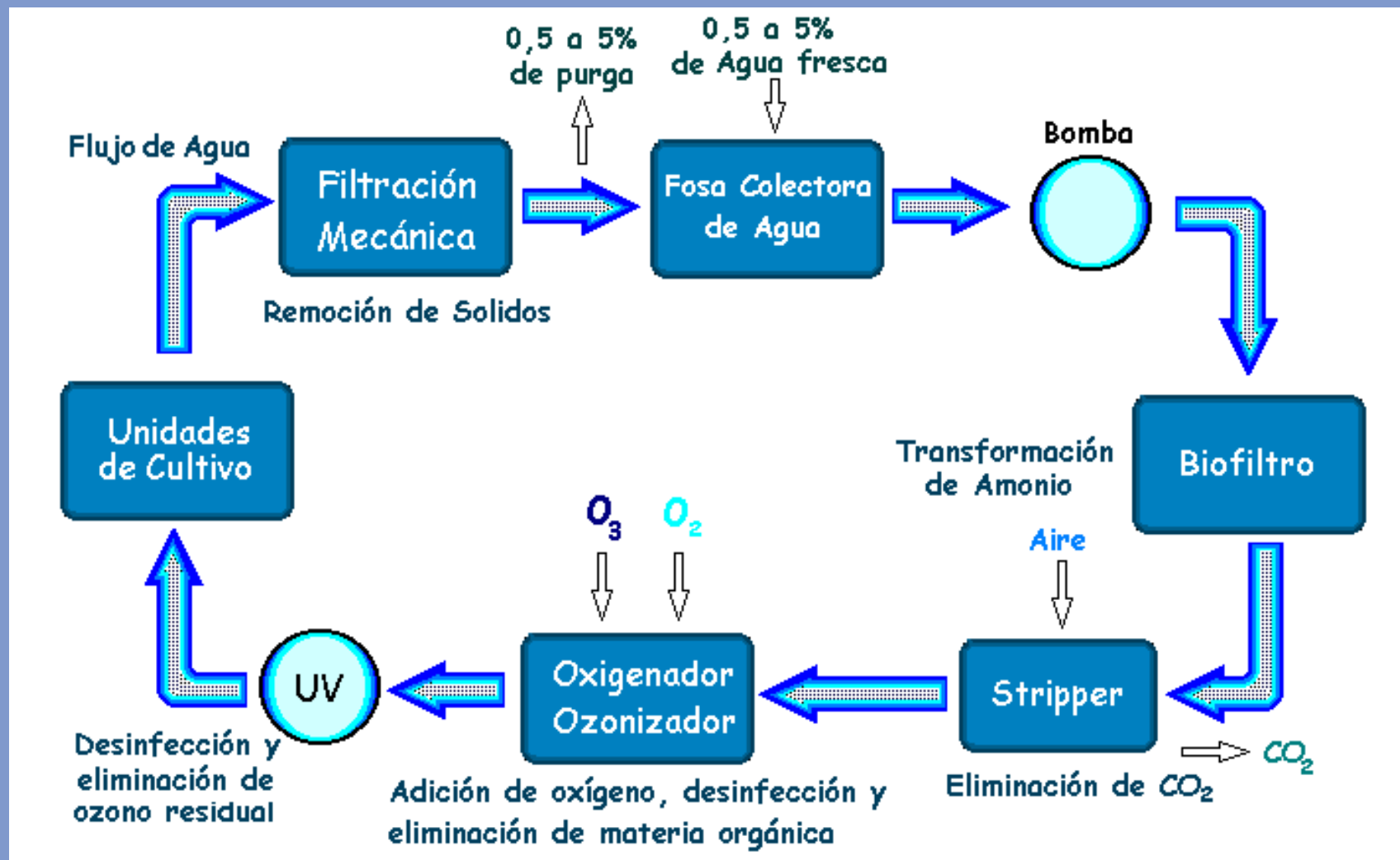
Feed utilized [kg] 85

EMISIONS		
Uneaten Feed	11,0 kg/day	13%
Feaces	17,7 kg/day (dw)	21%
protein	3,8	9%
lipids	1,6	9%
carbohidrates	4,2	61%
fibre	0,6	87%
ash	7,4	87%
N-NH3	1,26 kg/day	
CO2	51,0 kg/day	
BOD	15,9 kg O2 / day	
Potential N-NH3	0,79 kg/day	

Results of Simulation: W=40g; T=14°C; Commercial feed 2002

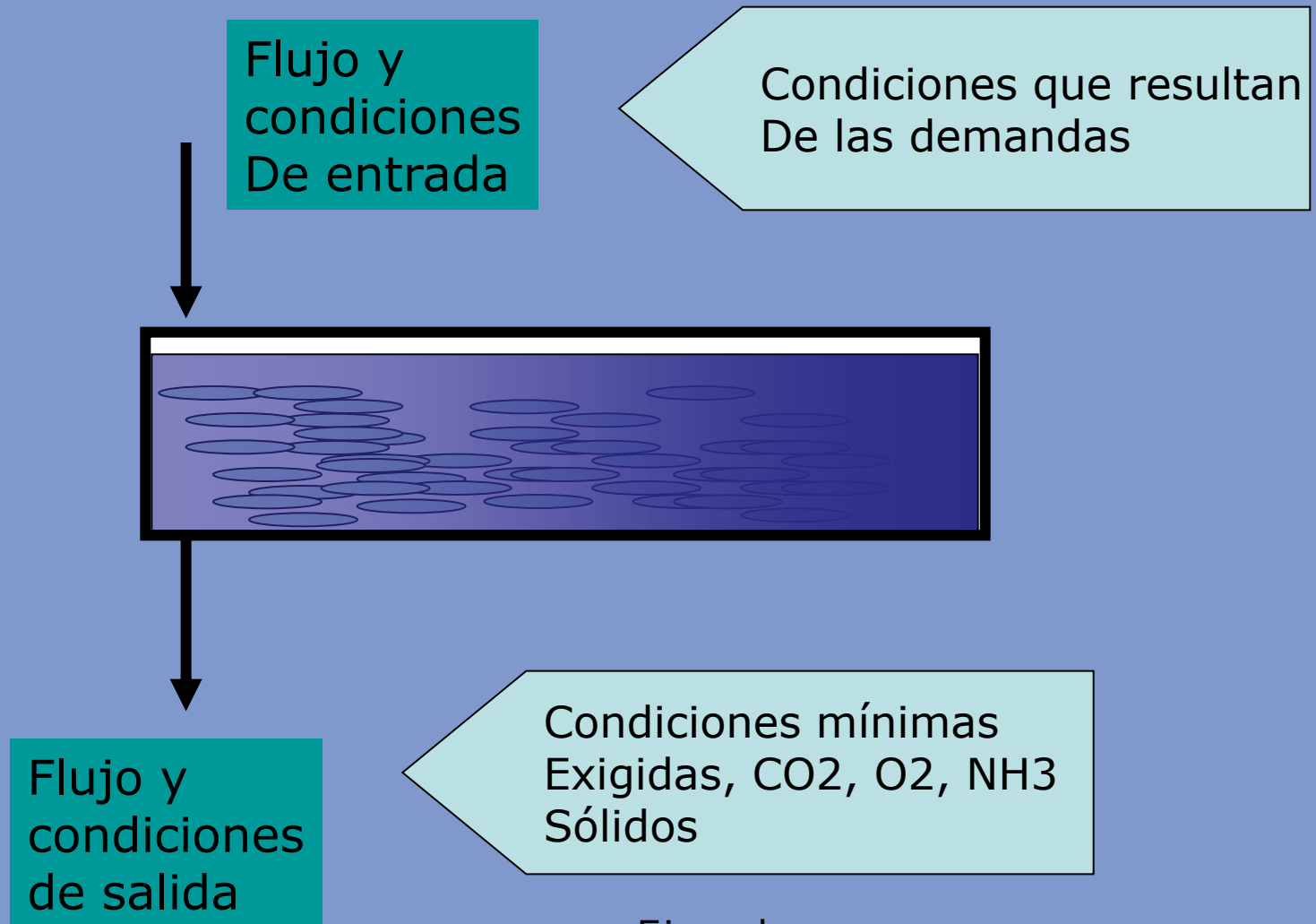
FEED		52/22	51/21	50/20	52/20*	52/18	48/16	48/12
Protein		52,0%	51,0%	50,0%	52,0%	52,0%	48,0%	48,0%
Fat		22,0%	21,0%	20,0%	20,0%	18,0%	16,0%	12,0%
Carbohidrates		8,2%	10,2%	12,0%	10,0%	12,0%	15,5%	19,4%
Fibre		0,8%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	2,0%	3,0%
Ash		10,0%	9,8%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	9,0%
Water		7,0%	7,0%	7,0%	7,0%	7,0%	8,5%	8,6%
AA balance required		89%	88%	88%	86%	83%	83%	76%
Feed [kg/day]		58	59	61	60	62	67	73
Uneaten Feed	kg/day	12,7	13,0	13,3	13,1	13,6	14,8	16,1
Feaces	kg/day (dw)	10,8	11,6	12,5	11,8	12,8	15,4	18,1
protein		2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,7
lipids		1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7
carbohidrates		2,6	3,3	4,0	3,3	4,1	5,7	7,8
fibre		0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	1,1	1,7
ash		4,5	4,5	4,7	4,7	4,9	5,3	5,1
N-NH3	kg/day	0,40	0,42	0,44	0,53	0,67	0,67	1,01
CO2	kg/day	27,8	28,0	28,2	28,3	28,9	29,2	30,6
BOD	kg O2 / day	9,7	10,6	11,4	10,6	11,5	14,0	17,2
Potential N-NH3	kg/day	0,48	0,49	0,49	0,50	0,52	0,52	0,57

CON recirculación



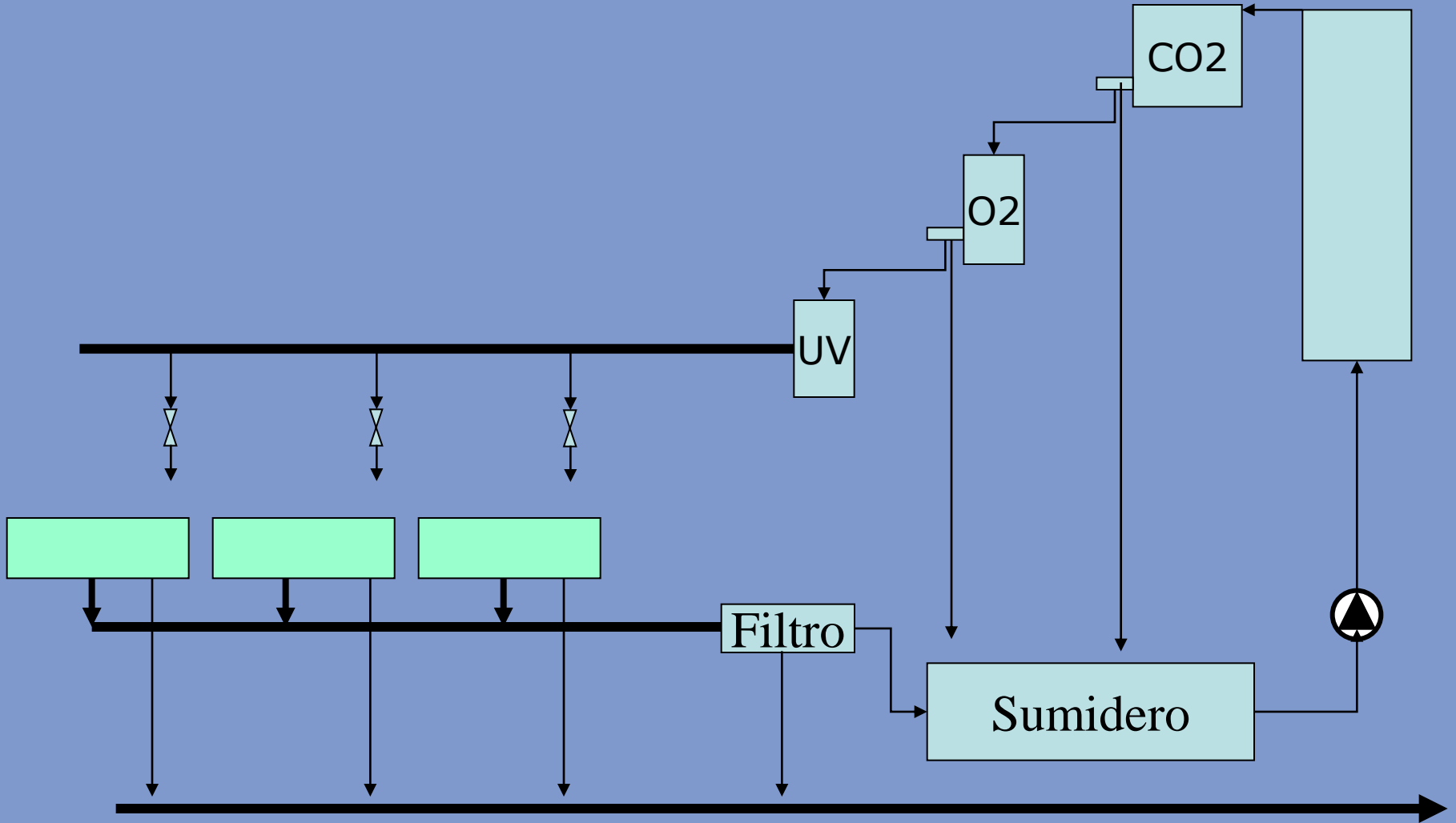
Diseño del circuito

El estanque

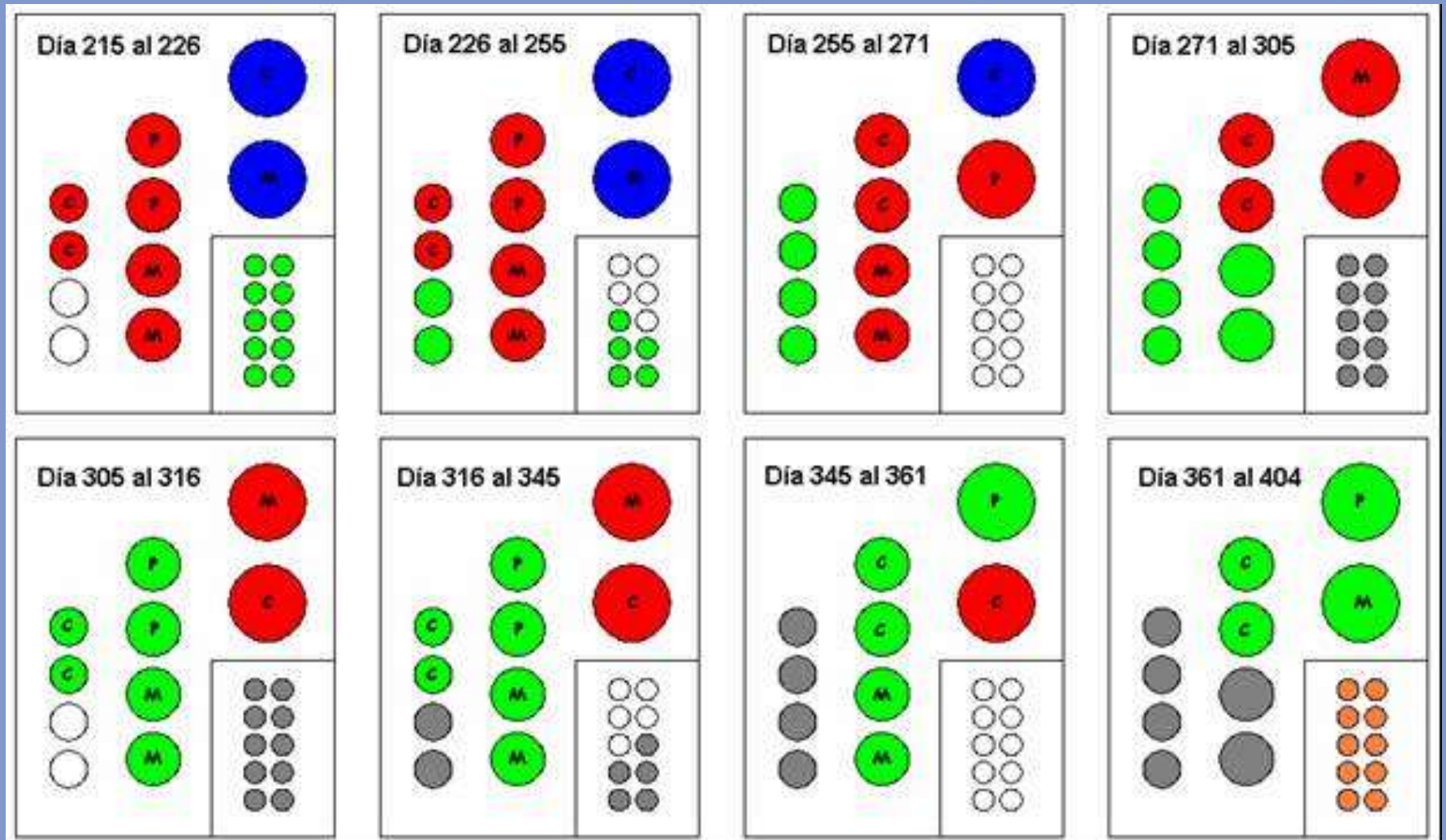


Ejemplo:
CO2 < 20 mg/L
N-NH3 < 1 - 3 mg
pH < 7,5

Configuración: función del proceso químico

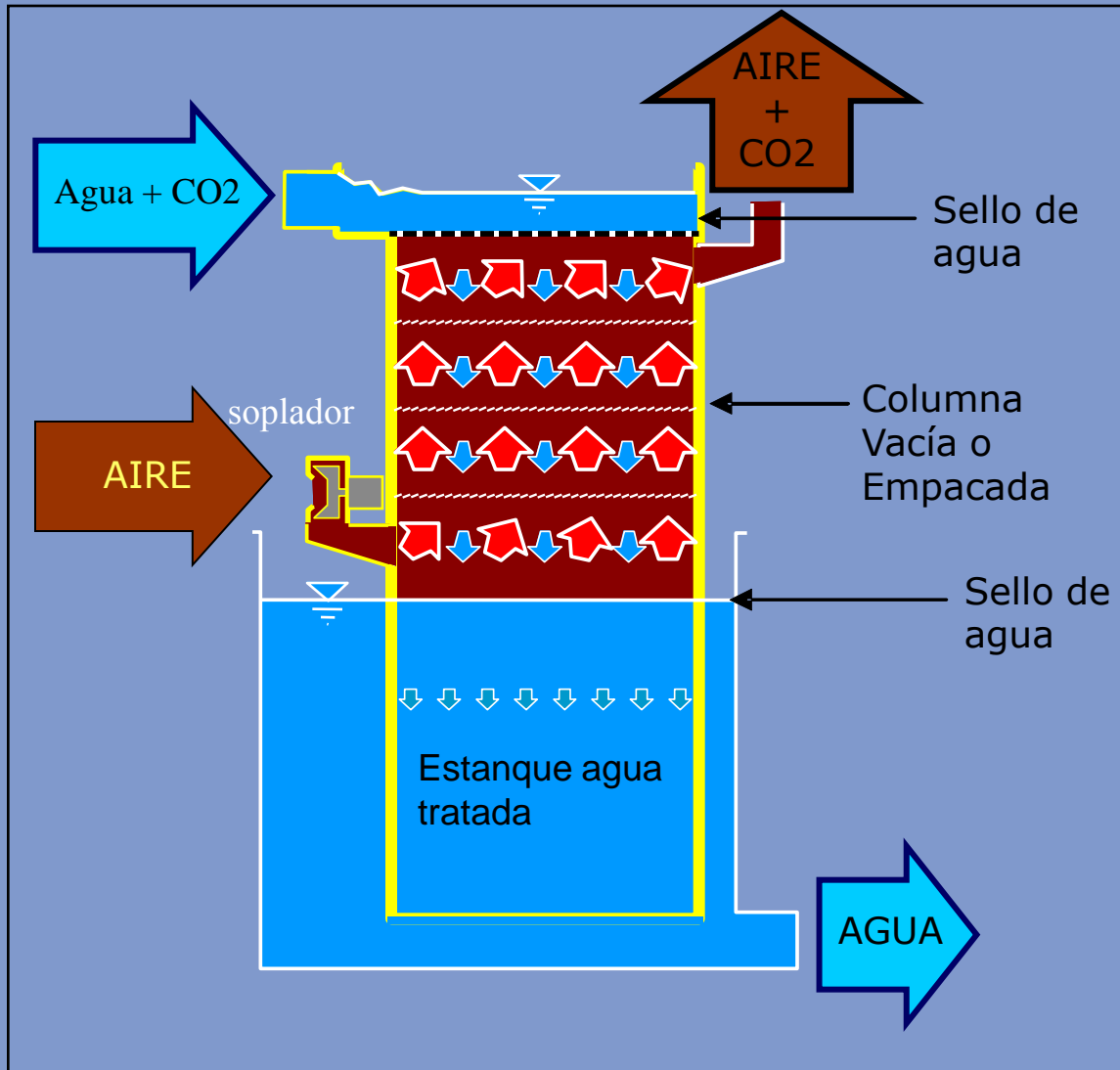


Configuración: Función del proceso de crianza



Manejo de Gases O₂ y CO₂

Eliminador de CO2

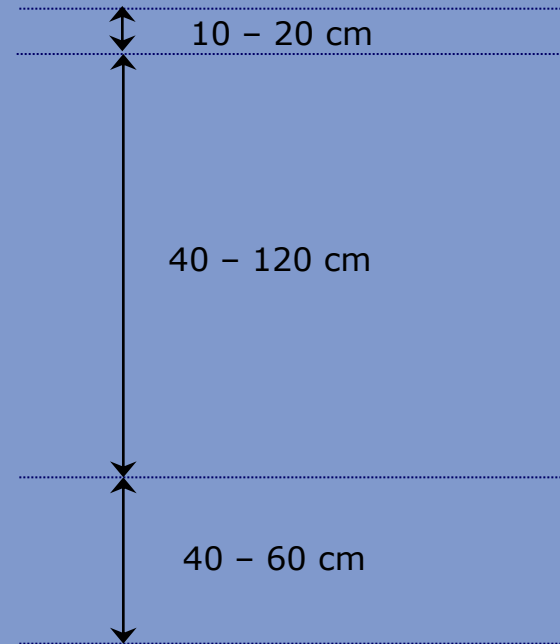
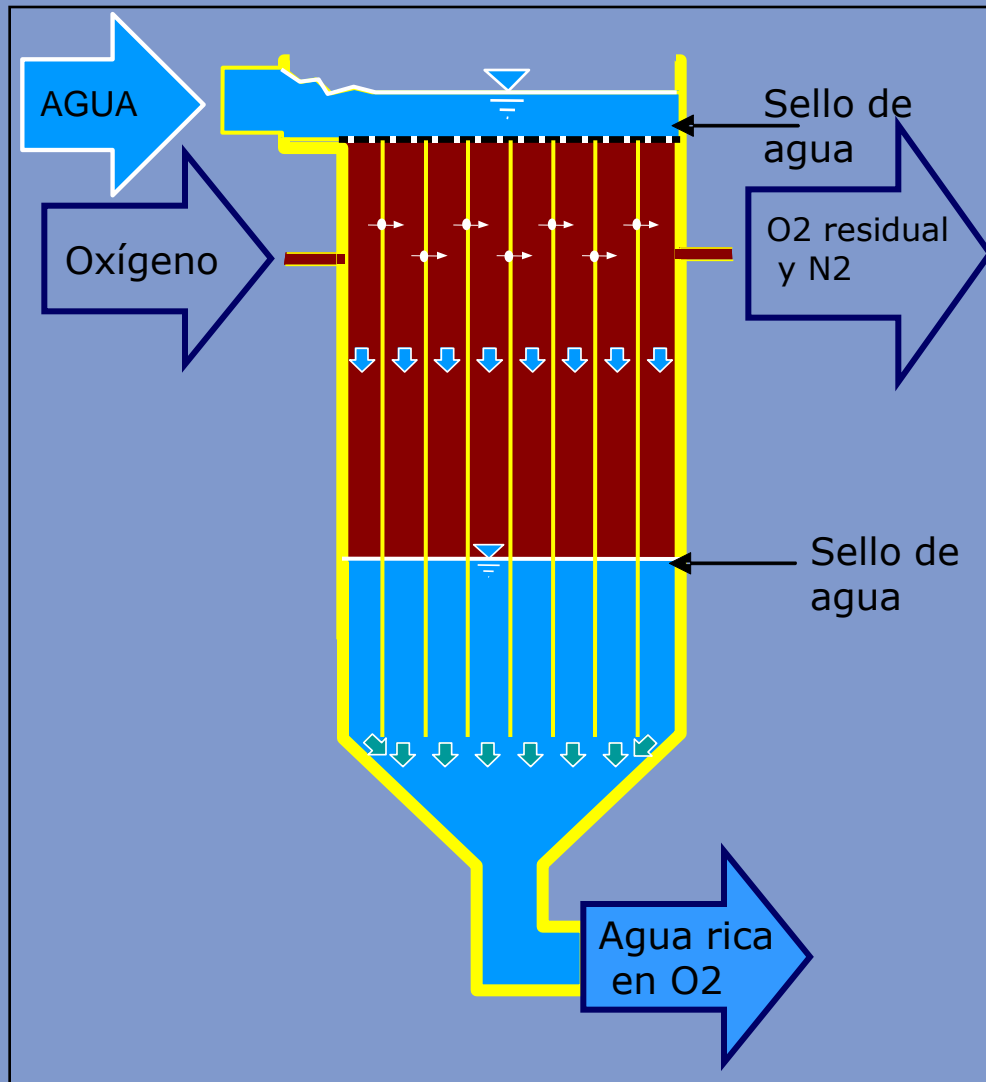


Decarbonatación

- Parámetros de diseño

	<u>Rango bajo</u>	<u>Rango alto</u>
Distribución de agua	Plato perforado	Aspersores
Carga hidráulica	10 (L/s)/m ²	30 (L/s)m ²
Distribuidor interno	Placas perforadas	Relleno al azar
Alto de torre	0,5 m	2,0 m
Volumetrico G/L	1	20
Eficiencia	40%	40%

Oxigenador de baja carga



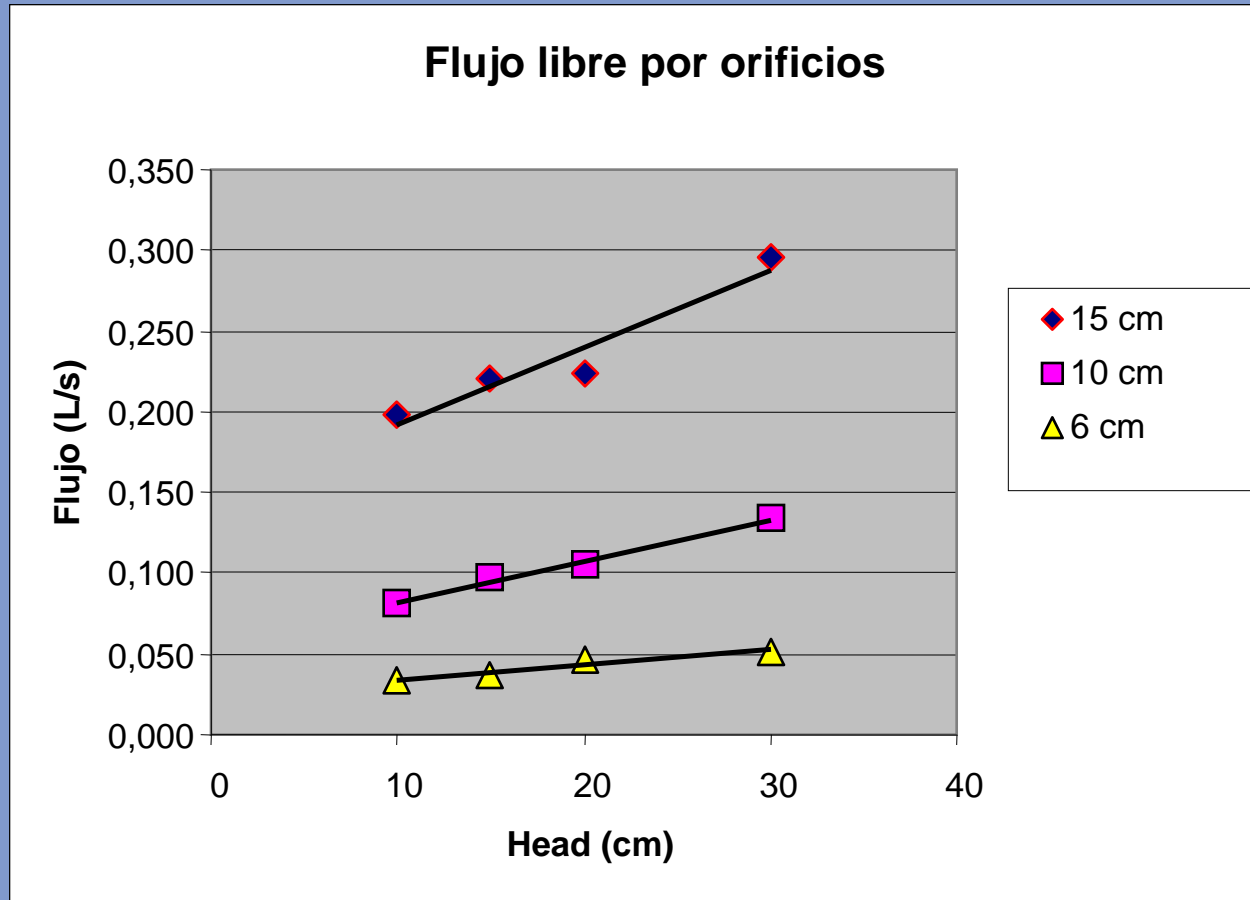
Oxigenador de baja carga

- Parámetros de diseño

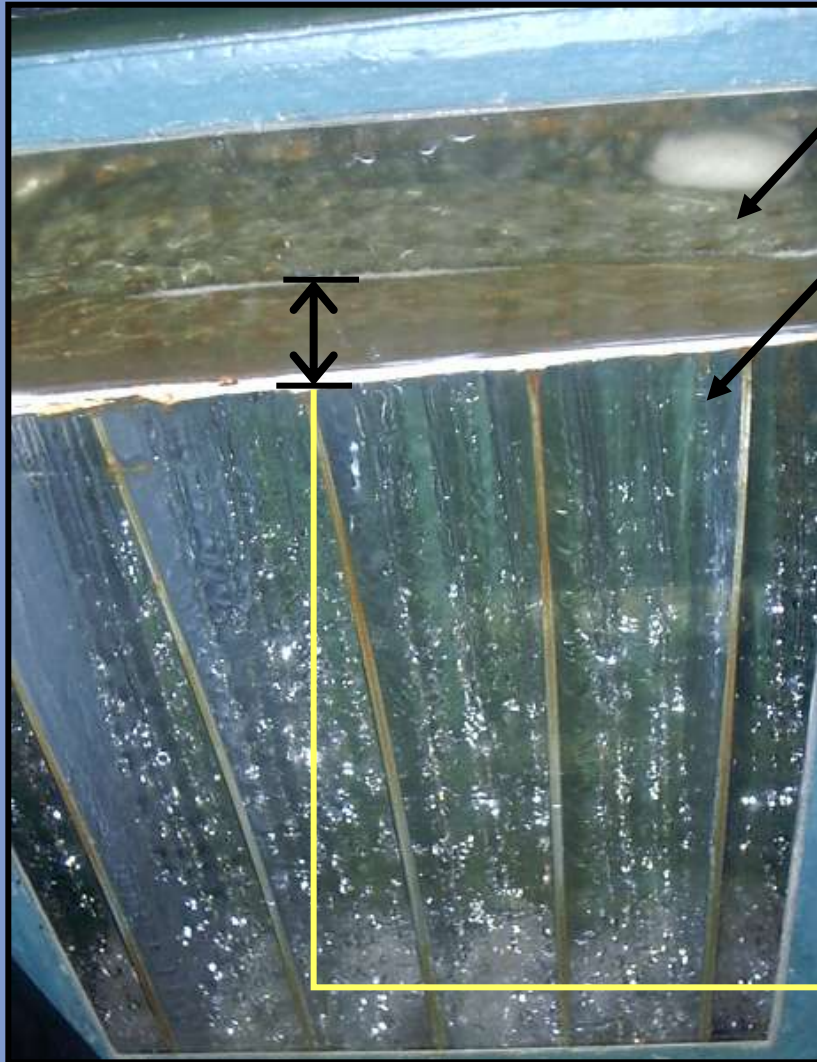
Rango bajo

Distribución de agua	Plato perforado
Carga hidráulica	30-250 (L/s)/m ²
Distribuidor interno	Sin distribuidor
Alto de torre	0,4 – 1,2 m
Volumetrico G/L	0,5 – 3%
Eficiencia	60 – 90%
Concentración final O ₂	12 – 22 mg/L

Oxigenador de baja carga

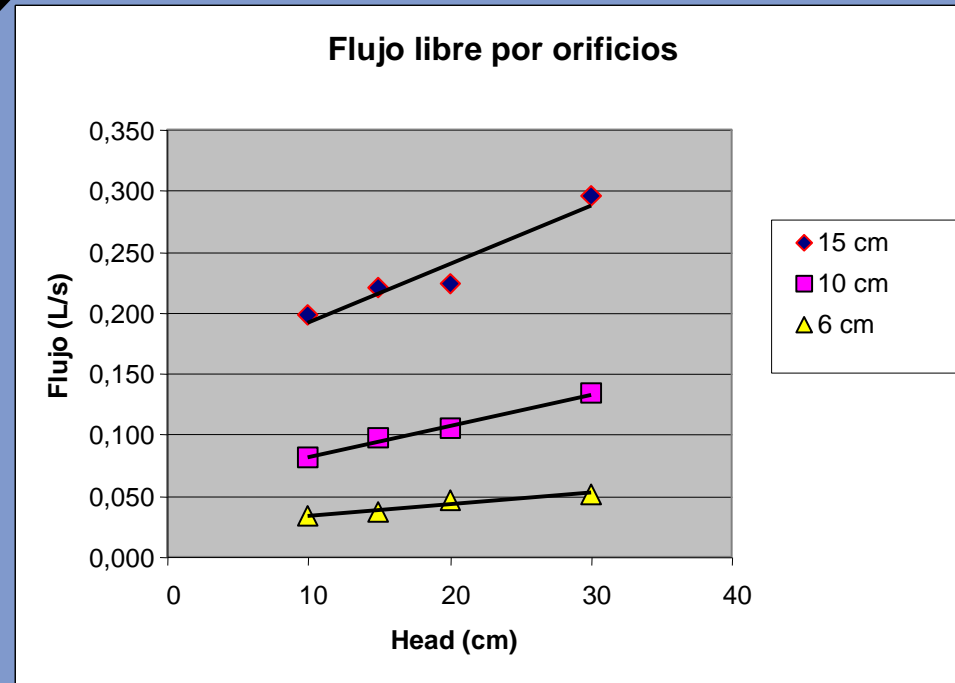


Oxigenador de baja carga



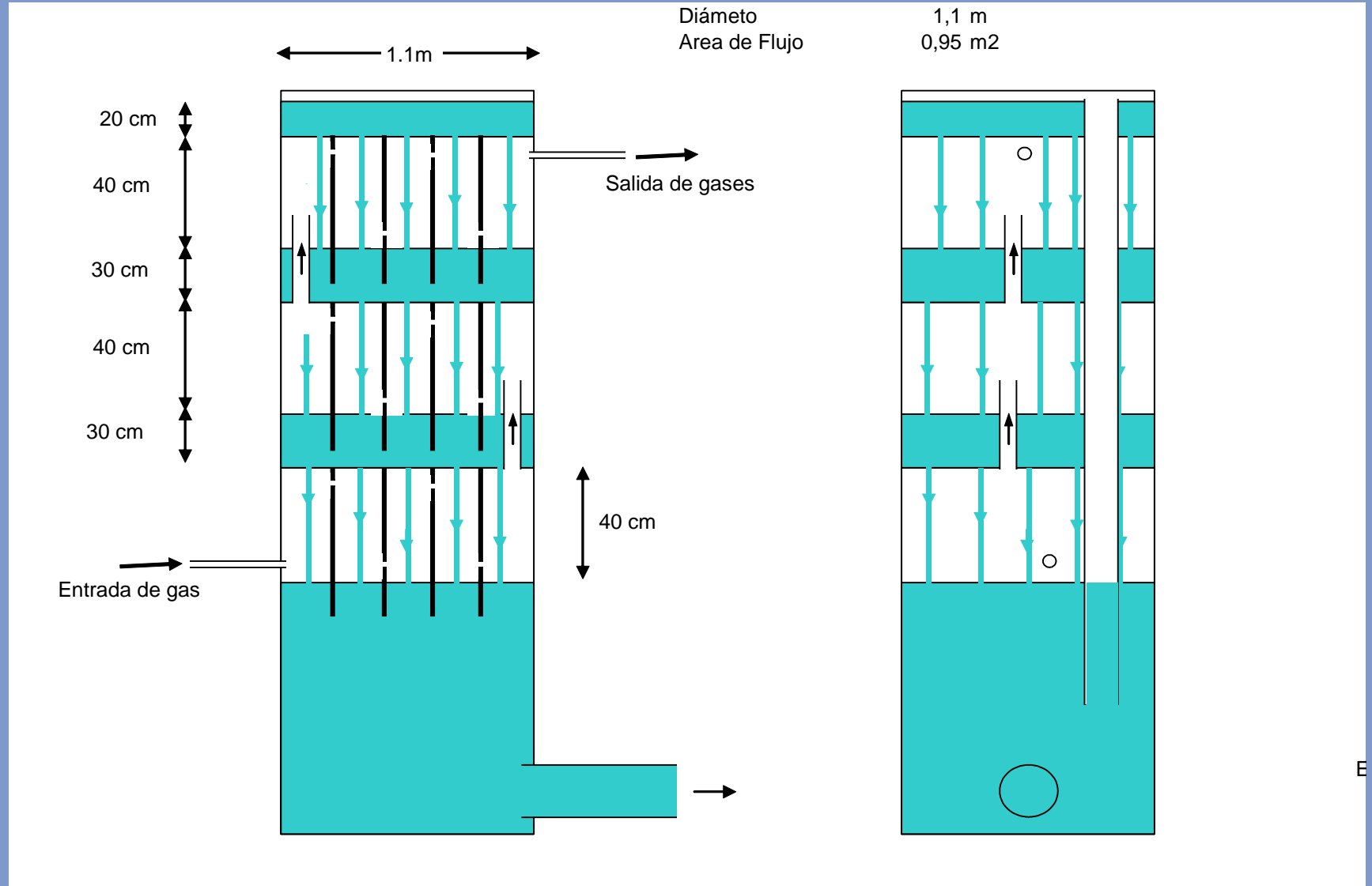
Plato perforado

Cámaras



Oxigenador baja carga

Multietapa contracorriente



Oxigenador baja carga

Multietapa contracorriente

Etapa	tope	1	2	3	fondo
Fi		14.400	14.400	14.400	14.400
Xoi		5,0	9,4	19,1	30,5
Xni		13,0	11,7	7,5	2,6
Ff		14.400	14.400	14.400	
Xof		9,4	19,1	30,5	
Xnf		11,7	7,5	2,6	

Gi	L/min	162	193	246	300
Gi'	kg/min	0,195	0,240	0,319	0,413
Yoi	% en Vol	19,4%	40,7%	74,2%	99,0%
Yni	% en Vol	80,6%	59,3%	25,8%	1,0%
Yoi'	% en peso	21,5%	43,9%	76,6%	99,1%
Yni'	% en peso	78,5%	56,1%	23,4%	0,9%
Gfo	kg/min	0,042	0,105	0,245	0,410
Gfn	kg/min	0,153	0,135	0,075	0,004

% de oxígeno remenente

10%

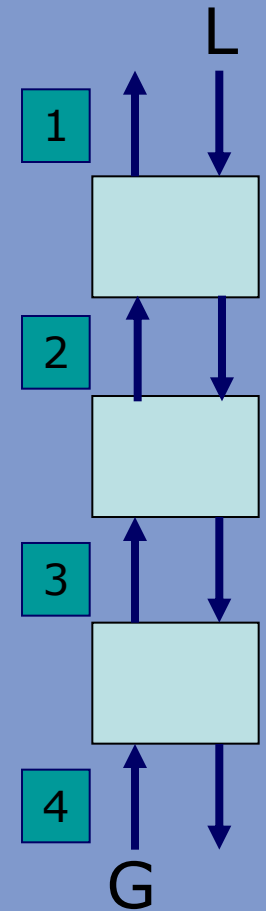
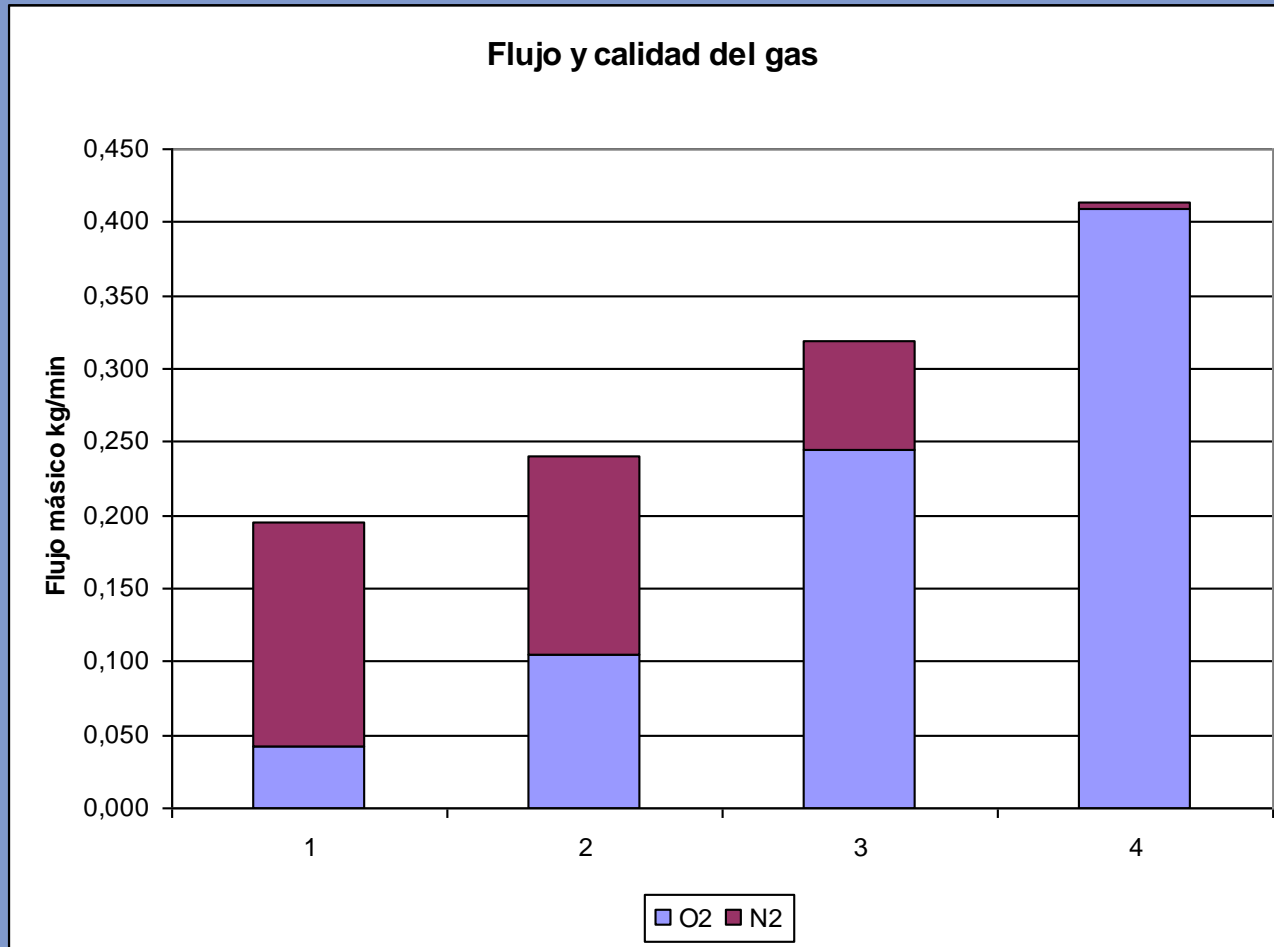
26%

60%

100%

Oxigenador baja carga

Multietapa contracorriente

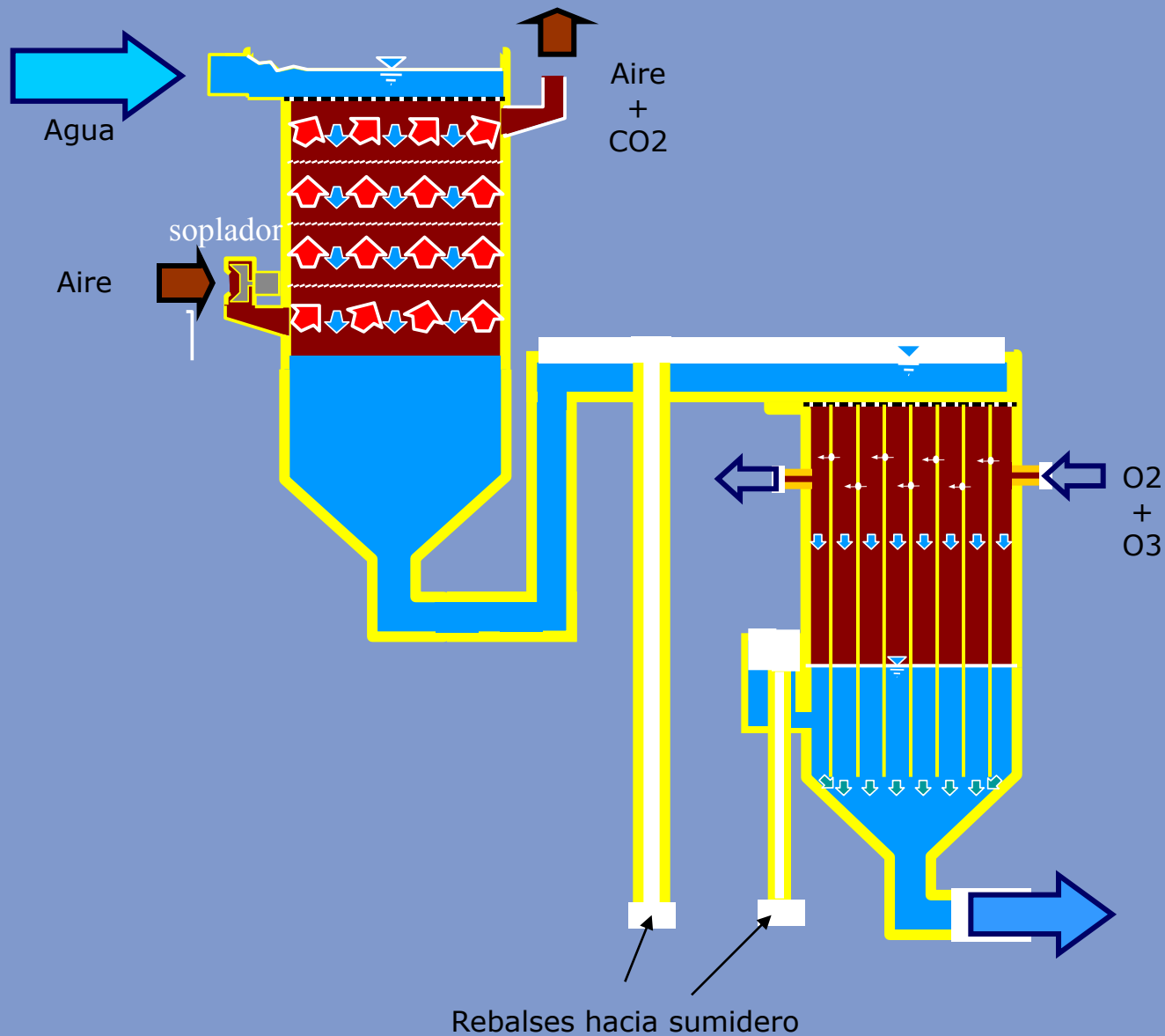


Oxigenador baja carga

Multietapa contracorriente

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3
Tamaño de orificio	5	5	5 mm
Profundidad	30	30	30
Altura de Caída	40	40	40
Cabeza hidráulica	20	30	30
Temperatura	18	18	18
Superficie superior	0,93	0,93	0,93
% de orificios	3,1	2,7	2,7
Número de cámaras	5	5	5
Relación G/L(%)	1,2%	1,6%	2,1
G (L/min)	170	250	300
Concentración de O2 (mg/L)	5	11,5	20,1
Concentración de N2 (mg/L)	13	12,1	9,5
Pureza O2	63,7%	86,4%	99%
Presión (mmHg)	760	760	760
Flujo total agua	14.510	14.495	14.495 L/min
Número de orificios	1.468	1.279	1.279
Porcentaje de saturación	87,9%	93,9%	97,4%
Gas de salida			
L/min	110	170	250
% O2	34,9%	62,4%	83,9%
% N2	65,1%	37,6%	16,0%
Líquido de salida			
O2 mg/L	11,5	20,1	28,6
N2 mg/L	12,1	9,5	6,5

Posible configuración de equipos de transferencia de gases



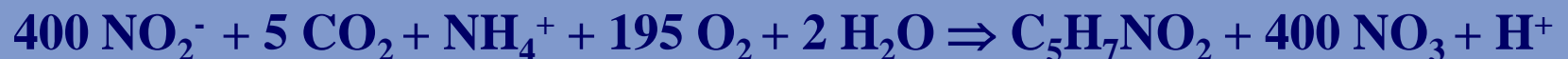
Biofiltración

NITRIFICACIÓN

Nitrosomonas



Nitrobacter



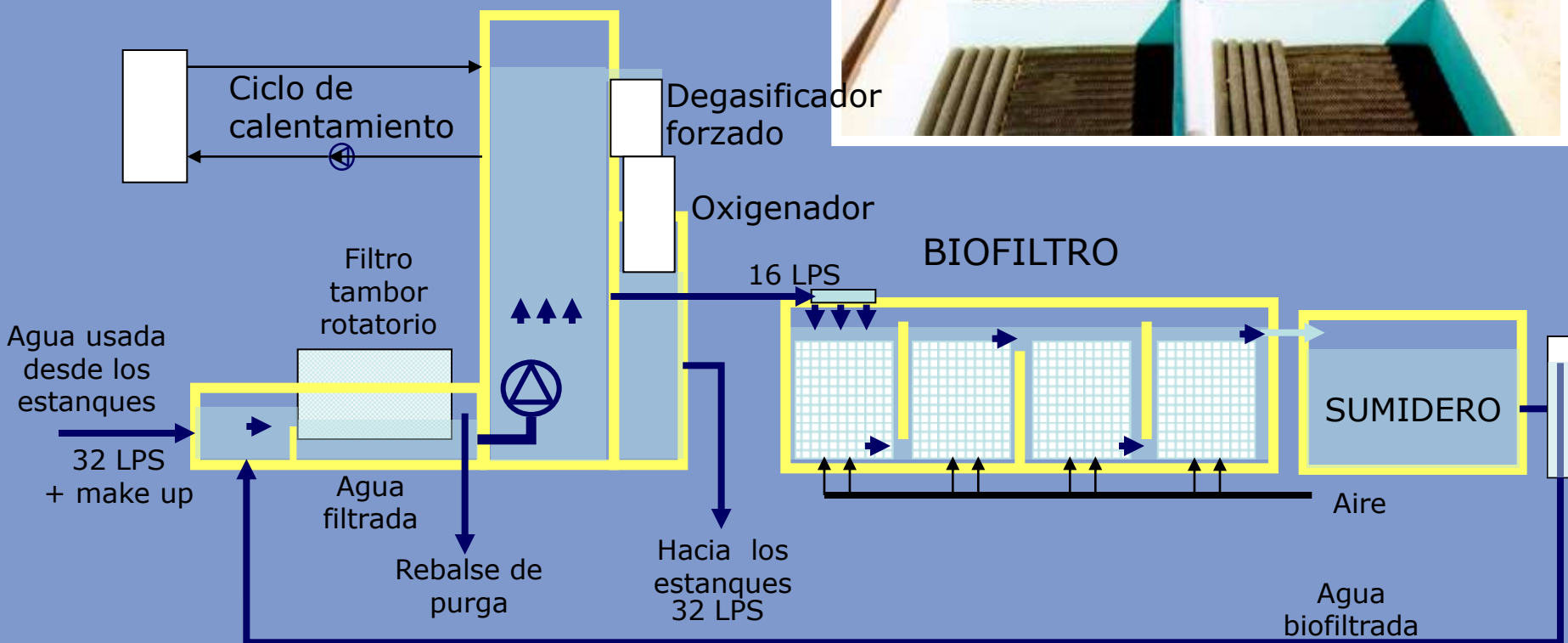
Biofiltro de grava flujo descendente



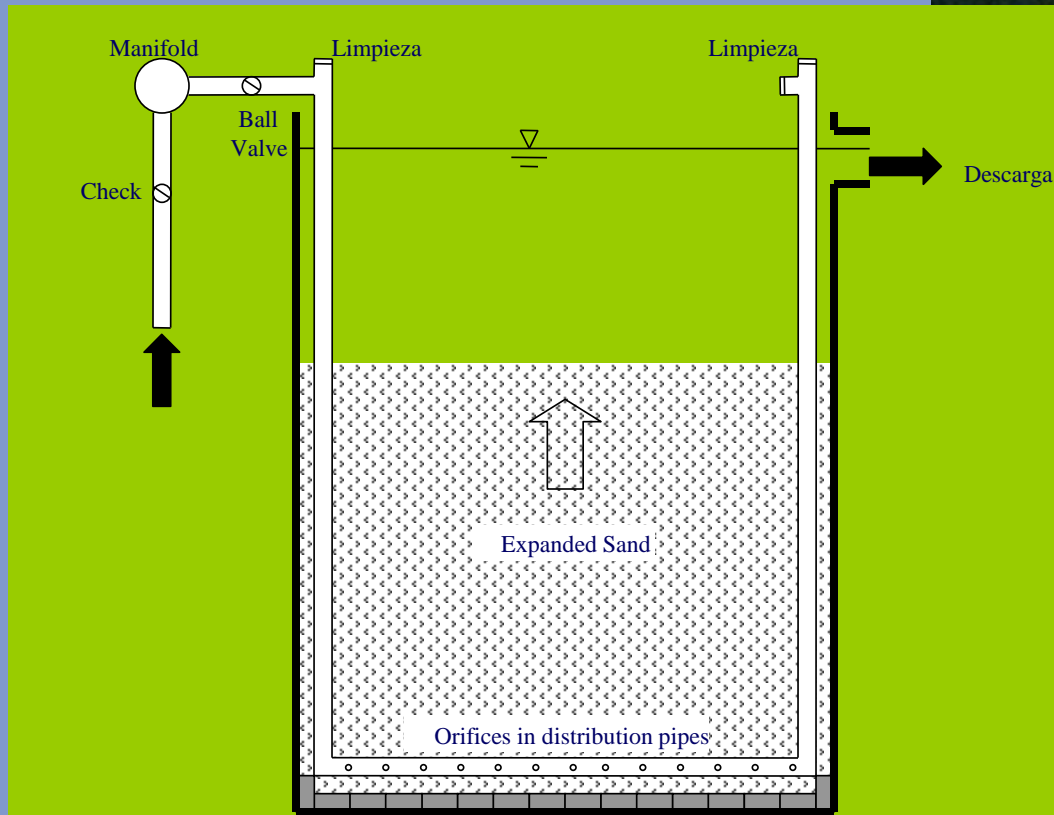
Biofiltro de flujo descendente



Biofiltro Inundado lecho fijo multiple etapa



Biofiltro de Lecho fluidizado



Biofiltro de Lecho fluidizado

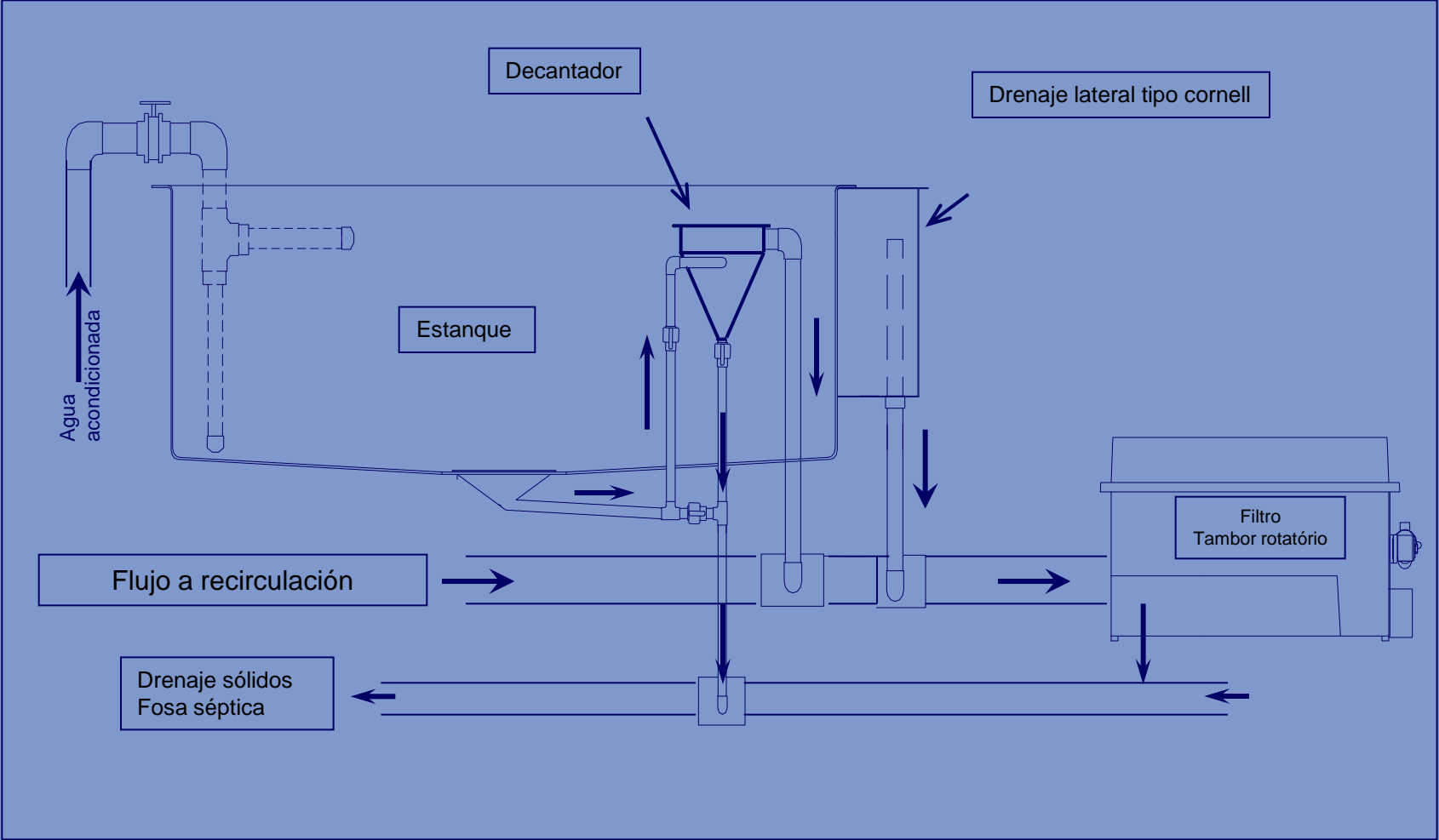


Capacidades de Biofiltración

Tipo de soporte	Base de conversión	Tasa de Conversión @ 15 - 20 °C	Tasa de Conversión @ 25 -30 °C
Lecho desdendente	Area superficial de relleno	0,2 - 1,0 g/m2/dia	1,0 - 2,0 g/m2/dia
Lecho fluidizado	Volumen de medio	0,6 - 0,7 kg/m3/día	1,0 - 1,5 kg/m3/día

Eliminación de sólidos

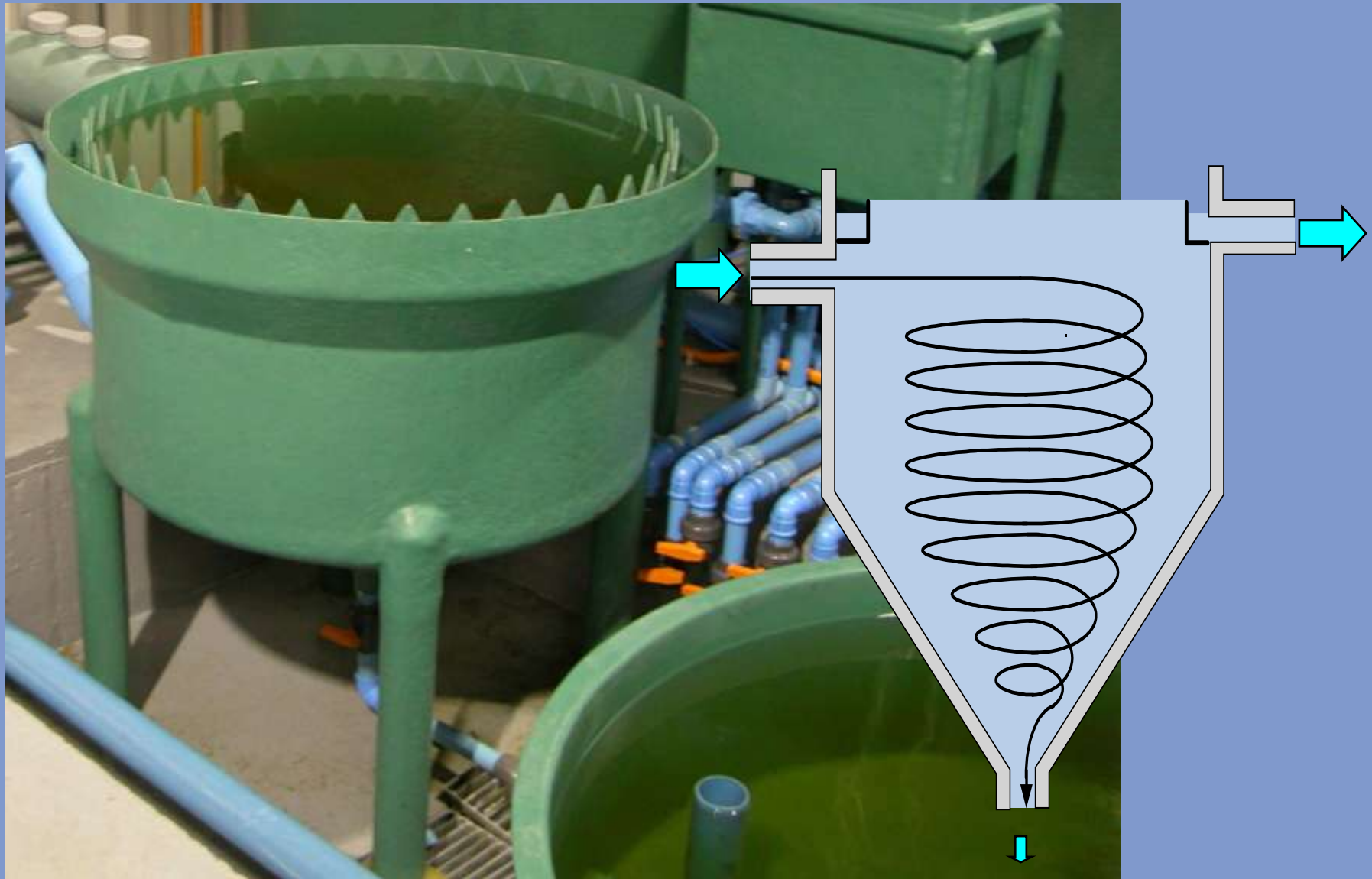
Estanque de dos salidas



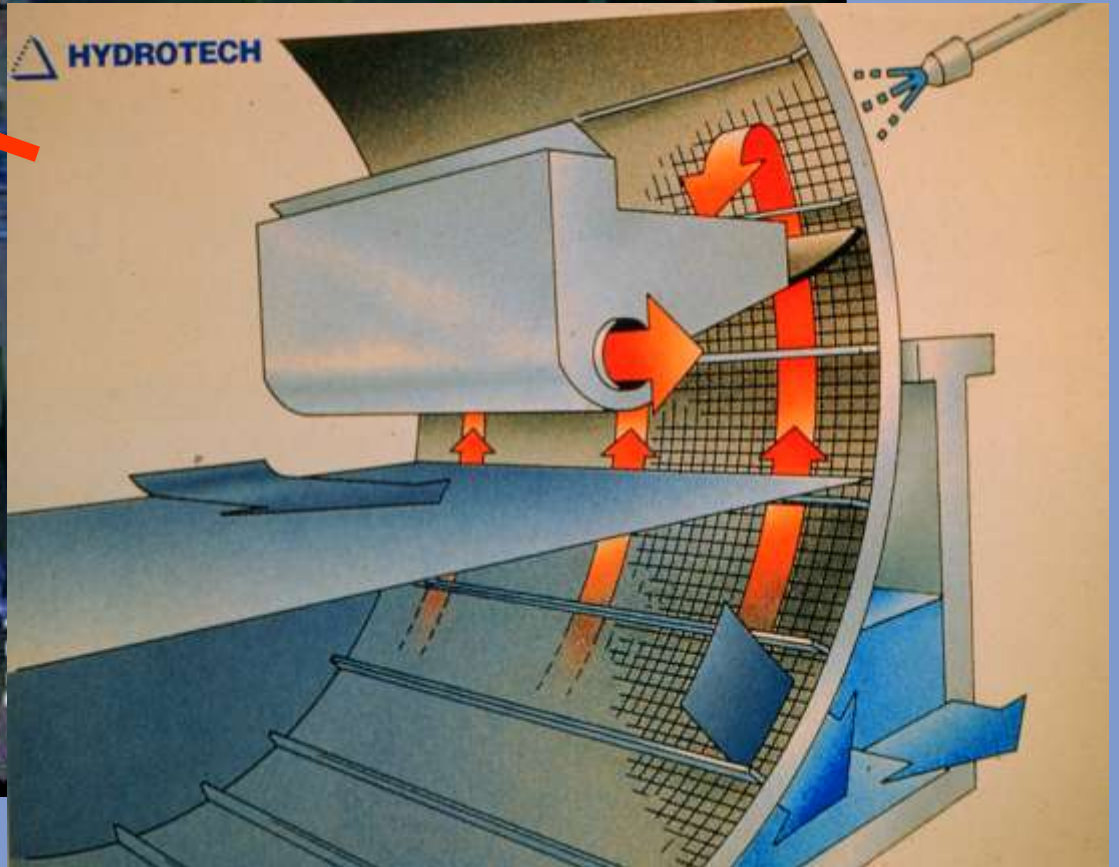
Eliminación sólidos suspendidos



Sedimentador



Filtración



Filtración

	TYPE	501	801	802	803	1201	1202	1203	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	2005	2006	2007
	Filter span (µm)	Max flow capacity (l/s)																
Agua de ingreso desde ríos, etc max 10 mg/lit (SS) Sólidos suspendidos	18	5	12	24	36	18	36	54	24	48	72	96	120	144	168	150	180	210
	30	8	20	40	50	30	60	90	40	80	120	160	200	240	280	250	300	350
	60	11	30	50	50	45	90	135	60	120	180	240	300	360	420	375	450	525
Fulimento de efluentes desde plantas de tratamiento max 40 mg/lit (SS)	20	1	2	5	7	3	7	10	5	9	14	18	23	27	32	28	34	40
	25	1	4	7	11	5	11	16	7	14	21	28	35	42	49	44	53	61
	30	2	4	8	12	6	12	18	8	16	24	32	40	48	56	50	60	70
Recirculación en Pisciculturas max, 25mg/lit. (SS)	40	6	16	32	48	24	48	72	32	64	96	128	160	192	224	200	240	280
	60	8	22	44	50	33	66	99	44	88	132	176	220	264	308	275	330	385
	90	11	28	50	50	42	84	126	56	112	168	224	280	336	392	350	420	490

1. Esta tabla de capacidades son solo ejemplo. Por favor consulte a Hydrotech o sus representantes para diseño final.

2. Algunas de las capacidades de los filtros grandes son solo válidas para los filtros sin carcasa Tipo 2 y 3.

En resumen:

- El proceso es adaptable a las necesidades
- No hay una solución única
- Usar soluciones probadas
- Caracterización de la especie es necesario
- El alimento es un tópico central

GRACIAS