



Instituto de Investigación  
e Ingeniería Ambiental  
3iA\_EHyS\_UNSAM



Escuela de  
Ciencia y Tecnología  
ECyT\_UNSAM

# “Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero – Matadero Ovino ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro”

---

*Proyecto Final Integrador  
de la carrera de  
Ingeniería Ambiental*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
(UNSAM)

**Alumno:** Nicolás Martín Rotella (CYT-6652)

**Tutora:** Ing. Ruth Alejandra Rodríguez

**2023**

*“Es tiempo de escribir una nueva historia ...”*

## *Mi Lista de Canciones:*

- 10 Things I Hate About You – Leah Kate*  
*A Ti – Ricardo Arjona*  
*Acting Like That – Machine Gun Kelly feat. Youngblood*  
*Another World – One Direction*  
*Barbie Girl – Aqua*  
*Bella Traición – Belinda*  
*Better Than Revenge – Taylor Swift*  
*Bloody Valentine – Machine Gun Kelly*  
*Break Down The Walls – Ross Lynch*  
*Break Free – Ariana Grande*  
*Breaking Free – High School Musical*  
*Breve – Sara Bareilles*  
*Can't Help Falling In Love – A\* Teens*  
*Can't Keep My Hands Off You – Simple Plan*  
*Casi Humanos – Dvicio*  
*Como Decirte que te Quiero – Sueña Conmigo*  
*Confetti Falling – Big Time Rush*  
*Crazier – Taylor Swift*  
*Crazy – Britney Spears*  
*Dancing On My Own – Glee*  
*Dancing with myself – Billy Idol*  
*Dime que no – Ricardo Arjona*  
*Don't Stop Believin' – Glee*  
*Dopamina – Belinda*  
*Drowning – Backstreet Boys*  
*Edge of Glory – Glee*  
*Edge of Great – Julie and the Phantoms*  
*El Merengue – Marshmello x MTZ Manuel Turizo*  
*El Sol No Regresa – La Quinta Estación*  
*En el Coche – Aitana*  
*En El Muelle De San Blás – Maná*  
*End Up Here – 5 Seconds of Summer*  
*English Love Affair – 5 Seconds of Summer*  
*Equivocada – Thalía*  
*Este Sentimiento – Azul Guaita*  
*Every Breath You Take – The Police*  
*Extra Ordinary – Lucy Hale*  
*Fantasmas – Miranda*  
*Fearless – Taylor Swift*
- Finally Free – Julie and the Phantoms*  
*Freak the Freak Out – Victoria Justice*  
*Get Another Boyfriend – Backstreet Boys*  
*Glad You Came – The Wanted*  
*Good Ones – Charli XCX*  
*Heartbreak Girl – 5 Seconds of Summer*  
*Hero (Unplugged) – Sterling Knight*  
*Holding Out For A Hero – Glee*  
*Holiday – Cvcii*  
*Hot and Cold – Katy Perry*  
*How You Get The Girl – Taylor Swift*  
*I Don't Want to Miss a Thing – Aerosmith*  
*I Get Weak – Belinda Carlisle*  
*I Melt With You – Bowling for Soup*  
*I Was Made For Lovin' You – Kiss*  
*If I Could Turn Back Time – Cher*  
*If I Let You Go – Westlife*  
*I'll Always Remember You – Hannah Montana*  
*I'll Never Break Your Heart – Backstreet Boys*  
*I'm Good (Blue) – David Guetta & Bebe Rexha*  
*Inevitable – Dulce María*  
*Introducing Me – Camp Rock*  
*Invincible – MJ Ultra*  
*It's Alright, It's OK – Ashley Tisdale*  
*It's My Life / Confessions Part 2 – Glee*  
*Justo Ahora – Dvicio*  
*Kiss the Girl – Ashley Tisdale*  
*La Melodía de Dios – Tan Biónica*  
*Leave Before You Love Me – Marshmello x Jonas Brothers*  
*Levels – Avicii*  
*Limón y Sal – Julieta Venegas*  
*Lo Siento – Belinda*  
*Looser Like Me – Glee*  
*Lost in Love – Big Time Rush*  
*Lost In The Wild – Walk the Moon*  
*Love Changes Everything – Climie Fisher*  
*Love Drunk – Boys Like Girls*  
*Lucky – Britney Spears*
-

*Make it in America – Victoria Justice*  
*Make it Shine – Victoria Justice*  
*Mentía – Miranda*  
*Mi Perdicion (Violetta Version) – Rock Bones*  
*Mine – Taylor Swift*  
*More Than Me (Acoustic Version) – Jordan Cahill*  
*Mr. Brightside – The Killers*  
*New World – Avicii*  
*No me enseñaste – Thalía*  
*Nothing's Gonna Stop Us Now – Starship*  
*Only the Horses – Scissor Sisters*  
*Oops I did it Again – Britney Spears*  
*Our Time is Now – Plain White T's*  
*Overprotected – Britney Spears*  
*Paralyzed – Big Time Rush*  
*Pegate más – Dyland y Lenny*  
*Peligro – Reik*  
*Pingüinos en la Cama – Ricardo Arjona*  
*Por qué – Floricienta*  
*Provocame – Chayanne*  
*Puede ser – El canto del loco L Amaia Montero*  
*Que Digan Lo Que Quieran – Natalia Oreiro*  
*Radio 2000 – David Rees*  
*Reachin' For Heaven – Diana DeGarmo*  
*Rebelde – Rebelde: La nueva generación*  
*Red – Taylor Swift*  
*Rising – Julia Lester*  
*Sentada aquí en mi Alma – Chayanne*  
*Set It All Free – Scarlett Johansson*  
*Shake It Out – Glee*  
*She's So Gone – Lemonade Mouth*  
*Si no te hubiera ido – Maná*  
*Sick of You – Selena Gómez*  
*Smile – Avril Lavigne*  
*Somebody Told Me – The Killers*  
*Something Bout' Love – David Archuleta*  
*Square Rooms – Al Corley*  
*Start of Something New – High School Musical*  
*Stop and Erase – Selena Gómez*  
*Storm – Vivaldi*  
*Straight Through My Heart – Backstreet Boys*  
*Stronger – Britney Spears*

*Strut – The Cheetah Girls*  
*Style – Taylor Swift*  
*Superlove – Avicii*  
*Superman – Taylor Swift*  
*Take My Hand – Simple Plan*  
*The Best – Tina Turner*  
*The Way I Loved You – Taylor Swift*  
*The Weekend – Allstar Weekend*  
*The World is Mine – David Guetta*  
*They Don't Know About Us – One Direction*  
*Til I Forget About You – Big Time Rush*  
*To Be With You – Mr. Big*  
*Too Cool – Camp Rock*  
*Torero – Chayanne*  
*TQUM – Sofia Reyes, Danna Paola*  
*UMF – Avicii*  
*Un Siglo sin Ti – Chayanne*  
*Unsaid Emily – Julie and the Phantoms*  
*VAGABUNDO – Sebastián Yatra, Manuel Turizo,*  
*Beéle*  
*Vals de las flores – Tchaikovsky*  
*Voces de Primavera – Johann Strauss*  
*Voy a Amarte – Carlos Rivera*  
*Vuelve – Ricky Martin*  
*Walks Like Rihanna – The Wanted*  
*We rock – Camp Rock*  
*We're Not Gonna Take It – Twisted Sister*  
*What Doesn't Kill You – Glee*  
*What Dreams Are Made Of – Hillary Duff*  
*What Makes You Different Makes You Beautiful –*  
*Backstreet Boys*  
*What You Mean yo Me – Sterling Knight*  
*Whatever It Takes – Imagine Dragons*  
*When You're Looking Like That – Westlife*  
*Why Can't I? – Liz Phair*  
*Why Wait – Belinda*  
*Ya Lo Sabía – Miranda, Sofia Reyes*  
*Yo No Soy Esa Mujer – Paulina Rubio*  
*Yo te diré – Miranda Feat. Lali*  
*You Ain't Seen Nothin' – High School Musical: The*  
*Series*  
*You Belong With Me – Taylor Swift*

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>8</b>
a) Problemática ambiental .....	8
b) Justificación del proyecto .....	9
c) Ciclo de vida de la oveja.....	10
d) Producción ovina en Argentina.....	15
e) Proceso productivo.....	20
i. Criadero de ovejas .....	20
ii. Matadero de ovejas.....	24
f) Objetivo del proyecto.....	28
<b>2. Diagnóstico inicial .....</b>	<b>29</b>
a) Generación de efluentes líquidos del Criadero - Matadero .....	29
b) Caracterización del efluente .....	30
c) Ubicación.....	35
d) Normativa.....	36
<b>3. Memoria descriptiva - Análisis de alternativas .....</b>	<b>42</b>
a) Alternativa 1: Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos.....	44
i. Pretratamiento.....	45
ii. Tratamiento primario .....	48
iii. Tratamiento secundario .....	50
iv. Tratamiento terciario .....	52
v. Esquema del tratamiento .....	53
vi. Justificación de la alternativa 1 .....	54
b) Alternativa 2: Sistemas de depuración natural .....	54
i. Pretratamiento.....	56
ii. Laguna anaeróbica.....	56
iii. Laguna facultativa .....	57

iv.	Laguna de maduración .....	58
v.	Esquema del tratamiento .....	59
vi.	Justificación de la alternativa 2 .....	60
c)	Alternativa 3: Reactor UASB seguido de un reactor de lodos activos .....	61
i.	Pretratamiento .....	62
ii.	Tratamiento primario .....	63
iii.	Tratamiento secundario .....	64
iv.	Tratamiento terciario .....	65
v.	Esquema del tratamiento .....	65
vi.	Justificación de la alternativa 3 .....	66
<b>4.</b>	<b>Memoria de cálculo de los sistemas de tratamiento propuestos .....</b>	<b>67</b>
a)	Caudal de diseño .....	67
b)	Diseño de las alternativas de tratamiento .....	68
i.	Diseño de alternativa 1: Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos .....	68
	Pretratamiento .....	68
	Tratamiento primario .....	73
	Tratamiento secundario .....	77
	Tratamiento terciario .....	88
	Cámara de toma de muestra y medición de caudal .....	89
ii.	Diseño de alternativa 2: Sistemas de depuración natural .....	91
	Pretratamiento .....	91
	Laguna anaeróbica .....	91
	Laguna facultativa .....	97
	Laguna de maduración .....	108
	Cámara de toma de muestra y medición de caudal .....	109
	Aspectos generales de construcción .....	109
iii.	Diseño de alternativa 3: Reactor UASB seguido de un reactor de lodos activos .....	111
	Pretratamiento .....	111
	Tratamiento primario .....	111

Tratamiento secundario .....	120
Tratamiento terciario.....	130
Cámara de toma de muestra y medición de caudal .....	130
c) Comparación y selección del tratamiento más adecuado .....	131
d) Sistema de conducción .....	134
i. Conducciones por gravedad .....	135
ii. Pérdidas de carga .....	137
iii. Disposición de las unidades.....	140
iv. Sistema de bombeo .....	141
v. Aspectos generales de construcción.....	142
e) Tratamiento de residuos .....	143
<b>5. Planos .....</b>	<b>145</b>
<b>6. Análisis económico .....</b>	<b>146</b>
a) Inversión inicial .....	146
b) Operación y mantenimiento.....	148
c) Sistema de financiamiento .....	151
<b>7. Estudio de impacto ambiental .....</b>	<b>152</b>
a) Introducción .....	152
i. Objetivos y alcances .....	152
ii. Metodología .....	152
iii. Legislación aplicable.....	154
iv. Entidades consultadas.....	157
b) Datos generales .....	158
i. Organismo ambiental provincial .....	158
ii. Responsable técnico del proyecto .....	158
iii. Responsable de la elaboración del documento EIA.....	158
c) Descripción del proyecto .....	158
i. Descripción general del proyecto .....	158
ii. Localización .....	159
iii. Determinación del área de influencia.....	160

iv.	Etapas de construcción y etapa de operación y mantenimiento .....	163
	Etapa de construcción .....	163
	Etapa de operación y mantenimiento .....	163
d)	Línea de base ambiental .....	164
i.	Medio físico .....	164
	Meteorología.....	164
	Geología y geomorfología .....	172
	Edafología .....	176
	Hidrología e hidrogeología .....	177
	Calidad de Aire y Ruido .....	179
ii.	Medio biológico .....	180
	Flora .....	181
	Fauna .....	182
	Áreas protegidas .....	185
iii.	Medio socioeconómico.....	186
	Población.....	186
	Transporte .....	189
	Turismo .....	190
	Actividades productivas .....	190
	Servicios.....	191
	Áreas de interés histórico y cultural.....	193
	Problemas ambientales actuales.....	193
e)	Identificación de efectos e impactos ambientales.....	194
i.	Metodología .....	194
	Identificación de impactos según la etapa .....	194
	Factores del medio potencialmente impactados.....	195
	Metodología de la evaluación de impactos.....	197
ii.	Matriz de impacto ambiental .....	200
iii.	Descripción de los impactos ambientales .....	201
	Etapa de construcción .....	201
	Etapa de operación y mantenimiento .....	202

f) Análisis de riesgo .....	202
i. Descripción de los potenciales riesgos .....	202
ii. Metodología de cálculo de riesgo.....	203
iii. Matriz de riesgo .....	205
g) Plan de contingencia .....	205
i. Etapa de construcción.....	205
Preparación del terreno y movimiento de las tierras - Circulación de vehículos y maquinarias .....	206
Obra civil y montaje .....	207
Terminación de obra.....	207
ii. Etapa de operación .....	208
Operación de la planta de tratamiento.....	208
Mantenimiento de la planta de tratamiento.....	209
h) Plan de gestión ambiental .....	210
i. Programa de Seguimiento y control (PSC) .....	211
ii. Programa de Capacitación (PCA) .....	211
iii. Programa de Seguridad e Higiene (PSH) .....	212
iv. Programa de Responsabilidades y Comunicación (PRC).....	213
v. Programa de Contingencias Ambientales (PCO) .....	213
vi. Programa de Auditorías Ambientales (PAA).....	214
i) Conclusiones .....	215
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>217</b>
<b>9. Bibliografía .....</b>	<b>219</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>227</b>

## Resumen

La producción ovina representa un rubro importante dentro del sistema agropecuario argentino. Hay muchos productores ubicados en la estepa patagónica y crían una gran parte de los ovinos del país. El sector ganadero contribuye al desbalance de un ecosistema acuático, ya que genera agua residual, acompañada de heces, orina, alimento desperdiciado y otros materiales, que se arrastran a través de los drenajes, para llegar a un cuerpo de agua receptor.

Este proyecto pretende establecer un sistema de tratamiento para los efluentes líquidos generados por un criadero – matadero de ovejas, ubicado en el departamento de Pilcaniyeu, Provincia de Río Negro.

El criadero – matadero está compuesto por 515 ha y cuenta con 8000 ovejas que se destinan a producción de carne. Como el establecimiento pretende un crecimiento del 25% en los próximos 5 años, se calculó un caudal de diseño de 293 m<sup>3</sup>/día. Las aguas tratadas serán vertidas al río Pilcaniyeu.

A lo largo de este trabajo, se realizó un relevamiento de información acerca del proceso productivo llevado a cabo en los criaderos – mataderos ovinos y se definieron características representativas del efluente proveniente de uno ubicado en Pilcaniyeu. A partir de estos datos, se propusieron y diseñaron tres alternativas de tratamiento, seleccionando la más pertinente para el caso de estudio. La alternativa de tratamiento más viable resultó ser el tren de lagunas, porque presenta bajo costo, baja necesidad de mano de obra especializada y es un sistema robusto y flexible con baja generación de lodos.

Se presentan los planos correspondientes a la alternativa de tratamiento escogida, junto con un análisis económico que incluye los costos de inversión, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento diseñada. Por último, se confeccionó una evaluación de impacto ambiental que contiene medidas de mitigación y planes de gestión y contingencia para prevenir daños ambientales.

Se concluye que el período de obra y la operación del proyecto de la planta de tratamiento para los efluentes líquidos generados por el criadero – matadero de ovejas resulta factible desde un punto de vista técnico, ambiental y económico.

## 1. Introducción

### a) Problemática ambiental

La contaminación hídrica es la modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural [1].

La materia orgánica que contamina el agua en general procede de desechos, de aguas negras domésticas y de aguas residuales de procesos, y es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Ese proceso de descomposición ocurre tanto en el agua como en la tierra y se lleva a cabo mediante reacciones químicas que requieren oxígeno para transformar sustancias ricas en energía en sustancias menos complejas. El oxígeno disuelto en el agua puede ser consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática [1].

El ganado y la producción agrícola suponen un gran uso de agua, una gran generación de residuos sólidos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas por su petróleo o combustible. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antrópico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana. Por otra parte, una fuente superficial puede restaurarse más rápidamente que una fuente subterránea a través de ciclos de escorrentía estacionales. Los efectos sobre la calidad - precio serán distintos para lagos y embalses que, para ríos, y diferentes para acuíferos de roca o arena y grava de arena [2].

La presencia de contaminación puede generar lo que se denominan “ecosistemas forzados”, es decir ecosistemas alterados por agentes externos,

desviados de la situación de equilibrio previa obligados a modificar su funcionamiento para minimizar la tensión a la que se ven sometidos [2]. En un cuerpo de agua cerrado, por ejemplo, una laguna, el proceso de eutrofización puede terminar por convertir al cuerpo de agua en tierra firme. Esto ocurre porque los nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo provenientes de la industria agrícola-ganadera, ingresan masivamente al sistema generando una gran biomasa de organismos de vida generalmente efímera que al morir se acumulan en el fondo y no son totalmente consumidos por organismos degradadores [1].

El vuelco de aguas residuales de procesos, tanto a la red cloacal como a la red pluvial, contribuye a la contaminación de los cuerpos de agua receptores y a la degradación ambiental si se lo realiza de forma irresponsable. Es por esta razón que este proyecto propone encontrar la alternativa de tratamiento más adecuada para la problemática ambiental de la descarga de efluentes provenientes de la industria ganadera en aguas superficiales y así poder reducir el impacto negativo que estos tienen sobre el medio ambiente.

## **b) Justificación del proyecto**

La producción ovina representa un rubro importante dentro del sistema agropecuario de nuestro país. En la Argentina unos 70 - 80 mil productores tienen 14 - 15 millones de ovinos. El 85% de los productores tienen menos de 100 animales en sistemas de producción mixtos o de pequeña agricultura familiar. Sin embargo, en la estepa patagónica, donde se crían dos tercios de los ovinos del país en forma de monocultural extensiva, más de un tercio de los productores tienen más de 1000 ovinos. Algunas empresas tienen más de 50.000 ovinos. En consecuencia, hay una variedad de sistemas de producción con problemáticas muy diferentes [3].

La ganadería utiliza la décima parte del agua destinada al uso en actividades antrópicas en el mundo. El sector ganadero contribuye a la eutrofización, es decir, al enriquecimiento excesivo en nutrientes (principalmente nitrógeno y

fósforo) de un ecosistema acuático. Casi toda el agua que ingresa en las granjas sale como agua residual, acompañada de heces, orina, alimento desperdiciado y otros materiales, que se arrastran a través de los drenajes, para llegar a un cuerpo de agua receptor [1]. Son el resultado del riego y de otras labores como las actividades de limpieza ganadera, que pueden aportar al agua grandes cantidades de estiércol y orines, es decir, mucha materia orgánica, nutrientes y microorganismos.

Se deben tomar las medidas precisas para mitigar y reducir, en la medida de lo posible, la contaminación por nitratos y materia orgánica, porque su efecto es acumulativo [2]. Siendo evidente que la salud y el bienestar de una población están estrechamente relacionados con la calidad de su medio ambiente, las personas han aplicado ciertos principios para intentar mejorar esta última. La ingeniería ambiental se basa en el diseño, la aplicación, y la gestión de procesos, productos y servicios tecnológicos para la prevención, el control y remedio de problemas ambientales [4]. Es rol de un ingeniero ambiental proponer soluciones integradas, de acuerdo a las leyes medioambientales vigentes [4], para reducir el riesgo que supone la contaminación ambiental a la salud pública y al bienestar del medio ambiente.

### **c) Ciclo de vida de la oveja**

La oveja (*Ovis orientalis*) es un mamífero cuadrúpedo doméstico, utilizado como ganado (Figura 1). Son unos rumiantes de tamaño relativamente pequeño, con pupilas horizontales (que aportan una visión periférica excelente), generalmente con un pelo rizado que recibe el nombre de lana, tienen pezuñas, presentan cuernos laterales en forma de espiral si son machos (al macho se lo denomina carnero) y digieren su alimento en dos etapas, primero lo consumen y luego realizan la rumia, que consiste en regurgitar el alimento que ya se encontraba en el estómago para desmenuzar, agregar saliva y mejorar la absorción y metabolización del alimento [5].



Figura 1: Oveja (*Ovis orientalis*). Fuente: Fotografía propia tomada el 15 de marzo de 2009.

El ritmo de crecimiento y su peso adulto es un rasgo hereditario y a menudo se seleccionan en la cría. Las hembras suelen pesar entre 45 y 100 kg y los machos entre 45 y 160 kg. Pueden alcanzar una edad de once o doce años [6].

Las ovejas son mamíferos exclusivamente herbívoros. La mayoría de las razas prefieren comer hierbas y otras plantas de fibra corta, evitando las partes leñosas más altas de las plantas. Utilizan sus labios y lenguas para seleccionar las partes de la planta que son más fáciles de digerir o más nutritivas y se adaptan bien en zonas de pasto monocultivo. Como todos los rumiantes, las ovejas tienen un complejo aparato digestivo compuesto por cuatro compartimentos, lo que les permite descomponer la celulosa de los tallos, hojas y la cáscara de las semillas en carbohidratos simples [6].

Fueron uno de los primeros animales en ser domesticados para fines agrícolas, criados principalmente por su lana, carne y leche. La lana de oveja es la fibra animal más utilizada y por lo general se recoge mediante esquila. Su carne recibe el nombre de carne de cordero cuando es de un animal joven y de ovino mayor cuando proviene de animales de más de un año. También se crían como organismo modelo para la investigación científica [6].

La cría de ovejas se practica en casi todo el mundo y ha sido fundamental para muchas civilizaciones. En 2014, la FAO reflejaba la existencia de más de

mil doscientos millones de cabezas en todo el mundo, con China como mayor productor, con más de doscientos millones (un 16,7 % del total) [6].

Las ovejas alcanzan la pubertad muy pronto, cuando cumplen los cinco meses de edad en el caso de las hembras y los tres meses de edad en el de los machos. Cuando las hembras tienen entre ocho y diez meses se produce la primera monta, aunque hay algunos criadores que prefieren esperar a que tengan un año, y hasta entonces separan a las hembras de los machos [7].

Las hembras tienen varios ciclos de celo a lo largo del año, que dependen en gran medida de las estaciones, así como del tipo de alimentación y la temperatura ambiental. Puede observarse una hembra preñada en la figura 2.



Figura 2: Oveja Preñada. Fuente: [8].

La gestación de estos animales dura entre 145 y 153 días, aproximadamente cinco meses. Durante este periodo hay que cambiar la dieta de la hembra, añadiendo granos y cereales [7]. Las hembras pueden parir entre uno y tres corderos (Figura 3) a la vez. Algunas hembras pueden alumbrar siete u ocho corderos, solo depende de ovejas de alta calidad en reproducción [9].



Figura 3: Oveja adulta junto a su cordero. Fuente [10].

Los cuidados que deben tenerse con el animal incluyen:

- ✓ **Cobijo y entorno:** Las ovejas se guardan en manadas en prados, rediles o en establos. En lugares fríos las ovejas pueden necesitar cobijo si acaban de ser esquiladas o han tenido crías recientemente. Los corderos recién esquilados son especialmente susceptibles a un tiempo ventoso o húmedo y pueden perecer muy rápidamente al aire libre. La lana de la oveja debe estar seca porque de lo contrario se pudre [11].
- ✓ **Cuidado de la salud:** Las ovejas, sobre todo las que se tienen a cubierto, son vacunadas cuando son corderitos recién nacidos. Los corderos reciben sus primeros anticuerpos a través del calostro de sus madres durante las primeras horas de vida, más tarde por medio de la vacunación cada seis semanas durante tres meses y, por último, con vacunas de recuerdo cada seis meses.  

El destete es un acto crucial en la vida del cordero, por ser el momento en el que pueden surgir más problemas que en ninguna otra etapa de la vida de la oveja. Los animales a esta edad precisan de una observación cuidadosa de su salud en general, detectando cualquier cría que sea débil, que tenga la piel pálida o que no siga la evolución de la manada [11].
- ✓ **Agua, alimento y aire libre:** Las ovejas necesitan agua limpia de estanques o pozos, pero en algunos países hay suficiente rocío en la hierba como para satisfacer su ingesta de agua casi todo el tiempo. Tras el destete de la leche de

la madre, se les alimenta con heno, grano, y hierba. El motivo del destete de los corderos es por la creciente competencia entre el cordero y su madre por el alimento. Las ovejas pastan ávidamente allá donde haya alimento a ras de suelo o a poca altura. Normalmente se las alimenta dos veces al día en los comederos o bien se las deja pastar libremente en el campo.

Las ovejas se encuentran más cómodas a temperatura moderada, así que puede que sea preciso instalar ventiladores que proporcionen aire fresco si se las tiene en un establo durante la época de calor **[11]**.

En general, existen cuatro estilos de cría de ovejas para satisfacer las distintas necesidades de la industria ovejera o de un ovicultor en particular; la gestión comercial de ovejas para abastecer de carne y lana gira en torno a dos tipos de ganado: ganado "masivo" y ganado "de granja". El ganado masivo se refiere al que se compone de un gran número de reses (a menudo entre 1.000 y 1.500) y que está bajo el cuidado de unos pocos ovicultores dedicados a tiempo completo. El pasto, que debe ser de gran extensión para abastecer al gran número de ovejas, puede estar cercado o ser al aire libre. El ganado masivo a menudo exige que los pastores convivan con las ovejas conforme éstas se van desplazando por el pasto, así como el uso de perros pastores y medios de transporte como caballos o vehículos motorizados. Dado que el ganado masivo se desplaza por una enorme área en la que sería difícil proporcionarles grano de forma continua, deben subsistir tan sólo con el pasto **[11]**.

El ganado de granja se refiere al que es ligeramente menor en número de reses y se tiene en pastos más restringidos y cercados. El ganado de granja también puede suponer un negocio secundario en una granja más amplia, como los granjeros que realizan cultivos extra para abastecer al mercado de corderos, o los que poseen terrenos no cultivables que desean explotar. El ganado de granja es un estilo común de empresa ganadera entre los que quieren suplementar el cultivo de grano con la cría de animales **[11]**.

Otra forma importante de empresa ganadera aparte de las antes mencionadas es el de rebaños especializados en la cría de ovejas con pedigrí. En muchos

rebaños comerciales, sobre todo en los destinados a producir carne ovina, se utilizan animales de raza cruzada. Los ganaderos que crían ovejas con pedigrí proporcionan machos sementales y a menudo trabajan simultáneamente para mejorar la raza. Los corderos sobrantes son vendidos a menudo a colectivos sociales. Existe un último tipo de cría ovejera que es el del propio aficionado. Este tipo de rebaño es por lo general bastante reducido en comparación con los que participan en operaciones comerciales y se pueden considerar más bien como mascotas. Si algunos rebaños de aficionados se crían con fines productivos, esto puede deberse a necesidades de subsistencia o bien porque se desee proporcionar un producto muy especializado, como la lana que utilizan las hilanderas. A veces ocurre que algunas personas, sobre todo las que emigran de zonas rurales a enclaves urbanos o suburbanos, comienza con unos cuantos rebaños de aficionado para después pasar a ganados de granja o ganados masivos [11].

#### **d) Producción ovina en Argentina**

En la Argentina existen aproximadamente 15 millones de ovinos distribuidos en algo más de 78.000 establecimientos agropecuarios. El mayor número de ovinos se encuentra en la Patagonia, con aproximadamente seis millones de cabeza, luego le siguen la región pampeana, en tercer lugar, el litoral y por último la región del Noroeste argentino [12]. En Argentina, la ganadería ovina se concentra principalmente en las provincias de Chubut y Santa Cruz (46,3% del stock nacional). Le siguen en importancia la provincia de Buenos Aires, Río Negro, Corrientes y Entre Ríos [13]. En la figura 4 se muestra la distribución del stock ovino en Argentina.

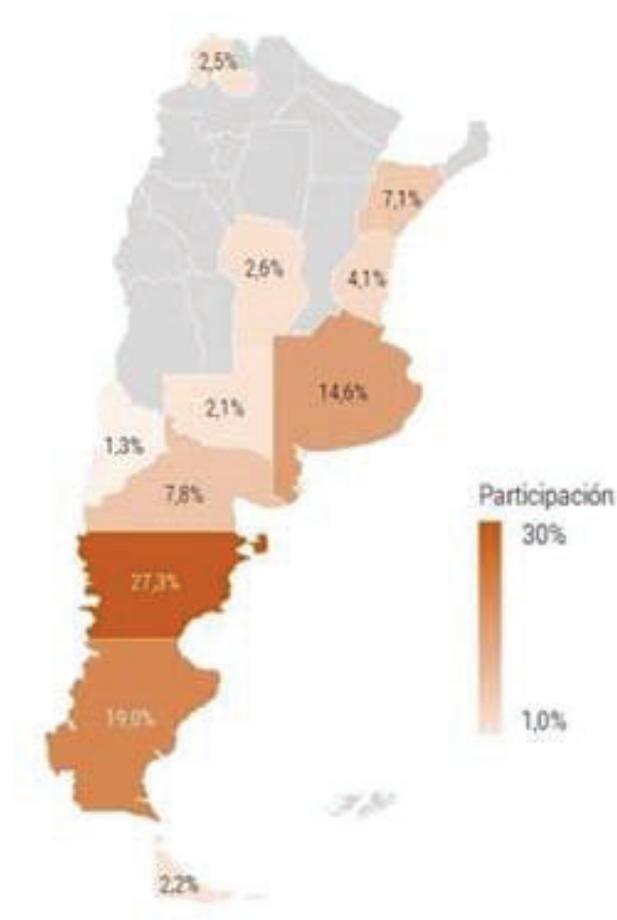


Figura 4: Distribución del stock ovino en Argentina en marzo del 2020. Fuente: Movimiento CREA en base a SENASA y MAGYP [13].

La producción ovina representa un rubro importante dentro del sistema agropecuario de nuestro país. Tradicionalmente, Argentina orientó la explotación del ganado ovino hacia la obtención de lana, fundamentalmente en la Patagonia, donde por el ambiente es difícil desarrollar otra actividad agropecuaria. La producción ovina argentina, tradicionalmente se orienta a la explotación de cuatro productos: lana, carne, leche y cuero. En función de esta tradición lanera, más del 50% del stock ovino argentino corresponde a razas productoras de lana (Merino) y doble propósito (Corriedale, Rommey Marsh, Lincoln) y Criolla. Sólo una raza es netamente productora de carne, la Hampshire Down, y en los últimos años se han comenzado a criar razas destinadas a la producción de leche

(Frisona) [14]. Se listan a continuación las razas de ovejas (*Ovis orientalis*) más utilizadas en Argentina y se las muestra en la figura 5.

- ✓ **Merino**: Es la de mayor difusión en la Argentina con algo más de seis millones de animales. Es elegida por su finura y calidad de lana. Su producción de lana varía desde los 3,5 a los 5 kg/animal [12].
- ✓ **Corriedale**: Es de origen neozelandés y se cría como una raza doble propósito en varias regiones del país. Desde el sur de la Patagonia hasta la Mesopotamia [12].
- ✓ **Romney Marsh**: Es de origen británico y su objetivo productivo es doble propósito, con tendencia carnicera. Se destaca por su característica de parir mellizos. También puede comercializarse la lana, que varía desde los 4 a los 7 kg/animal [12].
- ✓ **Lincoln**: Esta raza es de origen británico y su objetivo productivo es doble propósito, carne y lana. La principal región productiva es la pampeana donde existen aproximadamente 100.000 ejemplares. También puede comercializarse la lana, que varía desde los 5 a los 9 kg/animal [12].
- ✓ **Criolla**: Es la segunda raza más difundida con aproximadamente 3.000.000 de ejemplares. Su genotipo no está definido, ya que se trata de la mezcla de varias razas. Se cría en establecimientos familiares del NOA, para consumo de carne intrapredial e hilados. Se utiliza para autoconsumo de carne y elaboración de prendas artesanales, a partir de su lana [12].
- ✓ **Hampshire Down**: Es de origen británica y su principal propósito es carnicero. Se produce en la región Pampeana y en la precordillera de Neuquén, Río Negro y Chubut. También pueden comercializarse la lana, que varía desde los 2 a los 3,5 kg/animal [12].
- ✓ **Frisona**: Es de origen alemán y se cría para la producción de leche, desde Tierra del fuego hasta Córdoba [12].
- ✓ **Texel**: Se cría como una raza doble propósito con tendencia carnicera, principalmente en la región pampeana y el bajo valle del Río Chubut. Su principal producto son los corderos, característicos por su precocidad, buena

calidad y distribución de grasa. También puede comercializarse la lana, que varía desde los 4 a los 6 kg/animal [12].



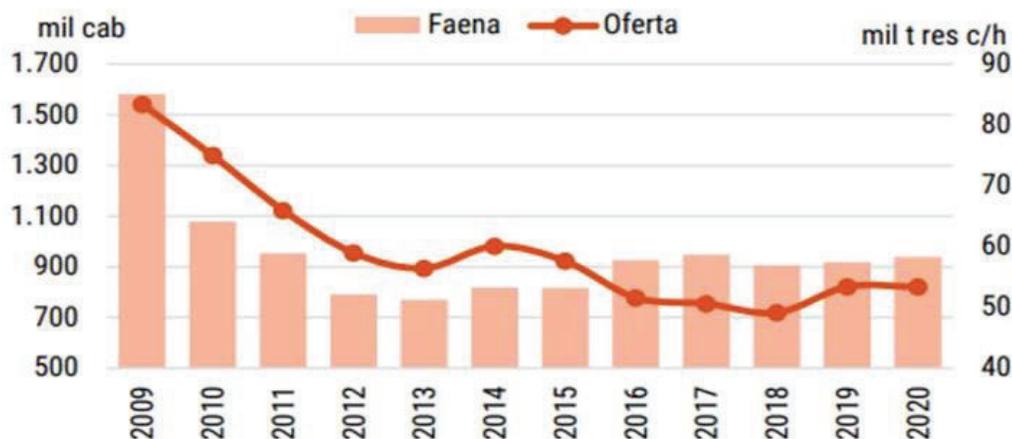
Figura 5: Razas de ovejas (*Ovis orientalis*) más utilizadas en Argentina.

La producción de leche y derivados constituye otro relevante sector dentro de la producción ganadera nacional. Aunque el número de ovinos dedicados a la producción láctea es singularmente menor a la producción cárnica y de lana, esta cadena es una de las principales actividades productivas en las provincias centrales y varias zonas (cuencas lecheras) del país [14].

La cadena de carne y lana ovina es una de las más importantes del sector pecuario en Argentina. El número de establecimientos dedicados a la producción del ganado ovino, el stock ganadero y los puestos de trabajo generados en cada uno de los eslabones, la posicionan como la actividad pecuaria más explotada en el sistema productivo nacional, principalmente en las regiones patagónica, litoral y la pradera pampeana. Si bien determinadas áreas del territorio nacional concentran la producción de ovinos de carne, todas las provincias del país contienen ovinos en producción para lana [14].

En cuanto a la producción de carne, el cordero es la categoría de mayor aceptabilidad entre los consumidores en el mercado por poseer mejores características y calidad de la carne, y por presentar un ciclo de producción corto. En cuanto al potencial productivo, el cordero es la categoría que presenta mejor respuesta cuando más se intensifica el sistema de producción. Todos los sistemas de producción animal son dinámicos y su planificación deben tener en cuenta varios factores que determinarán cómo debe llevarse a cabo el manejo de los animales. El confinamiento constituye una alternativa viable y aplicable que puede ser adoptada con el fin de obtener una mayor rentabilidad en el sistema ganadero. Sin embargo, es importante hacer hincapié que, para la decisión de usar el confinamiento, los ovinocultores siempre debe tener en cuenta la relación costo/beneficio, para que la empresa sea rentable **[15]**.

Como se observa en la figura 6, la faena de ovinos en nuestro país presentó una reducción marcada (cerca de 500 mil cabezas) entre 2009 y 2010, que continuó hasta 2013, alcanzando un mínimo de 770,5 mil cabezas. Posteriormente, se registra un aumento en 2014-2015 (en promedio de +6,1% vs 2013), y otro salto en el período 2016-2020 (en promedio de +13,5%), donde la faena de ovinos se estabiliza entre 900 a 950 mil cabezas. En el caso de la oferta de carne ovina, se registra un descenso continuo de 2009 a 2018, que pasó de 83,4 mil a 49,1 mil toneladas de res con hueso. En los últimos dos años, se visualiza una leve mejora, ya que la oferta promedio se ubicó entre 53,0 a 53,5 mil toneladas de res con hueso (+8,7% en promedio vs 2018) **[13]**.



**Figura 6:** Evolución de la faena y oferta de carne ovina en Argentina. Fuente: Movimiento CREA en base a SENASA y MAGYP [13].

Si bien el consumo de carne ovina comparado con el consumo del resto de las proteínas es bajo, el mercado interno es de suma relevancia para el sector. En el promedio del 2009 a 2020, el 94% de la oferta se destina al consumo local, y el porcentaje restante a exportación [13].

## e) Proceso productivo

El proceso productivo se separa en dos etapas: La cría de la oveja y la faena de la oveja. Como fue mencionado en el apartado anterior, las ovejas pueden destinarse a producción de lana, carnes y cueros. En este apartado se hará énfasis en la producción de carnes, ya que es a lo que se dedica la industria para la cual se quiere diseñar un tratamiento para sus aguas residuales.

### i. Criadero de ovejas

Un rebaño de hembras generalmente es fecundado por un único macho que ha sido seleccionado por un ganadero o que haya establecido su posición dominante por medio de combate con otros carneros [17].

La mayoría de las ovejas son reproductoras estacionales, aunque algunas pueden reproducirse durante todo el año. Las hembras generalmente alcanzan la madurez sexual entre los seis y los ocho meses de edad y los machos entre los cuatro y los seis [17].

Las hembras tienen un embarazo de unos cinco meses y pueden parir entre uno y tres corderos a la vez. Algunas hembras pueden alumbrar siete u ocho corderos, solo depende de ovejas de alta calidad en reproducción. Los partos simples o dobles son los más comunes, mientras que los partos múltiples son más raros. Las hembras pueden parir una o dos veces al año [9].

Cuando los corderos tienen varias semanas de edad se lleva a cabo el proceso de etiquetado en las orejas, descole y de castración; a esta edad también se suele proceder a la vacunación. El marcaje o la colocación de etiquetas numeradas en las orejas, o la colocación de un identificador electrónico se realiza para facilitar la posterior identificación del animal. El descole y la castración se realizan comúnmente después de 24 horas del nacimiento, para evitar la interferencia con la vinculación materna y el consumo de calostro, y generalmente antes de una semana, para minimizar el dolor, el estrés, el tiempo de recuperación y las complicaciones [17].

El primer ciclo de vacunación (generalmente anticlostridial) se administra generalmente a las 10 o 12 semanas, cuando se espera que la concentración de anticuerpos maternos adquiridos de forma pasiva a través del calostro ha caído lo suficiente como para permitir el desarrollo de su inmunidad activa. Se suelen revacunar anualmente alrededor de tres semanas antes del parto, para proporcionarles altas concentraciones de anticuerpos en el calostro durante las primeras horas después del parto [17].

El destete de los corderos se produce a los tres meses. Las ovejas llegan a la edad adulta a los dos años y pesan entre 60 y 125 kilogramos. Pueden alcanzar una edad de once o doce años [9].

En los criaderos, los cuidadores están dedicados a brindar la atención necesaria de los animales, de los cuales se puede obtener un rédito económico. La cría se realiza con el fin de reproducir al animal y hacerlo parte de un proceso productivo cuando este alcanza determinada edad. Al animal se le da alimento, se le limpia su hábitat, se le examina la salud de forma periódica y se le administran cuidados y medicamentos, de ser necesarios. También, se registran características físicas del animal, como el peso, la estatura, la longitud, etc.

Las instalaciones de una explotación ovina son un aspecto muy importante que incide en la seguridad y la buena práctica en el manejo de la majada. La infraestructura del sistema productivo permite dar protección a los animales frente a condiciones climáticas, robos y depredadores. Facilita el manejo de los animales respecto al pastoreo, encastes, destetes, partos y otros [24].

Los cercos permiten controlar en mejor forma el crecimiento de las pasturas, dividir las superficies de pastoreo, separar categorías de animales y realizar rezagos para conservar forraje [24].

Un cobertizo protege a los ovinos de los depredadores, de las inclemencias climáticas como lluvia, nieve y viento causantes de enfermedades y muertes. El cobertizo debido al abrigo que brinda, hace más eficiente el uso de la energía consumida por los animales al reducir la mortalidad de corderos y los requerimientos nutricionales de las ovejas. Por otro lado, esta infraestructura permitirá trabajar en días de lluvia con los animales en tratamientos de patas, vacunaciones y otras actividades de manejo. La construcción de un cobertizo debe considerar una superficie mínima de 1 m<sup>2</sup> por oveja adulta, y de 1,3 m<sup>2</sup> por oveja

con cría, es decir por cada 10 ovejas con crías será necesario 13 m<sup>2</sup> de cobertizo construido [24].

El piso de este tipo de cobertizo es ranurado y la estructura consiste en listones de 2,54 x 7,62 centímetros, separadas a 1 a 1,5 centímetros entre ellos, si se usan separaciones mayores se corre el riesgo que los corderos recién nacidos queden atrapados, al meter las patas en las ranuras. Al ser el piso en altura se debe considerar una escalera ancha para evitar los apretones, y con huellas en su base, para evitar que los animales resbalen al subir o bajar del cobertizo [24].

Los comederos se utilizan en prácticamente todos los sistemas, esto debido a que existe la necesidad de suplementar por lo menos un período en el año. Existen variados diseños para construir comederos, los más usados son de madera y de PVC, los cuales varían en costo y duración. Se recomienda construir los comederos de tal manera que todos los animales puedan alimentarse a la misma vez, para que no tengan que competir por espacio. Una oveja necesita aproximadamente 40 centímetros de espacio lineal de comedero y los corderos entre 20 y 30 cm aproximadamente. Se recomienda ubicar los comederos 50 cm sobre el suelo, para evitar que los animales los pise y defequen en ellos. Los bebederos deben permanecer limpios, libre de paja, fecas y preferentemente a la sombra en verano. La demanda diaria de agua fresca y limpia para los ovinos es de aproximadamente 2 a 8 litros de agua por cabeza de ganado, dependiendo de su estado reproductivo, del contenido de agua en el forraje y del clima. Los requerimientos aumentan considerablemente en el último tercio de la gestación. La ingesta de agua es directamente proporcional a la de alimento, en otras palabras, mientras más alimento consume una oveja mayor la cantidad de agua deberá ingerir [24].

La manga para ovejas es espacio necesario en todo plantel. Esta se utiliza en ciertos manejos, como medir condición corporal, desparasitar,

vacunar, seleccionar animales, entre otros. Consiste en un lugar estrecho (ideal de 50 cm de ancho) donde entran los animales y permite inmovilizarlos y trabajar. La manga debe incluir un corral y un pasillo en forma de embudo que se estrecha hasta que sólo pase un animal [24].

## ii. Matadero de ovejas

A continuación, se detallan las etapas (Ciclos) del proceso productivo dentro del frigorífico. Puede verse el diagrama de flujo de los procesos productivos, discriminando las etapas en ciclos, en la figura 7.

**Ciclo I:** Los animales son llevados al establecimiento en camiones y trasladados a los corrales, donde permanecen aproximadamente 24 horas y son inspeccionados. Los animales sanos, previo a su faena, reciben un baño de 3 a 4 minutos, de manera que ingresen a la playa de faena limpios. Los animales son pesados en la balanza dispuesta en el corral de recepción. Una vez pesados los lotes se destinan a distintos corrales según el establecimiento de origen [17].

Los animales son dirigidos desde los corrales en fila de a uno hacia el cajón de noqueo. Allí son insensibilizados: se produce el desangrado, donde la sangre escurre sobre una batea declinante hasta llegar a recipiente de acero inoxidable denominado cuba de desangrado.

Una vez insensibilizado el animal, colgado y desangrado, se procede a cambiar la manea del izado por una percha que engancha ambas patas traseras, estas perchas individuales acompañan al animal en todo el trayecto de la rielera. Luego se cortan las pezuñas y los cuernos. Posteriormente se efectúan un conjunto de operaciones, en forma seriada, para el desprendimiento de la piel, que se realizan con el animal suspendido en la percha respectiva [17].

Una vez extraído el cuero, patas, manos, cabeza y abierta la cadera y pecho comienza la tarea de evisceración. Cuando se procede a la

evisceración o despanzado se abre el abdomen en toda su extensión. Una vez hecho el corte se desprende todo el sistema digestivo de tripas y panza depositándola en la batea respectiva (Vísceras Verdes) y se deposita en otra batea el sistema hepático y aparato respiratorio (Vísceras Rojas). Las vísceras en total son revisadas por la autoridad sanitaria y luego enviadas al sector de vísceras, a través de una ventana de acero inoxidable. La panza es enviada al sector de mondonguería y las tripas a la tripería a fin de completar su elaboración [17].

Una vez eviscerada la res se procede a lavarla con agua a presión. Luego pasarán al palco de la Inspección Veterinaria, donde se realizará el examen final, estando ésta a cargo de la autoridad sanitaria. Terminada dicha operación y considerada aptas para el consumo, las reses pasaran por una zona de lavado con agua. Luego de realizado el correcto lavado de las medias reses se someten a una intervención final donde extraen los riñones, grasa de riñones y rabo. Una vez escurrida, la carcasa pasa frente al palco donde operarios especializados hacen la clasificación (tipificación) y pesado de las mismas. Las reses permanecen colgadas en sus perchas individuales en un sector intermedio previo a la Cámara 1, donde se orea la res por un tiempo determinado, antes de pasar al frío artificial [17].

Una vez que la res ha pasado por la tipificación y pesado, se procede a enviarlas a la cámara 1, por 24 horas en faroles de 8 animales, con el objetivo de reducir su temperatura. Esta operación se realiza disminuyendo la temperatura de la media res originalmente de aproximadamente 40°C, en cámaras refrigeradas de manera tal que, al momento del despacho o posterior proceso, la carne en la masa más profunda no tenga más de 7°C. Los tiempos de enfriamiento y temperatura finales de la mercadería dependen de los procesos o destinos finales [17].

**Ciclo II:** Al segundo día se transfiere a cámara 2 a una temperatura de  $-5^{\circ}$  Centígrados. Aquí la res entera estará por un tiempo mínimo de dos horas. La res se divide en mitades por la línea de la columna. Luego se realiza el desposte, operación en la cual se separa el músculo del hueso, tomando en cuenta las especificaciones comerciales. Se deja el hueso blanco, con el menor rastro de carne posible. Por último, se separan de las piezas específicas de los músculos cárnicos, emprolijándolos, sacándole restos de grasa y tegumento (pellejo). Obteniendo así los cortes que pasarán posteriormente a la etapa de envasado [17].

**Envase Primario (Envasado al vacío):** El músculo o el tipo de corte de distintos sectores del animal, se introduce en una bolsa de polietileno que pasa por una campana de vacío doble. Esta máquina realiza el vacío y termosellado de 6 bolsas a la vez, pudiendo realizar 2.500 envases en un turno de 8 horas [17].

**Envase Secundario:** Posterior al envase primario, se dispone dicho producto en cajas de cartón de 15 a 20 kilos. También puede realizarse en cajones plásticos aireados retornables [17].

**Ciclo III:** Las medias reses, cuartos o cortes envasados se reciben enfriados, congelados, desde cámara 1. Son recibidos por operarios que en mesas diseñadas a tal fin comienzan el desposte y separado de músculos. En mesas subsiguientes realizan el corte de achique de los músculos y se proceden a moler en una moledora específica. De la molienda depositada en una mesa subsiguiente se pasa a la mezcladora, donde se agregan distintas carnes y condimentos, previo a pasar al último proceso que es el de embutidos. Los embutidos son colgados en zorras gancheras y llevados al Frío en la Cámara 1. La conservación puede ser en cámaras de frío, de congelado. Se preparan los pedidos en la ante-cámara para ser cargados en el transporte para su distribución [17].

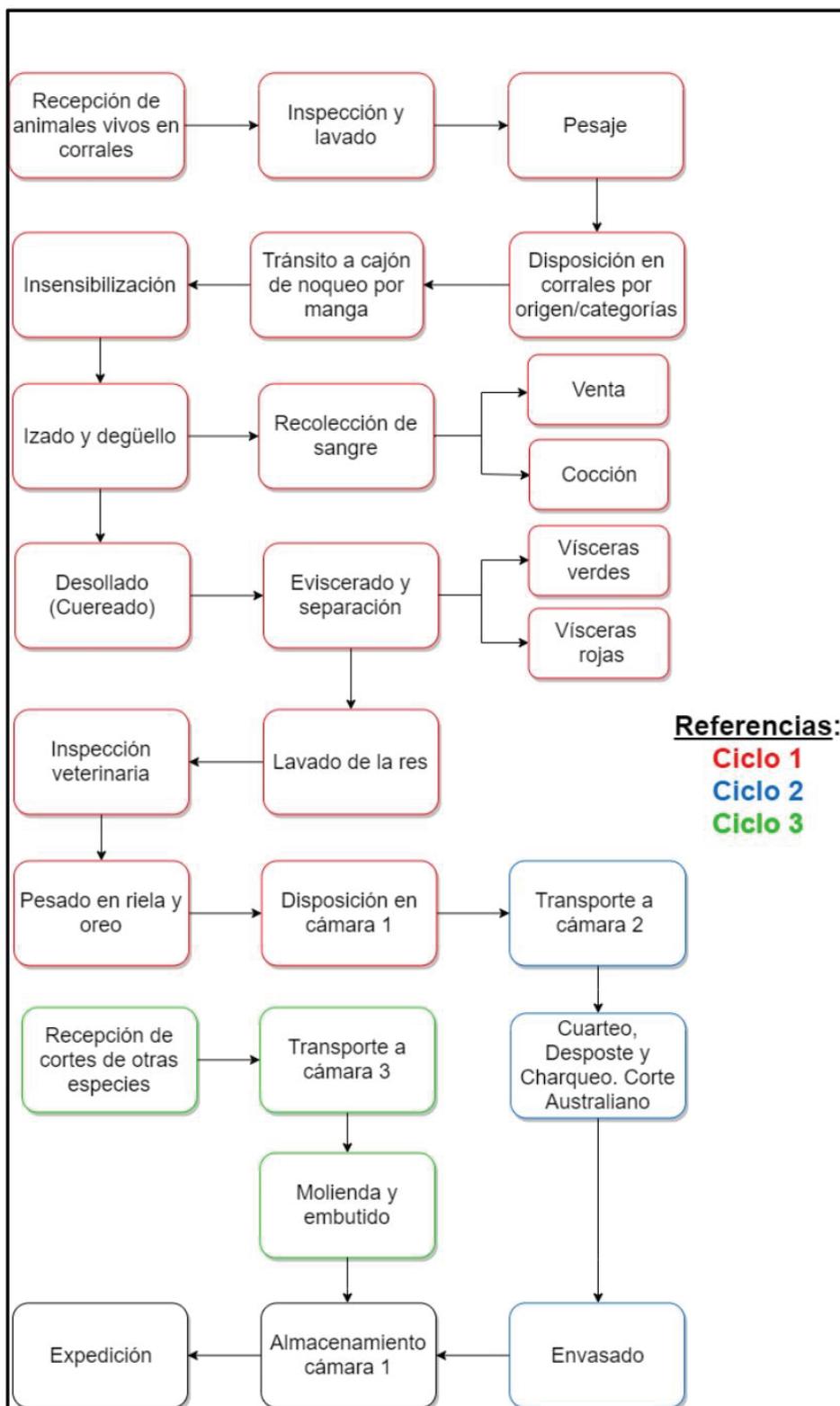


Figura 7: Diagrama de flujo del proceso productivo. Fuente: [17].

## **f) Objetivo del proyecto**

El objetivo de este proyecto es establecer un sistema de tratamiento óptimo y económicamente viable para los efluentes líquidos generados por un criadero – matadero de ovejas, ubicado en la localidad de Pilcaniyeu, Provincia de Río Negro, para lograr disminuir su carga contaminante y establecerla por debajo de los niveles máximos dispuestos en las normativas vigentes para ser volcados en un cuerpo de agua receptor, protegiendo la salud pública y la preservación del medio ambiente.

## 2. Diagnóstico inicial

En este capítulo se detallan la generación de efluentes del criadero – matadero, las características del efluente contrastadas con valores reportados en bibliografía, la ubicación del criadero – matadero y la normativa vigente aplicable a este proyecto.

### a) Generación de efluentes líquidos del Criadero - Matadero

El criadero – matadero opera de lunes a viernes durante 24 horas y cuenta con 8000 ovejas de la raza Hampshire Down, ya que esta es una raza que sólo se destina a producción de carne. Se calcula una dotación de agua por oveja de 14 L/día cuando esta reside en el criadero, ya que los corrales deben mantenerse limpios de los excrementos de ovejas para evitar enfermedades del ganado. A su vez, las ovejas son bañadas cada cierto período de tiempo para mantener su higiene. Los requerimientos de agua para una oveja en mantención son de 2 a 3,5 litros/día, en ovejas lactando de 4 a 7 litros/día y en corderos de 2 litros/día. Como promedio, un ovino de 45 Kg de peso vivo consume entre 3,5 a 4 litros de agua/día, aunque no necesariamente tome a diario esa cantidad [16].

En el matadero se consumen 300 L de agua por cada animal faenado y, en promedio, se faenan 400 ovejas por día. Los efluentes líquidos generados en las distintas etapas de la faena se caracterizan por su elevada carga de materia orgánica, derivada de la sangre, los excrementos, las materias grasas y las proteicas. Además, se debe incluir la contaminación bacteriológica que aportan las coliformes fecales [18].

Se identifican entonces dos tipos de efluentes:

- ✓ **Líquidos verdes**, provenientes de: los corrales, que consiste del estiércol de los animales en descanso, y la mondonguería, derivado del despanzado. la tripería, derivado del contenido intestinal [18].

- ✓ **Líquidos rojos**, provenientes de: la sangre del desollado, los vertidos de la playa de faena y las aguas del lavado de pisos [18].

Cabe destacar que, para el tratamiento de las aguas residuales, las líneas roja y verde se procesarán juntas en un mismo tratamiento. Esto se debe a que se requiere una carga orgánica alta para mantener alimentado el biorreactor que se utilice como propuesta de tratamiento.

El establecimiento cuenta con una cantidad total de empleados de 60 personas, entre los cuales se encuentran empleados operativos y administrativos. Se estima que, en promedio, un empleado utiliza 60 litros de agua por día, ya sea para beber, para hacer sus necesidades, etc.

Además, el criadero y el matadero pretenden aumentar su producción en un 25% en los próximos 5 años, lo que implicará mayor cantidad de animales.

## b) Caracterización del efluente

Para poder caracterizar el efluente, es importante definir los parámetros principales que se tienen en cuenta para poder diseñar la planta de tratamiento de efluentes. Si bien la normativa contempla también otros parámetros, estos no son relevantes a la hora de diseñar un tratamiento para las aguas residuales.

- ✓ Caudal: Cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo. Usualmente se mide en unidades de  $m^3/día$  [19].
- ✓ Demanda Química de Oxígeno (DQO): Mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $mgO_2/L$ ) [20].
- ✓ Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>): Mide la cantidad de oxígeno diatómico consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida y da cuenta de la materia susceptible de ser consumida u

oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir propiamente el grado de contaminación; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción ( $\text{DBO}_5$ ) y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) [21].

- ✓ Relación DQO/DBO: Se obtiene al dividir el resultado obtenido de la demanda bioquímica de oxígeno entre el obtenido para la demanda química de oxígeno. El resultado de esta relación es adimensional y sirve para definir el tipo de tratamiento a utilizar para la eliminación de cargas orgánicas en aguas de vertidos residuales [22].
  - Cuando el valor de esta relación es inferior a 0,2 significa que la mayor parte de la carga orgánica presente en el agua no es biodegradable, por tal motivo el tratamiento químico sería el adecuado para su depuración [22].
  - Cuando el valor de la relación se encuentra entre 0,2 - 0,4 se interpreta que la materia orgánica presente responde a la biodegradabilidad, por tal motivo los tratamientos de depuración recomendados son tratamientos combinados de tipo fisicoquímicos seguidos de tratamientos de tipo biológicos, como la utilización de cultivos bacterianos y lodos activos [22].
  - Cuando este valor es superior a 0,4 significa que la materia orgánica presente es muy biodegradable y para su depuración, en principio, solo bastaría con un tratamiento biológico, como por ejemplo un tratamiento de lodos activos [22].
- ✓ Sólidos en suspensión (SST): Es la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro -  $\text{mg/L}$ ), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido [23].
- ✓ Nitrógeno: Es la suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas (proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación,

urea, aminas, etc.) y el ion amonio  $\text{NH}_4^+$ , presentes en una muestra de agua. Es un parámetro importante en estaciones depuradoras de aguas residuales, ya que mide el nitrógeno capaz de ser nitrificado a nitritos y nitratos y, posteriormente y en su caso, desnitrificado a nitrógeno gaseoso. No incluye, por tanto, los nitratos ni los nitritos. Usualmente se mide en unidades de mg/L [24].

- ✓ Fósforo: Es la suma de todas las formas de fósforo existentes: ortofosfato o fosfatos, fosfatos condensados y fósforo orgánico. El fósforo orgánico suele encontrarse en forma de fosfatos contenidos en el interior o unidos a un compuesto orgánico. Usualmente se mide en unidades de mg/L [25].
- ✓ pH: Indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones y es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa. Su medición no tiene unidades [26].
- ✓ Temperatura: Magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. Usualmente se mide en unidades de grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) [27].
- ✓ Grasas: Son las sustancias solubles en éter etílico (SSEE). Están presentes en la mayoría de los desechos líquidos, y al ser sustancias hidrofóbicas tienden a generar atascos en el tratamiento de efluentes. Las grasas suelen oxidarse fácilmente, por lo que también consumen el oxígeno que hay en un reactor. Usualmente se miden en unidades de mg/L.

Previo a la caracterización del efluente, se realizó un relevamiento de bibliografía para tener una noción de los valores promedios de los parámetros de interés en el tratamiento de aguas residuales. Para ellos se compararon industrias similares a las del caso de estudio, como otros criaderos – mataderos ovinos o criaderos – mataderos bovinos, caprinos, porcinos o avícolas. Se pueden observar valores promedio de Demanda Química de

Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Total (NT) y Grasas (SSEE) en la tabla 1, que dan cuenta del grado de contaminación que tienen los efluentes crudos provenientes de este proceso productivo.

**Tabla 1:** Valores de referencia tomados de industrias similares a la del caso de estudio.

Empresa	DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	SST (mg/L)	NT (mg/L)	SSEE (mg/L)	Fuente de datos
<b>Efluentes de Criaderos</b>						
Granja porcina	25205	8459	15041	2033	-	[28]
Cría de cerdos - Purín de cerdo (Período de engorde)	41030	21600	12490	3670	-	[29]
Cría intensiva de cerdos	24297,92	14099,5	22400	1500	7600	[30]
Granja porcina	6000 - 50000		8500 - 42500	2100 - 4800	-	[30]
Cría de cerdos (Período de destete)	27800	13500	3300	220	2600	[32]
<b>Efluentes de Mataderos</b>						
Frigorífico	3500	5350	5000	750	250	[17]
Matadero de aves	1799	916	390	-	-	[17]
Matadero vacuno, ovino, porcino	2938	1750	647	73	28	[17]
Industria cárnica integral	4700	2000	834	33	106	[17]
Matadero de ganado	3379,3	1770,7	3066	23,8	108	[31]
Criadero - matadero rural	3800	2570	2700	420	750	[18]

Cabe destacar que los datos mostrados en la tabla 1 provienen mayoritariamente de industrias pequeñas. Se realizó un exhaustivo relevamiento de datos de industrias más grandes, pero la información no se encontraba disponible en línea.

El efluente generado por el criadero – matadero es una mezcla de líquidos y sólidos. La porción sólida proviene de las heces y de restos de alimento que dejan los animales en la parte del criadero, siendo este un gran aporte de materia orgánica y sólidos suspendidos al efluente. La porción líquida proviene del agua de lavado de los corrales (la cual contiene orina de los animales), de la faena de los animales y limpieza del matadero. Esto último da un gran aporte de nitrógeno al efluente, ya que la orina está compuesta de urea, y la sangre tiene una gran cantidad de proteínas solubles. La caracterización

fisicoquímica del efluente proveniente del criadero – matadero se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2:** Caracterización del efluente proveniente del criadero – matadero del caso de estudio.

Parámetro	Medición	Unidades
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	12300	mgO <sub>2</sub> /L
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	8200	mgO <sub>2</sub> /L
Relación DBO/DQO	0,67	
Sólidos en suspensión (SST)	3100	mg/L
Nitrógeno	1660	mg/L
Fósforo	75	mg/L
pH	7,6	
Temperatura	21	°C
Temperatura del mes más frío	7	°C

El parámetro caudal no se muestra en la tabla 2, ya que este fue calculado a partir de los usos del agua que tiene el criadero – matadero. Resulta importante destacar que, como el criadero – matadero funciona 5 días a la semana, pero los animales realizan sus necesidades todos los días, el caudal sufre variaciones dadas por la inactividad del matadero o la no generación de cloacales. La variabilidad depende también de los ciclos de lavado de los corrales: en verano se limpia con mayor frecuencia que en invierno por la generación de olores.

El caudal cloacal se genera por la presencia de empleados administrativos y operativos. El establecimiento cuenta con 60 personas que cumplen una jornada laboral de 10 horas diarias. Se calcula una dotación equivalente a 60 litros por persona por día. Esta agua residual será tratada junto con los caudales de efluente provenientes del criadero y del matadero.

### c) Ubicación

El proyecto de la planta de tratamiento se emplaza dentro de un criadero – matadero de ovejas, ubicado en el departamento Pilcaniyeu en la provincia de Río Negro, Argentina (Ver “Plano 01: Implantación del proyecto” en el ANEXO). Este se encuentra a 2 km al sur de la localidad de Pilcaniyeu, pudiéndose ingresar desde la Ruta Nacional N°23.

El criadero – matadero está compuesto por 515 ha, de las cuales 100 ha están cubiertas para ser usadas como corrales, matadero y frigorífico. Se muestra en la figura 8 la delimitación del predio destacando las secciones cubiertas (polígono violeta) y descubiertas del predio (polígono naranja).



Figura 8: Áreas cubiertas y descubiertas del predio del criadero – matadero.

Fuente: Composición cartográfica de producción personal realizada con Google Earth.

Pilcaniyeu es uno de los trece departamentos en los que se divide la provincia de Río Negro. El departamento tiene una extensión de 10.545 km<sup>2</sup> y limita al norte con la provincia de Neuquén, al este con los departamentos El Cuy y 25 de Mayo, al sur con el departamento Ñorquinco y al oeste con el departamento Bariloche [33].

La localidad de Pilcaniyeu se encuentra ubicada a 82 km al este de San Carlos de Bariloche, y a 67 km del cruce de la Ruta Nacional N°23 con la Ruta Nacional N°237, en Dina Huapi; en las estribaciones de la región andina, sobre el antiguo macizo patagónico, con sierras compuestas de rocas cristalinas antiguas. La pendiente general es hacia el este, con una leve declinación. La localidad de Pilcaniyeu se encuentra a una altura de 900 m.s.n.m [34].

Según el Censo 2010, vivían en el departamento 7356 personas. Ese número lo convierte en el octavo departamento más poblado de la provincia. Los principales centros urbanos de este departamento son Dina Huapi, municipio situado al este de Bariloche y el pueblo de Pilcaniyeu, cabecera del departamento. En el último existe el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu, donde se investiga el enriquecimiento de uranio con fines pacíficos [33]. Pilcaniyeu es, a su vez, estación del Tren Patagónico [35].

La naturaleza química del suelo es de características arcillosas, con mezcla de gran cantidad de arena. Los cursos de agua de esta zona tienen una pendiente única que los lleva a desembocar en el Río Limay, límite norte del Departamento. Entre los ríos más representativos sobresalen el Pichi Leufu y el Río Pilcaniyeu [34].

#### **d) Normativa**

En la República Argentina, la jerarquía normativa de las leyes se halla estructurada desde su vértice de la siguiente forma: Constitución nacional, convenios y tratados internacionales en materia de derechos humanos, leyes nacionales (sancionadas por el Congreso) y tratados internacionales, decretos reglamentarios de las leyes nacionales, ordenanzas municipales, y, por último, edictos policiales (contravenciones municipales dictadas, perseguidas y penadas por la policía federal).

La legislación denominada de fondo (códigos de Comercio, Civil, Penal y Régimen de Contrato de Trabajo) rige en todo el territorio nacional, pues desde una perspectiva técnica se consideran leyes nacionales. Las normas de procedimiento son dictadas por las provincias.

A continuación, se detalla la normativa ambiental vigente aplicable al caso de estudio. La constitución nacional es la ley de mayor jerarquía. En materia ambiental se destacan el artículo N°41, que establece el derecho al ambiente sano, el artículo N°43, que establece que se puede establecer una acción expedita de amparo ante cualquier hecho que produzca un daño ambiental, y el artículo N°124, que establece que cada provincia es libre de administrar y proteger sus recursos creando ecorregiones. Las leyes nacionales establecen, en su mayoría, presupuestos mínimos que las provincias no pueden dejar de atender. Es por esto que las leyes provinciales pueden ser más rigurosas, pero no más flexibles, en términos de establecimientos de valores umbrales para definir un impacto ambiental negativo o un daño ambiental, y cada provincia es independiente para establecer los valores umbrales, dado el federalismo del país.

#### CONSTITUCIÓN NACIONAL

- Artículo N° 41
- Artículo N° 43
- Artículo N° 124

#### CÓDIGO CIVIL Y COMERCIAL DE LA NACIÓN (APROBADO POR Ley N° 26.994)

##### Leyes Nacionales

- ✓ Ley N° 25.675: PRESUPUESTOS MÍNIMOS PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE
- ✓ Ley N° 25.688: GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS

- ✓ Ley N° 25.612: GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES Y ACTIVIDADES DE SERVICIOS
- ✓ Ley N° 24.375: FLORA Y FAUNA
- ✓ Ley N° 24.051: RESIDUOS PELIGROSOS y Dec. N° 831/93
- ✓ Ley N° 22.421: PROTECCIÓN DE FAUNA SILVESTRE
- ✓ Ley N° 25.916: GESTIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS
- ✓ Ley N° 25.335: ENMIENDA A LA CONVENCION SOBRE LOS HUMEDALES
- ✓ LEY N° 27.621: EDUCACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL
- ✓ LEY N° 27.520: LEY DE PRESUPUESTOS MINIMOS DE ADAPTACION Y MITIGACION AL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL
- ✓ LEY N° 22.428: FOMENTO A LA CONSERVACION DE LOS SUELOS
- ✓ Resolución N° 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible

#### Leyes Provinciales

- ✓ Ley N° 2.342/89. Pautas para prevenir efectos degradativos del medio ambiente
- ✓ Ley N° 2.631/90. Declara de interés social y económico los principios del Desarrollo Sustentable
- ✓ Ley N° 2.517/92. Carta ambiental de la Provincia de Río Negro
- ✓ Ley N° 3.266/99 (Modificada por ley N° 3335/99). Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Decretos Reglamentarios N° 1224/02 y N° 656/04
- ✓ Ley N° 3.335/99. Evaluación del impacto ambiental – Procedimiento – Autoridad de aplicación – Infracciones y sanciones – Modificación de la ley N° 3.266
- ✓ Ley N° 2.391/90. Control de calidad y protección de los recursos hídricos provinciales. Decreto Reglamentario N° 1894/91

- ✓ Resolución SRNyAH N° 243/93. Normas para vertidos de establecimientos industriales alcanzados por el Decreto Nacional N° 674/89 que contengan sustancias peligrosas de naturaleza ecotóxicas
- ✓ Ley N° 2.952/95. Código de Aguas. Decreto reglamentario N° 218/97
- ✓ Ley N° 3.183. Marco regulatorio para la prestación de los servicios de agua potable, desagües cloacales, riego y drenaje en la Provincia de Río Negro
- ✓ Resolución N° 885/15. Efluentes industriales. Inscripción. Parámetros de calidad y límites permitidos de vuelco. Muestreos y análisis. Traslado y disposición
- ✓ Ley N° 1.556. Fomento de la Conservación de Suelos. Adhesión a la Ley Nacional N° 22.428
- ✓ Ley N° 2.056/85. Ley de Fauna Silvestre. Decreto reglamentario N° 633/86
- ✓ Ley N° 2.600/93. Preservación del patrimonio y los recursos genéticos, acuáticos, terrestres y aéreos originados en territorio rionegrino
- ✓ Ley N° 3.702/02. Preservación, conservación, defensa y aprovechamiento de especies vegetales medicinales, aromáticas y biodinámicas nativas no implantadas
- ✓ Ley N° 2.599/93. Residuos patológicos o contaminantes. Decreto Reglamentario N° 971/06
- ✓ Ley N° 3.250/98. Regulación de todas las etapas de gestión de los residuos especiales
- ✓ Ley N° 2.472/85. Prohíbe el ingreso, transporte, transbordo, traslado o almacenamiento de residuos radioactivos y de desechos tóxicos de origen industrial, químico o biológico

- ✓ Ley N° 5.491 – Objetivos y procedimientos de protección ambiental aplicables a la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)

La autoridad de aplicación que regula los vuelcos en agua superficial es el Departamento Provincial de Aguas de la Provincia de Río Negro y los límites admisibles de los parámetros del efluente deben ajustarse a la Resolución N°885/15 de Río Negro. En la tabla 3, se pueden observar los valores permitidos para la descarga de efluentes a un cuerpo de agua receptor. En este caso, se buscará que el efluente cumpla las condiciones necesarias para poder ser volcado en un cuerpo de agua superficial (colector pluvial).

**Tabla 3:** Los límites para vuelco permitidos en la Resolución N° 885/15 de Río Negro, para cuerpos superficiales. Fuente: [36].

SUPLEMENTO				
18		Viedma, Agosto de 2015.-		
A- PARA EFLUENTES EN CUERPOS SUPERFICIALES				
Parámetros	Unidades	Ríos- Arroyos	Mar abierto	Ría
<b>Generales</b>				
pH	-	6 a 9	6 a 9	6.5 a 9
Temperatura	°C	30	30	30
Conductividad	µS/cm	*	-	-
Sólidos sedimentables en 2 hs	mL/L	1	5	1
Grasas y Aceites	mg/L	30	50	30
Fenoles	mg/L	0,5	2	0,5
Detergentes	mg/L	4	4	4
DBO, 5 días 20° **	mg/L	50	200	50
DQO **	mg/L	250	500	250
Hidrocarburos Totales	mg/L	2	5	2
<b>Iones</b>				
Cianuro	mg/L	0,1	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	-	-
Fluoruros	mg/L	5	-	-
Sulfatos	mg/L	500	-	-
Sulfuros	mg/L	1	1	1
<b>Metales y Metaloides</b>				
Aluminio	mg/L	2	2	2
Arsénico	mg/L	0.005	0,005	0,004
Bario	mg/L	2	1	2
Boro	mg/L	1	1	1
Cadmio total	mg/L	0,01	0	01
Calcio	mg/L	200	-	-
Cobalto	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cobre	mg/L	1	1	1
Cromo Hexavalente	mg/L	0,1	0,1	0,1
Estaño	mg/L	1	-	-
Hierro	mg/L	0,5	-	-
Manganeso	mg/L	0,5	-	-
Molibdeno	mg/L	0,5	-	-
Selenio	mg/L	0,1	-	-
Sodio	mg/L	250	-	-
Mercurio Total	mg/L	0,001	0,001	0,001
Niquel	mg/L	0,5	-	-
Plata	mg/L	0,005	0,005	0,005
Plomo	mg/L	0,03	0,03	0,03
zinc	mg/L	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,05	0,05	0,05
<b>Nutrientes</b>				
Fosforo total	mg/L	5	-	-
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>				
Nitratos	mg/L	5		
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	10		
Nitrógeno Total	mg/L	15		
<b>Fitosanitarios</b>				
Fitosanitarios Organoclorados	mg/L	<LD	<LD	<LD
Fitosanitarios Organofosforados	mg/L	0,02	<LD	<LD
<b>Otros</b>				
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	10 <sup>-3</sup>	-	-
Cloro Libre	mg/L	1	-	-

\* La autoridad de aplicación lo informará según el cuerpo receptor

### 3. Memoria descriptiva - Análisis de alternativas

En este capítulo se desarrollan las alternativas de tratamiento propuestas para el efluente proveniente del criadero – matadero de ovejas, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente para el vuelco de aguas superficiales según la Resolución N° 885/15 de Río Negro, así como también la memoria descriptiva de equipos y tamaños de las unidades de cada tratamiento.

Como se observó en la tabla 2, el efluente presenta altos niveles de contaminación por materia orgánica, por lo que este será un parámetro de interés para definir el tipo de tratamiento. Como la relación DBO/DQO dio un valor de 0,67, se puede decir que la materia orgánica presente en el efluente es muy biodegradable, por lo que un tratamiento biológico resultaría bastante adecuado para este caso particular.

El tratamiento biológico consiste en la estabilización de la materia orgánica contaminante presente en el agua residual mediante la acción de una biomasa activa, especialmente bacterias. Actúa a través de procesos de absorción biológica, mecanismo que efectúan las bacterias a través de su membrana citoplásmica, con reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas, que permiten utilizar los sólidos disueltos como fuente de energía, de tal manera que una vez aprovechados, son transformados en sólidos mineralizados o estabilizados. Por lo tanto, las bacterias se alimentan a través de su membrana citoplásmica, utilizando la fracción soluble de la materia orgánica [37].

De acuerdo con la forma en que utilizan el oxígeno para la realización de sus funciones metabólicas, las bacterias pueden ser aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, nombres de gran importancia en ingeniería sanitaria, dado que las tecnologías de tratamiento secundario reciben su nombre en función del tipo de bacterias presentes en el proceso biológico [37].

Las primeras (aeróbicas) son aquellas que requieren del oxígeno en forma molecular para poder respirar, esto es, oxígeno disuelto en el agua. Las segundas, anaeróbicas, no requieren de oxígeno molecular disuelto en el agua, sino que lo toman directamente de la materia orgánica que utilizan como fuente de alimentación. Finalmente, las terceras, facultativas, pueden vivir en presencia o ausencia de oxígeno disuelto, comportándose como aeróbicas o anaeróbicas según sea la situación en que estén inmersas. En materia de tratamientos de aguas, es posible dividir los procesos biológicos en dos grupos: depuración aeróbica y depuración anaeróbica de aguas residuales [37].

Este proyecto propone como primera alternativa una planta de tratamiento de efluentes convencional con un reactor de lodos activos. Como segunda alternativa, propone un sistema de depuración natural compuesto por un tren de lagunas que pueden ser anaeróbicas, facultativas y de maduración. Como tercera alternativa, propone la implementación de un reactor de manto de lodos (UASB, por sus siglas en inglés) previo a un reactor de lodos activos. En todos los casos se dispone una cámara de toma de muestra y medición de caudal antes del vertido del efluente tratado en el cuerpo de agua receptor, dimensionada según lo dispuesto en la resolución N° 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El cuerpo de agua receptor es el río Pilcaniyeu, ubicado al sureste del criadero – matadero. Los parámetros de vuelco están normados por la Resolución N° 885/15 de Río Negro.

### **a) Alternativa 1: Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos**

Consisten en tanques sometidos a aeración electromecánica, en los cuales se pone en contacto el agua residual con una masa bacteriana altamente concentrada (biomasa), la cual es responsable de la estabilización de la materia orgánica contaminante [37], que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biodegradables presentes en esa agua

La agitación evita sedimentos y homogeneiza la mezcla de los flóculos bacterianos con el agua residual. La aireación requerida tiene por objeto suministrar el oxígeno necesario tanto para las bacterias como para el resto de los microorganismos aerobios [38].

El proceso de depuración se lleva a cabo por los microorganismos, que se desarrollan sobre la materia orgánica, y con la presencia requerida de nutrientes (nitrógeno y fósforo, así como otros oligoelementos). Este proceso biológico requiere de una cantidad determinada de materia orgánica, ya que cantidades excesivas de estos compuestos orgánicos, metales pesados y/o sales pueden inhibirlo o destruirlo; y cantidades reducidas de nutrientes pueden no ser suficientes para mantener el proceso [38].

Un proceso biológico de lodos activos se desarrolla habitualmente en dos cámaras separadas: Un reactor biológico, tanque agitado, aireado y alimentado con el agua residual, en el que se produce la parte biológica del proceso; y un decantador secundario, tanque en el que sedimenta el fango producido, que es recirculado a la cabecera del tratamiento, y purgada para su eliminación la cantidad producida en exceso [38].

Como ventajas de este tipo de tratamiento se destacan la alta eficiencia, el simple mantenimiento de los equipos y que la mezcla dentro del reactor es bastante homogénea.

Como desventajas de este tipo de tratamiento se destacan la alta generación de lodos, el alto requerimiento energético de los equipos de aireación y la necesidad de un paso posterior para tratar los lodos generados.

## **i. Pretratamiento**

El objetivo del pretratamiento es remover elementos que dificulten el tratamiento o dañen equipamientos aguas debajo en las cañerías. Es una operación física que consta de un sistema de rejillas y un tamiz que permiten la separación de sólidos grandes que componen el efluente.

### Rejas:

Las rejas (Figura 9) son un sistema de filtrado que permite remover sólidos grandes que estén presentes en el efluente. Presenta una terminada inclinación con respecto a la normal del piso y pueden ser de limpieza manual o mecánica.



Figura 9: Sistema de rejillas en un pretratamiento. Fuente: Google imágenes.

Se propone un sistema de rejas con barrotes rectangulares con ambas caras semicirculares. Se colocarán ocho barrotes de 30 mm de espesor, separados por nueve espacios de 35 mm con un tipo de limpieza manual.

### Tamiz:

Un tamiz (Figura 10) es un método de separación líquido-sólido. El efluente entra a la cámara de distribución donde los sólidos se mantienen en suspensión. El flujo es distribuido homogéneamente a lo ancho del tamiz, que posee una curvatura tal que permite al líquido pasar a través de las aberturas, mientras los sólidos son retenidos y desplazados por la cara superior de la malla filtrante al labio de descarga inferior.



Figura 10: Tamiz estático. Fuente: Google imágenes.

Se propone utilizar un equipo RJ-600, dado que es el equipo más pequeño, aceptando una capacidad nominal de hasta 36 m<sup>3</sup>/h, con una abertura de ranura de 0,3 mm y un tamaño de separación de 0,18 mm.

Tanque de ecualización:

Los tanques de ecualización (Figura 11) se utilizan para retener caudales que pueden fluctuar en el tiempo. Permiten controlar la cantidad de líquido que ingresa a la unidad de tratamiento, haciendo que no ingrese ni mucha cantidad de líquido, ni muy poca.



Figura 11: Tanque de ecualización. Fuente: Google imágenes.

Para este caso de estudio, se propone el uso de un tanque de ecualización de 2260 m<sup>3</sup>, circular de 24 m de diámetro y 5 m de altura. Para favorecer el mezclado, se utilizarán difusores de burbuja gruesa CB-300, alimentados por dos sopladores R-1200 de Repicky operando con una potencia de 12,4 Hp, a una presión de 400 mbar y a 2250 rpm. Se propone tener un tercer soplador R-1200 a modo de repuesto por si hay fallas en alguno de los dos sopladores. Esto evitará que se frene el sistema de tratamiento lo menos posible.

## ii. Tratamiento primario

El tratamiento primario consiste en un sedimentador primario (Figura 12). Este es un tanque de forma rectangular de flujo horizontal que permite la decantación de sólidos por la baja velocidad que presenta el líquido en esta unidad de tratamiento.

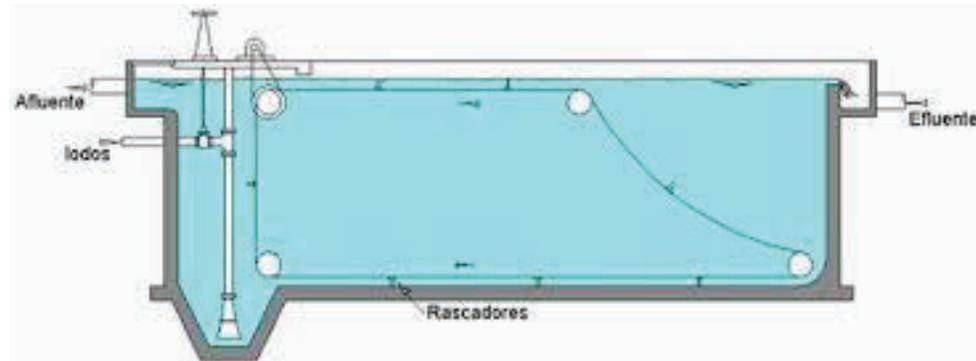


Figura 12: Sedimentador primario rectangular. Fuente: Google imágenes.

El sedimentador será rectangular y tendrá un volumen de  $49 \text{ m}^3$ , con una altura de sedimentación de 3 m. La velocidad del fluido debe ser baja para favorecer la sedimentación de partículas sólidas, así que se propone una carga superficial de  $18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ , dando un tiempo de retención de 4 horas.

### Tabique:

El tabique permite una distribución homogénea del fluido en todo el volumen del sedimentador. Este deberá tener un área de  $6 \text{ m}^2$  y contar con 20 orificios para lograr su objetivo.

Zona de salida:

Para un mejor control del caudal de líquido que sale del sedimentador primario se dispondrá un vertedero de tipo Thompson (Figura 13) con dos aberturas triangulares, separadas por 58 cm.



Figura 13: Vertedero tipo Thompson triangular. Fuente: Google imágenes.

Zona de lodos:

Se propone el diseño de una parte del sedimentador que tenga una forma de tronco piramidal, con un volumen de  $2,7 \text{ m}^3$ . Esta zona será capaz de acumular 324 litros de barro generado por día.

### iii. Tratamiento secundario

Un proceso biológico de lodos activos se desarrolla habitualmente en dos cámaras separadas: Un reactor biológico, tanque agitado, aireado y alimentado con el agua residual, en el que se produce la parte biológica del proceso; y un decantador secundario, tanque en el que sedimenta el fango producido, que es recirculado a la cabecera del tratamiento, y purgada para su eliminación la cantidad producida en exceso [38]. El sedimentador secundario permite la recirculación de lodos hacia el reactor biológico para poder aumentar la eficiencia de remoción de materia orgánica biodegradable (DBO). En la figura 14 se observa un reactor biológico seguido de un sedimentador secundario con recirculación de lodos.

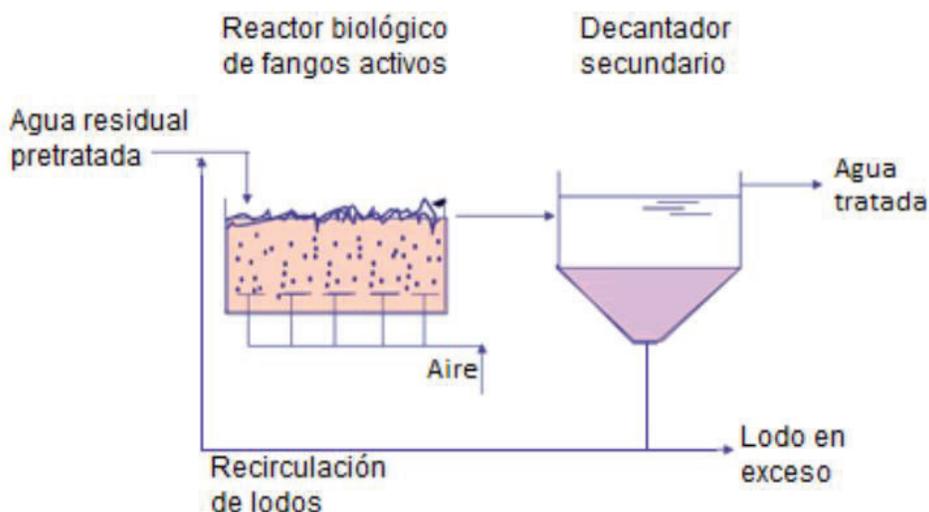


Figura 14: Reactor biológico seguido de un sedimentador secundario con recirculación de lodos. Fuente: Google imágenes.

#### Reactor biológico:

Se propone la implementación de un reactor circular de un volumen de 1760 m<sup>3</sup>, con un diámetro de 21 m. Este tanque tiene un requerimiento de oxígeno tal que puede ser cubierto con tres

sopladores R-1200 de la marca Repicky, trabajando a 2900 rpm. Se propone tener tres sopladores R-1200 más a modo de repuesto por si hay fallas en alguno de los dos sopladores. Esto evitará que se frene el sistema de tratamiento lo menos posible.

#### Sedimentador secundario:

El sedimentador será circular y tendrá un volumen de  $48 \text{ m}^3$ , con una altura de sedimentación de 3 m y un diámetro de 4,5 m. La velocidad del fluido debe ser baja para favorecer la sedimentación de partículas sólidas, así que se propone una carga superficial de  $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ , dando un tiempo de retención de 3,6 horas.

Se dispondrá una campana de distribución de 0,68 m de diámetro con 4 orificios que permitan una distribución homogénea del líquido en la unidad.

Para un mejor control del caudal de líquido que sale del sedimentador secundario se dispondrá un vertedero de tipo Thompson (Figura 14) con tres aberturas triangulares.

Se propone el diseño de una parte del sedimentador que tenga una forma de tronco piramidal, con un volumen de  $5,4 \text{ m}^3$ . Esta zona será capaz de acumular 640 litros de barro generado por día.

#### **iv. Tratamiento terciario**

El tratamiento terciario consiste en una cámara de cloración (Figura 15) y el objetivo de este paso es reducir sustancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente por el agregado de hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ). El hipoclorito de sodio es un agente oxidante que resulta letal para bacterias, virus, hongos y protozoarios. La clave de esta unidad de tratamiento está en el tiempo de contacto entre el efluente y el agente desinfectante. Es por este motivo que la cámara de cloración tiene un volumen de  $4,1 \text{ m}^3$ , midiendo  $0,8 \text{ m}$  de ancho,  $2,5 \text{ m}$  de largos y  $2 \text{ m}$  de alto, con 11 tabiques de  $15 \text{ cm}$  de espesor, que permiten aumentar el tiempo de permanencia del efluente en la cámara y los choques de este con los tabiques favorecen la mezcla del agente desinfectante en el efluente. La disposición de los 11 tabiques permite un ancho de canaleta  $0,21 \text{ m}$ .



Figura 15: Fotografía de una cámara de cloración. Fuente: Google imágenes.

Para este tratamiento es necesaria la aplicación de 2,3 kg de NaClO diarios, para mantener la cantidad de microorganismos por debajo de la cantidad máxima permitida, ya que el caudal de efluente diario que ingresa a esta unidad de tratamiento es de 293 m<sup>3</sup>.

## v. Esquema del tratamiento

En la figura 16 se observa un esquema de tratamiento que muestra el recorrido del efluente por las distintas unidades, hasta llegar a ser completamente tratado y cumplir con los parámetros de vuelco en aguas superficiales dispuestos por la Resolución N° 885/15 de Río Negro.

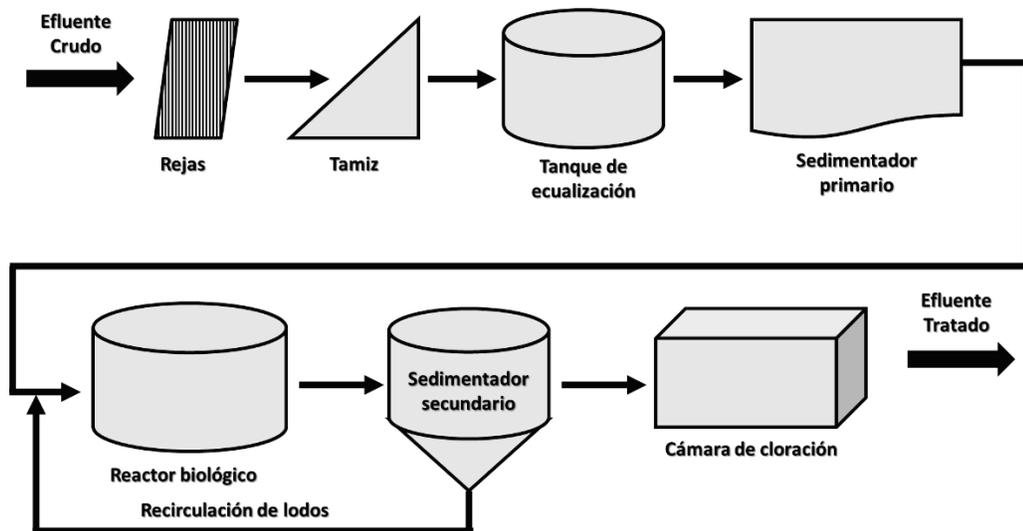


Figura 16: Esquema de la alternativa “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”. Fuente: Elaboración propia.

## vi. **Justificación de la alternativa 1**

Esta alternativa es una de las más comunes cuando se plantea hacer un tratamiento biológico de aguas residuales. Es un tratamiento con una buena eficiencia y no requiere de un gran espacio para su instalación. A su vez, es una buena alternativa para la eliminación de nitrógeno y fósforo de las aguas contaminadas. Una relación adecuada de macronutrientes dentro del reactor es que  $DBO_5:Nitrógeno:Fósforo$  estén en una relación de 100:5:1. Esta relación se verificó empíricamente, ya que  $DBO_5 = 8200 \text{ mg/L}$ ,  $N = 1660 \text{ mg/L}$  y  $P = 75 \text{ mg/L}$ , dando un valor de 110:5:1.

Esta alternativa presenta resistencia a variaciones climáticas como el cambio en la temperatura, haciendo que su eficiencia no se vea afectada. Hay que destacar que esta alternativa genera una gran cantidad de lodos activados que deben ser tratados y requiere manejo por parte de un personal especializado.

## b) **Alternativa 2: Sistemas de depuración natural**

Las lagunas de estabilización son cuerpos de agua creados artificialmente por el hombre. Las lagunas pueden utilizarse individualmente o vincularse en serie para mejorar el tratamiento. Hay tres tipos de lagunas: anaerobias, facultativas y de maduración, cada una con características de diseño y tratamiento diferentes. Para dar un tratamiento más eficaz a las aguas residuales, las lagunas deben vincularse, en una serie de tres o más, con el efluente que sale de la laguna anaerobia a la laguna facultativa y, por último, a la laguna aerobia. La laguna anaerobia es la primera etapa del tratamiento y reduce la carga orgánica en las aguas residuales. La remoción de sólidos y  $DBO$  se produce por sedimentación y a través de la subsecuente digestión anaerobia dentro del lodo. Las bacterias anaerobias convierten el carbono

orgánico en metano y, a través de este proceso, remueven hasta 60% de la DBO [39].

En una serie de lagunas, el efluente de la laguna anaerobia se transfiere a la laguna facultativa, donde se remueve más DBO. La capa superior de la laguna recibe oxígeno, mientras que la capa más baja se priva de oxígeno y se vuelve anaerobia. Los sólidos sedimentables se acumulan y son digeridos en el fondo de la laguna. Los organismos anaerobios y aerobios trabajan juntos para lograr reducciones de DBO hasta de 75% [39].

A diferencia de las lagunas anaerobias y facultativas que están diseñadas para la remoción de la DBO, las lagunas de maduración están diseñadas para remover patógenos. Este tipo de laguna es menos profunda para permitir que la luz del sol penetre hasta el fondo para que se dé la fotosíntesis. Las algas fotosintéticas liberan oxígeno en el agua y, al mismo tiempo, consumen el dióxido de carbono producido por la respiración de bacterias [39].

Es necesario alambrar alrededor de las lagunas, para evitar el acceso de personas y prevenir accidentes. En general, suelen plantarse árboles al redor de las lagunas.

Como ventajas de este tipo de tratamiento se destacan la resistencia a variaciones en el caudal y carga orgánica aplicada, la alta reducción de sólidos, DBO y patógenos, la alta remoción de nutrientes si se combina con acuicultura, el bajo costo de operación, la baja generación de lodos y la necesidad de poco control del sistema.

Como desventajas de este tipo de tratamiento se destacan el requerimiento de un terreno grande, el alto costo de inversión, dependiendo del precio del terreno, la generación de malos olores y la limitada eficiencia de remoción.

## **i. Pretratamiento**

El objetivo del pretratamiento es remover elementos que dificulten el tratamiento o dañen equipamientos aguas debajo en las cañerías. Es una operación física que consta de un sistema de rejas y un tamiz que permiten la separación de sólidos grandes que componen el efluente.

### Rejas:

Se propone el mismo sistema de rejas diseñado en la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

### Tamiz:

Se propone el mismo tamiz que en la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

## **ii. Laguna anaeróbica**

La laguna anaeróbica (Figura 17) es pequeña y profunda y recibe fuertes cargas de materia orgánica contaminante por unidad de volumen. La profundidad oscila entre 3 y 5 m y es requerida para reducir las variaciones de temperatura con sus efectos negativos en el tratamiento, así como para garantizar que la zona de transferencia de oxígeno atmosférico sea despreciable, comparativamente con la profundidad total [38]. Son muy sensibles a los cambios de temperatura, afectando fuertemente su eficiencia. Estas lagunas generan malos olores por la producción de ácido sulfhídrico gaseoso, por lo que se las recubre con membranas. Esto también permite atrapar el gas metano que se genera (Biogás). Previo a su construcción es necesario impermeabilizar el terreno.



Figura 17: Laguna anaeróbica cubierta. Fuente: Google imágenes.

Para esta alternativa se propone la construcción de dos lagunas anaeróbicas, cubiertas con membrana, de forma de tronco piramidal invertido, cada una de un volumen de  $7829 \text{ m}^3$ , con una profundidad de 4 m. Previo a su construcción es necesario impermeabilizar el terreno con una geomembrana.

### iii. Laguna facultativa

Este tipo de tratamiento combina la actividad anaeróbica con la aeróbica. Las lagunas facultativas (Figura 18) son mucho mayores en área que las anaeróbicas y de menor profundidad. Las lagunas facultativas tienen una profundidad que oscila entre 1,2 y 2,5 m, en la cual se formarán tres zonas bien diferenciadas: Aeróbica, Facultativa, y Anaeróbica. La eficiencia varía en función de la radiación solar, el viento y la temperatura. Presentan una coloración verdosa por la presencia de algas, las cuales son un indicador del buen funcionamiento de la laguna.



Figura 18: Laguna facultativa. Fuente: Google imágenes.

Para esta alternativa se propone la construcción de tres lagunas facultativas de forma de tronco piramidal invertido, cada una de un volumen de  $40454 \text{ m}^3$ , con una profundidad de 2 m. Previo a su construcción es necesario impermeabilizar el terreno con una geomembrana.

#### **iv. Laguna de maduración**

El objetivo principal de este tratamiento no es la remoción de materia orgánica, sino que es la eliminación de patógenos (Virus, parásitos y/o bacterias) y la remoción de nutrientes como fósforo o nitrógeno. Las lagunas de maduración (Figura 19) son las de mayor área y las de menor profundidad, siendo este de entre 0,8 y 1,2 m. Se ven afectadas por la radiación solar, el viento y la temperatura y permiten la infiltración al suelo.



Figura 19: Laguna de maduración. Fuente: Google imágenes.

Para esta alternativa se propone la construcción de una laguna de maduración de forma de tronco piramidal invertido, cada una de un volumen de  $4102 \text{ m}^3$ , con una profundidad de 1 m.

#### **v. Esquema del tratamiento**

En la figura 20 se observa un esquema de tratamiento que muestra el recorrido del efluente por las distintas unidades, hasta llegar a ser completamente tratado y cumplir con los parámetros de vuelco en aguas superficiales dispuestos por la Resolución N° 885/15 de Río Negro.

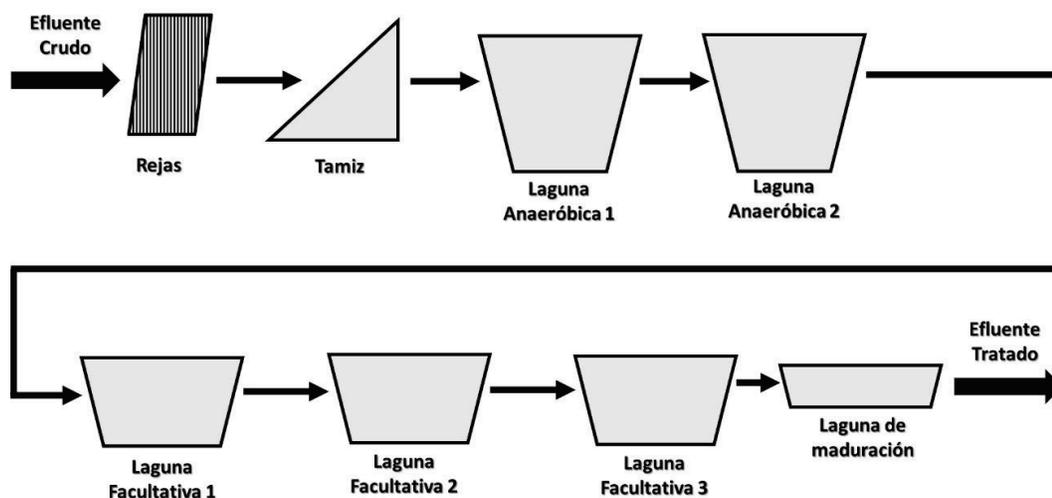


Figura 20: Esquema de la alternativa “Sistemas de depuración natural”.

Fuente: Elaboración propia.

## vi. Justificación de la alternativa 2

Esta alternativa presenta resistencia a variaciones en el caudal y carga orgánica aplicada, la alta reducción de sólidos, DBO y patógenos, la alta remoción de nutrientes si se combina con acuicultura, el bajo costo de operación, la baja generación de lodos y la necesidad de poco control del sistema. A demás no se requiere de personal especializado para su mantención. Un tren de lagunas asegura una alta eficiencia de remoción de materia orgánica y la laguna de maduración permite la eliminación de patógenos. Sin embargo, se requiere un gran espacio y la inversión inicial que debe realizarse para poder llevarla a cabo es bastante elevada.

### **c) Alternativa 3: Reactor UASB seguido de un reactor de lodos activos**

El reactor UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket – es un reactor anaerobio de flujo ascendente de alta eficiencia. Normalmente, el reactor UASB es utilizado en procesos primarios para la estabilización de la materia orgánica inicial [40]. Luego es necesario complementar el tratamiento del efluente con un tratamiento secundario aeróbico.

En el reactor anaerobio de manta de lodo (UASB) el efluente entra por la parte inferior, en flujo ascendente, pasando a través de un lecho de lodo denso y de elevada actividad. El perfil de sólidos en el reactor varía de muy denso y con partículas granulares de elevada capacidad de sedimentación, cercanas al fondo (lecho de lodo), hasta un lodo más disperso y liviano, cercano al tope del reactor (manta de lodo) [40].

El principio fundamental del proceso de tratamiento es la formación de una biomasa con alta actividad microbiológica, permitiendo alto rendimiento en los procesos de estabilización, considerando los límites para las reacciones anaerobias, y un tiempo de detención hidráulica relativamente corto, y así el líquido es dirigido para el tratamiento complementario, donde se procede a la continuación de los procesos a oxidación de la materia orgánica presente en estos líquidos, en muchos casos el proceso de lodo activado con remoción de nutrientes [40].

Un dispositivo de separación de gases y sólidos, ubicado debajo del decantador, evita que el flujo ascendente de los gases que se forman en los procesos de estabilización cargue las partículas que se desprenden de la manta de lodo, permitiendo que éstas retornen a la cámara de digestión, en vez de ser arrastrados para fuera del sistema [40].

Como ventajas de este tipo de tratamiento se destacan la baja generación de lodos, el bajo consumo de energía, el bajo consumo de nutrientes, el bajo requerimiento de terreno y el bajo costo.

Como desventajas de este tipo de tratamiento se destacan la susceptibilidad a los tóxicos y la necesidad de un tratamiento posterior para nutrientes y la materia orgánica remanente.

### **i. Pretratamiento**

El objetivo del pretratamiento es remover elementos que dificulten el tratamiento o dañen equipamientos aguas debajo en las cañerías. Es una operación física que consta de un sistema de rejas y un tamiz que permiten la separación de sólidos grandes que componen el efluente.

#### Rejas:

Se propone el mismo sistema de rejas diseñado en la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

#### Tamiz:

Se propone el mismo tamiz que en la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

#### Tanque de ecualización:

Se propone el mismo tanque de ecualización diseñado en la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

## ii. Tratamiento primario

En esta alternativa se propone como tratamiento primario un reactor anaerobio de manta de lodo (UASB) (Figura 21). En el reactor UASB, el efluente entra por la parte inferior, en flujo ascendente, pasando a través de un lecho de lodo denso y de elevada actividad. Un dispositivo de separación de gases y sólidos, ubicado debajo del decantador, evita que el flujo ascendente de los gases que se forman en los procesos de estabilización cargue las partículas que se desprenden de la manta de lodo, permitiendo que éstas retornen a la cámara de digestión, en vez de ser arrastrados para fuera del sistema [40].

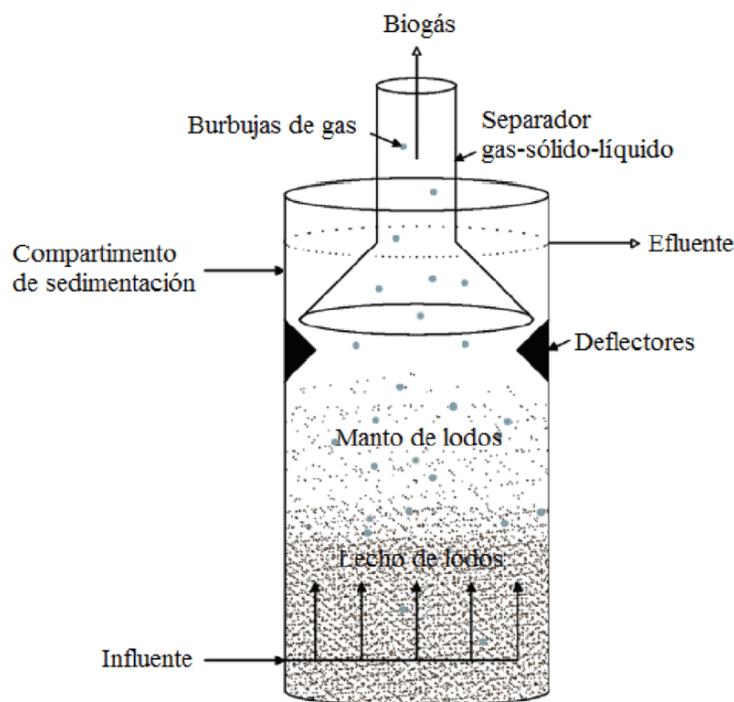


Figura 21: Esquema de reactor UASB. Fuente: Google imágenes.

Para esta alternativa se propone el diseño de un único reactor UASB de 98 m<sup>3</sup>, con campana trifásica.

### iii. Tratamiento secundario

Un proceso biológico de lodos activos se desarrolla habitualmente en dos cámaras separadas: Un reactor biológico, tanque agitado, aireado y alimentado con el agua residual, en el que se produce la parte biológica del proceso; y un decantador secundario, tanque en el que sedimenta el fango producido, que es recirculado a la cabecera del tratamiento, y purgada para su eliminación la cantidad producida en exceso [38]. El sedimentador secundario permite la recirculación de lodos hacia el reactor biológico para poder aumentar la eficiencia de remoción de materia orgánica biodegradable (DBO). En la figura 14 se observa un reactor biológico seguido de un sedimentador secundario con recirculación de lodos.

#### Reactor biológico:

Se propone la implementación de un reactor circular de un volumen de 429 m<sup>3</sup>, con un diámetro de 10 m. Este tanque tiene un requerimiento de oxígeno tal que puede ser cubierto con dos sopladores R-500 de la marca Repicky, trabajando a 2900 rpm. Se propone tener dos sopladores R-500 más a modo de repuesto por si hay fallas en alguno de los dos sopladores. Esto evitará que se frene el sistema de tratamiento lo menos posible.

#### Sedimentador secundario:

El sedimentador será circular y tendrá un volumen de 78 m<sup>3</sup>, con una altura de sedimentación de 3 m y un diámetro de 5,8 m. La velocidad del fluido debe ser baja para favorecer la sedimentación de partículas sólidas, así que se propone una carga superficial de 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día, dando un tiempo de retención de 3,6 horas.

Se dispondrá una campana de distribución de 0,86 m de diámetro con 5 orificios que permitan una distribución homogénea del líquido en la unidad.

Para un mejor control del caudal de líquido que sale del sedimentador secundario se dispondrá un vertedero de tipo Thompson (Figura 13) con cuatro aberturas triangulares.

Se propone el diseño de una parte del sedimentador que tenga una forma de tronco piramidal, con un volumen de 8,7 m<sup>3</sup>. Esta zona será capaz de acumular 1039 litros de barro generado por día.

#### **iv. Tratamiento terciario**

Se propone el mismo tratamiento terciario diseñado en la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

#### **v. Esquema del tratamiento**

En la figura 22 se observa un esquema de tratamiento que muestra el recorrido del efluente por las distintas unidades, hasta llegar a ser completamente tratado y cumplir con los parámetros de vuelco en aguas superficiales dispuestos por la Resolución N° 885/15 de Río Negro.

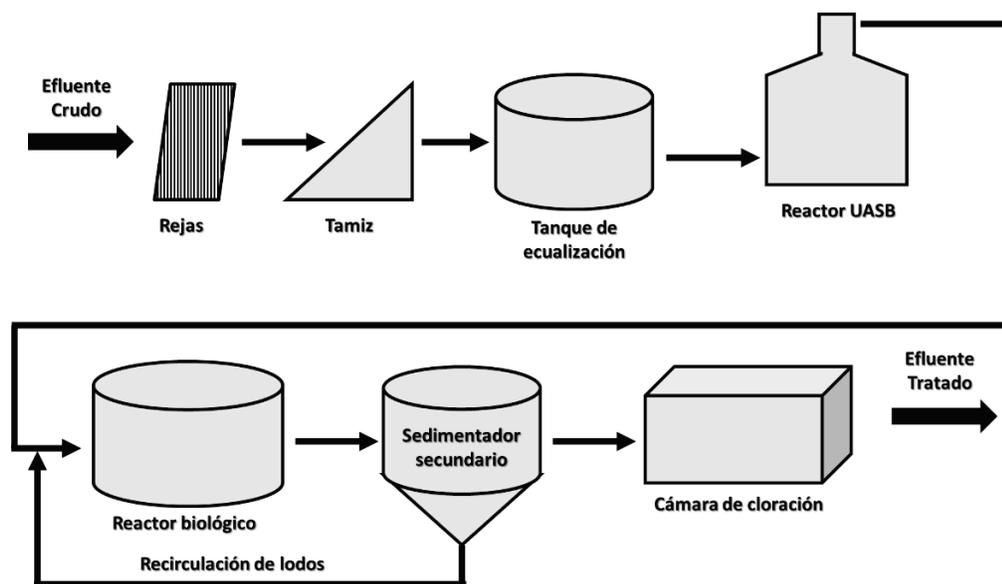


Figura 22: Esquema de la alternativa “Reactor UASB seguido de un reactor de lodos activos”. Fuente: Elaboración propia.

## vi. Justificación de la alternativa 3

Si bien esta alternativa es similar a la alternativa 1, la inclusión de un reactor UASB en lugar de un sedimentador primario reduce ampliamente la formación de lodos, ya que las bacterias anaeróbicas crecen de una forma más lenta que las bacterias aeróbicas por el tipo de metabolismo poco energético que presentan. Esta alternativa requiere poco espacio para implementarse, es de bajo costo y no realiza un gasto energético muy elevado. Sin embargo, este tipo de tratamiento presenta susceptibilidad a los tóxicos y la necesidad de un tratamiento posterior para nutrientes y la materia orgánica remanente.

#### **4. Memoria de cálculo de los sistemas de tratamiento propuestos**

En este capítulo se detalla cómo fueron realizados los cálculos que llevaron al dimensionamiento de las tres alternativas de tratamiento propuestas para la problemática ambiental planteada.

El dimensionamiento de las unidades sumado a las ventajas y desventajas generales de cada tratamiento y a una valoración económica general serán los ejes en los que se basará la elección de la mejor alternativa para aplicar a este caso de estudio.

##### **a) Caudal de diseño**

Conocer el caudal del efluente es el primer paso para poder diseñar las unidades de tratamiento. Para ello es necesario evaluar el uso del agua del criadero – matadero como se hizo en el Capítulo 2, inciso e. El caudal de diseño será la suma de los caudales de efluentes que son generados en el criadero, en el matero y los cloacales.

El caudal de efluente que se genera en el criadero está dado por la cantidad de ovejas y la dotación que estas requieren. Se cuenta con 8000 cabezas de ganado y se calcula una dotación de agua por oveja de 14 L/día.

El caudal de efluente que se genera en el matadero está dado por la cantidad de agua requerida para faenar un animal y la cantidad de animales diarios faenados. Se consumen 300 L de agua por cada animal faenado y, en promedio, se faenan 400 ovejas por día.

El criadero y el matadero pretenden aumentar su producción en un 25% en los próximos 5 años, lo que implicará mayor cantidad de animales.

El establecimiento cuenta con una cantidad total de empleados de 60 personas, entre los cuales se encuentran empleados operativos y administrativos. Cada persona tiene un consumo promedio diario de 60 litros de agua (Dotación). El caudal cloacal estará dado por la cantidad de trabajadores, la dotación de aguas que los mismos necesitan y se aplica un

factor de corrección de 0,8, ya que se asume que lo que va a la cloaca es el 80% de la dotación.

Aplicando el aumento de producción esperado, el caudal generado en el criadero será de 140 m<sup>3</sup>/día, el caudal generado en el matadero será de 150 m<sup>3</sup>/día y el caudal cloacal será de 2,88 m<sup>3</sup>/día. Por lo tanto, el caudal de diseño será de 293 m<sup>3</sup>/día ( $Q_{dis}$ ). Este valor será el que se utilice para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento.

Por otra parte, se adoptó una variación de caudal del 25%, por lo que se calcularon los caudales máximos y mínimos esperados para el caudal de diseño. Estos valores fueron de 366 m<sup>3</sup>/día y de 220 m<sup>3</sup>/día, respectivamente.

## b) Diseño de las alternativas de tratamiento

### i. Diseño de alternativa 1: Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos

#### ***Pretratamiento***

##### Rejas:

Las rejas pueden ser limpieza manual o mecánica. En este caso se escogieron rejas de limpieza manual. Para poder diseñar el sistema de rejas, se adoptó una velocidad de paso ( $v_{paso}$ ) de 0,3 m/s. Con este valor adoptado, se calculó el área de la canaleta ( $A_c$ ) mediante la ecuación 1.

$$A_c = \frac{Q_{dis}}{v_{paso}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Luego, se adoptó un ancho de la canaleta ( $W_c$ ) de 50 cm y con este valor se calculó la altura cinética del líquido ( $h_v$ ) mediante la ecuación 2.

$$h_v = \frac{A_c}{W_c} \quad \text{Ecuación 2}$$

A partir de los valores obtenidos se calculó la altura de pérdida de carga ( $h_l$ ) mediante la ecuación 3.

$$h_l = \beta \cdot \left(\frac{w}{b}\right)^{3/4} \cdot h_v \cdot \sin \theta \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde  $\beta$  es el factor de forma,  $w$  es el ancho transversal de la barra,  $b$  es la separación entre las barras,  $h_v$  es la altura cinética del líquido y  $\theta$  es el ángulo de la reja con respecto a la horizontal.

Los parámetros utilizados para hacer las cuentas de las ecuaciones 1, 2 y 3 se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4: Valores utilizados para el diseño de las rejas.

Parámetro	Valor	Unidad
Qdis	293	m <sup>3</sup> /día
$\beta$	1,7	
w	30	mm
b	35	mm
$\theta$	40	°
Wc	0,5	m
Vpaso	0,3	m/s

El valor de factor de forma ( $\beta$ ) igual a 1,7 implica una forma rectangular de las barras con ambas caras semicirculares. Los valores resultantes de la resolución de las ecuaciones 1, 2 y 3 se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: Dimensiones del sistema de rejas.

Parámetro	Valor	Unidad
Ac	113	cm <sup>2</sup>
$h_v$	2,26	cm
$h_l$	20,11	mm

Se verificó que la altura de pérdida de carga ( $h_l$ ) fuese menor a 150 mm. El largo de la barra se calculó adoptando una altura de la canaleta de 50 cm, ya que el caudal y la altura cinética del líquido son bajos, y se lo dividió por el ángulo comprendido entre la reja y la horizontal ( $\theta$ ). De esta forma, la altura de la barra debe ser de unos 78 cm.

Finalmente, se calculó la cantidad de barras necesarias y la cantidad de espacios de 35 mm requeridos. Estos valores se calcularon mediante las ecuaciones 4 y 5, respectivamente.

$$N_{Barras} = \frac{Wc - b}{w + b} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$N_{Espacios} = \frac{Wc + b}{w + b} \quad \text{Ecuación 5}$$

La cantidad de barras necesarias, obtenidas mediante la ecuación 4, fue de 8 barras, de 78 cm de altura, y la cantidad de espacios requeridos, obtenidos mediante la ecuación 5, fue de 9 espacios. Se verifica que la cantidad de espacios requeridos es igual a la cantidad de barras más uno.

Para el cálculo de los lodos generados en esta unidad, se tomó el dato de la abertura entre barras ( $b$ ) y, mediante una interpolación en la figura 23, se conoció el volumen de residuos generados. De esta forma se estimó que la cantidad de lodos producida es de  $13 \text{ cm}^3$  diarios.

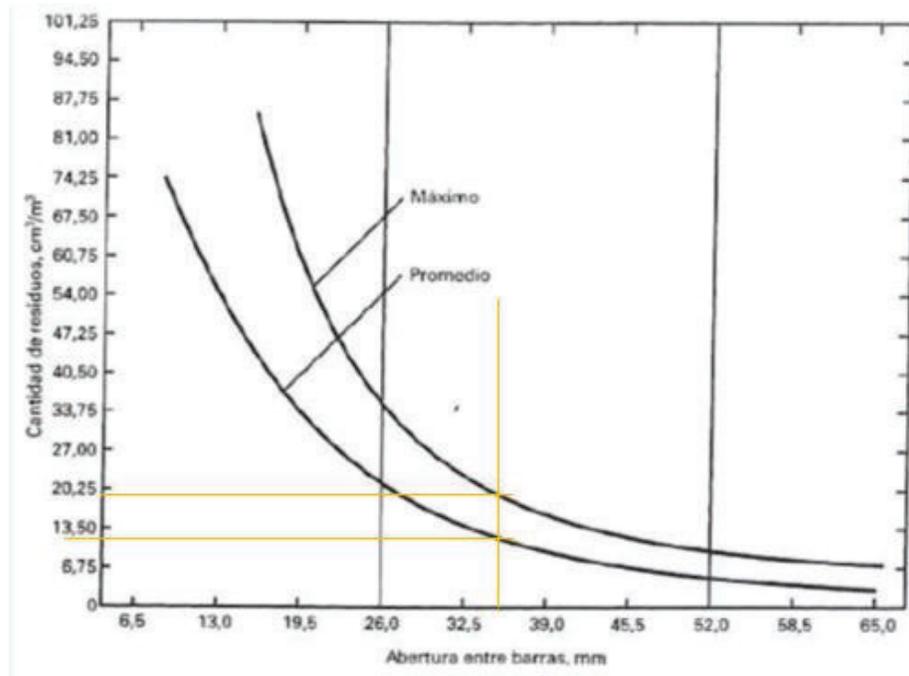


Figura 23: Cantidad de residuos generados en función de la abertura entre barras. Fuente: [41].

### Tamiz:

Para la elección del tamiz, se realizó una búsqueda en catálogos de los distintos tamaños de ranura de la malla y de su capacidad hidráulica. Estos datos se observan en la tabla 5.

Tabla 5: Parámetros operacionales del tamiz. Fuente: [41].

Abertura de ranura (mm)	Tamaño de separación (mm)	Capacidad nominal (m <sup>3</sup> /h)			
		RJ-600	RJ-900	RJ-1200	RJ-2000
0,30	0,18	36	54	72	120
0,50	0,30	45	68	90	152
0,75	0,40	60	88	118	196
0,90	0,50	66	100	132	220
1,00	0,60	73	108	145	240
1,25	0,75	85	127	170	282
1,50	0,90	92	138	184	306

El caudal de diseño es 293 m<sup>3</sup>/día, lo que equivale a 12,2 m<sup>3</sup>/h. Como el caudal horario es bastante chico, se propone utilizar un equipo RJ-600 con una abertura de ranura de 0,3 mm y un tamaño de separación de 0,18 mm.

Para el cálculo de los lodos generados en esta unidad, se utilizó la ecuación 6, adoptando un rendimiento del 15 %.

$$P_x = \frac{SS \cdot Q_{dis} \cdot R}{1000 \frac{g}{kg}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde P<sub>x</sub> es la producción de lodos diaria, SS son los sólidos suspendidos, Q<sub>dis</sub> es el caudal de diseño y R es el rendimiento. La cantidad de SS es de 3100 mg/L, por lo que la producción de lodos es de 136,2 kg/día.

Adoptando una densidad de lodos ( $\delta$ ) de  $1400 \text{ kg/m}^3$ , según se indica en la bibliografía *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy 4th Edition [41]*, se calculó el volumen diario de barro generado mediante la ecuación 7. El volumen de barro generado es de  $97 \text{ L/día}$ .

$$\text{Barro generado} = \frac{P_x}{\delta} \quad \text{Ecuación 7}$$

#### Tanque de ecualización:

Para el cálculo del volumen del tanque de ecualización, se calculó el caudal acumulado diario para evitar desbordes del mismo. Esto se obtuvo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Q_{\text{semanal}} &= (Q_{\text{dis}}) * 5 \text{ días} \\ Q_{\text{salida}} &= \frac{Q_{\text{semanal}}}{7 \text{ días}} \\ Q_{\text{acumulado semanal}} &= Q_{\text{semanal}} - ((Q_{\text{salida}}) * 5 \text{ días}) \\ Q_{\text{acumulado diario}} &= \frac{Q_{\text{acumulado semanal}}}{5 \text{ días}} \\ V_{TK} &= (Q_{\text{dis}} + Q_{\text{acumulado diario}}) * 5 \text{ días} \end{aligned}$$

El volumen obtenido del tanque fue de  $1884 \text{ m}^3$ . A este valor se le sumó un 20% por seguridad para evitar derrames. El volumen del tanque de ecualización es de  $2260 \text{ m}^3$ . Para el diseño de esta unidad, se decidió adoptar una geometría circular y una altura ( $h$ ) de  $5 \text{ m}$ . Esto dio como resultado un área de  $452 \text{ m}^2$  y un diámetro de  $24 \text{ m}$ .

Se colocarán difusores de burbuja gruesa para favorecer el mezclado. Para ello, el requerimiento de oxígeno es de  $0,037 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ . Se calculó el caudal horario de oxígeno multiplicando el requerimiento por el área. El caudal de oxígeno requerido es de  $1004 \text{ m}^3/\text{h}$ . Luego, se adoptó un caudal de oxígeno por difusor de  $3 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , ya que el rango propuesto por el catálogo de la empresa Repicky (Figura anexa 1) se encuentra entre  $3$  y  $25 \text{ Nm}^3/\text{h}$  para difusores de burbuja gruesa. Al dividir el caudal de oxígeno

requerido por el caudal de oxígeno por difusor, se obtiene la cantidad de difusores, y al dividir la cantidad de difusores por el área del tanque se obtiene la densidad de difusores.

Por lo tanto, se colocarán 335 difusores de burbuja gruesa RC-300, unidos mediante caños de PVC, tomando una densidad de difusores de 1 difusore por metro cuadrado. Para lograr cumplir con el caudal se oxígeno requerido, se propone instalar dos sopladores R-1200 de la marca Repicky, trabajando cada uno a 12,4 Hp, a 2250 rpm y a una diferencia de presión de 400 mbar. De esta forma ninguno de los dos sopladores trabaja a su máxima potencia y se suministra mayor cantidad de oxígeno que la necesaria. Los parámetros operativos de los sopladores se pueden ver en la figura anexa 2. Se propone también tener un tercer soplador R-1200 de la marca Repicky a modo de repuesto, para no cortar la línea de tratamiento por un tiempo prolongado.

### ***Tratamiento primario***

El tratamiento primario consiste en un sedimentador primario (Figura 22). Este es un tanque de forma rectangular de flujo horizontal que permite la decantación de sólidos por la baja velocidad que presenta el líquido en esta unidad de tratamiento. Este dispone de una zona de entrada, un tabique, una zona de salida y una zona de lodos.

Para el diseño del sedimentador primario, se adoptó una carga superficial ( $C_{sup}$ ) de  $18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$  y una altura ( $h$ ) de 3 m. Con estos valores, y junto con el caudal de diseño ( $Q_{dis}$ ), se calcularon el área superficial ( $A_{sup}$ ) y el volumen de la unidad ( $V$ ). Estos valores se obtuvieron mediante las ecuaciones 8 y 9.

$$A_{sup} = \frac{Q_{dis}}{C_{sup}} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$V = A_{sup} * h \quad \text{Ecuación 9}$$

Luego, se adoptó una relación de largo:ancho de 4:1, para poder dar las dimensiones del sedimentador, y una pendiente del 10 %. Finalmente, se calculó el tiempo de retención en esta unidad mediante la ecuación 10.

$$t_r = \frac{V}{Q_{dis}} \quad \text{Ecuación 10}$$

El valor del tiempo de retención fue verificado, dando dentro de un rango de 3,5 h a 4,5 h para la carga superficial adoptada. El dimensionamiento del sedimentador primario se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Dimensiones del sedimentador primario.

Parámetro	Valor	Unidad
Altura (h)	3	m
Carga superficial ( $C_{sup}$ )	18	$m^3/m^2 \cdot día$
Área superficial ( $A_{sup}$ )	16	$m^2$
Volumen (V)	49	$m^3$
Ancho	2	m
Largo	8	m
Tiempo de retención	4	h

#### Tabique:

Se diseñó para la zona de entrada un tabique para que el caudal sea distribuido de forma uniforme en toda la unidad. Este se dispondrá a 90 cm de la pared frontal para que sea sencillo de limpiar. El área total del tabique se obtuvo multiplicando el ancho del sedimentador por la altura (h) del mismo. Luego, se adoptó una velocidad de paso de 0,3 m/s y se dividió al caudal de diseño (expresado en  $m^3/s$ ) por el valor de velocidad de paso adoptado, obteniéndose así el área ocupada por los orificios, la cual dio un valor de  $113 \text{ cm}^2$ . Al dividir el área total por el área ocupada por orificios, se obtuvo que se deben colocar 36 orificios con un área de  $3,1 \text{ cm}^2$  y un diámetro de 2 cm cada uno. La cantidad de orificios se obtuvo dividiendo el área total por el área ocupada por orificios y el área del orificio se obtuvo al dividir el área ocupada por orificios por la cantidad de orificios. Se

dispondrán 6 filas de 6 orificios cada una. Cada fila de orificios estará separada por 30 cm y cada columna de orificios estará separada por 27 cm.

También, se planteó una altura superior y una inferior, con respecto al borde del tabique, para la disposición de los orificios para evitar el arrastre de lodos. Estas alturas fueron de 0,6 m la superior y 0,75 m la inferior. Estos valores de altura son los recomendados por el libro *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy [41]*. El dimensionamiento del tabique se puede ver en la tabla 7.

Tabla 7: Dimensiones del tabique.

Parámetro	Valor	Unidad
Área del tabique	6	m <sup>2</sup>
Ancho	2	m
Altura (h)	3	m
Caudal unitario	0,0034	m <sup>3</sup> /s
Velocidad de paso	0,3	m/s
Área ocupada por orificios	113	cm <sup>2</sup>
Cantidad de orificios	36	
Área del orificio	3,1	cm <sup>2</sup>
Diámetro del orificio	2	cm
Altura superior	0,6	m
Altura inferior	0,75	m

#### Zona de salida:

Para la zona de salida se optó por utilizar un vertedero tipo Thompson de abertura triangular para poder regular el caudal y la velocidad de salida de la unidad. Primero, se calculó el caudal de paso por cada abertura (q) mediante la ecuación 11, adoptando una altura de vertedero de 7 cm y un ángulo de apertura de 90°.

$$q = 1,34 * h^{2,47} \quad \text{Ecuación 11}$$

Al calcular el caudal de paso por cada abertura (q), este dio un valor de 0,0019 m<sup>3</sup>/s y se dividió el caudal de diseño por este valor para obtener la cantidad de aberturas necesarias. De aquí se calculó que serían

necesarias 2 aberturas, pero se añadirá una tercera por seguridad. Luego, se adoptó una caudal por metro lineal de 1 L/s y se verificó que la velocidad de paso fuese menor o igual a 0,2 m/s.

Finalmente, se procedió a calcular la separación de los vertederos. Primero, mediante relaciones trigonométricas, se calculó el ancho de la abertura, el cual fue de 24 cm y se restó tres veces este valor (porque hay tres aberturas) al largo total del vertedero, que es de 2 m. A este valor se lo dividió por tres, ya que se consideró un espacio entre los dos verteros y dos espacios a los costados. Las dimensiones del vertedero se muestran en la tabla 8.

Tabla 8: Dimensiones del vertedero.

Parámetro	Valor	Unidad
Altura de la abertura	12	cm
Caudal de paso por la abertura (q)	0,0071	m <sup>3</sup> /s
Cantidad de aberturas	2	
Ángulo de apertura ( $\Theta$ )	90	°
Ancho de la abertura	24	cm
Área de la abertura	0,0144	m <sup>2</sup>
Caudal por metro lineal	2	L/s
Velocidad de paso	0,14	m/s
Ancho	2	m
Separación de vertederos	51	cm

#### Canaleta:

Para dimensionar la canaleta, se tomó el caudal de diseño y se lo dividió por la velocidad de salida calculada de 0,2 m/s, dando un área de 0,02 m<sup>2</sup>. Se adoptó una altura de 15 cm y se dividió el área por la altura para obtener el ancho de la canaleta, el cual es de 11 cm.

#### Zona de lodos:

Se calculó la producción de lodos mediante la ecuación 6, tomando una cantidad de sólidos suspendidos de 3100 mg/L y un porcentaje de remoción del 50 %. La cantidad de lodos diarios generadas es de 454 kg,

con un 93 % de humedad. Para calcular la cantidad de barro diario, se adoptó una densidad de lodos de  $1400 \text{ kg/m}^3$  y se dividió a la producción de lodos por este valor, resultando en una cantidad de barro de 324 L/día.

Para dimensionar la zona de lodos, se calculó el volumen de barro generado semanalmente, el cual se obtuvo del producto entre la cantidad de barro diario y los 7 días de la semana y luego se le sumó un 20 % como margen de seguridad. Este volumen fue de  $2,7 \text{ m}^3$  y se le dio forma de tronco piramidal, adoptando que el área de la base inferior (base menor) sería un 75 % del área de la base superior (base mayor). Las dimensiones la zona de lodos se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Dimensiones de la zona de lodos.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen	2,7	$\text{m}^3$
Área superior	6	$\text{m}^2$
Área inferior	4,5	$\text{m}^2$
Altura	0,5	m

### ***Tratamiento secundario***

Un tratamiento secundario de lodos activos consta de dos unidades: Un reactor biológico, donde ocurre la degradación de la materia orgánica por parte de los microorganismos (Biomasa), y un sedimentador secundario, el cual permite recuperar los microorganismos que pudieron ser removidos del reactor biológico y devolverlos al reactor para aumentar la eficiencia del tratamiento, es decir, tener más cantidad de microorganismos que permitan mayor degradación de la materia orgánica y, a su vez, obtener un clarificado tratado libre de sólidos.

#### Reactor biológico:

Para el diseño del reactor, se establecieron los siguientes balances:

#### *Balance de Biomasa:*

$$V * \frac{dX}{dt} = Q_E * X_E - Q_S * X_S - Q_P * X_P + V * \left( \frac{\mu_{Max} * X * S}{K_S + S} - K_d * X \right) \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde V es el volumen del reactor, X es la concentración de biomasa, t es el tiempo, Q<sub>E</sub> es el caudal de entrada, X<sub>E</sub> es la concentración de biomasa de entrada, Q<sub>S</sub> es el caudal de salida, X<sub>S</sub> es la concentración de biomasa de salida, Q<sub>P</sub> es el caudal de purga, X<sub>P</sub> es la concentración de biomasa de purga, μ<sub>Max</sub> es la velocidad específica de crecimiento del microorganismo, S es la concentración de sustrato, K<sub>S</sub> es la constante de monod para ese sustrato y K<sub>d</sub> es la constante de degradación.

*Balance de Sustrato:*

$$V * \frac{dS}{dt} = Q_E * S_0 - S * (Q_S + Q_P) - V * \left( \frac{\mu_{Max} * X * S}{Y_{X/S} * (K_S + S)} \right) \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde V es el volumen del reactor, S es la concentración de sustrato, t es el tiempo, Q<sub>E</sub> es el caudal de entrada, S<sub>0</sub> es la concentración de sustrato inicial, Q<sub>S</sub> es el caudal de salida, Q<sub>P</sub> es el caudal de purga, μ<sub>Max</sub> es la velocidad específica de crecimiento del microorganismo, X es la concentración de biomasa, K<sub>S</sub> es la constante de Monod para ese sustrato e Y<sub>X/S</sub> es el rendimiento de biomasa con respecto al sustrato.

*Balance de Caudales:*

$$Q_E = Q_S + Q_P \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde Q<sub>E</sub> es el caudal de entrada, Q<sub>S</sub> es el caudal de salida y Q<sub>P</sub> es el caudal de purga. El caudal de purga está compuesto por agua y lodos. Una vez que se logran separar los lodos, el agua es reinyectada al sistema, haciendo que el caudal de entrada sea necesariamente igual al caudal de salida para que se cumpla el balance de caudales.

Para las ecuaciones 12 y 13 se aplicó la condición de estado estacionario, es decir, los términos con dependencia temporal se vuelven nulos porque no hay acumulación en el sistema ( $\frac{dX}{dt}$  y  $\frac{dS}{dt} = 0$ ). Luego, se

asume que el efluente ingresa estéril, por lo que  $X_E = 0$ , y que la salida de microorganismos del reactor es nula, por lo que  $X_S = 0$ . Para poder calcular el volumen del reactor, se reemplazó la ecuación 14 en la ecuación 13, dando como resultado la ecuación 15.

$$V = \frac{Q_E \cdot (S_0 - S) \cdot Y_{X/S} \cdot (K_S + S)}{\mu_{Max} \cdot X \cdot S} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde  $V$  es el volumen del reactor,  $Q_E$  es el caudal de entrada,  $S_0$  es la concentración de sustrato inicial,  $S$  es la concentración de sustrato,  $Y_{X/S}$  es el rendimiento de biomasa con respecto al sustrato,  $K_S$  es la constante de Monod para ese sustrato,  $\mu_{Max}$  es la velocidad específica de crecimiento del microorganismo y  $X$  es la concentración de biomasa.

Para esta unidad se adoptó una geometría circular y una altura de 5 m. También se adoptó una concentración de biomasa en el reactor ( $X_R$ ) de 4000 mg/L y una concentración de biomasa de reciclo ( $X_r$ ) de 8000 mg/L. Los parámetros de diseño adoptados para el dimensionamiento del reactor biológico se muestran en la tabla 10. Los valores adoptados en la tabla 10 son los recomendados por el libro *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy* [41].

Tabla 10: Parámetros de diseño adoptados para el dimensionamiento del reactor biológico.

Parámetro	Valor	Unidad
$\mu_{max}$	1	1/día
$Y_{x/s}$	0,62	gx/gs
$K_s$	150	mg/L
$K_d$	0,06	1/día
Altura	5	m
$S_0$	8200	mg/L
$S$	40	mg/L
$X_R$	4000	mg/L
$X_r$	8000	mg/L

Mediante la ecuación 15 se calculó el volumen del reactor y, con la altura adoptada de 5m, se calculó el área, para luego poder conocer su diámetro. Las dimensiones del reactor biológico se muestran en la tabla 11.

Tabla 11: Dimensiones del reactor biológico.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen	1760	m <sup>3</sup>
Área	352	m <sup>2</sup>
Diámetro	21	m

Para calcular el caudal de purga (Q<sub>P</sub>), el caudal de salida (Q<sub>S</sub>) y el caudal de reciclo (Q<sub>r</sub>) se aplicaron las ecuaciones 16, 17 y 18, respectivamente. Los caudales calculados se muestran en la tabla 12.

$$Q_P * X_r = V * \left( \frac{\mu_{Max} * X * S}{Y_x * (K_S + S)} \right) \quad \text{Ecuación 16}$$

$$Q_S = Q_E - Q_P \quad \text{Ecuación 17}$$

$$Q_r = \frac{Q_E * X_R - Q_P * X_r}{X_r - X_R} \quad \text{Ecuación 18}$$

Tabla 12: Caudales del sistema de lodos activos.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de entrada	293	m <sup>3</sup> /día
Caudal de salida	161	m <sup>3</sup> /día
Caudal de purga	132	m <sup>3</sup> /día
Caudal de recirculado	28	m <sup>3</sup> /día

Para el sistema de aireación se calculó el requerimiento de oxígeno (RO) mediante la ecuación 19. Luego, se calculó el requerimiento de oxígeno estándar (SOR, por sus siglas en inglés) para poder garantizar una buena mezcla en el reactor y que los microorganismos que estén en contacto con la materia orgánica tengan en oxígeno suficiente para poder degradarla.

$$RO = \frac{Q_E * (S_0 - S)}{1000 * f} - 1,42 * \left( \frac{Y_{X/S} * Q_E * (S_0 - S)}{(1 + \theta_c * K_d) * 1000} \right) \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde  $Q_E$  es el caudal de entrada,  $S_0$  es la concentración de sustrato inicial,  $S$  es la concentración de sustrato,  $f$  es un factor de corrección,  $Y_{x/s}$  es el rendimiento de biomasa con respecto al sustrato,  $\Theta_c$  es el tiempo de retención celular y  $K_d$  es la constante de degradación.

Los parámetros utilizados para el cálculo del RO se muestran en la tabla 20.

Tabla 20: Parámetros utilizados para el cálculo del RO.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de entrada	293	m <sup>3</sup> /día
$S_0$	8200	mg/L
$S$	40	mg/L
$f$	0,65	
$Y_{x/s}$	0,62	gx/gs
$K_d$	0,06	1/día
$\Theta_c$	7	Días

El tiempo de retención celular ( $\Theta_c$ ) se calculó mediante la ecuación 20.

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{\mu_{Max} * S}{K_s + S} - K_d \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde  $\mu_{Max}$  es la velocidad específica de crecimiento del microorganismo,  $S$  es la concentración de sustrato,  $K_s$  es la constante de Monod para ese sustrato y  $K_d$  es la constante de degradación. Los valores utilizados para el cálculo del tiempo de retención celular se muestran en la tabla 10. El SOR se calculó mediante la ecuación 21.

$$SOR = \frac{RO}{\frac{(\beta * C_{Wat} - C_L)}{C_S} * 1,024^{(T-20)} * \alpha} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde  $\beta$  es el factor de corrección para salinidad y tensión superficial,  $C_{Wat}$  es la concentración de oxígeno disuelto en aguas residuales a una temperatura y altura dadas,  $C_L$  es la concentración de oxígeno en condiciones de funcionamiento,  $C_S$  es la Concentración de oxígeno saturado en agua a 20°C y 1 atm,  $T$  es la temperatura del efluente y  $\alpha$  es el

factor de corrección de transferencia de oxígeno en aguas residuales.  $C_{Wat}$  se calcula como la solubilidad del oxígeno a la temperatura del efluente multiplicada por un factor de corrección según la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentre la región en donde se instalará la planta de tratamiento. Estos valores se obtuvieron de las tablas anexas 1 y 2.

Los parámetros utilizados para el cálculo del SOR se muestran en la tabla 21.

Tabla 21: Parámetros utilizados para el cálculo del SOR.

Parámetro	Valor	Unidad
$\beta$	1	
Solubilidad $O_2$ a 21°C	8,1	mg/L
Factor de corrección según altura	0,9	%
Altura sobre el nivel del mar	900	msnm
$C_{Wat}$	7,29	mg/L
$C_L$	2	mg/L
$C_s$	9,17	mg/L
Temperatura del efluente	21	°C
$\alpha$	0,85	

El valor del RO es de 90,6 kg $O_2$ /h y el valor del SOR es de 180,3 kg $O_2$ /h. Con estos valores se procedió a calcular la cantidad de difusores necesarios para cumplir y/o superar el valor del SOR.

Se optó por usar difusores de membrana de burbuja fina unidos por caños plásticos de PVC. Para calcular el caudal de oxígeno entregado por los difusores ( $Q_{O_2}$ ) se utilizó la ecuación 22.

$$Q_{O_2} = Q_0 * N_{dif} * SOTE * h \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde  $Q_0$  es el caudal de aire de diseño,  $N_{dif}$  es la cantidad de difusores, SOTE es el rendimiento del difusor y h es la altura de la unidad. Se adoptó una densidad de difusores de 1,7 difusores por m<sup>2</sup> para poder calcular la cantidad de difusores necesarios para el área del reactor, se tomó como caudal de diseño el sugerido en la figura anexa 1, que es de 5

Nm<sup>3</sup>/h y se tomó un SOTE de 6,5 %. Los valores utilizados para el cálculo del caudal de oxígeno entregado por los difusores se muestran en la tabla 22.

Tabla 22: Parámetros utilizados para el cálculo del caudal de oxígeno entregado por los difusores.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de diseño (Q <sub>0</sub> )	5	Nm <sup>3</sup> /h
Densidad de difusores	1,7	difusores/m <sup>2</sup>
Área del reactor	352	m <sup>2</sup>
SOTE	6,5	%
Altura del reactor	5	m
Q <sub>O<sub>2</sub></sub>	272,8	KgO <sub>2</sub> /h

El valor de Q<sub>O<sub>2</sub></sub> obtenido fue de 272,8 kgO<sub>2</sub>/h, el cual es ampliamente mayor que el SOR, por lo que se puede asegurar que reactor estará bien suplementado con oxígeno. Finalmente, se calculó el caudal de aire por cada difusor, dividiendo al SOR por la densidad de difusores multiplicada por el área del reactor, y el caudal de aire total, mediante la ecuación 23.

$$Q_{aire\ total} = \frac{SOR}{0,28 \frac{kg}{Nm^3} * Ef} \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde Ef es la eficiencia que se obtiene al multiplicar el SOTE por la altura del reactor y dividir por 100. El caudal de oxígeno por difusor es de 301,3 gO<sub>2</sub>/h y el caudal de aire total es de 1982 Nm<sup>3</sup>/h. A partir de estos valores, se calculó la cantidad necesaria de difusores dividiendo el caudal de aire total por el caudal de diseño, dando una cantidad total de 397 difusores.

Para poder cubrir el requerimiento mínimo del SOR, se propone el uso de tres equipos sopladores de la marca Repicky, modelo R-1200, trabajando a 2900 rpm y a una presión de 500 mbar (5 metros de columna de agua). De esta forma, cada soplador entrega un caudal de aire de 845

$\text{m}^3/\text{h}$  y no se trabaja a la máxima potencia. Los parámetros operativos de los equipos pueden verse en la figura anexa 2.

Se propone también tener otros dos sopladores iguales para poder reemplazar alguno que pueda fallar y de esta forma detener la línea de tratamiento el menor tiempo posible.

Los microorganismos tienen requerimientos nutricionales, como el consumo de nitrógeno y fósforo, para poder cumplir sus funciones biológicas y fisiológicas. Para poder cumplir este requerimiento nutricional se debe mantener una relación de macronutrientes dentro del reactor de manera que  $\text{DBO}_5:\text{Nitrógeno}:\text{Fósforo}$  estén en una relación de 100:5:1, recomendada por el libro Industrial Water Pollution Control [43]. Esta relación se verificó empíricamente, ya que  $\text{DBO}_5 = 8200 \text{ mg/L}$ ,  $\text{N} = 1660 \text{ mg/L}$  y  $\text{P} = 75 \text{ mg/L}$ , dando un valor de 110:5:1.

También debe mantenerse una relación alimento/microorganismo (F/M), la cual debe encontrarse dentro de un rango de 0,2 y 0,6 1/día. Si esta relación es alta, quiere decir que hay mucha materia orgánica para degradar y pocos sólidos suspendidos volátiles. Si esta relación es baja, quiere decir que hay poca materia orgánica para degradar y muchos sólidos suspendidos volátiles. Para el caso de este efluente, el valor de F/M es de 0,34, por lo cual se encuentra dentro del rango esperado.

Si el valor de F/M está por arriba del rango recomendado, se deberá cerrar el caudal de purga para dar tiempo a que el microorganismo crezca y pueda degradar la materia orgánica presente. De forma opuesta, si el valor de F/M está por debajo del rango recomendado, hay más microorganismo que materia orgánica biodegradable, por lo cual se deberá aumentar la frecuencia de purga.

#### Sedimentador secundario:

Este es un tanque de forma circular de flujo horizontal que permite la decantación de microorganismos por la baja velocidad que presenta el

líquido en esta unidad. Este dispone de una zona de entrada, una campana de distribución, una zona de salida y una zona de lodos.

Para el diseño del sedimentador primario, se adoptó una carga superficial ( $C_{sup}$ ) de  $20 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$  y una altura (h) de 3 m. Con estos valores, y junto con el caudal de diseño ( $Q_{dis}$ ), se calcularon el área superficial ( $A_{sup}$ ) y el volumen de la unidad (V). Estos valores se obtuvieron mediante las ecuaciones 8 y 9.

Luego, se calculó el diámetro del sedimentador y se adoptó una pendiente del 10 %. Finalmente, se calculó el tiempo de retención en esta unidad mediante la ecuación 10.

A su vez, se verificó que la carga de sólidos esté dentro del rango de 1 a  $5 \text{ kgSST}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ . Para ello, se tomó la concreción de biomasa adoptada para el reactor ( $X_{SSLM}$ ) y se la dividió por 0,8 SSV/SST, obteniéndose un valor de Sólidos Suspendidos Totales (SST) de  $5000 \text{ mg/L}$ . A este valor se multiplicó por la suma del caudal de entrada y del caudal de reciclo, y se lo dividió por el área del sedimentador secundario. Esto dio como resultado la carga orgánica (CO) con un valor de  $4,46 \text{ kgSST}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ .

El valor del tiempo de retención fue verificado, dando dentro de un rango de 3,5 h a 4,5 h para la carga superficial adoptada, según se recomienda en el libro *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy* [41]. El dimensionamiento del sedimentador primario se muestra en la tabla 23.

Tabla 23: Dimensiones del sedimentador primario.

Parámetro	Valor	Unidad
Altura (h)	3	m
Carga superficial ( $C_{sup}$ )	20	$\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$
Área superficial ( $A_{sup}$ )	15	$\text{m}^2$
Volumen (V)	44	$\text{m}^3$
Diámetro	4,3	m
Biomasa en el reactor ( $X_{SSLM}$ )	4000	$\text{mg/L}$
Sólidos Suspendidos Totales en el reactor (SST)	5000	$\text{mg/L}$

Carga Orgánica (CO)	4,46	kgSST/m <sup>2</sup> *h
Tiempo de retención	3,6	h

#### Campana de distribución:

Se diseñó para la zona de entrada una campana de distribución para que el caudal sea distribuido de forma uniforme en toda la unidad. Para calcular el diámetro de la campana, se tomó el 15 % del diámetro del sedimentador secundario. Luego, se adoptó una altura de pelo de agua de 1 m y se calcularon el diámetro de los orificios, la cantidad de orificios y la separación entre los orificios. Finalmente, se verificó que la velocidad de salida fuese menor que 0,45 m/s, según se recomienda en el libro *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy [41]*. El dimensionamiento de la campana de distribución se puede ver en la tabla 24.

Tabla 24: Dimensiones de la campana de distribución.

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro de la campana	0,65	m
Altura de pelo de agua	1	m
Diámetro de orificio	0,3	cm
Separación entre orificios	11	cm
Cantidad de orificios	8	
Velocidad de salida	3	m/s

#### Zona de salida:

Para la zona de salida se optó por utilizar un vertedero tipo Thompson de abertura triangular para poder regular el caudal y la velocidad de salida de la unidad. Primero, se calculó el caudal de paso por cada abertura (q) mediante la ecuación 11, adoptando una altura de vertedero de 7 cm y un ángulo de apertura de 90°.

Al calcular el caudal de paso por cada abertura (q), este dio un valor de 0,0019 m<sup>3</sup>/s y se dividió el caudal de diseño por este valor para obtener

la cantidad de aberturas necesarias. De aquí se calculó que serían necesarias 2 aberturas, pero se añadirá una tercera por seguridad. Luego, se adoptó una caudal por metro lineal de 1 L/s y se verificó que la velocidad de paso fuese menor o igual a 0,1 m/s. Las dimensiones del vertedero se muestran en la tabla 25.

Tabla 25: Dimensiones del vertedero.

Parámetro	Valor	Unidad
Altura de la abertura	12	cm
Caudal de paso por la abertura (q)	0,0071	m <sup>3</sup> /s
Cantidad de aberturas	2	
Ángulo de apertura ( $\Theta$ )	90	°
Ancho de la abertura	24	cm
Área de la abertura	0,0144	m <sup>2</sup>
Caudal por metro lineal	2	L/s
Velocidad de paso	0,14	m/s

#### Canaleta:

Para dimensionar la canaleta, se tomó el caudal de diseño y se lo dividió por la velocidad de salida calculada de 0,2 m/s, dando un área de 0,02 m<sup>2</sup>. Se adoptó una altura de 15 cm y se dividió el área por la altura para obtener el ancho de la canaleta, el cual es de 14 cm.

#### Zona de lodos:

Se calculó la producción de lodos mediante la ecuación 6, tomando una cantidad de sólidos suspendidos (Biomasa en el reactor) de 4000 mg/L y un porcentaje de remoción del 90%. La cantidad de lodos diarios generadas es de 1055 kg, con un 93% de humedad. Para calcular la cantidad de barro diario, se adoptó una densidad de lodos de 1400 kg/m<sup>3</sup> y

se dividió a la producción de lodos por este valor, resultando en una cantidad de barro de 753 L/día.

Para dimensionar la zona de lodos, se calculó el volumen de barros generado semanalmente, el cual se obtuvo del producto entre la cantidad de barro diario y los 7 días de la semana y luego se le sumó un 20 % como margen de seguridad. Este volumen fue de 6,3 m<sup>3</sup> y se le dio forma de tronco piramidal. Las dimensiones la zona de lodos se muestran en la tabla 26.

Tabla 26: Dimensiones de la zona de lodos.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen	6,3	m <sup>3</sup>
Área superior	7	m <sup>2</sup>
Área inferior	3	m <sup>2</sup>
Altura	1	m

### ***Tratamiento terciario***

Se propone el uso de una cámara laberíntica de cloración, que permita aumentar del tiempo de retención del fluido en esta unidad. Se calculó, mediante la ecuación 24, la cantidad de hipoclorito de sodio diaria que debe utilizarse para un caudal de efluente de 293 m<sup>3</sup>/día.

$$\frac{N}{N_0} = \left(1 + 0,23 \frac{L}{\text{min} * \text{mg}} * C * t\right)^{-3} \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde N<sub>0</sub> es la concentración inicial de coliformes en mg/100ml, N es la concentración final de coliformes en mg/100ml, C es la concentración de hipoclorito de sodio requerida en mg/L y t es el tiempo de permanencia en la cámara de cloración. Adoptando un tiempo de permanencia de 20 minutos y tomando N<sub>0</sub> como 1x10<sup>7</sup> mg/100ml y N como 200 mg/100ml, la cantidad estimada de hipoclorito de sodio a utilizar es de 2,3 Kg/día. Los valores de N<sub>0</sub> y N se tomaron de los valores promedios encontrados en el libro *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy [41]*.

Para calcular el volumen de la unidad, se multiplicó el caudal de salida del sedimentador secundario ( $293 \text{ m}^3/\text{día}$ ) por el tiempo de permanencia adoptado. Esto dio como resultado un volumen de  $4,1 \text{ m}^3$ . Se adoptó una altura de 2 m y se calcularon el largo y el ancho, que dieron 2,5 m y 0,8 m, respectivamente. Así se decidió ubicar 11 tabiques de 15 cm de espesor, adoptando una relación ancho:ancho del tabique de 4:1, dejando un ancho de canal de 0,21 m. Todos estos valores se muestran claramente en la tabla 27.

Tabla 27: Dimensiones de la cámara de cloración.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen	4,1	$\text{m}^3$
Altura	2	m
Área	2	$\text{m}^2$
Ancho	0,8	m
Largo	2,5	m
Ancho de canal	0,21	m
Numero de tabiques	11	Unidades

### ***Cámara de toma de muestra y medición de caudal***

La cámara de toma de muestra y medición de caudal se ubica previo a la descarga del efluente por pedido de la Resolución N° 885/15 de Río Negro, y se diseña según lo dispuesto en la resolución N° 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para caudales menores a  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ . Las dimensiones de la cámara se observan en la figura 24.

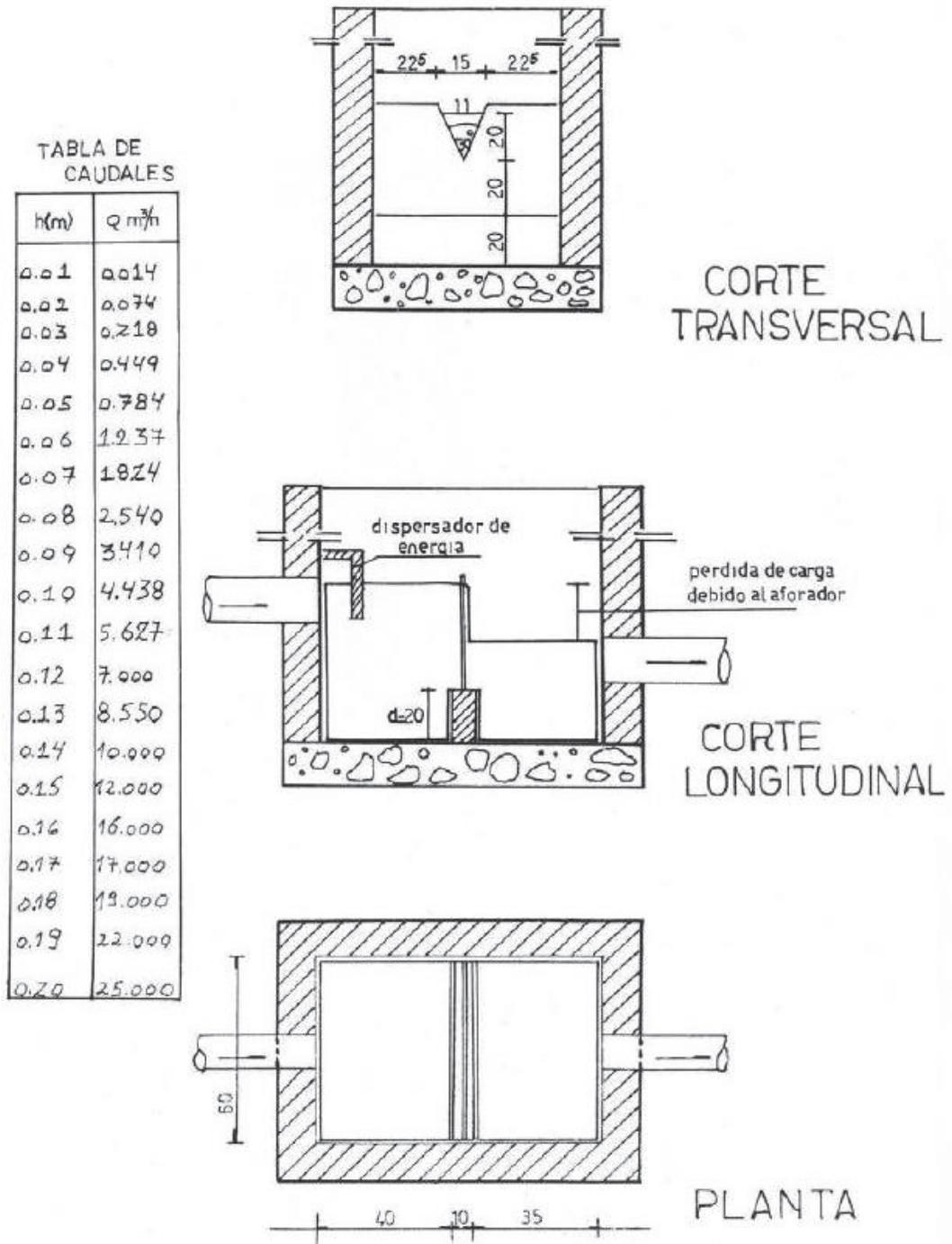


Figura 24: Cámara de toma de muestra y medición de caudal. Fuente: [42].

## ii. Diseño de alternativa 2: Sistemas de depuración natural

### ***Pretratamiento***

#### Rejas:

Las dimensiones del sistema de rejas son las mismas que las diseñadas para la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

#### Tamiz:

Las dimensiones del tamiz son las mismas que las diseñadas para la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

### ***Laguna anaeróbica***

Las lagunas anaeróbicas son las que presentan mayor remoción de la materia orgánica. Para diseñar una laguna se utilizan modelos matemáticos empíricos. En el caso de las lagunas anaeróbicas se utilizan dos modelos: El modelo de la carga orgánica volumétrica (COV) y el modelo de Vincent.

Modelo de la carga orgánica volumétrica (COV): Se calculó la carga orgánica volumétrica mediante la ecuación 25.

$$COV = 16,5^{\circ}C * T - 100 \qquad \text{Ecuación 25}$$

Donde T es la temperatura del efluente en °C (21°C, como se indica en la tabla 3). Una vez calculada la COV, se verificó que estuviese dentro de un rango de 160 a 800 gDBO/m<sup>3</sup>\*día. Se procedió a calcular el volumen de la laguna (V) mediante la ecuación 26.

$$V = \frac{CO}{COV} = \frac{Q_0 * S_0}{COV} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde CO es la carga orgánica, que se obtiene de multiplicar el caudal de entrada ( $Q_0$ ) por la cantidad de sustrato inicial ( $S_0$ ). Luego, se adoptó una profundidad de laguna ( $h$ ) de 4 m, y con este valor se calculó el área superficial de la laguna, dividiendo el volumen por la profundidad. Para dimensionarla, se adoptó una relación largo:ancho de 2:1.

Se calculó el tiempo de retención hidráulico ( $\Theta_H$ ) mediante la ecuación 27.

$$\theta_H = \frac{V}{Q_0} \quad \text{Ecuación 27}$$

Seguidamente, se adoptó una eficiencia de remoción de materia orgánica ( $E_f$ ) en función de la temperatura en invierno, como se muestra en la tabla 28. Es importante aclarar que, al descender la temperatura, los microorganismos crecen a una velocidad más lenta y, por ende, la eficiencia de remoción bajará, ya que al crecer poco consumen menos materia orgánica que a temperaturas más elevadas.

Tabla 28: Porcentaje de eficiencia de remoción de la materia orgánica en función de la temperatura ambiente.

Temperatura (°C)	Eficiencia de remoción
< 10	40 %
11 a 20	50 %
21 a 25	60 %
> 25	70 %

Una vez adoptada la eficiencia de remoción de materia orgánica, se procedió a calcular la cantidad de sustrato remanente luego del tratamiento. Este valor se calculó mediante la ecuación 28.

$$S_f = S_0 * \left(1 - \frac{E_f}{100}\right) \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde  $S_f$  es la concentración de sustrato al final del tratamiento y  $S_o$  es la concentración de sustrato inicial. Resulta importante destacar que los microorganismos sólo podrán consumir materia orgánica que sea biodegradable, por lo que en este punto hablar de sustrato o de DBO resulta equivalente.

Finalmente, se le dio a la laguna volumen en forma de tronco piramidal, con una pendiente de  $45^\circ$ . Para ello se calcularon el área de la base mayor ( $A_B$ ) y el área de la base menor ( $A_b$ ) del tronco piramidal para calcular su volumen ( $V_{tp}$ ). Para esto se utilizó la ecuación 29.

$$V_{tp} = \frac{h}{3} * (A_B + A_b + \sqrt{A_B * A_b}) \quad \text{Ecuación 29}$$

Los valores utilizados y obtenidos por el modelo de la COV se muestran en la tabla 29.

Tabla 29: Parámetros de diseño del modelo de la COV.

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura del efluente	21	°C
COV	246,5	g/m <sup>3</sup> *día
Q <sub>o</sub>	293	m <sup>3</sup> /día
S <sub>o</sub>	8200	mgO <sub>2</sub> /L
CO	2402600	g/día
Volumen	9747	m <sup>3</sup>
Profundidad	4	m
Área	2437	m <sup>2</sup>
Θ <sub>H</sub>	33	días
Temperatura del mes más frío	7	°C
Eficiencia	40	%
S <sub>f</sub>	4920	mgO <sub>2</sub> /L
Largo de la base mayor	74	m
Ancho de la base mayor	39	m
Área de la base mayor	2872	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	66	m
Ancho de la base menor	31	m
Área de la base menor	2034	m <sup>2</sup>

$V_{tp}$	9763	$m^3$
----------	------	-------

Modelo de Vincent: Se adoptó una eficiencia de remoción de materia orgánica como se indica en la tabla 28, y con este valor se calculó la cantidad de sustrato remanente mediante la ecuación 28. Luego, se calculó el tiempo de retención hidráulico mediante la ecuación 30.

$$\theta_H = \left( \frac{S_0}{S_f} - 1 \right) * \left( \frac{1}{K * \left( \frac{S_f}{S_0} \right)^n} \right) \quad \text{Ecuación 30}$$

Siendo K la constante de degradación y n un factor de corrección. Luego, se multiplicó el valor de tiempo de retención hidráulico obtenido por el caudal de diseño para obtener el volumen de la laguna. Se adoptó una profundidad de 4 m y se dividió al volumen por la profundidad para obtener el área superficial. Para dimensionarla, se adoptó una relación largo:ancho de 2:1.

Finalmente, se le dio a la laguna volumen en forma de tronco piramidal, con una pendiente de 45°. Para ello se calcularon el área de la base mayor ( $A_B$ ) y el área de la base menor ( $A_b$ ) del tronco piramidal para calcular su volumen ( $V_{tp}$ ). Para esto se utilizó la ecuación 29. Los valores utilizados y obtenidos por el modelo de Vincent se muestran en la tabla 30.

Tabla 30: Parámetros de diseño del modelo de Vincent.

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura del mes más frío	7	°C
Eficiencia	40	%
$S_0$	8200	mgO <sub>2</sub> /L
$S_f$	4920	mgO <sub>2</sub> /L
K	6	1/día
n	4,8	
$\Theta_H$	1	día
$Q_0$	293	m <sup>3</sup> /día

Volumen	378	m <sup>3</sup>
Profundidad	4	m
Área	95	m <sup>2</sup>
Largo de la base mayor	18	m
Ancho de la base mayor	11	m
Área de la base mayor	193	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	10	m
Ancho de la base menor	3	m
Área de la base menor	28	m <sup>2</sup>
V <sub>tp</sub>	393	m <sup>3</sup>

Se observa una amplia diferencia en los parámetros de diseño de ambos modelos, por lo que se optó por aplicar el modelo de la COV, ya que da la laguna de mayor tamaño. De esta forma la eficiencia será de un 40 %, pero el tiempo de permanencia será de 36 días.

Como el valor de Sf obtenido es bastante alto y para una mayor eficiencia en la remoción de materia orgánica, se decidió incorporar al tren de lagunas una segunda laguna anaeróbica. Esta se modeló con el modelo empírico de la COV, detallado en el inciso anterior, ya que se sabe que es el que da una laguna más grande, con un alto tiempo de retención. Los valores utilizados y obtenidos por el modelo de la COV se muestran en la tabla 31.

**Tabla 31:** Parámetros de diseño del modelo de la COV.

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura del efluente	21	°C
COV	246,5	g/m <sup>3</sup> *día
Q <sub>o</sub>	293	m <sup>3</sup> /día
S <sub>o</sub>	4920	mgO <sub>2</sub> /L
CO	1441560	g/día
Volumen	5848	m <sup>3</sup>
Profundidad	4	m
Área	1462	m <sup>2</sup>
Θ <sub>H</sub>	20	días
Temperatura del mes más frío	7	°C

Eficiencia	40	%
$S_r$	2952	mgO <sub>2</sub> /L
Largo de la base mayor	58	m
Ancho de la base mayor	31	m
Área de la base mayor	1802	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	50	m
Ancho de la base menor	23	m
Área de la base menor	1154	m <sup>2</sup>
$V_{tp}$	5864	m <sup>3</sup>

Para evitar errores en la construcción de las lagunas, se decidió homogeneizar los volúmenes de las lagunas de la misma clase, es decir, que, si se diseñó más de una laguna de una misma clase, se sumó el volumen de todas las lagunas y se lo dividió por la cantidad de lagunas de esa clase, para obtener todas las lagunas de una misma clase con el mismo volumen y, por ende, con las mismas dimensiones de volumen de tronco piramidal. Se muestra en la tabla 32 el volumen homogeneizado de tronco piramidal para las dos lagunas anaeróbicas dimensionadas.

Tabla 32: Parámetros de diseño de las lagunas anaeróbicas.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen total	15627	m <sup>3</sup>
Cantidad de lagunas	2	
Volumen de cada laguna	7813	m <sup>3</sup>
Profundidad	4	m
Largo de la base mayor	67	m
Ancho de la base mayor	35	m
Área de la base mayor	2344	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	59	m
Ancho de la base menor	27	m
Área de la base menor	1594	m <sup>2</sup>
$V_{tp}$	7829	m <sup>3</sup>

Debido a la generación de gases de estas lagunas por la producción de ácido sulfhídrico (causante de malos olores) y metano, provenientes del metabolismo anaeróbico de los microorganismos, se propone cubrir la

laguna con geomembrana, que tenga una salida al ambiente con un filtro EPA de carbón activado, y quemar el gas metano que se genera en esta, ya que no es un biogás de buena calidad como para poder ser utilizado para generación de energía. Serán necesarios 2344 m<sup>2</sup> de geomembrana para cubrir cada laguna.

### ***Laguna facultativa***

Las lagunas facultativas se diseñan como si fuesen reactores de mezcla completa, con una cinética de degradación de DBO de primer orden. Para diseñarlas, se utilizan modelos matemáticos empíricos. En este caso, se utilizaron los modelos matemáticos de Mc Garry y Pescod, Yañez y Cubillos.

Mc Garry y Pescod: Para aplicar este modelo es necesario conocer la temperatura del mes más frío ( $T_{amb}$ ). En este caso esa temperatura es 7°C. A partir de este dato se puede calcular la carga orgánica superficial máxima aplicable (CSM) mediante la ecuación 31.

$$CSM = 60,3 * (1,0993)^{T_{amb}} \quad \text{Ecuación 31}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 32.

$$CSR = 10,35 + 0,725 * CSM \quad \text{Ecuación 32}$$

Yañez: Para aplicar este modelo es necesario calcular la temperatura promedio (T), que se obtiene a partir del dato de temperatura del mes más frío ( $T_{amb}$ ), mediante la ecuación 33.

$$T = 8,59 + 0,82 * T_{amb} \quad \text{Ecuación 33}$$

A partir de este dato se puede calcular la carga orgánica superficial máxima aplicable (CSM) mediante la ecuación 34.

$$CSM = 357 * (1,085)^{T-20} \quad \text{Ecuación 34}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 35.

$$CSR = 7,67 + 0,8063 * CSM \quad \text{Ecuación 35}$$

Cubillos: Para aplicar este modelo es necesario calcular la temperatura promedio (T), que se obtiene a partir del dato de temperatura del mes más frío ( $T_{amb}$ ), mediante la ecuación 33.

$$T = 8,59 + 0,82 * T_{amb} \quad \text{Ecuación 33}$$

A partir de este dato, y adoptando una profundidad (h) de 2 m, se puede calcular la carga orgánica superficial máxima aplicable (CSM) mediante la ecuación 36.

$$CSM = 714,3 * h * (1,085)^{T-35} \quad \text{Ecuación 36}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 37.

$$CSR = 25,133 + 0,675 * CSM \quad \text{Ecuación 37}$$

En cada caso la eficiencia del tratamiento (Ef) se calculó como se indica en la ecuación 38.

$$Ef = \frac{CSR}{CSM} \quad \text{Ecuación 38}$$

El área superficial (A) se calculó según la ecuación 39.

$$A = \frac{CO}{CSR} = \frac{Q_0 * S_0}{CSR} \quad \text{Ecuación 38}$$

En todos los casos se adoptó una profundidad de laguna (h) de 2 m y se calculó el tiempo de retención hidráulico ( $\Theta_H$ ) según se indica en la ecuación 39.

$$\Theta_H = \frac{A \cdot h}{Q_0} \quad \text{Ecuación 38}$$

Se tomó como criterio promediar los valores obtenidos por todos los modelos empíricos aplicados. En la tabla 33 se muestran los valores de CSM, CSR, área y eficiencia obtenidos para cada modelo aplicado, así como también el valor promedio para el área y la eficiencia de remoción de materia orgánica.

Tabla 33: Parámetros de diseño de la laguna facultativa.

Modelo	CSM (KgDBO/ha*día)	CSR (KgDBO/ha*día)	Área (ha)	Eficiencia (%)
McGarry y Pescod	117,0	95,2	7,4	81,3
Yañez	224,8	188,9	3,8	84,0
Cubillos	264,6	203,7	3,3	77,0
<b>Promedio</b>			<b>4,8</b>	<b>80,8</b>

Para dimensionar la laguna, se adoptó una relación largo:ancho de 2:1. Finalmente, se le dio a la laguna volumen en forma de tronco piramidal, con una pendiente de 45°. Para ello se calcularon el área de la base mayor ( $A_B$ ) y el área de la base menor ( $A_b$ ) del tronco piramidal para calcular su volumen ( $V_{tp}$ ). Para esto se utilizó la ecuación 29. Se muestra en la tabla 34 las dimensiones de la laguna.

Tabla 34: Dimensiones de la laguna facultativa.

Parámetro	Valor	Unidad
Profundidad	2	m
Largo de la base mayor	313	m
Ancho de la base mayor	158	m
Área de la base mayor	49304	m <sup>2</sup>

Largo de la base menor	309	m
Ancho de la base menor	154	m
Área de la base menor	47438	m <sup>2</sup>
V <sub>tp</sub>	96737	m <sup>3</sup>

Se calculó la cantidad de materia orgánica remanente después del tratamiento (S<sub>f</sub>) mediante la ecuación 39.

$$S_f = S_0 * (1 - Ef) \quad \text{Ecuación 39}$$

En este caso, el valor obtenido de S<sub>f</sub> fue de 567 mgO<sub>2</sub>/L, con una eficiencia del 80,8%. Este valor no cumple con los parámetros de vuelco, ya que la normativa dispone que para volcar el efluente en aguas superficiales la DBO debe ser menor a 40 mgO<sub>2</sub>/L. Es necesario agregar otra laguna facultativa para seguir reduciendo el valor de DBO.

Para la incorporación de una segunda laguna facultativa los modelos empíricos de Mc Garry y Pescod, Yañez y cubillos tienen otras ecuaciones.

Mc Garry y Pescod: Para aplicar este modelo a una segunda laguna facultativa es necesario calcular la carga orgánica (CO) mediante la ecuación 40.

$$CO = (1 - Ef) * Q_0 * S_0 \quad \text{Ecuación 40}$$

A partir de este dato se puede calcular el área mediante la ecuación 41, adoptando un valor de carga orgánica superficial (COS) de 200 Kg/ha\*día.

$$A = \frac{2 * CO}{COS} \quad \text{Ecuación 41}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 42.

$$CSR = 10,35 + 0,725 * COS \quad \text{Ecuación 42}$$

La eficiencia (Ef) se calculó como se indica en la ecuación 43.

$$Ef = \frac{CSR}{COS} \quad \text{Ecuación 43}$$

Yañez: Para aplicar este modelo para una segunda laguna facultativa es necesario calcular la temperatura promedio (T), que se obtiene a partir del dato de temperatura del mes más frío ( $T_{amb}$ ), mediante la ecuación 33.

$$T = 8,59 + 0,82 * T_{amb} \quad \text{Ecuación 33}$$

A partir de este dato se puede calcular la carga orgánica superficial máxima aplicable (CSM) mediante la ecuación 34.

$$CSM = 357 * (1,085)^{T-20} \quad \text{Ecuación 34}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 44.

$$CSR = -0,8 + 0,765 * CSM \quad \text{Ecuación 44}$$

Cubillos: Para aplicar este modelo para una segunda laguna facultativa es necesario calcular la temperatura promedio (T), que se obtiene a partir del dato de temperatura del mes más frío ( $T_{amb}$ ), mediante la ecuación 33.

$$T = 8,59 + 0,82 * T_{amb} \quad \text{Ecuación 33}$$

A partir de este dato, y adoptando una profundidad (h) de 2 m, se puede calcular la carga orgánica superficial máxima aplicable (CSM) mediante la ecuación 36.

$$CSM = 714,3 * h * (1,085)^{T-35} \quad \text{Ecuación 36}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 45.

$$CSR = -3,8179 + 0,8167 * CSM \quad \text{Ecuación 45}$$

En el caso de Yañez y Cubillos, la eficiencia del tratamiento ( $E_f$ ) se calculó como se indica en la ecuación 46.

$$E_f = \frac{CSR}{CSM} \quad \text{Ecuación 46}$$

El área superficial (A) se calculó según la ecuación 39.

$$A = \frac{CO}{CSM} = \frac{Q_0 * S_0}{CSM} \quad \text{Ecuación 38}$$

En todos los casos se adoptó una profundidad de laguna (h) de 2 m y se calculó el tiempo de retención hidráulico ( $\Theta_H$ ) según se indica en la ecuación 39.

$$\Theta_H = \frac{A * h}{Q_0} \quad \text{Ecuación 38}$$

Se tomó como criterio promediar los valores obtenidos por todos los modelos empíricos aplicados. En la tabla 35 se muestran los valores de CSM, CSR, área y eficiencia obtenidos para cada modelo aplicado, así como también el valor promedio para el área y la eficiencia de remoción de materia orgánica.

Tabla 35: Parámetros de diseño de la laguna facultativa.

Modelo	CSM (KgDBO/ha*día)	CSR (KgDBO/ha*día)	Área (ha)	Eficiencia (%)
McGarry y Pescod	117,0	155,4	1,7	77,7
Yañez	224,8	171,2	0,7	76,1
Cubillos	264,6	212,3	0,6	80,2
<b>Promedio</b>			<b>1,0</b>	<b>78,0</b>

Para dimensionar la laguna, se adoptó una relación largo:ancho de 2:1. Finalmente, se le dio a la laguna volumen en forma de tronco piramidal, con una pendiente de 45°. Para ello se calcularon el área de la base mayor ( $A_B$ ) y el área de la base menor ( $A_b$ ) del tronco piramidal para calcular su volumen ( $V_{tp}$ ). Para esto se utilizó la ecuación 29. Se muestra en la tabla 36 las dimensiones de la laguna.

Tabla 36: Dimensiones de la laguna facultativa.

Parámetro	Valor	Unidad
Profundidad	2	m
Largo de la base mayor	144	m
Ancho de la base mayor	73	m
Área de la base mayor	10523	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	140	m
Ancho de la base menor	69	m
Área de la base menor	9670	m <sup>2</sup>
$V_{tp}$	20187	m <sup>3</sup>

Se calculó la cantidad de materia orgánica remanente después del tratamiento ( $S_f$ ) mediante la ecuación 47.

$$S_f = S_0 * (1 - Ef_{Tot}) \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde la  $Ef_{Tot}$  es la eficiencia total, que se obtiene como se muestra en la ecuación 48.

$$Ef_{Tot} = 1 - [\prod_{i=1}^n (1 - Ef_i)] \quad \text{Ecuación 48}$$

En este caso, el valor obtenido de Sf fue de 125 mgO<sub>2</sub>/L, con una eficiencia del 96%. Este valor no cumple con los parámetros de vuelco, ya que la normativa dispone que para volcar el efluente en aguas superficiales la DBO debe ser menor a 40 mgO<sub>2</sub>/L. Es necesario agregar otra laguna facultativa para seguir reduciendo el valor de DBO.

Para la incorporación de una tercera laguna se utilizaron los modelos matemáticos de Mc Garry y Pescod, Yañez y Cubillos. Estos son los mismos que los aplicados para una segunda laguna.

Mc Garry y Pescod: Para aplicar este modelo a una segunda laguna facultativa es necesario calcular la carga orgánica (CO) mediante la ecuación 40.

$$CO = (1 - Ef) * Q_0 * S_0 \quad \text{Ecuación 40}$$

A partir de este dato se puede calcular el área mediante la ecuación 41, adoptando un valor de carga orgánica superficial (COS) de 200 Kg/ha\*dia.

$$A = \frac{2*CO}{COS} \quad \text{Ecuación 41}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 42.

$$CSR = 10,35 + 0,725 * COS \quad \text{Ecuación 42}$$

La eficiencia (Ef) se calculó como se indica en la ecuación 43.

$$Ef = \frac{CSR}{COS} \quad \text{Ecuación 43}$$

Yañez: Para aplicar este modelo para una segunda laguna facultativa es necesario calcular la temperatura promedio ( $T$ ), que se obtiene a partir del dato de temperatura del mes más frío ( $T_{amb}$ ), mediante la ecuación 33.

$$T = 8,59 + 0,82 * T_{amb} \quad \text{Ecuación 33}$$

A partir de este dato se puede calcular la carga orgánica superficial máxima aplicable (CSM) mediante la ecuación 34.

$$CSM = 357 * (1,085)^{T-20} \quad \text{Ecuación 34}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 44.

$$CSR = -0,8 + 0,765 * CSM \quad \text{Ecuación 44}$$

Cubillos: Para aplicar este modelo para una segunda laguna facultativa es necesario calcular la temperatura promedio ( $T$ ), que se obtiene a partir del dato de temperatura del mes más frío ( $T_{amb}$ ), mediante la ecuación 33.

$$T = 8,59 + 0,82 * T_{amb} \quad \text{Ecuación 33}$$

A partir de este dato, y adoptando una profundidad ( $h$ ) de 2 m, se puede calcular la carga orgánica superficial máxima aplicable (CSM) mediante la ecuación 36.

$$CSM = 714,3 * h * (1,085)^{T-35} \quad \text{Ecuación 36}$$

Luego, se calcula la carga orgánica superficial removida (CSR) mediante la ecuación 45.

$$CSR = -3,8179 + 0,8167 * CSM \quad \text{Ecuación 45}$$

En el caso de Yañez y Cubillos, la eficiencia del tratamiento ( $E_f$ ) se calculó como se indica en la ecuación 46.

$$E_f = \frac{CSR}{CSM} \quad \text{Ecuación 46}$$

El área superficial ( $A$ ) se calculó según la ecuación 39.

$$A = \frac{CO}{CSM} = \frac{Q_0 \cdot S_0}{CSM} \quad \text{Ecuación 38}$$

En todos los casos se adoptó una profundidad de laguna ( $h$ ) de 2 m y se calculó el tiempo de retención hidráulico ( $\Theta_H$ ) según se indica en la ecuación 39.

$$\Theta_H = \frac{A \cdot h}{Q_0} \quad \text{Ecuación 38}$$

Se tomó como criterio promediar los valores obtenidos por todos los modelos empíricos aplicados. En la tabla 37 se muestran los valores de CSM, CSR, área y eficiencia obtenidos para cada modelo aplicado, así como también el valor promedio para el área y la eficiencia de remoción de materia orgánica.

Tabla 37: Parámetros de diseño de la laguna facultativa.

Modelo	CSM (KgDBO/ha*día)	CSR (KgDBO/ha*día)	Área (ha)	Eficiencia (%)
McGarry y Pescod	117,0	155,4	0,4	77,7
Yañez	224,8	171,2	0,2	76,1
Cubillos	264,6	212,3	0,1	80,2
<b>Promedio</b>			<b>0,2</b>	<b>78,0</b>

Para dimensionar la laguna, se adoptó una relación largo:ancho de 2:1. Finalmente, se le dio a la laguna volumen en forma de tronco piramidal, con una pendiente de 45°. Para ello se calcularon el área de la base mayor

( $A_B$ ) y el área de la base menor ( $A_b$ ) del tronco piramidal para calcular su volumen ( $V_{tp}$ ). Para esto se utilizó la ecuación 29. Se muestra en la tabla 38 las dimensiones de la laguna.

Tabla 38: Dimensiones de la laguna facultativa.

Parámetro	Valor	Unidad
Profundidad	2	m
Largo de la base mayor	69	m
Ancho de la base mayor	35	m
Área de la base mayor	2423	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	65	m
Ancho de la base menor	31	m
Área de la base menor	2023	m <sup>2</sup>
$V_{tp}$	4440	m <sup>3</sup>

Se calculó la cantidad de materia orgánica remanente después del tratamiento ( $S_f$ ) mediante la ecuación 47.

$$S_f = S_0 * (1 - Ef_{Tot}) \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde la  $Ef_{Tot}$  es la eficiencia total, que se obtiene como se muestra en la ecuación 48.

$$Ef_{Tot} = 1 - [\prod_{i=1}^n (1 - Ef_i)] \quad \text{Ecuación 48}$$

En este caso, el valor obtenido de  $S_f$  fue de 27 mgO<sub>2</sub>/L, con una eficiencia del 99%. Este valor cumple con los parámetros de vuelco, ya que la normativa dispone que para volcar el efluente en aguas superficiales la DBO debe ser menor a 40 mgO<sub>2</sub>/L.

Para evitar errores en la construcción de las lagunas, se decidió homogeneizar los volúmenes de las lagunas de la misma clase, es decir, que, si se diseñó más de una laguna de una misma clase, se sumó el volumen de todas las lagunas y se lo dividió por la cantidad de lagunas de esa clase, para obtener todas las lagunas de una misma clase con el mismo

volumen y, por ende, con las mismas dimensiones de volumen de tronco piramidal. Se muestra en la tabla 39 el volumen homogeneizado de tronco piramidal para las tres lagunas facultativas dimensionadas.

Tabla 39: Parámetros de diseño de las lagunas facultativas.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen total	121357	m <sup>3</sup>
Cantidad de lagunas	3	
Volumen de cada laguna	40452	m <sup>3</sup>
Profundidad	2	m
Largo de la base mayor	203	m
Ancho de la base mayor	103	m
Área de la base mayor	20834	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	199	m
Ancho de la base menor	99	m
Área de la base menor	19627	m <sup>2</sup>
$V_{tp}$	40454	m <sup>3</sup>

### ***Laguna de maduración***

La laguna de maduración no está pensada para la remoción de materia orgánica, sino que debe retener el efluente el tiempo suficiente para que se cumpla el ciclo de vida de los patógenos y así descargarlo en aguas superficiales libre de los mismos.

Para ello, se adoptó un tiempo de retención hidráulico ( $\Theta_H$ ) de 14 días, que son los necesarios para que se cumpla el ciclo de vida de los helmintos. A este valor se lo multiplicó por el caudal de diseño para obtener el volumen de la laguna. Se adoptó una profundidad de 1 m para que la radiación solar pueda penetrar de manera efectiva hasta el fondo de la laguna.

Finalmente, se le dio a la laguna volumen en forma de tronco piramidal, con una pendiente de 45°. Para ello se calcularon el área de la base mayor ( $A_B$ ) y el área de la base menor ( $A_b$ ) del tronco piramidal para calcular su volumen ( $V_{tp}$ ). Para esto se utilizó la ecuación 29. Los

parámetros de diseño para la laguna de maduración se muestran en la tabla 40.

Tabla 40: Parámetros de diseño de la laguna de maduración.

Parámetro	Valor	Unidad
$Q_o$	293	m <sup>3</sup> /día
$\Theta_H$	14	día
Volumen	4102	m <sup>3</sup>
Profundidad	1	m
Largo de la base mayor	92	m
Ancho de la base mayor	46	m
Área de la base mayor	4239	m <sup>2</sup>
Largo de la base menor	90	m
Ancho de la base menor	44	m
Área de la base menor	3967	m <sup>2</sup>
$V_{tp}$	4102	m <sup>3</sup>

### ***Cámara de toma de muestra y medición de caudal***

La cámara de toma de muestra y medición de caudal se ubica previo a la descarga del efluente por pedido de la Resolución N° 885/15 de Río Negro, y se diseña según lo dispuesto en la resolución N° 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para caudales menores a 25 m<sup>3</sup>/h. Las dimensiones de la cámara se observan en la figura 24.

### ***Aspectos generales de construcción***

Las lagunas dispuestas en forma de tren, pasando primero por una anaeróbica, luego por una facultativa y, finalmente, por una de maduración, permiten una mayor eficiencia de remoción de la materia orgánica.

Para abaratar los costos de construcción, se propone construir la laguna de forma semienterrada, es decir, se excava el terreno hasta la mitad del volumen de la laguna y con la tierra removida se forman terraplenes que permitan completar la otra mitad del volumen sobre la superficie del terreno. Esto también se hace para evitar llegar a la napa

freática con la excavación y, de esta forma, se evita la contaminación de aguas subterráneas con materia orgánica.

Para evitar infiltraciones en el suelo, todas las lagunas se construyen con una capa de geomembrana para separar el contenido del suelo. De esta forma la laguna resulta inocua para el medio ambiente y los procesos de biodegradación se dan independientemente de la microbiología del suelo. También es importante que, en el proceso de inertizado de la laguna, los caños que las conectan se coloquen por fuera de la capa de geomembrana y que estos no atraviesen la geomembrana, lo cual ocasionaría contacto del líquido con el suelo por rotura de la geomembrana.

Se estimó el volumen de lodos generado en cada tipo de laguna. En las lagunas anaeróbicas, el volumen anual de lodos se obtuvo multiplicando al caudal de diseño por la concentración inicial de materia orgánica y por un coeficiente de relación ( $0,04 \text{ m}^3/\text{hab} \cdot \text{día}$ ) y, luego, dividiendo por un coeficiente de proporcionalidad ( $60 \text{ g}/\text{hab} \cdot \text{día}$ ). El volumen de lodos generado por las dos lagunas anaeróbicas es  $1602 \text{ m}^3/\text{año}$ . En las lagunas facultativas, el volumen anual de lodos se obtuvo multiplicando al caudal de diseño por los sólidos suspendidos totales y por un coeficiente de proporcionalidad ( $0,00156$ ). El volumen de lodos generado por las tres lagunas facultativas es  $1417 \text{ m}^3/\text{año}$ .

### iii. **Diseño de alternativa 3: Reactor UASB seguido de un reactor de lodos activos**

#### ***Pretratamiento***

##### Rejas:

Las dimensiones del sistema de rejas son las mismas que las diseñadas para la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

##### Tamiz:

Las dimensiones del tamiz son las mismas que las diseñadas para la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

##### Tanque de ecualización:

Las dimensiones del tanque de ecualización son las mismas que las diseñadas para la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

#### ***Tratamiento primario***

En esta alternativa se propone como tratamiento primario un reactor anaerobio de manta de lodo (UASB) (Figura 21). En el reactor UASB, el efluente entra por la parte inferior, en flujo ascendente, pasando a través de un lecho de lodo denso y de elevada actividad. En la tabla 41 se muestran los parámetros iniciales del efluente antes de ingresar a esta unidad del tratamiento.

Tabla 41: Parámetros iniciales del efluente.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de diseño ( $Q_{dis}$ )	293	m <sup>3</sup> /día
Temperatura	21	°C
DQO inicial	12300	mgO <sub>2</sub> /L
DBO inicial	8200	mgO <sub>2</sub> /L

A partir del dato del caudal de diseño ( $Q_{dis}$ ) se calcularon el caudal máximo diario y el caudal máximo horario, adoptando un valor de  $K_1$  de entre 1,2 y 2 para el caudal máximo diario y un  $K_2$  de entre 1,5 y 3 para el caudal máximo horario. El valor de  $K_1$  adoptado fue de 1,2 y el de  $K_2$  fue 1,8. El caudal máximo diario dio un valor de 351 m<sup>3</sup>/día y el caudal máximo horario dio un valor de 527 m<sup>3</sup>/día.

Una vez hecho esto, se calculó la carga orgánica (CO) mediante la ecuación 49.

$$CO = Q_{dis} * DQO \quad \text{Ecuación 49}$$

Se adoptó un tiempo de retención hidráulico ( $T_H$ ) de 8 h, dado que la temperatura del efluente es de 21°C, y, al multiplicar este valor por el caudal de diseño, se calculó el volumen del reactor, el cual fue de 98 m<sup>3</sup>. Un reactor UASB tiene una capacidad de entre 400 y 500 m<sup>3</sup>, por lo cual se colocará un único reactor de geometría rectangular.

Se verificó que la carga hidráulica volumétrica (CHV) diera menor a 5 l/día y que la carga orgánica volumétrica (COV) diera entre 2,5 y 3,5 KgDQO/m<sup>3</sup>\*día. Estos valores son los sugeridos por la bibliografía [44]. También se verificó que la velocidad media ( $v_{media}$ ) diera entre 0,5 y 0,7 m/h, la velocidad máxima diaria ( $v_{Max\ diaria}$ ) diera menor a 1,1 m/h y la velocidad máxima horaria ( $v_{Max\ horaria}$ ) diera menor a 1,5 m/h. Las velocidades se calcularon como se indica en las ecuaciones 50, 51 y 52.

$$v_{media} = \frac{Q_{dis}}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación 50}$$

$$v_{Max\ diaria} = \frac{Q_{Max\ diario}}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación 51}$$

$$v_{Max\ horaria} = \frac{Q_{Max\ horario}}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación 52}$$

La velocidad media ( $v_{media}$ ) dio un valor de 0,5 m/h, la velocidad máxima diaria ( $v_{Max\ diaria}$ ) dio un valor de 0,6 m/h y la velocidad máxima horaria ( $v_{Max\ horaria}$ ) dio un valor de 0,9 m/h.

Luego, se adoptó una altura total de 4,1 m, mirando la figura anexa 3 con un tiempo de retención hidráulico de 8 h y una velocidad media de ascenso de 0,5 m/h. La altura de la zona de sedimentación debe estar entre los 1,5 y 2 m y la altura de la zona de digestión debe estar entre los 2,5 y los 3,5 m, por lo que se adoptó una altura de la zona de sedimentación de 1,6 m y una altura de la zona de digestión de 2,5 m. Se dividió al volumen por la altura total para obtener el área y se adoptó una relación largo:ancho de 2:1 para calcular la medida de los lados del reactor.

Se calculó la cantidad de tubos necesaria para el sistema de distribución ( $N_d$ ), según se indica en la ecuación 53, adoptando un valor de área de distribución ( $A_d$ ) de 2,5 m<sup>2</sup>/tubo.

$$N_d = \frac{A_{total}}{A_d} \quad \text{Ecuación 53}$$

Donde  $A_{total}$  es el área total calculada para el reactor.

Se calcularon la eficiencia de remoción de DQO ( $Ef(DQO)$ ) y la eficiencia de remoción de DBO ( $Ef(DBO)$ ) mediante las ecuaciones 54 y 55.

$$Ef(DQO) = 100 * (1 - 0,68 * T_H^{-0,35}) \quad \text{Ecuación 54}$$

$$Ef(DBO) = 100 * (1 - 0,7 * T_H^{-0,5}) \quad \text{Ecuación 55}$$

Se calcularon la concentración de DQO final ( $DQO_f$ ) y la concentración de DBO final ( $DBO_f$ ), según se indica en las ecuaciones 56 y 57.

$$DQO_f = DQO_i * \left(1 - \frac{Ef(DQO)}{100}\right) \quad \text{Ecuación 56}$$

$$DBO_f = DBO_i * \left(1 - \frac{Ef(DBO)}{100}\right) \quad \text{Ecuación 57}$$

Donde  $DQO_i$  es la DQO inicial y  $DBO_i$  es la DBO inicial, mostrados en la tabla 41. Se muestran en la tabla 42 los parámetros de diseño del reactor UASB.

Tabla 42: Parámetros de diseño del reactor UASB.

Parámetro	Valor	Unidad
Carga orgánica (CO)	3602,4	Kg/día
$T_H$	8	h
Volumen	98	m <sup>3</sup>
Cantidad de reactores	1	
CHV	3	1/día
COV	36,9	KgDQO/m <sup>3</sup> *día
Altura total	4,1	m
Altura de la zona de sedimentación	1,6	m
Altura de la zona de digestión	2,5	m
Área total	23,8	m <sup>2</sup>
Ancho	3,5	m
Largo	7	m
Sistema de distribución ( $N_d$ )	10	Tubos
Eficiencia de remoción de DQO	67	%
Eficiencia de remoción de DBO	75	%
DQO final	4039,5	mgO <sub>2</sub> /L
DBO final	2029,4	mgO <sub>2</sub> /L

Luego, se procedió a calcular la generación de gas metano producido por el metabolismo anaeróbico de los microorganismos. Para ello se calculó la cantidad de DBO que es reducida a metano ( $DQO(CH_4)$ ), mediante la ecuación 58, adoptando un rendimiento observado ( $Y_{obs}$ ) de 0,21 gBiomasa/gSustrato.

$$DQO(CH_4) = \frac{Q_{dis} * (DQO_i - DQO_f)}{1000} - 1,42 * \left(\frac{Y_{obs} * Q_{dis} * (DQO_i)}{1000}\right) \quad \text{Ecuación 58}$$

Se calculó el factor de corrección por temperatura (f), según se indica en la ecuación 59.

$$f = \frac{P \cdot K_{DQO}}{R \cdot T} \quad \text{Ecuación 59}$$

Donde P es la presión atmosférica (1 atm), R es la constante de los gases ( $0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$ ), es la temperatura del efluente expresada en unidades de temperatura absoluta y  $K_{DQO}$  son los gramos de DQO correspondientes a 1 mol de metano (64 gDQO/mol $\text{CH}_4$ ). Luego, se calculó la producción volumétrica de metano ( $Q_{\text{CH}_4}$ ) mediante la ecuación 60.

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{DQO(\text{CH}_4)}{f} \quad \text{Ecuación 60}$$

Para determinar al caudal total de biogás ( $Q_{\text{Biogás}}$ ) se estimó que el 75 % del caudal de biogás está compuesto por metano, por lo que para calcular el caudal total de biogás se utilizó la ecuación 61.

$$Q_{\text{Biogás}} = \frac{Q_{\text{CH}_4}}{0,75} \quad \text{Ecuación 61}$$

Los parámetros calculados para estimar la producción de biogás se muestran en la tabla 43.

Tabla 43: Parámetros para la estimación de la generación de metano.

Parámetro	Valor	Unidad
$Y_{\text{obs}}$	0,21	gBiomasa/gSustrato
DQO( $\text{CH}_4$ )	1663	KgDQO/día
f	0,003	KgDQO/ $\text{m}^3$
Caudal de metano	626361	$\text{m}^3/\text{día}$
Caudal de biogás	835148	$\text{m}^3/\text{día}$

Para el diseño de la campana trifásica, se adoptó un valor la constante de liberación de biogás ( $K_g$ ) de  $1,5 \text{ m}^3\text{gas}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , dado que  $K_g$  puede tomar un valor dentro de un rango de 1 a  $5 \text{ m}^3\text{gas}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , y, con este dato, se calculó el área mínima de captación de gases ( $A_i$ ) mediante la ecuación 62.

$$A_i = \frac{Q_{\text{Biogás}}}{K_g} \quad \text{Ecuación 62}$$

Luego, se calculó el área de la zona de paso de la zona de sedimentación a la zona de digestión ( $A_{ab}$ ) según se indica en la ecuación 63.

$$A_{ab} = \frac{Q_{dis}}{v_{ab}} \quad \text{Ecuación 63}$$

Donde  $v_{ab}$  es la velocidad de paso, para la cual se adoptó un valor de 2,5 m/h. La velocidad de paso debe estar comprendida dentro de un rango de 2 a 2,3 m/h para caudales medios y debe ser menor a 4 m/h para caudales máximos.

Luego, se calculó el área de captación de gases ( $A_i'$ ) restándole el área de la zona de paso de la zona de sedimentación a la zona de digestión ( $A_{ab}$ ) al área total (Tabla 42), como se muestra en la ecuación 64. El valor calculado de área de captación de gases debe ser considerablemente mayor al valor de área mínima de captación de gases.

$$A_i' = A_{Total} - A_{ab} \quad \text{Ecuación 64}$$

Se procedió a verificar que la velocidad de paso máxima diaria fuese menor a 4 m/h y que la velocidad de paso máxima horaria fuese menor a 5,5 m/h. La velocidad de paso máxima diaria fue de 3 m/h y la velocidad de paso máxima horaria fue 4,5 m/h.

En la figura 25 se muestra un esquema de la vista en planta del reactor UASB. Se calcularon las medidas bc y a mediante las ecuaciones 65 y 66.

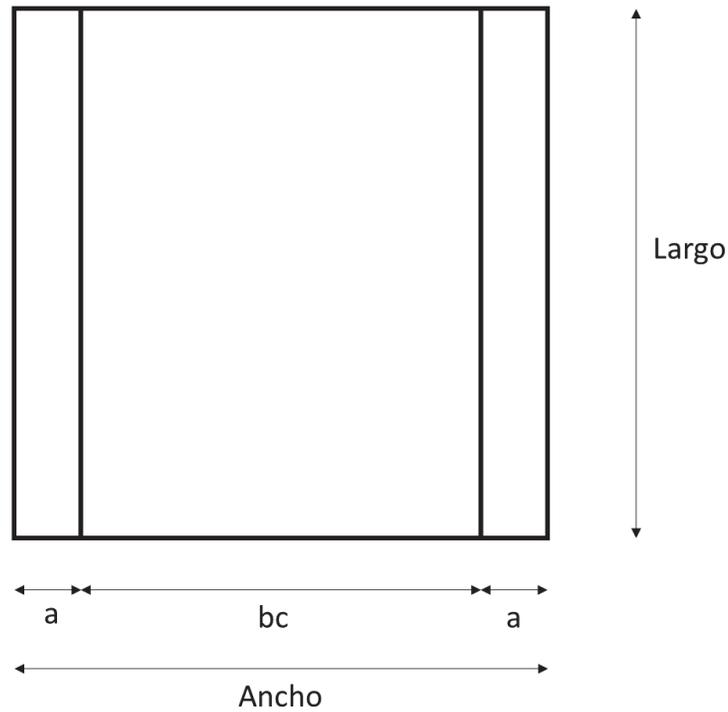


Figura 25: Esquema de vista en planta del reactor UASB.

$$bc = \frac{A'_i}{Largo} \quad \text{Ecuación 65}$$

$$a = \frac{Ancho - bc}{2} \quad \text{Ecuación 66}$$

Se adoptó una altura total de la campana ( $h_t$ ) de 1,6 m, ya que coincide con la altura de sedimentación. En la figura 26 se muestra un esquema de la campana, y en la figura 27 se muestra un esquema de la vista frontal del reactor UASB.

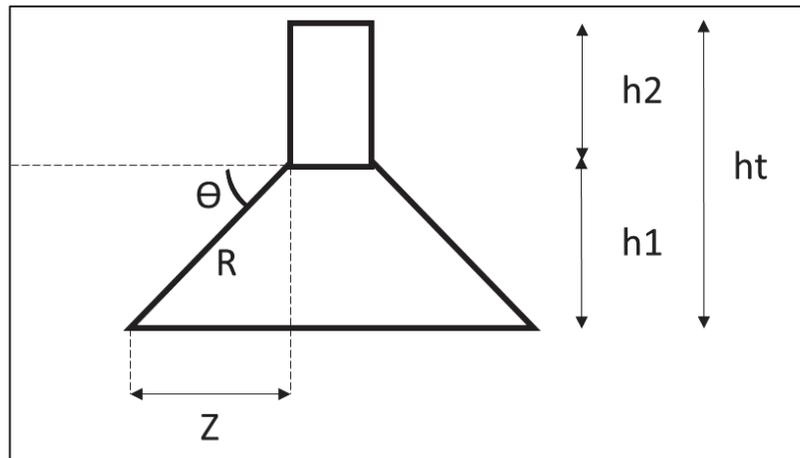


Figura 26: Esquema de la campana.

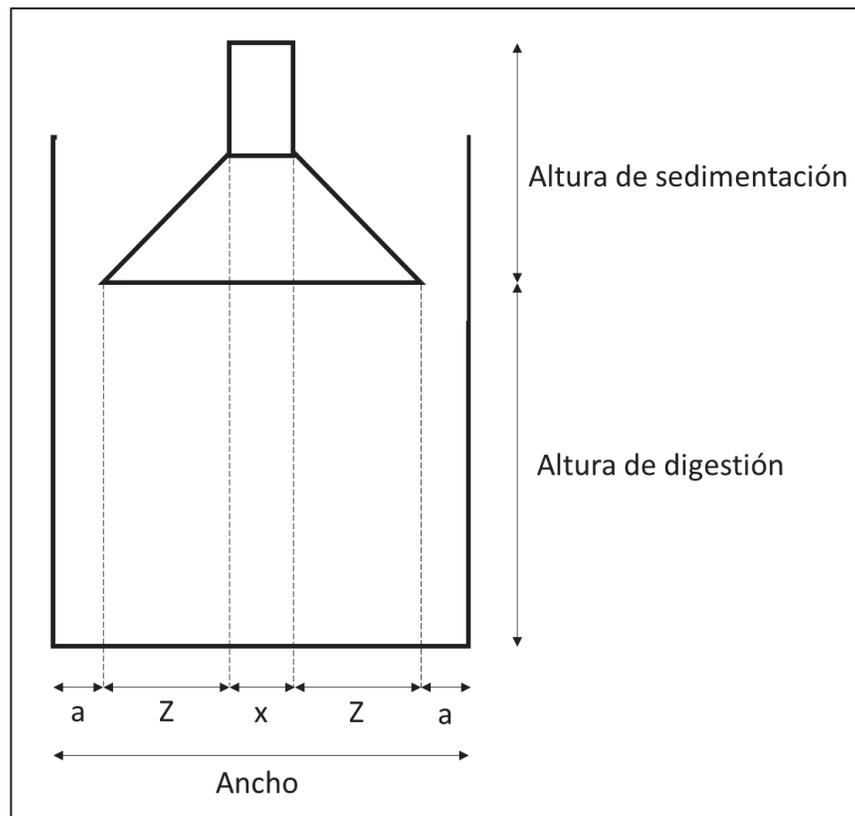


Figura 27: Esquema de vista frontal del reactor UASB.

Se adoptó un valor de  $h_2$  de 0,3 m, ya que es lo mínimo que debe medir, y se calculó  $h_1$  según se muestra en la ecuación 67.

$$h1 = ht - h2 \quad \text{Ecuación 67}$$

Se adoptó un ángulo  $\Theta$  de  $46^\circ$  y, a partir de este dato, se calcularon las medidas R y Z, según se indica en las ecuaciones 68 y 69.

$$R = \frac{h1}{\sin \theta} \quad \text{Ecuación 68}$$

$$Z = \cos \theta * R \quad \text{Ecuación 69}$$

Se procedió a calcular el volumen de sedimentación ( $V_{sed}$ ) como el producto entre el largo, el ancho y la altura de sedimentación. Luego, se calculó el volumen de la campana ( $V_{campana}$ ), asumiendo la parte cónica como un volumen tronco piramidal de base circular (Ecuación 29) y la otra parte como un cilindro de 0,3 m de diámetro. El volumen libre ( $V_{libre}$ ) se calculó según se indica en la ecuación 70.

$$V_{libre} = V_{sed} - V_{campana} \quad \text{Ecuación 70}$$

Finalmente, se calculó el tiempo de retención hidráulico de sedimentación ( $T_{Hsed}$ ), según se muestra en la ecuación 71, y se verificó que el mismo fuese mayor a 1,5 h.

$$T_{Hsed} = \frac{V_{libre}}{Q_{dis}} \quad \text{Ecuación 71}$$

Se muestran los parámetros de diseño de la campana trifásica en la tabla 44.

Tabla 44: Parámetros de diseño de la campana trifásica.

Parámetro	Valor	Unidad
Kg	1,5	$m^3/m^2 \cdot h$
Área mínima de captación de gases	8,1	$m^2$
Velocidad de paso ( $v_{ab}$ )	2,5	m/h
Área de la zona de paso de la zona de sedimentación a la zona de digestión	4,9	$m^2$

Área de captación de gases ( $A_i'$ )	18,9	$m^3$
Velocidad de paso máxima diaria	3	m/h
Velocidad de paso máxima horaria	4,5	m/h
Ancho	3,5	m
Largo	7	m
bc	2,7	m
a	0,35	m
ht	1,6	m
h2	0,3	m
h1	1,3	m
$\Theta$	46	$^\circ$
R	1,8	m
Z	1,26	m
Volumen de sedimentación	38	$m^3$
Volumen de la campana	2,9	$m^3$
Volumen libre	35,1	$m^3$
$T_{Hsed}$	2,9	h

Para que los sólidos se mantengan dentro del reactor, se deben colocar deflectores debajo de la campana que sean de un espesor 10 cm más grande que el ancho de la zona de sedimentación.

### ***Tratamiento secundario***

Un tratamiento secundario de lodos activos consta de dos unidades: Un reactor biológico, donde ocurre la degradación de la materia orgánica por parte de los microorganismos (Biomasa), y un sedimentador secundario, el cual permite recuperar los microorganismos que pudieron ser removidos del reactor biológico y devolverlos al reactor para aumentar la eficiencia del tratamiento, es decir, tener más cantidad de microorganismos que permitan mayor degradación de la materia orgánica.

### Reactor biológico:

Para el diseño del reactor, se establecieron los siguientes balances:

#### *Balance de Biomasa:*

$$V * \frac{dX}{dt} = Q_E * X_E - Q_S * X_S - Q_P * X_P + V * \left( \frac{\mu_{Max} * X * S}{K_S + S} - K_d * X \right) \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde V es el volumen del reactor, X es la concentración de biomasa, t es el tiempo, Q<sub>E</sub> es el caudal de entrada, X<sub>E</sub> es la concentración de biomasa de entrada, Q<sub>S</sub> es el caudal de salida, X<sub>S</sub> es la concentración de biomasa de salida, Q<sub>P</sub> es el caudal de purga, X<sub>P</sub> es la concentración de biomasa de purga, μ<sub>Max</sub> es la velocidad específica de crecimiento del microorganismo, S es la concentración de sustrato, K<sub>S</sub> es la constante de monod para ese sustrato y K<sub>d</sub> es la constante de degradación.

#### *Balance de Sustrato:*

$$V * \frac{dS}{dt} = Q_E * S_0 - S * (Q_S + Q_P) - V * \left( \frac{\mu_{Max} * X * S}{Y_{X/S} * (K_S + S)} \right) \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde V es el volumen del reactor, S es la concentración de sustrato, t es el tiempo, Q<sub>E</sub> es el caudal de entrada, S<sub>0</sub> es la concentración de sustrato inicial, Q<sub>S</sub> es el caudal de salida, Q<sub>P</sub> es el caudal de purga, μ<sub>Max</sub> es la velocidad específica de crecimiento del microorganismo, X es la concentración de biomasa, K<sub>S</sub> es la constante de Monod para ese sustrato e Y<sub>X/S</sub> es el rendimiento de biomasa con respecto al sustrato.

#### *Balance de Caudales:*

$$Q_E = Q_S + Q_P \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde Q<sub>E</sub> es el caudal de entrada, Q<sub>S</sub> es el caudal de salida y Q<sub>P</sub> es el caudal de purga. El caudal de purga está compuesto por agua y lodos. Una vez que se logran separar los lodos, el agua es reinyectada al sistema, haciendo que el caudal de entrada sea necesariamente igual al caudal de salida para que se cumpla el balance de caudales.

Para las ecuaciones 12 y 13 se aplicó la condición de estado estacionario, es decir, los términos con dependencia temporal se vuelven nulos porque no hay acumulación en el sistema ( $\frac{dX}{dt}$  y  $\frac{dS}{dt} = 0$ ). Luego, se asume que el efluente ingresa estéril, por lo que  $X_E = 0$ , y que la salida de microorganismos del reactor es nula, por lo que  $X_S = 0$ . Para poder calcular el volumen del reactor, se reemplazó la ecuación 14 en la ecuación 13, dando como resultado la ecuación 15.

$$V = \frac{Q_E \cdot (S_0 - S) \cdot Y_{X/S} \cdot (K_S + S)}{\mu_{Max} \cdot X \cdot S} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde V es el volumen del reactor,  $Q_E$  es el caudal de entrada,  $S_0$  es la concentración de sustrato inicial, S es la concentración de sustrato,  $Y_{X/S}$  es el rendimiento de biomasa con respecto al sustrato,  $K_S$  es la constante de Monod para ese sustrato,  $\mu_{Max}$  es la velocidad específica de crecimiento del microorganismo y X es la concentración de biomasa.

Para esta unidad se adoptó una geometría circular y una altura de 5 m. También se adoptó una concentración de biomasa en el reactor ( $X_R$ ) de 4000 mg/L y una concentración de biomasa de reciclo ( $X_r$ ) de 8000 mg/L. Los parámetros de diseño adoptados para el dimensionamiento del reactor biológico se muestran en la tabla 45.

Tabla 45: Parámetros de diseño adoptados para el dimensionamiento del reactor biológico.

Parámetro	Valor	Unidad
$\mu_{max}$	1	1/día
$Y_{x/s}$	0,62	gx/gs
$K_s$	150	mg/L
$K_d$	0,06	1/día
Altura	5	m
$S_0$	2029,4	mg/L
S	40	mg/L

$X_R$	4000	mg/L
$X_r$	8000	mg/L

Mediante la ecuación 15 se calculó el volumen del reactor y, con la altura adoptada de 5m, se calculó el área, para luego poder conocer su diámetro. Las dimensiones del reactor biológico se muestran en la tabla 46.

Tabla 46: Dimensiones del reactor biológico.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen	429	m <sup>3</sup>
Área	86	m <sup>2</sup>
Diámetro	10	m

Para calcular el caudal de purga ( $Q_P$ ), el caudal de salida ( $Q_S$ ) y el caudal de reciclo ( $Q_r$ ) se aplicaron las ecuaciones 16, 17 y 18, respectivamente. Los caudales calculados se muestran en la tabla 47.

$$Q_P * X_r = V * \left( \frac{\mu_{Max} * X * S}{Y_x * (K_S + S)} \right) \quad \text{Ecuación 16}$$

$$Q_S = Q_E - Q_P \quad \text{Ecuación 17}$$

$$Q_r = \frac{Q_E * X_R - Q_P * X_r}{X_r - X_R} \quad \text{Ecuación 18}$$

Tabla 47: Caudales del sistema de lodos activos.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de entrada	293	m <sup>3</sup> /día
Caudal de salida	261	m <sup>3</sup> /día
Caudal de purga	32	m <sup>3</sup> /día
Caudal de recirculado	228	m <sup>3</sup> /día

Para el sistema de aireación se calculó el requerimiento de oxígeno (RO) mediante la ecuación 19. Luego, se calculó el requerimiento de oxígeno estándar (SOR, por sus siglas en inglés) para poder garantizar una buena mezcla en el reactor y que los microorganismos que estén en contacto con la materia orgánica tengan en oxígeno suficiente para poder

degradarla. Los parámetros utilizados para el cálculo del RO se muestran en la tabla 48.

**Tabla 48:** Parámetros utilizados para el cálculo del RO.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de entrada	293	m <sup>3</sup> /día
S <sub>0</sub>	2029,4	mg/L
S	40	mg/L
f	0,65	
Y <sub>x/s</sub>	0,62	gx/gs
K <sub>d</sub>	0,06	1/día
Θ <sub>c</sub>	7	Días

El tiempo de retención celular (Θ<sub>c</sub>) se calculó mediante la ecuación 20. Los valores utilizados para el cálculo del tiempo de retención celular se muestran en la tabla 10. El SOR se calculó mediante la ecuación 21. Los parámetros utilizados para el cálculo del SOR se muestran en la tabla 49.

**Tabla 49:** Parámetros utilizados para el cálculo del SOR.

Parámetro	Valor	Unidad
β	1	
Solubilidad O <sub>2</sub> a 21°C	8,1	mg/L
Factor de corrección según altura	0,9	%
Altura sobre el nivel del mar	900	msnm
C <sub>Wat</sub>	7,29	mg/L
C <sub>L</sub>	2	mg/L
C <sub>s</sub>	9,17	mg/L
Temperatura del efluente	21	°C
α	0,85	

El valor del RO es de 22,1 kgO<sub>2</sub>/h y el valor del SOR es de 44 kgO<sub>2</sub>/h. Con estos valores se procedió a calcular la cantidad de difusores necesarios para cumplir y/o superar el valor del SOR.

Se optó por usar difusores de membrana de burbuja fina unidos por caños plásticos de PVC. Para calcular el caudal de oxígeno entregado por los difusores ( $Q_{O_2}$ ) se utilizó la ecuación 22.

Donde  $Q_{dis}$  es el caudal de diseño,  $N_{dif}$  es la cantidad de difusores, SOTE es el rendimiento del difusor y  $h$  es la altura de la unidad. Se adoptó una densidad de difusores de 1,7 difusores por  $m^2$  para poder calcular la cantidad de difusores necesarios para el área del reactor, se tomó como caudal de diseño el sugerido en la figura anexa 1, que es de  $5 \text{ Nm}^3/\text{h}$  y se tomó un SOTE de 6,5 %. Los valores utilizados para el cálculo del caudal de oxígeno entregado por los difusores se muestran en la tabla 50.

Tabla 50: Parámetros utilizados para el cálculo del caudal de oxígeno entregado por los difusores.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de diseño	5	$\text{Nm}^3/\text{h}$
Densidad de difusores	1,7	difusores/ $m^2$
Área del reactor	86	$m^2$
SOTE	6,5	%
Altura del reactor	5	m
$Q_{O_2}$	66,8	$\text{KgO}_2/\text{h}$

El valor de  $Q_{O_2}$  obtenido fue de  $66,8 \text{ kgO}_2/\text{h}$ , el cual es ampliamente mayor que el SOR, por lo que se puede asegurar que reactor estará bien suplementado con oxígeno. Finalmente, se calculó el caudal de aire por cada difusor, dividiendo al SOR por la densidad de difusores multiplicada por el área del reactor, y el caudal de aire total, mediante la ecuación 23.

Donde  $E_f$  es la eficiencia que se obtiene al multiplicar el SOTE por la altura del reactor y dividir por 100. El caudal de oxígeno por difusor es de  $301,3 \text{ gO}_2/\text{h}$  y el caudal de aire total es de  $483 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . A partir de estos valores, se calculó la cantidad necesaria de difusores dividiendo el caudal de aire total por el caudal de diseño, dando una cantidad total de 97 difusores.

Para poder cubrir el requerimiento mínimo del SOR, se propone el uso de tres equipos sopladores de la marca Repicky, modelo R-500, trabajando a 2900 rpm y a una presión de 500 mbar (5 metros de columna de agua). De esta forma, cada soplador entrega un caudal de aire de 271 m<sup>3</sup>/h y no se trabaja a la máxima potencia. Los parámetros operativos de los equipos pueden verse en la figura anexa 2.

Se propone también tener otros tres sopladores iguales para poder reemplazar alguno que pueda fallar y de esta forma detener la línea de tratamiento el menor tiempo posible.

Los microorganismos tienen requerimientos nutricionales, como el consumo de nitrógeno y fósforo, para poder cumplir sus funciones biológicas y fisiológicas. Para poder cumplir este requerimiento nutricional se debe mantener una relación de macronutrientes dentro del reactor de manera que DBO<sub>5</sub>:Nitrógeno:Fósforo estén en una relación de 100:5:1. Si bien esta relación debe ser verificada empíricamente, suele ser bastante acertada como aproximación.

También debe mantenerse una relación alimento/microorganismo (F/M), la cual debe encontrarse dentro de un rango de 0,2 y 0,6 1/día. Si esta relación es alta, quiere decir que hay mucha materia orgánica para degradar y pocos sólidos suspendidos volátiles. Si esta relación es baja, quiere decir que hay poca materia orgánica para degradar y muchos sólidos suspendidos volátiles. Para el caso de este efluente, el valor de F/M es de 0,34, por lo cual se encuentra dentro del rango esperado.

Si el valor de F/M está por arriba del rango recomendado, se deberá cerrar el caudal de purga para dar tiempo a que el microorganismo crezca y pueda degradar la materia orgánica presente. De forma opuesta, si el valor de F/M está por debajo del rango recomendado, hay más microorganismo que materia orgánica biodegradable, por lo cual se deberá aumentar la frecuencia de purga.

### Sedimentador secundario:

Este es un tanque de forma circular de flujo horizontal que permite la decantación de microorganismos por la baja velocidad que presenta el líquido en esta unidad. Este dispone de una zona de entrada, una campana de distribución, una zona de salida y una zona de lodos.

Para el diseño del sedimentador secundario, se adoptó una carga superficial ( $C_{sup}$ ) de  $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$  y una altura ( $h$ ) de 3 m. Con estos valores, y junto con el caudal de diseño ( $Q_{dis}$ ), se calcularon el área superficial ( $A_{sup}$ ) y el volumen de la unidad ( $V$ ). Estos valores se obtuvieron mediante las ecuaciones 8 y 9.

Luego, se calculó el diámetro del sedimentador y se adoptó una pendiente del 10 %. Finalmente, se calculó el tiempo de retención en esta unidad mediante la ecuación 10.

El valor del tiempo de retención fue verificado, dando dentro de un rango de 3,5 h a 4,5 h para la carga superficial adoptada, según se recomienda en el libro *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy* [41]. El dimensionamiento del sedimentador secundario se muestra en la tabla 51.

Tabla 51: Dimensiones del sedimentador secundario.

Parámetro	Valor	Unidad
Altura (h)	3	m
Carga superficial ( $C_{sup}$ )	20	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$
Área superficial ( $A_{sup}$ )	15	$\text{m}^2$
Volumen (V)	44	$\text{m}^3$
Diámetro	4,3	m
Tiempo de retención	3,6	h

### Campana de distribución:

Se diseñó para la zona de entrada una campana de distribución para que el caudal sea distribuido de forma uniforme en toda la unidad. Para calcular el diámetro de la campana, se tomó el 15 % del diámetro del sedimentador secundario. Luego, se adoptó una altura de pelo de agua de

1 m y se calcularon el diámetro de los orificios, la cantidad de orificios y la separación entre los orificios. Finalmente, se verificó que la velocidad de salida fuese menor que 0,45 m/s, según se recomienda en el libro *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy [41]*. El dimensionamiento de la campana de distribución se puede ver en la tabla 52.

Tabla 52: Dimensiones de la campana de distribución.

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro de la campana	0,65	m
Altura de pelo de agua	1	m
Diámetro de orificio	14	cm
Separación entre orificios	8	cm
Cantidad de orificios	3	
Velocidad de salida	0,22	m/s

#### Zona de salida:

Para la zona de salida se optó por utilizar un vertedero tipo Thompson de abertura triangular para poder regular el caudal y la velocidad de salida de la unidad. Primero, se calculó el caudal de paso por cada abertura (q) mediante la ecuación 11, adoptando una altura de vertedero de 7 cm y un ángulo de apertura de 90°.

Al calcular el caudal de paso por cada abertura (q), este dio un valor de 0,0019 m<sup>3</sup>/s y se dividió el caudal de diseño por este valor para obtener la cantidad de aberturas necesarias. De aquí se calculó que serían necesarias 3 aberturas, pero se añadirá una cuarta por seguridad. Luego, se adoptó una caudal por metro lineal de 1 L/s y se verificó que la velocidad de paso fuese menor o igual a 0,2 m/s. Las dimensiones del vertedero se muestran en la tabla 53.

Tabla 53: Dimensiones del vertedero.

Parámetro	Valor	Unidad
Altura de la abertura	12	cm
Caudal de paso por la abertura (q)	0,0071	m <sup>3</sup> /s
Cantidad de aberturas	2	
Ángulo de apertura ( $\Theta$ )	90	°
Ancho de la abertura	24	cm
Área de la abertura	0,0144	m <sup>2</sup>
Caudal por metro lineal	1	L/s
Velocidad de paso	0,1	m/s

#### Canaleta:

Para dimensionar la canaleta, se tomó el caudal de diseño y se lo dividió por la velocidad de salida calculada de 0,2 m/s, dando un área de 0,02 m<sup>2</sup>. Se adoptó una altura de 15 cm y se dividió el área por la altura para obtener el ancho de la canaleta, el cual es de 14 cm.

#### Zona de lodos:

Se calculó la producción de lodos mediante la ecuación 6, tomando una cantidad de sólidos suspendidos de 3100 mg/L y un porcentaje de remoción del 90%. La cantidad de lodos diarios generados es de 818 kg, con un 93% de humedad. Para calcular la cantidad de barro diario, se adoptó una densidad de lodos de 1400 kg/m<sup>3</sup> y se dividió a la producción de lodos por este valor, resultando en una cantidad de barro de 584 L/día.

Para dimensionar la zona de lodos, se calculó el volumen de barro generado semanalmente, el cual se obtuvo del producto entre la cantidad de barro diario y los 7 días de la semana y luego se le sumó un 20 % como margen de seguridad. Este volumen fue de 4,9 m<sup>3</sup> y se le dio forma de tronco piramidal. Las dimensiones la zona de lodos se muestran en la tabla 54.

Tabla 54: Dimensiones de la zona de lodos.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen	4,9	m <sup>3</sup>
Área superior	7	m <sup>2</sup>
Área inferior	3	m <sup>2</sup>
Altura	2	m

### ***Tratamiento terciario***

Las dimensiones del tratamiento terciario (Cámara de cloración) son las mismas que las diseñadas para la alternativa 1 “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos”.

### ***Cámara de toma de muestra y medición de caudal***

La cámara de toma de muestra y medición de caudal se ubica previo a la descarga del efluente por pedido de la Resolución N° 885/15 de Río Negro, y se diseña según lo dispuesto en la resolución N° 607/12 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para caudales menores a 25 m<sup>3</sup>/h. Las dimensiones de la cámara se observan en la figura 24.

### c) Comparación y selección del tratamiento más adecuado

Habiendo diseñado y dimensionado las alternativas, se procede a realizar un análisis más profundo de las mismas que permita decidir cuál es la más adecuada para aplicar en el caso de estudio. Los factores más relevantes para la realización de este análisis son: La superficie ocupada, la complejidad de la construcción, los costos asociados a la operación y a la mantención, la necesidad de control y monitoreo del sistema, el requerimiento de mano de obra especializada, la flexibilidad del sistema, la sensibilidad frente a compuestos tóxicos, la generación de lodos y el consumo de energía.

En la tabla 55 se observa una comparación de los factores previamente mencionados para las tres alternativas propuestas. Esta comparación es relativa y cualitativa, destacando los aspectos positivos en verde, los medios en amarillo y los negativos en rojo.

Tabla 55: Comparación entre las tres alternativas propuestas.

	<b>Alternativa 1 RB</b>	<b>Alternativa 2 Lagunas</b>	<b>Alternativa 3 UASB + RB</b>
Superficie ocupada	Bajo	Alto	Bajo
Construcción / equipamiento	Alto	Bajo	Alto
Operación y mantenimiento	Medio	Bajo	Alto
Control y monitoreo	Medio	Bajo	Alto
Mano de obra especializada	Medio	Bajo	Alto
Flexibilidad	Alta	Alta	Baja
Sensibilidad a compuestos tóxicos	Media	Baja	Alta
Generación de lodos	Alta	Bajo	Media
Consumo de energía	Alto	Bajo	Bajo

El espacio a ocupar para cada una de las alternativas es:

- Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos: 838,2 m<sup>2</sup>
- Sistemas de depuración natural: 71744 m<sup>2</sup>
- Reactor UASB seguido de un reactor de lodos activos: 590 m<sup>2</sup>

Cabe destacar que este espacio es la suma de las áreas de cada una de las unidades y para esta estimación no se tuvieron en cuenta caminos o espacios de circulación. Sin embargo, se puede apreciar que el área estimada para el tren de lagunas es significativamente mayor que las áreas del resto de los tratamientos. Si bien la superficie ocupada suele ser un factor de gran peso para la elección de una alternativa, el criadero – matadero de ovejas cuenta con una gran superficie como para poder aplicar cualquiera de las tres alternativas.

La simplicidad en la construcción va de la mano con la simplicidad en la tecnología aplicada. En este sentido, las alternativas 1 y 3 presentan complejidad en temas de obra civil, mientras que la alternativa 2 presenta una gran simplicidad tanto en la obra de construcción, como en la tecnología aplicada.

El requerimiento de mano de obra especializada para el manejo de la planta de tratamiento, así también como para el mantenimiento, hace que sea costoso operarla. Las alternativas 1 y 3 requieren supervisión por parte de un empleado especializado para su correcto funcionamiento, mientras que la alternativa 2 resulta bastante robusta, no requiere de mano de obra especializada, y es de bajo costo de operación y mantenimiento.

Cuando se habla de flexibilidad, se hace referencia a la capacidad del tratamiento a adaptarse a cambios en el caudal o a la composición del efluente. En este sentido, la alternativa 2 es mucho más robusta que las alternativas 1 y 3, siendo la que mejor puede adaptarse a los cambios que pueda sufrir el efluente durante el proceso estudiado.

La sensibilidad a compuestos tóxicos juega un rol clave en el tratamiento biológico, ya que si estos compuestos afectan a los microorganismos el tratamiento pierde eficiencia. La alternativa 2, al presentar un gran volumen,

permite una dilución del tóxico, de forma tal que el microorganismo no es afectado por él, cosa que sí ocurriría en las alternativas 1 y 3.

El volumen generado de lodos resulta un punto importante a considerar a la hora de escoger un tratamiento, dado que los lodos deben ser removidos del sistema y son tratados por separado. Una gran producción de lodos puede encarecer bastante la alternativa de tratamiento, por lo que es bastante recomendable la elección de tratamiento anaeróbicos, dado que este proceso metabólico genera un bajo volumen de lodos.

El consumo de energía puede encarecer mucho una alternativa, por lo cual optar por un sistema natural de depuración, como la alternativa 2, suele ser una gran elección para que los costos no se disparen.

En cuanto a la eficiencia en el tratamiento, la alternativa 2 es la que más eficiencia presenta, dado que es la que llega a un valor de concentración de materia orgánica muy por debajo de lo requerido por la normativa vigente (40 mg/L). Este valor de eficiencia ronda el 99%.

Por todo lo expuesto, se puede concluir que la alternativa 2 “Sistemas de depuración natural” es la más conveniente para aplicarse en el criadero – matadero en términos de eficiencia, operación, mantención y costos. De aquí en más todos los puntos de este trabajo se referirán a esta alternativa de tratamiento.

#### d) Sistema de conducción

Para poder diseñar el sistema de conducción, es importante identificar los tramos de cañería que debe recorrer el efluente al desplazarse de una subunidad a otra. Los tramos se enumeran en la tabla 56.

Tabla 56: Denominación de los tramos del sistema de conducción.

Tramo		Denominación
Sistema de rejas	Tamiz	Tramo A
Tamiz	Laguna anaeróbica 1	Tramo B
Laguna anaeróbica 1	Laguna anaeróbica 2	Tramo C
Laguna anaeróbica 2	Laguna facultativa 1	Tramo D
Laguna facultativa 1	Laguna facultativa 2	Tramo E
Laguna facultativa 2	Laguna facultativa 3	Tramo F
Laguna facultativa 3	Laguna de maduración	Tramo G

Las cañerías del sistema de conducción son cerradas para evitar contacto con el medio ambiente y así poner en riesgo la salud pública y privada. Los caños a utilizar para la construcción serán de PVC, dado que son de bajo costo, son resistentes a la corrosión y son poco rugosos, por lo que el líquido fluye bien por el sistema. Según recomienda el Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA), se debe considerar una velocidad de circulación entre 0,6 y 5 m/s para minimizar los fenómenos de sedimentación y erosión.

Para que este sistema sea lo más eficiente posible, se buscó evitar bombeos innecesarios, lo cual podría aumentar los costos de inversión, operación y mantenimiento. Por lo tanto, se adoptó la incorporación de único sistema de bombeo previo al tratamiento y, también, una pendiente del terrero de entre el 3% y el 5%, según el tramo, para que el efluente circule por gravedad por el tren de lagunas. Asimismo, se proponen tramos de cañerías cortos para evitar cambios de dirección y el uso de accesorios, para reducir las pérdidas de carga.

Para el diseño de la cañería se asume que se está trabajando con un fluido ideal e incompresible, moviéndose en un régimen turbulento y en estado estacionario, haciendo que la velocidad se mantenga constante a lo largo del tiempo. El coeficiente de rugosidad absoluta ( $\varepsilon$ ) para cañerías de PVC es de 0,0015 mm.

El proveedor Tuboforte Argentina ofrece una amplia gama de productos, como Fortenor Potable que tiene dentro de sus categorías tuberías de diámetro nominal de 75 y de 90 mm, con una longitud de 6 m por caño. El folleto de los productos ofrecidos por el proveedor se puede observar en la figura anexa 4.

### **i. Conducciones por gravedad**

Este sistema fue pensado para tener una fuerza impulsora al principio de la red, y luego se disponen las unidades de tratamiento a distintas alturas para que el fluido se desplace por gravedad.

Se propone el uso de cañerías cerradas con un nivel de llenado adoptado del 75% ( $y/D = 0,75$ ), generando un ángulo  $\Theta$  de  $120^\circ$ , excepto para los tramos C y D, en donde se adopta un nivel de llenado del 50% ( $y/D = 0,5$ ), generando un ángulo  $\Theta$  de  $180^\circ$ , ya que estas tuberías son las que ingresan a las lagunas anaeróbicas. Las referencias pueden observarse en la figura 28.

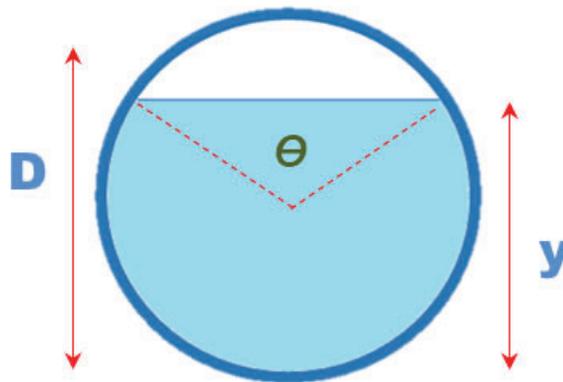


Figura 28: Diagrama de tubería parcialmente llena. Fuente: Google imágenes.

Se calculó el área mojada dentro de la cañería ( $A_m$ ) mediante la ecuación 72, dividiendo al caudal de diseño ( $Q_{dis}$ ) por la velocidad de escurrimiento ( $v_{esc}$ ) adoptada. Se adoptó una velocidad de escurrimiento de 1 m/s para evitar la sedimentación de las partículas suspendidas.

$$A_m = \frac{Q_{dis}}{v_{esc}} \quad \text{Ecuación 72}$$

Luego, se adoptó un diámetro nominal de cañería ( $d$ ) y se aplicó la ecuación 73 para obtener el perímetro mojado de la cañería ( $P_m$ ).

$$P_m = \frac{\theta * d}{2} \quad \text{Ecuación 73}$$

Se calculó el área hidráulica ( $A_h$ ) utilizando la ecuación 74.

$$A_h = \frac{D^2(\theta - \sin \theta)}{8} \quad \text{Ecuación 74}$$

Realizando el cociente entre el área mojada y el perímetro mojado de la cañería se calculó el radio hidráulico ( $R_h$ ), el cual se utilizó en la ecuación de Chezy-Manning (Ecuación 75) para conocer la velocidad de escurrimiento real ( $v$ ):

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * i^{1/2} \quad \text{Ecuación 75}$$

siendo  $n$  el coeficiente de rugosidad de Manning (0,011 para el PVC) e  $i$  la pendiente. Finalmente, se calculó el caudal teórico equivalente ( $Q_T$ ) mediante la ecuación 76.

$$Q_T = v * A_h = \left( \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * i^{1/2} \right) * \left( \frac{D^2(\theta - \sin \theta)}{8} \right) \quad \text{Ecuación 76}$$

En la tabla 57 se presentan los valores adoptados y obtenidos en cada tramo.

Tabla 57: Parámetros de tuberías por tramo.

Tramo	Cantidad de caños	Diámetro (m)	Radio hidráulico (m)	Pendiente (%)	Velocidad de esc. (m/s)
Tramo A	2	0,09	0,013	5	1,14
Tramo B	2	0,09	0,013	5	1,14
Tramo C	4	0,075	0,019	3	1,11
Tramo D	3	0,075	0,011	3	0,78
Tramo E	3	0,075	0,011	3	0,78
Tramo F	3	0,075	0,011	3	0,78
Tramo G	2	0,09	0,013	3	0,88

Se puede ver que las velocidades de escurrimiento están por encima de los valores recomendados por ENHOSA, por lo cual el diámetro nominal de las cañerías adoptado es correcto para el caso de estudio. También se destaca, en la tabla 58, la cantidad de caños que vierten efluente en las lagunas. En todos los casos se coloca un mínimo de dos caños de ingreso de efluente para evitar la interrupción de funcionamiento de la línea de tratamiento por obstrucciones.

## ii. Pérdidas de carga

La pérdida de carga ( $h_f$ ) en una tubería es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, accesorios, etc. Dicha pérdida de carga por fricción con la cañería se calcula a través de la ecuación de Darcy-Welsbach (Ecuación 77):

$$h_f = 4 * f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad \text{Ecuación 77}$$

donde  $f$  es el factor de Fanning,  $L$  es la longitud de la cañería,  $D$  es el diámetro de la cañería,  $v$  es la velocidad del fluido dentro de la cañería y  $g$  es la aceleración de la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ).

Para poder conocer el factor de Fanning, se debe calcular el número de Reynolds, el cual es un número adimensional utilizado para caracterizar el movimiento de un fluido y su valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento. El número de Reynolds ( $Re$ ) se calcula mediante la ecuación 78.

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \delta}{\mu} \quad \text{Ecuación 78}$$

donde  $D$  es el diámetro de la cañería,  $v$  es la velocidad del fluido dentro de la cañería,  $\delta$  es la densidad del fluido y  $\mu$  es la viscosidad del fluido. Cabe destacar que los valores que se utilizaron para la densidad y la viscosidad fueron los tabulados para el agua a  $20^\circ\text{C}$ . La densidad del agua es  $998,29 \text{ kg/m}^3$  y la viscosidad del agua es  $0,001 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ .

Para calcular el factor de Fanning se aplicó la correlación de Haaland para tubos rugosos (Ecuación 79):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3,6 * \log_{10} \left[ \frac{6,9}{Re} + \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{10/9} \right] \quad \text{Ecuación 79}$$

donde  $f$  es el factor de Fanning,  $Re$  es el número de Reynolds y  $\varepsilon/D$  es el coeficiente de rugosidad relativa para el PVC. Cabe destacar que se aplica esta correlación ya que el número de Reynolds en todos los tramos fue mayor  $10^3$  y menor a  $10^8$ , y el coeficiente de rugosidad relativa fue menor que  $0,05$ .

En la tabla 58 se observan los valores de pérdida de carga correspondientes a cada tramo.

Tabla 58: Pérdida de carga por fricción con la cañería para cada tramo.

Tramo	Número de Reynolds	$\epsilon/D$	F	L (m)	$h_f$ (m)
Tramo A	101990,6156	1,7E-05	0,004	4	0,052
Tramo B	101990,6156	1,7E-05	0,004	4	0,052
Tramo C	83205,76944	2,0E-05	0,005	6	0,094
Tramo D	58299,80406	2,0E-05	0,005	6	0,050
Tramo E	58299,80406	2,0E-05	0,005	6	0,050
Tramo F	58299,80406	2,0E-05	0,005	6	0,050
Tramo G	79001,59118	1,7E-05	0,005	6	0,049

Los valores de los coeficientes pérdida de carga por fricción en cañerías o factores de Fanning se verificaron en el diagrama de Moody-Rouse, el cual se muestra en la figura anexa 5. La suma de todas las pérdidas de carga por fricción con las cañerías es 0,396 m.

Para determinar la pérdida de carga total en la cañería, es necesario calcular la pérdida de carga en los accesorios, la cual se calcula mediante la ecuación 80.

$$h_f = K * \frac{v^2}{2 * g} \quad \text{Ecuación 80}$$

donde K es la constante de fricción del accesorio.

En la tabla 59 se observan los valores de pérdida de carga correspondientes a los accesorios.

Tabla 59: Pérdida de carga por fricción con los accesorios para cada tramo.

Tramo	Accesorios	Cantidad	K	hf (m)
Tramo A	Codo de 45° estándar	2	0,35	0,046
	Válvula de compuerta abierta	1	0,5	0,033
Tramo B	Codo de 45° estándar	2	0,35	0,046
	Válvula de compuerta abierta	1	0,5	0,033
Tramo C	Codo de 45° estándar	2	0,35	0,044
	Tubo en T para flujo ramificado	1	0,4	0,025
	Válvula de compuerta abierta	1	0,5	0,032
Tramo D	Codo de 45° estándar	2	0,35	0,022
	Válvula de compuerta abierta	1	0,5	0,015
Tramo E	Codo de 45° estándar	2	0,35	0,022
	Válvula de compuerta abierta	1	0,5	0,015
Tramo F	Codo de 45° estándar	2	0,35	0,022
	Válvula de compuerta abierta	1	0,5	0,015
Tramo G	Codo de 45° estándar	2	0,35	0,028
	Válvula de compuerta abierta	1	0,5	0,020

La suma de todas las pérdidas de carga por accesorios es 0,417 m. Por lo tanto, la pérdida de carga total que tiene el sistema desde el inicio del Tramo A hasta el final del tramo G es de 0,814 m.

### iii. Disposición de las unidades

Para que el líquido pueda moverse de una unidad a otra por acción de la gravedad, es necesario que la conducción entre las unidades del tren de lagunas adquiera una pendiente suficiente. Para esto se deberá generar una diferencia de nivel de aproximadamente 0,20 m.

El efluente será bombeado desde 4 m por debajo del nivel de referencia (0 m) hasta la laguna anaeróbica 1 y, una vez que llegue a 0 m, descenderá 1 m desde la laguna anaeróbica 1 hasta la laguna de maduración, enterrando cada unidad 0,2 m más abajo que la anterior. En el caso de ser necesario, se colocará una cámara de inspección entre cada laguna.

#### iv. Sistema de bombeo

El pozo de bombeo del efluente se encontrará 4 m por debajo de la altura de referencia (0 m). La bomba permitirá dar altura al efluente para que luego este pueda fluir por gravedad a través de las distintas unidades. Para lograr esto, se propone incorporar dos bombas que operen en paralelo para que el sistema tenga flexibilidad operacional.

Para poder conocer la potencia que requiere la bomba, se calculó la altura desarrollada por la bomba ( $h_B$ ), la cual se obtiene de aplicar un balance de energía mecánica para la tubería entre el pozo de bombeo y la laguna anaeróbica 1. El balance de energía mecánica (la ecuación de Bernoulli) se muestra en la ecuación 81.

$$\frac{v_a^2}{2 \cdot g} + \frac{P_a}{\rho \cdot g} + Z_a - h_f + h_B = \frac{v_b^2}{2 \cdot g} + \frac{P_b}{\rho \cdot g} + Z_b \quad \text{Ecuación 81}$$

donde  $v_a$  es la velocidad del fluido en el punto a,  $g$  es la aceleración de la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ),  $P_a$  es la presión en el punto a,  $\rho$  es la densidad del fluido,  $Z_a$  es la altura en el punto a,  $h_f$  es la pérdida de carga,  $h_B$  es la altura desarrollada por la bomba,  $v_b$  es la velocidad del fluido en el punto b,  $P_b$  es la presión en el punto b y  $Z_b$  es la altura en el punto b.

Se asume que la velocidad del fluido en el punto a y en el punto b es cero y que la presión en el punto a y la presión en el punto b son iguales e iguales a la presión atmosférica. A partir de estas suposiciones, se cancelan esos términos del balance de energía mecánica. La expresión resultante se muestra en la ecuación 82.

$$h_B = Z_b - Z_a + h_f \quad \text{Ecuación 82}$$

Se obtuvo la altura desarrollada por la bomba, la cual dio un valor de 6 m. Luego, se aplicó la ecuación 83 para calcular la potencia real ( $P_{otB}$ ) de la bomba requerida.

$$Pot_B = \frac{h_B * \rho * g * Q}{\eta} \quad \text{Ecuación 83}$$

donde  $h_B$  es la altura desarrollada por la bomba,  $\rho$  es la densidad del fluido,  $g$  es la aceleración de la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ),  $Q$  es el caudal y  $\eta$  es la eficiencia de la bomba ( $\eta = 50\%$ ).

Se considera un margen de seguridad del 20% para el cálculo de la potencia de la bomba. La potencia requerida por la bomba es de 480 W. Se seleccionó el modelo DPK.15.80.55.5.0E del proveedor Grundfos [45]. Este modelo puede operar en un rango de potencias de entre 0,75 kW y 22 kW y tiene un diámetro nominal de 80 mm. Se instalarán dos bombas: una para realizar la impulsión del fluido y la otra a modo de reserva por si hay averías o inconvenientes. Se muestra un esquema del modelo seleccionado en la figura 29 y las curvas de rendimiento y los planos de este modelo se pueden ver las figuras anexas 6 y 7, respectivamente.



Figura 29: Bomba sumergible DPK.15.80.55.5.0E. Fuente: Grundfos.

#### **v. Aspectos generales de construcción**

El suelo en el que se construya la laguna debe ser correctamente impermeabilizado con una geomembrana plástica de 0,75 mm de espesor, hecha de polipropileno de alta densidad. La superficie debe quedar lo más lisa

posible luego de ser colocada y debe evitarse a toda costa dañar la membrana, para evitar el contacto del contenido de la laguna con el ambiente. En la figura 30 se puede observar una imagen de un terreno siendo impermeabilizado por geomembrana.



Figura 30: Geomembrana impermeabilizando el terreno de la laguna.

Fuente: Google imágenes.

A su vez, deberá construirse una estructura anexa a modo de caseta que permita almacenar herramientas, insumos y equipo para poder operar la laguna. También debe proveer baño con ducha, vestidor, botiquín de primeros auxilios y ser abastecida con servicios básicos como agua, electricidad y gas.

### **e) Tratamiento de residuos**

A medida que el efluente circula por las distintas unidades de tratamiento, se generan lodos que deben removerse del sistema y ser tratados por separado. En la instancia del pretratamiento, tanto en las rejillas como en el tamiz, los sólidos que se acumulan en estas subunidades son removidos de forma manual y son dispuestos en una tolva de 500 litros, que permita almacenarlos durante aproximadamente una semana. Estos sólidos serán dispuestos de la forma en que indique la normativa vigente.

En las lagunas los sólidos llegan hasta el fondo mediante el proceso de sedimentación, lo que causa una reducción en el volumen de la laguna si

estos no son removidos. Esto afecta a los microorganismos que residen en la laguna y al tiempo de retención del líquido en la laguna. El volumen de lodos generado en las lagunas anaeróbicas es de 1602 m<sup>3</sup>/año y el volumen de lodos generado en las lagunas facultativas es de 1417 m<sup>3</sup>/año.

Se deberá controlar el nivel de barros en cada laguna cada 6 meses, para poder planificar y gestionar el retiro de los mismos con anticipación. Se programará una extracción de barros cada 2 años como medida inicial, que será adecuada de acuerdo a los registros obtenidos. La extracción y disposición final se realizará mediante camiones atmosféricos, o bien se caracterizará el barro para evaluar su uso en el predio.

## 5. Planos

En este capítulo se muestran los planos confeccionados mediante AutoCAD a partir de los cálculos realizados en el capítulo 4 (Memoria descriptiva y de cálculo del sistema de tratamiento seleccionado). Estos resultan útiles como guía para que se puedan realizar posteriormente cálculos estructurales, ya que se muestran las unidades de la alternativa de tratamiento seleccionado en el capítulo 4 con sus dimensiones.

Se adjuntan los nueve planos en el ANEXO, siendo estos:

- ✓ Plano 01: Implantación del proyecto.
- ✓ Plano 02: Vista en planta del sistema de tratamiento.
- ✓ Plano 03: Vista lateral del sistema de tratamiento.
- ✓ Plano 04: Vistas fundamentales del sistema de rejillas.
- ✓ Plano 05: Vistas fundamentales de la laguna anaeróbica 1.
- ✓ Plano 06: Vistas fundamentales de la laguna anaeróbica 2.
- ✓ Plano 07: Vistas fundamentales de la laguna facultativa 1.
- ✓ Plano 08: Vistas fundamentales de la laguna facultativa 2.
- ✓ Plano 09: Vistas fundamentales de la laguna facultativa 3.
- ✓ Plano 10: Vistas fundamentales de la laguna de maduración.

Las medidas de los planos, junto con sus respectivas unidades, se encuentran aclaradas en las cotas de los mismos. Las medidas del plano 01 se encuentran en centímetros (cm), mientras que las medidas del resto de los planos se encuentran en metros (m).

El tamiz y el sistema de bombas fueron dimensionados por terceros, es por ello que no cuentan con un detalle de las vistas fundamentales. Estos se incluyen únicamente en los planos 08 y 09, ya que presentan el tren de tratamiento completo.

## 6. Análisis económico

En este capítulo se detalla el análisis económico del tratamiento seleccionado en el inciso 4. Se detallan la inversión inicial, el costo de operación y mantenimiento y el sistema de financiamiento del sistema de tratamiento.

Los valores parciales se presentan en pesos argentinos, mientras que el total final se presenta, a su vez, en dólares estadounidenses al valor de tipo de cambio oficial al mes de marzo de 2023 (1 USD = 205 ARS).

### a) Inversión inicial

La inversión inicial es la cantidad de dinero que hace falta invertir para poner en marcha un proyecto, en ese caso, la alternativa de tratamiento de efluentes escogida. Esta inversión corresponde a la preparación del terreno, al movimiento de suelo, a la impermeabilización de la laguna, a los materiales de construcción, a la mano de obra, entre otros. También se consideran costos legales.

En la tabla 60 se muestra el presupuesto de la inversión inicial del proyecto. Este presupuesto contempla la instalación eléctrica, de cañerías, bombas y de las unidades del pretratamiento (Rejas y tamiz). Los costos de Administración, Imprevistos y Utilidad (AIU) son fijados por la empresa constructora, la cual establece un porcentaje según la complejidad de la obra. Se adopta un porcentaje del 25% del total del presupuesto, el cual se agrega al Costo TOTAL neto.

Para el armado de este presupuesto se tuvieron en cuenta factores como los estudios preliminares, la preparación del terreno, la excavación y el movimiento de suelo, la impermeabilización del terreno, los elementos adicionales, la herrería y soldadura, la instalación eléctrica, la instalación de las cañerías, las unidades y equipamientos, los honorarios y los costos referidos a la puesta en marcha del proyecto.

Tabla 60: Presupuesto de inversión inicial del proyecto.

Item	Descripción del costo de inversión	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Costo subtotal	Costo total
<b>1</b>	<b>Trabajos preliminares</b>					<b>\$ 60.000,00</b>
1.1	Estudio de suelo	u	\$ 20.000,00	3	\$ 60.000,00	
<b>2</b>	<b>Preparación del terreno</b>					<b>\$ 145.715.500,00</b>
2.1	Limpieza y preparación de terreno	m <sup>2</sup>	\$ 1.000,00	85715	\$ 85.715.000,00	
2.2	Remoción de cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	\$ 700,00	85715	\$ 60.000.500,00	
<b>3</b>	<b>Excavación y movimiento de suelos</b>					<b>\$ 2.338.675.590,00</b>
3.1	Excavación pretratamiento	m <sup>3</sup>	\$ 16.000,00	100	\$ 1.600.000,00	
3.2	Excavación lagunas	m <sup>3</sup>	\$ 16.000,00	70561	\$ 1.128.976.000,00	
3.3	Formación y compactación del terraplén	m <sup>3</sup>	\$ 16.000,00	70561	\$ 1.128.976.000,00	
3.4	Nivelación del fondo de la laguna	m <sup>2</sup>	\$ 1.200,00	65936	\$ 79.123.200,00	
3.5	Excavación de tuberías	m <sup>3</sup>	\$ 1.000,00	0,39	\$ 390,00	
<b>4</b>	<b>Impermeabilización</b>					<b>\$ 19.632.000,00</b>
4.1	Membrana de polipropileno 0,75 mm impermeabilizante	m <sup>2</sup>	\$ 1.300,00	5128	\$ 6.666.400,00	
4.2	Membrana de polipropileno 0,75 mm cobertura	m <sup>2</sup>	\$ 1.300,00	4688	\$ 6.094.400,00	
4.3	Colocación de membrana	m <sup>2</sup>	\$ 700,00	9816	\$ 6.871.200,00	
<b>5</b>	<b>Elementos adicionales</b>					<b>\$ 160.000,00</b>
5.1	Ladrillos caseta	u	\$ 60,00	1000	\$ 60.000,00	
5.2	Aberturas caseta	u	\$ 25.000,00	4	\$ 100.000,00	
<b>6</b>	<b>Herrería y soldadura</b>					<b>\$ 40.000,00</b>
6.1	Rejas de 8 barras de 30 mm de diametro a 40°	u	\$ 20.000,00	2	\$ 40.000,00	
<b>7</b>	<b>Instalación eléctrica</b>					<b>\$ 3.900.000,00</b>
7.1	Tendido eléctrico lineal	m	\$ 1.000,00	1500	\$ 1.500.000,00	
7.2	Artefactos de iluminación	u	\$ 30.000,00	80	\$ 2.400.000,00	
<b>8</b>	<b>Cañerías y accesorios</b>					<b>\$ 115.792,00</b>
8.1	Cañería de PVC DN 90 x 6 m	u	\$ 8.110,00	3	\$ 24.330,00	
8.2	Cañería de PVC DN 75 x 6 m	u	\$ 13.520,00	5	\$ 67.600,00	
8.3	Codo de 45° estándar	u	\$ 133,00	14	\$ 1.862,00	
8.4	Válvula de compuerta	u	\$ 11.000,00	2	\$ 22.000,00	
8.5	Válvula de globo	u	9500	5	\$ 47.500,00	
<b>9</b>	<b>Unidades y equipamiento</b>					<b>\$ 2.650.000,00</b>
9.1	Tamiz RJ-600	u	\$ 900.000,00	1	\$ 900.000,00	
9.2	Bomba Grundfos DPK.15.80.55.5.0E	u	\$ 250.000,00	1	\$ 250.000,00	
9.3	Hormigón rejas	m <sup>3</sup>	\$ 10.000,00	150	\$ 1.500.000,00	
<b>10</b>	<b>Honorarios</b>					<b>\$ 17.500.000,00</b>
10.1	Proyecto de Ingeniería básica		\$ 5.000.000,00		\$ 5.000.000,00	
10.2	Proyecto de Ingeniería en detalle		\$ 8.000.000,00		\$ 8.000.000,00	
10.3	Dirección de obra		\$ 700.000,00		\$ 700.000,00	
10.4	Ingeniero civil		\$ 3.000.000,00		\$ 3.000.000,00	
10.5	Licencias, permisos y seguros		\$ 800.000,00		\$ 800.000,00	
<b>11</b>	<b>Puesta en marcha</b>					<b>\$ 630.000,00</b>
11.1	Puesta en marcha del proyecto		\$ 230.000,00		\$ 230.000,00	
11.2	Revisión y ajustes		\$ 400.000,00		\$ 400.000,00	
						<b>USD</b>
	<b>Costo TOTAL Neto</b>				<b>\$ 2.529.078.882,00</b>	<b>\$12.336.970,16</b>
	<b>TOTAL estimado (AIU)</b>				<b>\$ 3.161.348.602,50</b>	<b>\$15.421.212,70</b>

Al haber escogido un tren de lagunas como alternativa de tratamiento, la mayor parte de la inversión inicial es destinada a la excavación y al movimiento de suelos. Esto quiere decir un leve aumento de precio en los insumos necesarios para este apartado puede verse reflejado como una suba muy grande del costo total de la inversión inicial. La preparación del terreno y la impermeabilización del mismo son otros dos factores que hacen aumentar el costo de esta alternativa. Para la impermeabilización se discriminó entre la geomembrana utilizada para tapizar paredes y fondo de las lagunas anaeróbicas y facultativas, de la geomembrana utilizada para cubrir la laguna anaeróbica para evitar la liberación de gases y la generación de malos olores.

Los costos unitarios se obtuvieron de distintas fuentes, ya sea de catálogos de proveedores, proyectos similares contemporáneos o de páginas de internet. Las mismas fuentes se utilizaron para tomar una referencia y poder fijar el valor de los honorarios.

De esta forma se obtiene un costo de inversión inicial de \$ 3.161.348.602,50.- (PESOS TRES MIL CIENTO SESENTA Y UN MILLONES TRESCIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS DOS CON CINCUENTA CENTAVOS) o USD 15.421.212,70.-

## **b) Operación y mantenimiento**

Se considera costo de operación y mantenimiento a los costos relacionados al correcto funcionamiento de la planta de tratamiento. Entre los principales costos de operación y mantenimiento se destacan el consumo eléctrico, los salarios del personal (mano de obra), la disposición final de los lodos generados y los gastos administrativos.

Para el cálculo de estos costos se tuvieron en cuenta el consumo eléctrico, la mano de obra, la disposición final de los lodos generados en las lagunas y costos adicionales de índole administrativa y de mantenimiento general. Los costos de operación y mantenimiento se calcularon de manera mensual, es decir, el costo total estimado es lo que se debe pagar mes a mes para el correcto mantenimiento de la planta de tratamiento. En la tabla 61 se muestra el presupuesto de los costos de operación y mantenimiento de la alternativa seleccionada.

Para los costos relacionados al consumo eléctrico, se consideraron los referidos al sistema de bombeo únicamente. Si bien el diseño contempla dos bombas, una es a modo de repuesto, por lo que para el cálculo del costo sólo se considerará una bomba. La bomba seleccionada para esta alternativa es la bomba sumergible DPK.15.80.55.5.0E del proveedor Grundfos. Esta bomba

requiere una potencia de 0,8 kW y debe trabajar continuamente para mantener la planta en constante funcionamiento. Es por esto que la bomba genera un consumo de 576 kWh.

Los costos se separaron en fijos y variables, y el valor de estos se tomó de la resolución 288/22 de la provincia de Río Negro, en la sección de tarifas para medianas a grandes demandas. Si bien la planta de tratamiento no califica como un gran consumo, se tuvo en cuenta el consumo de todo el criadero – matadero para determinar la envergadura de la empresa.

Para calcular los costos relacionados a la mano de obra, se consideró necesario contar con un ingeniero ambiental, un técnico químico, operarios y empleados administrativos. En el presupuesto presentado en la tabla 61, se toma en cuenta un único empleado ocupando ese puesto, sin embargo, la empresa puede optar por tener más de un empleado cubriendo esa posición.

Para los costos relacionados a la disposición final de los lodos se tuvo en cuenta la cantidad de lodos generados en el pretratamiento y el generado por las lagunas anaeróbicas y facultativas. Estos lodos se acumularán en un tanque y se los entregará a una empresa encargada de su transporte, tratamiento y disposición final. Este servicio se utilizará de manera semanal.

Para los costos adicionales se estimó que representan un 20% del valor total de los costos de operación y estos costos incluyen el mantenimiento general y los costos legales que puedan presentarse. Asimismo, se contempla un “Costo Extra” para prever costos de reparación o mantenimiento que requiera la planta de tratamiento.

**Tabla 61:** Presupuesto de operación y mantenimiento del proyecto.

Item	Descripción del costo de operación y mantenimiento	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Costo subtotal	Costo total	
<b>1</b>	<b>Consumo eléctrico</b>					<b>\$ 753.587,00</b>	
1.1	Consumo fijo	\$/mes	\$ 4.787,00		\$ 4.787,00		
1.2	Cargo uso de red (Consumo variable)	\$/kWh	\$ 1.300,00	576	\$ 748.800,00		
<b>2</b>	<b>Mano de obra</b>					<b>\$ 557.000,00</b>	
2.1	Ingeniero Ambiental		\$ 250.000,00		\$ 250.000,00		
2.2	Técnico químico		\$ 115.000,00		\$ 115.000,00		
2.3	Operario		\$ 96.000,00		\$ 96.000,00		
2.4	Administrativo		\$ 96.000,00		\$ 96.000,00		
<b>3</b>	<b>Lodos</b>					<b>\$ 21.420.000,00</b>	
3.1	Disposición final (Pretratamiento)	kg/mes	\$ 60,00	4200	\$ 252.000,00		
3.2	Disposición final (Lagunas)	kg/mes	\$ 60,00	352800	\$ 21.168.000,00		
<b>4</b>	<b>Otros costos</b>					<b>\$ 3.050.000,00</b>	
4.1	Administrativos y legales		\$ 550.000,00		\$ 550.000,00		
4.2	Mantenimiento general		\$ 1.500.000,00		\$ 1.500.000,00		
4.3	Extras		\$ 1.000.000,00		\$ 1.000.000,00		
						<b>USD</b>	
<b>Costo TOTAL Neto</b>						\$ 25.780.587,00	\$125.758,96
<b>TOTAL estimado (AIU)</b>						\$ 32.225.733,75	\$157.198,70

De esta forma se obtiene un costo de operación y mantenimiento mensual de \$ 32.225.733,75.- (PESOS TREINTA Y DOS MILLONES DOSCIENTOS VEINTICINCO MIL SETECIENTOS TREINTA Y TRES CON SETENTA Y CINCO CENTAVOS) o USD 157.198,70.-, lo que representa un costo de anual de \$ 386.708.805,00.- (PESOS TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS MILLONES SETECIENTOS OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCO) o USD 1.886.384,41.-

### **c) Sistema de financiamiento**

Dado que el proyecto es una extensión muy grande, es necesario contar con un sistema de financiamiento que permita implementarlo en el menor plazo posible. Entre los organismos y programas de financiamiento disponibles en el año 2023, se encuentra la posibilidad de solicitar un crédito en el Banco Nación (BNA) en el marco de un proyecto estratégico [46]. Este beneficio está dirigido a medianas y grandes empresas que busquen implementar proyectos relacionados con impacto en exportaciones/sustitución de importaciones, incorporación de empleo, incorporación de tecnología, I+D, desarrollo de proveedores locales, perspectiva de género, impacto local y/o regional, el cuidado del medioambiente/la incorporación o impulso a energías renovables.

El BNA otorga créditos desde \$70.000.000 hasta \$1.000.000.000 con garantía determinada por la calificación crediticia. Se otorga hasta el 100% de lo solicitado. El plazo otorgado es de hasta 7 años, incluido el período de gracia, que es de 2 años. La tasa de interés está bonificada por el FONDEP (Fondo Nacional de Desarrollo Productivo) en un 10% nominal anual en pesos. Se va a financiar hasta el 80% del proyecto presentado. El 20% restante será financiado por la empresa beneficiaria del crédito.

El presente proyecto cumple con la gran mayoría de los requisitos solicitados para ser elegible para obtener el financiamiento por proyecto estratégico del BNA. Es por esto que se sugiere aplicar a este programa, demostrando la viabilidad del proyecto y presentando la documentación necesaria en tiempo y forma.

## **7. Estudio de impacto ambiental**

### **a) Introducción**

#### **i. Objetivos y alcances**

La presente Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) tiene como objetivo identificar, cuantificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que genere la construcción y la operación de la planta de tratamiento de efluentes para un Criadero-Matadero Ovino ubicado en la provincia de Río Negro, sobre el ambiente, en el corto, mediano y largo plazo, previo a la toma de decisión sobre su ejecución. Este documento permite una toma de decisión informada por parte de la autoridad ambiental competente respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental, ya que este documento es de alcance general.

#### **ii. Metodología**

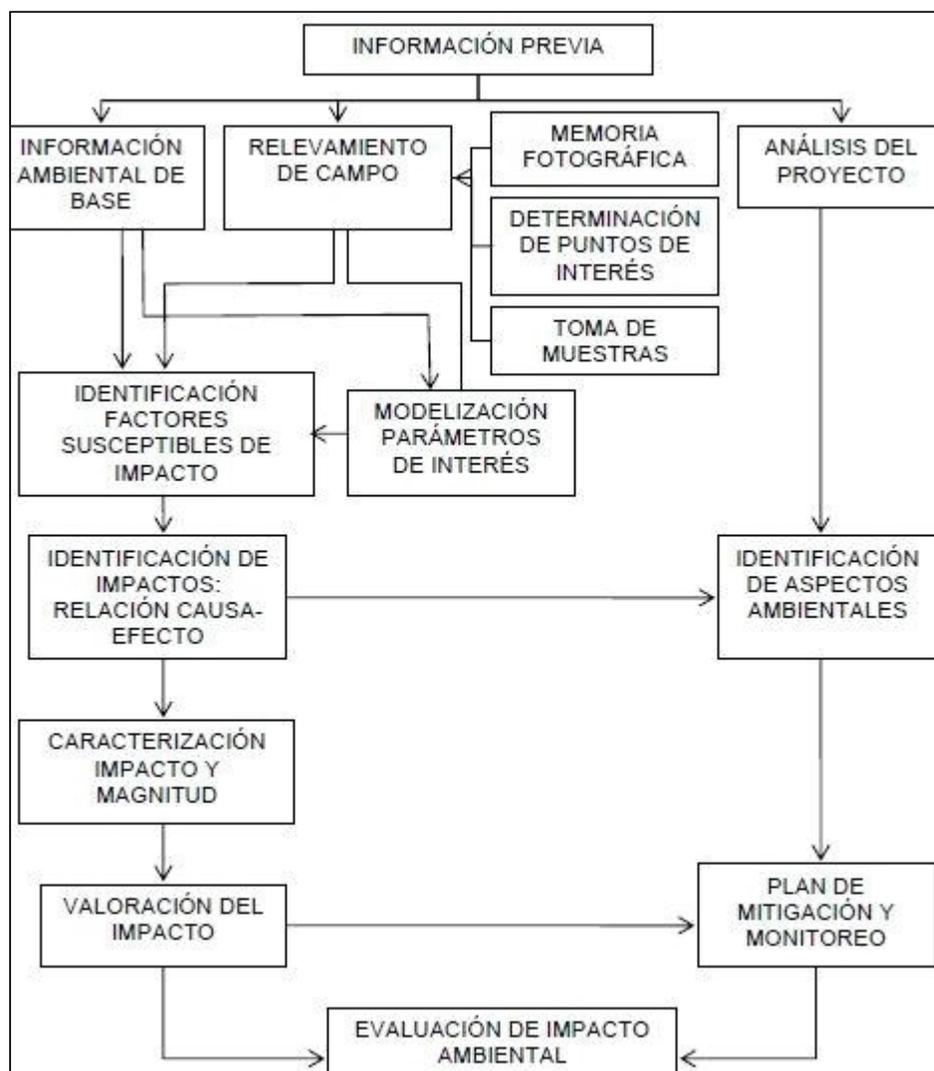
Para llevar a cabo el estudio, se desarrollan las siguientes acciones:

1. Recopilación de bibliografía y procesamiento de la información existente.
2. Caracterización de las líneas de base fisicoquímica, biológica y socioeconómica.
3. Identificación y valoración de los Impactos Ambientales.
4. Propuesta de medidas mitigatorias y/o correctivas.
5. Realización y edición del presente documento.

Se realizó un relevamiento y análisis de la información ambiental existente para la región de estudio, a fin de desarrollar la caracterización ambiental de la misma, definiendo el área de influencia directa e indirecta.

Analizada la información, se identificaron y analizaron los potenciales impactos ambientales positivos y negativos. Se realizó una Matriz de Impacto Ambiental donde se consideraron los distintos componentes ambientales y las principales acciones del proyecto. Una vez

identificados y evaluados los posibles impactos ambientales, se confeccionó el Plan de Gestión Ambiental (PGA), donde se definieron las medidas de protección ambiental tendientes a proteger la calidad ambiental del área del proyecto. En la figura 31, se muestra un diagrama de flujo del armado de la evaluación de impacto ambiental.



**Figura 31:** Diagrama de flujo del armado de la evaluación de impacto ambiental. Fuente: EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL C.T. CAPITÁN SARMIENTO.

### iii. Legislación aplicable

A continuación, se muestra la legislación aplicable al caso de estudio:

#### Leyes Supranacionales

- ✓ Ley N°24.375: CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA
- ✓ Ley N°25.438: PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

#### Leyes Nacionales

- ✓ CONSTITUCIÓN NACIONAL:
  - Artículo N° 41
  - Artículo N° 43
  - Artículo N° 124
- ✓ Ley N° 25.675: PRESUPUESTOS MÍNIMOS PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE
- ✓ Ley N° 25.743: PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO Y ARQUEOLÓGICO
- ✓ Ley N° 25.688: GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS
- ✓ Ley N°25.612: GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES Y ACTIVIDADES DE SERVICIOS
- ✓ Ley N° 24.375: FLORA Y FAUNA
- ✓ Ley N° 24.557: LEY DE RIESGOS DEL TRABAJO y Dec. N° 170/95
- ✓ Ley N° 24.051: RESIDUOS PELIGROSOS y Dec. N° 831/93
- ✓ Ley N° 22.421: PROTECCIÓN DE FAUNA SILVESTRE
- ✓ Ley N° 20.284: PRESERVACIÓN DEL RECURSO AIRE
- ✓ Ley N° 13.273: RIQUEZA FORESTAL
- ✓ Ley N° 25.916: GESTIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS
- ✓ Ley N° 26.331: PRESUPUESTOS MÍNIMOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS BOSQUES NATIVOS
- ✓ Ley N° 25.080: LEY DE INVERSIONES PARA BOSQUES CULTIVADOS

- ✓ Ley N° 25.335: ENMIENDA A LA CONVENCION SOBRE LOS HUMEDALES
- ✓ Ley N° 27.520: LEY DE PRESUPUESTOS MINIMOS DE ADAPTACION Y MITIGACION AL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL
- ✓ Ley N° 22.428: FOMENTO A LA CONSERVACION DE LOS SUELOS

#### Leyes Provinciales

- ✓ Ley N° 3.266/99 (Modificada por ley N° 3335/99). Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Decretos Reglamentarios N° 1224/02 y N° 656/04
- ✓ Ley N° 3.335/99. Evaluación del impacto ambiental – Procedimiento – Autoridad de aplicación – Infracciones y sanciones – Modificación de la ley N° 3.266
- ✓ Ley N° 2.342/89. Pautas para prevenir efectos degradativos del medio ambiente
- ✓ Ley N° 2.631/90. Declara de interés social y económico los principios del Desarrollo Sustentable
- ✓ Ley N° 2.517/92. Carta ambiental de la Provincia de Río Negro
- ✓ Ley N° 2.391/90. Control de calidad y protección de los recursos hídricos provinciales. Decreto Reglamentario N° 1894/91
- ✓ Resolución SRNyAH N° 243/93. Normas para vertidos de establecimientos industriales alcanzados por el Decreto Nacional N° 674/89 que contengan sustancias peligrosas de naturaleza ecotóxicas
- ✓ Ley N° 2.952/95. Código de Aguas. Decreto reglamentario N° 218/97
- ✓ Ley N° 3.183. Marco regulatorio para la prestación de los servicios de agua potable, desagües cloacales, riego y drenaje en la Provincia de Río Negro

- ✓ Resolución N° 885/15. Efluentes industriales. Inscripción. Parámetros de calidad y límites permitidos de vuelco. Muestreos y análisis.  
Traslado y disposición
- ✓ Ley N° 1.556. Fomento de la Conservación de Suelos. Adhesión a la Ley Nacional N° 22.428
- ✓ Ley N° 2.056/85. Ley de Fauna Silvestre. Decreto reglamentario N° 633/86
- ✓ Ley N° 2.600/93. Preservación del patrimonio y los recursos genéticos, acuáticos, terrestres y aéreos originados en territorio rionegrino
- ✓ Ley N° 3.702/02. Preservación, conservación, defensa y aprovechamiento de especies vegetales medicinales, aromáticas y biodinámicas nativas no implantadas
- ✓ Ley N° 2.599/93. Residuos patológicos o contaminantes. Decreto Reglamentario N° 971/06
- ✓ Ley N° 3.250/98. Regulación de todas las etapas de gestión de los residuos especiales
- ✓ Ley N° 2.472/85. Prohíbe el ingreso, transporte, transbordo, traslado o almacenamiento de residuos radioactivos y de desechos tóxicos de origen industrial, químico o biológico
- ✓ Ley N° 5.491 – Objetivos y procedimientos de protección ambiental aplicables a la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)
- ✓ Ley N° 2.951/95. Utilización, protección y aprovechamiento de la zona costera de la Provincia
- ✓ Ley N° 3.333/99. Recursos naturales en tierras de dominio público o privado. Prohibiciones
- ✓ Ley N° 4.552/10. Conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques nativos. Reglamentación de la Ley Nacional N° 26331
- ✓ Ley N° 2.669/93. Sistema provincial de Áreas Naturales Protegidas

#### **iv. Entidades consultadas**

Para la confección de este documento se consultaron a las siguientes entidades:

- ✓ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC)
- ✓ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
- ✓ Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de la Nación
- ✓ Secretaría de Medio ambiente y Cambio Climático de la provincia de Río Negro
- ✓ Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación
- ✓ Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
- ✓ Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- ✓ Organismo Provincial para el Desarrollo sostenible (OPDS)
- ✓ Gobierno de la Provincia de Río Negro
- ✓ Sistema de Información Ambiental Nacional
- ✓ Sistema Federal de Áreas Protegidas
- ✓ Agua y Saneamientos Argentinos (AySA)

## **b) Datos generales**

### **i. Organismo ambiental provincial**

Nombre: Secretaría de Medio ambiente y Cambio Climático de la provincia de Río Negro

Dirección Legal: Colón 275 3º piso (8500), Viedma, Provincia de Río Negro

Teléfono: (02920) 423391

E-mail: [dmigani@ambiente.rionegro.gov.ar](mailto:dmigani@ambiente.rionegro.gov.ar)

### **ii. Responsable técnico del proyecto**

Arq. Agustina López (DNI: 39.415.332)

Dirección: Roosevelt 4336 2 D, CABA, Buenos Aires, Argentina.

Teléfono: +54 11-2287-7211

E-mail: [lopez.agustinapi@gmail.com](mailto:lopez.agustinapi@gmail.com)

### **iii. Responsable de la elaboración del documento EIA**

Ing. Nicolás Rotella (DNI: 39.461.514)

Dirección: Virrey Arredondo 2437 PB B, CABA, Buenos Aires, Argentina.

Teléfono: +54 11-5930-5382

E-mail: [nicomartinrote@gmail.com](mailto:nicomartinrote@gmail.com)

## **c) Descripción del proyecto**

### **i. Descripción general del proyecto**

El presente proyecto consiste en la construcción de una planta de tratamiento de efluentes líquidos, la cual se compone de un sistema de rejillas, un tamiz, un sistema de bombeo, dos lagunas anaeróbicas, tres lagunas facultativas y una laguna de maduración, dispuestos en serie.

Este proyecto se ubicará dentro del predio de un criadero - matadero de ovejas, cercano a la localidad de Pilcaniyeu, provincia de Río Negro.

La superficie total del predio es 515 ha, contando con 100 ha cubiertas y 415 ha descubiertas. El criadero – matadero cuenta con 8000 ovejas de la raza Hampshire Down, ya que esta es una raza que sólo se destina a producción de carne.

El objetivo de este proyecto es establecer un sistema de tratamiento óptimo y económicamente viable para los efluentes líquidos generados por un criadero – matadero de ovejas, para lograr disminuir sus valores de contaminación y establecerlos por debajo de los niveles máximos dispuestos por la Resolución N°885/15 de Río Negro para ser volcados en el río Pilcaniyeu, protegiendo la salud privada, pública y la preservación del medio ambiente.

Este proyecto es capaz de tratar 293 m<sup>3</sup> diarios, ya que el establecimiento planea un aumento de producción del 25 %. Se estima una vida útil del proyecto de 20 años.

## ii. Localización

El proyecto se emplazará dentro de un criadero – matadero de ovejas, ubicado en el departamento Pilcaniyeu en la provincia de Río Negro, Argentina. Este se encuentra a 2 km al sur de la localidad de Pilcaniyeu, pudiéndose ingresar desde la Ruta Nacional N°23.

El criadero – matadero está compuesto por 515 ha, de las cuales 100 ha están cubiertas para ser usadas como corrales, matadero y frigorífico. Se muestra en la figura 32 la delimitación del predio con un polígono rojo.



Figura 32: Predio del criadero – matadero. Fuente: Composición cartográfica de producción personal realizada con Google Earth.

### iii. **Determinación del área de influencia**

El presente proyecto prevé su impacto e incidencia en diferentes áreas que resultarán mayor o menormente impactadas. El área de influencia se define como el espacio receptor de los impactos positivos y negativos e incluye los riesgos que generará el proyecto a desarrollar en cada una de sus etapas. Es el territorio donde se espera que se manifiesten los distintos impactos del proyecto sobre el medio ambiente en general o sobre alguno de sus componentes (naturales, sociales o económicos). La misma consta de un área de influencia directa (AID) y otra indirecta (AI).

- ✓ Área de Influencia Directa: El AID es la zona puntual en donde se desarrolla el proyecto considerando un margen determinado por factores ambientales. Allí se manifiestan significativamente los

impactos directos sobre el medio natural o antrópico. Está directamente relacionada con el tipo de proyecto, sus usos y explotaciones y su infraestructura asociada.

Se deberá evaluar, dentro del estudio de impacto ambiental, el suelo, el agua, el aire y la población contemplados dentro de esta AID, para ver en qué medida y de qué forma son afectados por las actividades ligadas a las distintas etapas del proyecto en estudio. Las actividades pueden clasificarse según si son de construcción o de operación. Dentro de las principales actividades constructivas se debe considerar el territorio tanto de las obras principales como de las complementarias. En la etapa operativa se contempla el territorio en el que se presentan los efectos sobre el ambiente debido al funcionamiento del sistema. Incluye los efectos derivados del uso de: caminos y accesos, pistas de servicio, áreas de maniobra de máquinas y equipos, depósitos de residuos y, de ser necesarios, sectores de provisión de recursos.

A los fines del presente estudio de impacto ambiental se define que el AID abarca un radio de 50 km en torno al predio donde será construido el tren de lagunas (Figura 33).



#### **iv. Etapas de construcción y etapa de operación y mantenimiento**

##### ***Etapa de construcción***

Durante esta etapa se contemplan el montaje del obrador y la construcción de la planta de tratamiento. Para el montaje del obrador se contemplan la implantación del obrador, el uso de equipo y maquinaria pesada, el movimiento de vehículos y personal, el acopio y utilización de materiales, el depósito, el derrame accidental de efluente líquido, el desmantelado del obrador. Para la construcción de la planta de tratamiento se contemplan el desmonte, la excavación y la nivelación, la realización de excavaciones y taludes, la nivelación y compactación del terreno excavado, la impermeabilización del terreno, el uso de equipo y maquinaria pesada, el movimiento de vehículos y personal y la forestación. Para esta etapa se estima un lapso de 12 meses, en el que se estará utilizando maquinaria pesada de forma continua.

##### ***Etapa de operación y mantenimiento***

Durante esta etapa se contemplan la operación de la planta de tratamiento y su mantenimiento. Para la operación de la planta de tratamiento se contemplan, la puesta en marcha, el funcionamiento, el control y monitoreo de afluentes y efluentes, la generación de emisiones gaseosas, la generación de efluentes líquidos y el control y monitoreo del suelo. Para el manteniendo de la planta de tratamiento se contemplan el mantenimiento de dispositivos, la limpieza (donde se generan los residuos sólidos), el revestimiento de taludes y el mantenimiento de alambrado perimetral. Esta etapa tendrá la duración prevista para la vida útil del proyecto, 20 años.

El manteniendo también contempla la construcción de un segundo tren de tratamiento. Este tren deberá implementarse diez años después de

que comience a funcionar el primer tren de tratamiento. Una vez que el segundo tren se colmate, se realizará la excavación del primer tren. De esta forma se irá alternando entre ambos trenes durante toda la vida útil del criadero - matadero de ovejas.

#### **d) Línea de base ambiental**

En esta sección se muestran las características ambientales del área de influencia del proyecto. La línea de base ambiental describe el área de influencia del proyecto o actividad, a objeto de evaluar posteriormente los impactos que, pudieren generarse o presentarse sobre los elementos del medio ambiente [47].

Para este análisis se subdividió al medio ambiente en un medio físico, un medio biológico y un medio socioeconómico, para poder identificar los componentes de estos medios que pueden ser potencialmente afectados por el proyecto.

##### **i. Medio físico**

La línea base ambiental del medio físico incluye la caracterización y análisis del clima, la geología, la geomorfología, la hidrogeología, la hidrología y la edafología. Asimismo, se consideran niveles de ruido, calidad del aire y de los recursos hídricos [47].

##### ***Meteorología***

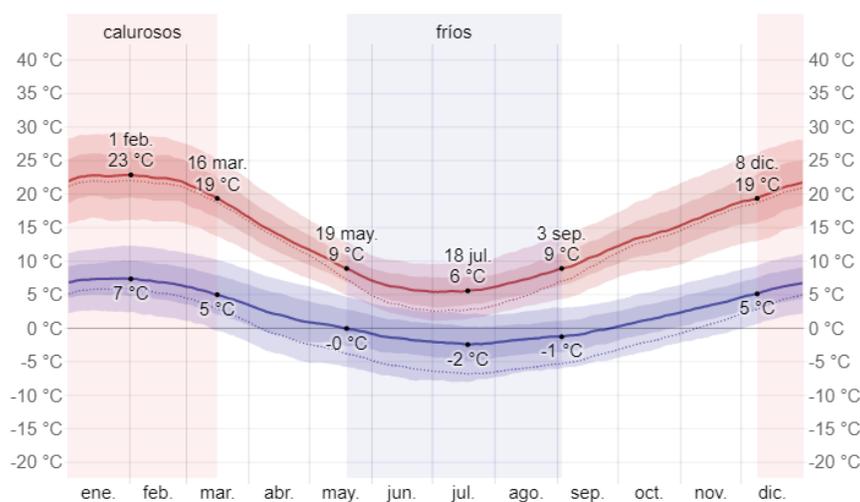
Para el análisis de la meteorología se tomaron en cuenta la temperatura, las precipitaciones, la presión atmosférica, la humedad relativa, los vientos, las heladas, la heliofanía, el balance hídrico y el tipo de clima. Los datos fueron obtenidos de diversas fuentes, las cuales se mencionan a lo largo del desarrollo de cada

## Temperatura

En Pilcaniyeu, los veranos son cómodos, secos y mayormente despejados y los inviernos son muy frío, nevados, ventosos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de  $-2^{\circ}\text{C}$  a  $23^{\circ}\text{C}$  y rara vez baja a menos de  $-8^{\circ}\text{C}$  o sube a más de  $29^{\circ}\text{C}$  [48]. En la figura 34 se muestran las curvas de temperaturas máximas y mínimas para la región de Pilcaniyeu.

La temporada templada dura 3 o 4 meses, del 8 de diciembre al 16 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de  $19^{\circ}\text{C}$ . El mes más cálido del año en Pilcaniyeu es enero, con una temperatura máxima promedio de  $23^{\circ}\text{C}$  y mínima de  $7^{\circ}\text{C}$  [48].

La temporada fría dura 3 o 4 meses, del 19 de mayo al 3 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de  $9^{\circ}\text{C}$ . El mes más frío del año en Pilcaniyeu es julio, con una temperatura mínima promedio de  $-2^{\circ}\text{C}$  y máxima de  $6^{\circ}\text{C}$  [48].



**Figura 34:** La temperatura máxima promedio diaria (línea roja) y la temperatura mínima promedio diaria (línea azul). Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Fuente: [48].

### Precipitaciones

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Pilcaniyeu varía considerablemente durante el año [48]. En la figura 35 se muestra el porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación.

La temporada más mojada dura 4 o 3 meses, de 30 de abril a 8 de septiembre, con una probabilidad de más del 22 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Pilcaniyeu es junio, con un promedio de 11,0 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación [48].

La temporada más seca dura 7 o 8 meses, del 8 de septiembre al 30 de abril. El mes con menos días mojados en Pilcaniyeu es enero, con un promedio de 2 a 4 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación [48].

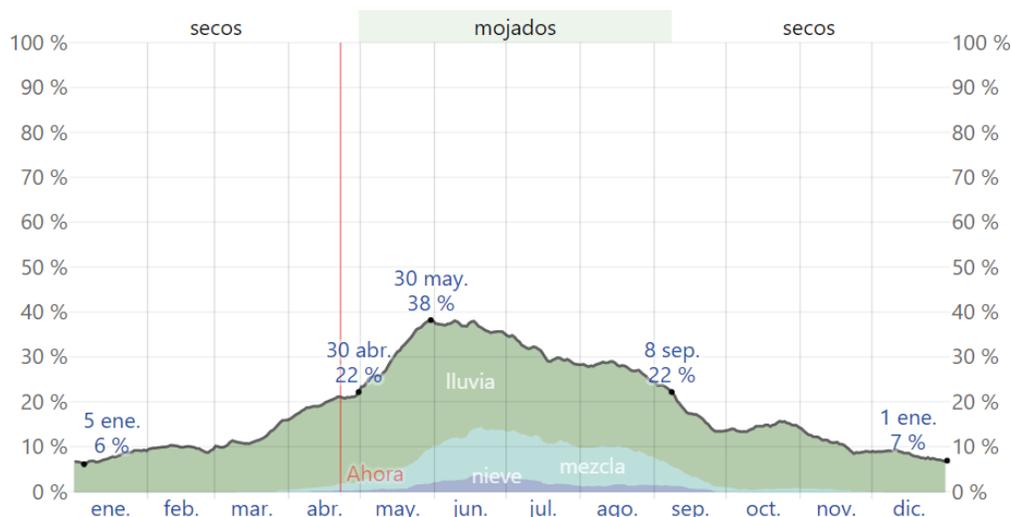
Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Pilcaniyeu es mayo, con un promedio de 7 a 9 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 29% el 24 de mayo [48].

Así como con la lluvia, se consideró la nieve acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Pilcaniyeu tiene variaciones estacionales significativas de precipitación de nieve mensual [48].

La temporada de nieve del año dura 5 meses, del 27 de abril al 26 de septiembre, con una precipitación de nieve de por lo menos 25 milímetros en un intervalo móvil de 31 días. El mes con más nieve en

Pilcaniyeu es junio, con una precipitación de nieve promedio de 188 milímetros [48].

La temporada sin nieve dura 7 meses, del 26 de septiembre al 27 de abril. Cuando menos nieve cae es el 2 de enero, con una acumulación total promedio de 0 milímetros [48].



**Figura 35:** Precipitaciones mensuales para la región de Pilcaniyeu. En verde se muestran las lluvias, en celeste las mezclas y en azul las nieves. Fuente: [48].

### Presión atmosférica

Las presiones medias máximas oscilan los 1028 hPa y las mínimas 988 hPa, siendo el valor medio anual 1009 hPa [49]. Eso se observa en la figura 36.

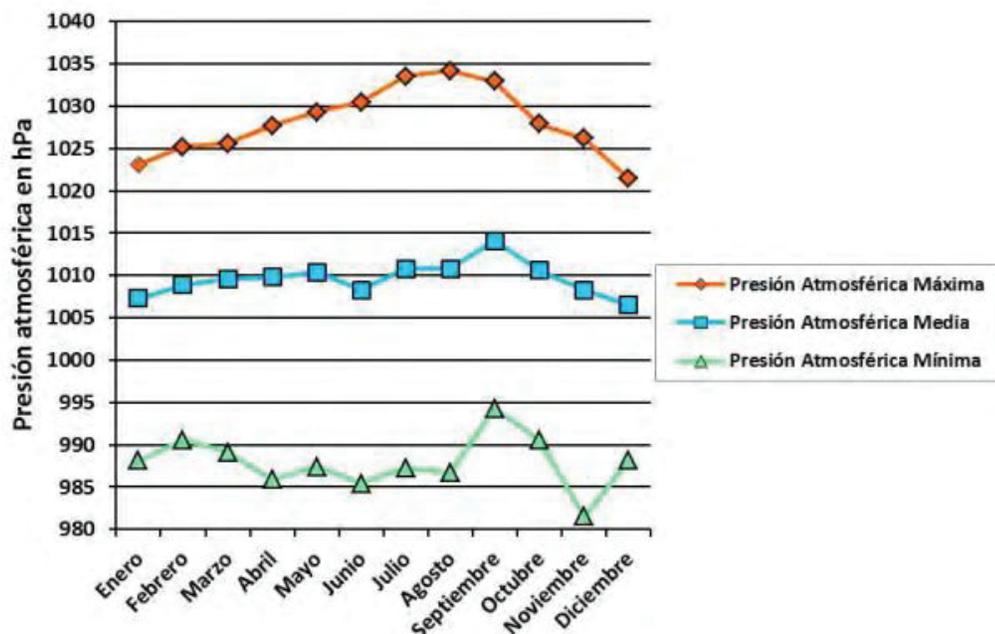


Figura 36: Presiones atmosféricas máxima, media y mínima promedio para cada mes del año. Fuente: [49].

### Humedad relativa

Se basó el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda [48].

El nivel de humedad percibido en Pilcaniyeu, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0% [48].

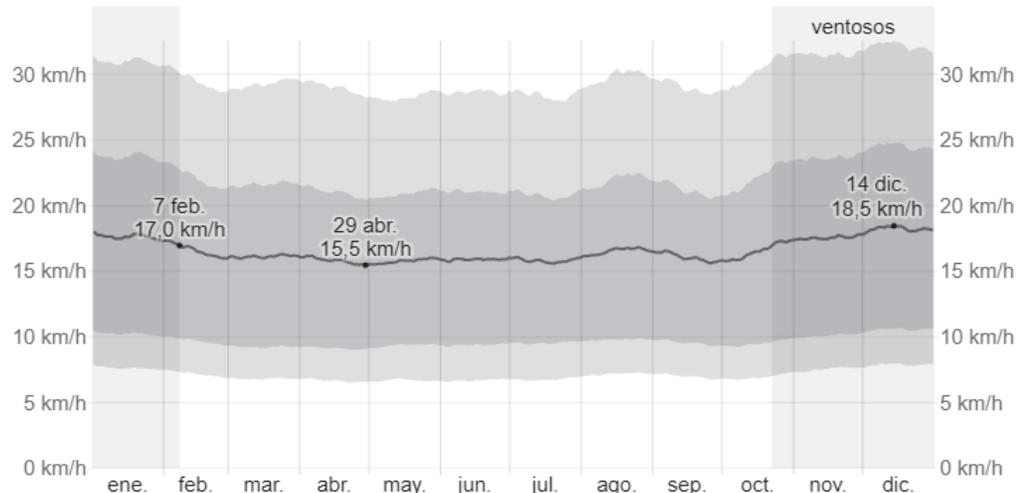
## Vientos

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora [48].

La velocidad promedio del viento por hora en Pilcaniyeu tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año [48] (Figura 37).

La parte más ventosa del año dura 3 o 4 meses, del 22 de octubre al 7 de febrero, con velocidades promedio del viento de más de 17,0 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Pilcaniyeu es diciembre, con vientos a una velocidad promedio de 18,2 kilómetros por hora [48].

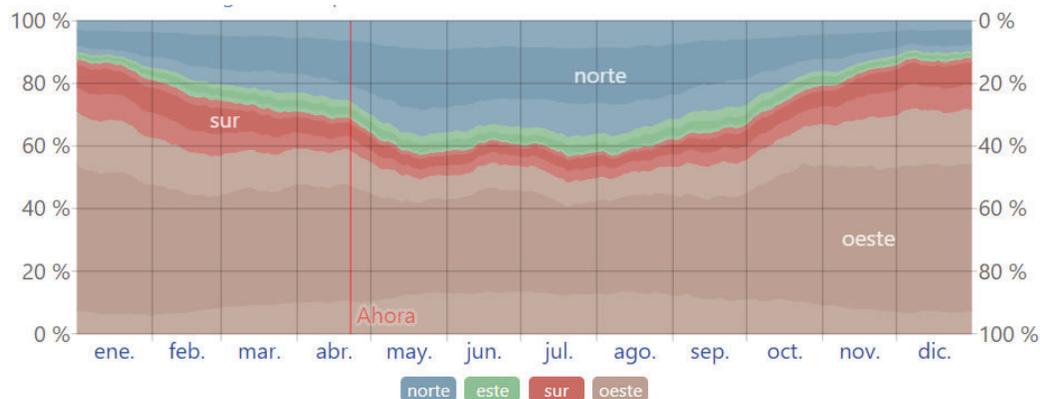
El tiempo más calmado del año dura 8,5 meses, del 7 de febrero al 22 de octubre. El mes más calmado del año en Pilcaniyeu es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 15,8 kilómetros por hora.



**Figura 37:** Promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro). Fuente: [48].

### Dirección de los vientos

La dirección del viento promedio por hora predominante en Pilcaniyeu es del oeste durante el año [48]. En la figura 38 se observa las horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales.



**Figura 38:** Porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

Fuente: [48].

### Heladas

Este fenómeno meteorológico presenta alta frecuencia promedio, registrándose en toda la provincia y en ocasiones resulta sumamente perjudicial para la agricultura y también para la ganadería en plena época invernal.

### Heliofanía

La duración del día en Pilcaniyeu varía considerablemente durante el año. En 2023, el día más corto es el 21 de junio, con 9 horas y 13

minutos de luz natural; el día más largo es el 22 de diciembre, con 15 horas y 9 minutos de luz natural [48].

La salida del sol más temprana es a las 06:03 el 9 de diciembre, y la salida del sol más tardía es 3 horas y 5 minutos más tarde a las 09:09 el 28 de junio. La puesta del sol más temprana es a las 18:20 el 14 de junio, y la puesta del sol más tardía es 2 horas y 59 minutos más tarde a las 21:18 el 3 de enero [48].

En Pilcaniyeu, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en Pilcaniyeu comienza aproximadamente el 8 de octubre; dura 5,7 meses y se termina aproximadamente el 31 de marzo. El mes más despejado del año en Pilcaniyeu es enero, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 77% del tiempo [48].

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 31 de marzo; dura 6 o 7 meses y se termina aproximadamente el 8 de octubre. El mes más nublado del año en Pilcaniyeu es mayo, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 59% del tiempo [48].

### Balance Hídrico

Los factores que influyen en la magnitud de esta variable son los que contribuyen a entregar al suelo la energía de vaporización y capacidad de transportarla: la radiación solar, el viento según su contenido de humedad y su velocidad y, por último, la capacidad de transpirar según el tipo de vegetación y su estado de desarrollo. Su cálculo es empírico cuando se estima sobre lecturas del Tanque Evaporímetro y directo si se emplean Lisímetros.

### Tipo de clima

El clima de la región se clasifica como árido templado de las planicies con monte. Se mantienen las condiciones templadas por sus registros de temperaturas medias de 14° a 15°C. Las precipitaciones son inferiores y disminuyen hacia el interior, estando atravesada por las isohietas de 200 y 150 mm. Los vientos que dominan son los del noreste, norte y oeste de inusitada intensidad en los meses de invierno y primavera, con ráfagas que superan los 25 km/h. Hay una sensible disminución de las precipitaciones hacia el suroeste y al mantenerse elevados los valores de evapotranspiración se intensifica la deficiencia hídrica. En el ámbito de las planicies terrazadas es mayor la sequedad atmosférica y aumenta la rigurosidad de las heladas [50].

### ***Geología y geomorfología***

La topografía en un radio de 3 kilómetros de Pilcaniyeu tiene variaciones grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 175 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 990 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones grandes de altitud (676 metros). En un radio de 80 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (1.830 metros) [48].

El área en un radio de 3 kilómetros de Pilcaniyeu está cubierta de arbustos (54%), pradera (23%) y árboles (21%), en un radio de 16 kilómetros de arbustos (41%) y pradera (27%) y en un radio de 80 kilómetros de vegetación escasa (28%) y árboles (25%) [48].

La geología del área del Proyecto es sencilla, las rocas más antiguas aflorantes en la barda son las de la formación Anacleto, que se caracterizan por fangolitas de composición homogénea de vivos colores, con escasa expresión morfológica. El color predominante de las rocas es rojo ladrillo a morado, en algunos casos bandeado con verde [51].

Las fangolitas son micáceas, presentan niveles de concreciones calcáreas y geodas de calcita. En los términos inferiores se observan limolitas gris-verdosas y areniscas castaño claras formando intercalaciones delgadas, en tanto que la parte superior es exclusivamente pelítica. Sobre el camino que une la localidad de Cinco Saltos con el lago Pellegrini se encuentra muy bien expuesto el tramo superior de la formación Anacleto, cubierta por la formación Allen. En este sector, la base de la barda está formada por fangolitas de color rojo a morado, macizas y fragmentosas, con cuerpos arenosos canalizados en la parte superior, de color rojo y granulometría mediana a gruesa. Estos asomos llegan casi uniformemente hasta la localidad de Allen, donde son poco expuestos porque son tapados por derrubios modernos **[51]**.

Las facies arenosas moradas del techo de la formación Anacleto en la localidad de Allen es cubierta por la formación Allen, de color amarillento. En esta localidad, la formación Allen se compone de areniscas medianas a gruesas de color amarillento, con estratificación entrecruzada planar. Los afloramientos ubicados en la barda, corresponden a la sección media y superior de la formación Allen. Constan de pelitas de color gris verdoso, calizas estromatolíticas delgadas y yeso nodular, con un espesor aflorante de 10 m como máximo **[51]**.

La sección superior de la barda está compuesta por los Depósitos de la Antigua Planicie Aluvial. Son conglomerados poco cementados, con clastos que en algunos casos alcanzan los 5 a 7 cm de diámetro, en los que se reconocen rodados bien pulidos de rocas provenientes de la Cordillera Principal, al oeste de esta región. En algunos sectores se encuentran cementados por carbonato de calcio. Son comunes asimismo restos de troncos fosilizados y clastos de basaltos de hasta 5 cm de diámetro **[51]**.

Un rasgo saliente de los Depósitos de la Antigua Planicie Aluvial es la presencia de paleocauces anastomosados. El espesor máximo de esta unidad es de 15 m y es adjudicada al Pleistoceno inferior [51].

Por último, la locación de los RSU está caracterizada por la presencia de los depósitos que cubren superficies de los flancos de la barda, compuestos por conglomerados, gravas y arenas. Estos depósitos se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de la barda y se destacan por su importancia en el modelado del paisaje de la región considerada [51].

Forman pendientes homogéneamente inclinadas hacia sus respectivos niveles de base del río Negro bordeando la Antigua Planicie Aluvial, desarrollados preferentemente sobre sedimentitas cretácicas y terciarias. Los mismos están cubiertos por delgados depósitos aluvio – coluviales, apareciendo en numerosos casos disectados por profundos y angostos cañadones como los de la red de drenaje en el área de los RSU [51].

En términos de la geomorfología, las geoformas presentes en el valle del río Negro presentan características propias y distintivas del resto de la comarca. El cauce actual del río Negro está establecido por debajo de los niveles superiores de la planicie aluvial antigua. A ambos lados del curso actual del río se desarrollaron niveles de terraza aluviales ubicados a pocos metros sobre el fondo del valle, todavía pueden ser reconocidos como tales a pesar de que la acción antrópica ha eliminado en gran parte sus características originales [51].

Hacia niveles de mayor altura topográfica se reconocen depósitos de Terrazas que están circunscriptos al recorrido del mismo del río, adosadas lateralmente al valle, aunque en forma discontinua, indicando las veces que el citado río ha sido afectado en sus condiciones de equilibrio [51].

El valle del río Negro muestra un control estructural, de rumbo noroeste-sudeste. El desnivel entre la Antigua Planicie Aluvial, tanto al norte como al sur del mismo alcanza unos 150 metros [51].

Al norte de la localidad de Allen en la parte alta de la meseta, se dispone la Antigua Planicie Aluvial, la que continúa descendiendo lateralmente en forma gradual hasta el valle del río Negro. Es una superficie amplia donde se acumularon depósitos clásticos relacionados con la historia del río Negro debida al englazamiento producido durante el Pleistoceno [51].

El río Negro cavo su valle sobre esta superficie alta, hasta alcanzar su perfil actual erosionando verticalmente la Antigua Planicie Aluvial. Las laderas del valle al norte de la localidad de Allen muestran diferentes escalones de esta actividad y también procesos de deslizamiento de niveles poco consolidados. El material que formaba la Planicie se ha ido erosionando por la implantación de una red de drenaje poco integrada que recolecta las aguas pluviales, las que en esta zona son escasas [51].

Sobre esta última unidad morfológica descrita se dispone el predio de disposición de los RSU. En el sector basal de la pendiente lateral, donde se encuentran las Terrazas, los materiales en tránsito movilizados por el gradiente de inclinación del plano erosivo, cubren sedimentitas rojas del Grupo Neuquén. El espesor de estos materiales en algunos casos es de pocos metros, encontrándose por debajo los sedimentos rojos del Cretácico y Terciario [51].

La superficie inclinada a partir del sector alto de la barda, constituye una superficie de pedimentación con nivel de base en el río Negro, la que bisela a las sedimentitas del Grupo Malargüe (formación Allen) la escarpa de erosión al pie de la cual se desarrollan está determinada por niveles resistentes de la formación Roca, generando una divisoria de pedimentos donde se exponen niveles de yeso de la Formación Allen [51].

## ***Edafología***

Los suelos de este sector del valle del río Neuquén son típicamente suelos aluvionales, la textura puede variar entre arenosa y franco-limosa, con escaso contenido de materia orgánica, la velocidad de infiltración va entre media a alta. El perfil es de un suelo profundo y escaso proceso de edificación relacionado a las condiciones climáticas de aridez a semiáridas que prevalecen en la zona [51].

El material de origen de los suelos es de tipo aluvial, mientras que cuenta con la participación en menor grado con aquellos sedimentos finos depositados por el viento, que se intercalan con los materiales originarios. Estos materiales presentan características propias de los suelos de la región. El alto contenido salino del material originario, se observa en parte de la actual salinidad de los suelos. Por otro lado, los sedimentos clásticos gruesos permiten un buen drenaje y permeabilidad en los sectores superficiales, característica positiva para el escurrimiento de las aguas pluviales en la Planta, ya que parte del agua se insume con rapidez en el suelo. La diferenciación a nivel de Grupo, en el Orden Entisoles, se da en función de las condiciones climáticas, por lo tanto, en estas zonas más cálidas se hallan los del Subgrupo Torrifluventes [51].

En el sector del área bajo estudio, predominan los suelos del Orden Entisoles, que agrupa a los suelos con muy bajo grado de desarrollo edáfico y sin que se observen los horizontes diferenciados. En algunos casos se puede observar un horizonte superficial A, con escasa proporción de materia orgánica. En general se localizan en las áreas donde prevalece una movilidad de materiales recientemente depositados, partiendo de las características propias de los materiales originarios [51].

En el sector de la Planta de Separación, predominan los suelos del Suborden Torrifluvente típicos, subordinados a tierras misceláneas formadas por depósitos fluviales de granulometría variada: como bloques, guijarros, rodados, arenas y limos de reciente disposición. Los

suelos son esqueléticos, someros o poco profundos, de texturas variadas que van desde gravosos a franco limosos, frecuentemente poco consistentes y desarrollados sobre materiales gruesos con matriz arenosa a franco-limosa [51].

Tienen desarrollo edáfico muy débil; en la parte superior y sólo en áreas con vegetación arbustiva como la que prevalece en este sector del valle del Río Neuquén, se insinúa un epipedón ócrico; característico de todo horizonte superficial que no cumpla con los requerimientos exigidos para los demás epipedones, no se observan horizontes diagnósticos sub superficiales [51].

## ***Hidrología e hidrogeología***

### Aguas superficiales

Los cursos de agua de esta zona tienen una pendiente única que los lleva a desembocar en el Río Limay, límite norte del Departamento. Entre los ríos más representativos sobresale el Pichi Leufu [52].

La cuenca del río Limay es el principal afluente del río Negro y drena una superficie aproximada de 56.000 km<sup>2</sup>, compartida por las provincias de Neuquén y Río Negro, en una proporción de 60 y 40% respectivamente. Con un recorrido de aproximadamente 500 km desde su nacimiento en el lago Nahuel Huapi hasta la confluencia con el río Neuquén, el río Limay, límite natural entre las provincias de Neuquén y Río Negro discurre en sentido SO-NE [53].

Alimentado por 42 lagos presenta un régimen pluvio-nival amortiguado por la capacidad de embalse de los lagos ubicados en la cabecera del río, disminuyendo la violencia de las crecidas y aumentando el caudal de los estiajes. Posee importantes afluentes, como los ríos Trafúl y Collón Curá, ambos en la provincia de Neuquén. Con una pendiente de 1 m/km aproximadamente y sus importantes caudales, el

río Limay ha sido objeto de un aprovechamiento intensivo de sus potencialidades hidroeléctricas. En efecto, a lo largo de su recorrido se han ubicado importantes centrales hidroeléctricas, Alicurá, Piedra del Águila, Pichi Picún Leufú, El Chocón y Arroyito generan el 25% de la producción eléctrica del país [53].

Según registros de la SRHN, obtenidos entre los años 1903 y 1990, el caudal medio anual del río Limay a su paso por la estación Paso Limay es de 736,4 m<sup>3</sup>/s [53].

### Aguas subterráneas

En Pilcaniyeu la captación de agua para el abastecimiento es por agua subterránea que se extrae por medio de las perforaciones y ante el aumento del consumo, las mismas son sobre exigidas pudiendo generar daños irreversibles en la perforación y también al acuífero [54].

Las profundidades oscilaron entre 12 y 102 metros, en función de las diferentes características hidrogeológicas de los terrenos sobre los que se perforó. Los acuíferos captados, en general, presentaron caudales del orden de los cinco metros cúbicos por hora [55].

El INTA en su estudio “Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de Río Negro” identificó y cartografió seis unidades hidrogeológicas. Dichas unidades generadas por la gran variedad de eventos geológicos desarrollados en la provincia de Río Negro, provocaron una complejidad del recurso subterráneo que obliga a planificar su manejo y conservación [53].

El clima árido mesotermal con exceso de agua prácticamente nulo en más de un 80% del territorio provincial, la elevada salinidad de las aguas subterráneas de extensas áreas y las complicaciones constructivas de las obras de captación profundas para obtener pequeños caudales a un

alto costo, son las características principales de Unidades Hidrogeológicas provinciales [53].

Pilcaniyeu se ubica en el Basamento Precámbrico – Neopaleozoico. Son agua subterránea que proviene de zonas meteorizadas con planos de fallas y/o diaclasas. Sus manifestaciones más evidentes se dan en las labores mineras. Las obras de captación necesarias son de escasa profundidad (alrededor de 4 m) y la calidad química varía según las zonas y la existencia o no de recarga local del acuífero. Se registran valores de residuo seco entre 4 o 5 g/l y un elevado contenido de flúor en la zona de Sierra Grande y menos de 1 g/l en otras áreas [53].

## ***Calidad de Aire y Ruido***

### Calidad de Aire

La calidad de aire en la región es muy buena, siendo esta idónea para la mayoría de las personas y para el desarrollo de las actividades al aire libre. Contaminantes como el ozono, el material particulado menor a 10  $\mu\text{m}$ , el material particulado menor a 2,5  $\mu\text{m}$ , el dióxido de nitrógeno, el monóxido de carbono y el dióxido de azufre se encuentran en una concentración muy baja.

Debido a la falta de información secundaria específica en la zona de Pilcaniyeu, se deberá llevar a cabo los relevamientos y monitoreos necesarios de niveles bases de concentración de gases en la zona de influencia del proyecto. Se establecerá la situación previa a la obra en relación con la emisión de gases y material particulado (asociado al trabajo de equipos, movimiento de maquinarias, etc.) en las tareas de construcción y operación del proyecto.

Las determinaciones de calidad de aire se deben llevar a cabo tomando 2 puntos de muestreo, uno a barlovento y otro a sotavento de la zona de implantación del proyecto.

## Ruido

No se cuenta con información secundaria al respecto del nivel de presión sonora (NPS) del entorno del predio. Igualmente, dadas las características de las actividades que se realizan en el entorno del predial es de prever que los NPS sean altos, ya que se identifican fuentes antropogénicas y estamos cerca del acceso a Pilcaniyeu, donde hay movimiento vehicular. A los efectos de tener una caracterización primaria se realizará un monitoreo de NPS de la inmisión del ruido en el entorno del predio. Se esperaría entre 55 y 65 dB (A) por el volumen de tránsito vehicular e industrias cercanas.

Las referidas mediciones se realizarán en 4 posiciones contemplando la ruta principal y fuentes antropogénicas, conforme metodología especificada en la Norma IRAM 4062:2001-05 “Ruidos molestos al vecindario. Método de medición y clasificación” antes de que el proyecto tome su curso en la Mañana, Tarde y Noche:

Se determinará el valor del ruido equivalente, evaluado en un período de cinco minutos, en decibeles compensados por el término de corrección tipo 4 ya que hay una ruta principal según dicta la norma. Los valores de ruido se compararán con los niveles guía del Anexo II la Ley 2653/18 de presupuestos mínimos de contaminación acústica.

## **ii. Medio biológico**

La línea base ambiental del medio biótico incluye la descripción y análisis de la biota, pormenorizando, entre otros, la identificación, ubicación, distribución, diversidad y abundancia de las especies de flora y fauna que componen los ecosistemas existentes, enfatizando en aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de

conservación (Especies amenazadas) [47]. También se destacan las áreas protegidas dentro del área de influencia.

## **Flora**

La flora de la región se compone de arbustos bajos y achaparrados, destacándose el neneo, coirón, michay, uña de gato, flechilla, alfilerillo, manzanillón, entre otros [52].

La vegetación de esta región posee características xerofíticas: plantas con hojas pequeñas, reducidas a espinas o ausentes, tallos fotosintetizantes, cobertura foliar y caulinar cerosa o resinosa, cutículas engrosadas, ciclo anual breve y órganos aéreos y subterráneos suculentos. El tipo de vegetación dominante y constante es la estepa de arbustos xerofíticos de follaje perenne (a veces caedizo en sequías extremas) y resinoso, pertenecientes en su mayoría a la familia Zigoofiláceas, representados especialmente por el género *Larrea* (*Larrea divaricata*, *L. cuneifolia*, *L. nitida* y *L. ameghinoi*), con altura entre 1,5 y 2,5 m, con escasez de gramíneas y árboles [51].

La comunidad vegetal de esta zona de estudio es la estepa arbustiva de *Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia*, *Parkinsonia aculeata*, *L. ameghinoi* y *L. nitida*. Esta comunidad presenta varios estratos, muy poca cobertura vegetal, escasez de cactáceas, donde el estrato inferior (menor a 0,5 m) es de gramíneas, hierbas y arbustos bajos; los estratos bajo y medio (0,5 a 1-5 m) son los de mayor cobertura, raramente superan el 40% de cobertura; y el estrato superior (hasta 2 m) es muy disperso [51].

Los géneros más frecuentes en estas comunidades son *Larrea*, *Lycium*, *Chuquiraga*, *Prosopis*, *Ephedra*, *Gutierrezia*, *Verbena* y *Baccharis* [51].

## **Fauna**

La fauna se compone de guanacos, avestruces, zorros grises, zorros colorados, liebres, hurones, copetonas, avutardas, patos criollos, bandurrias, águilas, chimangos, caranchos, golondrinas, entre otras especies [52].

Las especies con mayor frecuencia de avistamiento en las regiones de estepa, que se destacan ya sea por su porte o sus movimientos, son el guanaco (*Lama guanicoe*), el choique (*Pterocnemia pennata*), la mara (*Dolichotis patagonum*) y la martineta (*Eudromia elegans*). También son frecuentes los animales domésticos como caballos (*Equus caballus*) y ovejas (*Ovis aries*) [51].

La fuente que se utilizó para el armado del inventario de la fauna que reside en el área de influencia *iNaturalistEc* ([56]).

## Mamíferos

Los mamíferos presentes en el área de influencia se muestran en la tabla 62.

Tabla 62: Mamíferos presentes en el área de influencia.

Nombre científico	Nombre vulgar	Estado de conservación
<i>Dromiciops gliroides</i>	Monito del Monte	Amenazada
<i>Zaedyus pichiy</i>	Pichi	Amenazada
<i>Chaetophractus villosus</i>	Peludo	No amenazada
<i>Lepus europaeus</i>	Liebre Europea	No amenazada
<i>Lagidium viscacia</i>	Chinchillón	No amenazada
<i>Myocastor coypus</i>	Coipú	No amenazada
<i>Sus scrofa</i>	Jabalí Europeo	No amenazada
<i>Lama guanicoe</i>	Guanaco	No amenazada
<i>Neogale vison</i>	Visón Americano	No amenazada
<i>Lyncodon patagonicus</i>	Huroncito Patagónico	Amenazada
<i>Galictis cuja</i>	Hurón Menor	No amenazada
<i>Conepatus chinga</i>	Zorrillo de Espalda Blanca de Patagonia	No amenazada
<i>Lycalopex griseus</i>	Zorro Gris	No amenazada
<i>Lycalopex gymnocercus</i>	Zorro Gris de Las Pampas	No amenazada
<i>Equus caballus</i>	Caballo	No amenazada
<i>Ovis aries</i>	Oveja	No amenazada

### Aves

Algunas de las aves presentes en el área de influencia se muestran en la tabla 63. En esta tabla se muestran todas las especies amenazadas.

Tabla 63: Aves presentes en el área de influencia.

Nombre científico	Nombre vulgar	Estado de conservación
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	No amenazada
<i>Campephilus magellanicus</i>	Carpintero Gigante	Amenazada
<i>Fulica armillata</i>	Gallareta Ligas Rojas	No amenazada
<i>Rhea pennata</i>	Ñandú Cordillerano	Amenazada
<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor de Los Andes	Amenazada
<i>Callipepla californica</i>	Codorniz Californiana	No amenazada
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco Chileno	Amenazada
<i>Podiceps occipitalis</i>	Macá Plateado	No amenazada
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	Amenazada
<i>Caracara plancus</i>	Carancho	No amenazada
<i>Oxyura ferruginea</i>	Pato Zambullidor Grande	Amenazada
<i>Progne elegans</i>	Golondrina Negra	No amenazada
<i>Chloephaga poliocephala</i>	Cauquén Real	Amenazada
<i>Tachycineta leucopyga</i>	Golondrina Patagónica	No amenazada
<i>Molothrus bonariensis</i>	Tordo Sudamericano	No amenazada
<i>Turdus falcklandii</i>	Zorzal Patagónico	No amenazada
<i>Mimus patagonicus</i>	Calandria Mora	No amenazada
<i>Chloephaga picta</i>	Cauquén Común	Amenazada
<i>Enicognathus ferrugineus</i>	Cachaña	No amenazada

### Anfibios

Los anfibios presentes en el área de influencia se muestran en la tabla 64.

Tabla 64: Anfibios presentes en el área de influencia.

Nombre científico	Nombre vulgar	Estado de conservación
<i>Pleurodema nebulosum</i>	Ranita del Monte	No amenazada
<i>Rhinella arenarum</i>	Sapo Común	No amenazada
<i>Pleurodema bufoninum</i>	Sapo de Cuatro Ojos Grandes	No amenazada

### Reptiles

Los reptiles presentes en el área de influencia se muestran en la tabla 65.

Tabla 65: Reptiles presentes en el área de influencia.

Nombre científico	Nombre vulgar	Estado de conservación
<i>Diplolaemus sexcinctus</i>	Lagarto Cabezón	No amenazada
<i>Phymaturus manuelae</i>	No tiene	Amenazada
<i>Phymaturus tenebrosus</i>	Lagarto Tenebroso de Las Rocas	Amenazada
<i>Liolaemus balerion</i>	Lagartija de Balerion	No amenazada
<i>Liolaemus vhagar</i>	No tiene	No amenazada
<i>Liolaemus bibronii</i>	Lagartija Patagónica	No amenazada
<i>Liolaemus loboii</i>	Lagartija de Cola Amarilla	Amenazada
<i>Liolaemus tehuelche</i>	Lagartija Tehuelche	No amenazada
<i>Liolaemus rothi</i>	Lagartija de Roth	No amenazada
<i>Liolaemus pictus</i>	Lagartija Pintada	No amenazada
<i>Liolaemus lineomaculatus</i>	Lagartija del Deseado	No amenazada
<i>Liolaemus kriegi</i>	Lagartija de Krieg	No amenazada
<i>Liolaemus elongatus</i>	Lagartija Rupestre	No amenazada
<i>Philodryas patagoniensis</i>	Culebra del Pastizal	No amenazada

### Peces

Los peces presentes en el área de influencia se muestran en la tabla 66.

Tabla 66: Peces presentes en el área de influencia.

Nombre científico	Nombre vulgar	Estado de conservación
<i>Salmo trutta</i>	Trucha Común	No amenazada
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha Arcoiris	No amenazada
<i>Trichomycterus areolatus</i>	No tiene	No amenazada

### Insectos

Algunos de los insectos presentes en el área de influencia se muestran en la tabla 67. En esta tabla se muestran todas las especies amenazadas.

Tabla 67: Insectos presentes en el área de influencia.

Nombre científico	Nombre vulgar	Estado de conservación
<i>Zygiella x-notata</i>	Araña de Flancos Plateados	No amenazada
<i>Bothriurus burmeisteri</i>	No tiene	No amenazada
<i>Bombus dahlbomii</i>	Abejorro Chileno	Amenazada
<i>Brachistosternus angustimanus</i>	No tiene	No amenazada
<i>Hylephila signata</i>	Hesperia Amarilla	No amenazada
<i>Danaus erippus</i>	Monarca Sudamericana	No amenazada
<i>Tatochila mercedis</i>	Mariposa Mercedes	No amenazada
<i>Agathemera millepunctata</i>	No tiene	No amenazada
<i>Acromyrmex lobicornis</i>	No tiene	No amenazada
<i>Adalia angulifera</i>	No tiene	No amenazada
<i>Eristalis tenax</i>	Moscabeja	No amenazada
<i>Vespula germanica</i>	Avispa Chaqueta Amarilla Germánica	No amenazada
<i>Vanessa carye</i>	Dama de Dos Ojos	No amenazada
<i>Dorymyrmex tener</i>	No tiene	No amenazada
<i>Urocerus gigas</i>	No tiene	No amenazada
<i>Tetrixocephalus willemsei</i>	No tiene	No amenazada
<i>Erythrodiplax connata</i>	No tiene	No amenazada

### Áreas protegidas

Las áreas protegidas son territorios naturales o seminaturales, comprendidos dentro de ciertos límites bien definidos, afectados a protección legal y manejo especial para lograr uno o varios objetivos de conservación. Pueden pertenecer al Estado o ser de propiedad privada, pero siempre manejadas de acuerdo con normas fijadas por autoridades estatales. Se las denomina también como unidades de conservación [50]. Las áreas protegidas ubicadas dentro del área de influencia se listan en la tabla 68.

Tabla 68: Áreas protegidas dentro del área de influencia.

Reserva Natural	Superficie
Área Natural Protegida - Paisaje Protegido Rio Limay	50.000 ha
Área Natural Protegida Ría Azul - Lago Escondido	65.000 ha
Área Natural Protegida Cipresal de las Guaitecas	Sin definición
Reserva de Vida Silvestre Laguna Los Juncos	37 ha
Parque Provincial Azul	10.000 ha
Reserva de la Biósfera Andino Norpatagónica	2.266.942 ha

### iii. Medio socioeconómico

La línea de base ambiental medio socioeconómico incluye la información y análisis de la dimensión geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar social y otros similares que aporten información relevante sobre la calidad de vida de las comunidades afectadas. Asimismo, en la línea de base ambiental del medio socioeconómico, se describen los sistemas de vida y las costumbres de los grupos humanos, poniendo especial énfasis en las comunidades protegidas por leyes especiales [47].

#### ***Población***

Según el Censo Nacional del año 2010, la población en la Provincia de Río Negro era de 638.645 habitantes, de los cuales el 87,78 % era población urbana y 12,12 % rural. La cantidad de varones fue de 49,78 % mientras que la de mujeres de 50,22% [50].

La población total de la provincia de Río Negro es de aproximadamente 738 mil personas (Según el INDEC). Su estructura por edades muestra que el 8,2% es de hasta cuatro años de edad (60 mil), el tramo de 5 a 19 años representa el 24,1% (178 mil), el de 20 a 59 el 53,1% (392 mil), y el de 60 años y más el 14,5% (107 mil) de la población de la provincia [57].

Para el análisis de la población se tomaron en cuenta el nivel de empleo, la salud y la educación.

#### Empleo

Durante el segundo semestre de 2019, el nivel de actividad en Río Negro se ubicó en 42%, por debajo del nivel nacional (46,5%), el empleo

en 40,5% (también por debajo del 42,4% a nivel nacional), y el desempleo en 3,5% (contra el 8,8% a nivel nacional) [57].

En tanto, entre los jóvenes de 19 a 24 años el desempleo alcanzó al 10,8%, entre los 25 y 29 al 9,2%, y entre los adultos de 30 a 59 años al 1,8%. Así, el desempleo por edades resulta marcadamente por debajo del promedio nacional, aunque en la adultez tiende a equipararse (23,3%, 11,9% y 5,9% de cada tramo etario respectivamente) [57].

La población ocupada en empleos no registrados abarcó a más de 46 mil personas sobre un total de poco más de 227 mil asalariados en la provincia, lo que representa a un 20,4% del total de asalariados. Dentro de este segmento de asalariados no registrados, las personas cubiertas por alguna prestación social alcanzaron el 23,4%, por encima del promedio nacional (20,5%). Al analizarlo por grupos etarios, se obtiene que la tasa de protección tiende a incrementarse con la edad: los jóvenes de 19 a 24 años no registrados protegidos eran el 12,2%, lo que entre los jóvenes adultos de hasta 29 era de 6,3%, entre los adultos el 32,6% aunque entre los adultos mayores fue del 75,1% [57].

### Salud

La cobertura de salud únicamente pública alcanzó al 27,4% del total de la población de la provincia (más de 201 mil personas). Este tipo de cobertura segmentada por edades muestra que entre los menores de hasta 17 años alcanzó a 33,4% (60 mil), entre los de 18 a 24 al 46,5% (31 mil), de 25 a 64 al 29,2% (109 mil), y entre los adultos mayores de 65 años sólo el 0,8% (menos de mil personas). Por su parte, a nivel nacional la cobertura pública alcanzó al 43,2%, 48,4%, 32,6% y el 2,8% de cada tramo de edad respectivamente [57].

La tasa de mortalidad infantil para la provincia fue del orden del 7,8‰, mientras que la razón de mortalidad materna fue del 2,1‰. A

continuación, se muestran dichas tasas para cada uno de los departamentos de la provincia **[57]**.

### Educación

La asistencia escolar se comporta de manera diferenciada para cada tramo de edad: los niños de cuatro años asistieron en un 72,2%, a los 5 años de edad la asistencia fue del 100%, en el nivel primario fue del 98,4%, en los de 13 y 14 fue del 100%, y en los de 15 a 17 de 98,4% **[57]**.

En líneas generales la asistencia es muy superior al promedio nacional, y particularmente en las edades más tempranas y hacia la adolescencia (61,3%, 96,6%, 99,2%, 97,9% y 91,9% respectivamente) **[57]**.

El rezago escolar, medido como aquellos que se encuentran fuera del nivel teórico acorde a la edad, fue de 5,2% para el nivel primario, algo por arriba del promedio nacional (4,4%), y de 22% para el nivel secundario, algo por encima del nivel nacional (19,9%) **[57]**.

El porcentaje de población de 18 a 24 años que ha finalizado el nivel secundario o se encuentra/ encontraba en el nivel superior es del 62,1% (sobre un total de aproximadamente 68 mil jóvenes de esa edad), lo que en los mayores de 25 años fue de un 58,3% (sobre un total de 489 mil personas en ese rango etario). La terminalidad educativa se asemeja en buena medida a los promedios nacionales por edad: 62,7% de los de 18 a 24 y el 59% de los de 25 años y más han finalizado al menos el nivel secundario **[57]**.

## ***Transporte***

### Terrestre

La conectividad terrestre (ya sea mediante automóvil, camión o autobús) está garantizada por numerosas rutas provinciales y por algunas carreteras nacionales. Se puede acceder al área de ubicación del proyecto mediante la Ruta nacional N°23.

### Avión

Río Negro cuenta con tres aeropuertos: Aeropuerto Internacional Teniente Luis Candelaria de San Carlos de Bariloche, Aeropuerto Gobernador Edgardo Castello, ubicado a 9 km hacia el sur del centro de la ciudad de Viedma y Aeropuerto Doctor Arturo Umberto Illia de General Roca.

La provincia también cuenta con otros aeródromos y pistas de aterrizaje menores ubicados en diversas localidades. En general las pistas e infraestructura asociada a estos aeródromos presentan falta de mantenimiento. Algunos son utilizados para actividades locales de aeroclub y otros se encuentran cerrados [51].

### Ferrocarril

El ferrocarril (Tren Patagónico) en la actualidad funciona uniendo Viedma con San Carlos de Bariloche. Los horarios y la frecuencia de los servicios ferroviarios varían a través del año. En general, se mantienen dos servicios: un servicio que une San Carlos de Bariloche con Ingeniero Jacobacci, con clase única, y un servicio que une San Carlos de Bariloche con Viedma, con Pullman, turista, coche comedor, dormitorio y transporte de vehículos [58].

## ***Turismo***

Pilcaniyeu es la localidad más cercana a San Carlos de Bariloche. Este factor constituye indudablemente una ventaja desde el punto de vista turístico, ya que se encuentra a sólo 82 kilómetros, con un centro urbano de importancia, que recibe año a año importantes cantidades de turistas de todo el país y del exterior [58].

Los recursos del área pertenecen a elementos naturales y culturales. Con alguna excepción, carecen de la jerarquía suficiente para atraer por sí mismos corrientes turísticas de importancia hacia el área. La mayor parte de ellos podrían actuar como atractivos para una demanda de tipo regional, entendiendo a esta como la residente y los turistas que ya están recorriendo la Patagonia, actuando a su vez como complementarios para la demanda de tipo extrarregional [58].

La mayoría de los recursos del área de Pilcaniyeu tienen una localización física que puede conducir a que el pueblo no reciba los beneficios del desarrollo del turismo. Turistas llegados desde Bariloche podrían recorrer el área sin siquiera tomar contacto con el pueblo, y mucho menos contratar servicio alguno. Como elemento altamente positivo, el río Pichi Leufu es considerado por los expertos como el mejor río de la Provincia de Río Negro para la práctica de la pesca deportiva [58].

## ***Actividades productivas***

Su economía está basada en la fruticultura, concentrada en las zonas de valles. Predominan los cultivos de frutales (manzanas y peras). También poseen cultivos de hortalizas (tomate y cebolla), y frutas finas (frambuesa, guinda y frutilla). Desarrolla la ganadería en forma intensiva, enviando terneros para invernada en regiones de la Provincia de Buenos Aires y en la Provincia de La Pampa. La cabaña ovina constituye el 13 %

del total nacional y se extiende por toda la zona central y sur de la provincia. En cuanto a la industria, produce sidra y jugos en el Alto Valle (desde Cipolletti hasta Villa Regina), además de lanas finas, pesca con captura de merluza, calamar y langostinos. En la Minería se resalta la explotación de hierro en Sierra Grande, bentonita y piedra laja en Ingeniero Jacobacci y Los Menucos, sal en San Antonio, petróleo y gas en Catriel y el norte provincial [51].

El Complejo Tecnológico Pilcaniyeu es una instalación de la Comisión Nacional de Energía Atómica, ubicada en la Provincia de Río Negro, en el paraje Pichileufú Arriba, a 60 km de San Carlos de Bariloche. Este complejo cuenta con una superficie cubierta de 30.000 m<sup>2</sup> dedicados a las plantas de procesos donde se obtiene el uranio enriquecido utilizado para potenciar el combustible para los reactores nucleares de potencia. El proyecto Pilcaniyeu consiste en enriquecer el uranio a través del método de difusión gaseosa, aumentando la concentración de U235 respecto de su porcentual en la naturaleza. Los científicos de la CNEA decidieron desarrollar este sistema porque en ese entonces (principios de los '80) era el más adecuado respecto de la realidad industrial de Argentina. El otro método –considerado en su momento por los responsables del proyecto–, la centrifugación, requería de un desarrollo tecnológico autónomo inalcanzable para el país en esos años. El enriquecimiento de uranio por difusión gaseosa se convirtió así en uno de los hitos más importantes de la ciencia nacional [59].

### **Servicios**

Los servicios básicos considerados para este análisis fueron el agua corriente, la luz, la recolección de residuos, el gas, las cloacas y el acceso a telefonía e internet.

### Agua

El déficit en fuentes de agua, esto es con red de agua fuera del terreno, pozos no protegidos, sin bomba a motor, o fuentes móviles, no es significativo entre los hogares en la provincia [57]. El servicio de agua corriente es prestado por la empresa estatal Aguas Rionegrinas.

### Servicio eléctrico

El servicio público de electricidad en el territorio rionegrino es prestado en la mayor parte del territorio por la distribuidora EdERSA, con más de 230.000 conexiones en 2021; en Bariloche y Dina Huapi el servicio está a cargo de la Cooperativa de Electricidad Bariloche para sus casi 54.000 conexiones; mientras que, en Río Colorado, otra cooperativa, la CEARC distribuye la energía con cerca de 7.600 instalaciones [60].

### Recolección de residuos

La recolección de residuos sólidos urbanos está a cargo de cada municipio. Hay servicio de recolección de residuos en los barrios. Se recogen los días de la semana salvo los sábados, pero no se encontró información sobre población beneficiaria de este servicio.

### Gas

La empresa que ofrece el servicio de gas en la provincia de Río Negro es Camuzzi Gas del Sur S.A. El 3,2% de los hogares no cuenta con gas de red (nueve mil hogares) [57].

### Cloacas

Los hogares con saneamiento deficiente, es decir que la evacuación no está conectada a red de alcantarillado o fosa séptica, o bien el baño es compartido o no disponen de servicio higiénico, fueron sólo el 0,9% en la provincia (dos de mil hogares) [57]. El servicio de cloacas es prestado por la empresa estatal Aguas Rionegrinas.

### Telefonía e internet

Existe un tendido de internet por fibra óptica en el casco urbano. Este servicio está provisto por la Cooperativa Eléctrica de Pilcaniyeu.

Empresas como Movistar, Personal y Claro proveen el servicio de telefonía móvil con una buena cobertura en el área.

### ***Áreas de interés histórico y cultural***

No hay áreas de valor cultural en el área de influencia directa e indirecta del proyecto. Tampoco hay comunidades o pueblos originarios en el área de influencia directa del proyecto [51].

### ***Problemas ambientales actuales***

Dentro de las problemáticas ambientales que afectan al área de influencia del proyecto se destacan la contaminación de las aguas por materia orgánica y/o por microplásticos y los residuos sólidos que se acumulan en basurales a cielo abierto.

A su vez, está presente la problemática de las sequías, marcada por la falta de lluvias en las zonas cordilleranas. También, las olas de frío produjeron una sobredemanda de energía de las represas,

fundamentales en la regulación de los caudales, que provocó que se turbinara más agua y bajarán los niveles en los ríos [61].

## e) Identificación de efectos e impactos ambientales

### i. Metodología

Se señalan las acciones a realizar en cada etapa de la obra que, por su magnitud o importancia de manera directa o indirecta, podrían generar impactos ambientales. También se identifican los factores ambientales involucrados. El producto final consiste en una matriz de información donde las columnas representan factores ambientales potencialmente impactados que son considerados (Factores Ambientales) y en las filas se representan las actividades que se hacen durante el proyecto que representan un impacto para ambiente (Actividades). A esto se lo conoce como Matriz de Calificación Ambiental.

Para facilitar el análisis, los impactos son caracterizados teniendo en cuenta una serie de atributos, los cuales están relacionados con valores numéricos (Calificación Ambiental).

### *Identificación de impactos según la etapa*

- ✓ **Etapa de construcción**
  - **Montaje y funcionamiento del obrador**
    - Implantación del obrador
    - Uso de equipo y maquinaria pesada
    - Movimiento de vehículos y personal
    - Acopio y utilización de materiales
    - Depósitos
    - Derrame accidental de efluente líquido
    - Desmantelado del obrador

- **Construcción de la planta de tratamiento**
  - Desmante, excavación y nivelación
  - Realización de excavaciones y taludes
  - Nivelación y compactación del terreno excavado
  - Impermeabilización del terreno
  - Uso de equipo y maquinaria pesada
  - Movimiento de vehículos y personal
  - Forestación
- ✓ **Etaapa de operación y mantenimiento**
  - **Planta de tratamiento**
    - Puesta en marcha
    - Funcionamiento
    - Control y monitoreo de afluentes y efluentes
    - Generación de emisiones gaseosas
    - Generación de efluentes líquidos
    - Control y monitoreo del suelo
  - **Mantenimiento**
    - Mantenimiento de dispositivos
    - Limpieza
    - Revestimiento de taludes
    - Mantenimiento de alambrado perimetral

### ***Factores del medio potencialmente impactados***

- ✓ **Medio natural**
  - **Aire**
    - Calidad de aire
    - Ruido
  - **Recurso hídrico**
    - Calidad

- Cantidad
- Drenaje
- **Suelo**
  - Calidad
  - Procesos edáficos
  - Estabilidad
- **Relieve**
  - Calidad
  - Estabilidad
- **Fauna**
  - Abundancia
  - Corredores Biogeográficos
  - Diversidad
- **Flora**
  - Densidad
  - Fisonomía
  - Hábitat
- **Paisaje**
  - Local
  - Entorno
  - Conservación de la naturaleza
- ✓ **Medio socio-económico**
  - **Población**
    - Salud
    - Generación de empleo
  - **Factor económico**
    - Actividades sanitarias
    - Actividades industriales
    - Actividades económicas
    - Bienes y servicios

- **Infraestructura**
  - Caminos
  - Forestación

### ***Metodología de la evaluación de impactos***

La matriz de impacto posee un carácter cuali y cuantitativo, en donde cada impacto es calificado según su importancia, la cual se calculó a través de la ecuación 84, la cual es valorada mediante el índice de Calificación Ambiental.

$$CA = \frac{Ca*(I+E+Du+De+Re)*Ro}{5} \quad \text{Ecuación 84}$$

donde:

- **Calificación Ambiental (CA):** Es la expresión numérica de la interacción de los parámetros o criterios. El valor de CA se corresponde con un valor global de la importancia del impacto. Se aplica según fórmula expuesta.
- **Carácter (Ca):** Define las acciones o actividades de un proyecto, como perjudicial o negativa, positiva, neutra o previsible (difícilmente calificable sin estudios específicos).
- **Intensidad (I):** Expresa la importancia relativa de las consecuencias que incidirán en la alteración del factor considerado. Se define por interacción del grado de perturbación que imponen las actividades del proyecto y el valor ambiental asignado al recurso.
- **Extensión (E):** Define la magnitud del área afectada por el impacto, entendiéndose como la superficie relativa donde afecta el mismo.
- **Duración (Du):** Se refiere a la valoración temporal que permite estimar el período durante el cual las repercusiones del impacto serán detectadas en el factor afectado.

- **Desarrollo (De):** Califica el tiempo que el impacto tarda en desarrollarse completamente, o sea la forma en que evoluciona el impacto, desde que se inicia y manifiesta hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias.
- **Reversibilidad (Re):** Evalúa la capacidad que tiene el factor afectado de revertir el efecto.
- **Riesgo de ocurrencia (Ro):** Califica la probabilidad de que el impacto ocurra debido a la ejecución de las actividades del proyecto.

Los valores que puede adoptar cada uno de los parámetros incluidos en la ecuación para la valoración de la importancia son los que se muestran en la tabla 69.

Tabla 69: Parámetros que se utilizan para calcular la calificación ambiental.

PARÁMETRO	RANGO	CALIFICACIÓN
Carácter (Ca)	Negativo	-1
	Positivo	+1
	Neutro	0
Intensidad (I)	Muy alta	1
	Alta	0,7
	Media	0,4
	Baja	0,1
Extensión (E)	Regional	0,8 – 1
	Local	0,4 – 0,7
	Puntual	0,1 – 0,3
Duración (Du)	Permanente (>10 años)	0,8 – 1
	Larga (5 a 10 años)	0,5 – 0,7
	Media (3 a 4 años)	0,3 – 0,4
	Corta (hasta 2 años)	0,1 – 0,2
Desarrollo (De)	Muy rápido (<1 mes)	0,9 – 1
	Rápido (1 a 6 meses)	0,7 – 0,8
	Medio (7 a 12 meses)	0,5 – 0,6
	Lento (13 a 24 meses)	0,3 – 0,4
	Muy lento (>24 meses)	0,1 – 0,2
Reversibilidad (Re)	Irreversible	0,8 – 1
	Parcialmente reversible	0,4 – 0,7

	Reversible	0,1 – 0,3
Riesgo de ocurrencia (Ro)	Cierto	9 – 10
	Muy probable	7 – 8
	Probable	4 – 6
	Poco probable	1 – 3
Calificación Ambiental (CA)	Impacto Bajo	0 a 3
	Impacto Medio	4 a 7
	Impacto Alto	8 a 10

Para una mejor visualización de los resultados de los impactos, se han relacionado los valores numéricos con colores según la distribución representada en la tabla 70.

Tabla 70: Relación de los valores numéricos con colores.

Impactos	Positivo	Negativo
<b>Alto</b>	<b>8 a 10</b>	<b>-8 a -10</b>
<b>Medio</b>	<b>4 a 7</b>	<b>-4 a -7</b>
<b>Bajo</b>	<b>0 a 3</b>	<b>0 a -3</b>

## ii. Matriz de impacto ambiental

Se muestra en la figura 39 la matriz de impacto ambiental del proyecto.

Matriz de Impacto Ambiental		Medio natural										Medio socio-económico						Promedio											
		Aire		Recurso hídrico		Suelo		Relieve		Fauna		Flora		Paisaje		Población			Factor económico		Infraestructura								
Actividades	Factores Ambientales	Calidad de aire	Ruido	Calidad	Cantidad	Drenaje	Calidad	Procesos edáficos	Estabilidad	Calidad	Procesos geomorfológicos	Estabilidad	Abundancia	Diversidad	Densidad	Fisonomía	Hábitat	Local	Entorno	Conservación de la naturaleza	Salud	Generación de empleo	Actividades sanitarias	Actividades industriales	Actividades económicas	Bienes y servicios	Caminos	Infraestructura	
		Etapa de construcción	Implantación del obrador	-3,0	-3,4	-3,2	-2,6	-1,8	-2,4	-2,1	-0,9	-0,3	-2,4	-3,0	-2,4	-3,0	-0,9	-1,5	-3,0	-3,0	-3,0	-0,9	-1,5	-3,0	-1,5	-2,1	-3,0	-3,0	-2,1
Uso de equipo y maquinaria pesada	-5,2		-5,6	-4,2	-4,2	-5,2	-5,2	-4,7	-3,1	-2,1	-5,2	-5,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-1,94	
Movimiento de vehículos y personal	-5,6		-5,6	-2,8	-2,2	-3,9	-2,8	-3,9	-1,7	-1,7	-3,9	-5,0	-5,0	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-1,19	
Acopio y utilización de materiales	-0,3		-0,6	-0,3	-0,3	-0,6	-0,8	-0,3	-0,3	-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,50	
Depósitos	-0,3		-0,6	-0,6	-0,6	-0,3	-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,58	
Vertimiento de residuos	-4,4		-2,2	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-2,62	
Desmantelamiento del obrador	4,0		3,2	4,0	3,6	4,0	2,0	4,0	4,0	4,0	2,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,10	
Desmonte, excavación y nivelación	-4,0		-3,0	-3,2	-4,8	-3,2	-6,4	-7,2	-7,2	-4,0	-2,4	-7,2	-7,2	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-3,67
Realización de excavaciones y taludes	-1,1		-4,5	-2,8	-3,4	-2,2	-4,5	-5,0	-5,6	-1,1	-1,1	-4,5	-5,0	-3,9	-1,7	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-1,84	
Construcción de la planta de tratamiento	Nivelación y compactación del terreno		-1,8	-1,8	-0,9	-0,9	-0,2	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,84
	Impermeabilización del terreno	4,6	4,6	4,6	4,6	2,3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	1,93	
	Uso de equipo y maquinaria pesada	-5,2	-5,2	-4,2	-4,2	-5,2	-5,2	-4,7	-3,1	-2,1	-5,2	-5,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-1,94	
	Movimiento de vehículos y personal	-5,6	-5,6	-2,8	-2,2	-3,9	-2,8	-3,9	-1,7	-1,7	-3,9	-5,0	-5,0	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-3,4	-1,19	
Etapa de operación y mantenimiento	Forestación	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,00	
	Puesta en marcha	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,00	
	Funcionamiento	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,00	
	Control y monitoreo de afluentes y efluentes	5,6	5,6	5,6	5,6	2,8	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,20	
	Generación de emisiones gaseosas	-8,8	-0,9	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-7,17
	Generación de efluentes líquidos	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2	-7,97
	Control y monitoreo del suelo	7,2	7,2	7,2	7,2	3,6	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,20	
	Mantenimiento de dispositivos	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,80	
	Limpieza	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,80
	Revestimiento de taludes	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,60	
Mantenimiento de alambrado perimetral	-1,74	-3,41	3,70	3,40	1,83	-0,50	-0,30	-0,25	-1,60	-3,07	-1,32	-0,11	-0,01	-2,18	-1,61	-2,47	-0,09	-0,48	0,39	2,25	5,17	1,20	4,25	3,52	5,02	3,75	-0,14	4,55	
<b>Promedio</b>																												<b>1,27</b>	

Figura 39: Matriz de impacto ambiental del proyecto.

### **iii. Descripción de los impactos ambientales**

A partir de los resultados obtenidos de la matriz de impacto ambiental (Figura 39) se puede afirmar que el proyecto tiene un impacto bajo sobre el ambiente, ya que, de forma global, el proyecto de la planta de tratamiento tiene una calificación ambiental de 1,27.

A continuación, se describen los impactos ambientales significativos causados por la planta de tratamiento en la etapa de construcción y en la etapa de operación y mantenimiento.

#### ***Etapas de construcción***

Durante de esta etapa se destaca como impacto negativo al desmonte, la excavación y la nivelación del terreno, ya que es la acción del proyecto que más factores ambientales interviene para ser llevada a cabo. El impacto se produce mayoritariamente sobre la flora y la fauna que habita en la zona de influencia del proyecto, generando un cambio apreciable en la fisonomía del paisaje.

Se destacan como aspectos más positivos el desmantelamiento del obrador y la forestación, ya que son los elementos que ayudan a recomponer el ecosistema finalizando esta etapa. La impermeabilización del terreno también es un aspecto positivo, ya que permite el aislamiento del afluente contaminado con el ambiente. Es uno de los puntos clave a tener en cuenta, ya que si este aislamiento se rompe podría suponer un daño ambiental al suelo. Esta etapa aporta grandes beneficios en lo referido a generación de empleo, servicios y actividades económicas.

Si bien se puede observar una alta densidad de efectos negativos en la matriz, el beneficio ambiental total del proyecto es superior con respecto al impacto negativo producido durante su construcción.

### ***Etapa de operación y mantenimiento***

Durante esta etapa se destacan como impactos negativos a la generación de emisiones gaseosas y a la generación de efluentes líquidos, ya si esta generación no es controlada, puede suponer un daño al medio ambiente. Las emisiones gaseosas tienen como receptor crítico a la población que habita la zona circundante al proyecto y la generación de efluentes líquidos podría afectar tanto a cuerpos de agua superficiales como a aguas subterráneas.

Es importante destacar que esta etapa es la que aporta el mayor beneficio ambiental de todo el proyecto, ya que el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento permite el saneamiento de las aguas de procesos, dando como resultado un bajo impacto ambiental a las aguas superficiales en donde se verterá el efluente tratado. En esta etapa se contempla también el control y el monitoreo del agua y del suelo, siendo estas acciones de gran aporte para el cuidado del medio ambiente y para poder mitigar riesgos putativos que puedan desprenderse de este proyecto. Esta etapa aporta grandes beneficios en lo referido a generación de empleo, servicios y actividades económicas.

### **f) Análisis de riesgo**

A continuación, se describen los potenciales riesgos que pueda generar el proyecto, así como el cálculo del riesgo y el armado de la matriz de riesgo.

#### **i. Descripción de los potenciales riesgos**

Los potenciales riesgos que puede tener este proyecto son:

- ✓ Accidentes laborales: Esto incluye caídas a la laguna, contacto con sustancias tóxicas, golpes contra equipos, atrapamientos, caídas al

mismo nivel, choques o colisiones, cortes o laceraciones y caídas de objetos a la planta de tratamiento.

- ✓ Accidentes que involucren animales: Pueden generar obstrucciones en las cañerías evitando el correcto funcionamiento de la planta.
- ✓ Desbordes de la laguna: Un exceso de efluente vertido podría generar fluctuaciones en el volumen total de la laguna, provocando su desborde.
- ✓ Existencia de pasivos ambientales por operación inadecuada de las instalaciones: Puede existir contaminación ambiental por el mal manejo del pasivo ambiental.
- ✓ Infiltración del efluente al suelo: Esto podría pasar por daños a la geomembrana que recubre el fondo y las paredes de la laguna.

## ii. Metodología de cálculo de riesgo

El cálculo del riesgo se realiza en una matriz en la que se enumeran las contingencias que podrían afectar al Proyecto, su probabilidad de ocurrencia y magnitud, que derivan en el riesgo a determinar. Se calcula a partir de la ecuación 83.

$$R = C * M \qquad \text{Ecuación 83}$$

dónde:

R = Riesgo

C = Probabilidad de ocurrir

M = Magnitud

La mayoría de las probabilidades (C) se determinan sobre la base de criterios cualitativos debido a la ausencia de datos estadísticos que sustenten la evaluación. Estos valores se muestran en la tabla 71.

Tabla 71: Posibles valores de probabilidad.

<b>Grado de Certidumbre</b>	<b>Definición</b>	<b>Puntaje</b>
<b>FRECUENTE</b>	Alta Probabilidad de ocurrencia. Sucede en forma reiterada.	1
<b>MODERADA</b>	Probabilidad de ocurrencia media. Sucede algunas veces	0,8
<b>OCASIONAL</b>	Posibilidad de ocurrencia limitada. Sucede pocas veces.	0,6
<b>REMOTA</b>	Posibilidad de ocurrencia baja. Sucede en forma esporádica	0,4
<b>IMPROBABLE</b>	Posibilidad de ocurrencia muy baja. Sucede en forma excepcional	0,2
<b>IMPOSIBLE</b>	De difícil posibilidad de ocurrencia. No ha sucedido hasta ahora	0,1

La magnitud (M) es el grado relativo de sensibilidad, que un sistema tiene respecto a un incidente determinado.

- ✓ Valor 0 = Magnitud nula de daños, a no tomar en cuenta.
- ✓ Valor 1 = Magnitud leve de daños.
- ✓ Valor 2 = Magnitud media de daños.
- ✓ Valor 3 = Magnitud alta de daños.
- ✓ Valor 4 = Magnitud grave de daños. Daños reversibles.
- ✓ Valor 5 = Magnitud grave de daños. Daños irreversibles.

Una vez calculado el riesgo, se clasifica según su valor en una escala de colores para mejorar su comprensión, como se indica en la tabla 72.

Tabla 72: Clasificación del riesgo.

<b>Riesgo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Color</b>
0 - 1,6	Aceptable	
1,7 - 3,3	Tolerable	
3,4 - 5	Inaceptable	

### iii. Matriz de riesgo

Se muestra en la figura 40 la matriz de riesgo ambiental del proyecto.

Incidente	Riesgo		
	C	M	C*M
Caídas a la laguna	0,8	2	1,6
Contacto con sustancias tóxicas	0,2	5	1
Golpes contra equipos	0,8	2	1,6
Atrapamiento	0,6	3	1,8
Caídas al mismo nivel	0,8	1	0,8
Choques o colisiones	0,6	2	1,2
Cortes o laceraciones	0,6	2	1,2
Caídas de objetos a la planta de tratamiento	0,6	2	1,2
Accidentes que involucren animales	0,4	3	1,2
Desbordes de la laguna	0,2	5	1
Existencia de pasivos ambientales	0,2	5	1
Infiltración del efluente al suelo	0,1	5	0,5

Figura 40: Matriz de riesgo ambiental del proyecto.

### g) Plan de contingencia

En esta sección se presentarán las fichas de medidas de prevención, mitigación, corrección, compensación y contingencia para los posibles impactos negativos identificados en cada etapa del proyecto.

#### i. Etapa de construcción

Para prevenir que se afecten la calidad del aire, del suelo, la fauna, la flora durante la preparación del terreno, el montaje de la obra y su terminación, se establecen medidas a tener en cuenta según la etapa del proyecto que se esté llevando a cabo.

## ***Preparación del terreno y movimiento de las tierras - Circulación de vehículos y maquinarias***

A continuación, se presentan las medidas a ser tomadas en esta etapa:

- ✓ Se inspeccionarán y marcarán con claridad los límites a nivelar.
- ✓ Se minimizará el movimiento de suelos y de desmonte.
- ✓ Se suspenderán las actividades de movimiento de suelo cuando las condiciones climáticas no sean las adecuadas, por ejemplo, en días de fuertes vientos.
- ✓ Se deberán regar los sitios trabajados con regularidad, a fin de evitar el levantamiento de partículas al aire.
- ✓ Se inspeccionarán los vehículos y maquinarias antes de ser utilizados en la obra. Se deberá tener en cuenta no sólo lo referente a fluidos, sino también a los gases de combustión.
- ✓ Se deberá implementar la prohibición de movimiento de personal y maquinaria fuera de las áreas de trabajo, a los fines de evitar afectaciones innecesarias al recurso suelo (compactación y ahuellamiento) y vegetación.
- ✓ Para controlar y minimizar los ruidos generados por las máquinas se utilizarán silenciadores en tubos de escape y se controlarán periódicamente los motores.
- ✓ Se evitará cualquier tipo de bloqueo de canales con el material de nivelación.
- ✓ Se evitará el paso innecesario de maquinaria pesada y la instalación de cualquier fuente ruidosa cerca de puestos rurales.
- ✓ En todo momento se aprovechará la existencia de sendas y otros caminos existentes en el predio.
- ✓ Para disminuir la generación de polvo en suspensión se respetarán las velocidades máximas establecidas.

- ✓ Se evitará la circulación de vehículos y personal fuera de las áreas de trabajo, evitando así ahuyentar a la fauna nativa.

### ***Obra civil y montaje***

A continuación, se presentan las medidas a ser tomadas en esta etapa:

- ✓ Dentro de lo posible, no aplastar la vegetación. De no ser posible, despejar sólo la vegetación de superficie, dejando las raíces para favorecer el crecimiento de la flora.
- ✓ Durante las acciones de zanjeo se deberá evitar que las zanjas permanezcan mucho tiempo abiertas, para que las mismas no sean vías del escurrimiento pluvial o bien se convierta en trampa para la fauna presente en el sitio. Asimismo, no se deberán arrojar residuos o material con restos de combustibles dentro de las mismas, que puedan ocasionar afectaciones en el suelo e indirectamente en la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas.
- ✓ No se dejarán tranqueras abiertas para evitar que el ganado circule entre cuadros.
- ✓ Se recompondrán inmediatamente a sus condiciones originales los bienes materiales (alambrados, tranqueras, postes) que pudieran ser afectados por la ejecución del proyecto.
- ✓ Se colaborará con el mantenimiento y arreglo de los caminos rurales mayormente utilizados y/o que se encuentran en mal estado para circular.

### ***Terminación de obra***

A continuación, se presentan las medidas a ser tomadas en esta etapa:

- ✓ Se deberán realizar las tareas de limpieza constantemente durante todas las etapas de obra.

- ✓ Se removerán todas las instalaciones, los residuos y los escombros asociados con la construcción, disponiéndose en sitios predeterminados para tales fines.
- ✓ Concluida la obra se restaurarán pendientes o líneas de drenaje modificados por los caminos de acceso.
- ✓ Se recolectará todo desecho, incluyendo los combustibles, grasas y aceites en general, y se les dará un destino final seguro.
- ✓ Se procederá a restaurar alambrados, caminos laterales, huellas y/o cualquier obra menor de carácter rural que se haya afectado.
- ✓ Se cerrará cualquier camino no requerido después de la obra y se dejará el sitio en condiciones lo más semejantes a las originales, salvo que se requieran para su uso.
- ✓ Deberán asegurarse las condiciones para favorecer la revegetación de las zonas que hayan sido temporalmente perturbadas.

## ii. **Etapa de operación**

Para prevenir y mitigar los impactos generados en la etapa de operación se proponen medidas a tener en cuenta según la etapa del proyecto que se esté llevando a cabo.

### ***Operación de la planta de tratamiento***

A continuación, se presentan las medidas a ser tomadas en esta etapa:

- ✓ Deberán cumplirse con todos los requisitos de seguridad, tales como avisos, comunicación permanente, verificación de uso de elementos de seguridad por el personal, coordinación de equipos, etc.
- ✓ Dentro del plan de tareas deben quedar perfectamente definidas las responsabilidades de cada equipo interviniente, según el plan de gestión a utilizar.
- ✓ Se deberán efectuar mediciones de ruidos según las leyes vigentes.

- ✓ Los sitios de peligro deberán estar señalizados con carteles de aviso. Las instalaciones que trabajen con tensión deberán estar bien señalizadas.
- ✓ Se evitará la circulación de vehículos y personal fuera de las áreas de trabajo, evitando así ahuyentar a la fauna silvestre.

### ***Mantenimiento de la planta de tratamiento***

A continuación, se presentan las medidas a ser tomadas en esta etapa:

- ✓ Deberán efectuarse las tareas periódicas de mantenimiento de vehículos utilizados en las diferentes etapas del proyecto. Para evitar la perturbación de los hábitats, refugios y fauna natural existente.
- ✓ Se programarán las tareas de mantenimiento para los períodos en que la fauna silvestre no se encuentre en época de apareamiento.
- ✓ Se controlará el buen funcionamiento de las maquinarias y equipos, revisando los dispositivos de control de ruido.
- ✓ Se prohíbe estrictamente la caza de fauna silvestre. Así mismo quedan prohibidas las actividades de recolección de plantas silvestres, la introducción de especies no nativas o no adaptadas.
- ✓ Los camiones que puedan generar emisión de material particulado, se cubrirán con lonas a fin de evitar la pérdida y dispersión del material que transporta.
- ✓ Se deberá proveer al personal de mantenimiento de todos los equipos de protección necesarios para asegurar las condiciones de salubridad y seguridad que establecen las normas de higiene y seguridad industrial vigentes.
- ✓ Se llevará un registro de: ruidos, vibraciones e impactos a la fauna.

## h) Plan de gestión ambiental

El Plan de Gestión Ambiental (PGA) contiene las medidas de minimización, control y monitoreo de los impactos ambientales identificados en la EIA. El PGA establece los procedimientos necesarios para el manejo ambientalmente sustentable durante la construcción, operación y mantenimiento en función de los impactos identificados; como así también, para asegurar el cumplimiento de las leyes ambientales de aplicación nacional, provincial y municipal asociadas al proyecto.

El Plan de Gestión Ambiental está compuesto por:

- 1. Programa de Seguimiento y Control (PSC):** Se especifican las medidas tendientes a salvaguardar la calidad ambiental del área de estudio y asegurar la aplicación y efectividad de las medidas desarrolladas y su control.
- 2. Programa de Capacitación (PCA):** Se especifican las acciones que serán aplicadas para la capacitación específica del personal que desarrollará las tareas en obra, con relación a las medidas de protección ambiental y de seguridad.
- 3. Programa de Seguridad e Higiene (PSH):** Se definen las medidas de prevención y recaudos a adoptar para garantizar que las tareas se ejecuten en forma segura y previniendo la ocurrencia de incidentes o accidentes laborales.
- 4. Programa de Responsabilidades y Comunicación (PRC):** Define los aspectos de comunicación y de gestión social y las responsabilidades.
- 5. Programa de Contingencias Ambientales (PCO):** Se establecen las acciones tendientes a minimizar las consecuencias negativas de una potencial contingencia ambiental en las tareas de construcción.

**6. Programa de Auditorías Ambientales (PAA):** Se establecen las acciones tendientes a controlar los aspectos ambientales de la obra.

### **i. Programa de Seguimiento y control (PSC)**

Contiene los procedimientos necesarios para minimizar los impactos ambientales potencialmente adversos durante la construcción. Tiene como objetivo realizar un control de la situación ambiental en el entorno de la obra para conservar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto, preservar los recursos sociales y garantizar una gestión sustentable y ambientalmente responsable del proyecto.

Se prevé la realización de un seguimiento mediante auditorías para evaluar el cumplimiento de las medidas descritas en el Capítulo “*Plan de contingencia*”. Estas auditorías deberán ser realizadas por especialistas independientes contratados quienes deberán efectuar un informe de monitoreo inicial, otro cada 35% de avance de la obra y un informe de monitoreo final, al terminar la etapa de construcción.

### **ii. Programa de Capacitación (PCA)**

Establece los lineamientos básicos para instruir y capacitar en temas ambientales, a todo el personal involucrado en la obra del proyecto. Se realizarán capacitaciones semanales y/o diarias al personal para dar a conocer los impactos ambientales que involucran las tareas a desarrollar, así mismo se dictarán las acciones a implementar por cada operario con el fin de minimizar los mismos.

Se recomiendan, como mínimo, incluir los siguientes contenidos:

- ✓ Introducción a temas ambientales generales
- ✓ Impactos ambientales
- ✓ Observaciones de trabajo

- ✓ Plan de contingencias
- ✓ Gestión de residuos
- ✓ Uso de extintores
- ✓ Primeros auxilios
- ✓ Protección a la fauna
- ✓ Protección a la flora
- ✓ Hallazgo de restos paleontológicos o arqueológicos
- ✓ Normativa ambiental

### iii. Programa de Seguridad e Higiene (PSH)

Establece las medidas de protección y recaudos a tomar para garantizar la seguridad del trabajador y evitar incidentes o accidentes laborales en la ejecución de tareas. Dicho programa incluye la contratación de la ART y contempla las leyes de seguridad, higiene y salud ocupacional nacional, provincial y municipal. Además, brinda información y capacitación de los trabajadores sobre las medidas de prevención de seguridad, higiene y salud. El mismo contempla el control y verificación de los riesgos de las actividades a desarrollar y debe responder a situaciones de emergencia o accidentes que afecten a los trabajadores.

Como mínimo el PSH debe poseer un conjunto de procedimientos y normas diseñados para:

- ✓ Evaluación de riesgos laborales
- ✓ Utilización de los elementos de protección personal
- ✓ Criterios de seguridad en servicios y trabajos contratados
- ✓ Permisos de trabajo
- ✓ Observaciones de trabajo
- ✓ Observaciones preventivas de seguridad
- ✓ Identificación, clasificación y jerarquización de situaciones ambientales

#### **iv. Programa de Responsabilidades y Comunicación (PRC)**

Incluye aspectos de comunicación, seguimiento de reclamos y responsabilidades de la obra. Contiene los procedimientos necesarios sobre las responsabilidades y las comunicaciones en la construcción. Para ello debe tener definida la estructura organizativa en comunicación, garantizar la comunicación entre la empresa y la población vecina y definir las responsabilidades ambientales.

En este programa se debe implementar un canal de comunicación permanente para mantener informada a la comunidad sobre la planificación y cronograma de las actividades de construcción. El encargado de la comunicación directa con la población será el jefe de obra para evitar dispersión y malentendidos. Como mínimo el encargado deberá comunicarse una vez antes del inicio de las obras, otra durante la misma y luego de la construcción. A su vez serán a bien recibir los reclamos de los vecinos por inconvenientes o eventualidades que causen impactos.

#### **v. Programa de Contingencias Ambientales (PCO)**

Se aplicará el programa en cada situación que sea catalogada como de contingencia y/o emergencia ambiental. Este incluye la preparación de procedimientos de emergencia que puedan ser activados rápidamente ante eventos inesperados.

Se entiende por contingencia toda aquella situación anormal que pueda provocar daños a las personas, las instalaciones, el ambiente y las operaciones llevadas a cabo en los equipos y transportes varios.

Las posibles contingencias ambientales pueden estar relacionadas con los siguientes ítems:

- ✓ Factores climáticos adversos (aluviones, vientos, emergencias níveas).
- ✓ Incendios y/o explosiones.

Accidentes y enfermedades del personal.

- ✓ Accidentes de tránsito.
- ✓ Derrames de hidrocarburos y/o agua de producción
- ✓ Toma ilegal de instalaciones

El PCO tiene como objetivo cumplir con las leyes nacionales, provinciales y municipales y establecer un procedimiento para los contratistas y trabajadores del proyecto para la prevención, limpieza y reporte de escapes de productos que puedan ocasionar daños al ambiente. Además, debe proporcionar información a los trabajadores para que desarrollen la capacidad de responder antes situaciones de emergencia, más allá de establecer tareas relacionadas y bien definidas a los trabajadores de cargo superior. El programa debe dar respuesta a situaciones como accidentes que afecten a las personas y al ambiente en general.

La planificación para actuar en caso de emergencias y la correspondiente preparación previa es esencial para asegurar que, en caso de un accidente, todas las acciones necesarias sean tomadas para la protección del público, del personal de la empresa, del ambiente y de los activos. Todo evento ambiental se registrará en un Acta de Accidente Ambiental.

## **vi. Programa de Auditorías Ambientales (PAA)**

Comprende la estructuración y organización del proceso de verificación sistemático, periódico y documentado del grado de cumplimiento de lo establecido en los distintos programas del PGA.

Las auditorías representarán un mecanismo para comunicar los resultados al responsable con el fin de corregir y/o adecuar los desvíos o no conformidades detectadas. El método para realizar las inspecciones y auditorías está basado en la observación, el trabajo práctico y las

condiciones de la obra, además de situaciones que causan o contribuyen con accidentes o pérdidas.

Para garantizar la objetividad del proceso, sus hallazgos y conclusiones, el o los auditores habilitados serán independientes de las actividades que auditan y del titular del proyecto. Las auditorías se realizarán al inicio de la obra, durante la misma y hasta su finalización con previo acuerdo de fecha. En la auditoría ambiental se reunirá, analizará, interpretará y registrará la información para usarla como evidencia destinada a determinar si se cumple o no con los criterios de auditoría. Para mejorar la coherencia y confiabilidad, la auditoría ambiental será conducida según métodos documentados.

## **i) Conclusiones**

En el presente Estudio de Impacto Ambiental se lograron identificar los principales factores ambientales potencialmente afectados por la construcción, operación y mantenimiento del tren de lagunas propuesto como tratamiento de los efluentes provenientes de un criadero – matadero de ovejas.

Como conclusión de la Evaluación de Impacto Ambiental realizada, se determina que la instalación del tren de lagunas no genera impactos negativos significativos. Se puede decir que las actividades de las Etapas de Construcción, Operación y Mantenimiento producirán diversos impactos sobre los factores físicos y biológicos, y sobre los factores sociales y económicos los cuales fueron presentados y ponderados en la correspondiente Matriz de Impacto Ambiental.

Aquellos impactos ambientales negativos, principalmente los potencialmente causados durante las tareas de obra tienen, en su mayoría, una incidencia de bajo nivel o moderado. Además, sus efectos se manifestarán de forma temporal permitiendo en el mediano o corto plazo,

restablecer las condiciones ambientales iniciales, es decir, aquellas previas a la realización del proyecto.

Por su parte, los impactos positivos son perdurables en el tiempo, generándose los más relevantes durante la operación de la planta de tratamiento.

Así mismo, el valor global de la matriz resultó estar dentro de la categoría de “Bajo” impacto. Por esto, se concluye que el Proyecto es **AMBIENTALMENTE VIABLE**, siempre que se respeten y cumplan las prescripciones técnicas que se plantean en el Plan de Gestión Ambiental.

## 8. Conclusiones

Se logró diseñar un sistema viable para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un criadero – matadero de ovejas, ubicado en la localidad de Pilcaniyeu, en la provincia de Río Negro. Este tratamiento permite cumplir con los límites de vuelco permitidos en aguas superficiales, según lo establecido en la Resolución N° 885/15 de Río Negro.

La alternativa “Sistemas de depuración natural” resultó ser la propuesta más viable en términos de simplicidad en la construcción, la inversión en equipamiento, la simplicidad en la operación, el mantenimiento, el control y el monitoreo. A diferencia de la alternativa “Planta de tratamiento de efluentes con reactor de lodos activos” y la alternativa “Reactor UASB seguido de un reactor de lodos activos”, la alternativa “Sistemas de depuración natural” no requiere mano de obra especializada, presenta menor sensibilidad a compuestos tóxicos, es capaz adaptarse a cambios en el caudal o a la composición del efluente (Flexible), presenta una baja generación de lodos y un bajo consumo energético, ya que se utilizan muy pocos equipos eléctricos para llevar el tratamiento a cabo.

Este proyecto cumple con los requisitos solicitados para ser elegible para obtener el financiamiento por proyecto estratégico por parte del Banco de la Nación Argentina, ya que este beneficio está dirigido a medianas y grandes empresas que busquen implementar proyectos relacionados con impacto en exportaciones/sustitución de importaciones, incorporación de empleo, incorporación de tecnología, I+D, desarrollo de proveedores locales, perspectiva de género, impacto local y/o regional, el cuidado del medioambiente/la incorporación o impulso a energías renovables.

Se puede afirmar que el proyecto tiene un impacto global bajo sobre el ambiente, trayendo aparejado un beneficio ambiental para el medio natural (físico y biológico) y para el medio socioeconómico, en términos de sanidad y de generación de empleo.

Por todo lo expuesto, se concluye que este proyecto presenta viabilidad técnica, económica y socioambiental, ya que es factible tanto por la tecnología necesaria para implementarlo, como por los sistemas de financiamiento disponibles. Genera un beneficio a la salud pública, disminuyendo la contaminación de las aguas superficiales, y se alinea con la mayoría de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), dentro de la Agenda 2030, definida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2015.

## 9. Bibliografía

- [1] Pérez-Gutiérrez, A., Dzul-Mukul, C., es al. (2015). *Uso potencial de aguas residuales de criaderos de cerdo en la producción de Capsicum chinense*. Scielo.org. Recuperado de:  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a6.pdf>
- [2] Margalef, Ramón (1983). *Limnología*. Omega, S. A. p. 831. ISBN 84-282-0714-3
- [3] Mueller, J. (2013). *La Producción Ovina en la Argentina*. INTA. Recuperado de: <https://inta.gov.ar/documentos/la-produccion-ovina-en-la-argentina>
- [4] Universidad de Antioquia (2010): "*Listado de publicaciones especializadas que apoyan ingeniería ambiental que están en las bases de datos Bibliográficas.*"
- [5] Servicio De Información Agroalimentaria. (2017). *Rumiantes: los que sí clasifican*. gob.mx. Recuperado de:  
<https://www.gob.mx/siap/articulos/rumiantes-los-que-si-clasifican>
- [6] "Opinion 2027 (Case 3010). Usage of 17 specific names based on wild species which are pre-dated by or contemporary with those based on domestic animals (Lepidoptera, Osteichthyes, Mammalia): conserved". Bulletin of Zoological Nomenclature (International Commission on Zoological Nomenclature) 60 (1): 81-84. 2003.
- [7] Manzanos, J. (2021). *Reproducción de las ovejas: fechas del ciclo reproductivo*. okdiario.com. Recuperado de: <https://okdiario.com/mascotas/cria-reproduccion-ovejas-5040608>
- [8] Yerbez, M. (2023). *¿Cómo Saber si una Borrega es Cuatera? (Tiempo de Gestación)*. Guía de Granja. Recuperado de: <https://guiadegranja.com/como-saber-si-una-borrega-es-cuatera/>
- [9] Oklahoma State University. (2021). *Breeds of Sheep*.  
<https://breeds.okstate.edu/sheep/?Forwarded=afs.okstate.edu/breeds/sheep>

- [10] Sánchez, C. (2016). *Diferenciando borrego, oveja y cordero*. Blogspot. Recuperado de: <https://enroquedeciencia.blogspot.com/2016/07/diferenciando-borrego-oveja-y-cordero-1.html>
- [11] Farmnews, New Zealand. (2007). *Accelerated lambing can work*. <https://web.archive.org/web/20081016014128/http://www.farmnews.co.nz/news/2007/nov/850.shtml>
- [12] Catédra de Pequeños Rumiantes, Facultad de Agronomía UBA. (2020). *Cuáles son las principales razas y dónde se producen los ovinos en la Argentina*. Infocampo. Recuperado de: <https://www.infocampo.com.ar/cuales-son-las-principales-razas-y-donde-se-producen-los-ovinos-en-la-argentina/>
- [13] Barelli, E. (2021). *Panorama del negocio ganadero ovino*. Todo Agro. Recuperado de: <https://www.todoagro.com.ar/panorama-del-negocio-ganadero-ovino/>
- [14] *Ovinos - Producción Primaria*. (2018). Argentina.gob.ar. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/cadenaanimal/ovinos/ovinos-produccion-primaria>
- [15] Ganzábal, A. (2014). *GUÍA PRÁCTICA DE PRODUCCIÓN OVINA EN PEQUEÑA ESCALA EN IBEROAMÉRICA*. inta.gob.ar. Recuperado de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-produccionovina\\_inta.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-produccionovina_inta.pdf)
- [16] Lüer, Levio, Romero, & Bravo, S. (2013). *Infraestructura ovina*. puntoganadero.cl. Recuperado de: [https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5cc20a9a388e9.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc20a9a388e9.pdf)
- [17] Kriger, L. (2019). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. Frigorífico de Animales Menores Cooperativa Agropecuaria Federada Gobernador Mansilla Ltda*. <http://www.entrerios.gov.ar>. Recuperado de: <http://www.entrerios.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/EsIA%20Coop%20Gdor%20Mansilla.pdf>
- [18] PROSAP. (2010). *EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL PROYECTO DESARROLLO INTEGRAL GANADERO*. [www.prosap.gov.ar](http://www.prosap.gov.ar).

Recuperado de: <http://www.prosap.gov.ar/Docs/RNegroDesarrolloGanadero-ImpactoAmbiental.pdf>

**[19]** Khan Academy. (2021). *¿Qué es la tasa de flujo volumétrico?*.

<https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-volume-flow-rate>

**[20]** HANNA Instruments Colombia. (2023). *¿Qué es la demanda química de oxígeno?*. [https://www.hannacolombia.com/blog/post/587/que-es-la-demanda-quimica-](https://www.hannacolombia.com/blog/post/587/que-es-la-demanda-quimica-oxigeno#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno%20(DQO)%20es%20un%20par%C3%A1metro%20que,(mg%20O2%2F))

[oxigeno#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno%20\(DQO\)%20es%20un%20par%C3%A1metro%20que,\(mg%20O2%2F\)](https://www.hannacolombia.com/blog/post/587/que-es-la-demanda-quimica-oxigeno#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno%20(DQO)%20es%20un%20par%C3%A1metro%20que,(mg%20O2%2F)).

**[21]** GRAF. (2023). *Demanda biológica de oxígeno (DBO5)*.

<https://www.graf.info/es-es/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/lexico/demanda-biologica-de-oxigeno-dbo5.html#:~:text=16%20from%2016->

[,Demanda%20biol%C3%B3gica%20de%20ox%C3%ADgeno%20\(DBO5\),sustancias%20contenidas%20en%20el%20agua.](https://www.graf.info/es-es/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/lexico/demanda-biologica-de-oxigeno-dbo5.html#:~:text=16%20from%2016-)

**[22]** Joseleogon. (2018). *Demanda química de oxígeno (DQO) y Demanda biológica de oxígeno (DBO)*. Steemit. Recuperado de: <https://steemit.com/stem-espanol/@joseleogon/demanda-quimica-de-oxigeno-dqo-y-demanda-biologica-de-oxigeno-dbo>

**[23]** COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra, 2005. p. 31-45.

**[24]** Hach. (2023). *Amoníaco y amonio*.

<https://es.hach.com/parameters/ammonia>

**[25]** HACH. (2023). *Fósforo*. Recuperado de:

<https://es.hach.com/parameters/phosphorus>

**[26]** Carlsberg Group (2014). *Sørensen invents the pH scale*.

<https://web.archive.org/web/20140118043012/http://www.carlsberggroup.com/Company/heritage/Research/Pages/pHValue.aspx>

[27] Yunus A, Çengel (2009). *Termodinámica, 6ta edición*. Mc Graw Hill. ISBN 978-970-10-72868.

[28] GARZÓN-ZÚÑIGA, M., & BUELNA, G. (2013). *Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México*.

www.scielo.org.mx. Recuperado de:

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000100006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100006)

[29] Martínez González, B. (2019). *EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA PORCINA Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL MANEJO DE PURINES. ESTUDIO DE CASO*. Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental. UNIVERSIDAD DE CHILE- FACULTAD DE CIENCIAS- ESCUELA DE PREGRADO. Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175505/Evaluacion-de-impactos-ambientales.pdf?sequence=1>

[30] Vicari, María P. (2012). *Efluentes en producción porcina en Argentina: generación, impacto ambiental y posibles tratamientos*. Trabajo Final de

Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias.

Universidad Católica Argentina. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efluentesproduccion-porcina-argentina.pdf>

[31] MUÑOZ MUÑOZ, D. (2005). *SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO: PARA UNA POBLACIÓN MENOR 2000 HABITANTES*. <https://dialnet.unirioja.es>. Recuperado de:

<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6117975.pdf>

[32] Beily, M. E. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES DE CERDOS, CON ÉNFASIS EN SU BIODEGRADABILIDAD ANAERÓBICA*. Tesis

presentada para el cumplimiento parcial de los requerimientos para el título de magister en gestión ambiental. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Recuperado de:

[https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/2080/INTA\\_CICVyA\\_IMyZA\\_Beily\\_ME\\_Caracterizacion\\_efluentes\\_cerdos\\_\\_enfasis\\_biodegradabilidad.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/2080/INTA_CICVyA_IMyZA_Beily_ME_Caracterizacion_efluentes_cerdos__enfasis_biodegradabilidad.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

**[33]** INDEC. (2010). *Provincia de Rio Negro. Viviendas, población por sexo e índice de masculinidad, según departamento*

**[34]** Real Patagonia. (2022). *Pilcaniyeu*. Real Patagonia. Recuperado de: <https://www.realpatagonia.com.ar/travel/pilcaniyeu/>

**[35]** INDEC. (2006). *Código de Gobiernos Locales. Anexo I*

**[36]** *Resolución N° 885/15 Rio Negro*. Recuperado de: <https://rionegro.gov.ar/download/boletin/5379%20supl.pdf>

**[37]** López, M. (2007). *Tratamiento biológico de aguas residuales aplicable a la industria avícola*. adiveter.com. Recuperado de:

[https://www.adiveter.com/ftp\\_public/A31008.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/A31008.pdf)

**[38]** NRG Manufacturing. (2011). *Mud Systems - Drilling Systems*.

<https://web.archive.org/web/20111005031033/http://www.nrgm.com/mud-systems.html>

**[39]** Tilley, E. (2018). *Laguna de estabilización*. SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management. Recuperado de:

<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/laguna-de-estabilizaci%C3%B3n>

**[40]** Engenharia Águas Claras. (2022). *Reactor UASB: Sepa que és y como funciona*. Águas Claras. Recuperado de:

<https://aguasclarasengenharia.com.br/reactor-uasb-sepa-que-es-y-como-funciona/>

**[41]** Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse by Metcalf & Eddy 4th Edition* (English Edition) (4.a ed.). McGraw-Hill Education

**[42]** *Resolución N° 607/2012 de la secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable*. Recuperado de:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/195000-199999/195663/texact.htm>

- [43] Eckenfelder, W. (2000). *Industrial Water Pollution Control* (3.a ed.). McGraw-Hill Education (ISE Editions)
- [44] Bailat, F. (2020). *Anaeróbicos*. Diseño de sistemas de tratamiento biológico. [Diapositiva de PowerPoint]
- [45] Grundfos. (2023). *Bamba sumergible de aguas residuales DPK.15.80.55.5.0E*. Recuperado de: <https://product-selection.grundfos.com/ar/products/dpk/dpk15805550e-96884087?tab=variant-curves&pumpsystemid=2064665146>
- [46] Banco de la Nación argentina. (2023). *Proyectos estratégicos*. Recuperado de: <https://www.bna.com.ar/Empresas/Novidades/ProyectosEstrategicos>
- [47] Gestión de Recursos Naturales. (2018). *LINEA DE BASE AMBIENTAL | GRN*. <https://www.grn.cl/linea-de-base-ambiental.html>
- [48] *El clima en Pilcaniyeu*. (2023). Weather Spark. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/26504/Clima-promedio-en-Pilcaniyeu-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [49] *Análisis del ambiente*. (2014). CONSULPLAN. Recuperado de: <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2017/01/IAP-Planta-de-Corte-Intermedio-GBK-Parte-2.pdf>
- [50] *PLAN DE GESTION INTEGRAL DEL RIESGO AGROPECUARIO DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO*. (2021). Rio Negro. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019/07/plan\\_girsar\\_rio\\_negro\\_2021\\_vf.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019/07/plan_girsar_rio_negro_2021_vf.pdf)
- [51] Deyges. (2022). *Proyecto ejecutivo de seis (6) centros ambientales distribuidos en el Sur del territorio argentino*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/06/eia\\_-\\_alto\\_valle.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/06/eia_-_alto_valle.pdf)
- [52] *Río Negro - Pilcaniyeu*. (2023). Río Negro. Recuperado de: [https://turismo.rionegro.gov.ar/localidad/pilcaniyeu\\_177](https://turismo.rionegro.gov.ar/localidad/pilcaniyeu_177)

- [53] Loyola, L. (2014). *Disponibilidad de Recursos y Condiciones Agroclimáticas de la Provincia de Río Negro*. FAO.org. Recuperado de:  
<https://www.fao.org/3/br168s/br168s.pdf>
- [54] Provincia De Río Negro. (2021). *Aguas Rionegrinas recomienda cuidar el agua potable en Pilcaniyeu y Comallo | Gobierno de Río Negro*. Recuperado de:  
<https://rionegro.gov.ar/articulo/39111/aguas-rionegrinas-recomienda-cuidar-el-agua-potable-en-pilcaniyeu-y-comallo>
- [55] Río Negro. (2013). *Hay menos agua en el subsuelo de la Región Sur. Diario Río Negro | Periodismo en la Patagonia*. Recuperado de:  
[https://www.rionegro.com.ar/hay-menos-agua-en-el-subsuelo-de-la-region-su-FPRN\\_1399601/](https://www.rionegro.com.ar/hay-menos-agua-en-el-subsuelo-de-la-region-su-FPRN_1399601/)
- [56] *Pilcaniyeu Check List*. (2023). iNaturalist Ecuador. Recuperado de:  
[https://ecuador.inaturalist.org/check\\_lists/17221-Pilcaniyeu-Check-List?q=&view=photo&taxon=&observed=any&threatened=any&establishment\\_means=any&occurrence\\_status=not\\_absent&rank=species&taxonomic\\_status=active&commit=Filtro](https://ecuador.inaturalist.org/check_lists/17221-Pilcaniyeu-Check-List?q=&view=photo&taxon=&observed=any&threatened=any&establishment_means=any&occurrence_status=not_absent&rank=species&taxonomic_status=active&commit=Filtro)
- [57] *Informe diagnóstico de Río Negro*. (2020). Argentina.gob.ar. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20.08.06\\_informe\\_rn.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20.08.06_informe_rn.pdf)
- [58] Pantano, E. (2012). *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE ASPECTOS SOCIOPRODUCTIVOS DE LA LÍNEA SUR*. Universidad Nacional de Río Negro. Recuperado de:  
<https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/5629/1/Aspectos%20socioprodutivos%20de%20la%20L%C3%ADnea%20Sur.pdf>
- [59] Centro Atómico Bariloche. (2022). *Enriquecimiento de Uranio*.  
<https://www.argentina.gob.ar/cnea/cab>
- [60] *El servicio eléctrico en Río Negro*. (2023). rionegro.gob.ar. Recuperado de:  
<https://energia.rionegro.gov.ar/servicio/137/servicio-electrico-en-rionegro?n=NDM5>
- [61] *Preocupación por los bajos niveles de agua y la contaminación del Río Negro*. (2023). FOROAMBIENTAL. Recuperado de:

<https://www.foroambiental.net/archivo/noticias-ambientales/recursos-naturales/1678-el-rio-negro-presenta-muy-bajos-niveles-de-agua-y-hay-preocupacion#:~:text=Uno%20de%20los%20factores%20principales,que%20ya%20lleva%20varios%20meses>

## 10. ANEXOS

Tabla anexa 1: Solubilidad del oxígeno en agua dulce, a diferentes temperaturas, expuesto al aire a presión constante.

Temp (°C)	Solubil. (mg/l)	Temp (°C)	Solubil. (mg/l)	Temp (°C)	Solubil. (mg/l)
0	14,6	16	9,9	32	7,3
1	14,2	17	9,7	33	7,2
2	13,8	18	9,5	34	7,1
3	13,5	19	9,3	35	7,0
4	13,1	20	9,1	36	6,8
5	12,8	21	8,9	37	6,7
6	12,5	22	8,7	38	6,6
7	12,1	23	8,6	39	6,5
8	11,9	24	8,4	40	6,4
9	11,6	25	8,3	41	6,3
10	11,3	26	8,1	42	6,2
11	11,0	27	8,0	43	6,1
12	10,8	28	7,8	44	6,0
13	10,5	29	7,7	45	5,9
14	10,3	30	7,6	46	5,8
15	10,1	31	7,4	47	5,7

Tabla anexa 2: Valores de corrección para varias presiones atmosféricas y elevaciones.

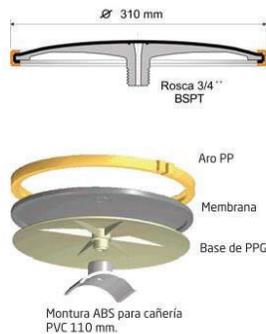
Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)	Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)
1023	-84	1,01	841	1544	0,83
1013	0	1,00	831	1643	0,82
1003	85	0,99	821	1743	0,81
993	170	0,98	811	1843	0,80
988	256	0,97	800	1945	0,79
973	343	0,96	790	2047	0,78
963	431	0,95	780	2151	0,77
952	519	0,94	770	2256	0,76
942	608	0,93	760	2362	0,75
932	698	0,92	750	2469	0,74
922	789	0,91	740	2577	0,73
912	880	0,90	730	2687	0,72
902	972	0,89	719	2797	0,71
892	1066	0,88	709	2909	0,70
882	1160	0,87	699	3203	0,69
871	1254	0,86	689	3137	0,68
861	1350	0,85	679	3253	0,67
851	1447	0,84	669	3371	0,66



## Información Técnica

Los difusores de membrana Repicky se fabrican en dos versiones, de burbuja fina y de burbuja gruesa.

Los primeros, modelo RG-300 con miles de microperforaciones, permiten obtener valores muy altos de transferencia de  $O_2$  siendo ideales para su instalación en los reactores aeróbicos de las plantas de tratamiento de efluentes, tanto industriales como cloacales.



Para otros diámetros o materiales de cañerías consultar el tipo de adaptador.

Por otra parte los difusores de burbuja gruesa modelo CB-300, se utilizan en tanques de equalización, digestores aeróbicos y también en cámaras de aireación de efluentes con muy baja demanda de  $O_2$  (DBO).

Consulte por nuevos materiales disponibles para su efluente industrial.

### Difusor de burbuja fina | RG-300

Rango de caudal: 2 a 8  $Nm^3/hora$

Caudal de diseño: 5  $Nm^3/hora$

Pérdida de carga: 20 mbar para 2  $Nm^3/hora$   
40 mbar para 5  $Nm^3/hora$   
70 mbar para 8  $Nm^3/hora$

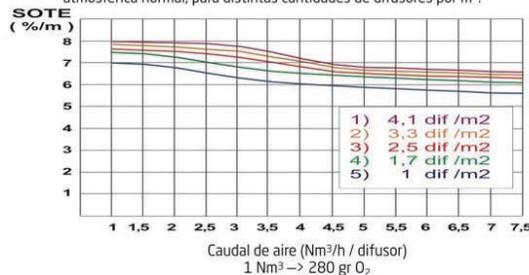
Densidad: 1 a 6 difusores/ $m^2$

SOTE: 15,4 gr. (5,5%) a 22,4 gr. (8%) por  $m^3/h$  de aire y por m de profundidad.

Eficiencia de transferencia de  $O_2$ : 2,5 – 6 Kg.  $O_2/KWh$



Transferencia de  $O_2$  para el modelo RG-300 por metro de profundidad en función del caudal de aire por difusor ( $m^3/h$ ) a 20 °C, agua limpia y presión atmosférica normal, para distintas cantidades de difusores por  $m^2$ .



La membrana de EPDM o Acrilo nitrilo de ambos modelos, permite operar en forma intermitente, sin que ingrese líquido a las cañerías sumergidas facilitando el arranque de los soplores de aire.

### Difusor de burbuja gruesa | CB-300

Rango de caudal: 3 a 25  $Nm^3/hora$

Caudal de diseño: 10  $Nm^3/hora$

Pérdida de carga: 20 mbar para 3  $Nm^3/hora$   
40 mbar para 10  $Nm^3/hora$   
70 mbar para 25  $Nm^3/hora$

Densidad: 0,5 a 3 difusores/ $m^2$

SOTE: 5,1 gr. (1,8%) a 7,4 gr. (2,6%) por  $m^3/h$  de aire y por m de profundidad.

Eficiencia de transferencia de  $O_2$ : 0,8 – 2 Kg.  $O_2/KWh$

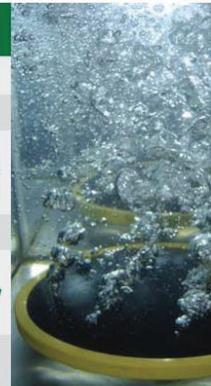


Figura anexa 1: Parámetros operativos de los difusores de la marca Repicky.



## Tabla de Selección de Sopladores trabajando como Compresor

Los valores indicados con una tolerancia de +/- 5 %, tanto de caudal de aspiración como de potencia del cabezal sin accesorios, corresponden a presión atmosférica normal P= 1013 mbar y temperatura de admisión del aire T = 20°C.  
 Para otros gases y/o condiciones operativas, consultar.



Modelo	100		200		300		400		500		600		700		800		900		1000		
	RPM	Q m³/h	P HP																		
R100	1450	29.6	0.4	23.1	0.5	18	0.7	13.7	0.9												
	2250	54	0.6	47.5	0.8	42.2	1.1	38.1	1.4	34.3	1.6	30.8	1.8								
	2900	74	0.7	67.3	1.1	62.2	1.4	57.9	1.6	54.1	2.0	50.6	2.3	47.4	2.7						
	4500	123	1.5	116	1.6	111	2.1	107	2.6	103	3.1	99	3.7	96	4.2						
R200	1450	63	0.6	52	0.9	43.3	1.3	35.9	1.6												
	2250	112	0.9	101	1.4	92.1	1.9	84.6	2.4	78.1	2.9	72.1	3.4								
	2900	152	1.2	140	1.8	132	2.4	124	3.1	118	3.8	112	4.5	106	5.1	101	5.7				
	4500	249	1.7	238	2.8	229	3.8	222	4.9	215	5.8	209	6.9	204	7.9						
R300	1450	89	0.6	80	1.1	65	1.5	56	1.9	48	2.4										
	2250	156	0.9	142	1.6	131	2.3	122	3.0	114	3.7	107	4.4	100	5.0						
	2900	210	1.2	196	2.0	185	3.0	176	3.9	168	4.8	161	5.6	154	6.5	148	7.5				
	4500	342	1.8	328	3.2	318	4.7	309	6.0	301	7.4	293	8.7	286	10.2	280	11.5				
R500	1450	142	1.0	132	1.6	112	2.3	101	3.0	91	3.6	82	4.3	74	4.9						
	2250	241	1.5	225	2.5	211	3.6	200	4.6	190	5.6	181	6.7	173	7.8						
	2900	322	1.9	306	3.3	292	4.6	281	5.9	271	7.3	262	8.6	254	10.0	246	11.3				
	4500	521	3.0	504	5.0	491	7.1	480	9.2	470	11.3	461	13.4	452	15.4	444	17.6	437	19.6		
R600	1450	185	1.2	158	2.1	138	3.0	120	3.9	105	4.9										
	2250	319	1.8	293	3.3	272	4.7	255	6.1	239	7.5	225	8.9	212	10.3						
	2900	429	2.4	402	4.2	382	6.0	364	7.9	349	9.7	335	11.4	321	13.3	309	15.1				
	4500	698	3.7	692	6.5	651	9.3	634	12.1	618	14.9	604	17.8	591	20.7						
R1000	1450	297	2.0	275	3.3	259	4.6	245	5.8	232	7.2	221	8.4	210	9.7						
	2250	487	3.1	466	5.1	449	7.1	435	9.1	422	11.1	411	13.1	400	15.0	390	17.1	381	19.0		
	2900	641	4.0	620	6.6	603	9.1	589	11.7	577	14.3	565	16.8	555	19.4	545	21.9	535	24.5	527	27.1
	4300	974	5.9	953	9.8	936	13.6	922	17.4	910	21.1	898	24.9	888	28.7	878	32.6	868	36.4		
R1200	1450	433	2.5	407	4.4	387	6.2	370	8.1	355	9.8	341	11.8	329	13.5	317	15.3				
	2250	703	4.0	677	6.8	657	9.6	640	12.4	625	15.2	612	18.0	599	21.0	587	23.8				
	2900	922	5.0	897	8.7	877	12.4	860	16.0	845	19.7	831	23.3	819	27.0	807	30.6				
	4300	1395	7.6	1370	13.0	1350	18.3	1333	23.8	1318	29.2	1304	34.5	1292	40.0						
R1.5	1450	605	4.0	570	6.5	543	9.0	520	11.6	499	14.2	481	16.7	464	19.2	448	21.7				
	2250	981	6.2	947	10.1	920	14.1	897	18.0	877	21.9	859	25.9	840	29.9	825	33.8	809	37.7	795	41.7
	2900	1288	8.0	1253	13.1	1226	18.1	1203	23.2	1183	28.3	1164	33.4	1147	38.4	1131	43.6	1115	48.6	1101	53.7
	3400	1523	9.5	1489	15.3	1461	21.2	1438	27.3	1371	31.2	1352	37.9	1335	43.7	1319	49.6	1304	55.3	1290	61.1
R2.0	1450	892	5.1	850	8.8	816	12.5	788	16.2	763	19.8	740	23.5	719	27.2	699	30.8				
	2250	1437	8.0	1395	13.7	1362	19.4	1333	25.0	1308	30.7	1285	36.5	1264	42.2	1244	47.8				
	2900	1881	10.3	1838	17.6	1805	24.9	1776	32.3	1751	39.7	1728	46.9	1707	54.3	1688	61.7				
	3400	2222	12.0	2179	20.7	2146	29.3	2117	37.8	2126	47.1	2069	55.1	2048	63.7						
R2.5	1450	1269	7.5	1213	13.3	1170	19.2	1133	25.1	1100	31.0	1070	36.8								
	2250	2039	11.6	1983	20.7	1940	29.8	1903	38.9	1870	48.0	1840	57.1								
	2900	2665	15.0	2609	26.7	2565	38.4	2528	50.2	2495	61.9	2465	73.7								
	3400	3147	17.5	3090	31.3	3046	45.2	3009	58.9	2976	72.5										
R3.0	1450	1268	7.4	1212	12.5	1168	17.8	1131	22.9	1098	28.1	1068	33.3	1041	38.5	1015	43.7	990	48.8		
	1750	1556	8.9	1500	15.1	1457	21.4	1420	27.6	1387	34.0	1357	40.2	1329	46.4	1303	52.7	1279	59.0	1255	65.2
	2250	2037	11.4	1981	19.5	1937	27.5	1900	35.5	1867	43.6	1837	51.6	1810	59.7	1784	67.7	1759	75.8	1736	83.8
	2750	2517	14.0	2462	23.8	2418	33.7	2381	43.5	2348	53.3	2318	63.1	2290	72.9	2264	82.7	2240	92.6		
R3.5	1450	1707	9.2	1626	16.2	1562	23.3	1508	30.3	1461	37.2	1418	44.3	1377	51.3	1340	58.4				
	1750	2097	11.1	2016	19.6	1953	28.0	1899	36.6	1851	45.0	1808	53.4	1768	62.0	1731	70.4				
	2250	2749	14.3	2667	25.1	2605	36.1	2551	46.9	2503	57.9	2460	68.2	2420	79.6	2382	90.6				
	2750	3400	17.5	3319	30.7	3256	44.1	3202	57.4	3144	70.7	3111	84.1	3071	97.4	3033	111				
R3.8	1450	2408	12.2	2280	22.2	2180	32.2	2098	42.3	2020	52.3	1952	62.4								
	1750	2967	14.7	2838	26.9	2738	38.9	2654	51.2	2578	63.1	2510	75.3								
	2250	3897	18.9	3768	34.5	3668	50.1	3583	65.6	3509	81.2	3440	96.7								
	2750	4827	23.2	4698	42.2	4598	61.2	4513	80.2	4438	99.2	4370	118								
R4.0	1000	1676	9.4	1600	16.3	1539	23.2	1488	30.1	1442	36.9	1400	43.7	1363	50.6	1326	57.5	1293	64.4	1259	71.3
	1450	2510	13.6	2432	23.6	2372	33.6	2320	43.6	2274	53.4	2233	63.4	2196	73.5	2160	83.4	2126	93.4	2094	103
	1750	3065	16.4	2987	28.4	2927	40.5	2876	52.6	2830	64.6	2788	76.6	2750	88.7	2714	101	2681	113	2648	125
	2150	3804	20.2	3728	34.9	3667	49.8	3616	64.5	3570	79.3	3528	94.1	3490	109	3454	124	3421	139		
R4.5	1000	2262	11.7	2160	21.0	2080	30.3	2014	39.6	1953	48.8	1900	58.1	1848	67.3	1800	77				
	1450	3382	17.1	3281	30.5	3202	43.9	3134	57.3	3074	70.8	3020	84.2	2970	97.7	2923	111				
	1750	4131	20.6	4028	36.8	3950	55.7	3882	69.3	3822	85.5	3768	102	3718	118	3670	134				
	2150	5128	25.3	5025	45.2	4947	65.2	4978	84.6	4818	105	4763	125	4714	145						
R5.0	900	3080	18.8	2945	31.4	2842	44.0	2752	56.6	2675	69.2	2605	82	2537	94	2475	107	2418	119	2360	129
	1150	4020	24.2	3885	40.2	3780	56.2	3692	72.3	3612	88.3	3542	104	3475	120	3414	136	3356	153	3300	169
	1450	5145	30.4	5010	50.6	4907	70.9	4820	91.2	4740	111	4670	132	4603	152	4540	172	4482	192	4427	213
	1700	6084	35.6	5950	59.4	5845	83.1	5757	107	5680	131	5609	154	5543	178	5480	202	5420	226		
R5.5	900	4640	25.0	4465	43.7	4325	62.5	4208	81.2	4107	100	4010	119	3925	137	3840	156				
	1150	6040	32.0	5865	56.0	5725	79.8	5607	104	5505	128	5410	152	5325	176	5240	200				
	1450	7720	40.4	7545	70.5	7405	101	7290	131	7185	161	7090	191	7000	221	6920	252				
	1700	9120	47.2	8940	82.6	8805	118	8690	153	8585	189	8490	224	8400	260						
R6.0	800	5890	34.5	5675	58.2	5510	81.9	5370	106	5245	129	5130	153	5025	177	4925	200	4835	224	4745</	

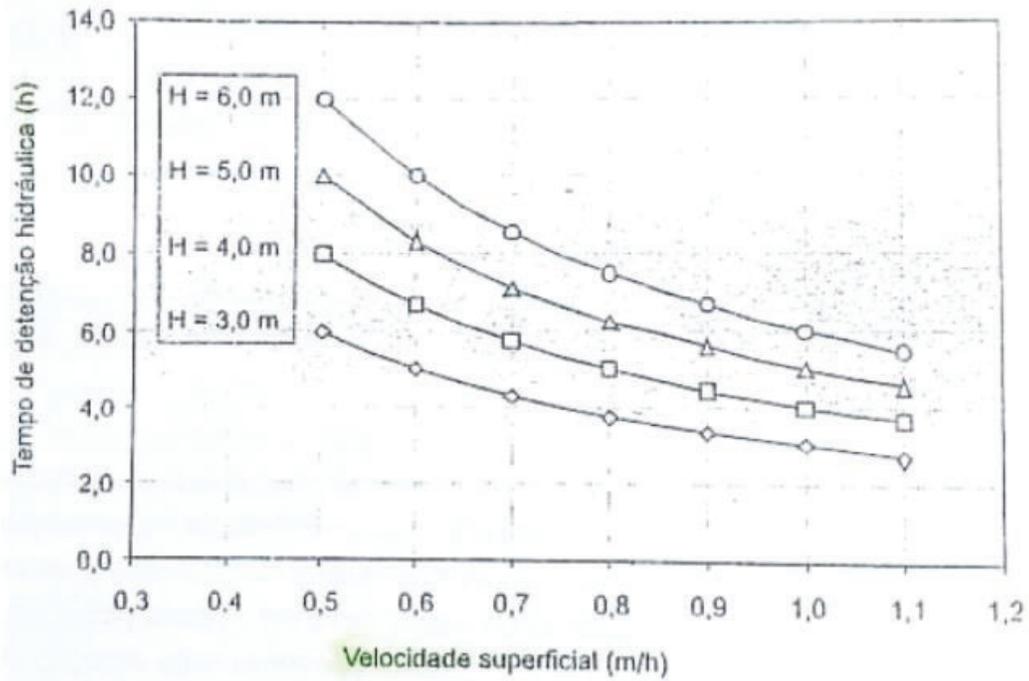


Figura anexa 3: Parámetros operativos de los sopladores de la marca Repicky.

# LÍNEA INFRA

Línea de tubos de PVC y PEAD para acueductos, desagües pluviales, ductos telefónicos, redes de agua potable, redes y colectores cloacales.

## FORTENOR POTABLE

Línea de tubos de PVC para acueductos y redes de agua potable de Ø 50 a 630 mm.

CÓDIGO	DIÁM. EXT. (mm)	ESP. (mm)	LONG. (m)	PRESIÓN Kg./cm <sup>2</sup>
T6 050 X 6 IRAM	50	1,7	6	6
T6 063 X 6 IRAM	63	1,9	6	6
T1 063 X 6 IRAM	63	3	6	10
T6 075 X 6 IRAM	75	2,2	6	6
T1 075 X 6 IRAM	75	3,6	6	10
T6 090 X 6 IRAM	90	2,7	6	6
T1 090 X 6 IRAM	90	4,3	6	10
T6 110 X 6 IRAM	110	3,2	6	6
T1 110 X 6 IRAM	110	5,3	6	10
T6 125 X 6 IRAM	125	3,7	6	6
T1 125 X 6 IRAM	125	6	6	10
T6 140 X 6 IRAM	140	4,1	6	6
T1 140 X 6 IRAM	140	6,7	6	10
T6 160 X 6 IRAM	160	4,7	6	6
T1 160 X 6 IRAM	160	7,7	6	10
T6 200 X 6 IRAM	200	5,9	6	6
T1 200 X 6 IRAM	200	9,6	6	10
T6 225 X 6 IRAM	225	10,8	6	10
T6 250 X 6 IRAM	250	7,3	6	6
T1 250 X 6 IRAM	250	11,9	6	10
T6 315 X 6 IRAM	315	9,2	6	6
T1 315 X 6 IRAM	315	15	6	10
T6 355 X 6 IRAM	355	10,4	6	6
T1 355 X 6 IRAM	355	16,9	6	10
T6 400 X 6 IRAM	400	11,7	6	6
T1 400 X 6 IRAM	400	19,1	6	10
T6 500 X 6 IRAM	500	14,6	6	6
T1 500 X 6 IRAM	500	23,9	6	10
T6 630 X 6 IRAM	630	18,4	6	6

## FORTENOR SANEAMIENTO

Línea de tubos de PVC para redes cloacales con junta deslizante color blanco de Ø 110 a 630 mm.

CÓDIGO	DIÁM. EXT.(mm)	ESP.(mm)	LONG.(m)
KMT 110 x 6 IRAM	110	3,2	6
KMT 160 x 6 IRAM	160	3,2	6
KMT 200 x 6 IRAM	200	4	6
KMT 250 x 6 IRAM	250	4,9	6
KMT 315 x 6 IRAM	315	6,2	6
KMT 355 x 6 IRAM	355	7	6
KMT 400 x 6 IRAM	400	7,9	6
KMT 500 x 6 IRAM	500	9,8	6
KMT 630 x 6 IRAM	630	12,4	6

LOS TUBOS SE PROVEERÁN EN 6 METROS DE LONGITUD.



## FORTENOR SANEAMIENTO

SELLO DE CONFORMIDAD  
IRAM 13325/ 13326/ 113035

## FORTENOR POTABLE

SELLO DE CONFORMIDAD  
IRAM 13350/ 13351/ 13352/ 113035

## ACCESORIOS DE PVC

Junta elástica de uso cloacal

CÓDIGO	DIÁM. EXT. (mm)
F 3145 JE	Ramal J.E. Diám. 110-110 x 45° MH
F 3454 JE	Ramal J.E. Diám. 160-110 x 45° MH
F 3458 JE	Ramal J.E. Diám. 160-110 x 45° HHH
F 2115 JE	Curva Larga J.E. Diám. 110 x 45° MH
F 2045 JE	Curva Corta J.E. Diám. 110 x 45° MH
F 2165 JE	Curva J.E. Diám. 160 x 45° MH
F 2160 JE	Codo J.E. Diám. 160 x 90° MH
F 7210	Dilatador/ Manguito de Empotramiento J.E. Diám. 110
F 6111 JE	Cupla Reparación J.E. Diám. 110
F 6601 JE	Cupla Reparación J.E. Diám. 160

Figura anexa 4: Folleto línea INFRA. Fuente: Tuboforte Argentina.

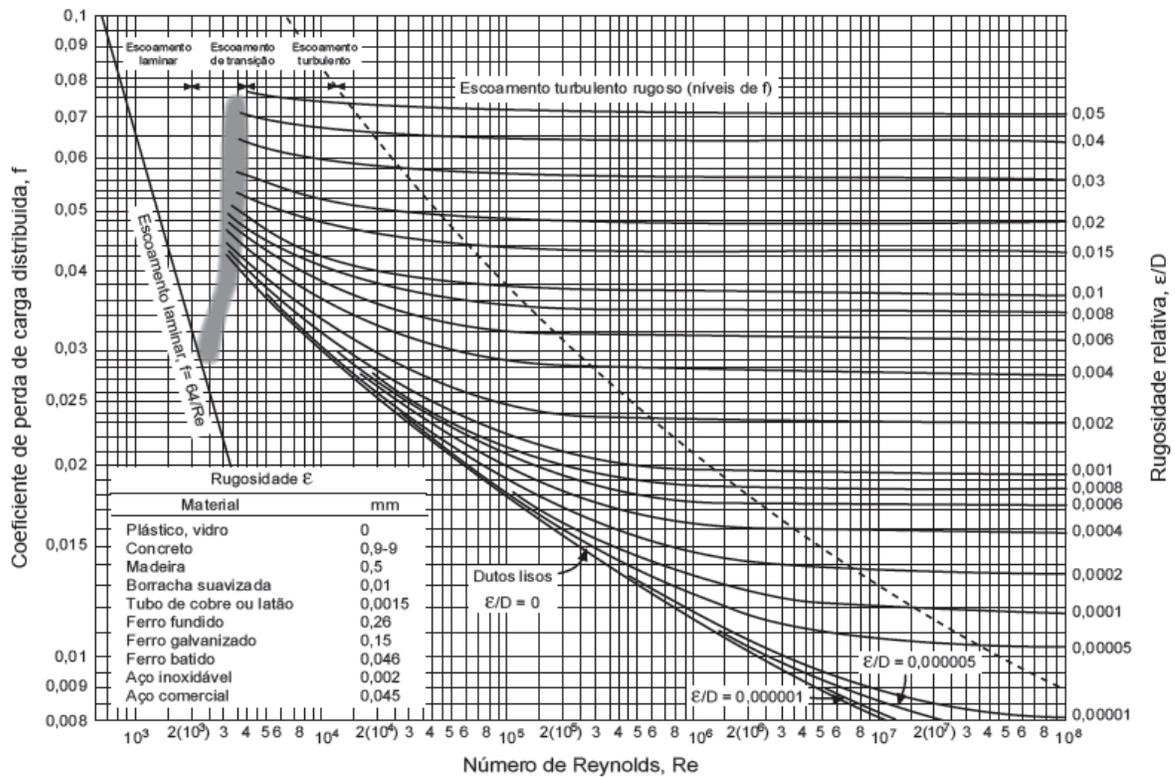


Figura anexa 5: Diagrama de Moody-Rouse. Fuente: Google imágenes.

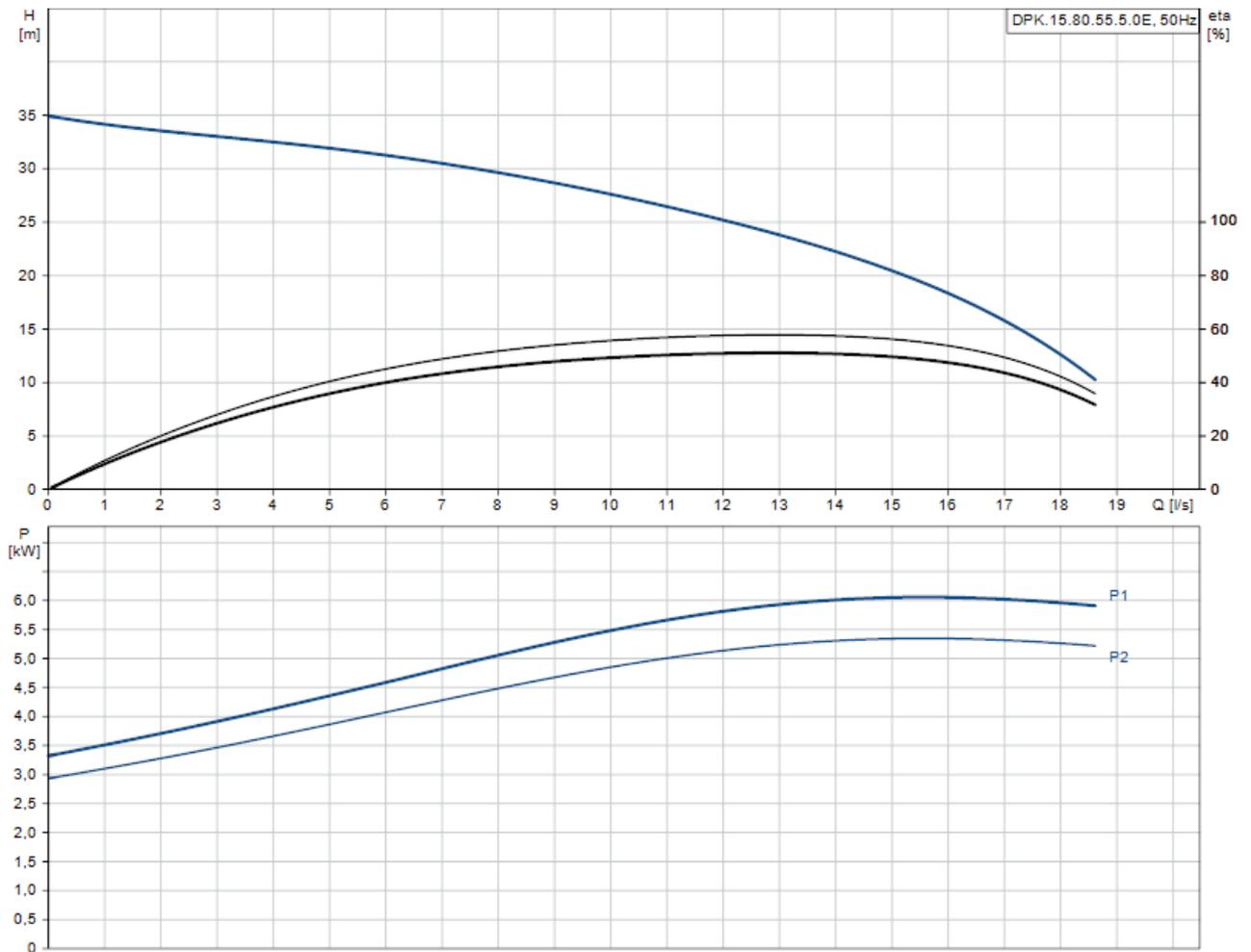


Figura anexa 6: Curva de rendimiento de bomba sumergible DPK.15.80.55.5.0E.

Fuente: Grundfos.

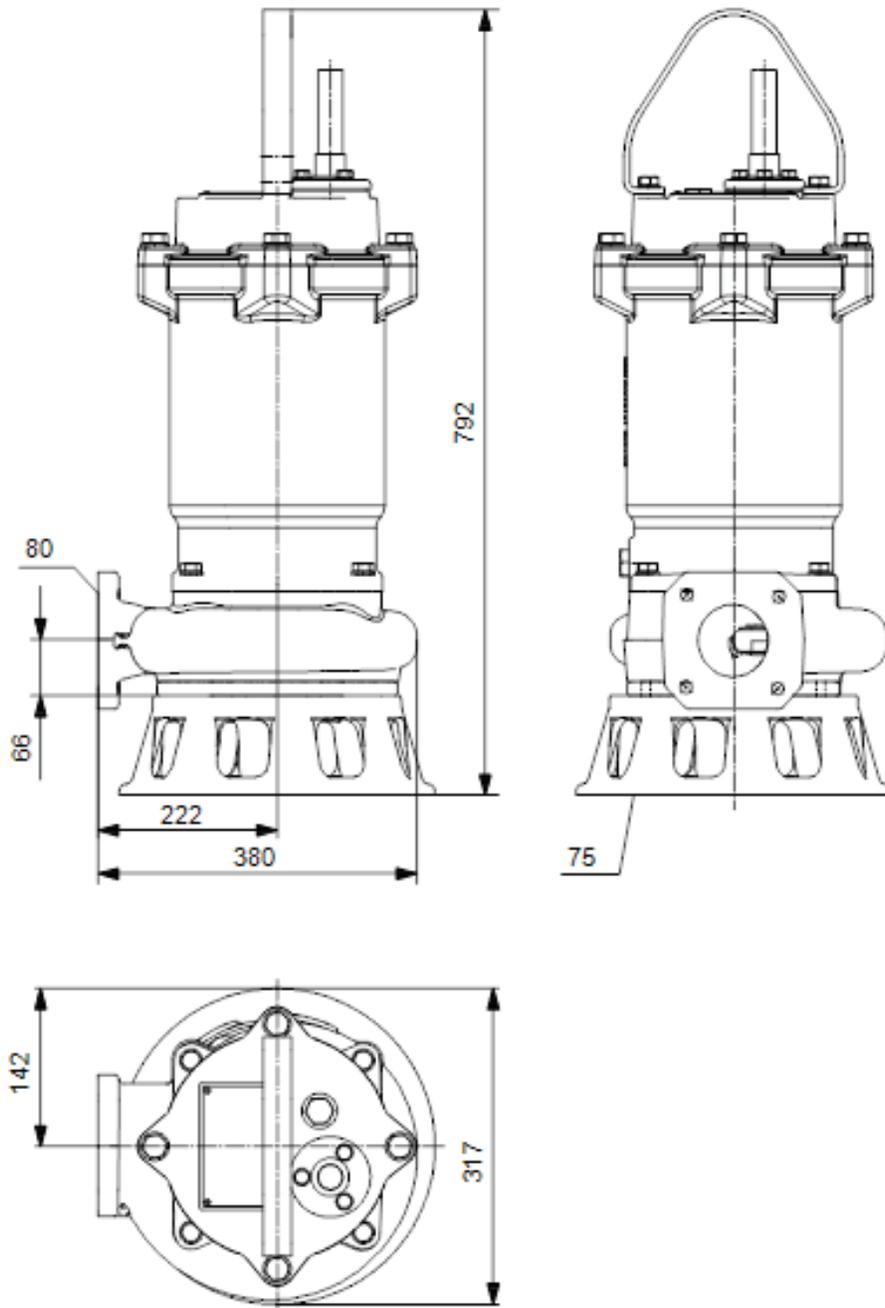
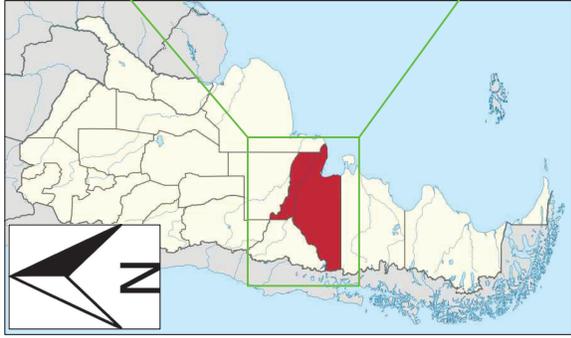
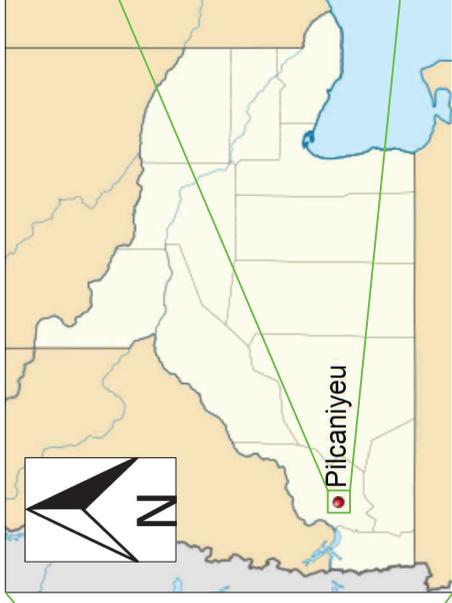


Figura anexa 7: Planos de bomba sumergible DPK.15.80.55.5.0E. Las medidas están en mm. Fuente: Grundfos.



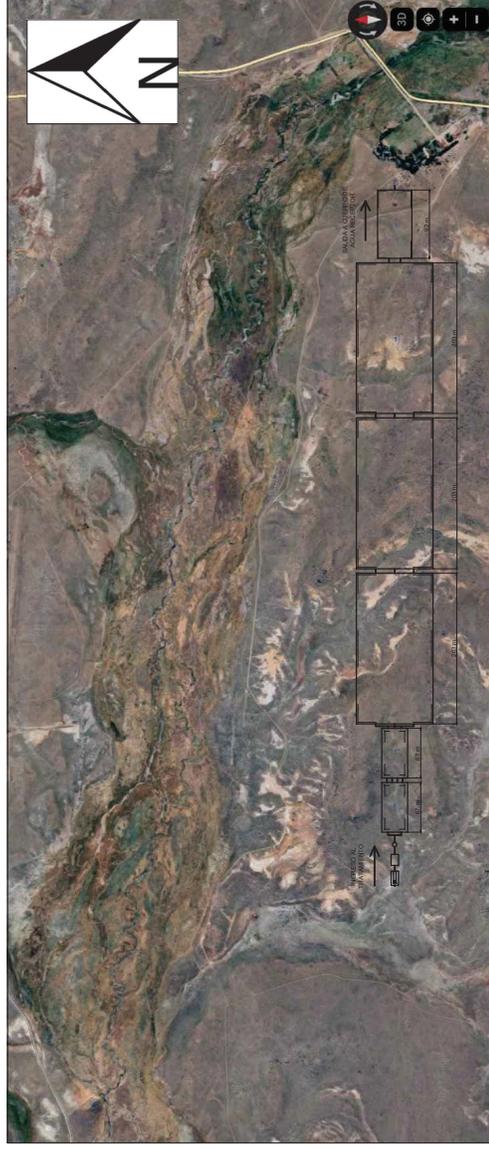
República Argentina



Provincia de Río Negro

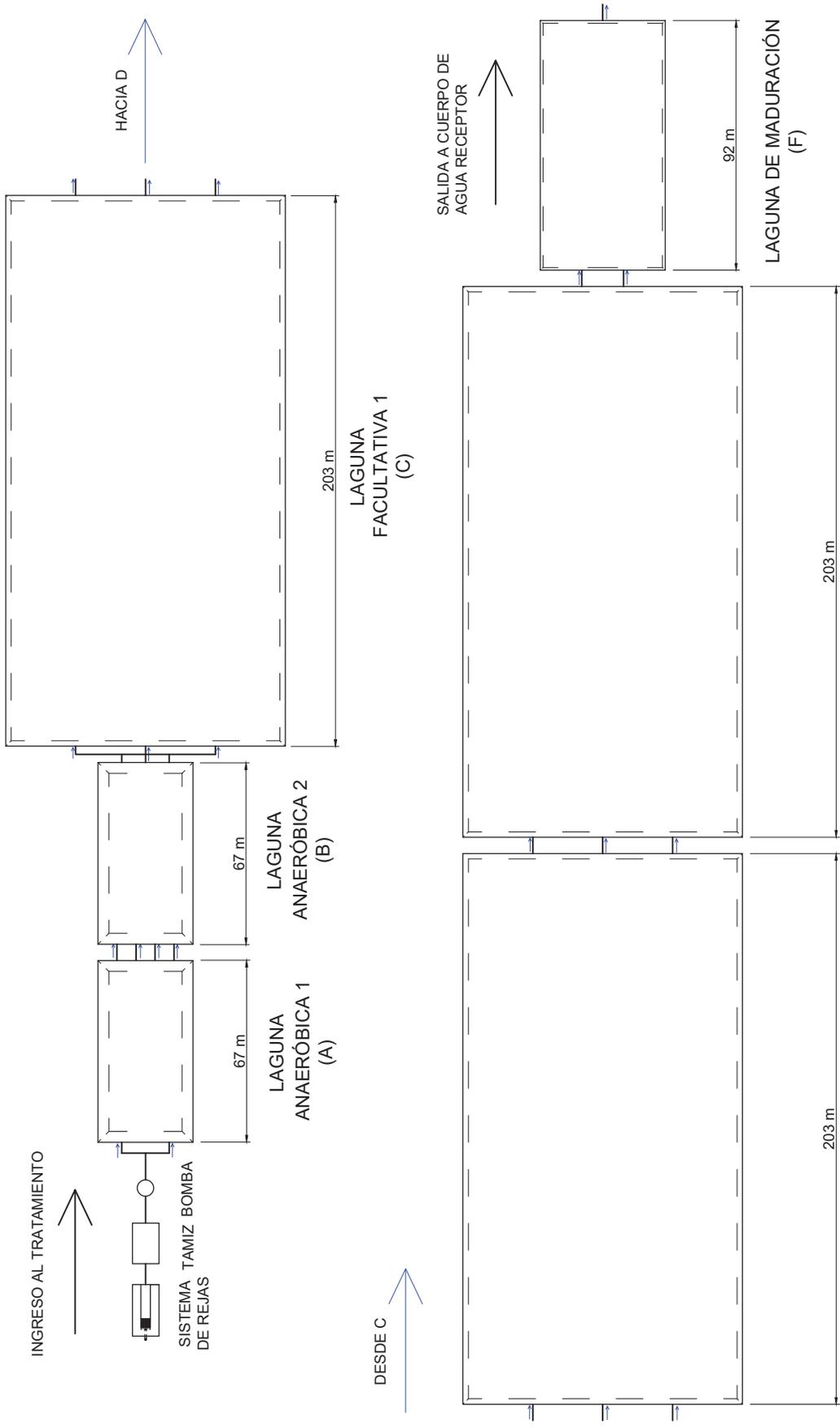


Pilcaniyeu



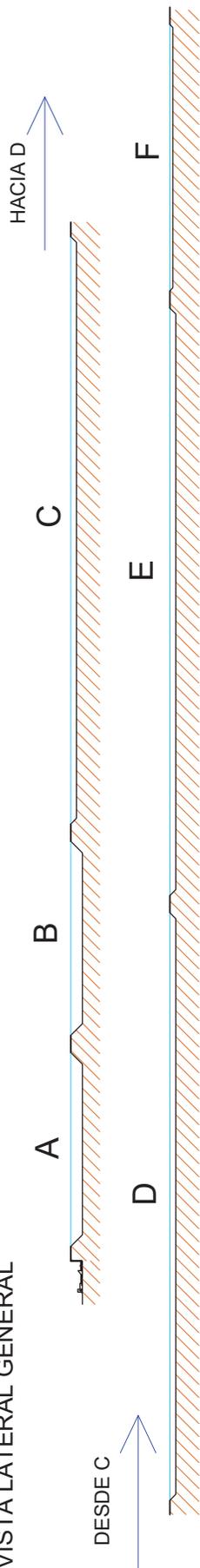
Implantación del Tratamiento

Dibujo:	Nombre	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro
Revisó:		
Aprobó:		
Fecha:		
Escala:	3:20000	
Plano N°:	01	
Implantación del proyecto		
Alumno: Nicolás Rotella Carrera: Ingeniería Ambiental		
 <b>Universidad Nacional de San Martín</b>		

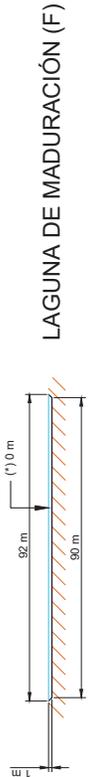
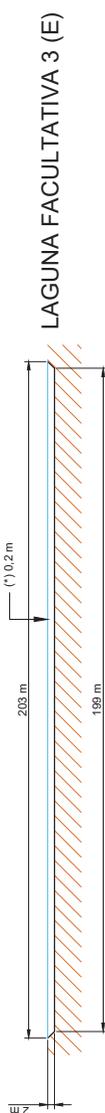
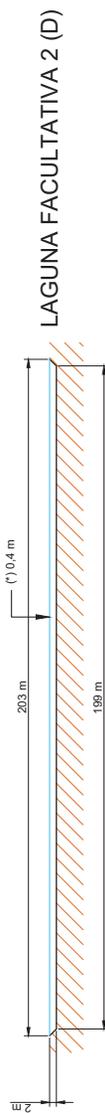
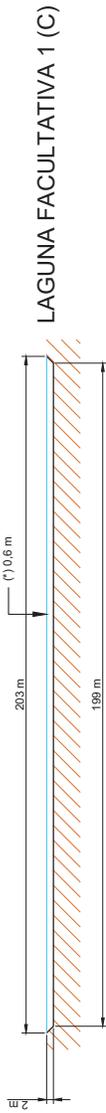
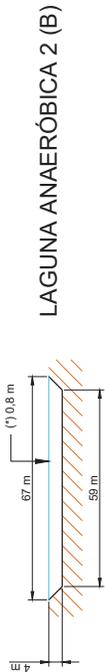


Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcanyeu, provincia de Río Negro	Nombre	Fecha
Universidad Nacional de San Martín		
Alumno: Nicolás Rotella	Vista en planta del sistema de tratamiento	
Carrera: Ingeniería Ambiental	02	
Dibujo:	Revisó:	Aprobó:
Fecha:	Nombre:	Fecha:
Escala: 1:1500	Plano N°:	

### VISTA LATERAL GENERAL



### DETALLE LATERAL INDIVIDUAL

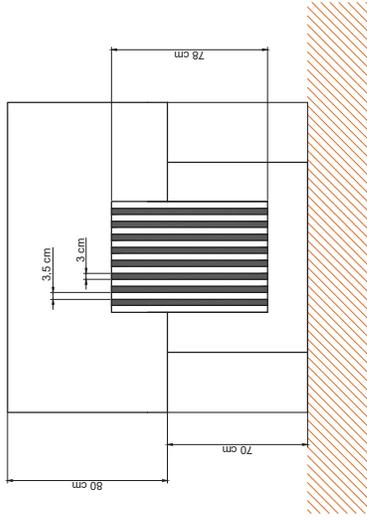


(\*) Distancia entre el Pelo de Agua y la Línea de Suelo

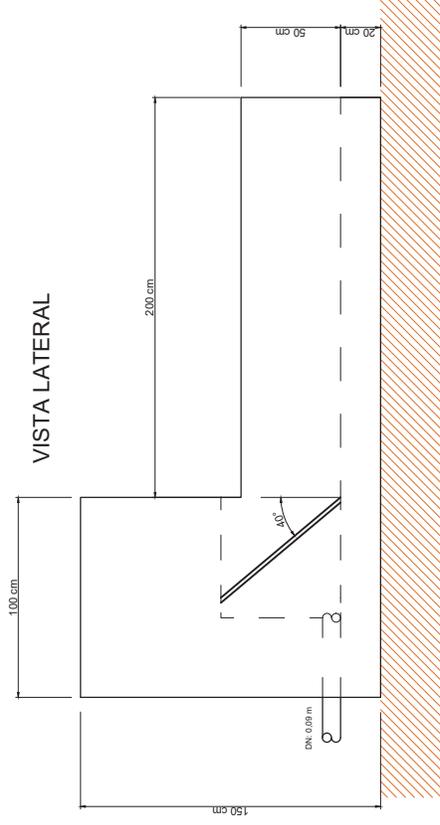
Dibujo:	Fecha	Nombre	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro
Revisó:			
Aprobó:			
Escala:	1:1500		
Plano N°:	03		
Vista lateral del sistema de tratamiento			Alumno: Nicolás Rotella
			Carrera: Ingeniería Ambiental



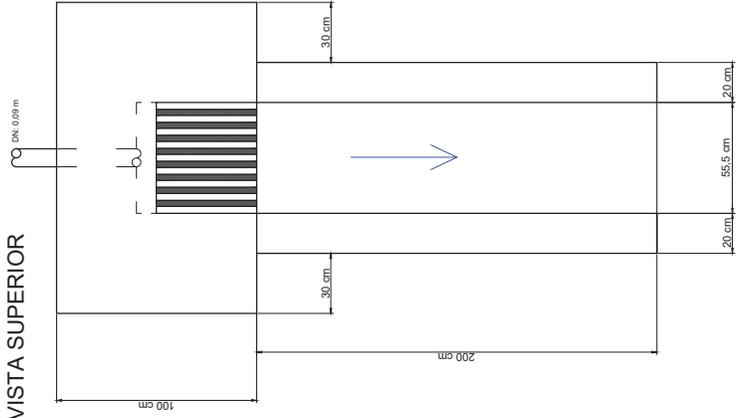
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



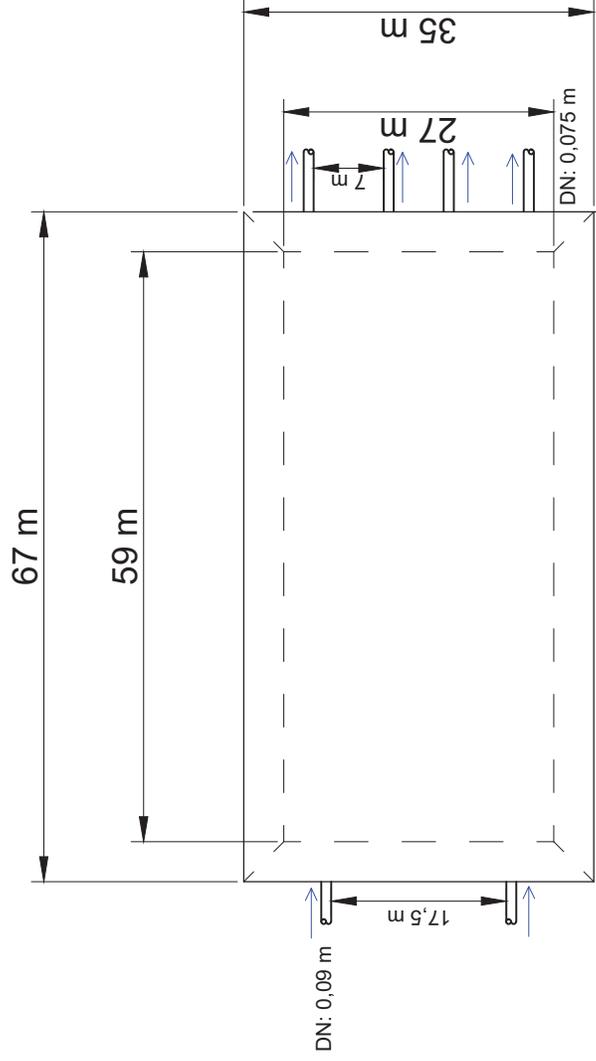
VISTA SUPERIOR



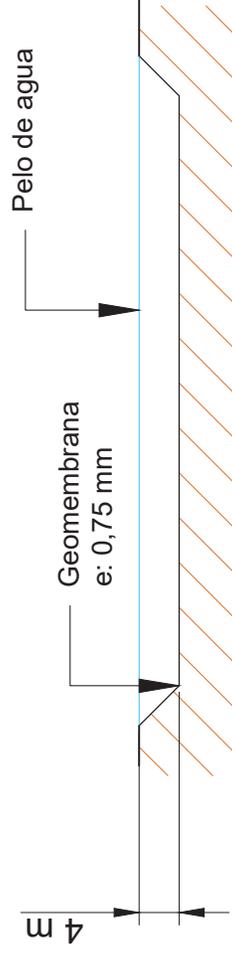
Dibujo:	Nombre	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcanyeu, provincia de Río Negro
Revisó:		
Aprobó:		
Fecha:		
Escala: 1:2500		
Plano N°: 04		
Vistas fundamentales del sistema de rejillas		
Alumno: Nicolás Rotella		Carrera: Ingeniería Ambiental



# VISTA SUPERIOR



# VISTA LATERAL

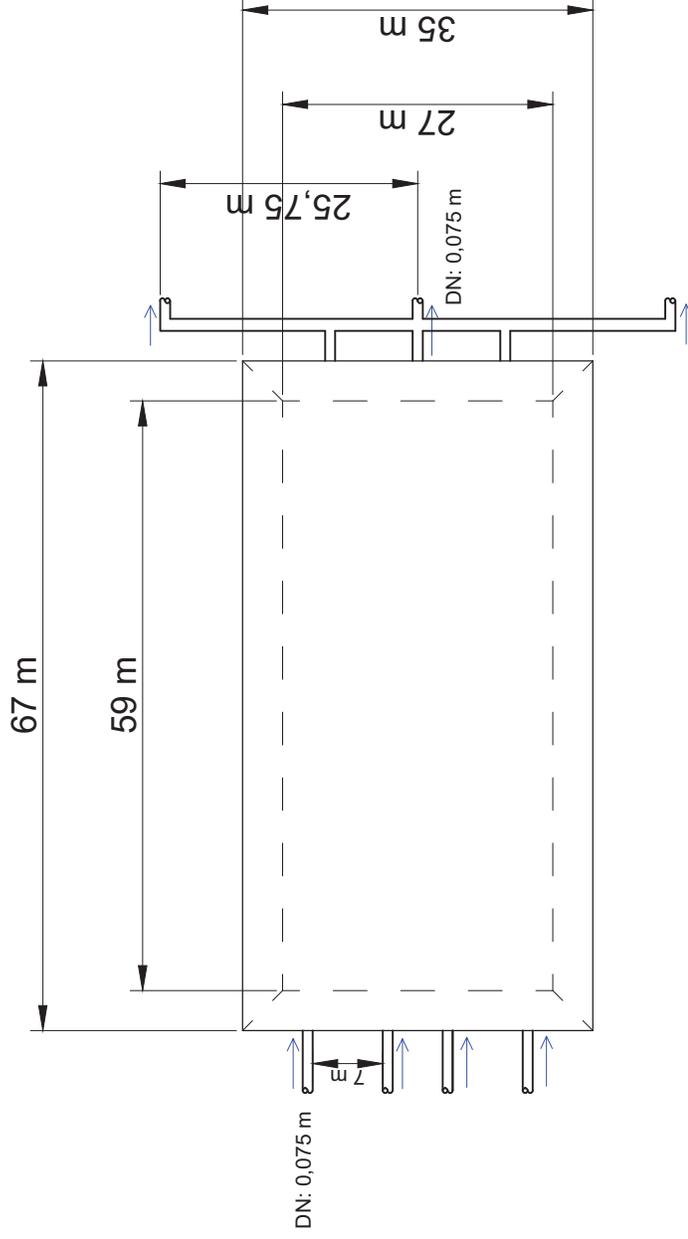


Dibujo:	Nombre	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcanyeu, provincia de Río Negro
Revisó:		
Aprobó:		
Fecha:		
Escala:	1:500	
Plano N°:	Vistas fundamentales de la laguna anaeróbica 1	
	05	

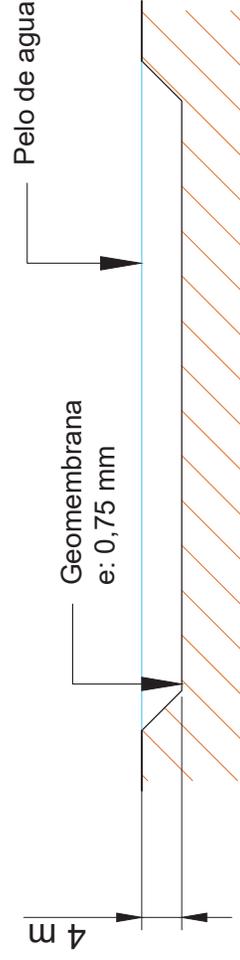


Alumno:  
Nicolás Rotella  
Carrera:  
Ingeniería Ambiental

# VISTA SUPERIOR

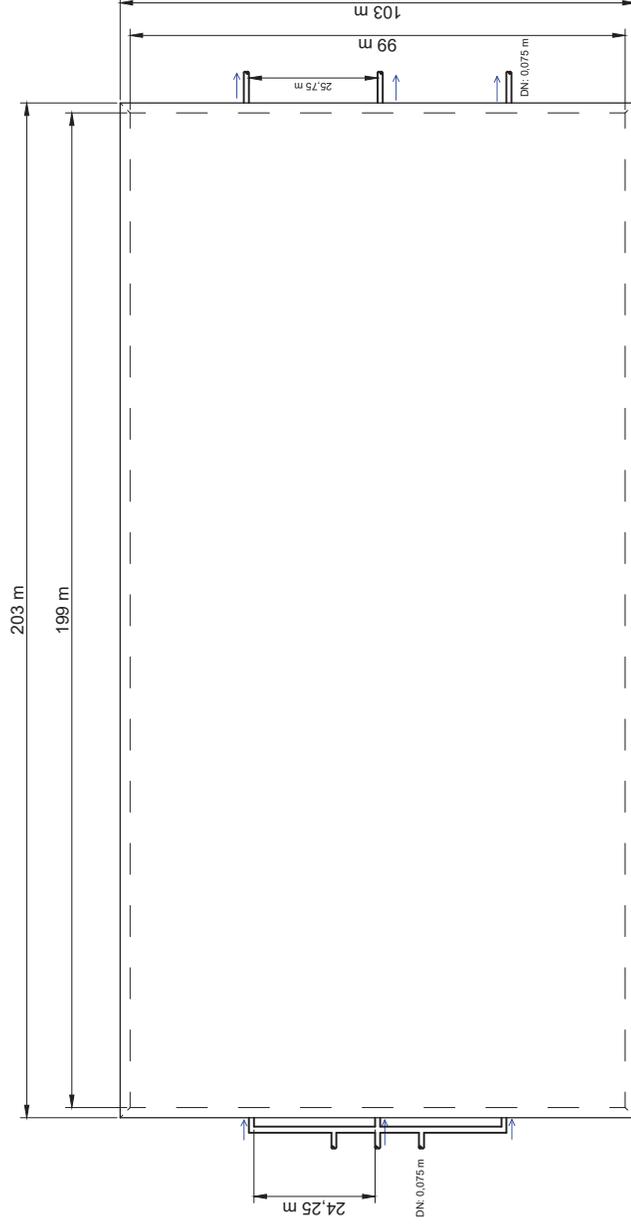


# VISTA LATERAL



Dibujo:	Nombre	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro
Revisó:		
Aprobó:		
Fecha:		
Escala:	1:500	
Plano N°:	Vistas fundamentales de la laguna anaeróbica 2	
	06	
Universidad Nacional de San Martín Alumno: Nicolás Rotella Carrera: Ingeniería Ambiental		

# VISTA SUPERIOR



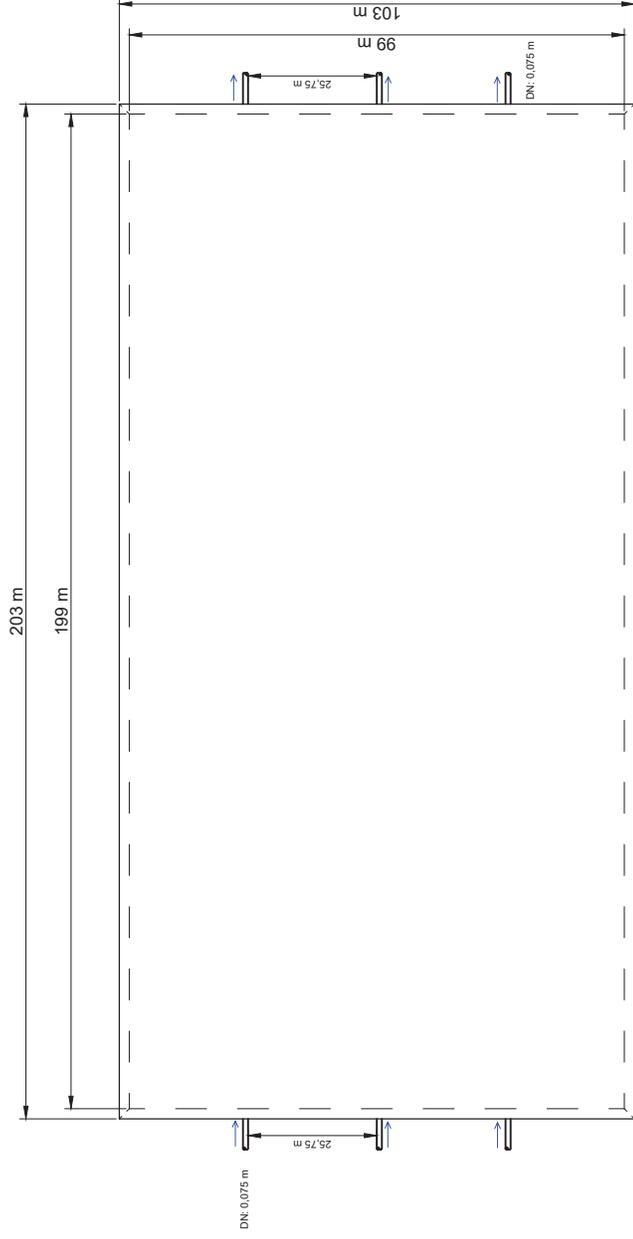
# VISTA LATERAL



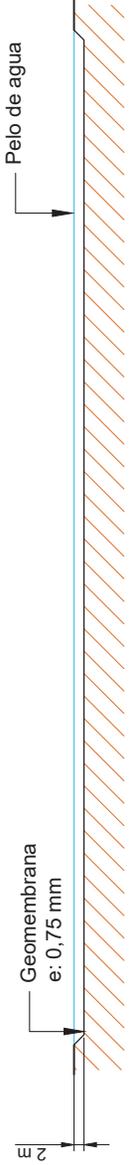
Dibujo:	Fecha:	Nombre:	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro
Revisó:			
Aprobó:			
Escala:	1:1000		
Plano N°:	Vistas fundamentales de la laguna facultativa 1		
	07		
Alumno:			Nicolás Rotella
Carrera:			Ingeniería Ambiental



## VISTA SUPERIOR



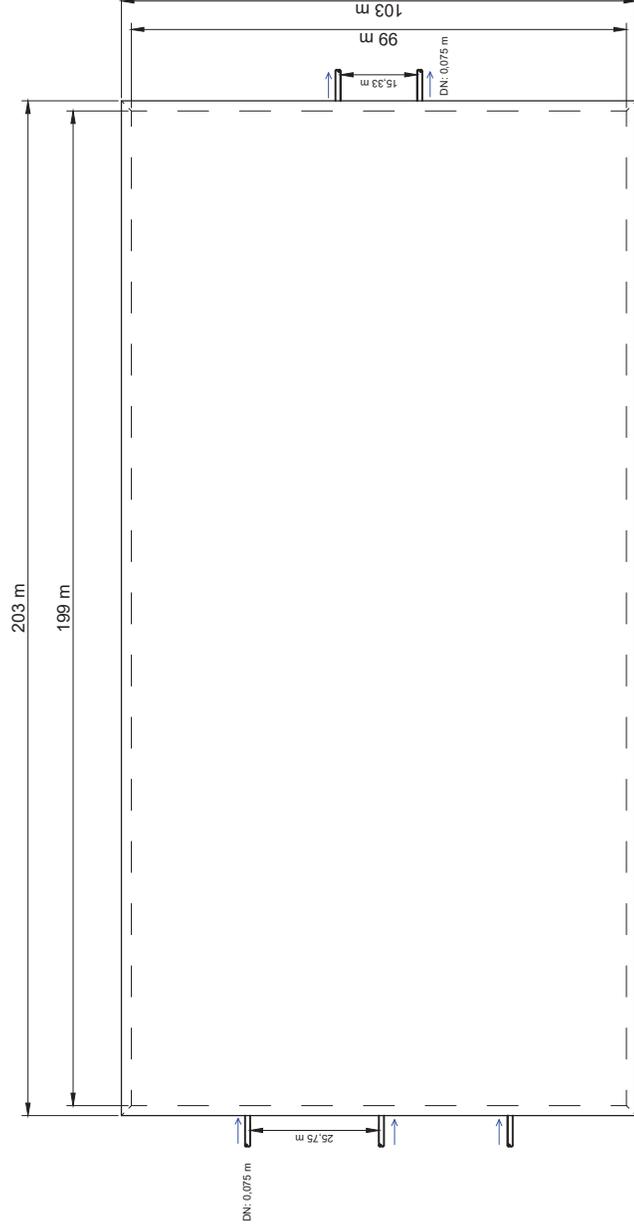
## VISTA LATERAL



Dibujo:	Nombre	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro
Revisó:		
Aprobó:		
Fecha:		
Escala:	Alumno: Nicolás Rotella	
Plano N°:	Carrera: Ingeniería Ambiental	
08	Vistas fundamentales de la laguna facultativa 2	



## VISTA SUPERIOR



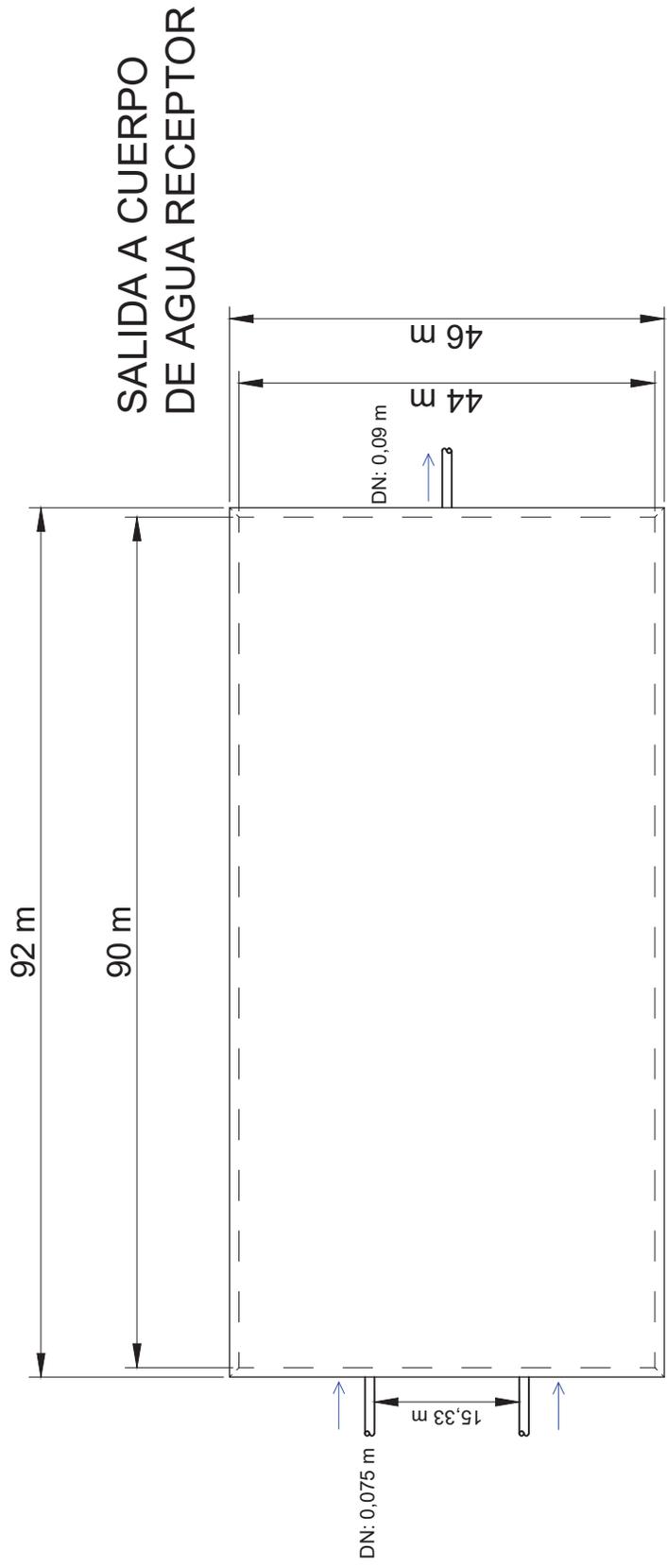
## VISTA LATERAL



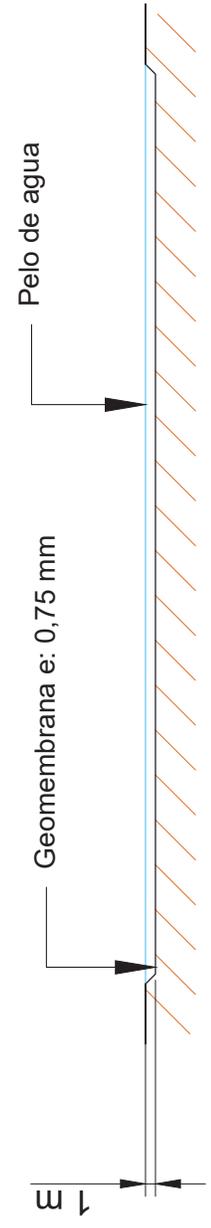
Dibujo:	Fecha:	Nombre:	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pilcaniyeu, provincia de Río Negro
Revisó:			
Aprobó:			
Escala:			
Plano N°:			Alumno: Nicolás Rotella Carrera: Ingeniería Ambiental
Vistas fundamentales de la laguna facultativa 3			
09			



# VISTA SUPERIOR



# VISTA LATERAL



Dibujó:	Nombre	Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de un Criadero - Matadero Ovino ubicado en Pileanyiyeu, provincia de Río Negro
Revisó:		
Aprobó:		
Fecha:		
Escala:		1:500
Plano N°:		10
Vistas fundamentales de la laguna de maduración		Alumno: Nicolás Rotella
		Carrera: Ingeniería Ambiental

