

PROYECTO FINAL INTEGRADOR

Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables integrales para una industria vitivinícola.

Alumno: Carballo, Joaquín Ernesto. Legajo N°5848

Docentes: Bailat, Federico y Rodríguez, Ruth



UNSAM
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



Índice

Resumen	4
Objetivo del proyecto	4
1: Diagnóstico de la situación	5
Reseña histórica	5
Introducción al vino:	9
Estudio de caso:.....	17
Identificación de la industria	19
Justificación del proyecto	20
2: Descripción del proceso productivo	27
Procesos Implicados	27
Desarrollo.....	31
Introducción a la Producción y Calidad.....	43
3: Descripción de los efluentes industriales	48
Generalidades.....	48
Consumo de agua en las vides y en la bodega	52
Procedimiento de limpieza Valle La Puerta	54
4: Caracterización del efluente.....	58
Introducción.....	58
Objetivo	60
Materiales y métodos	60
Resultados y Discusión	61
Conclusión	63
5: Diseños de sistemas de tratamiento	63
Introducción.....	64
Alternativas implementadas en la industria	68
Pretratamiento y tratamiento primario físico	69

Pretratamiento	70
Tratamiento primario.....	79
1 ^{era} alternativa: Tratamiento biológico lombrifiltro	90
2 ^{da} alternativa: Sequencing Batch Reactor.....	96
Gestión de lodos	107
Sistemas de conducción de la planta de tratamiento.....	110
Pérdidas de carga en los sistemas de conducción	116
6: Realización de los cálculos y presupuestos para las distintas alternativas desarrolladas	121
Introducción a los costos.....	121
Inversión inicial.....	122
Costos de operación y mantenimiento.....	129
Sistema de financiamiento	132
7: Elección de una de las alternativas propuestas	135
Introducción.....	135
Comparación de alternativas.....	135
Conclusión	139
8: Planos.....	140
Presentación de planos.....	140
9: Estudio de Impacto Ambiental	140
Introducción.....	140
Perfil de la empresa	142
Perfil de la Planta de tratamiento.....	142
Consideraciones legales	143
Antecedentes y diagnóstico ambiental del área de estudio	143
Estructura demográfica y actividades productivas	144
Aspectos climatológicos.....	144

Aspectos topográficos y geológicos	145
Aspectos hidrogeológicos e hidrológicos	146
Flora y Fauna	149
Amenazas naturales	150
Impactos ambientales	151
Aspectos Ambientales	151
Factores Ambientales	152
Matriz de Impactos Ambientales	153
Identificación de Impactos Ambientales	154
Caracterización de los Impactos Ambientales.....	155
Valorización de los Impactos Ambientales	161
Plan de Gestión Ambiental (PGA)	163
Programa de prevención.....	164
Programa de monitoreo y seguimiento	165
Programa de mitigación	166
Programa de contingencias	166
Programa de capacitación	167
Conclusiones.....	168
10. Conclusiones	168
Conclusion final.....	168
Conclusiones personales	170
11.Bibliografía.....	171
Anexo I	177

Resumen

En el presente proyecto se diseñó una planta de tratamiento de efluentes proveniente de la producción vitivinícola en La Rioja, Argentina dado que el gerente y además padre de un amigo mío buscaba promover un proyecto sustentable en sus instalaciones. Se le consultó al mismo si se podía realizar el presente proyecto dedicado a su finca, así como también se le consultó para ver si existía posibilidad alguna de recorrer sus instalaciones. El gerente estuvo de acuerdo en todo y la visita se realizó durante el mes de Agosto de 2018. Tuvo una duración de una semana donde se pudo relevar toda la información de referencia in situ. Para el diseño se consideraron dos alternativas que eran adecuadas para depurar un vertido que contenía materia orgánica. Las alternativas poseían un pretratamiento, tratamiento primario y por último un tratamiento secundario. Las tecnologías propuestas fueron tales que el efluente a la salida de la planta pudiera ser usado para fines consuntivos. La primera alternativa consistió en emplear un lombrifiltro como tratamiento secundario mientras que la segunda alternativa se basó en un sistema de reactores SBR seguidos de una playa de secado. Entre ambas alternativas se optó por la incluía un sistema de reactores SBR seguida de una playa de secado por presentar excelentes tasas de remoción como así también confiabilidad de resultados.

Objetivo del proyecto

El principio que debe regir en toda actividad económica es el desarrollo sostenible. Dicho principio se fundamenta en encontrar el equilibrio adecuado entre la protección al medio ambiente, el progreso económico y el desarrollo social. Bajo esta premisa, el objetivo del presente proyecto fue cumplir con los límites de vuelco a cuerpos receptores establecidos por normativa ambiental. Además, el proyecto tuvo como objetivo la reutilización los vertidos depurados para darles un uso consuntivo en la finca. Tomando esto en cuenta se evalúan las siguientes alternativas:

- ✓ Pretratamiento, tratamiento primario físico y un sistema de tratamiento biológico de lombrifiltro dispuesto en serie.

- ✓ Pretratamiento, tratamiento primario físico y un sistema de tratamiento biológico SBR en serie con dos tanques dispuestos en paralelo seguido de una playa de secado de lodos.

1: Diagnóstico de la situación

Reseña histórica

Los impactos negativos que las industrias producen en el ambiente constituyen un motivo de creciente preocupación mundial. Los métodos para reducir la contaminación, que aparecen como los más indicados, son aquellos que integran diversas estrategias. Entre ellos, cada día tiene mayor aceptación la prevención de la contaminación en el punto inmediato donde se produce. Quienes quieren implementar –o ya tienen implementado- un sistema de gestión ambiental y de seguridad laboral deben tenerla en cuenta al considerar costos y el cuidado responsable del ambiente.

En Argentina, el desarrollo económico, urbanístico e industrial ha contribuido a diversificar las fuentes y las formas de contaminación. Entre las agroindustrias de la Nación, las bodegas productoras de vino paulatinamente desarrollan sus actividades en mejores condiciones higiénicas para minimizar impactos ambientales negativos. Por ello, es necesario que los actores involucrados: directivos, técnicos, operarios y proveedores, sean conscientes de los residuos y desechos generados. En efecto, el éxito de un programa preventivo de contaminación no requiere un compromiso puramente formal, sino por el contrario tener clara percepción de la problemática ambiental existente en los espacios de trabajo, la que no siempre es debidamente apreciada por el acostumbramiento a la realidad cotidiana.

Las preocupaciones ambientales ya hace tiempo que forman parte del día a día de una bodega. Actualmente, se vive en una sociedad en la que el respeto hacia el entorno es un valor altamente apreciado y ningún tipo de empresa puede ser ajena a ello. Debido a esta creciente conciencia medioambiental, las bodegas han experimentado un importante proceso de adaptación a las nuevas tecnologías de tratamiento de efluentes industriales, ya que el principal problema medioambiental que se les plantea es el de eliminar la contaminación que se encuentra en los vertidos derivados de su proceso productivo. La

denominación de “efluentes industriales” se aplica a un conjunto muy variado de líquidos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial. (Da Cámara, L.; Hernández, M.; Paz, L., 2003). El tipo de tratamiento más idóneo depende de diversos factores y cada bodega es un mundo, por lo que cada caso particular merece ser analizado antes de tomar una decisión respecto a la tecnología a implantar. Por otra parte, también se han de tener en cuenta las variaciones en los caudales a tratar, que pueden variar mucho según el periodo del año, tanto por la cantidad de caudal en si, como por la contaminación generada y acumulada en los efluentes.

La situación actual en Argentina es la siguiente: Menos del 50% de las bodegas allí radicadas, poseen una planta de tratamiento para la depuración de los efluentes antes de alcanzar algún cuerpo receptor. Esto se debe principalmente a que, aunque existe un marco legal que establece límites de vuelco y por lo tanto implica la instalación de plantas de tratamiento, no hay controles in situ por parte de la autoridad de aplicación para cada bodega.

La gestión del agua es un tema prioritario en la agenda de muchas industrias, especialmente de aquellas que se ubican en zonas de escasez del recurso, y que lo utilizan como uno de los insumos principales para la producción. Cada vez es mayor el número de individuos y comunidades que toman conciencia acerca del cuidado de este vital recurso, y que buscan formas de aprovechamiento eficiente del agua que es eliminada como efluentes desde procesos productivos. Las bodegas generan grandes volúmenes de aguas residuales con un alto contenido en materia orgánica. No solo eso, sino que la industria vitivinícola genera residuos sólidos en cantidades apreciables. Los sólidos en general son aprovechados en distintas aplicaciones e inclusive pueden tener valor comercial, como es el caso de orujos que son enviados a las alcoholeras para su destilación. Además, se genera otro tipo de residuos sólidos como envases y embalajes, que acompañan a las materias primas y a los productos elaborados. Entre estos residuos se puede nombrar papel, cartón, vidrio y plásticos; también factibles de ser comercializados. Los líquidos, en cambio, pueden originar problemas cuando es necesario decidir cómo desecharlos o tratarlos. En diversas provincias, es común enviarlos a cauces y campos abiertos. En ambos casos aparece un serio riesgo de contaminación. Existen trabajos (González, G. y otros, 2003) y (Oliva, 2005), que hacen mención del problema que originan los efluentes que no son tratados antes de ser volcados. González hace referencia a que generalmente no se conoce con exactitud la composición de los efluentes y tampoco el posible impacto negativo

sobre el ambiente. Por ello, afirma, es necesario realizar una caracterización fisicoquímica que permita conocer la composición de los efluentes para elegir una alternativa de tratamiento. Oliva hace mención de que los vertidos de las bodegas generan problemas de contaminación hídrica importantes, ya que los efluentes se vierten a la red sin ningún tratamiento. Si bien en general no se trata de residuos peligrosos, poseen una carga orgánica que puede tornarlos potencialmente contaminantes de las aguas superficiales y de las napas subterráneas (Proyecto LIFE Sinergia, 2006). La mayoría de las investigaciones como la de (Minguez, 2003), o como se nombra en el proyecto LIFE Sinergia (Proyecto LIFE Sinergia, 2006), concuerdan en que el mayor desafío consiste en hacer un uso más eficiente del recurso hídrico. La creciente importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en el hombre la búsqueda de métodos adecuados para cuidarlos y recuperarlos, de manera que puedan ser aprovechados eficientemente por la sociedad. De aquí que uno de los recursos de vital importancia para el hombre sea el agua. El uso del agua es tanto un derecho como una responsabilidad, ya que la misma tiene un valor no sólo económico sino además social y ambiental. No caben dudas de que la industria es un importante motor del crecimiento económico y, por lo tanto, un elemento clave del progreso social. Sin embargo, a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la tercera pata del progreso, la protección del Medio Ambiente. (Fernández-Alba, A y otros, 2008). Dado que la región donde está ubicada la finca Valle La Puerta, es semidesértica, hay una oportunidad de mejora en la gestión de sus efluentes muy importante ya que no solo se busca depurar el mismo si no también reutilizarlo para riego.

Como consecuencia de la organización federal prevista en la Constitución Nacional, por la cual las provincias retienen el poder de policía en sus jurisdicciones, el derecho ambiental en la Argentina está disperso en normas de orden nacional, provincial y municipal. Ello ha sido consecuencia de la carencia histórica de una política nacional ambiental y por tal motivo, cuestiones inherentes a problemas y situaciones comunes reciben distintos tratamientos en diferentes jurisdicciones, sumado al desconocimiento de la índole regional de los problemas ecológicos. Asimismo, si bien puede observarse que en los últimos años se han producido avances significativos en todo lo que hace a la protección ambiental en el país, no puede desconocerse que la normativa vigente en la materia, adolece de algunas superposiciones, y la secuencia de su aparición no siempre ha seguido un orden lógico. Las normas ambientales vigentes han centrado su atención en la contaminación de las

aguas y con menor intensidad, en la protección de la atmósfera. Con respecto a los suelos, la legislación vigente en materia de conservación de suelos, concibe exclusivamente al propietario como sujeto interesado en su protección, sin adoptar medidas que aseguren un tratamiento ambientalmente adecuado de los suelos.

En cuanto a la legislación de fondo, el Código Penal Argentino, no contiene una figura especial referente al daño ambiental como tipo delictivo, aplicándose sólo en los casos de envenenamiento y adulteración de un modo peligroso para la salud de aguas potables o sustancias alimenticias o medicinales destinadas al uso público o al consumo de una colectividad de personas (Art. 200, Cód. Penal).

Las principales normas que fijan límites de calidad y emisión para efluentes dentro de la normativa en Argentina provienen del decreto del Poder Ejecutivo Nacional (PEN) Decreto N.º 674/89, la resolución N.º 79179/90 la cual establece límites de descarga de efluentes, y la resolución del 242/93 que hace referencia al vertido de sustancias peligrosas. De la bibliografía relevada, se destaca a la normativa impuesta por Acumar (Resolución N.º 46/17) la cual resulta de las más restrictivas para vuelcos a cuerpos receptores. En diversos parámetros fisicoquímicos establece al menos una disminución del 10% del valor máximo permitido en comparación con el decreto nacional (PEN 776/92). En referencia a calidad ambiental, La Rioja se rige a partir de La Ley 7.801. Ésta establece las normas básicas destinadas a conservar y mejorar el patrimonio ambiental, proteger la salud humana, promover el uso sustentable de los recursos naturales. La provincia en cuestión posee únicamente valores límite para el vuelco a colectora cloacal y no así límites de vuelco a cuerpos receptores. Como se dijo previamente a nivel Nación está la resolución 79179/90 que determina límites de vuelco a cuerpos receptores, sin embargo en la actualidad no se considera aplicable para el caso en cuestión ya que la resolución 79179/90 establece que *“todo establecimiento que posea vertidos con destino directo o indirecto a pozos o terrenos absorbentes deberá arbitrar antes del 31 de julio de 1991 los medios necesarios para cambiar ese destino o construir cisternas impermeables para la posterior descarga de los vertidos en boca de recepción habilitada por la Empresa OBRAS SANITARIAS DE LA NACION. Vencido dicho plazo, la EMPRESA aplicará las penalidades establecidas en los artículos 14 y 15 del Decreto N.º 674/89”*. Como la industria en cuestión vuelca sus efluentes sobre la tierra de la finca se emplea la normativa mendocina como referencia ya que establece límites admisibles más actualizados para vertido a cuerpos receptores (Resolución N°778/96) y rige dentro del mismo valle vitivinícola en el que se encuentra la

finca Valle La Puerta. Por esta razón se toma como referencia la normativa de la provincia de Mendoza a la hora de comparar vuelcos a cuerpos a receptores.

Como uno de los objetivos del presente proyecto es reutilizar el efluente depurado para uso consuntivo, a modo complementario, se utiliza como guía la normativa de San Juan (Decreto N.º 638/89). Una de las razones por elegir esta normativa y no la nacional es porque la primera rige dentro del mismo valle vitivinícola que la industria en cuestión. En ese sentido se espera que las condiciones bioclimáticas y edáficas sean relativamente similares por ser provincias colindantes. Por otro lado, la normativa de Mendoza no establece valores de vuelco de efluentes industriales a cuerpos receptores para uso agrícola. Solamente establece valores estos valores para efluentes cloacales.

Introducción al vino:

La viña llegó a la Argentina, como a toda la Nueva España, en los barcos de los colonizadores españoles; y las órdenes religiosas, que necesitaban vino de misa, fueron las primeras viticultoras de la época colonial. En 1853, Domingo Faustino Sarmiento, gobernador de Cuyo y futuro presidente de la República, contrata a un especialista francés, Nichel Aimé Pouget, para desarrollar el viñedo. Éste importa hacia Mendoza las cepas y los métodos de su país nativo con el fin de desarrollar una industria moderna. Con la ola de inmigración de fines del siglo XIX, proveniente mayoritariamente de Italia, España y Francia, la viña argentina se perfecciona y se enriquece con nuevas cepas. En las últimas décadas, las bodegas argentinas han realizado considerables inversiones para adquirir tecnología de punta posicionándolas como productoras de vino de calidad.

En el lenguaje cotidiano usado en la industria vitivinícola se emplea la medida de hL (hectolitro) para referirse a volúmenes de producción. El hectolitro es equivalente a la décima parte de un m³

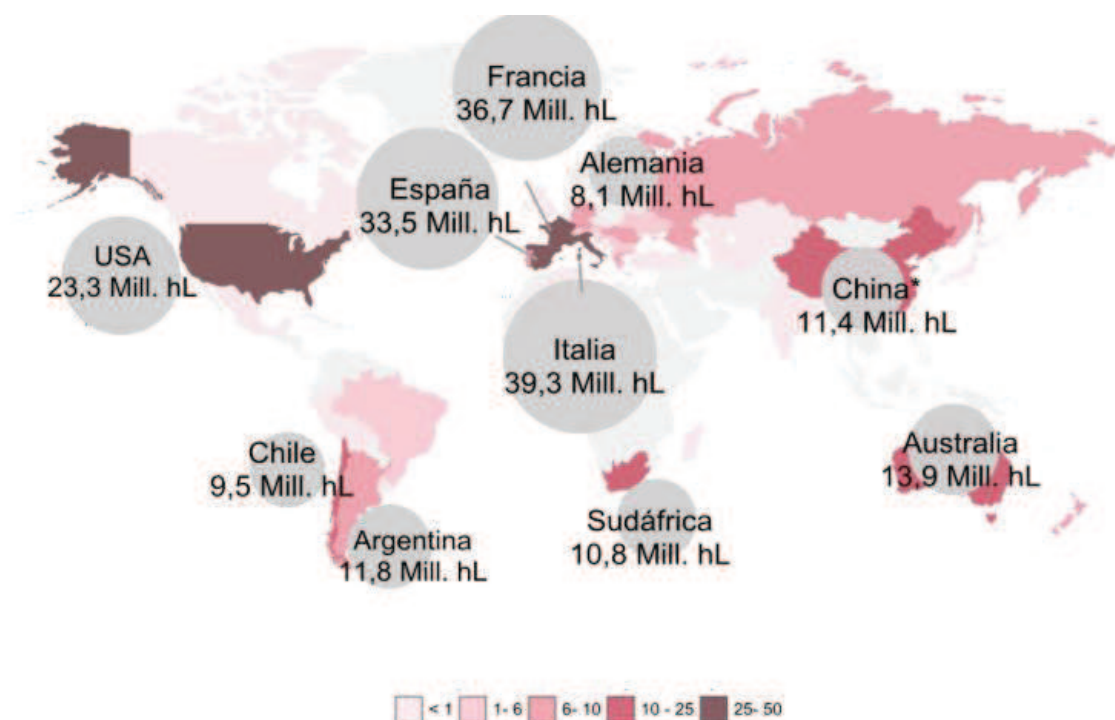


Figura 1.1: Producción mundial de vino en Mill. hL, Organización Mundial del Vino 2017.

Los argentinos se encuentran entre los más grandes consumidores de vino, con 30 litros por habitante por año. Consumen de hecho la mayor parte de lo que producen. Argentina es el sexto productor (Ver Figura 1.1) y el 9º exportador mundial.

La vid, es una planta trepadora de tronco retorcido con renuevos o ramas tiernas y largas, flexibles y nudosas que brotan de la planta. Echa flores verdosas en racimos que se transforman en uvas. La vid necesita de un sistema de conducción para controlar su crecimiento, por eso en los viñedos de todo el mundo se desarrollaron distintas maneras de guiarla. El método elegido varía según la calidad y la cantidad de uvas que se desean obtener, el clima del lugar, la variedad, la forma de cosechar y los sistemas de riego que se van a utilizar. Actualmente, los más generalizados en viticultura de precisión son los espalderos (bajo y alto) y el parral, pero también a las formas tradicionales se sumaron innovadoras propuestas. A continuación, se describen los sistemas más usados en los viñedos argentinos. Dentro de los sistemas con apoyo principalmente se destacan: viña con sistema de conducción en parral y viña con sistema de conducción en espaldera. El primero

es el más difundido en Argentina. Es un sistema muy antiguo en el que se lleva a la planta a la parte superior, por encima de los alambres, quedando los racimos debajo (cubiertos por el “techo” que forman las hojas), lo que permite mayor aireación y disminuye la posibilidad de enfermedades. En las zonas cálidas y de más horas de insolación, el parral es la alternativa más viable, dado que protege mejor a los racimos (Ver Figura 1.2 y 1.3).



Figuras 1.2 y 1.3: Sistema de conducción de tipo parral y de tipo espaldero: Fuente: Queridillahos, 2015.

Viña con sistema de conducción en espaldera en cambio (Ver Figura 1.3), consiste en hileras paralelas de cepas, dispuestas con una separación de aproximadamente un metro y medio entre plantas, y conducidas por diversos tendidos de alambres, en un número variable de 2 a 4, siendo sostenidos por postes (lo que hace recordar al espaldero de una cama), pero sin implicar en la formación del techo de hojas. Es justamente la cantidad de alambres lo que determina si el espaldero es “alto” o “bajo”, siendo el segundo caso más recomendado para climas frescos, ya que al estar la planta más cercana al suelo, éste le irradia más calor.

Por otro lado, existen los sistemas libres: Son los que no cuentan con una estructura permanente de conducción y en general son de pequeña expansión vegetativa con una elevada densidad de plantación.

La vid se desarrolla mejor entre los 22° y 42° de latitud sur donde justamente es la región vitivinícola Argentina. La región se extiende al pie de la cordillera de los Andes a lo largo de más de 2.400Km., desde la provincia de Jujuy hasta la provincia de Chubut, con una diversidad de climas y suelos. La superficie cultivada en Argentina es de 223 mil hectáreas concentrándose más del 95% el cultivo en la Región de Cuyo (Centro-Oeste del país). Cuenta con aproximadamente 881 bodegas en producción. La cantidad de hectolitros varía año a año dependiendo de la marcha climática. El año 2016 y 2017 no han sido los más productivos, habiendo perdido aproximadamente el 30% de la cosecha pero si se logró una alta calidad gracias a la concentración natural de la uva. A continuación, se ilustra mapa de los valles vitivinícolas de la República Argentina (Ver Figura 1.4).



Figura 1.4: Mapa de los valles vitivinícolas de la República Argentina. Fuente: Área del vino, 2017.

Para entender qué factores están implicados en cada región se describe brevemente las características de cada valle destinado para el cultivo de la vid. Se tienen en cuenta los siguientes aspectos: Provincias que lo componen, altura promedio, clima, paisaje característico y por último su perfil de suelo dominante.

Las zonas vitivinícolas del Norte argentino se ubican en la Alta Cuenca del Río Juramento que ocupa una parte del noroeste de la provincia de Salta, una pequeña porción del sur de Jujuy, noreste de Catamarca y noroeste de Tucumán. Sus valles vitivinícolas se caracterizan por estar en promedio a 1900 msnm. La viticultura se desarrolla por una sucesión de altiplanicies que incluye a los sistemas serranos, volcanes, lagunas de desagüe de cuencas endorreicas y salares. El clima, frío y seco presenta grandes amplitudes térmicas diarias. Los veranos son largos. Ocasionalmente tienen lugar heladas tardías en primavera, si bien el periodo libre de heladas es amplio, abarcando desde el mes de octubre hasta abril. Son frecuentes las granizadas localizadas, durante las tormentas de verano. La parte que comprende a la cuenca se caracteriza por presentar un clima semiárido con 200 mm de precipitación anual. La irradiación solar es muy alta y los vientos intensos. El paisaje de la región está constituido por montañas, cerros, colinas y sierras intermedias y sus suelos están constituidos por rocas variadas. Los suelos de los Valles Calchaquíes son generalmente franco arenosos o arenosos con elevada proporción de arena fina. Su perfil es profundo con subsuelo algo pedregoso que asegura una excelente permeabilidad. El agua de irrigación proviene principalmente de los ríos Calchaquí y Santa María y de numerosos cursos de agua, afluentes de esos colectores. También se capta agua del subsuelo mediante perforaciones.

El valle vitivinícola cuyano comprende La Rioja, San Juan y Mendoza. Se caracteriza por tener una altura promedio de los 1000 msnm. El clima seco y los inviernos fríos benefician al desarrollo de la vid, y en los veranos, pese al calor, la altura donde se sitúan los cultivos favorece su calidad para la elaboración de vinos, valorados internacionalmente. En la franja de los Andes como en el territorio desértico, se destaca por su gran amplitud térmica. La altitud y la distancia al océano Atlántico sumada a la presencia de la cordillera de los Andes, que actúa como barrera a los vientos húmedos del Pacífico, modelan el clima de la cuenca. El Zonda es un viento cordillerano agudo y particular de esta región, que se ocasiona especialmente en invierno. Existen riesgos de heladas tardías y también de granizo. Las precipitaciones anuales oscilan cerca de los 200mm. Cuyo se destaca por tener un relieve altamente montañoso donde se encuentra la Cordillera de los Andes. El suelo es predominantemente franco arenoso de origen aluvional.

El valle vitivinícola de la Patagonia comprende La Pampa, Neuquén, Río Negro y Chubut. Pertenece a una de las regiones de mayor riqueza de agua del país con ríos varias veces

más caudalosos que aquellos que irrigan el resto de los oasis productores del centro al norte del país. Los ríos Limay, Neuquén y Negro dan origen a asentamientos urbanos modernos, energía que llega a los principales centros poblados del país y bellísimos lugares para el turismo que atrae visitantes de todo el mundo. En la región donde se desarrolla la producción de vinos, la altura promedio se ubica entre los 250 y 300 msnm. Allí el clima es continental, templado, seco y de vientos fuertes. Los vientos predominantes son del cuadrante oeste-sudoeste, fuertes y de mayor incidencia en primavera y verano; fenómeno favorable para la sanidad de los viñedos, al atenuar el desarrollo de enfermedades criptogámicas. La otra característica climática muy relevante de la región es su elevada heliofanía. La temperatura media se ubica en los 15°C. Tiene precipitaciones anuales promedio de 220mm. Asimismo posee predominantemente suelos de carácter franco arcillosos. La superficie de 3.582 hectáreas plantadas en Patagonia en 2012 es un 31% superior a la de 2001, lo cual muestra el creciente interés de desarrollo productivo en esta región.

Por último, el valle vitivinícola atlántico está comprendido únicamente por Buenos Aires. Se caracteriza por tener alturas por debajo de los 500 msnm. El clima de esta región es templado pampeano, con veranos calurosos e inviernos fríos. Si bien es húmedo todo el año, las precipitaciones son más abundantes en verano que en invierno. Las temperaturas medias anuales de 17,6 °C tornan escasos los días de calor y frío intensos. La humedad relativa promedio es del 71,4%. El promedio de precipitaciones anuales es de 1.146mm. Las lluvias más frecuentes se producen en el otoño, la primavera y el verano. Su Perfil de suelos posee drenaje interno moderado siendo franco arcilloso en superficie y arcillo limoso en profundidad.

En términos generales, las zonas dedicadas al cultivo de la vid son secas y áridas con un bajo nivel de lluvias y humedad, factor determinante para la sanidad de las uvas. Los abundantes días de sol y la gran amplitud térmica favorecen una buena maduración y concentración de aromas y color en los granos. Los suelos son profundos, permeables y pobres en materia orgánica, cualidades decisivas a la hora de obtener un buen vino. Debido al bajo régimen de lluvias, el riego se torna indispensable. El agua proviene del deshielo de la cordillera de los Andes, que desciende en forma de ríos para convertirse en canales o acequias. Entre las cepas más destacadas que se cultivan hoy en día en Argentina se pueden destacar:

Bonarda: Cepa tinta de la región bordelesa, es una de las más cultivadas en Argentina. Cercano al cabernet Sauvignon, pero menos ácido, más frutado y más ligero. Aromas de frutos rojos.

Cabernet Sauvignon: Originaria del Medoc y considerada como una de las mejores cepas tintas. Vinos colorados y tánicos que se conservan muy bien. Aromas de pimienta, casis, fresa y regaliz.

Cabernet franc: Originario del suroeste de Francia, se utiliza en los cortes. Es una cepa cada vez más cultivada, sobre todo en Mendoza y San Juan. Vino muy estructurado, menos colorado, y menos rico en tanino que el cabernet Sauvignon. Aromas de frutos del bosque.

Chardonnay: Cepa blanca de Champaña y de Borgoña. Se adapta muy bien a la altitud y al clima frío de la cordillera. Vino fino y aromático, de buena persistencia en boca. Aromas de cítricos, de manteca fresca, de almendras y de pan tostado.

Malbec: Aunque lo importaron los franceses en el siglo XIX, llegó a ser el emblema de la viña argentina, y particularmente de la región de Mendoza donde encontró su mejor terreno. Nariz intensa y frutada, aromas de frutos rojos y frutos del bosque, Vino muy tánico, de color intenso, con reflejos violáceos.

Merlot: Vinos con cuerpo, ricos en alcohol y color. Relativamente poco ácidos.

Syrah: Vino coloreado, aromático, carnosos, rico en taninos, con buena persistencia. Aromas de especias, frutos rojos, cacao. Cada vez más utilizados, solo o en cortes, en particular en las bodegas de San Rafael y San Juan.

Torrontés: Esta cepa blanca hoy sólo existe en Argentina, se cultiva esencialmente en el valle de Cafayate, al sur de Salta. Lo introdujeron los jesuitas en el siglo XVIII. Se caracteriza por su aroma intenso y sus tintes de frutos tropicales y de flores blancas.

El vino tinto representa la fracción más importante de la producción de vino nacional. En el año 2017 representó un 62% de la producción anual nacional mientras que la producción de vino blanco significó un 28% para ese mismo año. El porcentaje restante comprende al vino rosado. A continuación, se ilustra la variación productiva de vino tinto en territorio nacional durante la última década (Ver gráfico 1.1).

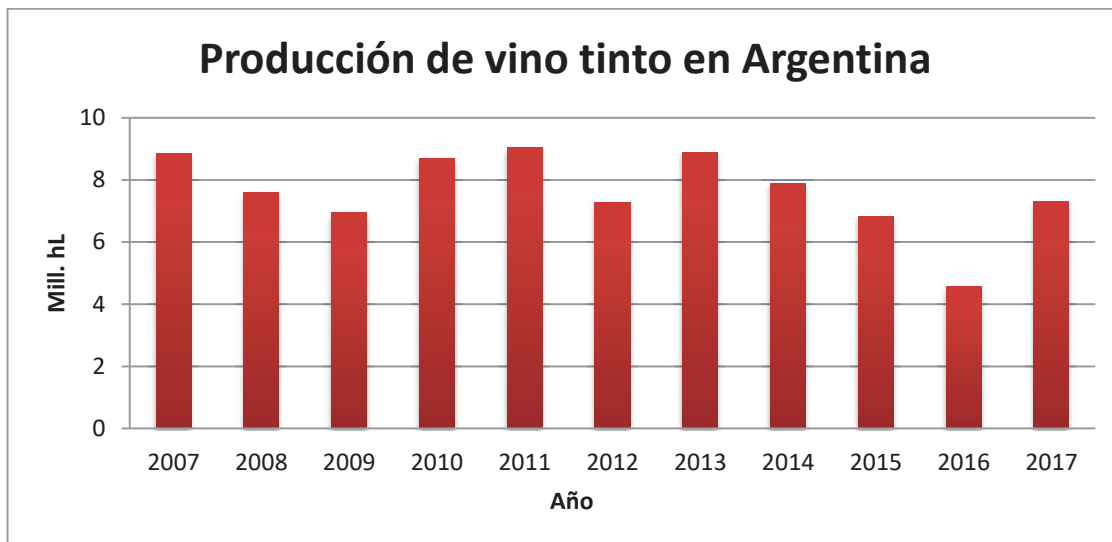


Gráfico 1.1: Producción de vino tinto en Argentina durante la última década. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INV (2007-2017).

Estudio de caso:

La Finca se encuentra en el departamento de Chilecito, La Rioja, Argentina. Rodeada por la ruta 74, las sierras Velasco y Famatina. Al Norte a unos 12Km se encuentra el pueblo llamado Nonogasta y al Sur a unos 9,5 Km se encuentra el pueblo de Vichigasta (Ver Fig. 1.5).



Figura 1.5: Posición de la finca. Fuente: Google Maps, 2017.

La sismicidad en la Rioja es frecuente y de intensidad baja. Sus últimas expresiones se enlistan en la siguiente tabla (Ver Tabla 1.1):

Tabla 1.1: Últimos registros sísmicos. Fuente Informe Instituto Nacional de Prevención Sísmica, 2015.

-
- 12 de abril de 1899, a las 16.10 UTC 3 con 6,4 Richter.
-
- 24 de octubre de 1957 a las 22.07 UTC 3 con 6,0 Richter
 - 28 de mayo de 2002, a las 0.03 UTC 3 con 6,0 escala Richter
-

Vichigasta es un distrito del Departamento Chilecito. Se encuentra en el km 1177 de la Ruta Nacional 74, a unos 19 km al sur de Nonogasta, y a 40 km de Chilecito. En cuanto a datos poblacionales cuenta con 3.016 habitantes (INDEC, 2010), lo que representa un incremento del 46% frente a los 2.061 habitantes (INDEC, 2001) del censo anterior.

Nonogasta es una localidad en el departamento Chilecito. Se encuentra situada en un valle por donde discurre el Río Grande o de los Sauces. Cuenta con 6.937 habitantes (INDEC, 2010), lo que representa un incremento del 26% frente a los 5.486 habitantes (INDEC, 2001) del censo anterior. Esta cifra la situaba como la 6^{ta} ciudad más poblada de la provincia.

Ambas ciudades se caracterizan por su relación con la industria minera y al cultivo de olivos y la vid. La mayor superficie agraria se destina para ese propósito, mientras que la actividad industrial más significativa está constituida por las bodegas. El departamento de Chilecito produjo 415.063hL de vino en 2017 lo que representó casi un 4% de la producción de todo el territorio argentino. También se cultivan nogales y frutales, cuyos productos se procesan localmente. Asimismo, es importante destacar la febril actividad minera (especialmente aurífera).

La altitud en el lugar de referencia alcanza los 1.000 msnm. El clima en la región es cálido y semidesértico. La diferencia de temperatura entre el día y la noche puede alcanzar los 20°C. Las precipitaciones están entre 100-200mm por año. La falta de lluvia, un problema constante y cotidiano para los Diaguitas, es ahora uno de los factores clave para producir los vinos de alta calidad que hoy se originan en este valle desierto y estéril. El suelo es

profundo, franco arenoso de origen aluvional. Como se dijo previamente, la irrigación en toda la finca se da por goteo.

Identificación de la industria

La finca se encuentra a una latitud: 29°24'27.33"S y longitud: 67°29'45.10"O. Asimismo, la altitud en el lugar de referencia alcanza los 1.000 msnm. Valle de la Puerta, se estableció en 1994 y actualmente tiene 104 hectáreas de viñedos y más de 770 hectáreas plantadas con olivos. En la finca el sistema de conducción para la vid es el de parral. Como se describió previamente, el mismo consiste en llevar la planta a la parte superior, por encima de los alambres y que los racimos queden debajo, lo que permite mayor aireación de los mismos y menor probabilidad de enfermedades.

El riesgo de una helada tardía, la amenaza del Zonda (viento cálido y fuerte) que sopla durante la brotación, días de mucho calor y noches frías y lluvia durante el comienzo de la cosecha hacen que el manejo del viñedo sea un factor clave para producir vinos en Valle de la Puerta.

Se necesita entre 650-800 mm de agua anuales para elaborar uva en la región de la Rioja. Sin embargo, las precipitaciones en la región alcanzan en promedio los 150mm anuales. Debido a la mencionada escasez hídrica y a que el suelo no capta la humedad, se emplea el método de riego por goteo que se extrae de napas que se encuentran a más de 100m de profundidad. Actualmente la finca cuenta con 12 pozos de extracción que bombean agua. Cada perforación bombea en promedio 180m³/h. El caudal varía a lo largo del año, adquiriendo su mayor valor en plena temporada de crecimiento de la vid que ocurre principalmente en los meses de Noviembre y Diciembre. El agua empleada para riego es filtrada y fertilizada hasta llegar a valores de calidad aceptable.

La bodega fue construida en 2002 y es una de las más modernas y tecnológicamente avanzadas de su tipo en Argentina (Ver Figura 1.6). Ya para el año 2003 finca Valle La Puerta comenzó a exportar sus vinos, quienes fueron premiados en numerosas veces en ferias vitivinícolas. Dentro de la gama de vinos producidos en la bodega, se pueden encontrar vinos clásicos, de alta, reserva y finalmente gran reserva. La elaboración de todas las variedades de vinos alcanza en promedio 22.500hL anuales. La planta cuenta actualmente con una capacidad de vasija de 22.400hL en tanques de acero inoxidable y 428hL en barricas de roble. Las capacidades de los tanques de acero inoxidables son de

1000hL, 600hL, 300hL, 150hL, 100hL y 50hL (Ver Figura 1.6), mientras que la barrica posee una capacidad únicamente de 2hL.



Figura 1.6: Moderna bodega de Valle La Puerta construida en 2002. Fuente: Elaboración propia, 2018.

La bodega elabora 2.500.000Kg/año de uva. De esta forma, la sociedad Valle La Puerta se categoriza como mediano productor de vino.

Hoy en día la finca Valle de La Puerta se encuentra abierta a la comunidad ya que cuenta con la actividad denominada enoturismo. Ésta invita a cualquier futuro cliente o simplemente interesado, a recorrer sus vides y olivares. La recorrida puede ser en bicicletas o en vehículo.

Justificación del proyecto

Actualmente la industria en cuestión (Ver Figura 1.7) no posee planta de tratamiento en sus instalaciones. Los efluentes líquidos, de carácter orgánico principalmente, se infiltran dentro

de la propiedad de la finca debido a la alta porosidad del suelo. En aquella región donde se produce la descarga no hay terreno cultivado. Tampoco hay ríos adyacentes que discurran a través de Valle de La Puerta.

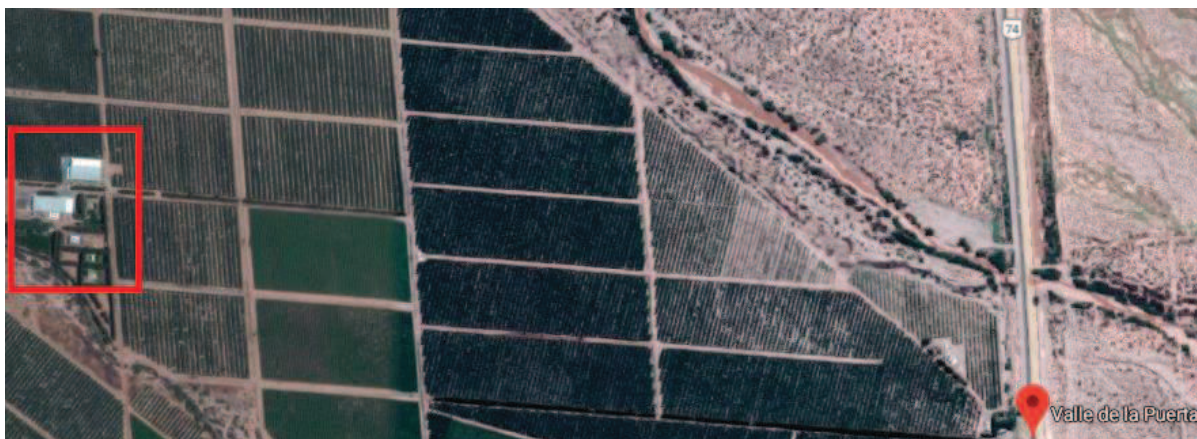


Figura 1.7: Dentro del recuadro se encuentra la zona de fraccionamiento y la bodega. Fuente: Google Maps, 2018.

El derrame de efluentes desde zona industrial sin tratamiento posterior puede generar daños ambientales a corto y largo plazo. La actividad produce un agua residual con alto contenido en materia orgánica que no puede verterse directamente al medio receptor porque, debido a la alta demanda biológica de oxígeno (DBO) que contiene, provoca graves desajustes en el mismo. Esto ocurre al reducir el contenido en oxígeno hasta niveles en los que no es posible la vida acuática superficial y subterránea. En este caso particular impacta negativamente en la cuenca del Valle Antinaco Los Colorados, acuífero con una superficie de 4200 km².

Se estima que la producción de vino genera en promedio 20m³/día de efluentes que son volcados al cuerpo receptor, en función a lo expresado por los trabajadores de la finca. Sin embargo, como se dijo previamente, este valor depende de la época del año. Su máxima expresión se obtiene durante la época de vendimia, donde ese valor se puede llegar a triplicar.

Asimismo, la industria genera residuos sólidos. Éstos provienen de los raquis de las uvas como así también de la piel y semillas de las mismas. Éstos, se generan a una tasa de 150.000Kg/año para el caso del escobajo que comprende el raquis y 412.000Kg/año para el caso del orujo que comprende la piel y las semillas. Actualmente, lo apilan dentro del terreno de la finca.

Como se dijo anteriormente, el principio que debe regir en toda actividad económica es el desarrollo sostenible. Dicho principio se fundamenta en encontrar el equilibrio adecuado entre la protección al medio ambiente, el progreso económico y el desarrollo social.

El beneficio ambiental asociado a la depuración de los vertidos abarca numerosos aspectos sustentables ya que involucra la preservación del suelo y la napa. De esta manera todo aquel individuo que tenga acceso, directa o indirectamente, a ésta última se ve favorecido. De ello surge que el alcance del beneficio es para todo usuario de la cuenca del Valle Antinaco Los Colorados. Asimismo, como el recurso hídrico para riego en toda la extensión de la finca proviene de pozo, las vides y olivares tendrán agua de mayor calidad debido a la previa depuración. La planta de tratamientos que se propone genera en la empresa un nuevo perfil de personal calificado y con visión sustentable a disposición de la finca. Habiendo dicho esto, los beneficios que brinda el presente proyecto abarcan los aspectos que definen un desarrollo industrial sostenible.

A la hora de determinar límites de vuelco a cuerpos receptores, la normativa de La Rioja no establece valores guía. Por este motivo se emplea la normativa de Mendoza como modelo ya que de las vigentes es la más restrictiva y rige en el mismo valle vitivinícola que La Rioja. Se trata de la resolución N° 778/96 (Ver Tabla 1.2). A modo comparativo se incluyen además los valores límites a nivel Nación. Además, la resolución N° 778/96 cuenta con límites de vuelco para reúso agrícola exclusivamente para efluentes cloacales no incluidos en la tabla (Ver Tabla 1.2).

Tabla 1.2: Parámetros límite de interés para vuelco a cuerpo receptor. Fuente: Resolución N° 778/96, Mendoza y Resolución 79179/90 Anexo C, Argentina.

Parámetro	Unidades	Máximo permito	Máximo tolerable	Máximo Nación
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l O ₂	30	120	200
Demanda Química de Oxígeno.	mg/l O ₂	75	250	---
Helminetos	huevos/l	<1	1	---
Sólidos sedimentables 10'	mL/l	0,5	1	---

Aceites y Grasas (sustancias solubles en éter etílico)	mg/l	50	100	100
Conductividad	µS/cm	900	1800	---
Temperatura	°C	30	45	---
pH	Unidades de PH	6,5> pH > 8,2	5,5> pH > 9,0	5,5>pH>10
Sulfuros	mg S ₂ -/l	<1	1	5
Detergentes	mg/l	1	1	0,5

La resolución mendocina establece que no se permitirán más de tres parámetros dentro de los máximos tolerables, independientemente de la cantidad de puntos de vuelcos separados con que cuente el establecimiento. Al mismo tiempo, la resolución establece categorizaciones a los establecimientos según la peligrosidad de sus vertidos. El grupo uno corresponde a industrias, como por ejemplo de elaboración de bebidas alcohólica, cuyos efluentes pueden ser fácilmente controlables y mensurables, y que no poseen elementos peligrosos o potencialmente dañinos.

Una de las principales características del sector agrícola es la diversidad de tareas. Muchas de ellas se realizan parcial o totalmente con la ayuda de maquinaria, lo que reduce en gran medida el riesgo debido a factores de origen biológico. No obstante, siguen existiendo tareas en las que el empleado entra o puede entrar en contacto directo con materia susceptible de originarle alguna afectación. Entre estas labores se destacan la siembra, manipulación de la tierra, el riego, la recolección, transporte y almacenaje de la uva. Además, la tierra puede verse contaminada por la presencia no natural de agentes biológicos, consecuencia del contacto con heces, orines o efluentes. Por esto, dentro de los parámetros biológicos que incluye la resolución de Mendoza, se destaca a un grupo de organismos llamados helmintos, responsables de graves enfermedades en el humano. Dentro de las afectaciones que éstos ocasionan se destacan síntomas digestivos negativos, seguidos de afectación sistémica por migración de las larvas, lo que provoca fiebre, edema periorbitario, delirio, hipotensión, miocarditis y eosinofilia, hasta que llega al músculo y se enquista, produciendo: miositis, calambres y disfonía, para terminar calcificándose. Por esto, la inclusión de este parámetro para vuelco es de vital importancia si se tiene en cuenta

que el efluente industrial es utilizado para reúso agrícola, donde existen personas que pueden resultar afectadas cuando realizan tareas en campo. En ese sentido, la normativa de Mendoza impone condiciones sobre la forma en que el efluente depurado debe ser destinado para el riego. Los tipos de riego que se proponen son a través de tuberías enterradas que saturan el perfil de las raíces del cultivo y por otro lado un sistema de conducción de cintas perforadas para generar riego por goteo. Estos métodos implican una mayor protección a la salud de los trabajadores en el campo, ya que se disminuye el riesgo por contacto. Por razones obvias, queda terminalmente prohibido el riego por aspersión, el cual proyecte el efluente hacia la atmósfera.

De acuerdo a la investigación realizada por (González, G. et al, 2003), en bodegas con sistemas tradicionales de vinificación de la provincia de Mendoza, se llegó a la conclusión que hay cuatro factores que se deben tener en cuenta para la caracterización de los efluentes líquidos en bodegas. Estos son: Contenido de agua, concentración de sales inorgánicas, contenido de compuestos orgánicos y pH.

Contenido de agua: Proviene fundamentalmente de los lavados. El agua utilizada en bodegas es principalmente de origen subterráneo.

Concentración de sales inorgánicas: Las principales sales que contribuyen a elevar la conductividad eléctrica del agua en general son HCl, NaOH, NaCl, Na₂CO₃, presentes en los productos de limpieza y desinfectantes.

Contenido de compuestos orgánicos: Los compuestos orgánicos, que se manifiestan mediante la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) indican que son uno de los componentes más importantes de los efluentes. Los restos de materia prima y los productos de neoformación durante la fermentación alcohólica, sumados a la carga levaduriana, producen borras que son las responsables de esta caracterización orgánica tan acentuada. Los valores obtenidos oscilan en función de la época del año, alcanzando sus mayores expresiones durante la época de vendimia y post vendimia.

pH: La concentración de ácidos orgánicos crece a medida que se descompone la materia orgánica. Es importante utilizar técnicas de neutralización para llegar a un valor cercano a la neutralidad, ya que la mayor parte de los organismos vivos pueden desarrollarse dentro de ciertos límites de variación. Así se evitan riesgos de toxicidad y se puede eliminar el efluente sin mayores inconvenientes para el ambiente y la salud.

A la hora de consolidar valores medios de caracterización de efluentes vitivinícolas se trabajó con 4 estudios realizados en España donde hay una importante base de datos. Además, se eligieron casos de escala productiva similar a la bodega de Valle La Puerta, esto es, de mediana producción. Los efluentes son en general de carácter ácido con valores en torno a 4,5 a 5,5 poseen alta carga orgánica en torno a 6500-7000 mg O₂/l frente a 500-700 mg O₂/l de un agua residual urbana y por último presentan un déficit de nutrientes en Nitrógeno y Fósforo. Para los casos de estudio realizados por Gonzales y Ruete, los valores corresponden a una caracterización de una única muestra compuesta durante la época de vendimia. En resumen: las principales características que presenta este tipo de efluente se enlistan en la siguiente tabla consolidada (Ver Tabla 1.3):

Tabla 1.3: Composición estimada del efluente vitivinícola: Fuente: Elaboración propia a partir de Ruete, M et al, 2002).

Parámetro	Unidades	Life Sinergia (2004)	Gonzales (2001)	Ruete (2003)	Jumilla (2001)
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l O ₂	2000-6000	2.500	4215	200-5.900
Demanda Química de Oxígeno.	mg/l O ₂	4000-10000	4.650	7664	1.000-15.000
Aceites y Grasas (sustancias solubles en éter etílico)	mg/l	--	--	--	3-55
Conductividad	μS/cm	--	--	--	600-2.000
pH	Unidades de PH	4-6	4,6-8	4	4,2-7,8
Sulfuros	mg S ₂ -/l	---			
Nitrógeno Total	mg/l	20-100	61	12	--

Fósforo Total	mg/l	10-50	13	6	--
---------------	------	-------	----	---	----

A simple vista se puede observar la gran variabilidad que existe para todos los parámetros descritos. Esto se debe fundamentalmente a que la generación de efluentes que provienen principalmente de los lavados, son puntuales y difieren notoriamente entre la época de vendimia y el resto del año. Se estima que el 60% del volumen anual de agua residual generada se produce en la época de vendimia y en los tres meses posteriores.

Las emisiones gaseosas que posee la industria vitivinícola se producen como consecuencia de la utilización de calderas para quemar combustibles fósiles, así como también durante el proceso de fermentación del vino. Sin embargo, no representan un problema principal ya que actualmente aquellas industrias que necesitan calor, poseen calderas eléctricas y por otro lado la fermentación del vino que produce la emisión gaseosa en forma de CO₂ sucede una vez al año. Por lo segundo, resulta económicamente viable la instalación de un equipo recuperador de gases destinado para ser utilizado una vez al año. Por lo tanto, toda depuración en lo referente a emisiones gaseosas queda omitida.

Dado que la región de La Rioja es seca, semidesértica y que los efluentes líquidos de las bodegas están compuestos esencialmente por agua y materia orgánica, en el presente proyecto se busca la manera de reutilizar recurso hídrico para irrigación. Dentro de la normativa que reglamenta el reúso de vertidos industriales depurados con fines agrícolas, se destaca la referente a la provincia de San Juan. Recordando que una de las razones por elegir esta normativa y no la nacional es porque la primera rige dentro del mismo valle vitivinícola que la industria en cuestión. La normativa sanjuanina establece parámetros guía para vuelco a cauce de riego. Aquellos parámetros no especificados, deben poseer valores de calidad iguales o mayores respecto a las condiciones del agua para riego que habitualmente se emplea en la industria.

Tabla 1.4: Parámetros límite de interés para reúso del efluente para riego. Fuente: Decreto N.º 638/89, San Juan.

Parámetro	Unidades	Máximo tolerable
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	mg/l O ₂	Se analizará para cada caso puntual.

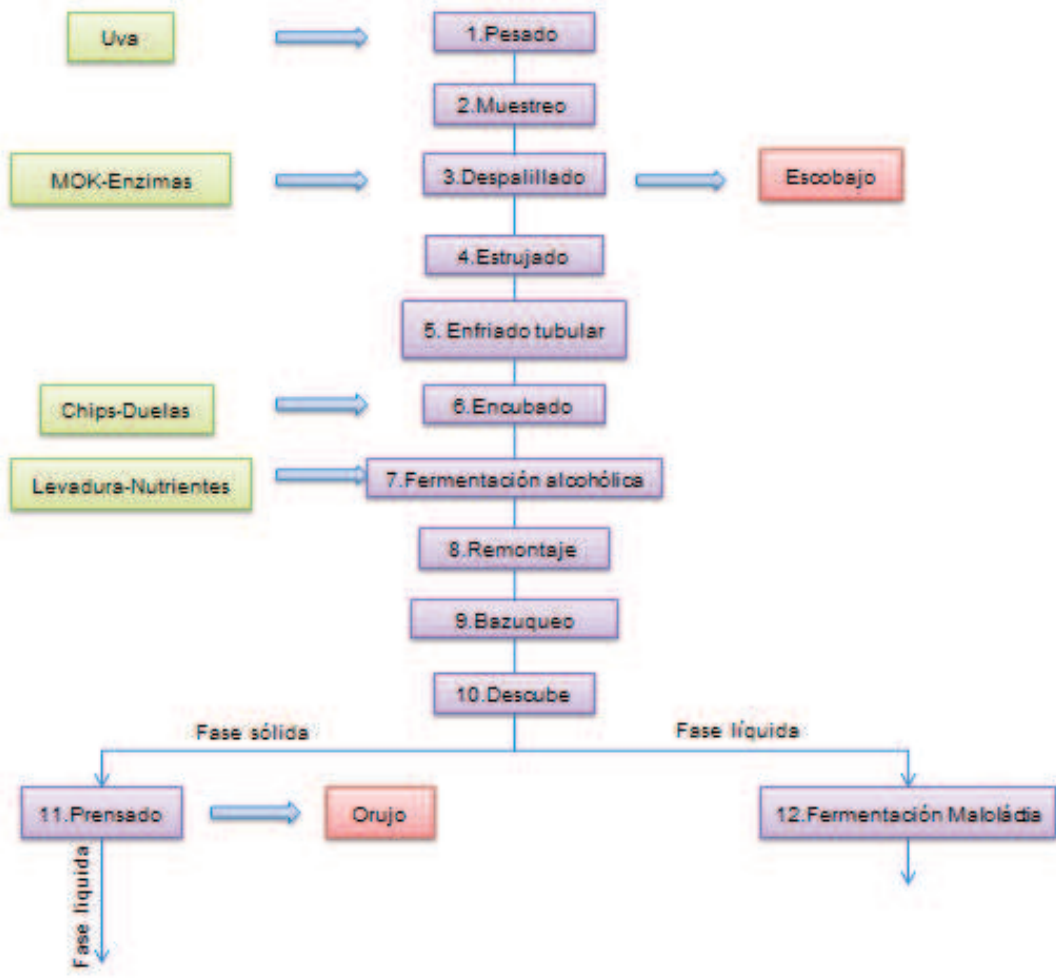
Demanda Química de Oxígeno.	mg/L O ₂	Se analizará para cada caso puntual.
Helmintos	huevo/L	---
Sólidos sedimentables 10'	mL/L	<0,5
Sólidos sedimentables en 2hs	mL/L	Ausencia
Aceites y Grasas (sustancias solubles en éter etílico)	mg/L	100
Conductividad	µS/cm	---
Temperatura	°C	38
pH	Unidades de PH	5,5 > pH > 8,5
Sulfuros	mg S ₂ -/L	0,5
Detergentes	mg/L	1

Por último, se destaca que el diseño a desarrollar comprendió la necesidad de la finca de duplicar su producción en el mediano plazo. Actualmente la finca produce 22.500hL de vino al año lo que equivale a 2.500.000 Kg de uva elaborada al año.

2: Descripción del proceso productivo

Procesos Implicados

El trabajo en la bodega se divide en dos turnos de 12h. El primer turno comienza a las 7:00hs y finaliza a las 19:00hs, mientras que el segundo turno arranca a las 19:00hs y termina a las 7:00hs. Dentro de los 22.500hL anuales de vino que produce la finca Valle La Puerta, un 70% se corresponde con la elaboración de vino tinto. Por esta razón se procede a ilustrar un esquema que resume el proceso productivo implicado en la elaboración de este tipo de vino (Ver Figura 2.1).



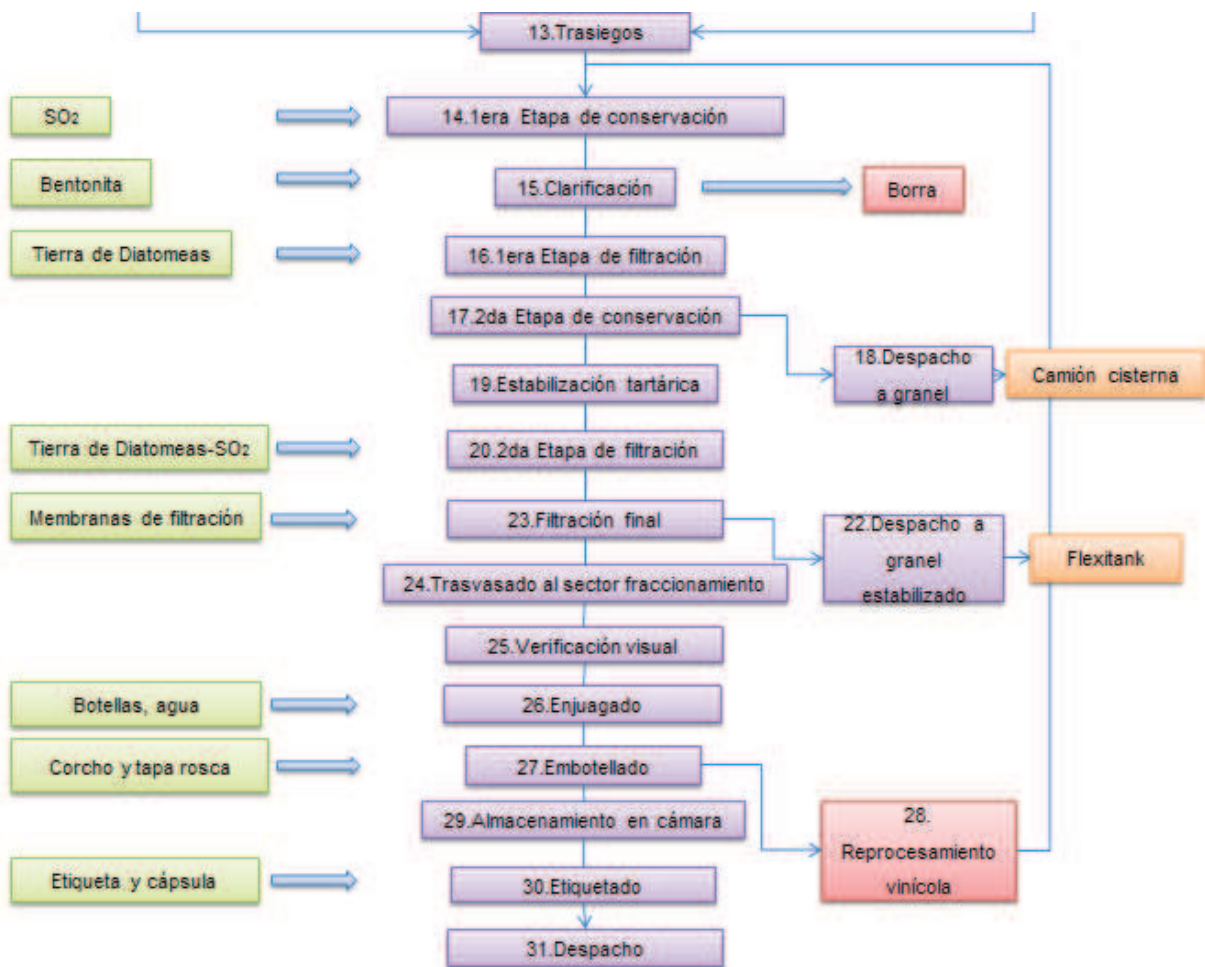


Figura 2.1: Diagrama de flujo para la elaboración de vino clásico en la finca Valle La Puerta.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Valle La Puerta, 2018.

Lógicamente la materia prima indispensable para la elaboración del vino es la uva. Asimismo, dentro de las variedades tintas producidas en la bodega se encuentran Cabernet Sauvignon, Syrah, Malbec, Merlot, Bonarda; mientras que dentro de los varietales blancos están el Torrontes y Chardonnay. Para la elaboración de vino se requieren los siguientes insumos (Ver Tabla 2.1):

Tabla 2.1: Insumos requeridos para elaboración de vino. Fuente: Valle La Puerta, 2018.

INSUMOS REQUERIDOS
Acido tartárico
Levaduras seleccionadas.

Fosfato de amonio
Enzimas
Metabisulfito de potasio
Anhídrido sulfuroso
Gelatinas.
Carbón activado
Goma arábica
Bentonita
PVPP
Nitrógeno gaseoso
Celulosa
Chip de roble, duelas, barricas

Antes de comenzar con la descripción de los procesos productivos resulta útil indicar las siguientes definiciones de relevancia:

Acidez total: Acidez debida a todos los ácidos y sales acidas, expresada, generalmente como ácido tartárico, en gramo por litro.

Añejamiento: Acción y efecto positivo de la crianza del vino.

Barrica: vasija de madera (especie de tonel), de capacidad limitada (generalmente 2hL), utilizada fundamentalmente para el añejamiento.

Borra: Es el sedimento que precipita como consecuencia de la estabilización del vino.

Clarificación: Tratamiento que tiene por finalidad producir la precipitación de sustancias que el producto tratado tiene en suspensión y que pueden afectar su estabilidad.

Cuba: Unidad de almacenaje para el mosto.

Enzimas: sustancia proteínica que producen las células vivas, y que actúan como catalizador en los procesos de metabolismo.

Escobajo: Parte herbácea del racimo.

Fermentación alcohólica: La fermentación consiste en la degradación de los azúcares a alcohol y CO₂. La cantidad de azúcar necesaria para producir un grado de alcohol (1% en vol.), es de 17,5 g/l. lo que equivale a 1° Bé. Este proceso tiene una duración de aproximadamente 10 a 15 días con una temperatura controlada entre 23 a 25°C.

FML: Fermentación Maloláctica.

Grados Brix: Es una unidad de cantidad (símbolo °Bx) y sirve para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 25g de sólido disuelto por 100g de disolución total

Vendimia: Comprende la recolección o cosecha de las uvas, generalmente refiriéndose a las que servirán a la producción de vino.

Mosto: Es el líquido turbio, un tanto viscoso, obtenido por el molido o el prensado de la uva madura.

Orujo: Residuo del prensado de la uva.

Prensado: La prensa realiza extracción del líquido que se encuentra embebido en el orujo. Esta operación se realiza mediante prensas neumáticas. El vino obtenido se denomina vino prensa.

Remontaje: Operación de sacar el mosto por debajo de la cuba e introducirlo por arriba a fin de homogeneizar e intensificar la maceración.

SO₂: Anhídrido sulfuroso.

Tanino: Es una sustancia química natural (vegetal) que se encuentra en el vino y que procede de las partes más sólidas del racimo (piel, hollejo, pepitas) y/o de la madera de las barricas, siendo más abundantes en los vinos tintos que en los blancos.

Tierras de Diatomeas: Tierra compuesta de fósiles marinos, utilizada para la filtración y abrillantamiento de vinos.

Desarrollo

La uva es la materia prima para la elaboración del vino, que parte de un proceso natural en el que el azúcar, a través de la fermentación del mosto, se transforma en alcohol y dióxido de carbono. La misma llega a la bodega en camiones desde el viñedo dentro de pequeños canastos o en grandes bines, dependiendo del tipo de cosecha. A continuación, se desarrollan los procesos productivos implicados para la elaboración del vino tinto dentro de la bodega.

Pesado: La uva recién cosechada es depositada en la báscula certificada por el INTI para su pesada. Finalizada la misma se emite el CIU, el cual es un registro de recepción. Las condiciones óptimas establecidas para la uva son: Madurez, libre de podredumbre, sin principio de fermentación, entregada en bodega el mismo día de su cosecha y limpia (sin

mezcla de variedad, sin hojas y libres de otros cuerpos objetables). Luego la uva es depositada en el lagar, unidad destinada al almacenaje transitorio de la uva recién cosechada (Ver Figura 2.2).



Figura 2.2: Recepción de la uva recién cosechada. Fuente: Cata del Vino, 2014.

Muestreo: Al ingresar la uva, se lleva una muestra de cada unidad de almacenaje al laboratorio enológico para ser analizada en donde se determina los grados brix, acidez total, pH, y nitrógeno.

Despalillado: La uva es transportada por una cinta elevadora hacia la despalilladora (Ver Figura 2.3) para separar la uva del escobajo. El objetivo de separar la uva de las ramas y las hojas que puedan estar presentes en los racimos. Éstas dos últimas aportan sabores amargos al mosto. De esta etapa sale como residuo el escobajo.



Figura 2.3: Unidad de despalillado. Fuente: Vinopediatv, 2018.

Estrujado: Una vez desgranado el racimo, las uvas se pasan por una máquina estrujadora moledora de rodillos (Ver Figura 2.4). El fin de este proceso es conseguir que se rompa la piel de la uva. De esta manera se extrae gran parte del mosto del interior de la fruta. El estrujado no debe ser demasiado exhaustivo, ya que hay que evitar que se rompan las semillas de las uvas, algo que podría aportar amargor al mosto. En esta parte del proceso se realizan agregados de los siguientes insumos enológicos: enzimas pectolíticas para otorgarle color y clarificación al mosto y metabisulfito de potasio (MOK), el cual se utiliza como desinfectante y antioxidante.



Figura 2.4: Unidad de molino de rodillos. Fuente: Cata del Vino, 2014.

Enfriado tubular: Luego del estrujado, el mosto de la uva es introducido en una tolva y, por medio de una bomba, es llevado al enfriador tubular para mantenerlo en frío.

Encubado: Este proceso implica almacenar los mostos junto con el orujo en cubas (Ver Foto 2.5). Esta operación se realiza sin llenar totalmente los depósitos pues durante la fermentación, aumenta el volumen introducido en un 15% debido a la formación de CO₂. La molienda es ingresada directamente a los tanques de acero inoxidable, mediante bomba a tornillo y mangueras. En los mismos se agregan los siguientes productos enológicos: Chips y duelas para mejorar propiedades organolépticas. Durante este proceso ocurre la etapa de maceración que es el contacto entre líquido y partes sólidas de la uva.



Figura 2.5: Cuba de almacenaje para el mosto con el orujo donde se produce la etapa de maceración. Fuente: Vinopedia, 2018.

Fermentación alcohólica: A través de las propias levaduras presentes de forma natural en la piel de las uvas, comienza el proceso de fermentación. Se denomina fermentación alcohólica ya que, en ella, el azúcar de las uvas termina transformándose en alcohol etílico. La misma se completa entre 7 a 15 días a una temperatura controlada que no supera los 28°C. Durante este proceso son agregados los siguientes insumos enológicos: Levaduras seleccionadas y difosfato de amonio (DAP) el cual es producto inorgánico que favorece la multiplicación celular de las mismas.



Figura 2.6: Reacción durante el proceso de fermentación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Valle La Puerta, 2018.

Remontaje: Es un proceso que implica la operación de sacar el mosto por debajo de la cuba e introducirlo por arriba a fin de homogeneizar y oxigenar las levaduras (Ver Figura 2.7).



Figura 2.7: Proceso de remontaje donde se puede observar como hacen recircular el mosto dentro de la cuba. Fuente: La Gaceta, 2015.

Bazuqueo: Este proceso implica desarmar el sombrero formado en la superficie de la masa en fermentación y hundirlo en el líquido, con el objeto de favorecer la distribución uniforme de las levaduras, renovar el líquido en fermentación en contacto con los orujos (Ver Foto 2.8).



Figura 2.8: El bazuqueador es el elemento para desarmar el sombrero que se genera durante la fermentación. Fuente: Urbina vinos, 2011

Descube: Este proceso consiste en vaciar la cuba tras la fermentación alcohólica (Ver Foto 2.9). En esta etapa se logra la separación del líquido (vino gota), el cual es transferido a otro depósito, y de la fase sólida (orujos).



Figura 2.9: Proceso de descube. Fuente: Cata del Vino, 2015.

Prensado: Tras el descube, el producto sólido de la fermentación aún contiene grandes cantidades de vino. Por tal motivo es sometido a un prensado para extraer todo el líquido, obteniéndose el vino de prensa. La prensa es una máquina empleada para aplastar las uvas previamente estrujadas (o los restos del sombrero tras la fermentación del vino tinto) y extraer su jugo (Ver Foto 2.10). Básicamente todas las prensas funcionan con el mismo principio, por el cual se ejerce una presión controlada sobre las uvas para evitar romper las semillas, que pueden ceder taninos no deseados al vino. Como resultado se obtiene vino prensa y como residuo el orujo prensado.



Figura 2.10: El orujo, con gran contenido de líquido, es bombeado a la prensa horizontal. Fuente: Urbina Vinos, 2017.

Fermentación maloláctica (FML): Esta segunda fermentación, conocida como fermentación maloláctica (FML) o conversión maloláctica, conlleva a que un tipo de bacterias presentes en el vino, las bacterias lácticas, metabolicen el ácido málico hasta convertirlo en ácido láctico. Este proceso rebaja el carácter ácido del vino y lo hace mucho más agradable para su consumo. Este segundo proceso de fermentación se lleva a cabo a lo largo de un tiempo de entre 15 y 21 días con una temperatura controlada entre 20 y 23° C.



Figura 2.11: Reacción durante la fermentación maloláctica. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Valle de La Puerta, 2018.

Trasiegos: Simultáneamente con el proceso de crianza del vino se lleva a cabo el trasiego, proceso mediante el cual el vino se cambia varias veces de recipiente, con el fin de ir eliminando los sedimentos sólidos y de oxigenar el vino (Ver Figura 2.12).



Figura 2.12: Empleado se dispone a colocar la manguera colectora. Fuente: Elaboración propia, 2018.

1^{era} Etapa de conservación: El vino es ingresado, ya sea a tanques de acero inoxidable o a barricas, mediante bombas y mangueras. Al terminar el almacenamiento se realiza el agregado de anhídrido sulfuroso (SO_2) para proteger al vino de la oxidación y de la acción bactericida.

Clarificación: Este proceso consiste en incorporar al vino un producto clarificante mineral llamado bentonita que produce la coagulación de ciertas sustancias que al precipitar provocan limpidez en el líquido.

1^{era} etapa de filtración: Consiste en hacer pasar el vino por una membrana porosa donde quedan retenidas las partículas que lo hacen turbio. Se utilizan tierras diatomeas de diferentes granulometrías (Ver Foto 2.13).

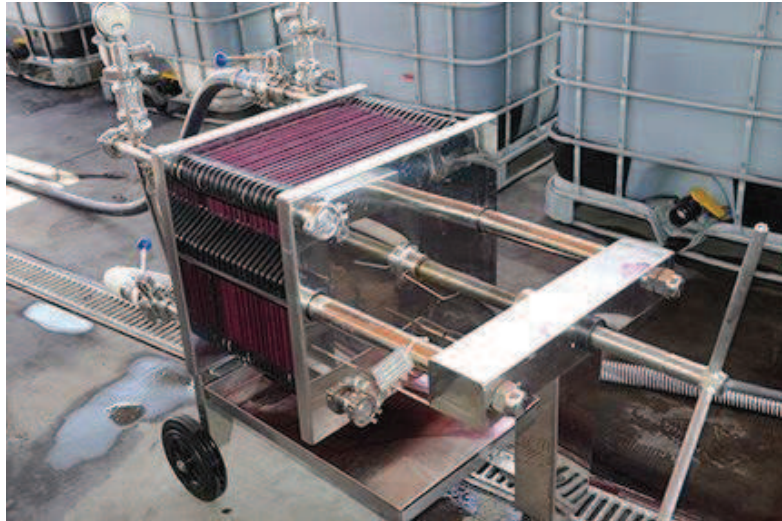


Figura 2.13: Filtro de membrana porosa. Fuente: Cata del Vino, 2014.

2^{da} Etapa de conservación: El vino es ingresado a tanques de acero inoxidable, así como también a barricas mediante bombas y mangueras.

Despacho a granel: Sin estabilización tartárica, el vino tinto es cargado en camiones cisternas de diferentes capacidades según especificaciones de los clientes.

Estabilización tartárica: El bitartrato de potasio es un subproducto de la producción vitivinícola. Esta parte del proceso evita la formación de cristales de tartrato o “diamantes del vino” dentro del producto final embotellado ya que se hace para generar precipitados y que luego puedan ser filtrados en el siguiente proceso. La estabilización se hace a 0°C durante 72h, en tanques de acero inoxidable.

2^{da} etapa de filtración: Consiste en hacer pasar al vino por una membrana porosa donde quedan retenidas las partículas que lo hacen turbio. Se utilizan tierras diatomeas de diferentes granulometrías. Una vez terminada la operación se realiza la desinfección y estabilización final con anhídrido sulfuroso (SO₂).

Filtración final: Proceso de filtrado que involucra membranas de polipropileno o poliestersulfona de distintos micrones según corresponda al vino a embotellar.

Despacho a granel estabilizado: Proceso de carga con estabilización tartárica. El producto se carga en un flexitank. Previa a la carga se verifica certificado de fabricación, la misma es supervisada por el encargado del sector y queda registrada.

Trasvasado al sector de fraccionamiento: El vino se transporta al tanque de la máquina fraccionadora por medio de manguera de goma con refuerzo de espiral de acero (libre de ftalatos) hacia la planta de fraccionamiento.

Verificación visual: En este proceso el operario de fraccionamiento deberá revisar la integridad del pallet e inspeccionar las botellas con ayuda de una luz colocada por encima de la línea de producción previo a colocar en forma manual las mismas sobre la cinta transportadora.

Enjuagado: Las botellas que se desplazan por la cinta transportadora e ingresan a la enjuagadora, rotan sobre su eje hasta quedar en posición invertida donde un chorro de agua a presión se inyecta en su interior con el fin de evacuar posibles partículas de polvo, tierras, restos vegetales o restos de vidrio (Ver Foto 2.14). Las botellas son enjuagadas con agua filtrada de pozo para evitar contaminación microbiológica.



Figura 2.14: Unidad enjuagadora. Fuente: Interempresas, 2017.

Embotellado: Este proceso es operado por la llenadora la cual es la unidad que se ocupa del envasado del producto en botellas de vidrio de 375mL y 750mL (Ver Foto 2.15). Durante este proceso se coloca la tapa rosca o corcho en la botella de manera automática.



Figura 2.15: Embotellado para volumen de 750mL. Fuente: Vinopediatv, 2018.

Reprocesamiento vinícola: cualquier vino que no cumpla los requisitos por el área de Calidad vuelve a depósitos de la primera etapa de conservación.

Almacenamiento en cámara: El vino embotellado se estiba en cámara a temperatura controlada entre 16 a 18°C.

Etiquetado: Consiste en colocar las capsulas según especificaciones del cliente o Valle de la Puerta (Ver Figura 2.16). Las etiquetas poseen: Sello, número de lote, tipo de vinificación, marca del vino, nombre de la bodega y porcentaje de volumen de alcohol. Las mismas se colocan en cajas y se paletizan.



Figura 2.16: Maquina etiquetadora. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Despacho: Durante este proceso se cargan los pallets a la unidad de transporte, se declara el seguro de la mercadería transportada y se hace un seguimiento hasta que la mercadería llega a destino.

Los recientemente descritos son los procesos en la elaboración de vino tinto. Para la elaboración de vino blanco, los procesos implicados son relativamente similares. Algunos de los insumos varían. Tal es el caso de la gelatina PVPP utilizada en el proceso de clarificación durante la elaboración de vino blanco. Las diferencias entre los procesos de elaboración de vino blanco y de vino tinto se detallan a continuación. La primera diferencia está en la necesidad de clarificación del vino blanco previo al proceso fermentativo, mientras que en el vino tinto no. Otra diferencia es que mientras el mosto del vino tinto fermenta junto a los orujos, para la elaboración de vino blanco el mosto fermenta sin su presencia debido a que la piel de la uva blanca suele ser más amarga. Por último, para la elaboración de vinos blancos se suele realizar la fermentación en frío (5 a 10 °C).

En cuanto a la vida útil del producto final según condiciones normales de conservación entre 15 a 20°C se estima: Para las líneas de vino Clásico y Puerta Alta entre 3 y 5 años y para

las líneas Reserva y Gran Reserva entre 5 a 10 años. Pasado este tiempo sufre alteraciones organolépticas pero no producen cambios en la inocuidad por lo que no provocan alteraciones en la salud del consumidor.

Introducción a la Producción y Calidad.

En esta sección se procede a documentar todos los procesos implicados en la elaboración de vino y determinar las especificaciones de elaboración requeridas en la empresa de Valle de la Puerta S.A.

Actualmente 20 personas se encargan de los procesos operativos. Las mismas se dividen entre los que trabajan en la bodega, en los parrales y en el depósito de fraccionamiento. Las personas involucradas en la gerencia no forman parte del proceso productivo.

Esta compañía tiene como documentación de referencia IRAM NM 324, Buenas Prácticas de Manufactura para la Industria de los Alimentos y la IRAM NM 323, HACCP. Ambas certificaciones reflejan los más altos estándares de calidad en procesos productivos.

Asimismo, es importante destacar que el ente regulador de todo lo referido a la producción y venta de vino está moderado por el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). Este organismo se encarga de guiar y controlar la industria vitivinícola en Argentina. Asimismo, este ente tiene carácter de auditor y tiene la potestad de extraer muestras producidas en la bodega para su posterior análisis.

Antes de comenzar a con la descripción de los procesos involucrados es necesario distinguir las áreas involucradas dentro de la bodega y sus responsabilidades.

Área producción:

El objetivo de éste área actuar inmediatamente ante desvíos de los parámetros establecidos por el área de Calidad que se describe a continuación.

Área de calidad:

Éste área se encarga de realizar los controles descritos en esta instrucción y comunicar las novedades que se presenten a los responsables de Producción. Dentro de las características organolépticas que debe poseer un vino están el sabor, el color y el aroma que se diferencian entre los distintos varietales y líneas de producto.

Asimismo, los vinos elaborados deben cumplir con características fisicoquímicas impuestas por el INV. (Ver Tabla 2.2).

Tabla 2.2: características fisicoquímicas requeridas para elaboración de vino. Fuente: INV,2018

Características Fisicoquímicas.			
Determinación	Límite	Tolerancia	Oficialización técnica analítica
Alcohol	Se fija anualmente por el INV para cada zona	Hasta 15 % v/v	Resolución INV N° 123/85
Azúcar reductor		Hasta 20 g/l:	Resolución mayo de 1938
Extracto seco		Hasta 20 g/l: 1,5 g/l en más o en menos más de 20 g/l: 7,5 % en mas o en menos	Decreto N° 1287/32
pH	Entre 3 a 4,10		
Acidez total en ácido tartárico g/		0,20 g/l en mas o en menos	Resolución N° 12 9/8/65
Acidez volátil en ácido acético g/l	1,00 g/l en vinos blancos y rosados. 1.20 g/l en vinos tintos para libre circulación Resolución N° C-14/03	0,20 g/l en mas o en menos. Resolución N° C-14/03	Resolución INV N° 633/81

Cenizas	----	0,25 g/l en más o menos.	Resolución 22/12/39
		Decreto N° 1469/71	Dirección Nacional de Química
Alcalinidad de Cenizas	-----	-----	Resolución 22/12/39
			Dirección Nacional de Química.
			Resolución 22/04/65
			Dirección Nacional de Química
Cloruros, en Cloruros de sodio g/l	0,80 g/l	-----	Resolución INV N° C-24/2013
Calcio en Oxido de calcio g/l	0,25 g/l para libre circulación. Resolución INV N° C- 143/94	5 % en más o en menos. Resolución INV C-143/94	Resolución INV N°C-103/82
Metanol			
SO ₂ libre mg/l	-----	5 mg/l en mas o en menos	Resolución INV N° C-227/91
SO ₂ Total	1,30 mg/l en vino tinto seco, 180 mg/l en vinos blanco y rosado seco. 180 mg/l en vino tinto abocado dulce. 210 mg/l en vinos blanco y rosado abocado dulce. Todos estos valores para	35 mg/l en más o en menos. Resolución INV N° C-143/94	Resolución 227/91

libre circulación Resolución INV N° C-143/94						
Materia colorante artificial	Ausencia Ley N° 14878	-----				Resolución N° 7/61 Dirección Nacional de química
Reacción de Ferrocianuro	Negativa. Resolución INV N° C-106/92	-----				Resolución INV N° 106/92
Sodio mg/l	excedentario 230 mg/l o 10 meq/l. Resolución N° 582/81	-----				Resolución N° 582/81
Sorbitol mg/l	120 mg/l Decreto N° 5607/67.	-----				-----
Ácido Sorbico mg/l	200 mg/l Resolución INV N° 8/10	-----				-----
Malvidina	Ausencia	-----				-----
Sacarosa	Ausencia. Resolución INV N° 1445/72	-----				Resolución INV N° 1445/72
Edulcorantes sintéticos	Ausencia	-----				Resolución INV N° 70/68
Derivados monohalogenados	Ausencia. Resolución INV N° 1445/72	-----				Resolución N° 5 y 6/62 Dirección Nacional de Química
Sulfatos en sulfato de potasio g/l	1,00g/l vinos secos-1,20 g/l vinos edulcorados- 1,50 g/l vinos con más de 2 años de añejamiento y elaboraciones especiales con denuncia previa	Tolerancia 10 % Res. C-14/03				Resolución N° enero 17/39- Dirección

	ante el INV- Resolución C-14/03. 1,50 g/l vino licoroso y/o generoso por Resolución C-35-2000		Nacional de Química
Cobre mg/l	1 mg/l	-----	Resolución INV N° C-143/94
Plomo mg/l	0,15 mg/l	-----	Resolución INV N° C-17/11
Arsénico mg/l	0,2 mg/l	-----	Resolución INV N° C-17/11
Zinc mg/l	5 mg/l	-----	Resolución INV N° C-17/11
Cadmio mg/l	0,01 mg/l	-----	Resolución INV N° C-143/94

Además, se verifica que antes de que el vino sea comercializado, no haya presencia de restos de otras sustancias sólidas extrañas. El criterio de aceptación es únicamente la ausencia de éstas.

Al mismo tiempo, dentro del área de calidad también existen rigurosas pruebas en cuanto a características biológicas del producto elaborado. Las metodologías para el recuento de microorganismos son: Recuentos de Mohos (Método de Howard) donde el valor máximo permisible es de 60% de campos positivos, Recuento total de microorganismos aerobios y anaerobios mesófilos donde el valor máximo permisible es de 10ufc/g, Recuento total de microorganismos aerobios y anaerobios Termófilos donde el valor máximo permisible es de 10ufc/g y por último Recuentos de Hongos y levaduras donde el valor máximo permisible es 10ufc/g. Si alguno de los recuentos mencionados anteriormente no cumple con dichos

valores permisibles, el producto elaborado no puede ser comercializado y se lo reprocesa hasta alcanzar los parámetros deseados

3: Descripción de los efluentes industriales

Generalidades

La composición de estas aguas residuales tiene su origen en los propios componentes de la uva, del mosto o del vino: Piel, escobajo, orujo, tierra, azúcares, ácidos, alcohol, ácidos, polifenoles, los productos que se añaden y los residuos que se generan en los diversos procesos implicados. En general se caracterizan por una carga orgánica elevada, aportada por etanol o azúcares, déficit de nutrientes (nitrógeno y fósforo), pH variable, normalmente ácido y concentraciones apreciables de sólidos en suspensión. Todos los compuestos derivados de los efluentes son biodegradables salvo los polifenoles, compuestos que pueden estar presentes en los vertidos.

Asimismo, las características de los vertidos en la bodega varían ampliamente en función de la época del año y de la operación que origina el vertido. Establecer los parámetros de vertido en cualquier bodega es difícil ya que la generación de efluentes es principalmente resultado de una operación discontinua. Éstos son consecuencia de la limpieza de los equipos y maquinaria que están en contacto con la materia prima o con los productos de los diferentes procesos (básculas, lagares, prensas, tolvas de recepción, despalilladoras, bombas, tuberías, filtros, etc.), en el lavado de las barricas y de las botellas, así como en los derrames accidentales en los numerosos trasvases que se llevan a cabo durante el proceso de elaboración del vino. En esa gran discontinuidad diaria y estacional, tanto en su caudal como en su composición, aún dentro de una misma zona de la instalación y época del año, influyen notablemente factores como el elemento que se esté lavando, la fase del lavado en que se tome la muestra, los productos de limpieza, el caudal que se mezcle con el vertido antes de su llegada al alcantarillado, y los posibles derrames puntuales. Dado de que el efluente proviene precisamente de una actividad industrial está sujeto a la ley 25.612 de jurisdicción Nacional. No obstante, como el mismo puede llegar a causar un daño directa o indirectamente a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general se mantiene sujeto a la ley nacional de residuos peligrosos 25.051. Bajo esta

normativa el efluente puede ser caracterizado como Y18 (residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales) ya que el mismo es generado al lavar los tanques de almacenamiento que contienen incrustaciones del mosto.

En relación a la producción de efluentes, tanto por la cantidad como por las características, conviene diferenciar los efluentes generados entre las épocas de vendimia, bodega y embotellado siendo la primera de ellas la responsable de producir un mayor volumen de efluentes y con una mayor carga contaminante. Es importante aclarar que los efluentes de la bodega que genera la finca Valle La Puerta no son provenientes exclusivamente de la producción de vino tinto sino que también de la elaboración de vino blanco ya que ambos procesos se realizan simultáneamente.

- Vendimia:

Esta labor, realizada en un período comprendido entre 4 y 5 semanas durante el mes de Febrero y Marzo, tiene una particular trascendencia respecto a la generación de aguas residuales. Con las labores de molturación de uva se producen vertidos ocasionados por eventuales derrames y sobre todo los trabajos de limpieza de los circuitos y maquinaria empleada, llegándose en ocasiones incluso a apreciar visualmente la presencia de escobajos y orujos en el alcantarillado. Normalmente es la época en que se produce un mayor volumen de efluentes y con una mayor carga contaminante, estimándose además que el 35-40% del agua consumida por la bodega se produce en esta época. Estos vertidos contienen restos del jugo de la uva, originados tanto por derrames accidentales, como por las operaciones de limpieza de los equipos y depósitos. Tienen valores bajos de pH, entre 3 y 5, y altas cargas orgánicas que pueden alcanzar valores de hasta 21.000 mg O₂/l, (Jerez, 2004).

Para poder entender qué magnitudes tiene un efluente producto de esta industria durante la época de vendimia, se tomó como ejemplo un caso particular de una bodega que relevó sus vertidos durante un tiempo prolongado. Los resultados analíticos disponibles, correspondientes a la toma de muestras compuestas en la zona de La Rioja, España donde emplean tecnología de producción similar a Valle La Puerta. Estos resultados denotan la existencia de bajos valores de pH y altas concentraciones de sólidos solubles y carga orgánica, siendo ésta muy biodegradable. Como se dijo anteriormente, se emplea el caso de estudio de la zona de La Rioja ya que las muestra analizadas se corresponden con

caracterizaciones realizadas exclusivamente durante la época de vendimia. Los intervalos de los valores medios de cada vendimia, fueron los siguientes:

Tabla 3.1: parámetros característicos con valores máximos y mínimos de la bodega en zona de la Rioja durante época de vendimia. Fuente: Life Sinergia, 2004.

Parámetro	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	6	4
DQO (mg O ₂ /l)	10.000	2.000
DBO5 (mg O ₂ /l)	6.000	2.000
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	1.000	2.500
Nitrógeno	100	20
Fosfatos	50	10

- Tratamientos y crianza:

En las bodegas de crianza y almacenamiento en Valle La Puerta, se realizan operaciones que generan tres grupos de contaminantes que, de no gestionarse adecuadamente, pueden verterse al cuerpo receptor.

Grupo 1. Partes inferiores de los depósitos de fermentación, con una apariencia entre líquida y semisólida, procedentes de la primera fermentación del mosto y del proceso de elaboración del vino.

Grupo 2. Residuos del tratamiento en frío que se realiza para clarificar el vino antes de su embotellado. En la finca se filtran los sedimentos que precipitan.

Grupo 3. Precipitados de cristales de bitartrato potásico, que se incrustan en las paredes y que para su limpieza se emplea sosa cáustica y detergentes. Estas aguas de lavado están contaminadas con los con los tartratos, materia orgánica, restos de sosa y detergentes, presentando un alto pH.

Tanto los tratamientos que se le da al vino como la crianza del mismo representan los efluentes con las segundas cargas más importantes que posee todo el proceso productivo implicado en la elaboración del vino. A continuación, se muestra en una tabla los resultados obtenidos en la bodega situada en La Rioja durante la época de trasiegos y crianza (Ver Tabla 3.2).

Tabla 3.2: parámetros característicos con valores máximos y mínimos de la bodega en zona de la Rioja durante época de trasiegos y crianza. Fuente: Life Sinergia, 2004.

Parámetro	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	6,5	4
DQO (mg O ₂ /l)	8.000	2.000
DBO5 (mg O ₂ /l)	4.000	1.500
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	1.000	2.500
Nitrógeno	200	25
Fosfatos	25	10

- Vertidos sanitarios y de laboratorio:

Incluyen las aguas domésticas procedentes de los comedores, cocinas, oficinas y sanitarios, son similares a las aguas residuales que se generan en los hogares. Éstas contienen principalmente aceites, detergentes y materia orgánica.

Por otro lado, en los vertidos de laboratorio (Ver Figura 3.1) hay presencia de productos químicos contaminantes cuando se determinan las características organolépticas del vino (color, sabor y aroma). Como resultado de dichas determinaciones se generan efluentes con pH lejos de la neutralidad.



Figura 3.1: Personal de la bodega realizando determinaciones organolépticas. Fuente: Elaboración propia, 2018.

- Embotellado:

En este proceso se generan aguas residuales al lavar las botellas así como también durante la limpieza y desinfección de los circuitos y equipos, al inicio y al final de la jornada laboral. Estas aguas residuales son las que menor carga orgánica contienen. Por tal motivo no se realiza generalmente una caracterización de efluentes para esta etapa puntual del proceso.

En resumen: Por todo lo expuesto en el presente capítulo se puede afirmar que los efluentes con mayor carga orgánica provienen principalmente en la época de la vendimia como consecuencia del lavado de los equipos. En la tabla siguiente se enlistan las principales operaciones que generan aguas residuales en una bodega:

Tabla 3.3: descripción de la generación de efluentes en las etapas productivas de elaboración de vino. Fuente: EOI, 2008.

Etapas	Generación efluentes
Recepción de Uva	Limpieza de báscula y lagar
Despalillado	Limpieza de la despalilladora
Encubado	
Fermentación alcohólica	
Remontado	Limpieza de tanques
Descube	
Fermentación maloláctica	
Prensado	Limpieza de prensas
Filtración	Limpieza de filtrador
Crianza en barricas	Limpieza de barricas
Todas las etapas	Limpieza de derrames y fugas de vino
Embotellado	Limpieza de botellas

Consumo de agua en las vides y en la bodega

Como se expuso y determinó previamente, los efluentes se originan mayoritariamente a partir de los procesos de lavado donde se emplea agua como principal agente de limpieza. En ese sentido es importante entender el consumo de agua en la finca Valle La Puerta.

El consumo del recurso hídrico está esencialmente distribuido en dos etapas que conforman el proceso implicado global del vino de mesa. La primera etapa incluye el consumo de agua destinado al crecimiento de la vid para dar la materia prima. En Valle La Puerta se destinan 700m³/ha año de agua para garantizar el crecimiento y maduración de la vid. Considerando que la finca Valle La Puerta posee 104 hectáreas de producción vitivinícola se consume un equivalente de 728.000m³/año que normalizándolo por día resulta 1.995m³/día. Este caudal se corresponde con la extracción de agua total distribuida entre las ya mencionadas 12 perforaciones que bombean el recurso hídrico en la finca.

Por otra parte, en la bodega, el agua se utiliza en un gran número de procesos que se detallan a continuación:

- Limpieza de despalladoras
- Limpieza de prensas y lagares
- Limpieza de depósitos
- Limpieza de barricas
- Limpieza de botellas y máquina embotelladora
- Aparatos de refrigeración
- Puesta en marcha y limpieza de lechos filtrantes
- Limpieza de suelos

Por lo expuesto, el consumo de agua en las bodegas se destina en parte a las operaciones de limpieza y de ese consumo surge el efluente principal de la industria vitivinícola. Los métodos de lavado a presión son más eficaces y emplean un menor volumen de agua y es justamente lo que se utiliza. Los suelos pueden limpiarse con rastrillo o con escobones depende del grado de incrustación del material sobre los equipos.

El consumo de agua en la bodega oscila entre 3 a 5 litros de agua por litro de vino elaborado. Hoy en día en finca Valle La Puerta, tomando como referencia el volumen de efluente anual generado y la producción en volumen de vino se obtuvo una tasa de 7 litros de agua por litro de vino elaborado. El intervalo de valores anteriormente mencionado es el resultado de muchos factores. Entre los más destacables se enlistan los siguientes:

- Instalaciones: tipo de suelos, tipo de mangueras a presión, número de tanques y maquinaria.
- Material y hábitos de limpieza.
- Costes de abastecimiento y depuración del agua

En términos generales y como conclusión se estima que del consumo anual de agua exclusivamente en una bodega de las características de Valle La Puerta entre el 40-50% del total y se realiza durante la época de la vendimia, entre el 25-35% para tratamientos y crianza, y del 15 al 25% durante el embotellado.

Procedimiento de limpieza Valle La Puerta

Dado que la descarga de efluentes en la bodega es generada principalmente por la limpieza de los equipos implicados en el proceso productivo, a continuación, se describe el procedimiento de limpieza de la finca Valle La Puerta. De la confección y actualización de este procedimiento se encarga el área de Calidad previamente descrita en el capítulo dos.

El objetivo del procedimiento es establecer una metodología uniforme para realizar una adecuada limpieza y desinfección de las vasijas (tanques y barricas) para los vinos. La presente instrucción es aplicable al Área Bodega “Sector Elaboración, Crianza y Fraccionamiento” de la empresa Valle de La Puerta S.A.

Antes de proseguir es importante tener en claro dos definiciones fundamentales descriptas en el protocolo de la empresa:

- ✓ Limpieza: Toda operación referida a la eliminación de tierras, impurezas, polvos y materias objetables.
- ✓ Desinfección: Proceso por el cual se remueve cualquier partícula que pueda causar una infección, reduciendo el número de microorganismos presentes, mediante agentes químicos (desinfectantes) o métodos físicos adecuados.

Las instrucciones que rigen en la bodega están alineadas con las normas IRAM BPM H.A.C.C.P NM 324:2010 y Norma BPM NM 323:2010. Asimismo, es responsabilidad del Sector Elaboración, Crianza y Fraccionamiento informar acerca del procedimiento así también como capacitar al personal a cargo con el fin de mantener y colaborar con la limpieza y desinfección de las vasijas. Por otro lado, es responsabilidad del sector de Calidad, mediante auditorías internas, controlar el cumplimiento del presente procedimiento. Y por último, es responsabilidad del personal que realiza las tareas de limpieza cumplir con el presente procedimiento, realizar el llenado de los registros que

correspondan, mantener y guardar los elementos de limpieza e informar al responsable de Sector Elaboración, Crianza y Fraccionamiento ante cualquier anomalía que pueda encontrar.

Desarrollo del procedimiento:

Procedimiento de limpieza de tanques de acero inoxidable:

- ✓ Lavado con agua: Lavar con abundante agua, a fin de eliminar los restos de vino y depósitos sueltos.
- ✓ Lavado con hidro lavadora en caso de que existan incrustaciones: Lavar con presión tratando de desprender restos sólidos y/o semisólidos.
- ✓ Cerrar tanque y cubrir con agua el fondo.
- ✓ Preparar solución alcalina (hidróxido de sodio) según proporciones establecidas en la tabla 3.4. Aplicar al tanque.
- ✓ Conectar el sistema en remontaje de circuito cerrado y recircular, por 20 min.
- ✓ Pasado este tiempo eliminar la solución alcalina por la canaleta de lavado.
- ✓ Enjuagar con abundante agua. Si es necesario volver a utilizar hidro lavadora.
- ✓ Verificar si no quedan restos de la solución alcalina empleando como indicador fenolftaleína según tabla 3.5.
- ✓ Cerrar tanque y cubrir con agua el fondo.
- ✓ Preparar solución ácida (ácido cítrico) según proporciones establecidas en la tabla 3.5. Aplicar al tanque.
- ✓ Conectar el sistema en remontaje de circuito cerrado y recircular, por 20min.
- ✓ Pasado este tiempo eliminar la solución ácida por canaleta de lavado.
- ✓ Enjuagar con abundante agua.
- ✓ Verificar si no quedan restos de la solución ácida empleando como indicador azul de bromotimol según tabla 3.5.
- ✓ Desinfección: Verificar que se haya realizado la limpieza del mismo.
- ✓ Ingresar agua hasta cubrir fondo.
- ✓ Preparar solución desinfectante (ácido peracético) según proporciones establecidas en la tabla 3.5. Aplicar al tanque
- ✓ Conectar el sistema en remontaje de circuito cerrado y recircular por 20min.
- ✓ Pasado este tiempo eliminar la solución desinfectante por canaleta.

- ✓ Enjuagar o bien puede dejarse como solución de mantenimiento.
- ✓ En caso de enjuagarse verificar con azul de bromotimol.

Todo el instructivo descrito es auto controlado por los operarios según tabla 3.5. De esa manera se aseguran de que la limpieza haya sido efectiva. Asimismo, se indican los agentes desinfectantes a ser utilizados durante el lavado de los sistemas de almacenajes (Ver Tabla 3.4).

Procedimiento de limpieza de barricas:

Una vez vacías las barricas, se debe realizar una limpieza profunda y adecuada de las mismas, para eliminar restos como lías, tartratos entre otros que se han depositado dentro de las mismas. Los pasos a seguir para la limpieza de barricas son los siguientes:

- ✓ Enjuagar con agua y ozono para sacar en su totalidad el vino que haya quedado.
- ✓ Lavar con agua caliente a una temperatura mayor a 50° C, para esto se debe utilizar la hidro lavadora, en la cual se coloca una bocha especial para barricas, (al utilizar el agua caliente a presión los tartratos se solubilizan mejor)
- ✓ Dejar escurrir bien.
- ✓ Insertar en la boca de la barrica colgada de un alambre una pastilla de azufre, encendida para desinfectar.
- ✓ Tapar y dejar de un día a otro.
- ✓ Al día siguiente retirar la pastilla de azufre.
- ✓ El enólogo a cargo determinara si la barrica está en condiciones de ser utilizada nuevamente o si se debe repetir el procedimiento de limpieza.

Cuando se está realizando la limpieza de las barricas, los tapones son colocados en un recipiente que contiene una solución de metabisulfito o en algunos casos según instrucciones del enólogo se puede usar ácido peracético para su desinfección.

En caso de que las barricas queden vacías por un tiempo indeterminado se realiza el mismo procedimiento de limpieza y se debe quemar cada 1 o 2 meses una nueva pastilla de azufre para su limpieza y desinfección.

Es importante destacar que durante el procedimiento todos los productos y los elementos utilizados para realizar la limpieza y desinfección de las áreas de trabajo no permanecen

en los lugares allí si no que los mismos son destinados a los lugares definidos para su guarda.

Concentraciones de productos utilizados

Tabla 3.4: cantidades de los productos para realizar la limpieza de tanque. Fuente Valle La Puerta, 2018.

Agua (L)	Soda caustica (Kg)	Acido (Kg)	Desinfectante (cm ³)	Tiempo de recirculación
100	1 o 2	1	100	20 minutos

Las concentraciones de los productos utilizados dependerán del grado de incrustaciones y suciedad en que se encuentren las mismas así como también de las instrucciones del técnico a cargo.

Tabla 3.5: Regla de decisión para la limpieza y desinfección de los equipos en la bodega. Fuente: Valle La Puerta, 2018.

Enjuagues luego de	Lavados alcalinos	Lavados ácidos	Desinfección ácida	Regla de decisión
Producto	Fenolftaleína	Azul de bromotimol	Azul de bromotimol	-
Reacción positiva (si hay restos de productos)	Rosado	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Continuar con el enjuague hasta reacción negativa
Reacción negativa	Incoloro	Azul	Azul	El enjuague ha finalizado

El procedimiento descrito en el presente capítulo es archivado en formato papel bajo la indexación por fecha y queda en guarda en el área de Calidad por al menos 2 años. Los responsables del Sector Elaboración, Crianza y Fraccionamiento y Calidad tienen libre acceso a los archivos.

4: Caracterización del efluente

Introducción

Por su composición, muchas veces el efluente de la industria vitivinícola supera el permitido para vuelco según la normativa aplicable. En ese sentido surgen dificultades para cumplir con los valores máximos indicados por la reglamentación vigente.

Hace ya tres años que desde la finca se instrumentó el proyecto mejoramiento de la calidad en los procesos agroindustriales: Una estrategia para el monitoreo y jerarquización de puntos de contaminación ambiental. En consecuencia, surgió la necesidad de caracterizar el efluente que se genera así como también adoptar medidas de mitigación en la planta.

La bodega tiene esencialmente tres pasillos donde se ubican los tanques de acero inoxidable. Cada pasillo posee una canaleta semicilíndrica de 20cm de diámetro con una leve pendiente (Ver Fig. 4.1).



Fig. 4.1: Uno de los tres pasillos característicos de la bodega, con su canaleta correspondiente. En la foto puede verse también la manguera con la que se realiza el trasiego del vino. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Luego de circular por estas tres canaletas los efluentes confluyen a una canaleta principal.(Ver Fig. 4.2).



Figura 4.2: Canaleta principal horizontal con rejilla incluida. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fuera de la bodega, esa canaleta se transforma en una tubería de PVC de 20cm de diámetro enterrada a 5cm de la superficie de la tierra. Asimismo, el efluente fluye a través de esa tubería principal para desembocar en tres cámaras de inspección de 1m³ dispuestas en serie con 25m de separación donde decantan los sólidos. La última cámara está conectada a una tubería subterránea por la que fluye el vertido para terminar en el río seco dentro de la propiedad de la finca.

Como información adicional y extremadamente útil el encargado de la bodega midió el caudal generado. Este caudal se corresponde mayoritariamente con el lavado de los equipos durante el período de la vendimia y post vendimia como se dijera en capítulos anteriores. Para esto se empleó un caudalímetro y se determinó como punto de muestreo la cámara de inspección donde confluyen todos los vertidos generados tanto el sector de fraccionamiento como de la bodega. La duración del muestro fue de 13 días. A continuación, se detallan los caudales obtenidos para cada jornada laboral (Ver Tabla 4.1).

Tabla 4.1: Caudal generado entre sector fraccionamiento y bodega. Fuente: Valle La Puerta, 2017.

Fecha	m ³
31 marzo	21

1 abril	51
2 abril	98
3 abril	61
4 abril	68
5 abril	57
6 abril	54
7 abril	37
8 abril	50
9 abril	18
10 abril	14
11 abril	19
12 abril	67
TOTAL	615

A partir de la tabla se establece que el caudal promedio en el período de mayor vertido resulta de 47,3 m³/día. Es importante destacar que el mismo es muy variable en el día ya que se ve alterada constantemente a causa de los productos que se empleen en el momento para el lavado.

Como se mencionara previamente en el capítulo 3 el consumo del recurso hídrico para el crecimiento de la vid es 1995m³/día, donde el consumo global de agua (crecimiento de la vid y bodega) resulta 2042,3m³/día. En ese sentido es realmente sorprendente observar que siendo casi la totalidad de los efluentes generados por acción del lavado éstos representen tan solo 2,3% del consumo global del agua en la finca.

Objetivo

El objetivo de este capítulo es caracterizar físico química y biológicamente los efluentes crudos de la bodega que utilizan sistemas tradicionales de vinificación, producidos durante el período de elaboración.

Materiales y métodos

Con el presente estudio de caracterización de efluentes se buscó observar y describir el estado general del manejo de los mismos generados con el funcionamiento de la bodega, para brindar medidas factibles que permitan solucionar los problemas detectados. Primero se realizó un diagnóstico de la situación actual con respecto a la disposición de los efluentes. Se recabó información sobre volúmenes y formas de generación de los mismos.

Esto se logró a través del constante contacto con los máximos referentes de la finca pudiendo comprender las zonas de generación de efluentes y las zonas de recepción, almacenamiento y manejo de los mismos.

La caracterización se realizó a partir de una muestra compuesta. Ésta fue realizada por una consultora ambiental externa que relevó los efluentes de la bodega. La misma fue tomada del efluente durante la época de vendimia, etapa en la cual se obtienen vertidos con mayor carga orgánica principalmente proveniente de las operaciones de lavado. El punto de muestreo se determinó en la cámara de inspección ya que la muestra se considera homogénea en dicho sitio. La extracción se realizó el día 1 de Agosto de 2017 a las 17h. Como se dijo anteriormente se trató de una muestra compuesta. Por ese motivo durante el plazo de 24h se extrajo alícuotas de volúmenes del efluente cada 4h. La muestra de 3L fue tomada en una botella de plástico por el encargado de riego de la finca y fue llevada al laboratorio de la bodega donde se conservó en frío a 4°C. Al día siguiente la muestra fue remitida al laboratorio de análisis de la Universidad Católica de Córdoba.

Resultados y Discusión

El resultado de la muestra tomada durante la descarga de un vertido durante la época de vendimia a partir de la cámara de inspección se ilustra en la siguiente tabla (Ver tabla 4.2).

Tabla 4.2: Resultados del análisis biológico físico y químico. Fuente: Universidad Católica de Córdoba, 2017.

Ensayo	Método	Unidades	Valor
Sulfuros	APHA 4500 S2--E	mg S ₂ -/l	56,0
pH	APHA 4550-HB	u pH	5,03
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	APHA 5210-B	mg O ₂ /l	2.910,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	APHA 5220-D	mg O ₂ /l	10.785
Sustancias solubles en éter (SSE)	APHA 5520-A-B	mg AyG/l	696,0

Sólidos sedimentables en 10 ‘	APHA-2540-F	mL/l	0,4
Sólidos sedimentables en 2 hs.	APHA-2540-F	mL/l	2,0
Detergentes	APHA 5540-C	mg SAAM/l	0,35
Fósforo total	APHA 4500 P-C	mg P/l	6,25
Nitrógeno total	J. Rodier 9.6.2	mg N/l	34,5

A continuación, se realiza una comparación entre la caracterización obtenida y los valores permisibles por normativa ambiental previamente descrita en el capítulo 1. El análisis de resultados se hace en función a los límites permitidos de vuelco para uso agrícola establecidos por la legislación de San Juan (Decreto 638/89). Para el caso de los parámetros de DBO y DQO se emplea la resolución de Mendoza (Res.778/96) la cual establece límites de vuelco a cuerpos receptores ya que la legislación de San Juan (Decreto 638/89) refiere que esos dos parámetros deben ser analizados puntualmente para cada caso. Para el caso de la cuantificación de sustancias solubles al éter etílico y detergentes se emplea la resolución de Mendoza ya que resulta más rigurosa que la sanjuanina.

A partir de la caracterización (Tabla 4.2) se puede observar la concentración de los sulfuros proveniente de SO₂ utilizado en la etapa de conservación del vino excede 112 veces el límite permitido establecido para riego. El pH como consecuencia de los desechos ácidos de la fermentación del vino queda media unidad de pH fuera del intervalo permitido.

De la tabla 4.2 resulta que la DBO₅ supera 97 veces el valor permitido mientras que la DQO está aproximadamente 144 veces por arriba del valor permitido de vuelco al cuerpo receptor. De la relación DQO/DBO resulta extraño que sea mayor que 2,5, siendo el efluente altamente biodegradable. Esta inquietud fue consultada al responsable del laboratorio de la Universidad Católica de Córdoba. La misma informó que efectivamente la relación obtenida precisamente en aquella caracterización había sido anómala. Para finalizar, se comunicó que dicho informe se había realizado en otras bodegas y el resultado había sido tal que el efluente ciertamente era biodegradable con relaciones DQO/DBO inferiores a 2,5. Esa determinación está verificada de hecho con los resultados expuestos en el primer capítulo

donde se expone la caracterización de efluentes de distintas bodegas; para el caso de estudio Life Sinergia (2004), Gonzales (2001) y Ruete (2001). Los demás parámetros otorgados por la Universidad Católica de Córdoba no presentaron anomalías, es decir estuvieron dentro del rango de valores esperados en función a relevamientos históricos que comprenden efluentes vitivinícolas.

Por otro lado, la concentración de sustancias solubles en éter, que hace referencia fundamentalmente a aceites y grasas dio aproximadamente 14 veces por arriba del valor tolerado por la normativa de Mendoza. El aceite proviene de la semilla y es originado a como consecuencia del proceso de prensado de la uva. El resultado de sólidos sedimentables 10' de la muestra compuesta cumplió con el valor tolerable de vuelco mientras que los sólidos sedimentables 2h no. La concentración de los detergentes dio por debajo del valor permisible de la resolución 778/96 de la provincia de Mendoza. El valor de la concentración de fósforo no está contemplado en la tabla de valores límite de San Juan, mientras que dentro de la tabla de valores perteneciente a la normativa de Mendoza se establece que ese parámetro debe ser analizado puntualmente para cada acuífero. Por último, la concentración de nitrógeno obtenido de la muestra compuesta sirve de guía para determinar si efectivamente el efluente posee el nitrógeno suficiente, uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de la vid.

Conclusión

A partir de los resultados obtenidos se pudo identificar en qué parámetros se debe hacer foco para depurar los efluentes y alcanzar los valores permitidos de vuelco. Los tres parámetros más destacables son los sulfuros, la DBO_5 y la DQO. En ese sentido se propusieron las alternativas más adecuadas para cumplir con el objetivo del proyecto descripto en el capítulo 1.

5: Diseños de sistemas de tratamiento

Introducción

Antes de implantar cualquier sistema de tratamiento de efluentes, es recomendable separar las aguas pluviales del resto del agua empleada en la bodega y el sector de fraccionamiento. De esta forma se ahorra el dinero que supone tratar un agua que no lo necesita. Lo mismo se puede afirmar sobre la conveniencia de reducir la contaminación a tratar, estando entre las medidas para reducir el volumen de vertidos y/o su carga contaminante, las siguientes:

- ✓ Recuperación de los derrames de mostos y vinos producidos por trasiegos y rebalses de depósitos, los vertidos accidentales de vinos o mostos, además de una pérdida económica, introducen corrientes con alta carga orgánica.
- ✓ Instalación de rejillas con menores espacios entre barras en los sumideros que impidan que los chips o duelas pasen al vertido.
- ✓ Neutralizar los vertidos del laboratorio enológico antes de verterlos, las oscilaciones de pH dificultan el mantenimiento de los sistemas de depuración.

A partir del diagnóstico realizado durante la visita a la finca, se pudo destacar que Valle La Puerta cuenta con tres cámaras de inspección en serie. Por esas tres cámaras fluye el efluente que proviene del sector de fraccionamiento y de la bodega. Por otro lado, el diseño de tratamiento del presente proyecto propuso aprovechar los circuitos de tuberías existentes que conectan el sector de fraccionamiento con el de la bodega para a su vez empalmar en un único cauce de vuelco siempre cumpliendo con la autolimpieza en tuberías. Las tres cámaras previamente mencionadas se emplearon entonces como cámaras de toma de muestras y de esa manera comprobar si los métodos de depuración son eficientes. Asimismo, se les incluyó el vertedero para poder controlar los caudales de la planta. Se utilizó una cámara de muestras previo al sistema DAF, otra a la salida del mismo y otra cámara luego del tratamiento secundario. Para el caso de la segunda alternativa fue necesario adquirir más cámaras de toma de muestras; otras dos para cada una de las respectivas salidas de los reactores y otra más para el lixiviado recolectado de las playas de secado al final del proceso de depuración. Para ese caso se adquirió una cámara de toma de muestras industrial aprobada por la autoridad de aplicación competente y que posee una capacidad de hasta 25m³/h (Ver Figura 5.1)



Figura 5.1: Cámara tomadora de muestras. Fuente: Camaratomamuestras, 2018.

Todas las muestras tomadas con periodicidad a definir son remitidas al laboratorio para sus respectivos análisis.

Recordando siempre que el objetivo del presente proyecto es cumplir con los límites de vuelco a cuerpos receptores establecidos por normativa ambiental y reutilizar los vertidos depurados para darles un uso consuntivo, se propuso inicialmente un pretratamiento y tratamiento primario físico. Por último, se expusieron las alternativas:

- ✓ 1^{era} alternativa: Un sistema de tratamiento biológico de lombrifiltro.
- ✓ 2^{da} alternativa: Un sistema de tratamiento biológico SBR en serie con dos tanques dispuestos en paralelo seguido de una playa de secado de lodos.

A la hora de diseñar cualquier sistema de tratamiento de efluentes es de vital importancia poder determinar en qué momento del día se producen las descargas de los efluentes. Asimismo, para poder contar con un caudal que sea lo más constante posible es indispensable emplear una cámara de compensación con una bomba incluida para que la misma pueda impulsar el vertido a una tasa requerida. De ese modo se asegura el correcto funcionamiento de las unidades depuradoras.

Como se dijo previamente, en la bodega se trabaja las 24 horas del día de Lunes a Domingo. La jornada laboral dura 12 horas. El primer turno es desde las 7:00h hasta las 19:00h y el segundo es desde las 19:00h hasta las 7:00h. Al comienzo de cada turno se

procede a lavar los equipos y vasijas en la bodega, para poder recibir la molienda. El trabajo de lavado implica 3 horas completas. Según los encargados de la bodega, se corresponde con el 70% del volumen de efluente generado diariamente. Luego, en cada turno se destinan 7 horas para el lavado de las botellas en el sector de fraccionamiento. Para el primer turno esta labor se realiza de 12:00h a 19:00h, mientras que para el segundo turno se realiza desde la 24:00h hasta las 7:00h, momento en el cual se interrumpe el proceso de embotellado de vino. Según estimaciones del encargado de la bodega, el proceso de enjuague de botellas representa un 20% del efluente que genera la bodega. Por último, el proceso de trasiego implica un 10% del efluente generado como consecuencia de pinchaduras en las mangueras y desacoples de extremo a extremo de estas. Este trabajo se realiza a partir de las 9:00h hasta las 19:00h para el primer turno y a partir de las 21:00h hasta las 7:00h para el segundo turno. A modo de resumen de la información descrita se detalla la siguiente tabla con los respectivos horarios y cantidad relativa de los efluentes generados durante el proceso de vinificación (Ver Tabla 5.1).

Tabla 5.1: Rango horario y porcentaje de generación de efluente en la producción de vino. Fuente: Elaboración propia, 2018.

		Lavado de equipos en bodega	Lavado de botellas sector fraccionamiento	Trasiego en bodega
1^{er} Turno (7:00h-19:00h)	Porcentaje generación (%)	35	10	5
	Horario generación (hs)	(7:00-9:00)	(12:00-19:00)	(9:00-19:00)
2^{do} Turno (19:00h-7:00h)	Porcentaje generación (%)	35	10	5
	Horario generación (hs)	(19:00-21:00)	(24:00-7:00)	(21:00-7:00)

Tomando como datos de referencia la campaña de muestreo realizada por el encargado de la bodega se detalla la generación de efluente por hora (Ver Figura 5.2). A modo recordatorio, resulta que el caudal total diario durante la época de mayor generación de efluentes fue de 47,3m³.

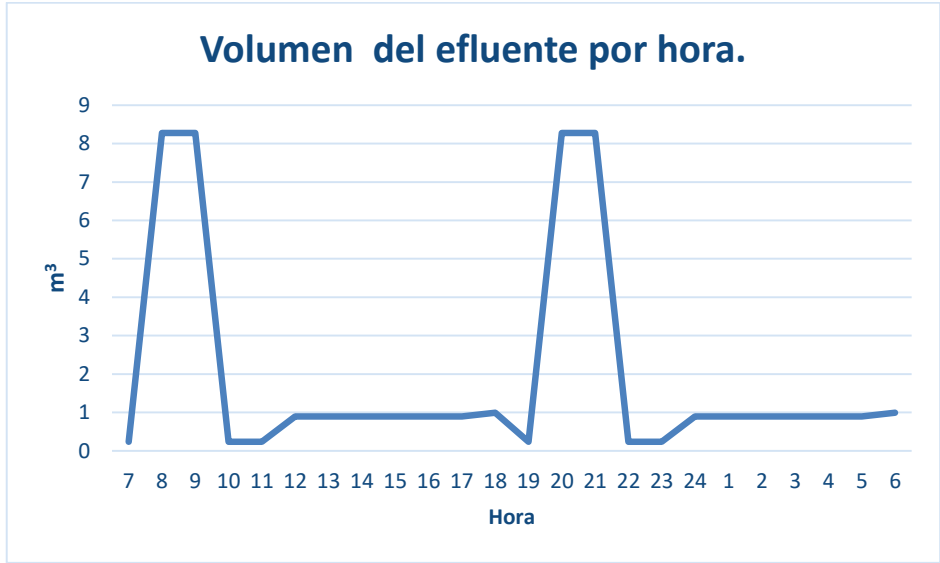


Fig. 5.2: Caudal horario proveniente del sector de fraccionamiento y de la bodega durante la época de vendimia en 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos de Valle La Puerta, 2018.

A partir de la figura se observó que los picos actuales de generación de efluentes estuvieron comprendidos en dos intervalos horarios simétricos que se corresponden mayoritariamente con los lavados de los equipos y vasijas al inicio de cada turno de trabajo. Actualmente para la segunda y tercer hora de cada turno ese caudal pico fue de $8,3\text{m}^3/\text{h}$.

Se propuso una cámara de compensación para poder trabajar con un caudal de diseño constante. Como se mencionó en el primer capítulo, Valle La Puerta espera poder duplicar su producción, lo que repercute en una mayor generación de efluentes. Por ese motivo las alternativas propuestas contemplaron ese aspecto en el caudal de diseño. A modo complementario se agregó una cota de al menos 10% para prevenir eventualidades como pueden ser lluvias ya que las unidades se encuentran al aire libre. El caudal durante la época de vendimia previo a la cámara de compensación resultó $104\text{m}^3/\text{día}$, obtenido a partir de duplicar $47,3\text{m}^3/\text{h}$ y sumarle su 10%. Éste, y otros datos de relevancia se detallan en la siguiente tabla (Ver Tabla 5.2).

Tabla 5.2: Datos relevantes de diseño durante la época de vendimia. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Parámetro	Unidad	Valor
-----------	--------	-------

Caudal máximo	m ³ /hora	4,5
Caudal diseño	m ³ /día	4
Diámetro tubería	m	0,2
Velocidad diseño	m/s	0,04

A modo informativo, la velocidad de diseño fue calculada teniendo en cuenta el área transversal de la cañería instalada en la finca y el caudal de diseño. El cociente entre dicho caudal y dicha área es justamente la velocidad que se detalla en la tabla.

$$V_{\text{diseño}} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{A_{\text{tubería}}} = \frac{4 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \frac{(0,2 \text{ m})^2}{4}} = 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Es importante destacar que esta velocidad es extremadamente baja. El inconveniente radica en posibles sedimentaciones a lo largo de la cañería debido precisamente a este valor. Para tuberías parcialmente llenas se recomienda trabajar con velocidades de escurrimiento no menores a los 0,6m/s. Por esta razón se detalló en un apartado el sistema de conducción propuesto que conecte el efluente con todas las unidades de depuración de la planta de tratamiento.

Alternativas implementadas en la industria

Como se indicó anteriormente, las bodegas e industrias alcohólicas generan grandes volúmenes de aguas residuales con un alto contenido en materia orgánica, aunque con la modernización y optimización de los procesos y las instalaciones productivas se podría llegar a importantes reducciones de los volúmenes y los niveles de contaminación. Así Esandi y Abad (1997) indican que en las bodegas donde no se dispone de depósitos de acero inoxidable y no se utiliza el agua a presión para su limpieza se consumen 3 veces más agua que las que lo tienen implantado. Un procedimiento de depuración es retener estas aguas en balsas de evaporación. Sin embargo, en la actualidad, este método está descartado ya que causa malos olores, puede contaminar las aguas subterráneas y existe un gran peligro de desborde en el caso de lluvias intensas. Por esta razón en los últimos años, se han estudiado nuevas tecnologías para la depuración de estos vertidos con una

alta carga orgánica. Entre estos procedimientos, los métodos de depuración biológicos aerobios, han sido reconocidos por diversos autores como los más viables para la degradación de esta agua residual. Entre estos estudios, cabe destacar el de Romero et al, 1990 donde se comparan procesos biológicos aerobios. En todos ellos se obtuvieron disminuciones de materia orgánica superiores al 90%.

Aunque todos estos estudios demuestran la alta eficacia de estos procesos de depuración, en la actualidad, en la gran mayoría de las bodegas, el único tratamiento utilizado es la corrección del pH, así como el empleo de agua de red o pozo, incorporándola a los efluentes para disminuir la concentración de los factores contaminantes y que se encuentren por debajo de los niveles máximos permitidos por las administraciones regionales (Prodanov y Cobo, 2004). También existen otros tratamientos fisicoquímicos para reducir los sólidos en suspensión y la materia orgánica soluble, entre ellos la sedimentación, floculación y filtración con filtros rotativos, que no han encontrado una gran aplicación en la práctica (Fischer, 1983; Como et al., 1998).

Pretratamiento y tratamiento primario físico

A modo de resumen se propusieron los siguientes tratamientos en orden sucesivo: Una cámara de rejillas, una cámara de compensación, un sistema DAF con cámaras de coagulación y floculación previamente dispuestas y por último alguna de las dos alternativas. Las dos primeras unidades corresponden a un pretratamiento, la tercera a un tratamiento primario y la última a un tratamiento secundario (Ver Fig. 5.3). Todos los sistemas mencionados se disponen en serie. Se dispone de una cámara de rejillas a modo preventivo para eliminar sólidos. La elección de la segunda unidad, se corresponde con la necesidad de regularizar el caudal circulante para mitigar picos de generación en intervalos cortos de tiempo sobre todo durante la época de vendimia. El tercer equipo es necesario ya que el efluente proveniente de la bodega Valle La Puerta posee una considerable cantidad de grasas y aceites denominados técnicamente como sustancias solubles en éter. Se propuso un lombrifiltro como alguna de las dos alternativas ya que el efluente predominantemente presenta una apreciable carga orgánica. Como segunda alternativa, se propuso un reactor SBR, ya que posee excelentes tasas de remoción y es ampliamente usado para todo tipo de efluentes que necesitan ser depurados. Además, este tipo de reactor cuenta ya con muchos años de desarrollo y estudios realizados que lo avalan y certifican como un sistema confiable con altas tasa de remoción.

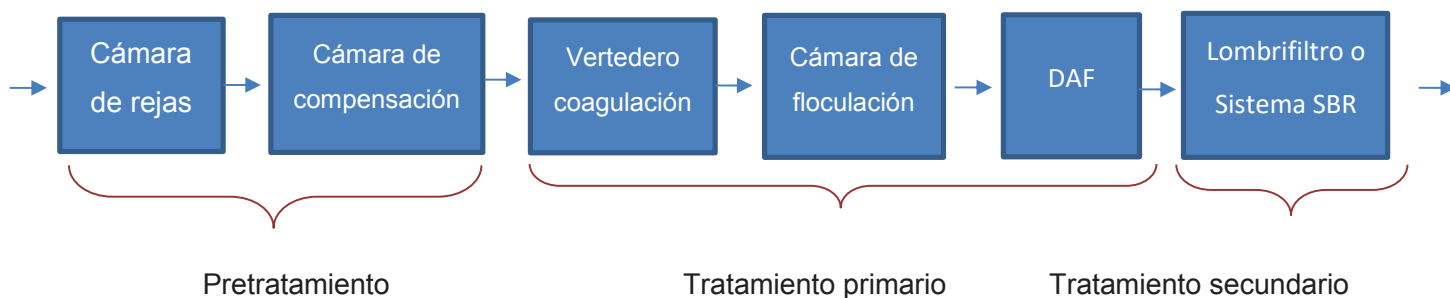


Fig. 5.3: Diagrama de bloques en serie de la primera alternativa para los sistemas de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Pretratamiento

Cámara de Rejas

El primer paso en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos, medianos y finos. El procedimiento más habitual se basa en hacer pasar el agua residual bruta a través de rejillas de barras. Las rejillas de barras suelen tener aberturas libres de 15mm o más. Las rejillas de barras se pueden limpiar manual o mecánicamente. Las características de ambos tipos se comparan en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Información típica para diseño de cámara de rejillas de limpieza manual y mecánica.

Fuente: Metcalf&Eddy, 1995.

Características	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Anchura de la barra	mm	5-15	5-15
Profundidad de la barra	mm	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras (mm)	mm	22-50	15-75

Pendiente en relación a la vertical	°	22-50	50-82,5
Velocidad aproximación	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Pérdida de carga admisible	mm	150	150

Para el caso en cuestión se diseñó una separación de barras mínima para limpieza manual ya que el efluente generado no presenta grandes restos de sólidos. La elección del tipo de limpieza se fundamentó en la mínima intervención por parte del operario esperada ya que no se prevén importantes atascamientos en el sistema de rejillas. Como el método de limpieza que se propone es manual, se omitió la elección de un tamiz ya que la obturación es más considerable y eso implica mayor involucramiento de recursos humanos. En cuanto a la anchura y separación de barras se optó por las siguientes medidas; 5mm y 25mm respectivamente. Por último, se eligió una pendiente en relación a la vertical de 45° para que el efluente circule más libremente al reducir la superficie expuesta. Ahora bien, la pérdida de carga se calculó según la siguiente fórmula:

$$h_l = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{3}} h_v \sin \alpha = 1,79 * \left(\frac{5mm}{25mm} \right)^{\frac{4}{3}} * \frac{\left(\frac{0,6m}{s} \right)^2}{2 * \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right)} * \sin(45^\circ) = 2,7mm \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Donde:

- h_l : Pérdida de carga en metros.
- β : Factor de la forma de la barra.
- w : Anchura máxima transversal de las barras en dirección de la corriente en metros.
- b : Separación mínima entre barras en metros.
- h_v : Altura cinética del flujo que se aproxima a la rejilla en metros
- α : Ángulo de la rejilla con respecto a la horizontal en grados.

Para la determinación del factor de la forma de barra se adoptó la circular cuyo valor es 1,79. Asimismo, la altura cinética de flujo no es más que el cociente entre la velocidad de diseño al cuadrado y 2 veces la aceleración de la gravedad.

De aquí resulta que la pérdida de carga, teniendo en cuenta el caudal de diseño, fue 2,7mm y cumple con la máxima pérdida de carga tolerada. La cámara de rejilla cuenta con una sección rectangular. Dado que se trabaja con un caudal relativamente pequeño, el ancho

del canal debe ser lo suficientemente angosto para provocar un tirante tal que los restos sólidos queden retenidos en las rejillas. Para el canal de la cámara de rejillas se adoptó un ancho de 0,15m y una altura de 0,3m y un largo total de 0,64m. Las dimensiones de las rejillas rectangulares encajan con la base de la cámara y de largo tienen 0,27m. Asimismo las rejillas se instalan 0,1m después de la descarga a la cámara. Se aprovechó el desnivel del terreno para esta primera parte ya que no se dispondrá de una bomba por razones prácticas, el mismo es de 1%. Asimismo, no se dispuso de un sistema de bypass ya que no se prevé taponamientos significativos debido a las operaciones de elaboración aplicadas previamente. Además, dado que el efluente no se genera continuamente hay tiempo suficiente de limpiar las rejillas (Ver Foto 5.4).



Figura 5.4: Sistema de cámara de rejillas, con vasija de recolección de sólidos. Fuente: AfricaSupply, 2018.

Asimismo, se calculó el tirante de agua empleando la siguiente ecuación.

$$h_a = \frac{\text{Atrasversal}}{\text{Base canal}} = \frac{Q_{max}}{v_{aprox} * \text{Base canal}} = \frac{0,002m^3/s}{(0,6m/s) * 0,15m} = 0,02m$$

= 22cm Ecuación 5.3

Este y otros parámetros de relevancia se detallan en el siguiente cuadro (Ver tabla 5.4).

Tabla 5.4: Características de la cámara de rejillas

Características	Unidad	Valor
Tamaño de la barra	mm	
Anchura		5
Profundidad		25

Separación entre barras	mm	25
Pendiente en relación a la vertical	°	45
Velocidad de aproximación	m/s	0,6
Pérdida de carga admisible	mm	2,7
Ancho del canal	m	0,15
Altura del canal	m	0,3
Largo del canal	m	0,64
Tirante	cm	2,2
Base del sistema de rejas	m	0,15
Largo del sistema de rejas	m	0,27
Cantidad de rejas	un	4

Cámara de compensación

Luego de la cámara de rejas los efluentes generados en el proceso de elaboración en planta industrial son recolectados en una cámara de compensación. Las razones por la que es necesaria esta unidad son para controlar las fluctuaciones y las características del vertido de manera de proveer condiciones óptimas para el proceso siguiente. Esto es, controlar el pH y la temperatura del efluente. Para tal fin se dispuso un dosificador de pH en la unidad. Otra de las razones fue para proveer un efecto buffer adecuado para las fluctuaciones orgánicas, para prevenir picos de carga en el tratamiento biológico posterior. Debido a que la generación de vertidos en el proceso vitivinícola es discontinua, la cámara de compensación provee alimentación continua al sistema biológico en períodos de baja producción o en paradas de planta. Por último, la cámara equalizadora puede prevenir el ingreso puntual de cargas tóxicas. La cámara de compensación que se propuso es de nivel variable, o sea que existen una altura mínima y máxima de llenado del tanque (Ver Figura 5.5). El efluente que ingresa es variable en el tiempo, no así el caudal que es bombeado. Se diseñó una cámara de compensación cilíndrica de 61m³. Este volumen se justificó al observar el volumen máximo horario de la finca (44,4m³) y sumarle al menos un 35% de volumen como cota de prevención. De esa forma se obtuvo el volumen de diseño de la cámara de compensación propuesta.

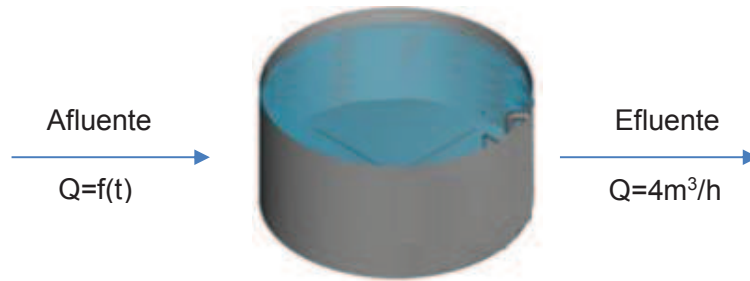


Figura 5.5: Vista isométrica de la cámara de compensación. Fuente: Evoqua, 2018.

La altura de la cámara de compensación es de 4,4m de alto con un radio de 2,1m. Para trabajar con el caudal de diseño descrito previamente se cuenta con una bomba cuyo objetivo es impulsar el efluente a una tasa constante. Si el volumen del efluente es menor a 4m³ la bomba automáticamente deja de funcionar. De esa manera se tiene un tirante mínimo de 0,28m, valor que se deduce al despejar la altura de el volumen de un cilindro:

$$H_{min} = \frac{V_{min}}{\pi(r^2)} = \frac{4m^3}{\pi(2,1m)^2} = 0,28m \quad \text{Ecuación 5.4}$$

Dado que esta unidad se encuentra enterrada para que el efluente decante por gravedad, se le agregó 2,2m de hormigón para poder conducir el vertido en altura y que a partir de allí sea enviado a la siguiente unidad por gravedad. Este detalle se encuentra en los planos referidos a la planta de tratamiento.

Se realizó un procedimiento de cálculo para determinar el volumen generado horario y determinar el volumen acumulado en la cámara de compensación (Ver Tabla 5.5). El volumen del tanque se diseñó de tal forma que contemple la proyección a futuro de la generación de efluentes. Ese caudal máximo durante la época de vendimia registrá durante ese tiempo. El volumen generado horario se calcula de la siguiente forma:

$$V_{horario} = Q_{vendimia\ máximo} * \%generación\ horaria * día \quad \text{Ecuación 5.5}$$

Donde:

$$Q_{\text{vendimia máximo}}=104\text{m}^3/\text{día}$$

%generación: Factor menor a uno que pondera el caudal generado de la vendimia entre las 24 horas del día.

Asimismo, el volumen acumulado se calcula como la diferencia del V_{horario} y la tasa de bombeo que es igual al caudal de diseño.

$$V_{\text{acumulado}} = V_{\text{horario}} - Q_{\text{diseño}} * \text{hora}$$

Donde:

$$Q_{\text{diseño}}=4\text{m}^3/\text{h}.$$

Si se da la condición de que el V_{horario} es menor a el caudal de diseño entonces se cumple que $V_{\text{acumulado}}= V_{\text{horario}}$.

Como puede deducirse el caudal durante la época de vendimia máximo (que surge del caudal durante la época de vendimia por un factor de 2 y más un 10% de aumento), es un 13% mayor a la tasa de bombeo por lo que podría pensarse que a lo largo del tiempo el tanque rebalsará. Sin embargo, esa condición extrema no se da continuamente si no que ocurre como máximo durante 2 días consecutivos según comenta el encargado de la planta. Esto le permite al sistema recuperarse y desagotar el exceso de efluente acumulado. Por otro lado, siempre está la posibilidad de aumentar gradualmente la tasa de bombeo para impedir cualquier rebalse.

La bomba estando en régimen acumula como máximo $44,4\text{m}^3$ que se corresponde a una altura máxima de pelo de agua de 3,2m. Incluso en el momento en donde más efluente acumulado hay en la cámara, aún queda un 28% de volumen libre como medida de seguridad. Esto puede observarse a partir de las tablas para el día 1 y día 2 del funcionamiento de la cámara de compensación (Ver tablas 5.5 y 5.6)

Tabla 5.5: Volumen acumulado para día 1 proyección a futuro. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hora	$V_{\text{horario}} (\text{m}^3)$	$V_{\text{acumulado}} (\text{m}^3)$
7		
8	18,2	14,2
9	18,2	28,4
10	0,52	24,92
11	0,52	21,44
12	1,976	19,416
13	1,976	17,392
14	1,976	15,368


15	1,976	13,344
16	1,976	11,32
17	1,976	9,296
18	2,184	7,48
19	0,52	4
20	18,2	18,2
21	18,2	32,4
22	0,52	28,92
23	0,52	25,44
24	1,976	23,416
1	1,976	21,392
2	1,976	19,368
3	1,976	17,344
4	1,976	15,32
5	1,976	13,296
6	2,184	11,48

Tabla 5.6: Volumen acumulado para día 2 proyección a futuro. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Hora	V horario (m³)	V acumulado (m³)
7	0,52	8
8	18,2	22,2
9	18,2	36,4
10	0,52	32,92
11	0,52	29,44
12	1,976	27,416
13	1,976	25,392
14	1,976	23,368
15	1,976	21,344
16	1,976	19,32
17	1,976	17,296
18	2,184	15,48
19	0,52	12
20	18,2	26,2
21	18,2	40,4

22	0,52	36,92
23	0,52	33,44
24	1,976	31,416
1	1,976	29,392
2	1,976	27,368
3	1,976	25,344
4	1,976	23,32
5	1,976	21,296
6	2,184	19,48

Para bombear el efluente se propuso una bomba sumergible. Ésta tiene un sistema incorporado de medición para que cuando en el tanque exista un menor volumen que $4m^3$, se inactive y de esa manera evite que el equipo succione aire. Es importante destacar que en esas condiciones, los difusores siempre se mantienen activos para evitar posibles sedimentaciones en la cámara de homogeneización. La bomba sumergible ST2512 Rotor Pump propuesta (Ver Figura 5.6) es de origen nacional. Posee un caudal máximo de trabajo de $6m^3/h$, una potencia de 1,5HP y una altura de trabajo de hasta 77m. Como únicas condiciones para su uso, están la temperatura máxima de líquido a impulsar que no debe superar los $30\text{ }^\circ\text{C}$ y la concentración de arenas que no debe sobrepasar los $50g/m^3$.



Cuadro de selección																							
TIPO DE BOMBA	Etapas	KW	HP	Q=CAUDAL																		BOMBA	
				l/min	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	220	Dim. (mm)	Peso (kg)	
				0	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8	12	13			
				m ³ /h	0	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8	12	13		
H=ALTURA TOTAL EN METROS																							
ST-2504	4	0.37	0.5	26		23	22	22	21	19	17	14	11	7						247	2.4		
ST-2506	6	0.55	0.75	38		36	35	33	32	30	26	22	18	12						296	2.9		
ST-2508	8	0.75	1.0	51		47	46	44	43	39	35	30	24	18						345	3.3		
ST-2512	12	1.1	1.5	77		72	71	69	68	63	57	49	41	31						433	4.1		
ST-2516	16	1.5	2.0	102		98	96	94	92	86	77	68	57	46						542	5.0		

Figura 5.6: Bomba sumergible para tanque compensación con datos característicos. Fuente: Mercado Libre, 2018.

Asimismo, se dispuso difusores de burbuja gruesa para garantizar condiciones aerobias e impedir asimismo aglomeraciones de aceites y grasas en la superficie de la cámara de equalización. Para esto se utilizó la línea de difusores de burbuja gruesa REPICKY línea CB-200 (Ver tabla 5.7).

Tabla 5.7: Especificaciones del difusor CB-200. Fuente Repicky, 2017.

Difusor CB-200	Unidad	Valor
Rango de caudal	m ³ /h	3-25
Densidad	Difusores/m ²	0,5-3
Eficiencia de transferencia de Oxígeno	Kg O ₂ /kWh	0,8-2

Como el objetivo es únicamente mezclar el efluente en la cámara de equalización se propuso un rango de caudal de 3m³/h y una densidad de difusores baja que se calculó de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 N^{\circ} \text{ difusores} &= A_{\text{compensación}} * \text{Densidad difusores} = 14\text{m}^2 * 1 \frac{\text{difusores}}{\text{m}^2} \\
 &= 14 \text{ difusores} \quad \text{Ecuación 5.6}
 \end{aligned}$$

Estos difusores fueron dispuestos de forma equidistante para que la mezcla sea homogénea. La decisión de no incluir agitadores mecánicos se fundamentó en la considerable altura del tanque.

El tiempo de retención hidráulica es el tiempo que una unidad de fluido permanece en un recipiente, y adopta la siguiente ecuación:

$$THR = \frac{V_{\text{Compensación}}}{Q_{\text{diseño}}} = \frac{61\text{m}^3}{4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 15\text{h} \quad \text{Ecuación 5.7}$$

Es importante remarcar que ese tiempo es más que necesario para poder neutralizar el efluente y para que se genere una mezcla homogénea que se impulsará a las siguientes unidades de depuración. En el eventual caso de que se informe alguna sedimentación, se puede aumentar el caudal y/o la densidad del sistema difusores de burbujas recientemente descripto y de esa forma trabajar con la unidad en óptimas condiciones.

Tratamiento primario

Cámara de coagulación, Floculación y DAF

La flotación por aire disuelto es un tipo de tratamiento primario que consiste en el proceso de separación de aceites emulsionados y sólidos presentes en el efluente por medio de burbujas de aire que aceleran el ascenso de los mismos. Estas burbujas se adhieren a las partículas en suspensión y producen una disminución de la densidad aparente del conjunto burbuja-partícula hasta que la misma se vuelve menor que la del agua. La diferencia de densidades origina un impulso ascendente que hace que las partículas se acumulen en la superficie. Asimismo, la aireación otorgada por los difusores ayuda a oxidar a los sulfuros para transformarse en sustancias más inocuas. A fin de mejorar el proceso se hace uso de sustancias químicas, tales como coagulantes y floculantes, que se adicionan previamente. Como uno de los componentes principales a remover son los sulfuros, se emplea cloruro férrico (FeCl_3) como coagulante y un polímero aniónico como floculante. En óptimas condiciones la remoción de sulfuros llega hasta el 99% (Montoya *et al*, 2017). Además, el sistema presenta una remoción de al menos un 75% para grasas y aceites, un 88% de la DQO, un 80% de la DBO y SST (Sánchez *et al*, 2017). El DAF propuesto tiene el siguiente aspecto aproximado (Ver Figura 5.7).



Figura 5.7: Sistema de difusión por aire disuelto con bomba de reciclo presurizado de 5HP. Fuente: Evoqua, 2018.

Previo al DAF hay un vertedero de coagulación y una cámara de floculación. Después de estos componentes le sigue la unidad donde ocurre la separación por diferencia de densidad. En la parte superior se encuentran los barredores (no figuran en la imagen) que son los encargados de remover las sustancias que poseen menor densidad que el fluido,

generalmente son las sustancias oleosas. Una fracción del agua clarificada es recirculada nuevamente para mejorar la eficiencia del sistema, mientras que la fracción restante es enviada a la etapa de depuración posterior. Como se trata de un sistema con reciclo presurizado, se cuenta con un tanque presurizador que se encarga de inyectar una mezcla de aire y efluente que ingresa nuevamente a la cámara de flotación.

Parámetros de diseño

Se propuso una concentración de coagulante cloruro férrico de 150mg/L y 5mg/L de polímero aniónico como floculante para obtener la eficiencia estimada en función del caudal de diseño existente a partir de una correlación experimental.

Teniendo en cuenta de que el tiempo de residencia en la cámara de coagulación es menor a 7s equivalente se calculó el volumen de dicha cámara:

$$V_{\text{coagulación}} = Q_{\text{diseño}} * T_p = 4 \frac{m^3}{h} * 3,5s = 3,8 \times 10^{-3} m^3 = 3,8L \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Dado que el volumen de coagulación resultó extremadamente pequeño para introducir un agitador mecánico, para producir la mezcla rápida, se utilizó el fenómeno de resalto hidráulico. El resalto hidráulico es un fenómeno que se genera cuando una corriente supercrítica, es decir, rápida y poco profunda, cambia súbitamente a subcrítica, esto es, se vuelve una corriente lenta y profunda. Esto sucede si se cumple la siguiente ecuación:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F^2} - 1) \quad \text{Ecuación 5.9}$$

Donde:

h_1 : Tirante líquido antes del resalto

h_2 : Tirante líquido después del resalto

F: Número de Freude

Para generar dicho fenómeno, se diseñó un vertedero rectangular simple de pared delgada de 2mm donde su ancho es igual a la longitud del vertedero, es decir sin contracción lateral (Ver Figura 5.8). Por estas razones el efecto lateral no fue considerado en las ecuaciones.

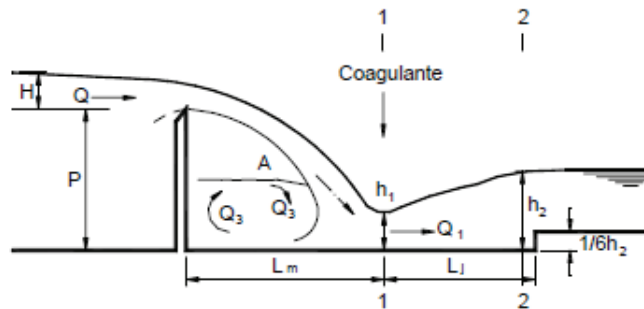


Figura 5.8: Resalto en un vertedero rectangular. Fuente: ENOHSa

El punto de aplicación del coagulante debe estar sobre la sección 1, a una distancia L_m del vertedero, asegurando de este modo, una dispersión homogénea y continua del coagulante en toda el agua (ENOHSa).

Ahora bien, se propuso un ancho de vertedero de 0,4m y una altura de caída (P) referida al fondo del canal de 0,1m. Luego el caudal específico se calculó como:

$$q = \frac{Q_{diseño}}{\text{Ancho canal}} = \frac{0,001 \frac{m^3}{s}}{0,4m} = 0,0025 \frac{m^3}{m s} \quad \text{Ecuación 5.10}$$

Con este dato se calculó H que es la pérdida de carga sobre el vertedero y por la fórmula de Francis equivale a:

$$H = 0,67q^{\frac{2}{3}} = 0,67 * (0,0025)^{\frac{2}{3}} = 0,012m \quad \text{Ecuación 5.11}$$

Y asimismo con el caudal específico se calculó la altura crítica (h_c).

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(0,0025 \frac{m^3}{m s})^2}{9,8 \frac{m}{s^2}}} = 0,008m \quad \text{Ecuación 5.12}$$

La energía remanente de la caída libre genera el resalto hidráulico. La profundidad de la lámina de agua inmediatamente antes del resalto h_1 , está relacionada con la profundidad crítica h_c . Para verificar que se haya cumplido la condición de mezcla rápida se calculó la altura conjugada del resalto:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}h_c}{1,06 + \sqrt{\frac{P}{h_c}} + 1,5} = \frac{\sqrt{2} 0,008m}{1,06 + \sqrt{\frac{0,1m}{0,008m}} + 1,5} = 0,002m \quad \text{Ecuación 5.13}$$

Con esa altura en la sección 1 se procedió a calcular la velocidad en la sección 1:

$$U_1 = \frac{q}{h_1} = \frac{0,0025 \frac{m^3}{m \cdot s}}{0,002m} = 1,22 \frac{m}{s} \quad \text{Ecuación 5.14}$$

El número de Freude se calculó como:

$$Fr = \frac{U_1}{\sqrt{g * h_1}} = \frac{1,22 \frac{m}{s}}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,002m}} = 8,9 \quad \text{Ecuación 5.15}$$

Este valor se correspondió con un resalto estable y libre de ondulaciones irregulares ya que está dentro del intervalo 4,5 y 9.

Luego la altura conjugada en la sección 2 se calculó como:

$$h_2 = \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1) = \frac{0,002m}{2} (\sqrt{1 + 8 * (8,9)^2} - 1) = 0,025m$$

Luego la velocidad en la sección 2 se calculó como:

$$U_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{0,0025 \frac{m^3}{m \cdot s}}{0,025m} = 0,1 \frac{m}{s}$$

La pérdida de carga en el resalto resultó entonces:

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2} = \frac{(0,025m - 0,002m)^3}{4(0,002m)(0,025m)} = 0,06m \quad \text{Ecuación 5.16}$$

La extensión del resalto hidráulico que está comprendido entre la altura h_1 y altura h_2 se calculó como:

$$L1 = 6(h_2 - h_1) = 6(0,025m - 0,002m) = 0,14m \quad \text{Ecuación 5.17}$$

El tiempo de mezcla tiene en cuenta la velocidad promedio entre la sección 1 y 2:

$$T = \frac{L}{\frac{U_1 + U_2}{2}} = \frac{0,14m}{\frac{1,22 \frac{m}{s} + 0,1 \frac{m}{s}}{2}} = 0,21s \quad \text{Ecuación 5.18}$$

El cual cumple con el tiempo de mezcla rápida ya que es menor a 7s. Luego, se procedió a calcular el gradiente de mezcla como:

$$G = \sqrt{\frac{g\rho h}{\mu T}} = \sqrt{\frac{9,8 \frac{m}{s^2} * 998 \frac{Kg}{m^3} * 0,06m}{0,001 \frac{Kg}{m * s} * 0,21 s}} = 1670 s^{-1} \quad \text{Ecuación 5.19}$$

A modo de aclaración, para la viscosidad y densidad se tomaron los valores de agua a 20°C ya que el efluente se encuentra diluido en ese líquido. Considerando aún que una planta de tratamiento opera con diferentes caudales conforme a la demanda, Kawamura (1991) recomienda que el gradiente de velocidad G debe adecuarse al tiempo de mezcla resultante T, con G.T variando entre 300 a 1600. Luego se procedió a calcular el producto de G por T:

$$GT = 1670^{-s} * 0,21 s = 351 \quad \text{Ecuación 5.20}$$

Este valor cumplió con las condiciones de mezcla óptimas para la coagulación.

Como se mencionó antes, el coagulante debe ser aplicado en el punto donde el tirante del líquido sea mínimo (Ver Figura 5.8). El mismo se calculó como:

$$L_m = 1,31 * P * \left(\frac{h_c}{P}\right)^{0,9} = 1,31 * 0,1m * \left(\frac{0,008m}{0,1m}\right)^{0,9} = 0,013m = 1,3cm \quad \text{Ecuación 5.21}$$

El coagulante debe ser aplicado a 1,3cm del vertedero para lograr una dispersión homogénea y continua del coagulante en todo el efluente.

A modo de resumen se enlista en una tabla las variables de dimensionamiento características (Ver Tabla 5.8):

Tabla 5.8: Relaciones geométricas de la turbina. Fuente: ENHOSa.

Parámetros	Unidad	Valor
Espesor placa	mm	2

Altura de caída	mm	100
H	mm	12
Ancho de la canal	mm	400
Largo de la canal	mm	153
Altura del canal	mm	200
Tirante previo al resalto	mm	112
Lm	mm	13

El tiempo de contacto para la cámara de floculación esperado se encuentra entre 20 a 60 minutos. Tomando como referencia 30 minutos lo que equivale a 0,5h el volumen de dicha cámara resultó:

$$V_{floculación} = Q_{diseño} * T_p = 4 \frac{m^3}{h} * 0,5h = 2m^3 \quad \text{Ecuación 5.22}$$

La mezcla propuesta es mecánica, flujo axial turbina tipo 4 (láminas conectadas al eje inclinadas a 45°) de 4 paletas y estableciendo un gradiente de velocidad de 60 s⁻¹ (Ver Figura 5.9).

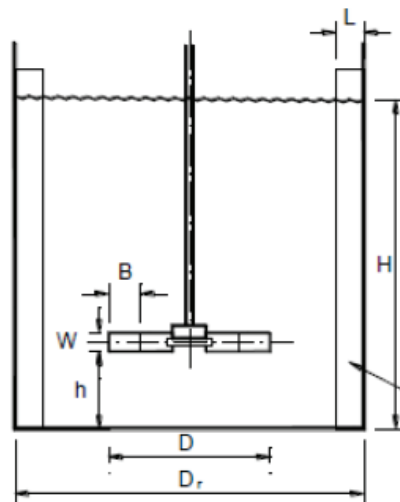


Figura 5.9: Vista lateral de un sistema floculador. Fuente: ENHOSa.

La geometría de la turbina en función del volumen de la cámara de floculación es la siguiente (Ver Tabla 5.9).

Tabla 5.9: Relaciones geométricas de la turbina. Fuente: ENHOSa.

Parámetros	Unidad	Valor
D	mm	430
B	mm	107,5
Potencia del motor	HP	1

Para poder dimensionar la cámara de floculación fue necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

$$2 \leq \frac{D_t}{D} \geq 6,6 \quad \text{Ecuación 5.23}$$

$$2,7 \leq \frac{H}{D} \geq 3,9 \quad \text{Ecuación 5.24}$$

$$0,9 \leq \frac{h}{D} \geq 1,1 \quad \text{Ecuación 5.25}$$

$$W = \frac{D}{8} \text{ y } L = \frac{D_t}{12} \quad \text{Ecuación 5.26}$$

Por lo tanto, se planteó un diámetro (D_t) de 1,3m y una altura (H) de 1,5m que cumplen la primera y segunda condición. Luego la altura desde el fondo hasta donde comienza la turbina (h) resultó 0,4m, el ancho de la turbina (W) es de 54mm y por último el ancho del deflector (L) fue de 11cm.

La potencia disipada para generar un gradiente de velocidad se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$P = \mu * V * G^2 = \mu * V * G^2 = 0,001 \frac{Kg}{m * s} * 2m^2 * (60^{-s})^2 = 7,2W \quad \text{Ecuación 5.27}$$

Con ese valor de potencia disipada y escogidos el tipo y el diámetro de la turbina, se determinó la velocidad de rotación (rps).

$$n = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * D^5}} = \sqrt[3]{\frac{7,2W}{0,75 * 998 \frac{Kg}{m^3} * (0,43m)^5}} = 0,86rps = 52rpm \quad \text{Ecuación 5.28}$$

El primer cálculo para el sistema de flotación comienza con una relación matemática proporcionada por la ley de Stokes para calcular la velocidad ascensional del globo no polar.

$$V_a = \left(\frac{g}{18\mu} \right) (\rho_w - \rho_o) * D^2 \quad \text{Ecuación 5.29}$$

Donde

$V_{ascensional}$: Velocidad de elevación de glóbulo de aceite en m/s.

g: Aceleración de la gravedad en 9,8 m/s².

μ : Viscosidad absoluta del del efluente en función de la temperatura de diseño, Kg/m s.

ρ_w : Densidad del efluente a la temperatura de diseño, Kg/m³.

ρ_o : Densidad del aceite a la temperatura de diseño, Kg/m³.

D: Diámetro de la gota de aceite que se retira m.

Para la viscosidad absoluta nuevamente se utilizó el valor del agua a 20°. Los demás valores son obtenidos a través de un caso de estudio (Diaz, 2013). Una vez establecidos los valores que caracterizan este tipo de aguas residuales se procedió a calcular la velocidad de elevación de aceite (Va).

$$V_a = \left(\frac{9,8 \frac{m}{s^2}}{18 * 0,001 \frac{Kg}{m * s}} \right) \left(1000 \frac{Kg}{m^3} - 920 \frac{Kg}{m^3} \right) * (1,5x10^{-4}m)^2 = 9,8x10^{-4} m/s = 3,5m/h$$

El flujo total de alimentación del sistema DAF es igual al caudal de diseño; esto es 4m³/h. Se procedió a pasar ese caudal a GPM resultando:

$$4 \frac{m^3}{h} * \frac{h}{60m} * \frac{264G}{m^3} = 18GPM$$

Con ese dato y la tabla 5.10, se determinó las dimensiones de la unidad de flotación propuesta por el proveedor (Ver Tabla 5.10). Es importante destacar que las dimensiones de la tabla no incluyen las etapas de floculación y coagulación.

Tabla 5.10: Dimensiones propuestas por proveedor en función del flujo de alimentación. Fuente: Panamerican Environmental, 2018.

Model	Length	Width	Height	Inlet	Outlet	Float Outlet	Sludge Vol. Gal.	Float Hopper Gal.	Inlet Size	Outlet Size	Sludge Outlet Size	Float Outlet Size	Empty Weight	Operat. Weight	Flow Rate GPM (Max.)
	A	B	C	D	E	F									
DAF-8	10'-6"	2'-4"	5'-6"	2'-6"	3'-4"	1'-7"	50	19	2"	2"	3"	3"	890	2720	16
DAF-12	10'-6"	2'-10"	5'-6"	2'-6"	3'-4"	1'-7"	66	23	3"	3"	3"	3"	985	3422	24
DAF-18	10'-6"	3'-4"	5'-6"	2'-6"	3'-4"	1'-7"	100	30	3"	3"	3"	3"	1250	4925	36
DAF-24	10'-6"	4'-4"	5'-6"	2'-6"	3'-4"	1'-7"	132	37	4"	3"	3"	3"	1560	6605	48

A partir de la tabla se eligió las dimensiones del modelo DAF-12. Las dimensiones del sistema DAF por tanto son las siguientes:

Tabla 5.11: Principales características del sistema de flotación por aire disuelto

Dimensiones del modelo	Unidad	Valor
Largo del separador por flotación	(m)	3
Ancho del separador por flotación	(m)	0,6
Alto del separador por flotación	(m)	1,5

La geometría de la unidad de depuración es rectangular.

Para una buena aireación y sustentación de partículas oleosas se propuso una densidad de difusores de burbuja fina equivalente a 5 unidades por m². Por la tanto la cantidad requerida resultó:

$$N^{\circ} \text{ Difusores} = A * \text{Densidad} = 1,8m^2 * 4 \frac{\text{Difusores}}{m^2} = 7,2 \quad \text{Ecuación 5.30}$$

Para tener una mejor eficiencia de tratamiento se optó por emplear 8 difusores de burbuja fina.

Se propuso un caudal de recirculación igual al 20% del caudal que ingresa al sistema. La variación positiva del 20% en el caudal de ingreso al sistema no presentó ningún inconveniente en el parámetro de carga superficial hidráulica ni tampoco en el de tiempo de permanencia los cuales dependen directamente de éste parámetro.

Luego se procedió a determinar si se cumplía la condición de que el tiempo de permanencia sea entre 15 y 30min.

$$Th = \frac{A * h}{Q_{\text{diseño}} + Q_r} = \frac{2,6m * 0,6m * 1,5m}{4 \frac{m^3}{h} + 0,8 \frac{m^3}{h}} = 0,48h = 29 \text{ min} \quad \text{Ecuación 5.31}$$

Este valor está dentro del establecido por Eckenfelder y el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la UBA.

Por otra parte, la recirculación de agua determina la relación aire /sólidos en la celda, lo

cual debe ser lo más alta posible; sin embargo, una recirculación excesiva puede producir turbulencia que destruiría flóculos débiles, afectando como se aprecia la eficiencia del DAF. La relación aire – sólido tiene la siguiente expresión:

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 * sa * (f * (P - 1)) * R}{Sa * Q_{diseño}} \quad \text{Ecuación 5.32}$$

Donde:

1,3: Peso específico del aire

Sa: Solubilidad del aire en agua a presión atmosférica en cm³/L.

f: Fracción de aire disuelto a la presión de trabajo

P: Presión de trabajo en atmósferas.

Sa: SST en mg/L.

R: Caudal de recirculación del efluente tratado y presurizado en m³/s

Q_{diseño}: Caudal a tratar en m³/s

Dado que no se dispone del parámetro de SST se tomó como ejemplo el caso de estudio de efluentes de provenientes de producción vitivinícola de Life Sinergia, el cual establece que el valor esperado es de 1500mg/L.

Asimismo, se detalla en una tabla los equipos del sistema de presurización del DAF (Ver Tabla 5.12).

Tabla 5.12: Características del tanque de presurización: Fuente: Metcalf and Eddy, 1995.

Parámetros	Unidad	Valor
Tiempo medio de detención	min	5
Presión de saturación	atm	5
Velocidad de aplicación superficial	m ³ /m ² día	2000
Cantidad de aire por volumen de agua tratada	g/m ³	15

Los valores descriptos surgieron los valores considerados por ENHOSa. Para que los parámetros sean optimizados cuando existe variación de la calidad del agua cruda, que

requiere alteración de las dosis de productos químicos y posiblemente de los gradientes de velocidad en la mezcla rápida y floculación, es imprescindible realizar ensayos en laboratorio o en instalación piloto con escurrimiento continuo (ENHOSa). En otras palabras, es necesario ir ajustando los parámetros in situ, por ese motivo es importante tener operarios con buen grado de calificación ya que existen cuidados especiales en relación a las bombas de recirculación del agua a ser presurizada, compresores de aire, cámara de presurización

Habiendo descrito el sistema de presurización se procedió a calcular la ya mencionada relación aire-sólido:

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 * sa * ((f * P) - 1) * R}{Sa * Q_{diseño}} = \frac{1,3 * 18,7 * ((0,9 * 5) - 1) * 0,8}{1500 * 4} = 0,012$$

Intencionalmente no fueron incluidas las unidades ya que esta ecuación es puramente experimental. Asimismo, esta relación se encuentra dentro del intervalo de valores esperados por Metcalf&Eddy y por el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la UBA. Por esta razón la presión de trabajo del tanque de presurización adoptada es razonable.

Por último, la carga hidráulica superficial resultó:

$$CS = \frac{Q_{diseño} + Q_r}{AS} = \frac{4 \frac{m^3}{h} + 0,8 \frac{m^3}{h}}{2,6m * 0,6m} = 3 \frac{m^3}{m^2h} = 0,05 \frac{m^3}{m^2min} \quad \text{Ecuación 5.33}$$

Valor que está avalado por autores como Metcalf y el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la UBA.

A modo de sugerencia, se deben realizar ensayos en escala laboratorio para poder determinar si en ocasiones se puede omitir el pasaje por la unidad DAF dado de que ésta encarece los costos ya que es probable de las unidades de coagulación, floculación y alguna de las dos alternativas elimines los restos de grasas y aceites.

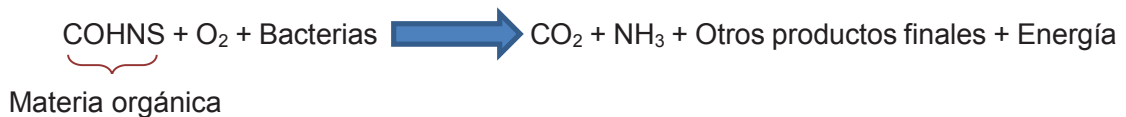
1^{era} alternativa: Tratamiento biológico lombrifiltro

Introducción

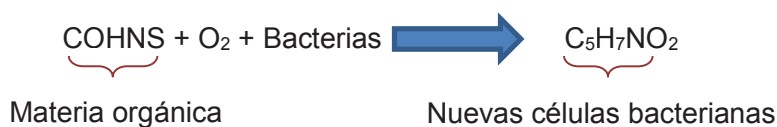
Para describir este apartado, se dedicó una descripción más desarrollada que los tratamientos anteriores ya que este tipo de metodología de depuración es por lejos el más novedoso y requiere mayor comprensión.

La depuración biológica se fundamenta gracias a la acción depuradora que ejercen los microorganismos sobre los efluentes, desde donde estos organismos obtienen materia orgánica y nutrientes para sus procesos metabólicos. En la mayoría de los sistemas de tratamiento biológicos tres procesos (oxidación, síntesis y respiración endógena) tienen lugar simultáneamente. Estequiométricamente, pueden representarse como sigue para un proceso aerobio (Ver Figura 5.10).

Oxidación



Síntesis



Respiración Endógena



Figura 5.10: Reacciones involucradas más importantes durante el proceso de degradación de la materia orgánica. Fuente: Metcalf&Eddy, 1995.

El lombrifiltro

El lombrifiltro (Ver Figura 5.11) propuesto presenta una remoción 95% de DBO, 85% DQO, 95% SST, 90% SSV y 90% SSE (Blando, 2018). La lombriz es conocida desde tiempos inmemoriales como el animal ecológico por definición. El humus es la sustancia compuesta por productos orgánicos, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos descomponedores. Éste, se corresponde a las deyecciones de las lombrices, que equivalen al 60% de la cantidad de alimento consumido por la lombriz. Estas deyecciones son abono orgánico con una riqueza en flora bacteriana (2×10^{12} colonias/g).

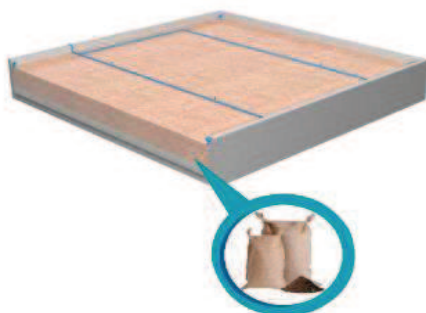


Figura 5.11: Sistema simplificado de lombrifiltro. Como producto final se obtiene humus. Fuente: TOHA, 2018.

En Argentina, la especie utilizada para lombricultura es la *Eisenia Foetida*. La lombriz es hermafrodita insuficiente, es decir tiene ambos sexos, pero necesita aparearse para reproducirse. En un mes genera en promedio 30 cápsulas maduras, por lo que no presenta problema de disminución poblacional mientras tenga condiciones favorables. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 15 años y no contrae ni transmite enfermedades. Esta lombriz ingiere diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso que en promedio resulta 0,5g y expelen el 60% transformándolo en humus.

Bajo el diseño propuesto, Valle La Puerta como generador de lombricompost, debe registrarse por la normativa nacional. A saber, está el decreto 4830/73 de la cual nace la resolución 264/2011 la cual ordena que todo productor de fertilizante, enmienda o acondicionador orgánico debe registrarse presentando un formulario de inscripción ante la autoridad de Aplicación. De la ley emanada el abono producido en Valle de La Puerta debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Humedad menor al 45%.
- Relación Carbono/Nitrógeno menor a 20:1.

- Conductividad Eléctrica menor a 4,0mS/cm
- pH: el valor deberá ser cercano a la neutralidad; entre 6,8 y 7,2.
- Metales Pesados: Se solicitará en los casos que corresponda, de acuerdo a las características del producto (Ver Tabla 5.13).

Tabla 5.13: Límite máximo de concentración de metales pesados en compost destinados a utilización agrícola. Fuente: Infoleg, 2018.

Compuesto	Unidad	Valor máximo
Cadmio	mg/Kg mat. seca	3
Cobre	mg/Kg mat. seca	450
Níquel	mg/Kg mat. seca	120
Plomo	mg/Kg mat. seca	150
Zinc	mg/Kg mat. seca	1100
Mercurio	mg/Kg mat. seca	5
Cromo	mg/Kg mat. seca	270

Teniendo los límites impuestos por la normativa, fue necesario caracterizar el humus producido por lombricultura empleando *Eisenia Foetida* (Ver Tabla 5.14).

Tabla 5.14: Caracterización del Humus. Fuente: Lombricultura, 2002.

Compuesto	Unidad	Intervalo de valor
Nitrógeno	%	1,5-3
Fósforo	%	0,5-1,5
Potasio	%	0,5-1,5
Cobre	mg/Kg mat. seca	85-100
Zinc	mg/Kg mat. seca	85-400
Ácidos húmicos	%	5-7
Ácidos fúlvicos	%	2-3
pH	-	6,5-7,2
Humedad	%	30-40
CIC	Meq/100g	75-80
Conductividad eléctrica	mS/cm	0-3

Como puede observarse todas las condiciones estuvieron dadas para que el lombricompost sea aceptado para utilización agrícola con la observación del parámetro de pH. Este último, está ligeramente fuera del intervalo de aceptación por lo que se deben realizar exámenes periódicos para comprobar si el abono cumple con las condiciones impuestas. Caso contrario se puede optar por corregir su pH o analizar la posibilidad de descartarlo como residuo a través de algún transportista habilitado.

La *Eisenia Foetida* es una especie que tiene gran tolerancia a la aglomeración, pudiendo cohabitar entre 4.000 a 50.000 individuos por metro cuadrado.

Para poder regar el lombrifiltro con el efluente se propuso una bomba centrífuga de 2HP. Esta bomba trabaja en continuo a una tasa de 4m³/h por lo que el tanque de almacenamiento resultó mínimo ya que no acumula volumen. Por esa razón se lo diseñó con un volumen de 1m³. A continuación de la bomba, el agua es llevada hasta el lombrifiltro, construido de hormigón armado y albañilería reforzada, cuya profundidad mínima diseñada fue de un metro, el ancho y largo dependen del diseño (volumen del efluente a tratar), en donde el vertido escurre por gravedad a través del lombrifiltro. Esto es, el efluente es regado a través de un sistema de aspersion. El lecho es impermeable al suelo. Para que en todo momento se den condiciones aeróbicas se diseñaron tubos oxigenantes desde el fondo del lecho (Ver Figura 5.12).



Figura 5.12: Estratos que componen el lombrifiltro. Fuente: Ciclo perfecto, 2017.

La primera capa está compuesta de humus de lombriz y tiene un espesor aproximado de 40cm. La segunda está compuesta por una capa de 20cm aserrín y 20cm de ripio. Por último, se encuentra la capa de grava con un espesor de 20cm. El piso del filtro, también denominado falso fondo, consiste en un radier con cierta pendiente (aproximadamente de un 1%) para que fluya el agua hacia la canaleta de evacuación, la cual también posee cierta pendiente (0,50%). Este piso falso sostiene las capas del soporte y el lecho de filtrado y además crea una sola guía de agua. En el perímetro interno del lombrifiltro se instalaron tubos de PVC de 110mm de diámetro, cada 2m, los cuales se dispusieron en forma vertical, apoyados en su parte inferior en el radier y su parte superior sobresaliendo 20cm de lecho filtrante. Dado que el perímetro equivalente del lecho resultó de 39,2m, se necesitaron instalar 20 tubos de PVC de las especificaciones mencionadas. Estos tubos se perforaron con orificios de 10mm de diámetro a los 20cm de su parte inferior y a los 8cm de la superior. Los tubos perforados permiten airear el sector del falso fondo y la capa inferior del soporte.

Condiciones favorables de su hábitat.

Las condiciones ideales del hábitat de la lombriz corresponden a una temperatura que oscile entre los 15° y 24°C; un pH 4,5 y 8,5; oxígeno libre; materia orgánica; baja luminosidad (pues los rayos ultravioletas las matan) y humedad disponible. La *Eisenia Foetida* teme tanto al frío excesivo (0°C) como al calor elevado (más de 42° C), ante los cuales disminuye su actividad sexual y producción de humus. De esta manera, la temperatura es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción de humus y fecundidad de las cápsulas. Hay una serie de seres que buscan afanosamente estas lombrices, las cazan y se las comen. Entre éstos se destacan las ratas y los ratones, las serpientes, los sapos, los topos y los pájaros.

Parámetros de diseño

El diseño del lombrifiltro se basó en la realización de un balance de masas que consideró: El número de lombrices que puede cohabitar por unidad de área, cantidad de materia orgánica que éstas son capaces de digerir y la tasa máxima de riego que puede soportar el lecho para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2003). Una de las condiciones impuestas es que dicha tasa sea menor o igual a uno. Conocido el caudal y proponiendo una tasa el área del lombrifiltro resultó.

$$T_{riego} = \frac{Q_{diseño}}{Á_{lombrifiltro}} = \frac{96 \frac{m^3}{día}}{96 m^2} = 1 \frac{m^3}{m^2 día} \quad \text{Ecuación 5.34}$$

El largo y ancho del lombrifiltro fue 10m y 9,6m respectivamente. La altura propuesta fue de 1,2m. El volumen de lombrifiltro resultó entonces:

$$V_{lombrifiltro} = Ancho * Largo * Alto = 9,6m * 10m * 1,2m = 115,2m^3 \quad \text{Ecuación 5.35}$$

El tiempo de residencia mínimo para que comience a ocurrir la remoción está establecido en 30 horas. Este tiempo está relacionado con el metabolismo de la especie *Eisenia foetida*. En este caso se tuvo en cuenta que el caudal de ingreso se ve condicionado por la porosidad del lecho filtrante. De ese modo el tiempo de residencia hidráulica resultó:

$$T_{residencia} = \frac{V_{lombrifiltro}}{Q_{diseño} * Factor\ porosidad} = \frac{115,2m^3}{4 \frac{m^3}{h} * 0,7} = 41h \geq 30h \quad \text{Ecuación 5.36}$$

Como puede observarse el tiempo de residencia mayor al mínimo establecido por bibliografía. Es importante destacar que no hay ningún problema operativo asociado a este tiempo de residencia prolongado y que la tasa de remoción es igual o mayor a la estándar.

Para producir abono de calidad, se necesitan entre 250 y 450 lombrices por m² (Rodríguez, 1996). Tomando como promedio 350 tanto se necesitan al menos:

$$\begin{aligned} Unidades &= 350 \frac{unidades}{m^3} * V_{lombrifiltro} = 350 \frac{unidades}{m^3} * 115,2m^3 \\ &= 40.320 unidades \quad \text{Ecuación 5.37} \end{aligned}$$

Y recordando que una lombriz convierte el 60% de su alimento diario en humus (Díaz, 2002), la producción diaria para una colonia conviviendo en el lombrifiltro resultó:

$$\begin{aligned} Producción\ humus\ lombrifiltro &= 40.320 unidades * 0,5 \frac{g}{día\ unidades} * 0.6 = 12.096 \frac{g}{día} \\ &= 1,2 \frac{Kg}{día} \quad \text{Ecuación 5.38} \end{aligned}$$

Dado que las lombrices no pueden estar expuestas directamente a la radiación solar, se propuso la construcción de un alero para proveer al lombrifiltro con una sombra permanente.

Por último, se propusieron aspersores cada 2 metros a lo largo del lombrifiltro. Dado que el largo es de 10m se instalaron 5 aspersores, como el ancho es 9,6m se dispusieron con una separación levemente menor a 2m. De esa manera se obtuvieron 5 filas y 5 columnas de aspersores lo que equivalen a un total de 25 unidades que entregan la ya mencionada tasa de riego total. A modo de resumen se destacan los parámetros más importantes en el diseño del lombrifiltro (Ver Tabla 5.15).

Tabla 5.15: Características del lombrifiltro. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Características	Unidad	Valor
Alto	m	1,2
Ancho	m	9,6
Largo	m	10
T_{residencia}	h	41
Pendiente piso fondo	%	3
Lombrices requeridas	individuos	4,03x10 ⁴
Producción humus lombrifiltro	Kg/día	1,2
Tasa de riego total	m ³ /h	4
Aspersores	Un	25

El efluente que pase por esta última unidad tiene a la salida condiciones necesarias para uso consuntivo.

2^{da} alternativa: Sequencing Batch Reactor.

SBR

En el reactor biológico se estimula el crecimiento controlado de una biomasa, integrada fundamentalmente por un cultivo bacteriano, cuya finalidad es la biodegradación u

oxidación de contaminantes. Una de las principales características de esta configuración de tratamiento secundario es la de no necesitar decantadores secundarios, dado que los procesos de clarificación se realizan en el mismo depósito en el cual se realizan los procesos biológicos de degradación y transformación de compuestos. La explotación de los SBR se caracteriza por encadenar etapas o fases, por secuenciarlas definiendo ciclos. Las fases principales son las siguientes:

1. Etapa de llenado
2. Etapa de aireación y reacción
3. Etapa de sedimentación
4. Etapa de extracción de lodos
5. Etapa de extracción del sobrenadante

Este reactor presenta remociones de 96% de DBO, 96% de DQO, 90% SST (Cárdenas et al, 2006). Los sulfuros pueden ser fácilmente oxidados con ayuda de un catalizador y difusores de aire para alcanzar remociones de hasta 99% (Salas ,2005). El equipo propuesto tiene el siguiente aspecto (Ver Figura 5.13).

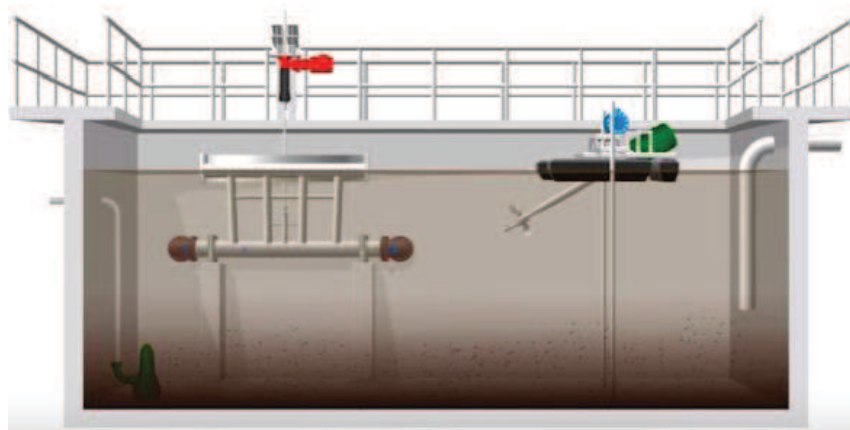


Figura 5.13: Reactor biológico SBR. Fuente: Argos, 2014.

Como puede verse en la figura el efluente ingresa desde la derecha y el afluente clarificado es tomado por los decantadores. A diferencia de la figura, el SBR propuesto no cuenta con una bomba de extracción de lodos en la parte inferior ya que se aprovecha el empuje que ejerce el sobrenadante previo a su decantación. El sistema decantador flotante se

encuentra en la parte superior el cual se encarga de recoger el sobrenadante durante la ante última fase del ciclo. Asimismo, el sistema cuenta con un mezclador/aireador. El equipo acciona su turbina durante la fase de mezcla y reacción mientras la bomba de aireación se mantiene en OFF. En la fase siguiente tanto el sistema de mezcla como el de aireación trabajan simultáneamente. Durante la etapa de decantación ambos sistemas se apagan, para lograr la separación del sobrenadante a extraer de los lodos sedimentados.

Parámetros de diseño

Para diseñar reactores biológicos es importante considerar la ecuación de monod. La misma, se utiliza para sistemas que están sujetos directamente a la concentración del sustrato ya que de él depende si el crecimiento celular es eficiente. El crecimiento celular es de vital importancia ya que son los propios organismos los encargados de degradar el efluente. La ecuación adquiere la siguiente forma:

$$\mu = \mu_{max} * \frac{S}{K_S + S} \quad \text{Ecuación 5.39}$$

Donde:

μ : Velocidad de crecimiento microbiano

μ_{max} : Velocidad máxima de crecimiento microbiano

S: Sustrato a ser degradado

K_S : Afinidad de los microorganismos por el sustrato

Cuando hay sustrato en exceso la velocidad de crecimiento se vuelve máxima. Dado que no se ha encontrado en bibliografía una velocidad de crecimiento microbiano para un efluente vitivinícola se tomó como ejemplo una μ_{max} de degradación aerobia general la cual adquiere el valor de $0,4h^{-1}$ (UNLP, 2005). Teniendo en cuenta este valor y la eficiencia de remoción se procedió a calcular el tiempo de reacción necesario para que ocurra la degradación.

$$S = S_0 e^{-\mu t} \quad \text{Ecuación 5.40}$$

Donde:

S: Es la concentración final a remover

S_0 : Concentración inicial a remover

T: Tiempo necesario para degradar el sustrato

Despejando el tiempo, la ecuación resultó:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{S}{S_0}\right)}{\mu_{max}} = \frac{\ln(0,04)}{0,4h^{-1}} = 8h$$

Para el desarrollo del diseño del sistema SBR se propusieron dos reactores en paralelo de idénticas dimensiones. La configuración es tal que cuando uno de los dos reactores finaliza el tiempo de llenado, el otro reactor comienza precisamente esa etapa de modo que trabajen en contra fase. Para eso se dispone de un cierre de válvula que según el momento, envíe el efluente a uno de los dos reactores. Por cuestiones prácticas el tiempo de llenado se correspondió con la tasa de efluente bombeado desde el tanque de almacenamiento el cual se corresponde con la tasa bombeada desde la cámara de compensación. Las dimensiones del tanque de almacenamiento son mínimas en comparación con la cámara equalizadora ya que su función es únicamente recibir efluente e impulsarlo a cierta altura. Por esta razón el volumen del mismo no supera los 800L. El tiempo de llenado resultó de 12h mientras que tiempo de desagote 1,2h.

Para la operación de cada reactor se propuso 1 ciclo de 24 horas. Asimismo, el tiempo por ciclo tiene la siguiente expresión:

$$T_c = T_{llenado} + T_{reacción} + T_{sedimentación} + T_{extracción\ lodos} + T_{extracción\ efluentes} \\ = 24h \quad \text{Ecuación 5.41}$$

El porcentaje de tiempo en función del tiempo total de cada ciclo se enlista en la siguiente tabla (Ver Tabla 5.16).

Tabla 5.16: Duración de cada etapa del sistema SBR en orden. Fuente: Metcalf & Eddy, 1995.

Duración Ciclo	% Total	Unidad	Valor
T _{Llenado}	50	h	12
T _{Reacción}	33,3	h	8
T _{sedimentación}	6,7	h	1,6
T _{extracción lodos}	5	h	1,2

T_{extracción efluentes}	5	h	1,2
T_{ciclo}	100	h	24

Como se dijo previamente se dispuso de dos tanques idénticos de manera que cuando un tanque finaliza con el tiempo de llenado (50% del tiempo total del ciclo), el otro tanque comienza a llenarse y así sucesivamente. Durante el tiempo de reacción la biomasa en solución degrada al sustrato. Luego durante el tiempo de sedimentación se separan la fase sólida y líquida dentro del reactor. Los últimos dos tiempos como sus nombres lo indican se corresponden a la extracción de lodos y la extracción del efluente clarificado. Para el desarrollo de los cálculos que se exponen a continuación, es necesario hacer las siguientes hipótesis (Ver Tabla 5.17).

Tabla 5.17: Características involucradas en el sistema SBR. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Duración Ciclo	Unidad	Valor
S₀	mg/L	2910
S	mg/L	24
X_r	mg/L	3500
X_w	mg/L	4500
K_d	L/d	0,06
Y	-	0,6

Donde S₀ el sustrato a remover, en el presente caso la concentración de DBO en la muestra previamente caracterizada la Universidad de Córdoba. S es el valor esperado al final del proceso de depuración, con una cota del 10% por debajo de lo establecido por la normativa aplicable. X_r es la concentración de microorganismos en el reactor, mientras que X_w es la concentración en los lodos. K_d es un factor cinético, tomado de bibliografía y por último Y es un factor típico de conversión.

El número de ciclos que comienzan por tanque y por día simplemente se calculó como:

$$N^{\circ} \frac{\text{Ciclos}}{\text{Tanque } d} = \frac{24 \frac{h}{d}}{24 \frac{h}{\text{ciclo}}} = 1 \quad \text{Ecuación 5.42}$$

Para determinar el número de ciclos que comienzan por día entre los dos tanques simplemente se realizó la siguiente multiplicación:

$$N^{\circ} \text{ total} \frac{\text{Ciclos}}{d} = \text{Numero tanques} * N^{\circ} \frac{\text{Ciclos}}{\text{Tanque } d} = 2 * 1 = 2 \quad \text{Ecuación 5.43}$$

El valor del volumen de llenado es de gran importancia ya que determina la cantidad de efluente ingresado en el tanque para cada uno de los ciclos diarios a realizar en función del caudal diario de diseño que para el presente caso es de 96m³/d y que se corresponden con los 4m³/h previamente empleados en varias ecuaciones. De este modo, el volumen de llenado por ciclo en cada tanque quedó determinado por la siguiente ecuación:

$$\frac{V_{\text{llenado}}}{\frac{\text{ciclos}}{d}} = \frac{Q_{\text{diseño diario}}}{\frac{\text{ciclos}}{d}} = \frac{96 \frac{m^3}{d}}{2 \frac{\text{ciclos}}{d}} = 48m^3 \quad \text{Ecuación 5.44}$$

Esto significa que la mitad del día el efluente es descargado en el tanque 1 y la otra mitad del día en el tanque 2. Por una relación de aspecto se calculó el volumen total de un tanque. La relación propuesta por bibliografía (Metcalf&Eddy, 1995) propone una relación de volumen llenado/volumen total de 0,3. Por lo tanto el volumen total de cada tanque quedó determinado por la siguiente ecuación:

$$V_{\text{total}} = \frac{V_{\text{llenado}}}{0,3} = \frac{48m^3}{0,3} = 160m^3 \quad \text{Ecuación 5.45}$$

La simetría más ampliamente utilizada para este tipo de reactores es la rectangular. El proveedor del sistema SBR propone una relación de aspecto 3 a 1 para el largo y el ancho del reactor. Luego el ancho fue de 4m, el largo 12m y el alto 3,3m.

El volumen restante, esto es V_s quedó automáticamente determinado por la diferencia entre el volumen total y el volumen de llenado. V_s está compuesto por el volumen que ocupan los fangos decantados más el volumen ocupado por el clarificado no extraído en la fase de vaciado. Es decir que para cada tanque, V_s es igual a 112m³. Asimismo, es importante destacar el siguiente balance de masa que ocurre en el reactor el volumen de llenado con la concentración de biomasa en suspensión es igual al volumen sedimentado con la respectiva concentración de biomasa en los lodos. Esto es:

$$V_{total}X_r = V_s * X_s \quad \text{Ecuación 5.46}$$

Recordando que a su vez V_s está compuesto por el volumen que ocupan los fangos decantados más el volumen ocupado por el clarificado no extraído en la fase de vaciado. Se estima que el porcentaje que corresponde al volumen de los lodos, esto es V_w se corresponde con el 40% del volumen total de V_s . De esa forma V_w resultó de $44,8m^3$.

El tiempo de retención hidráulica por tanque se calculó de la siguiente manera:

$$TRH = \frac{V_{total} * 24 \frac{h}{d}}{Q_{diseño\ diario}} = \frac{160m^3 * 24 \frac{h}{d}}{96 \frac{m^3}{d}} = 40h \quad \text{Ecuación 5.47}$$

El valor obtenido cumple las condiciones sugeridas tanto por bibliografía (Metcalf&Eddy, 2003).

El tiempo de retención celular es el tiempo medio en el que los microorganismos se mantienen en cada reactor. Es un parámetro fundamental que sirve de guía para controlar distintos procesos para que el sistema SBR esté siempre en régimen, por ejemplo la purga de lodos. El mismo tiene la siguiente expresión simplificada para un sistema batch:

$$\theta_c = \frac{V_{total} * X_r}{V_w * X_w} = \frac{160m^3 * 3500 \frac{mg}{l}}{44,8m^3 * 4500 \frac{mg}{l}} = 2,8 d \quad \text{Ecuación 5.48}$$

El tiempo de retención celular indica que se trata de un lodo joven por lo que se recomienda prestar especial atención a la tasa de purga de lodos para no lavar al sistema.

La producción de lodos es generada, entre otros factores, a partir del gradiente de concentración del sustrato, es decir de la concentración inicial y final del contaminante biológico que se intenta depurar. También se encuentran involucrados factores cinéticos. En resumen, la expresión que define a la producción de lodos por tanque quedó determinada por:

$$\begin{aligned}
\frac{P_{\text{lodos}}}{\text{Tanque}} &= \frac{Y}{(1 + K_d * \theta_c)} * \frac{Q_{\text{diseño diario}}}{2} (S_o - S) \\
&= \frac{0,6}{\left(1 + 0,06 \frac{L}{d} * 2,8\right)} * \frac{96 \frac{m^3}{d}}{2} * \left(2910 \frac{mg}{l} - 24 \frac{mg}{l}\right) * 1000 \frac{l}{m^3} \\
&= 71,2 \frac{Kg}{d} \quad \text{Ecuación 5.49}
\end{aligned}$$

La tasa de extracción de lodos dado el tiempo de purga en cada reactor resultó:

$$Tasa_{\text{extracción lodos}} = \frac{V_w}{T_{\text{extracción lodos}}} = \frac{44,8m^3}{1,2h} = 37,3 \frac{m^3}{h} \quad \text{Ecuación 5.50}$$

Para poder remover los lodos en exceso, simplemente es necesario que el operario abra la válvula compuerta dado que se utiliza el empuje del sobrenadante más el exceso de lodos lo que impulsa a purgar el lodo sin la necesidad de una bomba. Una vez extraídos, los lodos son enviados a playas de secado.

Como el sistema SBR necesita de un suministro de aire artificial para poder degradar la materia orgánica e inorgánica, se calculó el requerimiento de oxígeno. Para continuar el análisis por reactor la ecuación adoptó la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
\frac{R_o}{\text{tanque}} &= \frac{Q_{\text{diseño diario}}}{2} (S_o - S) - 1,42 \frac{P_L}{\text{tanque}} \\
&= \frac{96 \frac{m^3}{d}}{2} * \left(2910 \frac{mg}{L} - 24 \frac{mg}{L}\right) * 1000 \frac{L}{m^3} - 1,42 * 71,2 \frac{Kg}{d} \\
&= 138 \frac{Kg}{d} - 101,1 \frac{Kg}{d} = 37 \frac{KgO_2}{\text{tanque d}} \quad \text{Ecuación 5.51}
\end{aligned}$$

Luego, el tiempo de aireación por tanque posee la misma duración que el tiempo de reacción debido a que se dan simultáneamente. Es decir que el tiempo de aireación es de 8h por cada ciclo en cada reactor. Por lo tanto el tiempo diario de aireación en cada tanque resultó:

$$\frac{T_{aireación}}{\text{tanque } d} = 1 \frac{\text{ciclo}}{d} * 8 \frac{h}{\text{ciclo}} = 8 \frac{h}{\text{tanque } d} \quad \text{Ecuación 5.52}$$

De esta forma la tasa de transferencia de oxígeno que debe ser entregada a un reactor durante el tiempo de aireación fue:

$$Tasa_{aireación} = \frac{37 \frac{KgO_2}{\text{tanque } d}}{8 \frac{h}{\text{tanque } d}} = 4,7 \frac{KgO_2}{h} \quad \text{Ecuación 5.53}$$

Este valor fue multiplicado por un factor de correlación para asegurar una buena oxigenación en caso de picos de carga en el reactor. Este factor está comprendido entre los valores 1,5 y 2 (Metcalf&Eddy, 1995). Tomando el promedio la tasa corregida para cada reactor adoptó el siguiente valor:

$$Tasa \text{ Corregida}_{aireación} = 4,7 \frac{KgO_2}{h} * 1,75 = 8 \frac{KgO_2}{h} \quad \text{Ecuación 5.54}$$

Otra forma de calcular la tasa de corregida de aireación fue empleando la siguiente fórmula:

$$SOR = \frac{R_o}{\left[\beta \left(\frac{C_w - C_l}{9,17} \right) * 1,024^{(T-20)} \alpha \right]} \quad \text{Ecuación 5.55}$$

Donde:

β : Es un factor experimental de corrección

C_w : Concentración de oxígeno a cierta altura snm en mg/L

C_l : Concentración de oxígeno de operación en mg/L

T : Temperatura ambiente en C°

α : Factor experimental de corrección que depende del efluente

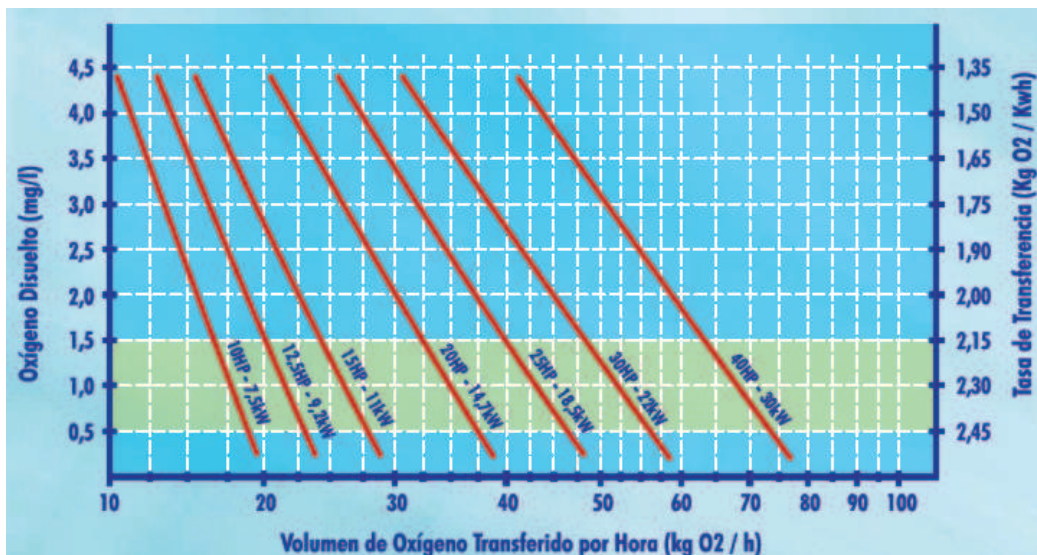
Dado que la ecuación es puramente experimental no se incluyeron las unidades de las magnitudes. Resolviendo la ecuación se obtuvo que la tasa de oxígeno corregida resultó:

$$SOR = \frac{R_o}{\left[\beta \left(\frac{C_w - C_l}{9,17} \right) * 1,024^{(T-20)} \alpha \right]} = \frac{4,7}{\left[0,9 \left(\frac{9,18 - 2}{9,17} \right) * 1,024^{(25-20)} 0,85 \right]} = 7 \frac{KgO_2}{h}$$

Este valor difiere tan solo en un 12% del calculado por el anterior método de corrección. Con el fin de cubrir los requerimientos de oxígeno y poder trabajar con una cota de seguridad, se tomó como válido la tasa corregida que arrojó un valor mayor. Este valor fue tomado en cuenta a la hora de elegir un aireador y mezclador.

Para suministrar los requerimientos de mezcla y reacción se propuso la línea de aireadores y mezcladores HIGRA. El modelo elegido fue el *TORNADO*. A continuación, se puede observar los distintos equipos según tasa de transferencia de oxígeno necesarios (Ver Tabla 5.18).

Tabla 5.18: Tabla de desempeño línea TORNADO. Fuente:HIGRA, 2018.



Como el requerimiento de oxígeno en el reactor es de $13,8 \frac{KgO_2}{h}$, se elige el modelo *TORNADO-10* de 10HP.

Luego, para determinar la tasa de clarificación, esto es la tasa a la cual el equipo decantador flotante toma el efluente tratado para volcarlo al cuerpo receptor se partió del concepto que el volumen decantado es igual al volumen de llenado. Por lo tanto la tasa de decantación en cada reactor tuvo la siguiente expresión:

$$Tasa_{decantación} = \frac{V_{llenado}}{T_{extracción\ efluente}} = \frac{48m^3}{1,2h} = 40 \frac{m^3}{h} \quad \text{Ecuación 5.56}$$

Esto quiere decir que en el lapso de 1,2h el caudal volumétrico de efluente que se debe purgar para mantener el sistema en régimen es igual a 40m³/h. El decantador flotante propuesto posee en su encabezado múltiples ranuras por donde se recolecta el agua tratada que es conducida por una tubería de salida. El recolector permite retirar una capa fina de agua sin perturbar capas inferiores asegurando que el lodo decantado no sea resuspendido. El movimiento ascendente o descendente del tubo recolector así como también la cantidad de agua se pueden ajustar dentro de un rango de operación dependiendo del diseño de tratamiento deseado. Para poder captar el volumen de efluente clarificado en el tiempo de decantación se propuso un equipo de acero inoxidable de 4m. El sistema se mantiene sobre una base de apoyo de 35cm de diámetro y el sistema de flotación se encuentra incorporado al equipo en el sector de encabezado de manera tal que siempre esté a la altura del tirante líquido.

Luego se procedió a calcular la relación F/M esto es la cantidad de sustrato que los microorganismos del reactor degradan. Si este parámetro es excesivamente alto, indica que la carga orgánica introducida al reactor es demasiado elevada para la biomasa dispuesta para degradarla y viceversa. El parámetro descripto para cada reactor adoptó la siguiente expresión:

$$\frac{F}{M} = \frac{\frac{Q_{diseño\ diario}}{2} * S_o}{X_r * V_{total}} = \frac{\frac{96 \frac{m^3}{d}}{2} * 2910 \frac{mg}{L}}{3500 \frac{mg}{L} * 160m^3} = 0,2 \frac{1}{d} \quad \text{Ecuación 5.57}$$

Este valor se correspondió con el sugerido por bibliografía (Metcalf&Eddy,1995). En caso de observar que operativamente el sistema no se encuentra en su punto óptimo, se sugiere aumentar la concentración de la biomasa en el reactor en alícuotas de 10% para reducir precisamente el valor de F/M. En ese caso aumentan los parámetros de tiempo de residencia celular, producción de lodos y consecuentemente el requerimiento de oxígeno.

A modo de resumen se enlistan los parámetros calculados (Ver Tabla 5.19).

Tabla 5.19: Características para cada reactor SBR. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Características	Unidad	Valor
Vllenado	m ³ /ciclo	48

V_{total}	m ³	160
Largo	m	12
Ancho	m	4
Alto	m	3,3
TRH	h	40
V_{lodos}	m ³	44,8
θ_c	d	2,8
P_L	Kg/d	71,2
Tasa_{decantación}	m ³ /h	40
Tasa_{extracción lodos}	m ³ /h	37,3
R_o	Kg/d	37,4
T_{aireación}	h	8
Tasa_{aireación}	Kg/h	8
F/M	1/d	0,2

Con esto concluye los cálculos en el diseño del sistema SBR. Asimismo, el efluente obtenido de este último proceso tiene cualidades aptas para ser utilizado para uso consuntivo.

Gestión de lodos

Playas de secado

Dado que la región de la finca presenta excelentes factores climáticos para lograr la deshidratación, para la gestión de lodos se propusieron dos playas de secado. Las mismas consisten en filtros poco profundos, llenos de arena y grava, con un sistema de drenaje por debajo para recolectar los lixiviados. Los lodos son descargados sobre la superficie para desaguar y deshidratarse. Este secado se basa en el drenaje de líquidos a través de la arena y la evaporación al aire del agua presente en la superficie de los lodos. El proceso de secado se basa en dos principios. El primero es la percolación del lixiviado a través de la arena y grava, lo que es considerable en los lodos que contienen un alto porcentaje de

agua libre y ocurre rápidamente en unas horas o días (Heinss et al., 1998). El segundo proceso es la evaporación que separa la fracción de agua ligada y tarda días o semanas. Valle La Puerta no tiene problemas de espacio por lo que se plantearon dos playas de secado. Según las características de los lodos, una fracción variable desde un 50 hasta un 80% se drena como lixiviado, el cual es conducido nuevamente a la cabeza de planta para ser depurado.

Parámetros de diseño

Dados los excelentes factores climáticos debidos a una escasa humedad y bajas precipitaciones la tasa de carga de lodos adquiere el valor de 300Kg/m² año (Badji, 2011). Este parámetro indica la cantidad de lodos deshidratados en una superficie dada en un período de tiempo. Tomando la densidad del lodo igual a 1000Kg/m³ de lodo, se tuvo que se generan 37,3 Kg/d. Al año esto es:

$$Kg_{lodos} = 37,3 \frac{Kg}{d} * 365d = 13615 Kg \quad \text{Ecuación 5.58}$$

Luego la superficie necesaria para deshidratar los lodos producidos resultó:

$$Superficie_{total} = \frac{13615 \frac{Kg}{año}}{300 \frac{Kg}{año m^2}} = 45m^2 \quad \text{Ecuación 5.59}$$

La ecuación verificó que con 45m² dada la tasa de carga de lodos, se pueden deshidratar aproximadamente 13,6Tn de lodos húmedos.

Esta superficie requerida se destina a dos playas de secado. Operativamente esto resulta ventajoso ya que permite distribuir el lodo más fácilmente en caso de ser necesario y por otro lado permite a la playa deshidratarse sin que continuamente le esté entrando masa al sistema. Como cota de seguridad y dado que no conlleva un gasto significativo en cuanto a lo operacional y de inversión inicial se le adicionó un 100% de superficie. De este modo, cada playa propuesta posee 5m de ancho y 9m de largo. La playa de secado debe contener una capa de ladrillo comercial de 5cm de alto, 10cm de arena con tamaño de diámetro 0,5mm, abajo 20cm de grava como mínimo, y finalmente un lecho de cemento que impermeabilice el fondo. Para favorecer la concentración del lixiviado en la zona central donde es recolectado por la tubería perforada, se diseñaron 2 taludes inclinados. Por ultimo se dispuso de una cañería perforada de PVC de 110mm ubicada en el centro de la playa de deshidratación que tiene una pendiente del 1% para poder evacuar el lixiviado

para luego ser bombeado hacia la cabeza de planta. Además, se propuso la construcción de una barrera de protección de hormigón armado de altura 1,5m. Dada las condiciones climáticas no se incluyeron en el sistema de deshidratación la instalación de un alero de plástico para contrarrestar las precipitaciones ya que disminuye la irradiancia y por lo tanto impide una buena evaporación.

Estimando una deshidratación del 70% suponiendo que la densidad del lodo sólido es igual al lodo líquido filtrado se obtuvieron la siguiente cantidad de lodos secos:

$$Kg_{lodo\ seco} = 13615 \frac{Kg}{año} * 0,3 = 4084 \frac{Kg}{año} \quad Ecuación\ 5.60$$

Por otro lado el resto de Kg de lodos adopta la forma de lixiviado líquido y adquiere la magnitud de 9539,5Kg correspondiente al 70% restante. Nuevamente considerando la densidad del lodo igual al líquido filtrado se obtuvo que al año se generan 9,53m³. Este caudal horario es bajo por lo que se propone una cañería perforada de PVC de 50mm para evitar sedimentaciones. Dado que el lixiviado es recolectado previamente a ser bombeado, se dispuso una cámara cilíndrica de 1m³ con una bomba sumergible en el fondo. El caudal recolectado en la cámara resultó de 1L/h por lo que se optó por una bomba de 0.5HP que impulse el líquido a la cabeza de planta a una tasa de 1L/h. Al igual que la cámara de compensación en caso de alcanzar un nivel mínimo la bomba se para automáticamente para evitar el fenómeno de cavitación. Dada las características operacionales y los costos que implica, no se disponen de difusores. Se recomienda limpiar periódicamente el tanque de almacenamiento.

A modo de resumen se detallan los valores destacables de esta sección (Ver Tabla 5.20):

Tabla 5.20: Características para cada reactor SBR. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Características	Unidad	Valor
Deshidratación	%	70
Carga de lodos	Kg/año m ²	300
Lodos generados húmedos	Tn/año	13,6
Espesor de arena	cm	10
Espesor de grava	cm	20
Ancho	m	5

Largo	m	9
Alto	m	1,5
Lodos generados secos	Kg/año	4084

Dadas las características de generación de estos lodos, se los debe disponer como residuos especiales por lo cual deben ser recolectados por un transportista habilitado para tratarlos y disponerlos. Es importante destacar que esto implica un valor económico relativamente bajo. El mismo es descripto en el próximo capítulo.

Sistemas de conducción de la planta de tratamiento

En lo referente a sistemas de conducción y descarga, para la planta de tratamiento se propuso un sistema de tuberías cerrado. De esa manera se evitan posibles riesgos hacia el ambiente y hacia las personas. Se parte de la base que la longitud equivalente sea lo menor posible y que la dirección del sistema de conducción sea lo más recta posible evitando bombes innecesarios siempre y cuando se cumpla con los fines de depuración establecidos.

Dentro de la cámara de compensación se dispuso de una bomba sumergible. El efluente almacenado en dicha cámara es bombeado al vertedero donde ocurre la coagulación. Luego el efluente es trasladado por gravedad a lo largo de los sistemas de tratamiento primario. Existen tres puntos de bombeo para la primera alternativa de tratamiento estando el último punto de bombeo previo al lombrifiltro. Para el caso de la segunda alternativa existen 5 puntos de bombeo: Una bomba sumergible ubicada en la cámara de compensación, una bomba centrífuga que recircula efluente en la unidad DAF, una bomba sumergible en el tanque de almacenamiento previo al SBR y por último 2 bombas sumergibles que bombean el lixiviado de la playa de secado que se encuentra luego del SBR. Las demás líneas de conducción se dan a favor de la gravedad con una pendiente no menor al 1%.

Como material de conducción se propuso PVC (policloruro de vinilo). Algunos de los beneficios de emplear PVC se detallan a continuación. Debido a la baja rugosidad de la pared interna de las tuberías de PVC y a la eliminación de la formación de depósitos o

incrustaciones, la pérdida de presión a lo largo de los tubos es mínima, permitiendo obtener valores de pérdida inferiores respecto a otros materiales. Además, por la facilidad de ejecución, rapidez y durabilidad, los tubos y conexiones de PVC presentan los menores costos en relación a otros materiales, en las instalaciones. El peso favorable, permite una economía directa en términos de transporte, carga, descarga, almacenamiento y manejo. Por último este material presenta excelente resistencia mecánica y química. Por todas estas razones prácticas y económicas, tanto las cañerías como los accesorios fueron elegidas de PVC.

Ahora bien, previo a realizar los distintos cálculos en cañerías se deben hacer las siguientes hipótesis que a continuación se detallan. Se supuso que el efluente que se transporta por los sistemas de conducción es un fluido ideal, es decir, un fluido no viscoso, incompresible (la densidad del fluido permanece constante con el tiempo), irrotacional (no hay movimiento angular del fluido) y que se mueve bajo régimen estacionario (velocidad constante con el tiempo). Se consideró régimen turbulento dentro de las cañerías de conducción entre las unidades, es decir, el perfil de velocidades del fluido se consideró completamente desarrollado en todo el conducto.

Para la conducción a presión, las principales magnitudes geométricas de la sección transversal de una tubería (Ver figura 5.14) son el diámetro nominal (DN) que corresponde a la designación técnica y comercial del diámetro de la tubería, el diámetro exterior (DE) que representa el máximo de sección de la tubería y el diámetro interior (DI) que corresponde al diámetro hidráulicamente aprovechable. Para éste último es la circunferencia de menor diámetro (Tigre, 2018).

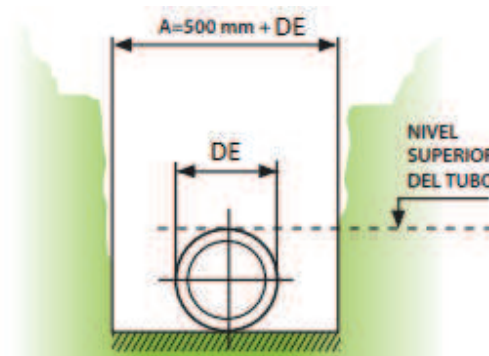


Figura 5.14: Características principales de una cañería. Fuente: Catalogo Tigre, 2016.

Para el caso de las tuberías de PVC, el DN corresponde al DE y la clase de las tuberías es lo que define el espesor de la pared y, por lo tanto, la presión máxima que la instalación puede soportar.

Como hay sectores en la planta de tratamiento donde las cañerías están enterradas se tomaron las siguientes consideraciones. Las excavaciones de zanjas deben obedecer las reglas técnicas. La norma IRAM 13446 recomienda que el ancho de la zanja sea uniforme y con un mínimo de $A=500\text{mm}+\text{DE}$. La medida A debe ser medida desde la parte superior del tubo. Para terrenos sometidos a cargas debe ser tal que permita instalar el lecho de asentamiento, el tubo y unas tapas por encima del nivel superior del tubo de no menos de 1,3m, de modo de proteger la tubería de las heladas y de las cargas que actúan sobre el terreno (Tigre, 2018).

Como se dijo previamente para tuberías parcialmente llenas se recomienda trabajar con velocidades de escurrimiento no menores a los 0,6m/s. Esta velocidad recomendada tiene como objetivo que el sistema sea autolimpiante y no haya presencia de sedimentaciones. La velocidad máxima para tuberías de PVC es de 5m/s, pero generalmente se adopta un coeficiente de seguridad que lleva a fijar una velocidad media máxima admisible de 3m/s o menor (ENOHSA). Para respetar esta velocidad máxima admisible y en función al caudal máximo a transportar, fue necesario realizar el siguiente cálculo.

$$A_{\text{cañería mínima}} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{V_{\text{máxima permitida}}} = \frac{0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,0003\text{m}^2 \quad \text{Ecuación 5.61}$$

Luego se procedió a despejar el diámetro mínimo para cumplir con la velocidad máxima permitida.

$$D_{\text{mínimo}} = \sqrt{\frac{A_{\text{cañería mínima}} * 4}{\pi}} = 20\text{mm} \quad \text{Ecuación 5.62}$$

Por lo tanto es necesario que el diámetro mínimo de la cañería sea de 20mm. Generalmente, los diámetros de la tubería a la salida de la bomba son de 50mm. Para evitar la colocación de reducciones en el sistema de cañerías y consecuentemente aumentar la pérdida de fricción, se propuso la colocación de cañerías del mismo diámetro que el especificado en la bomba. Cuando la tasa de bombeo lo permita, esto es , cuando no sea lo suficientemente grande tal que requiera un diámetro mayor entonces se propone un

sistema de conducción a presión de 50mm de DN clase 6, obteniendo un área mojada de 0,0017m². Diámetros mayores son requeridos para la purga de lodos y para decantar el efluente clarificado. Sus dimensiones son calculadas más adelante. El material de las cañerías elegido como se dijo previamente fue de PVC. Posteriormente se corroboró que en todo momento se cumpla con las velocidades máximas y mínimas a lo largo de todo el sistema de conducción. A continuación, se detallan los datos necesarios para realizar los cálculos hidráulicos (Ver Tabla 5.21). Asimismo, se tomaron datos reales a partir de folleto comercial del reconocido proveedor TIGRE.

Tabla 5.21: Características de las cañerías del sistema de bombeo para pretratamiento y tratamiento primario. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Datos	Unidad	Valor
Caudal diseño	m ³ /h	4
DN	mm	50
Espesor tubería	mm	1,8
Di	mm	46,4
Sección transversal	m ²	0,0017

Con estos datos se procedió a calcular la velocidad de flujo:

$$V_{flujo} = \frac{Q_{diseño}}{Sección transversal} = 0,65 \frac{m}{s} \quad \text{Ecuación 5.63}$$

Lo cual resultó mayor que el mínimo requerido y debido a que la planta planea aumentar su producción y por lo tanto sus efluentes, esta velocidad fue aceptada.

Luego se determinaron las longitudes a presión: La longitud equivalente de la cañería impulsada por la bomba sumergible será de 9m. Ésta comprende desde la cámara de compensación hasta el vertedero de coagulación. Además, hay una longitud equivalente de 5m que se corresponde con la recirculación de efluente en la unidad DAF a través de la bomba centrífuga. Los datos recién descritos son iguales tanto para la primera como para la segunda alternativa.

La longitud equivalente de la cañería impulsada desde la bomba hasta los aspersores del lombrifiltro es de 61m correspondiéndose 3 metros desde la bomba hasta la línea divisoria

de caudales, 50m en total para las cinco hileras de conexión de aspersores y 9m para la línea horizontal que provee efluente a cada hilera de aspersores. La longitud de la cañería que es bombeada desde el tanque de recepción del lixiviado hasta la cabeza de planta posee un valor total de aproximadamente 16m.

Para la segunda alternativa existe una longitud equivalente que se corresponde con el bombeo desde el tanque de almacenamiento hacia la bifurcación en T que conduce a los dos reactores SBR que resulta 16m. La longitud equivalente que implica la recirculación a la cabeza de planta del lixiviados recolectado de las dos playas de secado resulta de 60m. Todas las longitudes hasta aquí descriptas se corresponden con un DN 50mm clase 6.

Asimismo, se procedió a realizar los cálculos para los sistemas de conducción a gravedad: Para simplificar los cálculos se supuso que la tubería está parcialmente llena y la relación entre el diámetro de la cañería y la lámina de agua es 0,75. Esto es, la altura de la lámina de agua representa un 75% del diámetro de la cañería. El radio hidráulico es el cociente entre el área mojada y perímetro mojado de la tubería. Bajo esta hipótesis el área mojada y el perímetro mojado y el radio hidráulico adoptan la siguiente formar:

$$A = 0,6319D^2 \quad \text{Ecuación 5.64}$$

$$Pm = 2,0944D \quad \text{Ecuación 5.65}$$

$$R_h = 0,3017D \quad \text{Ecuación 5.66}$$

El área mojada puede ser calculada adoptando la velocidad de escurrimiento y el caudal de diseño:

$$A = \frac{4 \frac{m^3}{h}}{0,6 \frac{m}{s}} = 0,0019m^2 \quad \text{Ecuación 5.67}$$

$$D = \sqrt{\frac{A}{0,6319}} = \sqrt{\frac{0,0019}{0,6319}} = 0,055m$$

Es importante resaltar que este diámetro fue 4 veces menor que el que actualmente conduce los efluentes de la bodega. Este desmantelamiento y reposición es tenido en

cuenta en el capítulo de cómputos y presupuestos. Para los casos que corresponda, se consideró una tapada de 1,3m.

Luego a partir del área se pudo obtener el diámetro el cual resultó 0,055m. Con este valor se empleó la ecuación de Manning para tubería de conducción a gravedad. Para este cálculo se adoptó una pendiente del 1%. Esto es, 1 metro de desnivel cada 100m. Asimismo, se adoptó el coeficiente de Manning que para material de PVC es 0,011.

$$v = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,011} (0,3017 * 0,055)^{\frac{2}{3}} * (0,01)^{\frac{1}{2}} = 0,6m/s \quad \text{Ecuación 5.68}$$

Este valor resultó razonable y beneficia la autolimpieza del sistema de conducción por gravedad. De esa manera se evitan atascamientos y posibles sedimentaciones. Este sistema de conducción emplea una clase de cañerías menor que la descrita anteriormente ya que no trabaja con presiones de trabajo tan elevadas como el primer sistema de conducción descrito.

Como en el mercado no se consiguen fácilmente tuberías de PVC de ese DN, para el sistema de conducción a gravedad se propuso tuberías de PVC DN 50mm de clase 4. Este sistema rige desde la cámara de rejillas hasta la entrada de la cámara de compensación más desde la salida del vertedero de coagulación hasta la entrada de la unidad DAF para la primera alternativa lo cual equivale a una longitud equivalente de 15m. La longitud equivalente para la segunda alternativa rige desde la cámara de rejillas hasta la cámara de compensación más la longitud desde la salida del vertedero de coagulación hasta la entrada del tanque de almacenamiento el cual resultó 15m más la longitud del PVC DN110 perforado que recolecta lixiviado de la playa de secado el cual resultó 20m. Dado que se sobredimensionó este tipo de tubería la pérdida por fricción no es tomada en los cálculos siguiente dado que resulta despreciable.

Como se expresó previamente la purga de lodos se da a favor del gradiente. De ser necesario la válvula compuerta es abierta por algún operario para que el lodo sea purgado debido al empuje que genera el sobrenadante. Se propuso entonces una instalación de cañerías de 150mm clase 4. La longitud de la cañería en total para el sistema en paralelo fue de 12m. Esta termina en una playa de secado dispuesta específicamente para cada reactor.

Por último, para la salida del efluente clarificado del sistema SBR, que utiliza un sistema de conducción a gravedad, realizando los mismos cálculos se calculó nuevamente al área mojada empleando las mismas hipótesis. Por otro lado, se tuvo en cuenta el caudal de decantación para cada reactor previamente calculado es igual a 40m³/h. Adoptando nuevamente una velocidad de 0,6m/s resultó que el área mojada adquirió el valor de 0,018m².

Nuevamente se calculó el diámetro de la tubería partir de dicha área y se obtiene un valor de 0,15m. Se propuso entonces una instalación de cañerías de 150mm clase 4 para la decantación del efluente clarificado a la salida del sistema SBR. La longitud equivalente de la misma fue de 6m en total para los dos reactores A modo de resumen se ilustra en la siguiente tabla las longitudes equivalentes para la primera y segunda alternativa (Ver Tabla 5.22) para que posteriormente puedan ser calculadas las pérdidas de carga.

Tabla 5.22: Longitudes equivalentes de los sistemas de conducción. Fuente: Elaboración propia, 2018.

	conducción presión (m)	a	50mm Clase 6	150mm clase 6	conducción por gravedad (m)	50mm Clase 4	150mm Clase 4
1^{era} Alternativa	91		91	-	15	15	-
2^{da} Alternativa	90		90	-	33	15	18

En todos los casos se contempla que se verifique la condición de autolimpieza.

Pérdidas de carga en los sistemas de conducción

El flujo de un líquido en una tubería viene acompañado de una pérdida de energía, que suele expresarse en términos de energía por unidad de peso de fluido circulante (dimensiones de longitud), lo que se denomina habitualmente como pérdida de carga. En el caso de tuberías horizontales, la pérdida de carga se manifiesta como una disminución de presión en el sentido del flujo. Las pérdidas de carga son proporcionales al cuadrado de la velocidad de circulación del fluido por la cañería. Con pocas excepciones, las pérdidas

de carga en el interior de unidades de la planta a través de las cuales el agua residual fluye con velocidad muy baja pueden ser despreciadas.

Para realizar los cálculos en tuberías a presión se empleó la ecuación de Darcy-Weissbach:

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2 g} = f \frac{8 L Q^2}{g \pi^2 D^5} \quad \text{Ecuación 5.69}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga (m)

f: Factor de fricción

L: Longitud de la cañería (m)

v: Velocidad de escurrimiento (m/s)

D: Diámetro de la cañería

g: aceleración de la gravedad (m/s²)

Q: Caudal de diseño (m³/s)

En primer lugar se determinó el número de Reynolds dentro de las cañerías. Para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{0,0464m * 0,65 \frac{m}{s} * 1000 \frac{Kg}{m^3}}{2,6x 10^{-4} \frac{Kg}{m s}} = 1,11x 10^5 \quad \text{Ecuación 5.70}$$

Donde

Re: Número de Reynolds

D: Diámetro del tubo [m]

v: velocidad media de escurrimiento del líquido [m/s]

ρ : Densidad del efluente = 1000Kg/m³ a 20°

μ : Viscosidad del efluente= 2,6x 10⁻⁴ Kg/m s a 20°

El valor obtenido demostró que se trata de un fluido en un régimen turbulento totalmente desarrollado.

El factor de fricción puede ser evaluado en función al diagrama de Moody la cual es que es una representación del factor de fricción en función del número de Reynolds (Ver Figura 5.15).

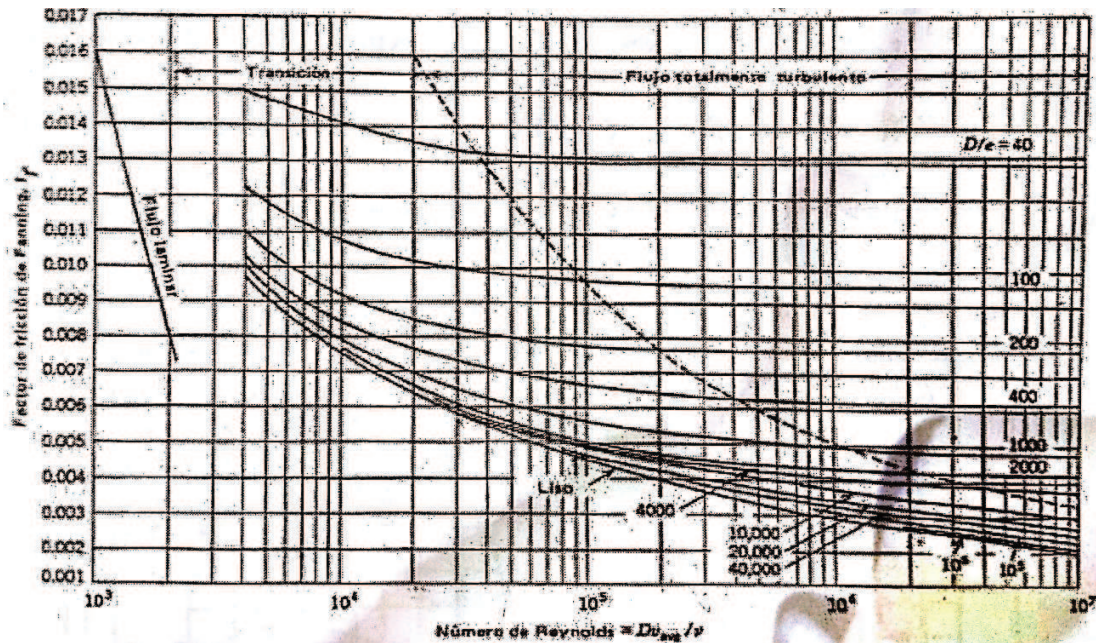


Figura 5.15: Factor de fricción para flujo en un tubo. Fuente: UNSAM, 2015.

La correlación de Haaland para tubos rugosos adopta la siguiente ecuación para poder determinar el factor de fricción:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3,6 \log_{10} \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{e}{3,7D} \right)^{\frac{10}{9}} \right] \quad \text{Ecuación 5.71}$$

Siempre que se cumpla que :

$$10^3 < Re < 10^8$$

$$\frac{e}{D} < 0,05$$

Siendo e el espesor de la cañería. Ambas condiciones se cumplieron por lo que se procedió a calcular el factor de fricción. De la resolución de la ecuación propuesta por Haaland y considerando el DN de 50mm se obtuvo un valor de fricción de 0,016. El hecho de que el factor sea relativamente elevado se debió a que la relación diámetro y espesor de cañería es bajo, lo que genera que el factor de fricción sea mayor. Este comportamiento puede ser observado en el diagrama anteriormente descrito. Es importante destacar que el espesor de la cañería está pensado para soportar la presión del sistema de conducción por lo que no es aconsejable reducirlo para obtener un factor de fricción menor. Teniendo el factor de fricción, la longitud de la tubería del sistema a presión, el caudal y el diámetro interno se procedió a calcular la pérdida de carga para la primera alternativa empleando la enunciada ecuación de Darcy- Weissbach:

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2 g} = f \frac{8 L Q^2}{g \pi^2 D^5} = 0,016 \frac{8 (91m) (1,1 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s})^2}{9,8 \frac{m}{s^2} \pi^2 (0,0464m)^5} = 0,67m$$

Ambas bombas dispuestas en el sistema de bombeo (cámara de ecualización y sistema de riego en el lombrifiltro) poseen la capacidad suficiente para vencer dicha pérdida de carga.

Para el caso de la segunda alternativa el método es el mismo solo que varía en tan solo una unidad de longitud equivalente.

En el diseño de la planta de tratamiento se colocan válvulas de cierre en cada conducto de entrada a una unidad de tratamiento, lo que permite aislar los tramos de las líneas de conducción y permitir efectuar reparaciones o limpieza de las mismas.

Las pérdidas de carga por accesorios son proporcionales a la carga de velocidad del fluido y una constante característica que matemáticamente tiene la forma:

$$K_f = K_f \frac{v^2}{2 g} = K_f \frac{8 Q^2}{g \pi^2 D^5} \quad \text{Ecuación 5.72}$$

Donde:

Kf: Es la constante característica de cada accesorio.

A modo didáctico se tomó como ejemplo la segunda alternativa propuesta dado que ya se realizaron cálculos para la primera. No obstante, el procedimiento es el mismo para ambos casos.

Los accesorios sometidos por aparatos a presión son para la segunda alternativa los siguientes (Ver Tabla 5.23):

Tabla 5.23: Accesorios necesarios para los sistemas de conducción. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Accesorio	Cantidad	Uso	K asociada unitaria
Válvulas de retención	4	Para evitar retroceso de líquido una vez apagada la bomba.	1,9
Válvula compuerta totalmente abierta	5	Para poder aislar completamente las	0,15

		distintas unidades depuradoras	
Codos 90°	9	Para generar desvíos en los sistemas de conducción	0,7
Total	-	-	14,65

La cantidad de accesorios puede verse afectada en cuanto a las cantidades según la obra civil lo disponga. De todos modos, no debería variar mucho de las cantidades recientemente expresadas.

A modo ilustrativo se procedió a calcular las pérdidas de carga localizadas del sistema de conducción de PVC de 50mm para la segunda alternativa empleando la ecuación previamente descrita:

$$K_f = K \frac{v^2}{2g} = K \frac{8 Q^2}{g \pi^2 D^5} = 14,65 \frac{8 (1,1 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s})^2}{9,8 \frac{m}{s^2} \pi^2 (0,0464m)^5} = 6,8m$$

Para la primera alternativa la pérdida de carga localizada resultó mayor ya que se cuenta con más accesorios para el sistema de aspersores.

Luego la pérdida de carga total es igual a la suma de pérdidas continua más la pérdida localizada. A modo de resumen se ilustra una tabla con los datos de importancia (Ver Tabla 5.24).

Tabla 5.24: Pérdidas de carga del sistema de conducción a presión. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Pérdida de carga total (m)	
1^{era}	13,8
Alternativa	
2^{da}	7,5
Alternativa	

Las bombas instaladas por sí solas poseen capacidad para hacer circular el efluente sin problemas dada la pérdida de carga total. Bombas centrífugas y sumergibles de 1HP por si solas pueden elevar sin inconvenientes aguas a más de 25m.

Como era de esperarse el sistema de lombrifiltro correspondiente a la primera alternativa tuvo una pérdida de carga casi dos veces mayor debido al sistema de aspersión.

6: Realización de los cálculos y presupuestos para las distintas alternativas desarrolladas

Introducción a los costos

Como se dijo al comienzo del proyecto: El principio del desarrollo sostenible se fundamenta en encontrar el equilibrio adecuado entre la protección al medio ambiente, el progreso económico y el desarrollo social. En este capítulo se hizo foco en el factor económico involucrado. El análisis propuesto incluyó los costos generales para las dos alternativas de planta de tratamiento. Éstos costos generales comprenden los costos de inversión inicial y los costos de operación, siendo éstos últimos de gran interés ya que implican un gasto perdurable en el tiempo asociado a gastos administrativos y de mantenimiento entre otros.

Tabla 6.1: Simplificación de componentes de costos relacionados con la implementación de sistemas de Tratamiento. Fuente: Quintero *et al*, 2017.

Costos	Actividad
Inversión	Estudios preliminares
	Diseño e Ingeniería
	Nivelación de terreno
	Construcción
	Gastos administrativos, legales y financieros
	Interventoría
	Mano de obra calificada
Funcionamiento	Reparaciones

Operación y mantenimiento	Energía
	Insumos químicos
	Monitoreo y control procesos
	Mano de obra operación técnica
Administrativos	Mantenimiento de los equipos
	Personal administrativo
	Gastos generales

Inversión inicial

La inversión inicial contempló dos grandes rubros, los cuales son: infraestructura, maquinaria y equipo. Los costos de inversión inicial de los sistemas de tratamiento de efluentes están asociados con las inversiones necesarias para la construcción de la infraestructura física de la planta. En este sentido, incluye los costos de diseño, materiales, maquinaria, equipos. En la inversión inicial de una obra de ingeniería es necesario tener en cuenta, aparte de los costos directos de construcción, otros costos que deben ser cuantificados ya que elevan significativamente el monto de la inversión, tales como: estudios de preinversión (estudios técnicos necesarios para estimar la factibilidad del proyecto y realizar el diseño de las obras requeridas), interventoría (supervisión técnica de la obra en la fase de construcción), Administración, Imprevistos y Utilidades o AIU. Éste último corresponde a los costos que la firma o entidad constructora adiciona al presupuesto total de inversión como un porcentaje que fluctúa entre el 15 y 25% y está relacionado con la complejidad de la obra, los plazos de ejecución, experiencia en proyectos similares, capacidad financiera y características de la empresa. Por razones de seguridad económica se propuso una cota del 25%.

Para cada unidad de tratamiento se incluyó el posicionamiento y anclaje de los equipos e instrumentos, tendido y conexión eléctrica, tendido de cañerías de proceso y vinculación entre las mismas con todos los accesorios necesarios, accesorios de regulación, transición y conexiones con sus respectivos soportes. Por practicidad, Estos costos generalmente se agregan como un porcentaje asociado al costo unitario de cada material. Para mampostería

se incluyeron los materiales necesarios para la construcción del lombrifiltro, para la playa de secado y para talud de contención de 1m de alto que circunda toda la planta de tratamiento en caso de algún derrame. Todas las terminaciones, molduras, uniones, como cualquier otra especificación que forme parte de las estructuras del sistema se ejecutarán en el material que en cada caso se indique en función del análisis estructural. Dentro del costo unitario de cada estructura o unidad debe incluirse el costo de todas las partes accesorias complementarias.

Para certificar la tabla de presupuestos se deberá requerir a la aprobación de la inspección de obra, los detalles y materiales a utilizar.

El importe del presupuesto base para este proyecto representó un total de \$2.234.381 + IVA (dos millones doscientos treinta y cuatro mil trescientos ochenta y uno + IVA) para la primera alternativa con capacidad de tratamiento de 96m³/día de efluente industrial generado en la producción vitivinícola (Ver Tabla 6.2).

Asimismo, el presupuesto base resultó de \$4.131.408+ IVA (cuatro millones ciento treinta y un mil cuatrocientos ocho) para la segunda alternativa propuesta con la misma capacidad de tratamiento de 96m³/día para el efluente industrial generado en la producción vitivinícola ilustrada en la segunda tabla de cálculos y presupuestos (Ver Tabla 6.3). Los costos unitarios fueron extraídos de presupuestos solicitados a diversos proveedores.

Tabla 6.2: Cómputos y presupuestos para el diseño de tratamiento de la primera alternativa. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Número	Descripción de los trabajos		Unidad	Cantidad	Costo unitario	Importe ítem	Importe rubro	%Incidencia ítem	Rubro
Rubro	Item								
1.	Trabajos Preliminares						16900		0.9%
	1.01	Limpieza del terreno	m2	260	30	7800		0.4%	
	1.02	Nivelación del terreno	m2	260	35	9100		0.5%	
2.	Movimiento de tierra y material						172410		9.6%
	2.01	Excavación para canaletas y conducciones	m3	26	500	13000		0.7%	
	2.02	Excavación para bases estructurales	m3	20	800	16000		0.9%	
	2.03	Abono	m3	115.2	1000	115200		6.4%	
	2.04	Lombrices	Unidad	40300	0.7	28210		1.6%	
3.	Elementos estructurales						235400		13.2%
	3.01	Bases de columna de hormigón armado	m3	2	7200	14400		0.8%	
	3.02	Columna de hormigón armado	m3	8	10000	80000		4.5%	
	3.03	viga de hormigón armado	m3	10	14100	141000		7.9%	
4.	Mampostería						19912.5		1.1%
	4.01	Ladrillos	Unidad	4425	4.5	19912.5		1.1%	
5.	Revoques						272800		15.3%
	5.02	Impermeabilizante de cemento	m2	440	620	272800		15.3%	
6.	Carpintería						17906		1.0%
	6.01	Puertas y marcos ventanas	m2	8	2200	17600		1.0%	
	6.02	Rejas de hierro	m2	0.18	1700	306		0.0%	
7.	Instalaciones eléctricas						89000		5.0%
	7.01	Montaje de tableros eléctricos	Unidad	1	5000	5000		0.3%	
	7.02	Tableros de control y mandos remotos	Unidad	1	84000	84000		4.7%	
8.	Cañerías y accesorios						7177		0.4%
	8.01	Instalación cañerías y accesorios a presión PVC $\theta=50\text{mm}$ clase 6	m	91	50	4550		0.3%	
	8.02	Instalación cañerías y accesorios a gravedad PVC $\theta=50\text{mm}$ clase 4	m	15	37	555		0.0%	

8.03	Instalación cañerías oxigenantes lombrifiltro PVC Ø=110mm clase 4	m	28	74	2072		0.1%
9	Equipamiento y unidades					696000	38.9%
9.01	Instalación y provisión de bomba sumergible 1,5HP	Unidad	1	17000	17000		1.0%
9.02	Cámara de compensación 61m3 de doble capa con testigo con difusores	unidad	1	70000	70000		3.9%
9.03	Instalación y provisión de dosificadores de pH.	Unidad	1	15000	15000		0.8%
9.04	Instalación y provisión de dosificadores de coagulantes y floculantes	Unidad	2	15000	30000		1.7%
9.05	Tanque de almacenamiento de 1000L de regulador de pH.	Unidad	1	8000	8000		0.4%
9.06	Tanque de almacenamiento de 1000L de dosificadores de coagulantes y floculantes	Unidad	2	8000	16000		0.9%
9.07	Vertedero de coagulación 5L	Unidad	1	1000	1000		0.1%
9.08	Cámara de floculación PVC 2m3 de doble capa con testigo	Unidad	1	10000	10000		0.6%
9.09	Turbina de mezcla lenta de 4 paletas 2HP	Unidad	1	4000	4000		0.2%
9.10	Sistema DAF de doble capa con testigo con tanque presurizador, sopladores 5HP y bomba centrífuga	Unidad	1	450000	450000		25.2%
9.11	Tanque almacenamiento lombrifiltro 1000L de doble capa con testigo	Unidad	2	8500	17000		1.0%
9.12	Bomba centrífuga 2HP	Unidad	2	14000	28000		1.6%
9.13	Cámara toma muestras	Unidad	3	10000	30000		1.7%
10	Otros					210000	11.7%
10.1	Elaboración del informe de ingeniería	Unidad	1	60000	60000		3.4%
10.2	Limpieza y final de obra	Unidad	1	25000	25000		1.4%
10.3	Elaboración de planos	Unidad	1	55000	55000		3.1%
10.4	Supervisión y capacitación	Unidad	1	40000	40000		2.2%
10.5	Licencia, permisos y seguros	Unidad	1	30000	30000		1.7%
11	Entrega final de planta					50000	2.8%
11.1	Revisión y ajuste de diseño	Unidad	1	50000	50000		2.8%

TOTAL COSTO NETO 1era Alternativa	1787505.5	100.0%	100.0%
TOTAL PRECIO ESTIMADO AIU 25%	2234381.875		

Tabla 6.3: Cómputos y presupuestos para el diseño de tratamiento de la segunda alternativa. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Número	Descripción de los trabajos	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Importe ítem	Importe rubro	%Incidencia ítem	Rubro
Rubro	Item							
1.	Trabajos Preliminares					16900		0.5%
	1.01	Limpieza del terreno	m2	260	30	7800		0.2%
	1.02	Nivelación del terreno	m2	260	35	9100		0.3%
2.	Movimiento de tierra y material					29000		0.9%
	2.01	Excavación para canaletas y conducciones	m3	26	500	13000		0.4%
	2.02	Excavación para bases estructurales	m3	20	800	16000		0.5%
3.	Elementos estructurales					207200		6.3%
	3.01	Bases de columna de hormigón armado	m3	2	7200	14400		0.4%
	3.02	Columna de hormigón armado	m3	8	10000	80000		2.4%
	3.03	viga de hormigón armado	m3	8	14100	112800		3.4%
4.	Mampostería					11934		0.4%
	4.01	Ladrillos	Unidad	2652	4.5	11934		0.4%
5.	Revoques					600780		18.2%
	5.02	Impermeabilizante de cemento	m2	969	620	600780		18.2%
6.	Carpintería					17906		0.5%
	6.01	Puertas y marcos ventanas	m2	8	2200	17600		0.5%
	6.02	Rejas de hierro	m2	0.18	1700	306		0.0%
7.	Instalaciones eléctricas					89000		2.7%
	7.01	Montaje de tableros eléctricos	Unidad	1	5000	5000		0.2%
	7.02	Tableros de control y mandos remotos	Unidad	1	84000	84000		2.5%
8.	Cañerías y accesorios					9145		0.3%
	8.01	Instalación cañerías y accesorios a presión PVC $\theta=50\text{mm}$ clase 6	m	90	50	4500		0.1%

8.02	Instalación cañerías y accesorios conducción a gravedad PVC $\theta=50\text{mm}$ clase 4	m	15	37	555	0.0%
8.03	Instalación cañerías y accesorios conducción a gravedad PVC $\theta=150\text{mm}$ clase 6	m	0	160	0	0.0%
8.04	Instalación cañerías y accesorios conducción a gravedad PVC $\theta=150\text{mm}$ clase 4	m	18	145	2610	0.1%
8.05	Instalación cañerías y accesorios conducción a gravedad PVC $\theta=110\text{mm}$ clase 4	m	20	74	1480	0.0%
9	Equipamiento y unidades				2063262	62.4%
9.01	Cámara de compensación 61m3 de doble capa con testigo con difusores	unidad	1	70000	70000	2.1%
9.02	Instalación y provisión de bomba sumergible 1,5HP	Unidad	1	17000	17000	0.5%
9.03	Instalación y provisión de dosificadores de pH.	Unidad	1	15000	15000	0.5%
9.04	Instalación y provisión de dosificadores de coagulantes y floculantes	Unidad	2	15000	30000	0.9%
9.05	Tanque de almacenamiento de 1000L de regulador de pH.	Unidad	1	8000	8000	0.2%
9.06	Tanque de almacenamiento de 1000L de dosificadores de coagulantes y floculantes	Unidad	2	8000	16000	0.5%
9.07	Vertedero de coagulación 5L	Unidad	1	1000	1000	0.0%
9.08	Cámara de floculación PVC 2m3 de doble capa con testigo	Unidad	1	10000	10000	0.3%
9.09	Turbina de mezcla lenta de 4 paletas 2HP	Unidad	1	4000	4000	0.1%
9.10	Sistema DAF de doble capa con tanque presurizador, sopladores 5HP y bomba centrífuga	Unidad	1	450000	450000	13.6%
9.11	Tanque almacenamiento 800L con difusores de doble capa con testigo	Unidad	1	7000	7000	0.2%
9.12	Instalación y provisión bomba sumergible de 1HP	Unidad	3	12750	38250	1.2%
9.13	Tanque SBR ARGOS de doble capa con decantador hidráulico	Unidad	2	603506	1207012	36.5%
9.14	Aireador y Mezclador Tornado-10 p/ SBR de 10HP	Unidad	2	70000	140000	4.2%
9.15	Cámara toma muestras	unidad	5	10000	50000	1.5%
10	Otros				210000	6.4%
10.01	Elaboración del informe de ingeniería	Unidad	1	60000	60000	1.8%
10.02	Limpieza y final de obra	Unidad	1	25000	25000	0.8%
10.03	Elaboración de planos	Unidad	1	55000	55000	1.7%
10.04	Supervisión y capacitación	Unidad	1	40000	40000	1.2%
10.05	Licencia, permisos y seguros	Unidad	1	30000	30000	0.9%
11	Entrega final planta				50000	1.5%

11.01	Revisión y ajuste de diseño	Unidad	1	50000	50000	1.5%	
TOTAL COSTO NETO 2da Alternativa						3305127	100.0%
TOTAL PRECIO ESTIMADO AIU 25%						4131408.75	100.0%

Como puede observarse tanto para la primera alternativa como para la segunda el rubro de equipamientos y unidades representó el mayor porcentaje de incidencia en el costo final. En ese sentido dado que la segunda alternativa presentó más ítems en ese rubro, repercutió en una inversión casi dos veces mayor si se la compara con la primera alternativa.

Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento son los que se generan para garantizar el buen desempeño de las operaciones y procesos de tratamiento del efluente y asegurar que las instalaciones sean operadas y mantenidas eficientemente. Los factores que determinan los costos de operación y mantenimiento de una instalación de tratamiento de efluentes están asociados a la complejidad de la tecnología utilizada, el tamaño de la misma y la capacidad local de soportar esta complejidad. En los sistemas de tratamiento los costos de operación y mantenimiento están principalmente influenciados por los requerimientos de la tecnología. Estos requerimientos son:

- Energía eléctrica
- Insumos químicos
- Personal para operación
- Mantenimiento de las instalaciones y gastos de administración

Energía Eléctrica

Se realizó un cálculo aproximado del consumo energético de los equipos y se multiplicó por el costo del suministro energético. Dentro del grupo se incluyeron otros gastos de consumo energético tales como iluminación del área, conexión de dosificadores y medidores eléctricos, computadores y sistemas de control, entre otros. Se consultó el cuadro tarifario vigente generado por la empresa prestadora local del servicio Empresa Distribuidora EDELAR, la cual otorga energía en una gran parte de La Rioja. El precio está compuesto por un cargo fijo más un cargo variable. El cargo fijo está compuesto por un canon que la Valle La Puerta paga por la potencia instalada en su finca que es de 134kW correspondiente a la zona industrial en dónde se va a instalar la planta de tratamiento. El cargo variable está compuesto por el consumo de energía. El costo por unidad de energía adquiere distintos valores para distintas franjas horarias denominadas de resto, valle y de punta. Para

simplificar el análisis se tomó un costo por unidad de energía promedio que estando subsidiado por el estado resulta de \$1,67/kWh.

Hoy en día la finca utiliza un 50% de la potencia instalada. Tanto la primera alternativa como la segunda alternativa más el uso que actualmente se dispone en la finca no superan la potencia máxima instalada por lo que el cargo fijo por potencia instalada no varía con la planta de tratamiento. A continuación, se estiman los costos energéticos implicados en el funcionamiento de la planta depuradora (Ver Tabla 6.4).

Tabla 6.4: Costos mensuales asociados a los cargos variables y fijos. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cargo	Costo mensual
Fijo por emisión factura	\$99
Fijo por potencia instalada (134kW)	\$1.691
Máxima capacidad de suministro contratado	\$344
Variable por energía consumida 1era alternativa	\$15.691
Variable por energía consumida 2da alternativa	\$24.349
Total 1era alternativa	\$17.825
Total 2da alternativa	\$26.483

Es importante destacar que los cargos fijos existen independientemente de la planta de tratamiento, por lo que rigurosamente deberían ser descartados de los costos mensuales. Además, como el objetivo del proyecto es emplear el efluente para uso consuntivo el cargo variable de la zona industrial de la finca se verá disminuido ya que podrá extraer 96m³/día menos de sus pozos de bombeo. En conclusión, el costo anual asociado a la energía fue de \$213.900 para la primera alternativa y \$317.796 para la segunda.

Insumos químicos

Tanto la regulación del pH en la cámara de compensación como el proceso de coagulación y floculación requieren insumos químicos. En función del caudal a ser tratado, se estimó que se necesita al menos 67L/día de coagulante y floculante. Dado el pH ácido que presenta el efluente se necesita 0,96L/día de base fuerte 1M. Para ser coherente con el requerimiento de insumos se ilustra el precio por volumen teniendo en cuenta la densidad de los químicos a utilizar.

Tabla 6.5: Costos mensuales asociados a insumos químicos. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Insumo	Precio unitario	Costo mensual
Coagulante	\$15/L	\$30.150
Floculante	\$40/L	\$80.400
Base fuerte 1M	\$100/L	\$28.80
Total insumos químicos		\$113.430

Al año los insumos químicos tienen un costo de \$1.361.160.

Personal para operación

Este tipo de costo operacional está relacionado con el trabajo remunerado que realiza el jefe de la planta de tratamiento y sus dos encargados preferentemente técnicos. Asimismo, como la finca dispone de análisis de laboratorio para corroborar parámetros de funcionamiento de la planta se debe incorporar dos asistentes de laboratorio de formación técnica. A continuación, se detalla el costo asociado para los profesionales descriptos de acuerdo a la remuneración bruta de la región riojana (Ver Tabla 6.6).

Tabla 6.6: Costos mensuales asociados a personal de planta. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Profesional	Remuneración bruta mensual	Cantidad
Técnico eléctrico	\$26.000	1
Técnico químico	\$26.000	1
Jefe de planta	\$38.000	1
Costo total mensual	\$90.000	

Por lo tanto, el costo anual en asociado al personal afectado a planta fue de \$1.080.000.

Mantenimiento de las instalaciones y gastos de administración

Estos gastos son variables en el tiempo y son esporádicos. Se estimaron en función de cierto porcentaje del costo total de operación. Para el mantenimiento de planta se estimó un 25%, para los insumos y análisis de laboratorio un 10% y para los gastos administrativos y legales un 8%. Por lo tanto, el costo anual asociado fue de \$1.380.574.

Es importante destacar que, dentro del costo de operación referido a la energía eléctrica se tomó el promedio de las dos alternativas. De todas formas, el costo asociado a la energía eléctrica representa aproximadamente un 5% del costo total de operación.

Es importante aclarar que los costos de inversión inicial y de operación fueron realizado durante el mes de Septiembre, mes en el cual el dólar en promedio estuvo cercano a \$38. Este es un dato para tener en cuenta ya que los tiempos de aprobación de proyectos y de financiación impactan en los costos drásticamente debido a una probable devaluación de la moneda. En ese sentido los costos de inversión inicial pueden ser convertidos a dólares dividiendo por un factor de 38.

Costo total por m³

Considerando el costo de operación total anual para la segunda alternativa (\$4.139.530) se lo dividió por el volumen anual de efluente generado en la bodega (35.040m³) y así obtener la tasa de costo total por m³ de vertido obteniendo un valor de \$118/m³ de efluente tratado. Análogamente se puede obtener la tasa de costo total por m³ para la primera alternativa.

Costo gestión lodos

Es importante destacar que el costo previamente descripto no incluyó el costo por disposición y transporte de lodos generados. Por ese motivo si se elige la segunda alternativa la cual tiene integrado el sistema SBR, se debe contratar un servicio de disposición final del residuo semi sólido. El costo por transporte y disposición final de este tipo de residuo es de \$12,35/Kg. Teniendo en cuenta de que se generan 4084Kg/año, esto representa un costo anual de \$50.437. Este costo no representa un gasto significativo por lo que se sugiere disponerlo como residuo especial y no compostarlo dado que la normativa no lo autoriza explícitamente. De esa forma se pueden evitar posibles sanciones.

Sistema de financiamiento

Valle La Puerta puede acceder al programa de financiamiento del Consejo Federal de Inversiones (CFI). Este organismo provincial ayuda a desarrollar emprendimientos del sector agropecuario, turístico, minero e industrial. El CFI otorga créditos que cubren hasta un 70% del monto total del proyecto con un plazo de amortización total de 7 años a una

tasa variable anual del 7,5% otorgando hasta 2 años de gracia en los cuales sólo se pagan las cuotas de interés Para acceder a esta línea, es necesario la presentación de la documentación referente a la condición del solicitante (persona física o jurídica) y el proyecto de inversión que será objeto del crédito (Ver Figura 6.1). Es importante destacar que los gastos administrativos tienen un costo aproximado del 2,5% sobre el monto del crédito a otorgar. Los mismos incluyen comisión bancaria, tasación de garantías y gastos de escribanía.

Solicitud de financiamiento firmada		Se entrega en la UEP CFI
Estatuto social de la empresa	Copias certificadas ante escribano público	
Actas de directorio y modificaciones al estatuto		
Balances de los últimos tres ejercicios		
Constancia de Inscripción de C.U.I.T.		
Copia de inscripción en tributos provinciales		
Copia tres últimas DDJJ de IVA		
Copia última declaración de Ganancias		
Copia último formulario 931 presentado		
Referencias comerciales (listar principales proveedores y clientes)		
Nómina de socios de la empresa		
Copias de Documento de Identidad de los socios		
Declaración patrimonial de cada uno de los socios (fecha y firmadas por ellos y sus cónyuges) Certificada por Contado Público		
Localización del proyecto:	título de propiedad del inmueble	
	contrato de locación del inmueble	
	contrato de comodato del inmueble	
	documento de cesión del inmueble	
Habilitaciones y autorizaciones correspondientes para la actividad actual y a realizar		
Presupuesto de obras civiles a realizar		
Facturas pro-forma de los bienes a adquirir		
Guía de formulación del proyecto y sus anexos firmados	Disponible en la UEP CFI y en www.cfired.org.ar (capítulo financiamiento)	
Copia del título de propiedad del bien a ofrecer como garantía	Adjuntar tasación en el caso de inmuebles	
Aprobación municipal de planos de obra civil	En aquellos casos en que la ejecución del proyecto incluya la construcción o la modificación de una obra civil.	

Figura 6.1: Documentación a presentar para una persona jurídica. Fuente: CFI, 2018.

Además, Valle La Puerta puede sumarse al Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP), que se ejecuta a través de la Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales (DIPROSE) del Ministerio de Agroindustria de la Nación, implementa, a nivel provincial y nacional, proyectos de inversión pública social y ambientalmente sustentables. Los Aportes No Reembolsables (ANR) son recursos monetarios destinados a la promoción de la inversión productiva del sector privado.

Para poder adjudicarse el aporte Valle La Puerta debe ajustarse a los objetivos, términos y condiciones del PROSAP entre los cuales se destacan: Tener regularizada su situación frente a los órganos previsionales e impositivos, tanto del ámbito nacional como provincial, así como frente a demás instituciones oficiales de contralor; y demostrar la disponibilidad de recursos propios que aseguren la continuidad, sustentabilidad y financiamiento de las acciones a cuyo desarrollo coopere el programa. Asimismo, deberá completar el formulario de *Idea de Proyecto ANR* (Ver Figura 6.2) El aporte alcanza la cifra de hasta \$ 900.000.



FORMULARIO DE IDEA DE PROYECTO AMBIENTAL-ANR

Indique tipo de proyecto ANR con una cruz según corresponda

Energías Renovables y Eficiencia Energética	<input type="checkbox"/>
Gestión sustentable de recursos y residuos agropecuarios	<input type="checkbox"/>

Intervención Pública

Formulador/Responsable provincial

1. Información del/la Solicitante:

1.1. Razón Social

--

1.2. Datos generales

CUIT	30-65433591-1
Actividad Productiva Principal	
Localización de la Inversión (Ciudad, departamento, provincia, coordenadas)	
Domicilio Fiscal	
CP	
Teléfono	
Correo Electrónico	
Nombre y apellido de contacto ante UCAR:	

2. Resumen Narrativo de la Idea de Proyecto (máximo 400 palabras)

Figura 6.2: Documentación a presentar para obtener el ANR. Fuente: PROSAP, 2018.

7: Elección de una de las alternativas propuestas

Introducción

Para cada tipo de efluente industrial corresponde una necesidad de tratamiento y puede coexistir más de una alternativa técnicamente viable. La selección de un tratamiento, depende de criterios que sirven para realizar un análisis comparativo entre las diferentes alternativas, a fin de llegar a la elección de la más conveniente para Valle La Puerta dependiendo de sus características particulares. Para ello debe estudiarse el efluente a ser depurado, el nivel de calidad que se desea en el agua tratada de acuerdo al objetivo del tratamiento, las características de terreno, factores ambientales, costos construcción, operación, mantenimiento y fiabilidad de la tecnología a implementar. Recordando, las alternativas propuestas son:

- ✓ Un sistema de tratamiento biológico de lombrifiltro dispuesto en serie.
- ✓ Un sistema de tratamiento biológico SBR en serie con dos tanques dispuestos en paralelo seguido de una playa de secado de lodos.

Comparación de alternativas

En este apartado, se presenta un estudio comparativo entre las diferentes alternativas de tratamientos, en base a 5 criterios de selección (Ver Tabla 7.1). A modo complementario se realizó una matriz FODA. Este tipo de estudio es únicamente cualitativo y ayuda a comprender las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Tabla 7.1: Criterios de selección. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Criterios de selección	Variables
Característica del terreno	Superficie necesaria Pendiente

Características climatológicas	Precipitación Temperatura Evapotranspiración Viento
Características del efluente	Composición Caudal
Aspectos tecnológicos	Impacto ambiental Eficiencia de tratamiento Fiabilidad de tratamiento Tiempo de tratamiento requerido Facilidad de mantenimiento y operación
Costos	Operación y mantenimiento Construcción

En este apartado para cada criterio de selección, se detalla una breve comparación entre las dos alternativas propuestas.

Características del terreno: La segunda alternativa ocupa el doble de terreno para instalar las respectivas unidades que comprenden dos tanques de reacción y una playa de secado. La primera alternativa ocupa 96m² destinados para el lombrifiltro y un tanque de almacenamiento. Es importante aclarar que no son tomadas en cuentas las unidades de depuración previas ya que no son opcionales. En cuanto al desnivel de terreno necesario, ambos sistemas se plantearon con la necesidad de una pendiente del 1% para favorecer el escurrimiento. Dado que Valle La puerta no tiene limitaciones en cuanto a disponibilidad de terreno, este criterio no es decisivo a la hora de elegir alguna de las dos alternativas.

Características climatológicas: Las bajas precipitaciones, baja humedad y alta tasa de radiación solar son un factor clave para promover la deshidratación de barros para la segunda alternativa. Aunque el lugar en cuestión cuenta con fuertes vientos, no hay comunidades en la proximidad que puedan verse afectados por los malos olores que los lodos generan. Por otro lado, la primera alternativa que comprende el lombrifiltro puede verse afectada por deshidratación y fuerte insolación ya que como se dijo previamente las lombrices necesitan una buena hidratación y no pueden estar expuestas al sol. Asimismo, las heladas durante los meses de invierno pueden afectar el metabolismo de las lombrices por lo que la degradación del efluente puede verse dificultada.

Característica del efluente: Tanto la primera alternativa como la segunda son ideales para tratar un efluente con una relación de DQO/DBO entre 2,5 y 5. Esto radica en la considerable materia orgánica que el efluente posee y en consecuencia la importancia de encontrar una alternativa que involucre degradación a través de microorganismos. El caudal del efluente al ser relativamente bajo e intermitente puede afectar el correcto funcionamiento del lombrifiltro, ya que existen períodos donde la producción de vino es nula. El sistema SBR al ser en batch, opera óptimamente con caudales intermitentes.

Aspectos tecnológicos: El impacto ambiental generado por la segunda alternativa son los 4Tn anuales de lodos deshidratados que son desechadas como residuo especial. Por otro lado, recordando que los tres parámetros principales a remover son sulfuros, DBO Y DQO, la segunda alternativa presenta mejores eficiencias de remoción para los tres casos. De ese modo, la eficiencia de remoción es mayor para la segunda alternativa. El tiempo requerido para que ocurra la remoción es mayor para la primera alternativa. Por último, la segunda alternativa viene siendo estudiada desde principios del siglo pasado con datos contundentes y procesos explícitamente detallados, mientras que el sistema de lombrifiltro aplicado a efluentes industriales es una alternativa relativamente nueva y carece de reproducibilidad dado de que muchos parámetros dependen de factores climáticos. En ese sentido, hay una vasta bibliografía certificada por autores de gran aceptación que detallan los parámetros de diseño para el sistema SBR, no siendo así para la primera alternativa.

Costos de operación y mantenimiento: En este aspecto, el lombrifiltro se presenta como una mejor alternativa ya que posee una operación sencilla que consiste en regar, trasladar el humus y eventualmente reponer lombrices.

A continuación, se muestra una comparación entre ambos sistemas de tratamiento propuestos resumidamente en una matriz FODA (Ver Figura 7.1 y 7.2). Esta matriz permite observar qué fortalezas y debilidades posee la alternativa así como también cómo el entorno influye en ella. Es decir, destaca factores internos y externos referidos a la alternativa propuesta.



Figura 7.1: Matriz Foda para el tratamiento de lombrifiltro. Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura 7.2: Matriz Foda para el tratamiento biológico SBR. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Conclusión

A partir del análisis de selección de criterios y de la matriz FODA, se eligió la alternativa más adecuada para la depuración de efluentes vitivinícolas en la finca Valle La Puerta S.A. Hay dos aspectos fundamentales que definieron una de las dos alternativas propuestas. Éstos tienen que ver básicamente con la eficiencia de remoción y con la fiabilidad de reproducción de resultados esperados. Aunque la inversión inicial para la segunda alternativa sea el doble, no debería ser el problema central dado que, como se dijera anteriormente, existen actualmente planes de financiación para proyectos sustentables. Por otro lado el costo de mantenimiento entre una y otra alternativa se diferencia principalmente en el uso de energía. Sin embargo, todo el sector agropecuario exige una cuota diferenciada para empleo de energía con fines sustentables. De todos modos, las variaciones energéticas entre una y otra alternativa no superan el 35%. Dado que el lombrifiltro es una tecnología reciente, no posee aún el rigor bibliográfico que sí tiene el sistema biológico SBR. Asimismo, el lombrifiltro es vulnerable a lapsos de tiempos prolongados donde a las lombrices, no les llegue el sustrato a degradar. En ese sentido el reactor SBR, justamente al ser un sistema batch, opera con mayor flexibilidad en períodos de baja o casi nula producción pudiendo hasta sobrellevar picos de generación de efluentes. Teniendo esto en cuenta se propuso la segunda alternativa de tratamiento: El sistema SBR (Ver Figura 7.3).

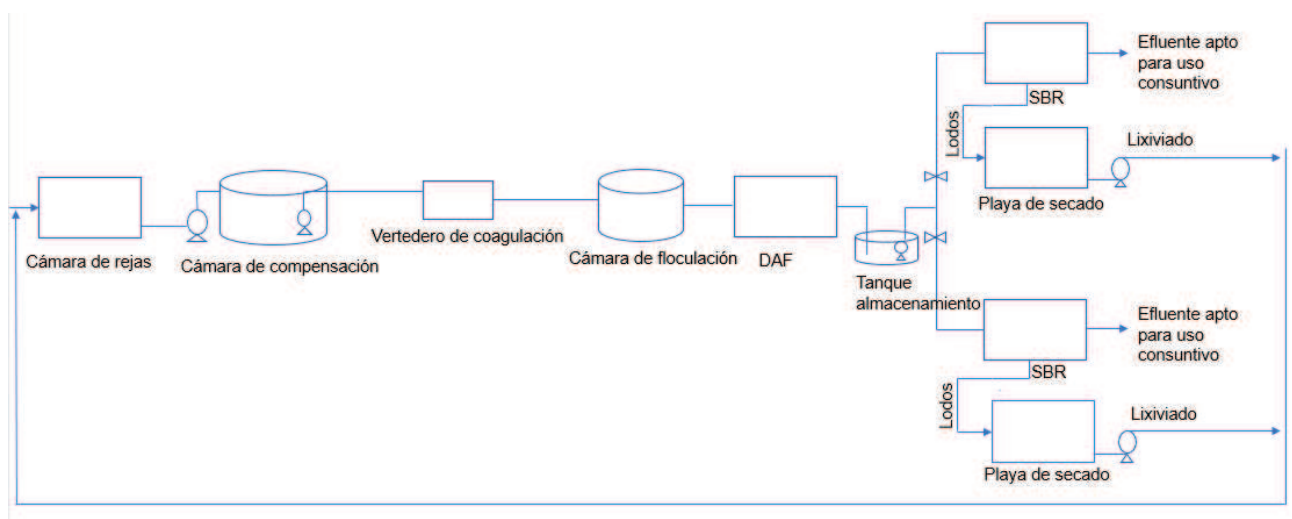


Figura 7.3: Esquema de la 2^{da} alternativa de tratamiento de efluentes. Fuente: Elaboración propia, 2018.

8: Planos

Presentación de planos

Junto con el presente proyecto se adjuntan los planos correspondientes a las unidades depuradoras. A modo aclaratorio y por practicidad todas las unidades están en metros.

Se adjuntan 10 planos para la descripción gráfica del proyecto en el Anexo I ubicados al final del presente informe.

Plano 01: Vistas de cámara de rejillas.

Plano 02: Vistas de cámara de equalización.

Plano 03: Vistas de vertedero de coagulación.

Plano 04: Vistas de cámara de floculación.

Plano 05: Vistas de DAF.

Plano 06: Vistas de tanque de almacenamiento.

Plano 07: Vistas de reactor SBR.

Plano 08: Vistas de playa de secado.

Plano 09: Vista de la distribución espacial de la planta de tratamiento.

Plano 10: Vista en planta de la distribución espacial de la planta de tratamiento.

9: Estudio de Impacto Ambiental

Introducción

En este capítulo se desarrolló el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la construcción, instalación, operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos para una industria vitivinícola del presente proyecto.

Un EIA es un procedimiento jurídico-técnico-administrativo, que se compone de un conjunto de actividades, investigaciones y estudios técnicos realizados con la finalidad de predecir y dar a conocer las principales consecuencias ambientales de un proyecto, un mecanismo clave para el desarrollo sustentable (ENOHSa).

En general, las obras de sistemas de tratamiento de efluente tienen un impacto global positivo y suelen ser ambientalmente amigables dado los beneficios que sus instalaciones generan.

En resumen, el proyecto que se presenta para la planta de tratamiento de efluentes líquidos industriales para una industria vitivinícola ubicada en el en la localidad de Chilecito, La Rioja no genera impactos negativos significativos capaces de impedir su concreción, los cuales pueden ser controlados y/o minimizados empleando las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio. A modo aclaratorio, muchas especificaciones respecto del entorno en el que se diseña la planta de tratamiento ya fueron aclaradas en los primeros capítulos por lo que no serán repetidas en esta sección.

Objetivos y alcance

El objetivo del EIA es identificar los probables impactos ambientales, cuantificarlos y valorarlos, y formular medidas destinadas a prevenir, corregir, mitigar y monitorear aquellos efectos adversos hallados. El EIA se extiende para las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento para la industria vitivinícola estudiada.

Metodología

Lo primero que se realizó fue la recopilación y análisis de la información antecedente para constituir un diagnóstico ambiental y socioeconómico en el área de influencia del proyecto y de la normativa aplicable determinando las jurisdicciones competentes en la evaluación y aprobación del EIA.

Luego se realizó un resumen de las principales características y actividades susceptibles a generar impactos ambientales, en especial aquellos no deseables, innecesarios o evitables.

Se cuantificaron y valorizaron los impactos negativos a partir de un análisis de las relaciones entre las acciones del proyecto y los factores ambientales.

Por último, se elaboró un Plan de Gestión Ambiental (PGA) que consistió en una serie de medidas para prevenir, minimizar, corregir, controlar, compensar y evitar los potenciales impactos ambientales negativos identificados anteriormente.

Descripción general del proyecto

Las obras a realizar están destinadas a la construcción de una planta de tratamiento de efluentes industriales para una industria vitivinícola ubicada en Chilecito, La Rioja. Este proyecto surgió de la necesidad de dar solución al vuelco de estas aguas residuales al cuerpo receptor en condiciones aptas establecidas por la normativa aplicable.

Perfil de la empresa

Ubicación: Chilecito, La Rioja, Argentina

Zona: Rural

Rubro de la empresa: Industria alimentaria

Actividad principal: Producción vitivinícola

Horario de trabajo: Lunes a domingo las 24 horas

Superficie cubierta: 4.620m²

Servicios existentes del lugar: Electricidad y líneas telefónicas.

Perfil de la Planta de tratamiento

Generación del efluente: Limpieza de tanques y equipos durante la producción vitivinícola.

Capacidad de tratamiento: 4m³/h (96 m³/d)

Unidades: Cámara de rejillas, una cámara de equalización, un vertedero de coagulación, una cámara de floculación, un DAF, dos reactores SBR y dos playas de secado en paralelo.

Cuerpo receptor: Tierras de cultivo.

Operación: Semicontinua.

Ubicación: Próximo a la bodega.

Superficie: 969m² dentro del vasto predio de la empresa.

Plazo de construcción: 180 días corridos a partir de la emisión de la orden de inicio al contratista adjudicado de la obra.

Demás descripciones y características del proyecto fueron detalladas en los capítulos anteriores.

Consideraciones legales

En el marco general provisto por la Ley General de Medio Ambiente N°25.675, en la cual se establecen los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable del ambiente, bajo el artículo 11 se estipula la realización de un EIA a toda obra o actividad que sea susceptible de degradar el medio ambiente o alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa.

A nivel provincial, en La Rioja surge La Ley 8.072, la cual crea un Registro Único de Consultores para la elaboración de Informes o Estudios de Impacto Ambiental. Los informes o evaluaciones de impacto ambiental que sean requeridos para las actividades sometidas a la presentación de estudios ambientales, y toda otra que en el futuro se encuadre en las exigencias de leyes nacionales y/o provinciales, deben ser emitidas por un consultor o persona jurídica que reúna los requisitos exigidos en la presente ley y se encuentren inscriptos en el Registro Único de Consultores creado.

El EIA debe ser redactado como único documento que incluya todos los requerimientos establecidos por las diferentes jurisdicciones y organismos competentes.

Antecedentes y diagnóstico ambiental del área de estudio

El área de influencia directa alcanzado por este proyecto corresponde a la superficie ocupada por la finca Valle La Puerta S.A, ubicada en el departamento de Chilecito, La Rioja. Los efluentes aptos para uso consuntivo que salen de la planta de tratamiento son volcados al cuerpo receptor, a saber, terreno dentro de la propiedad de la finca. El receptor final de los efluentes es la cuenca Valle Antinaco-Los Colorados.

Para el diagnóstico ambiental se consideró la sensibilidad de la zona de emplazamiento de la planta de tratamiento frente a las tareas y obras del proyecto. Para ello se describieron los medios abiótico, biótico y antropogénico relevantes para el EIA del proyecto. En este

caso, los impactos de este proyecto dependieron primariamente de la ubicación de las obras y tareas.

Estructura demográfica y actividades productivas

El INDEC en 2010, indicó que la población total de La Rioja es de 289.983 personas, de las que el 16,85% son rurales (48.876 personas). Dentro de la población rural, son mayoría las personas que viven en poblados aglomerados de menos de 2.000 habitantes, mientras que los dispersos representan el 6,41% de la población provincial. En 1991 la población rural era de 53.587 personas, de tal manera que esta población ha disminuido un 8,8%. Se considera población rural a aquella que habita en áreas rurales. Estas áreas se definen exclusivamente por el tamaño de los poblados, adquiriendo categoría de rural toda la población dispersa o aglomerada de menos de 2.000 habitantes.

La Encuesta de Hogares Rurales de Niveles de Vida y Producción de la provincia de La Rioja, provee información de los hogares y población rural. La misma indicó que sobre un total de 11.534, 6.406 se ubican en la región de Los Llanos (de vocación predominantemente ganadera) y 5.128 en la región de Los Valles (de aptitud agrícola).

Como se mencionara previamente, la finca se encuentra en el departamento de Chilecito, La Rioja, Argentina. Rodeada por la ruta 74, las sierras Velasco y Famatina. Al Norte a unos 12 Km se encuentra el pueblo llamado Nonogasta y al Sur a unos 9,5 Km se encuentra el pueblo de Vichigasta. Los datos censales y actividades económicas predominantes de los dos pueblos más cercanos ya fueron descriptos en el primer capítulo.

Aspectos climatológicos

El clima de la región, se caracteriza en general por una fuerte continentalidad, una débil humedad, una fuerte insolación diaria, limpidez atmosférica, lluvias estacionales y una fuerte evaporación así como vientos cálidos y secos. Como se dijera previamente, el clima en la región es cálido y semi-desértico. La diferencia de temperatura entre el día y la noche puede alcanzar los 20°C. Las precipitaciones están entre 100-200mm por año. Las lluvias caen principalmente en verano, siendo enero el mes más lluvioso, en tanto que el invierno es muy seco. Por otra parte las precipitaciones disminuyen de E a O, de 300 mm en la zona

de contacto con Córdoba y Catamarca, hasta 100 mm al pie de la Cordillera de Los Andes. El total del balance hídrico es deficitario. A modo de resumen se ilustra el comportamiento climático en la provincia de referencia (Ver imagen 9.1).

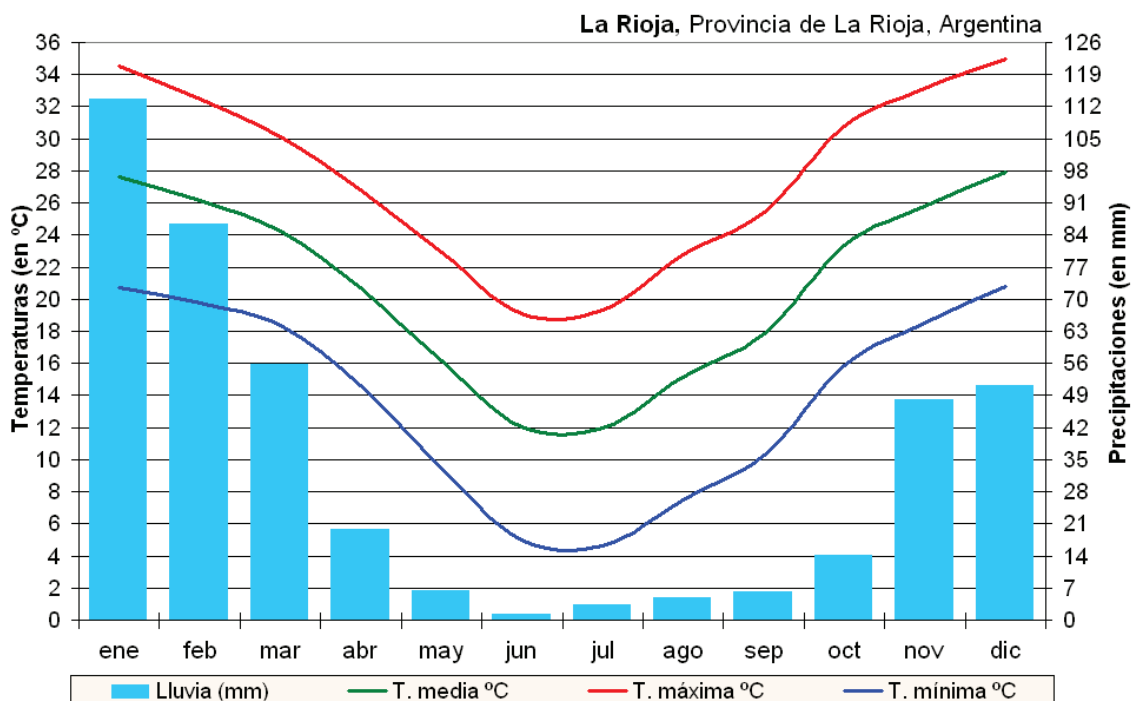


Figura 9.1: Datos estadísticos climatológicos (período 1981-1990). Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Aspectos topográficos y geológicos

La región presenta grandes contrastes, altas cumbres andinas, llanos, valles y bolsones con ambientes donde prima un ámbito desértico, excepto las zonas donde una serie de ríos dan vida a numerosos oasis agrícolas. Los valles del oeste de La Rioja son longitudinales, generalmente alineados en dirección Norte-Sur, relacionados con los cordones montañosos que los limitan.

Recordando el primer capítulo, el suelo es profundo, franco arenoso de origen aluvional. Además, como se dijera anteriormente la zona en cuestión posee actividad sísmica frecuente y de intensidad baja. Entre los sectores de la cordillera frontal y la precordillera se elevan diversos conjuntos orográficos entre los que destacan: La sierra de Famatina al Norte (vista desde la finca Valle de La Puerta S.A), con una longitud de 400 km y un ancho de entre 25 y 55 km; la sierra de Umango; la sierra de la Punilla, intercalada entre la

formación de las sierras transpampeanas por el este y la cordillera de la Brea hacia el oeste; la Sierra de Jagué; la sierra de Velasco, que se extiende, de Norte - Noreste a Sur - sudoeste a lo largo de 175 km y otras. Los sistemas serranos se hallan separados por planicies que en general tienen poca extensión.

En estos llanos de constitución arenosa, descienden algunos ríos de montaña que dan origen a la formación de oasis caracterizados como pobres dada la influencia climática, el suelo y la pendiente del terreno, factores que determinan que los ríos riojanos presenten comportamientos irregulares y ofrezcan caudales mínimos. En los oasis pobres de La Rioja y Chilecito se aglutina la mayor concentración poblacional. Los llanos arenosos suelen estar cubiertos de materiales de distinto tamaño, que se originan en la destrucción de las rocas de las sierras, y constituyen conos de deyección al pie de estas, médanos arenosos en el centro de la planicie o suelos impermeables de limo o arcilla.

Aspectos hidrogeológicos e hidrológicos

El valle Antinaco – Los Colorados es una región hidrogeológica ubicada en la región central norte de la provincia de La Rioja, entre la Sierra de Velasco al Este y las sierras de Famatina, Sañogasta, Vilgo y Paganzo al Oeste (Ver Imagen 9.2). Se extiende sobre una distancia de 180 Km entre Pituil y Paganzo. El valle tiene una altitud decreciente de Norte a Sur, con una pendiente longitudinal de 0,3%. (CFI,1999).



Figura 9.2: Regiones hidrográficas de la región de La Rioja. Fuente: PROSAP, 2008.

La red hidrográfica pertenece al tipo de cuenca cerrada, cuyo colector principal es el Río Grande de La Rioja. (CFI, 1999). Este río se origina en la confluencia del río Mayuyana y el arroyo Tusca a la altura de Antinaco, recibiendo hacia el Sur el aporte de los ríos Famatina, Los Sarmientos y de la Trinidad que forman extensos valles aluviales. El escurrimiento superficial se compone de un derrame permanente y otro aluvial, presentando el valle Antinaco – Los Colorados dos tipos de drenajes: a) Sistema de conos aluviales y b) Drenaje de una planicie colectora en la dirección del eje del valle.

La cuenca de influencia tiene 6 distritos que la componen. Ellos son: Famatina, Plaza Vieja, Chilecito, Guanchín, Sañogasta y Vichigasta (Ver Figura 9.3). Solo a modo de orientación se incluye el mapa geomorfológico para que se pueda ver los distritos comprometidos en la cuenca.

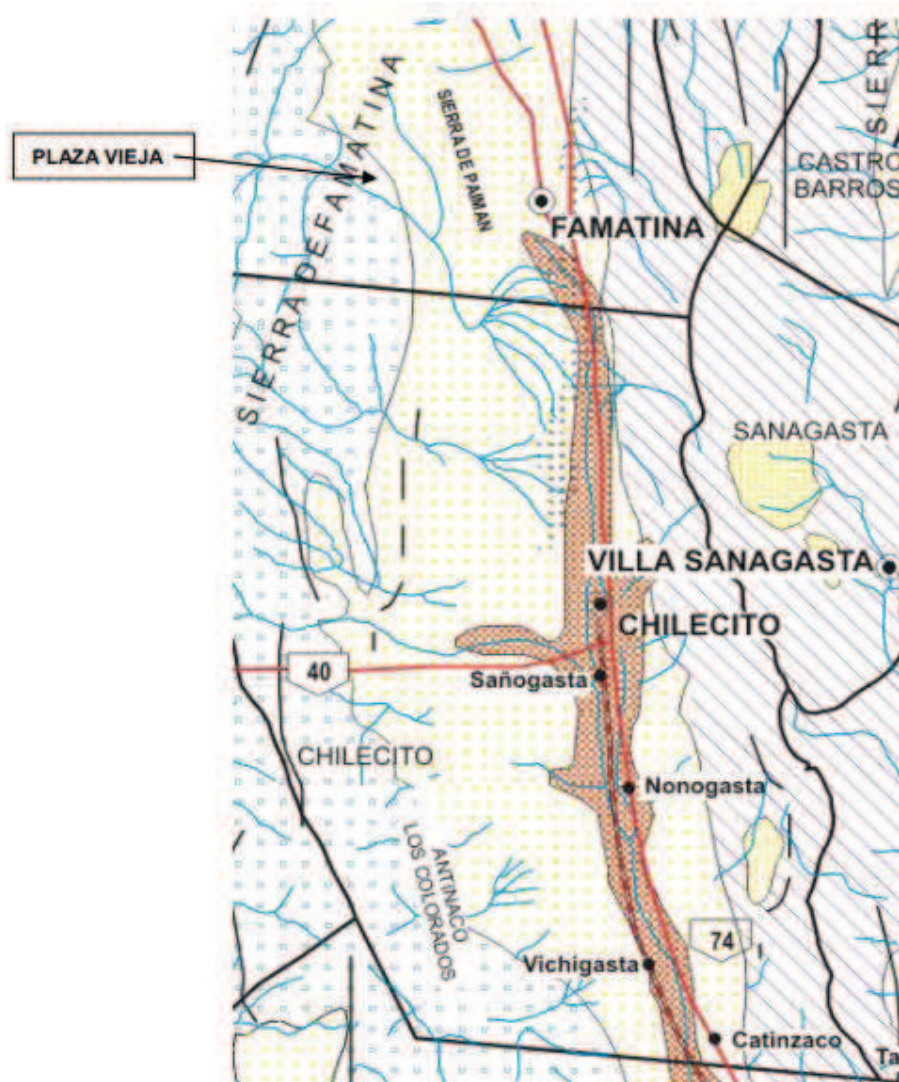


Figura 9.3: Mapa geomorfológico de la cuenca. Fuente: Prosap, 2018.

Las condiciones climáticas en esta cuenca se caracterizan por la escasez de lluvias y por la temperatura algo elevada durante buena parte del año. Los inviernos son generalmente secos y no muy rigurosos en las partes bajas de la región. Se trata de un clima continental, templado cálido, semiárido a árido, característico del Noroeste argentino. (CFI, 1999).

La precipitación media anual para el período Octubre de 1979 a septiembre de 1992 en Los Colorados fue de 179,28mm. En las partes bajas del valle, zonas de barreal y playa salina, el agua de lluvia se evapora totalmente y la vegetación se desarrolla con el agua del subsuelo que se infiltró en las áreas permeables. (CFI, 1999).

Flora y Fauna

Los valles presentan dos tipos de vegetación: La estepa de arbustos, dominado por Jarilla (*Larrea divaricata*) y el Bosque de Algarrobos (*Prosopis alba*), que aparece solo en lugares con disponibilidad de agua freática. A pesar de la menor proporción que ocupan, prácticamente toda la actividad económica gira en torno a la presencia de las áreas boscosas. Todas las áreas boscosas han estado y continúan sufriendo una tala severa y sobrepastoreo, por lo que la productividad es muy baja y la erosión hídrica es significativa (Atlas Geográfico de la República Argentina, 1978). Los bosques tienen una composición florística similar a la del Distrito Chaqueño Occidental, del que difiere por su aspecto más xerofítico, y la desaparición total en el estrato arbóreo del quebracho colorado (*Aspidosperma sp.*). La vegetación autóctona presente en la provincia de La Rioja está representada principalmente por talas (*Celtis sp.*), jarillas (*Larrea sp.*), algarrobos blancos (*Prosopis alba*), retamos (*Bulnesia retama*), breas (*Cercidium praecox*), variedad de cactáceas y espinillos de troncos y ramas retorcidos. Hay bosques de chañares (*Geoffroea decorticans*) y cardones de gran tamaño en forma de candelabros (Ver Imagen 9.4).



Figura 9.4: *Larrea sp* mejor conocida como jarilla. Fuente: Otrosky, 2009.

La típica fauna riojana está representada, entre muchas especies por el gato montés (*Oncifelis geofroyi*), el gato de los pajonales (*Oncifelis colocolo*) y el puma (*Puma con color*),

los guanacos (*Lama guanicoe*), las maras (*Dolichotis patagonum*), los zorros grises (*Disicyon griseus*) y las chinchillas (*Abracoma sp.*). El venado (*Hippocamelus antisensis*) ha sido declarado Monumento Nacional por la Ley 24.702.



Figura 9.5: Ejemplar típico conocido como Mara (*Dolichotis patagonum*). Fuente: Faunatura, 2010.

Entre las aves se destacan el cóndor (*Vultur gryphus*), el águila mora (*Geranoetus melanoleucus*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), lechuza de las vizcacheras (*Atiencunicularia*), chimangos (*Milvago chimango*), los ñandúes (*Rhea americana*), las garzas todillos y cigüeñas (*Ardeiformes*), los loros barranqueros (*Cyanoliseus patagonus*), las catitas (*Bolborthynchus sp*) y palomas (*Columba sp*) etc. Hay una importante diversidad de reptiles, entre los que cabe citar a la yarará (*Bothrops alternatus*), la víbora de coral (*Micrurus coral*), variedades de culebras y diversos lagartos, lagartijas y anfibios.

Amenazas naturales

En un sistema de tratamiento de efluentes, como en cualquier otra planta donde se lleven a cabo procesos y operaciones unitarias, se debe tener en cuenta como práctica preventiva, las amenazas naturales que se consideren de riesgo para la zona de emplazamiento. En caso de que existan amenazas claramente definidas, lo óptimo es establecer un protocolo de emergencias para la planta contemplando los posibles escenarios en caso de desastre natural.

La principal amenaza de la zona puede ser los sismos frecuentes y de baja intensidad así como también los vientos cordilleranos fuertes en invierno. Estos fenómenos naturales

deben estar contemplados a la hora de emplazar la planta de tratamiento con el fin de que resistan tales adversidades.

Impactos ambientales

Se considera impacto ambiental a cualquier alteración significativa de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del ambiente como resultados de las actividades humanas, los cuales, a su vez, pueden tener un impacto social (ENOHSa).

En este punto, se identificaron y describieron las actividades a desarrollar en cada una de las etapas de la obra que puedan impactar al medio ambiente (aspectos ambientales) y los factores ambientales susceptibles de ser impactados por estas acciones (AySA, 2011). Luego se analizaron los impactos ambientales que son los efectos que pueden generar los aspectos ambientales identificados en los factores ambientales considerados.

Aspectos Ambientales

Los aspectos ambientales son todas las actividades, productos o servicios identificados que interactúan con el medio ambiente. Durante la etapa de construcción y montaje, los aspectos más importantes a considerar son la remoción de vegetación, preparación del terreno, el montaje de obra, el uso y movimiento de maquinarias y herramientas y su mantenimiento, la implantación del soporte estructural, la demanda de mano de obra, servicios, entre otros.

Para la etapa de construcción se contemplaron las acciones de puesta en marcha y aquellos aspectos relacionados con la operación en condiciones anormales tales como cese de actividades por falta de suministro de servicios o insumos, rotura en las conducciones y paradas de planta por no producción vitivinícola. También se consideraron las acciones de mantenimiento y limpieza de las instalaciones y unidades.

Por último, las contingencias pueden producirse tanto durante la etapa de construcción y montaje como durante la operación y mantenimiento. Incendios, explosiones, accidentes, derrames, derrumbes e inundaciones fueron consideradas como contingencias extraordinarias (Ver Tabla 9.1).

Tabla 9.1: Aspectos ambientales del proyecto. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Etapa	Actividad
-------	-----------

Construcción y montaje	Remoción cobertura vegetal
	Preparación del terreno
	Movimiento de maquinarias y herramientas
	Emplazamiento soporte estructural
	Demanda de servicios para los trabajadores
	Mantenimiento de maquinaria y herramientas
Operación y mantenimiento	Puesta en marcha
	Manejo de residuos especiales
	Limpieza de las instalaciones
	Mantenimiento de las instalaciones
Contingencias	

Factores Ambientales

Tanto el medio natural como el medio antropogénico puede verse alterado como consecuencia del proyecto. Por tal motivo es importante identificar qué componentes se ven implicados. En la tabla 9.2 se enlistan los componentes ambientales que pueden sufrir afectaciones significativas debido a las actividades que se llevan a cabo durante las etapas de construcción y operación de la planta de tratamiento.

Tabla 9.2: Componentes ambientales susceptibles a impactos. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Medio	Componente	Factor
Natural	Suelo	Calidad
		Compactación y estabilidad
		Productividad

	Aire	Calidad Olores Ruido Vibraciones
	Agua	Cantidad Calidad superficial Calidad subterránea
	Flora	Abundancia Representatividad
	Fauna	Abundancia Representatividad
Antropogénico	Sociedad	Capacitación laboral Calidad de vida Costumbres
	Economía	Generación empleo Producción vitivinícola
	Infraestructura	Red de servicios
	Estético e interés	Paisajístico
		Cultural e histórico

Matriz de Impactos Ambientales

Las matrices proporcionan un enfoque estructurado y es la metodología más utilizada por su simplicidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la asignación de valores a los impactos ambientales genera resultados con alto grado de subjetividad. Las matrices de impactos consisten en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas y filas se disponen las acciones impactantes y los factores del medio susceptibles a recibir impactos

(ENOHSa). El método más utilizado es la matriz de Leopold, donde los factores ambientales se disponen como filas y los aspectos ambientales del proyecto se disponen en columnas. Para este capítulo se presenta una matriz de Leopold. Esta matriz permite identificar y cuantificar los aspectos ambientales positivos y negativos implicados en el presente proyecto.

Identificación de Impactos Ambientales

En la figura 9.6 se muestra la matriz confeccionada para la identificación de los impactos ambientales.

	Aspectos Ambientales	Factores Ambientales	Construcción y montaje						Etapa operación				
			Remoción cobertura vegetal	Preparación del terreno	Movimiento de maquinarias y herramientas	Emplazamiento soporte estructural	Demanda servicios para los trabajadores	Mantenimiento maquinaria y herramientas	Puesta en marcha	Manejo de residuos especiales	Limpieza de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Contingencias
Medio Natural	Suelo	Calidad	x	x					x	x			x
		Compactación y estabilidad	x	x	x	x				x			
		Productividad		x						x			
	Aire	Calidad		x	x	x		x					x
		Olores							x	x			x
		Ruido			x			x	x				

		Vibraciones			x			x	x					
		Cantidad							x		x			
	Agua	Calidad superficial	x	x		x	x	x	x	x			x	
	Agua	Calidad Subterránea							x	x			x	
	Flora	Abundancia	x											
	Flora	Representatividad	x											
	Fauna	Abundancia	x											
	Fauna	Representatividad	x		x									
Medio Antropogénico	Sociedad	Capacitación laboral							x	x		x		
		Calidad de vida	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
		Costumbres								x	x			
	Economía	Generación de empleo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Producción vitivinícola								x	x			x
	Infraestructura	Red de servicios			x	x	x			x			x	
	Estético y de interés	Paisajístico	x			x								x
		Cultural e histórico												

Figura 9.6: Matriz de Leopold. Fuente: Elaboración propia, 2018.

A modo aclaratorio se destaca que no se le ha asignado ningún impacto a la entrada de *Cultural e histórico* dado que actualmente no se trata de un sitio de interés cultural, histórico, arqueológico y/o paleontológico que requiera preservación especial en la zona de emplazamiento a las profundidades que se requiere excavar. De todos modos, se recomienda que ante un eventual interés por parte de cualquier autoridad, se realice una consulta con un profesional en tema.

Caracterización de los Impactos Ambientales

En el cuadro a continuación se describen los criterios utilizados con mayor frecuencia para la caracterización de los impactos ambientales y su valoración respectiva.

Tabla 9.3: Criterios valorativos para los impactos ambientales. Fuente: ENHOSA.

Variable	Descripción	Estado	Valor
Valor de impacto	Caracteriza el impacto según su afectación al factor ambiental	Negativo	-
		Positivo	+
Efecto (Ef)	Caracteriza la dependencia de una acción o través	Directa	3
		Indirecta	1

	de otro efecto		
Intensidad (In)	Mide la magnitud del impacto en el sentido de la fuerza o grado de severidad con que se presenta la alteración	Bajo	1
		Medio	2
		Alto	3
Reversibilidad (Rv)	Caracteriza la capacidad de asimilación y de restablecer las condiciones originales naturalmente	Reversible	2
		Irreversible	4
Recuperabilidad (Rc)	Caracteriza la capacidad de restablecer las condiciones originales por intervención externa	Alta	1
		Media	2
		Baja	4
Persistencia (Pe)	Mide el alcance temporal o tiempo de permanencia del impacto	Temporal	2
		Permanente	4
Momento (Mo)	Tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del impacto sobre el factor ambiental	Inmediato	4
		Medio plazo	2
		Largo plazo	1
Extensión (Ex)	Mide el alcance del impacto	Puntual	1
		Local	2
		Regional	4
Periodicidad (Pr)	Mide el nivel de riesgo de causar un impacto en función de la frecuencia con la que se realiza la acción que lo produce	Eventual	1
		Periódico	2
		Continuo	3

Impactos ambientales durante la etapa de construcción y montaje

Luego se describieron los impactos negativos más significativos del presente proyecto.

Durante la etapa de construcción de la planta de tratamiento de efluentes se generan impactos ambientales negativos que son de carácter temporario, de magnitud variable y acotados al entorno inmediato de las obras, similar a los se generan en cualquier tipo de construcción de una obra de infraestructura edilicia.

Dado que la obra es despreciable frente al vasto territorio que posee la finca la flora y fauna se ve relativamente poco alterada.

En general, los impactos negativos sociales disminuyen si la obra se construye en un área menos urbanizada. Como se trata de un caso en donde el pueblo más cercano se ubica a más de 10Km todos los efectos negativos son despreciables, como pueden ser los ruidos

de la maquinaria durante la etapa de construcción. Sin embargo, lo es para los mismos trabajadores durante esta etapa, por lo que es considerado.

Un impacto positivo a nivel social es la generación de empleo durante la presente etapa. Además, la red de servicios se ve positivamente alterada ya que se debe construir nuevos accesos para que ingresen los equipos necesarios para la construcción.

Durante las acciones implantación del soporte estructural, es importante tener en cuenta las posibles interferencias que puedan generar las redes de servicios existentes en el área del proyecto. Para el presente caso se debe prestar atención a la red dispuesta por EDELAR quien es la operadora de este servicio en la región. Asimismo, debe realizarse un estudio de sondeo previo de dichas interferencias para evitar retrasos de la obra, generar gastos adicionales y/o provocar afectaciones o cortes de los servicios.

Como la zona no posee gran circulación vehicular, el uso y movimiento maquinaria no presenta trastornos en el tráfico y la red vial. Sin embargo, es necesario tomar las precauciones correspondientes y determinar qué día de la semana y en qué horario hay menor movimiento vial dado que, de generarse, serían impactos negativos, indirectos, recuperables, de carácter eventual, alcance local y duración temporal.

Dentro de las actividades de emplazamiento del soporte estructural se generan movimientos, disposición y transporte de suelo. A pesar de ser un impacto negativo sobre la compactación y estabilidad del suelo que debe ser tenido en cuenta, es de efecto directo y localizado, de intensidad leve, de carácter eventual y duración temporal. Para cada excavación se coloca relleno de suelo compactado alrededor de todas las estructuras para su contención física. Aunque existe un deterioro en el aire dado la generación de ruido al realizar dicha tarea, los únicos receptores son los trabajadores de la obra dado que no hay población cercana.

Se esperan impactos negativos sobre la matriz suelo dado que el área de emplazamiento está destinada sobre tierra sin acción antropogénica. Sin embargo, la productividad de la misma no es afectada ya que aquel terreno nunca fue usado para cultivo. Se debe prestar atención para evitar contingencias por derrames durante el mantenimiento o por arrastre e infiltración de lixiviados por mal manejo y disposición temporal de residuos líquidos o sólidos. Estos impactos, de generarse, son negativos, de intensidad baja, de efecto directo y localizado, de carácter eventual y duración temporal.

La calidad del agua puede verse comprometida por arrastre o lixiviación de material acopiado de manera transitoria, durante el emplazamiento estructural y mantenimiento de equipos y maquinaria. De producirse, son impactos negativos, de baja intensidad, de efecto indirecto, de alcance local, de duración temporal y ocurrencia eventual.

La calidad del aire puede verse alterada debido al aumento de la concentración de partículas en suspensión y monóxido de carbono por las actividades de maquinaria y su mantenimiento. La preparación del terreno y la implantación del soporte estructural también pueden generar polvo debido al movimiento de tierra. Estos impactos negativos son temporales pero continuos durante toda la etapa, de efecto reversible, de aparición inmediata o mediano plazo, de intensidad media y afectación directa y local.

Durante las actividades de construcción, el uso y movimiento de herramientas y maquinarias, su mantenimiento e implantación del soporte estructural se caracterizan por la generación de ruidos molestos y vibraciones. Son impactos negativos caracterizados como temporales pero continuos durante esta etapa, de afectación directa, de intensidad media o alta, de efecto reversible e inmediato y acotado al entorno de las obras en cuestión.

Durante la etapa constructiva, pueden producirse impactos potenciales que afecten la calidad de vida reflejada en la salud y seguridad de los operarios y, de producirse, serán de carácter negativo, directo, inmediato y puntual, de probabilidad continua y de intensidad, duración y recuperabilidad variable. Puede reducirse notablemente la probabilidad de ocurrencia adoptando y respetando las medidas de seguridad e higiene correspondientes.

Luego se procedió a describir los impactos positivos significativos del presente proyecto. Todas las etapas durante la construcción y montaje de la planta generan nuevos puestos de empleo a la comunidad vecina. Este impacto es directo, de intensidad media, localizado, temporal y eventual.

La red de servicio, en cuanto a la habilitación de nuevos accesos se ve positivamente alterada ya que se facilita la entrada de maquinaria durante la etapa de movimiento de herramienta, demanda de los servicios para los trabajadores y emplazamiento estructural de la planta de tratamiento. Este impacto es directo, de intensidad media, localizado, temporal y eventual.

Impactos ambientales durante la etapa de operación

Durante la etapa de operación pueden generarse vibraciones y ruidos durante la puesta en marcha, el funcionamiento anormal de la planta y durante las actividades de mantenimiento de las instalaciones. Estos impactos son negativos, de afectación directa y local, de intensidad media o baja, reversibles, temporales y eventual.

Durante la etapa de operación y puesta en marcha, pueden producirse impactos que afecten la integridad de la seguridad y salud de los operarios. Son negativos, directos, de carácter inmediato y puntual, de probabilidad continua y de intensidad, duración y recuperabilidad variable. Pueden reducirse notablemente la probabilidad de ocurrencia y su intensidad adoptando y respetando las medidas de seguridad e higiene correspondientes

La calidad del suelo resulta positivamente alterada como consecuencia de la puesta en marcha y correcto manejo de residuos especiales dado que el efluente no será más volcado sin tratamiento previo sobre la propiedad de la finca. El efecto es directo de intensidad alta, local, permanente y continuo.

La calidad del agua tanto superficial como subterránea es positivamente alterada como consecuencia de la puesta en marcha y correcto manejo de residuos especiales. Como se mencionó en el presente proyecto, los lixiviados de éstos últimos serán contenidos y recirculados a la cabeza de planta para ser depurados. La cantidad del recurso hídrico se ve favorecida ya que se prescinde de una fracción del bombeo utilizado para riego, dado que el efluente es apto para uso consuntivo. El efecto es directo de intensidad alta, local, permanente y continuo.

Dentro del rubro societario, la capacitación laboral se ve positivamente alterada dado que durante la puesta en marcha, en la gestión de residuos y mantenimiento de los equipos se necesita personal calificado. Es de efecto directo de intensidad media, extensión local, permanente y periódico

La calidad de vida de los pobladores quienes captan el recurso hídrico se ve positivamente alterada durante la puesta en marcha y correcto manejo de los residuos dado que no hay infiltraciones de efluentes sin ser depurados. Es de efecto directo de intensidad media, extensión local, permanente y continuo.

Las costumbres de los empleados de la finca se ven positivamente alteradas durante la puesta en marcha y durante la etapa de manejo de residuos dado que toma conciencia

del impacto que poseen las industrias sobre el medioambiente y la solución existente para mitigarlo. Es de efecto directo de intensidad media, extensión local, permanente y continuo.

Otro impacto positivo durante toda la etapa de operación repercute sobre la economía, aunque en menor medida que en la etapa de construcción, ya que se requiere la contratación de profesionales, insumos y servicios para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. Es de efecto directo de intensidad baja, extensión local, permanente y continuo.

La producción vitivinícola se ve positivamente alterada durante la puesta en marcha y el correcto manejo de residuos peligrosos dado que es reconocida como producción sustentable lo que capta nuevos clientes concientizados. Es de efecto directo de intensidad media, extensión regional, permanente y continuo.

La red de servicio se ve positivamente alterada dado que se contrata un transportista habilitado para que trabaje y disponga los residuos especiales de la playa de secado. Es de efecto directo de intensidad media, extensión regional, permanente y continuo.

Impactos ambientales por contingencias

Las contingencias pueden ocurrir en cualquier etapa del proyecto y pueden ser de origen natural (como inundaciones o derrumbes por movimiento sísmico) o por accidentes de origen humano (como explosiones o accidentes). Se caracterizan por generar impactos negativos sobre los factores ambientales que generalmente, son de carácter eventual, de alcance y magnitud variable en función del grado de afectación. Una contingencia como una inundación puede generar impactos negativos sobre la calidad del agua y del suelo, mientras que una contingencia como una explosión, puede generar impactos negativos sobre la calidad del aire. Podrían generar impactos negativos sobre el paisaje de la zona, así como también sobre el funcionamiento normal de los servicios, generando impactos negativos, generalmente recuperables, de alcance local o regional, de efecto directo, inmediato pero transitorio, de ocurrencia eventual y magnitud variable. Las contingencias presentan su mayor impacto en la calidad de vida a través de la salud y seguridad, siendo ésta de carácter negativo, de efecto directo, de intensidad elevada, eventuales, de afectación inmediata y de persistencia, recuperabilidad y magnitud variable.

Valorización de los Impactos Ambientales

Una vez caracterizados los impactos, se expresó la importancia (I) del impacto numéricamente aplicando la siguiente ecuación:

$$I = \pm(3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Rc + Ef + Pr) \quad \text{Ecuación 9.1}$$

Se pueden agrupar los valores obtenidos en rangos e identificarlos con colores para una mejor visualización de los resultados. Los casilleros en blanco representan acciones que no producen impactos significativos identificables (Ver tabla 9.4).

Tabla 9.4: Categorización del impacto ambiental.

Impacto	Valor
Positivo	Mayor a 0
No significativo	Mayor a -10
Bajo	Mayor a -22
Medio	Entre -23 y -28
Alto	Menor a -29

A continuación, se muestra la matriz de valoración de impacto generada en función del índice de importancia (Ver Figura 9.7):

Aspectos Ambientales	Contrucción y montaje						Etapa operación				Total impactos generados por factores ambientales	
	Remoción cobertura vegetal	Preparación del terreno	Movimiento de maquinarias y herramientas	Emplazamiento soporte estructural	Demanda servicios para los trabajadores	Mantenimiento maquinariaa y herramientas	Puesta en marcha	Manejo de residuos especiales	Limpieza de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones		Contingencias
Factores Ambientales												

Medio Natural	Suelo	Calidad	-	-					31	31			-21	3	
		Compactación y estabilidad	13	18	25	24					20				-60
		Productividad		-	12						19				7
	Aire	Calidad		-	-	-		-						-20	-100
		Olores							20	23				-19	24
		Ruido			-			-	-20						-60
		Vibraciones			-			-	-20						-60
	Agua	Cantidad							31		-	12			19
		Calidad superficial	-	-		-	-	-	31	31				-22	-40
		Calidad Subterránea							32	31				-21	42
	Flora	Abundancia	-												-12
		Representatividad	12												-12
	Fauna	Abundancia	-												-12
		Representatividad	12		-	12									-24
	Medio Antropogénico	Sociedad	Capacitación laboral							24	24		24		72
Calidad de vida			-	-	-	-	18	18	25	25			-25	-47	
Costumbres									26	26				52	
Economía		Generación de empleo	20	20	20	25	20	20	19	15	17	14	-23	167	
		Producción vitivinícola							30	29			-21	38	
Infraestructura		Red de servicios			20	20	23			27			-21	69	
Estético y de interés		Paisajístico	-			-								-19	-43
	Cultural e histórico													0	
Total impactos generados por aspectos ambientales		-	-	-	-	49	73	229	301	5	38	-	212		
Balance Global		23													

Figura 9.7: Matriz de evaluación ambiental. Fuente: Elaboración propia, 2018.

A partir de la matriz confeccionada, lo primero que resultó relevante es que el balance global que surge de la diferencia de los impactos positivos y negativos fue mayor a cero. El balance del factor ambiental que integra el agua dio positivo como era de esperarse dado que justamente el objetivo del proyecto es dejar de verter efluentes sin tratamiento previo a las aguas superficiales y subterráneas.

Otros impactos positivos se reflejaron en la economía, mientras que los impactos negativos más altos se presentaron en la calidad de vida reflejada en la seguridad y salud por contingencias.

Asimismo, pudo observarse que la mayoría de los impactos negativos fueron bajos o medios.

La última columna de la matriz representó el total de impactos generados por factores ambientales, mientras que la última fila representó el total de impactos generados por aspectos ambientales. Además, pudo observarse a partir de la matriz, que el aire se vio impactado negativamente mayoritariamente durante la etapa de construcción y montaje de la planta de tratamiento. Por último, como es esperable se observaron impactos negativos en la calidad de vida de los trabajadores durante la etapa de construcción y montaje dado que se manipulan herramientas que pueden resultar peligrosas si no toman las debidas precauciones.

Es importante que se lleve a cabo el denominado Plan de Gestión Ambiental (PGA) para prevenir, minimizar, evitar o remediar la ocurrencia de estos potenciales impactos negativos. Cabe volver a recordar, que esta valoración cuantitativa de las variables cualitativas es subjetiva. Muchos de los efectos que pueden generarse son en realidad no cuantificables y por lo tanto el valor de dicho efecto ambiental no será una magnitud medible.

Plan de Gestión Ambiental (PGA)

El PGA tiene como función la estructuración de los recursos para la implementación eficiente de las medidas que prevengan, mitiguen, eviten o remedien la ocurrencia de los potenciales impactos ambientales negativos descritos anteriormente. En resumen, permite garantizar un desarrollo ambientalmente amigable del proyecto.

El PGA se compone de otros programas, planes y medidas que forman parte de la

estructura global (Ver figura 9.8) y que se describen a continuación. Para que el plan maestro de Gestión Ambiental funcione correctamente, los demás programas deben ejecutarse óptimamente.



Figura 9.8: Programas constituyentes del PGA. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Programa de prevención

Este programa tiene como objetivo considerar los factores ambientales y las medidas de prevención en la etapa más temprana. A continuación, se detallan en la siguiente tabla las consideraciones para la protección del medio ambiente:

Tabla 9.5: Medidas preventivas dentro del marco del PGA. Fuente: Elaboración propia, 2018

Factor	Medidas preventivas
Calidad del aire	Mantenimiento de los equipos con motores a combustión para reducir las emisiones
	Minimizar tránsito de maquinaria
	Prevenir la generación y dispersión de polvo a partir de la limpieza adecuada y humedecer áreas secas
Generación de ruido	Cumplir con la normativa aplicable para ruido
	Utilizar silenciadores o barreras de insonorización para control del ruido de maquinaria
	Entregar protección auditiva al personal expuesto
Generación de vibraciones	Realizar el aislamiento de estructuras o unidades con soportes anti vibratorios y prevenir la transmisión de vibraciones al exterior
	Hacer usar los EPP necesarios

Calidad de vida	Identificar y evaluar los posibles riesgos para prevenir accidentes laborales
	Elaborar un programa de seguridad e higiene
	Brindar una aseguradora de Riesgos de trabajo
	Hacer usar los EPP necesarios
	Mantener el orden y la limpieza de las áreas de trabajo y de paso
Infraestructura	Respetar horarios, duración e intensidad de ruidos molestos y vibraciones
	Identificar interferencia de redes o instalaciones de otros servicios existentes en el área de obra
	Respetar y mantener el servicio de infraestructura original y rediseñar de únicamente de ser necesario

Programa de monitoreo y seguimiento

Para el presente proyecto se desarrolló un plan de monitoreo con el objetivo de proporcionar un sistema de control ambiental, a partir de información que permita alertar sobre un indicador de impacto. De esta manera, se pretende conservar el medio ambiente, a partir de garantizar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas. La planta de tratamiento fue diseñada para un requerimiento de mantención mínimo y una operación fluida. Sin embargo, es necesario realizar algunos procedimientos de monitoreo simples que permitan asegurarse que la planta opere en condiciones óptimas. En la tabla 9.6 se resumen algunas de las actividades de monitoreo a realizar para cada indicador y la frecuencia de monitoreo respectiva, la cual puede ser mayor de ser requerido.

Tabla 9.6: Actividades de monitoreo y frecuencia. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Factor	Actividad de monitoreo	Frecuencia
Calidad del aire	Medición de particulado	Semestral
	Detectar y corregir malos olores	Diaria
	Medición de alcoholes en playas de secado	Diaria
Generación de ruido	Medición de nivel de ruido	Semestral
Generación de vibraciones	Medición de vibraciones	Semestral
Condiciones hidráulicas	Medición de caudal	Diaria

Calidad del agua	Medición de pH, Temperatura, OD, Turbidez, SST	Diaria
	Medición de DQO	Semanal
	Medición de DBO	Semanal
	Observación del color y claridad del efluente final	Diaria
	Verificar testigos de las unidades depuradoras	Mensual
Equipos y maquinaria	Identificar y corregir sobrecalentamientos, vibraciones o ruidos anormales	Trimestral
Manipulación de lodos	Realizar la purga de lodos para cada ciclo o cuando sobrepasen el nivel máximo	Diaria
	Revisar el estado de lodos deshidratados	Diaria
Infraestructura	Inspeccionar el estado de las tuberías y conexiones. Revisar filtraciones	Diaria
	Limpieza de unidades	Trimestral
	Parada de mantenimiento y limpieza total	Anual

Programa de mitigación

Las medidas propuestas en el siguiente programa son correctivas y destinadas a recuperar aquellos factores ambientales que hayan sido impactados. Realizadas las mediciones correspondientes y tomadas las demás medidas descritas, si continúan los impactos deberán implementarse estas medidas correctivas para restablecer las condiciones normales. Algunas de estas medidas pueden ser:

- ✓ Contratar personal mejor calificado
- ✓ Programar las tareas y realizar las actividades en horarios menos sensibles
- ✓ Comunicar de manera anticipada las tareas a realizar
- ✓ Contratar un consultor para adecuar la puesta en marcha
- ✓ Señalizar de manera adecuada, delimitar el área y garantizar alternativas

Programa de contingencias

Es un conjunto de medidas de carácter organizativo, técnico y humano que tiene como principal finalidad la continuación del negocio o establecer cómo actuar cuando ocurren situaciones extraordinarias y/o en que existe algún tipo de riesgo. Es importante que todo el personal reciba entrenamiento adecuado en cuanto a la respuesta adecuada que debe

adoptar frente a una contingencia como incendio, explosiones, vuelcos o derrames, derrumbes, entre otros.

El objetivo principal del Plan de Contingencias propuesto es prevenir y controlar sucesos no planificados, pero previsibles, y describir la capacidad y las actividades de respuesta inmediata para controlar las emergencias de manera oportuna y eficaz. Los objetivos específicos son:

Establecer un procedimiento formal y escrito que indique las acciones a seguir para:

- Afrontar con éxito un accidente, incidente o emergencia, de tal manera que cause el menor:
 - a) impacto a la salud y al ambiente
 - b) Optimizar el uso de los recursos humanos y materiales comprometidos en el control de derrames, fugas y emergencias.
- Establecer procedimientos a seguir para lograr una comunicación efectiva y sin interrupciones entre el personal de Valle La Puerta, los equipos de emergencia y demás autoridades.
- Realizar capacitaciones y simulacros periódicos.

Es importante volver remarcar que la planta de tratamiento está circundada por un talud de contención para poder contener infiltraciones de los equipos de depuración en caso de que haya. Además, los equipos destinados a almacenar efluente como por ejemplo cámaras de compensación y floculación entre otros; poseen doble capa con un testigo para poder alertar en caso de infiltraciones.

Programa de capacitación

Este programa, es de carácter estratégico aplicado de manera organizada y sistémica, mediante el cual el personal adquiere o desarrolla conocimientos y habilidades específicas relativas al trabajo, y modifica sus actitudes frente a aspectos de la organización, el puesto o el ambiente laboral.

Los ejes centrales de las capacitaciones son relacionados a los demás programas anteriormente descrito:

- ✓ Programa de prevención

- ✓ Programa de monitoreo
- ✓ Programa de mitigación
- ✓ Programa de contingencia

Es importante que el personal de construcción y operación tome consciencia de que la conservación y protección del medio ambiente es responsabilidad de todos los que intervienen en el proyecto. Por tal motivo el programa intenta preparar al personal para la ejecución eficiente de sus responsabilidades que asuman en sus respectivos puestos. Dentro del programa estarán incluidos las capacitaciones básicas que de higiene y seguridad: Uso del desfibrilador (DEA), uso de matafuegos, rol de emergencia y curso de primeros auxilios.

Conclusiones

Recordando que el principio que debe regir en toda actividad económica es el desarrollo sostenible se puede concluir que el proyecto es viable desde el punto de vista medioambiental, económico y social. Esto quedó demostrado en la matriz realizada en el EIA donde el balance global implicó un impacto positivo. Además, si se ejecuta correctamente el PGA los impactos negativos serán mitigados y en el mejor de los casos quedar prácticamente sin efecto negativo sobre el medio natural o antropogénico. Esto es posible en parte, dado que la mayoría de los impactos negativos identificados fueron caracterizados como leves.

Por lo expuesto se concluyó que el proyecto no implica impactos negativos significativos que no puedan ser mitigados por el PGA y por lo tanto resulta sustentablemente viable.

10. Conclusiones

Conclusión final

A partir de la caracterización del efluente generado por la producción vitivinícola se pudo evidenciar que algunos de los parámetros no cumplían con el límite de vuelco decretado por la normativa aplicable.

Los parámetros de interés por encontrarse en concentraciones considerablemente mayores a lo estipulado por la normativa fueron el DBO, DQO, sulfuros y sustancias solubles en éter (grasas y aceites). Paralelamente, a través de las unidades depuradoras, se corrigieron los parámetros de pH y sólidos sedimentables por encontrarse por encima del nivel permitido.

El tratamiento primario, según el vasto relevamiento bibliográfico, presentó remociones muy buenas, siendo la mayor remoción para los sulfuros con un 99%. El parámetro que presentó menor remoción fueron las grasas y aceites con un 75%. En cuanto al tratamiento secundario el sistema SBR presentó una excelente remoción para los sulfuros mientras que nuevamente los aceites y grasas fueron los más persistentes con una remoción del 63%. De todas formas, dadas las remociones el efluente al ingresar por los tratamientos propuestos es depurado hasta alcanzar fines consuntivos.

Para definir el tipo de tratamiento final se estudiaron diversas tecnologías existentes encontrando dos alternativas que se adecuaron a las características del vertido. Las mismas, estaban relacionadas con la degradación de componentes orgánicos dado que el efluente proviene precisamente de la uva. La primera alternativa propuesta integraba en el tratamiento secundario un lombrifiltro, mientras que la segunda incluía un sistema SBR de dos reactores dispuestos en paralelo. La primera alternativa a pesar de presentar buenas tasas de remoción fue descartada dado que al ser más actual carece de rigurosidad bibliográfica y presenta escenarios difícilmente reproducibles.

El diseño elegido fue técnicamente viable y cumple con el objetivo de reutilizar el efluente para riego en las vides de la finca. Este es un dato no menor dado que la región, como se mencionó, es desértica con precipitaciones anuales promedio de 200mm. Dado que la finca cuenta con un vasto territorio, la eficiencia del tratamiento no se vio modificada en su diseño por problemas de espacio. En ese sentido se asignaron generosos márgenes de seguridad en todas las unidades, que también permitieron flexibilizar a la planta frente a posibles fluctuaciones estacionarias en el caudal y carga del efluente.

A partir del análisis económico se destaca que el valor que implica depurar el efluente es de \$118/m³. Por otro lado, con la correcta puesta en marcha de la planta, Valle La Puerta se evita severas sanciones y/o clausuras por parte del departamento así como también de la provincia por no contar con una planta de tratamiento.

Por último, el proyecto presentó un impacto socioeconómico y ambiental global positivo. Es importante ejecutar correctamente el Plan de Gestión Ambiental para garantizar el adecuado desarrollo socioambiental de la planta.

Por lo anteriormente expuesto el proyecto es viable desde todo punto de vista.

Conclusiones personales

La realización del presente trabajo me obligó a relevar una vasta bibliografía referida a la temática. Esto implicó un riguroso análisis de textos que tuve que incorporar a la hora de definir qué era relevante y confiable y que no.

Disfruté mucho de ir explorando cada capítulo del trabajo reiteradas veces para quedarme con lo que me interesaba para el proyecto. Disfruté mucho de mi visita y estadía en la finca Valle La Puerta, donde no sólo pude recorrer las instalaciones y realizar una documentación fotográfica sino que también me permitieron realizar ensayos y ser parte de alguno de los procesos de la planta de producción. Disfruté mucho de poder establecer un excelente diálogo con los referentes de la planta quienes pudieron ir evacuando cada de las preguntas que iban surgiendo a lo largo del proyecto.

Durante la realización de cálculos y dimensionamiento de la planta de tratamiento me enfrenté varias veces con la necesidad de borrar y arrancar de cero ya que los resultados no eran los esperados principalmente por la eficiencia de remoción esperada. En todos esos casos, me di cuenta de que siempre existe alguna alternativa que se adecue mejor al caso a analizar. Sólo hace falta buscarla.

El aspecto que considero más valioso al realizar el proyecto es que éste y cualquier otro proyecto requiere de un grupo interdisciplinario para lograr buenos resultados. Es por esa

razón de que, siendo el proyecto de carácter individual, tiene muchos aportes de diversos expertos en el tema: Ingenieros, biólogos y arquitectos.

La realización del Proyecto Final Integrador es sin dudas un escalón crucial en el camino hacia el título como ingeniero.

11. Bibliografía

Africa Supply. 2018. Productos. Recuperado a partir de <http://www.africasupply.net/>

Arias, D. 2014. Diseño de un sistema de flotación por aire disuelto para mejorar la calidad del agua residual de la industria láctea el ordeño y la corpabe. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8646/3/CD-5816.pdf>

Argos. 2017. Sequencing Batch Reactor. Recuperado a partir de <https://www.aireo2.com/en/products/argos-sequencing-batch-reactor/>

Auge, M. 2004. Regiones hidrogeológicas. Recuperado a partir de <http://delriolujan.com.ar/Reg-Hidrogeo.pdf>

A.V.F. Ingeniería Ambiental. 2003. Ventaja de los Sistemas Biofiltro en relación a los sistemas convencionales. Recuperado a partir de <http://biofiltro.awardspace.com/biofiltro.html>.

Azuaje, E. 2006. Diseño, construcción y evaluación preliminar de un sistema de reactor biológico secuencial a escala. Recuperado a partir de <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/16842/2/PRESENTACION%20II%20TESIS.pdf>

Balaguer, E. (s.f). Estudio de la influencia del tiempo de retención hidráulico en un reactor biológico secuencial (SBR) de depuración de aguas residuales procedentes de una tenería y optimización de la fase de sedimentación. Recuperado a partir de

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15367/TRABAJO_M%C3%81STER_FINAL_Esther_Balaguer.pdf?sequence=1

Badji. K.(2011). Manejo de lodos fecales. Recuperador a partir de https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM_Libro_low_res/manejo_fsm_cap7_120ppi.pdf

Blando. D. (2018). Biobriz. Recuperador a partir de <http://www.biobriz.com.ar/>

Cárdenas. C.(2006). Remoción de nutrientes en un reactor discontinuo secuencial. Recuperador a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33912206.pdf>

Cátedra de Ingeniería Rural. (s.f). Pérdida de carga localizada. Recuperado a partir de https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Trans_hidr/Tema8.PDF

CFI. 2018. Consejo Federal Inversiones. Recuperado a partir de <http://creditos.cfi.org.ar/1/22/Creditos>

Chavarria, D.2014. Dimensionamiento, conceptualización y propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimento. Recuperado a partir <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2018/1/36173.pdf>

Diaz, E.2002. Lombricultura. Recuperado a partir de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>

Dodane, P.2011. Lechos de secado sin plantas. Recuperado a partir de https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM_Libro_low_res/manejo_fsm_cap7_120ppi.pdf

Eckenfelder. W. (2009). Calidad Agua Industrial

ENOHSa. (s.f). Fundamentación normas.

Escuela de Organización Industrial. 2008. Características y tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria agrícola y alimentarias. Recuperado a partir de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/19899/caracteristicas-y-tratamiento-de-las-aguas-residuales-industriales-por-sectores-agricolas-y-alimentarias-ii-instalaciones-bodegueras-bebidas-alcoholicas-y-elaboracion-de-azucar-de-remolacha>

Estrucplan.2006. Decreto N° 638/89, San Juan. Recuperado a partir de <http://www.estrucplan.com.ar/Legislacion/San%20Juan/Decreto/Dec02107-06.asp>

Evoqua.2017. DAF Dissolved Air Flotation System. Recuperado a partir de <http://www.evoqua.com/en/brands/Environmental-Treatment-Systems/Documents/IW-RENTRTDAF-DS.pdf>

Fasciolo, G.2002.Contaminación ambiental en bodegas. Recuperado a partir de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1861/fascioloagrarias35-1.pdf

Google Maps. 2017. Recuperado a partir de <https://www.google.com/maps/place/Valle+de+la+Puerta/@-29.4105864,-67.498898,17z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x969d5b8d4c7c8455:0x89fe81dfd0be0620!8m2!3d-29.4105911!4d-67.4967093>

Higra.2018. Difusor de aire: Tornado. Recuperado a partir de <http://higra3.tempsite.ws/es/productos/aeradores/aerador-submerso-tornado>

Heinss. U. (1998). Manejo de lodos fecales.

Indec.2010. Total de viviendas por provincia. Recuperado a partir de https://www.indec.gob.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/V1-P_La_rioja.pdf

Infoleg.2012. Control de la contaminación hídrica. Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/195000-199999/195115/norma.htm>

Infoleg.2011. Registro de Fertilizantes, Enmiendas, Sustratos, Acondicionadores, Protectores y Materias Primas.
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/180000-184999/182156/norma.htm>

Infoleg.1992. Ley 24051-Residuos Peligrosos. Recuperado a partir de
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/450/texact.htm>

Infoleg.2002. Ley 25.612. Residuos Industriales y de actividades de servicio. Recuperado a partir de
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/76349/norma.htm>

Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental.2015. Compendio de tablas y gráficos.

Instituto Nacional Prevención Sísmica. 2015. Terremotos históricos ocurridos en la República Argentina. Recuperado a partir de
<https://www.inpres.gob.ar/desktop/>

Instituto Nacional Vitivinicultura.2017. Producción de uvas. Recuperado a partir de
<http://www.inv.gov.ar/index.php/men-estadisticas-otros-especial>

Lev rental. 2018. Bombas para lodos. Recuperado a partir de
<http://www.levrental.com.ar/productos/bombas/>

Life Sinergia.2004. Sistema de control en producción vitivinícola con el medio ambiente. Recuperado a partir de
http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=SYNERGIA_boletin_4.pdf

López, J.2015. SBR: Reactores con funcionamiento secuencial. Recuperado a partir de
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702014000100003

Miranda, P. Sistema Tohá: Una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas

residuales en sectores rurales. Recuperado a partir de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis161s/doc/bmfcis161s.pdf>
Metcalf&Eddy. 1995. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse.

Mercadolibre.2018. Productos. Recuperado a partir de <https://listado.mercadolibre.com.ar/herramientas-y-construccion/construccion/bombas/sumergible/bomba-sumergible-rotor-pump-st-2512-eeuu>

Nazralla, J.2002. Gestión de efluentes y consumo de agua en una bodega. Recuperado a partir de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitaes/1905/nazrallaagrarias35-1.pdf

Oliva, J.(s.f). Tratamiento de residuos en bodegas. Recuperado a partir de <https://studylib.es/doc/7477906/1-tratamientos-de-residuos-de-bodegas>

Organización Internacional del Vino.2017. Datos sobre la coyuntura vitivinícola mundial. Recuperado a partir de <http://www.oiv.int/public/medias/5682/es-communicu-depresse-octobre-2017.pdf>

Ortiz, M. 2017. Argentina vitivinícola. Recuperado a partir de <http://www.areadelvino.com/articulo.php?num=29568>

Otrosky, C. 2009. Jarilla. Recuperado a partir de <https://www.flickr.com/photos/ostrosky/3254753875>

Panamerican Environmental.2018. Dissolved Air Flotation. Recuperado a partir de <http://www.panamenv.com/product/daf-dissolved-air-flotation-systems/>

PROSAP.2018. Servicios al agro. Recuperado a partir de http://www.prosap.gov.ar/ap_QueSonAnr.aspx

Queridilla, J 2015. Cultivo de la Vid. Recuperado a partir de <http://curiosidades-by-queridilla.blogspot.com/2015/08/emparrado-o-espaldera.html>

Quintero, D. 2007. Modelo de costos para el tratamiento de aguas residuales en la región. Recuperado a partir de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/4191/2099>

Repicky.2017. Sistemas de aireación para tratamiento de efluentes líquidos industriales y cloacales

Ruete et al. 2002. Análisis de las características de las aguas residuales de producción de vino y la problemática de adecuación de un tratamiento biológico apropiado. Recuperado a partir de https://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02_1111_1119.1976.pdf

Salas.G. (2005). Eliminación de sulfuros por oxidación. Recuperado a partir de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/ing_quimica/v08_n1/pdf/a08v8.pdf

Secretaría de Asuntos Institucionales s/Reglamento General para el Control de Contaminación Hídrica. 1996. Contaminación Hídrica Res 778/96.

Servicio Meteorológico Nacional (s.f). Datos estadísticos climatológicos. Recuperado a partir de <https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos>

Sosa, R. 2013. Propuesta preliminar para la implementación de un sistema de tratamiento de efluentes en una bodega de Maipú, Mendoza. Recuperado a partir de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5336/sosarominatesis.pdf

Subsecretaría de minería (s.f). Plan exploratorio de hidrocarburos en La Rioja. Recuperado a partir de https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/oportunidades_de_inversion/La%20Rioja/pdf%20final%20-%20LAR/BrochureLa%20RiojaFINAL.pdf

Tigre.2016. Catálogo de cañerías. Recuperado a partir de http://www.tigre.com.ar/sites/tigre.com.ar/files/2018-01/TIGRE-Catalogo_de_Productos_2017-pages_0.pdf

Tohá, J. 2018. Tecnología sistema Tohá. Recuperado a partir de <http://sistematoha.cl/newSistematoha/sistema-toha/>

UBA. (s.f). Instituto de Ingeniería Sanitaria.

Universidad Católica de Córdoba.2017. Informe de ensayo

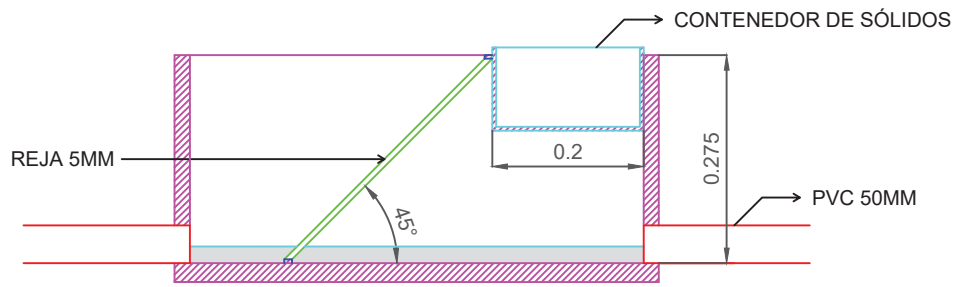
UNLP. (2005). Tratamiento biológico de residuos. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/publication/257937304_Capitulo_III1_Cinetica_de_Reacciones_Biologicas

Valle de La Puerta. 2014. Acerca de Valle La Puerta. Recuperado a partir de <http://www.valledelapuerta.com/>

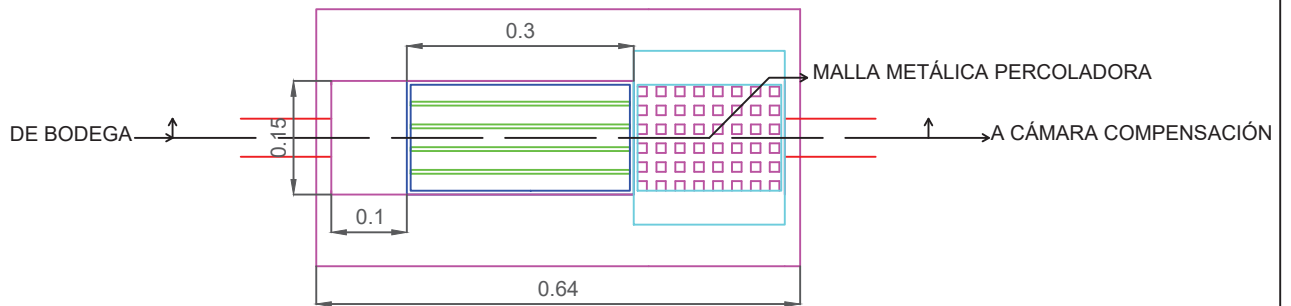
Valle La Puerta.2014. Procedimientos Generales.

Vinopediatv.2018. Elaboración de los vinos. Recuperado a partir de <http://www.vinopedia.tv/procesos-de-elaboracion-del-vino/>

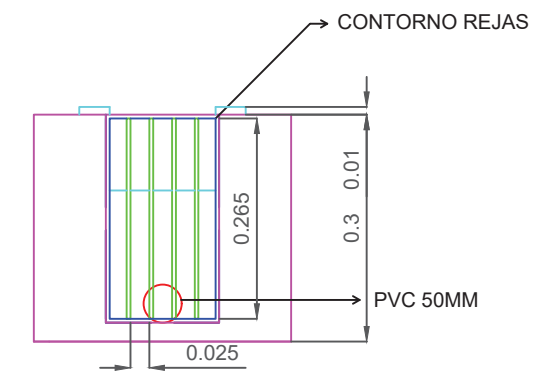
Anexo I



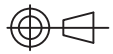
CORTE

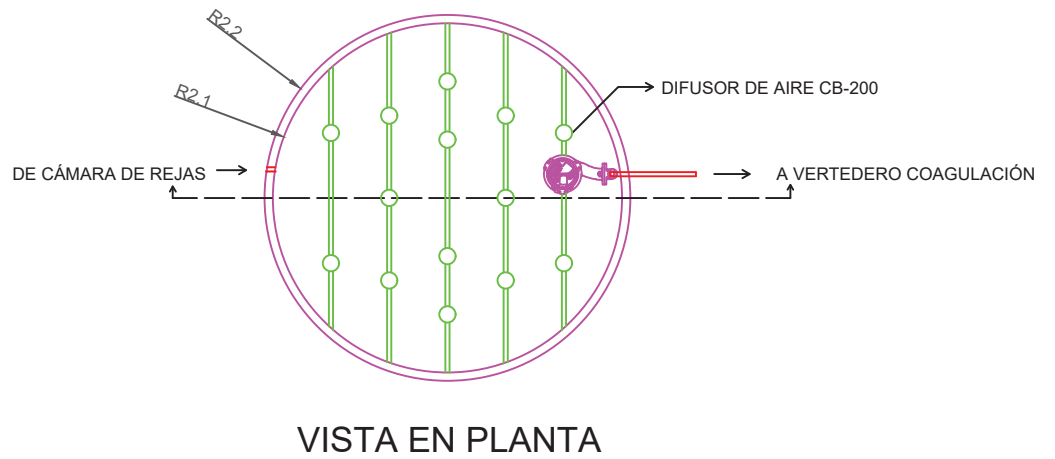
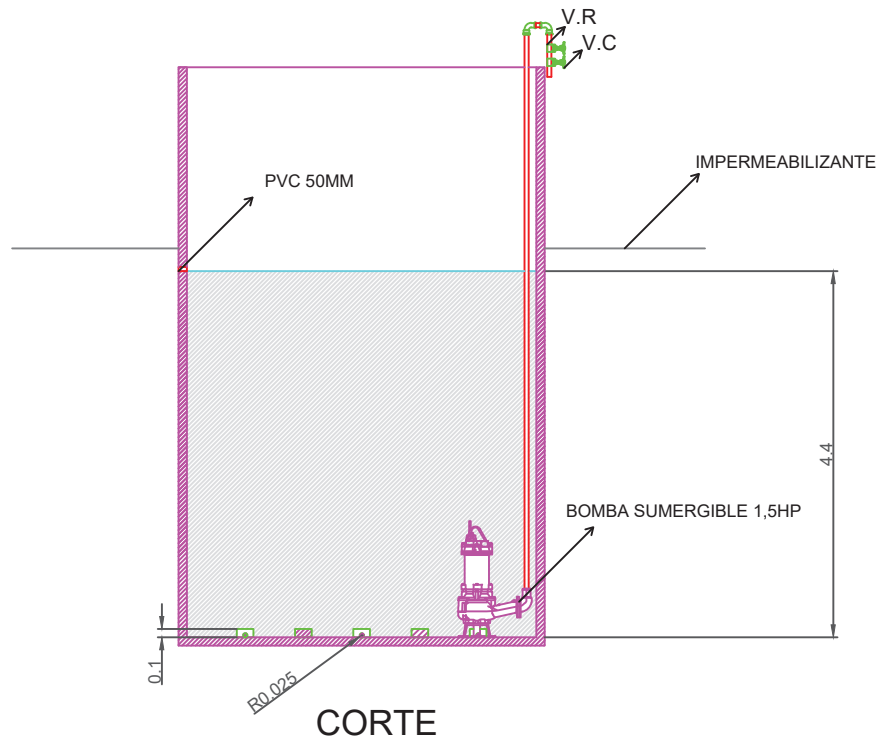


VISTA PLANTA

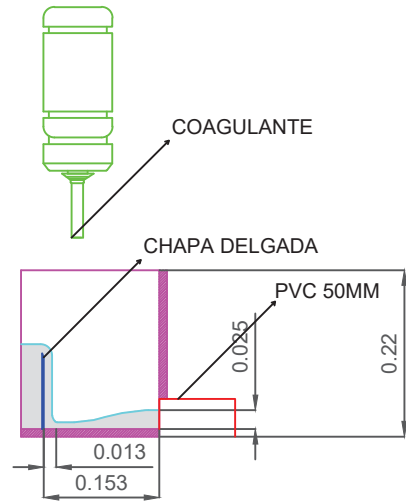


VISTA LATERAL

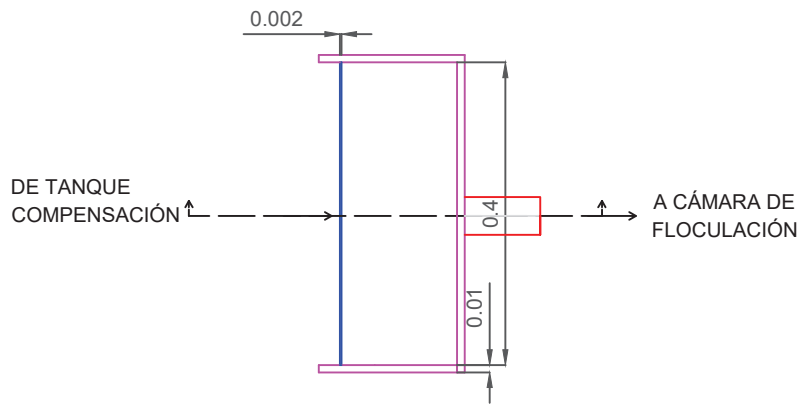
	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola	
Dibujó		J.E.C		
Revisó		F.B		
Aprobó		F.B		
Esc: 1/10	CÁMARA DE REJAS			
				Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
Plano N°1				Carrera: Ingeniería Ambiental



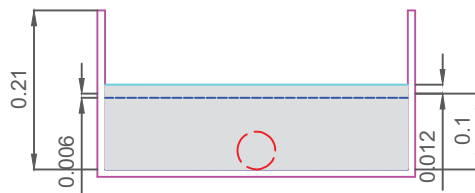
	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola	
Dibujó		J.E.C		
Revisó		F.B		
Aprobó		F.B		
ESC:1/90	CÁMARA DE COMPENSACIÓN			
				Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
Plano N°2				Carrera: Ingeniería Ambiental



CORTE

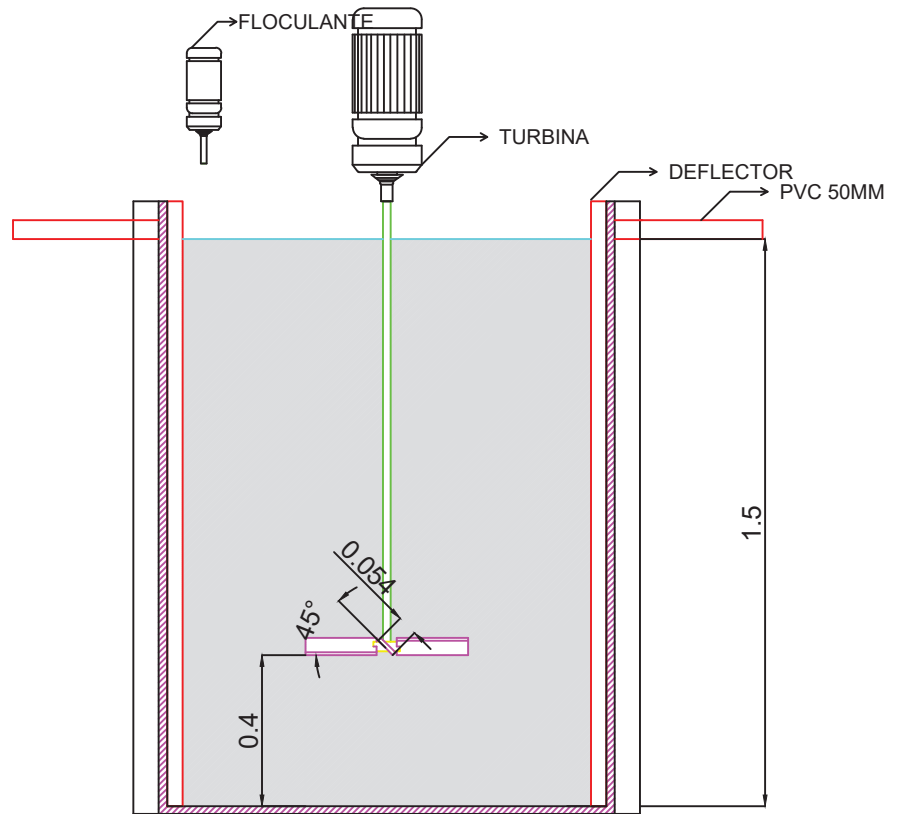


VISTA EN PLANTA

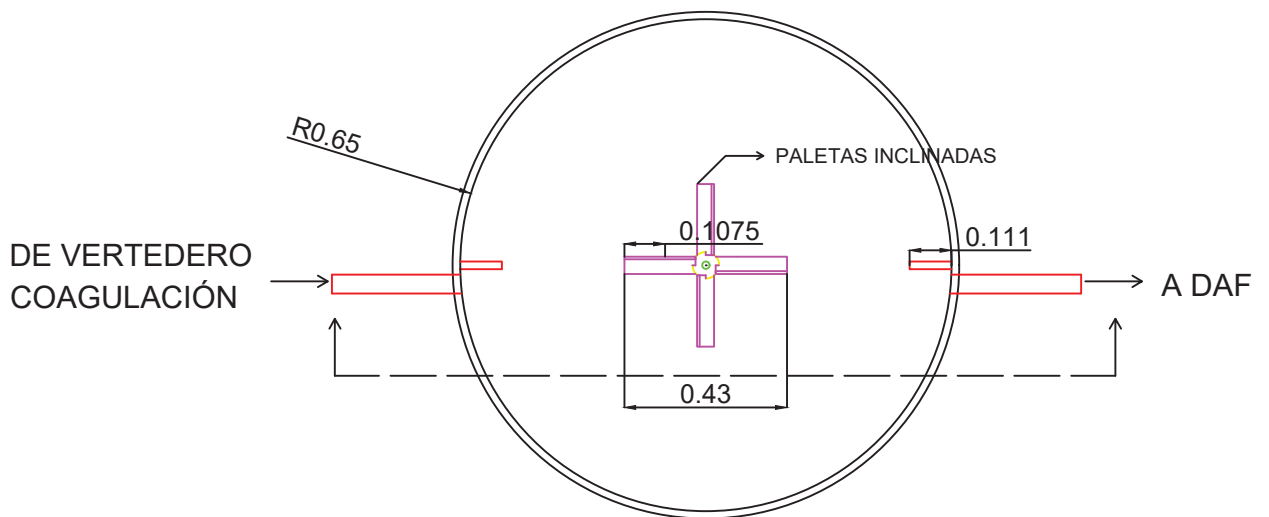


VISTA LATERAL

		Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola	
	Dibujó		J.E.C		
	Revisó		F.B		
	Aprobó		F.B		
	Esc: 1/10	VERTEDERO DE COAGULACIÓN			
	Plano N°3				
					Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
					Carrera: Ingeniería Ambiental

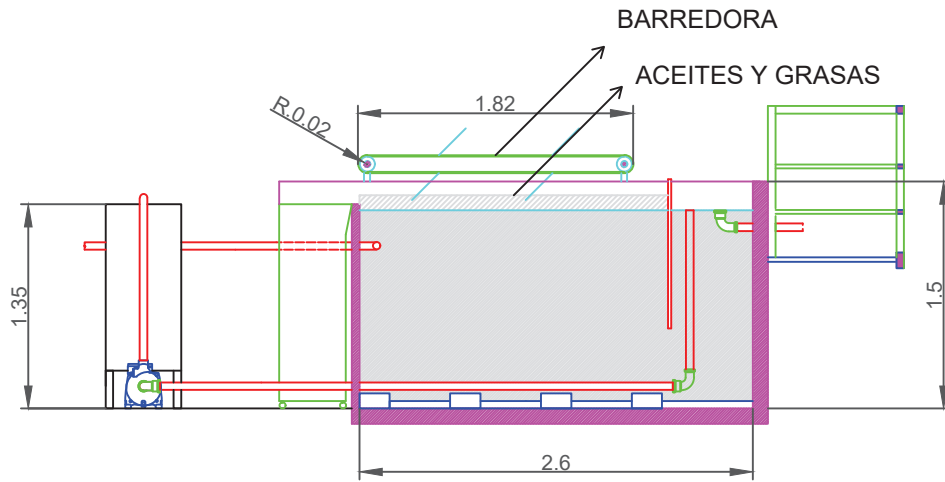


CORTE

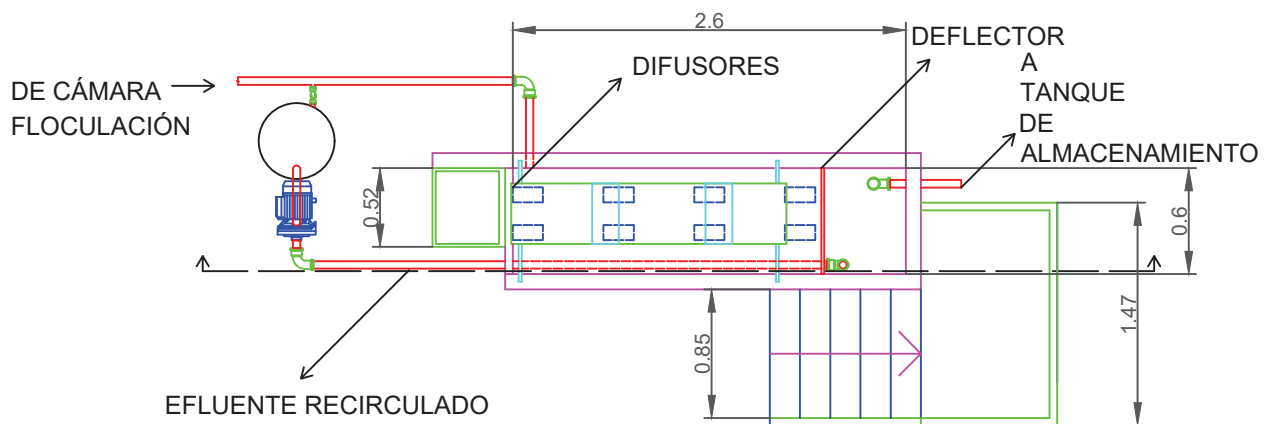


VISTA PLANTA

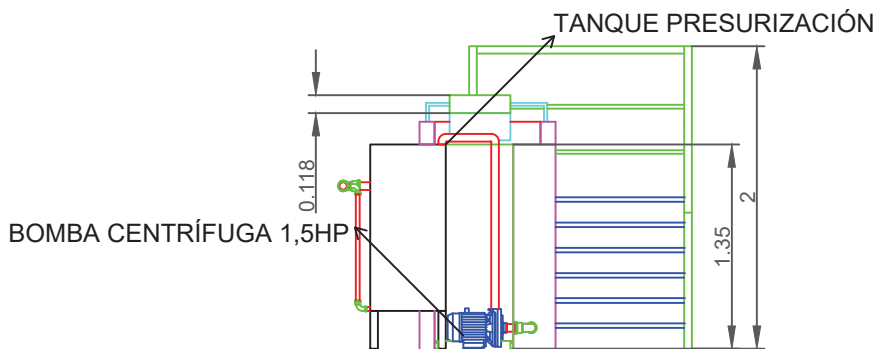
	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola	
Dibujó		J.E.C		
Revisó		F.B		
Aprobó		F.B		
Esc: 1/20	<h2>CÁMARA DE FIOCULACIÓN</h2>			
Plano N°4				
				Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
				Carrera: Ingeniería Ambiental



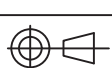
CORTE

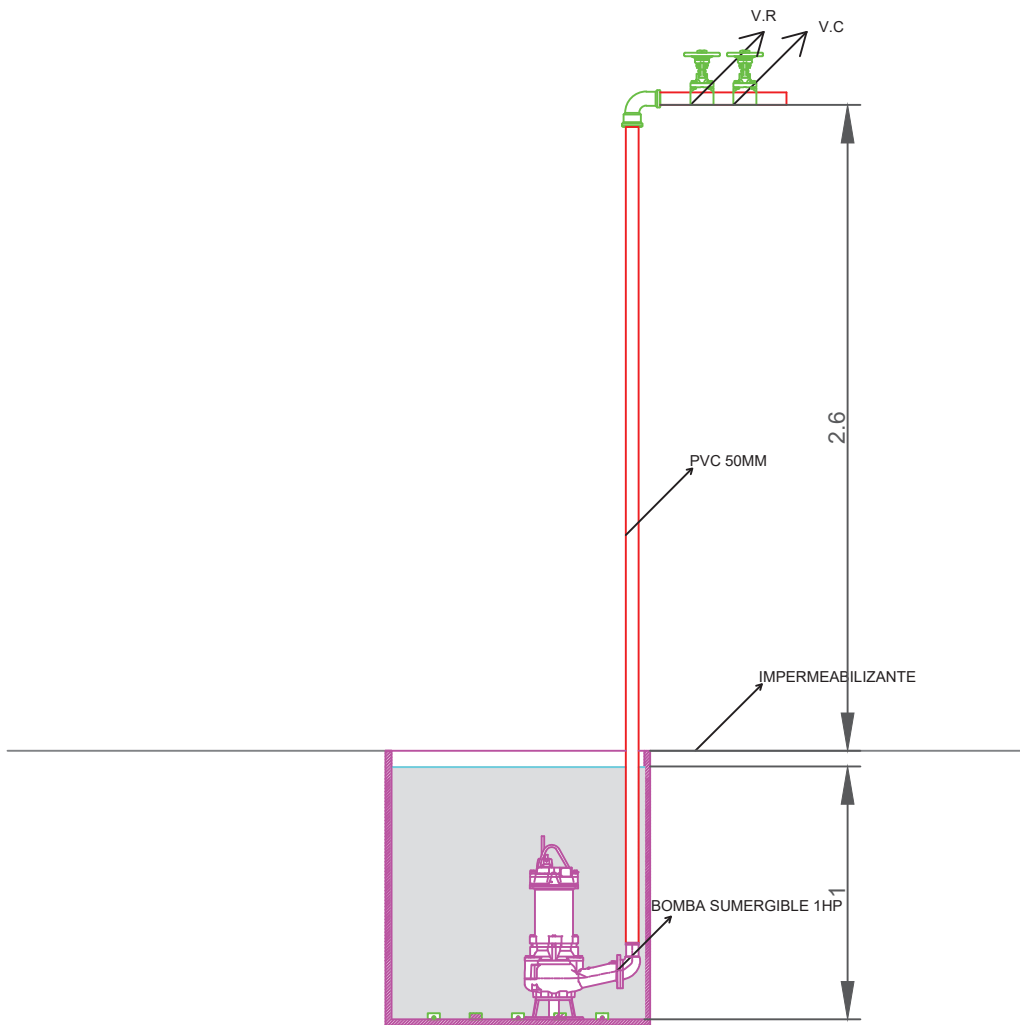


VISTA EN PLANTA

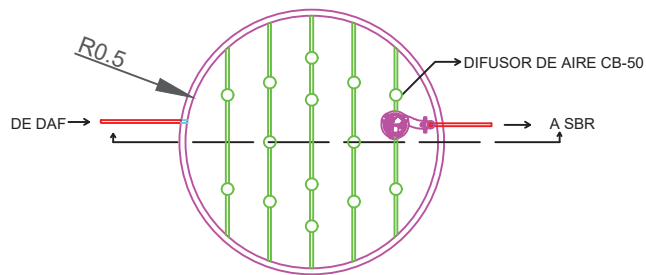


VISTA LATERAL

	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola
Dibujó		J.E.C	
Revisó		F.B	
Aprobó		F.B	
Esc:1/50	DAF		
			
Plano N°5			
			Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
			Carrera: Ingeniería Ambiental

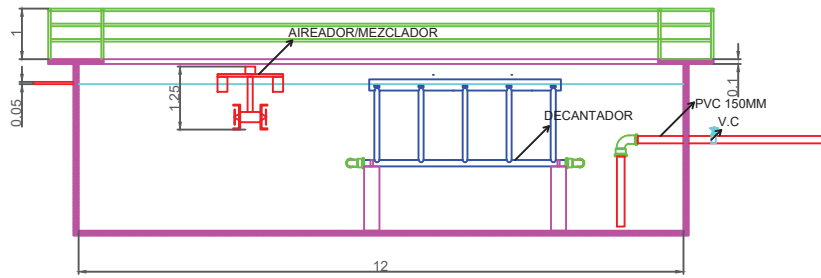


CORTE

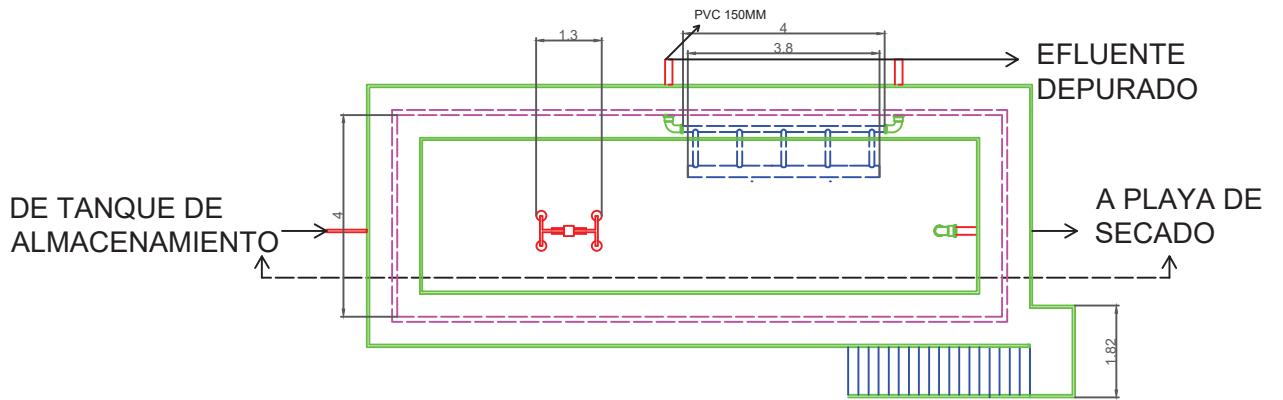


VISTA PLANTA

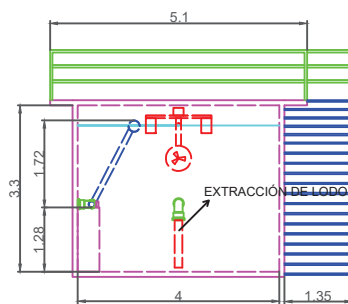
	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola	
Dibujó		J.E.C		
Revisó		F.B		
Aprobó		F.B		
Esc:1/30	<h2>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</h2>			
				Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
Plano N°6				Carrera: Ingeniería Ambiental



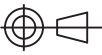
CORTE

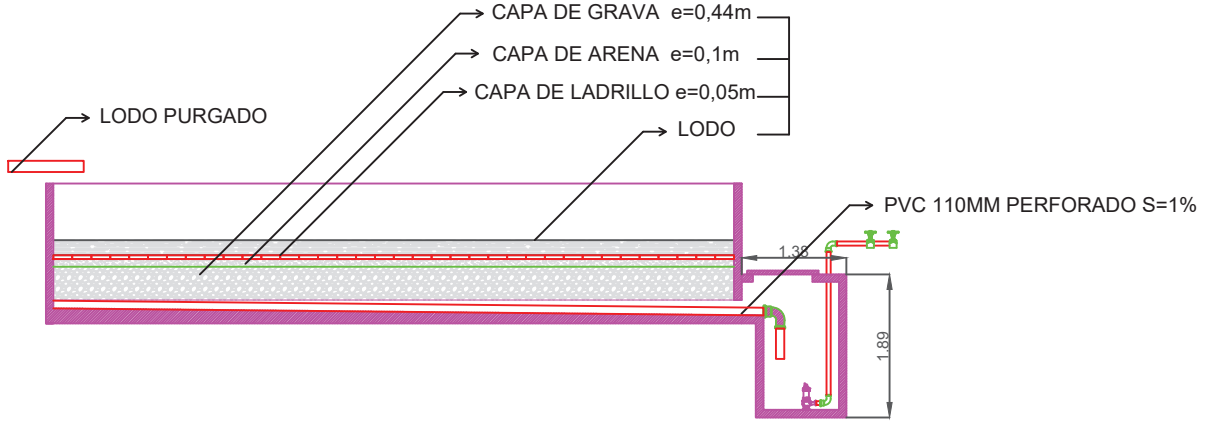


VISTA EN PLANTA

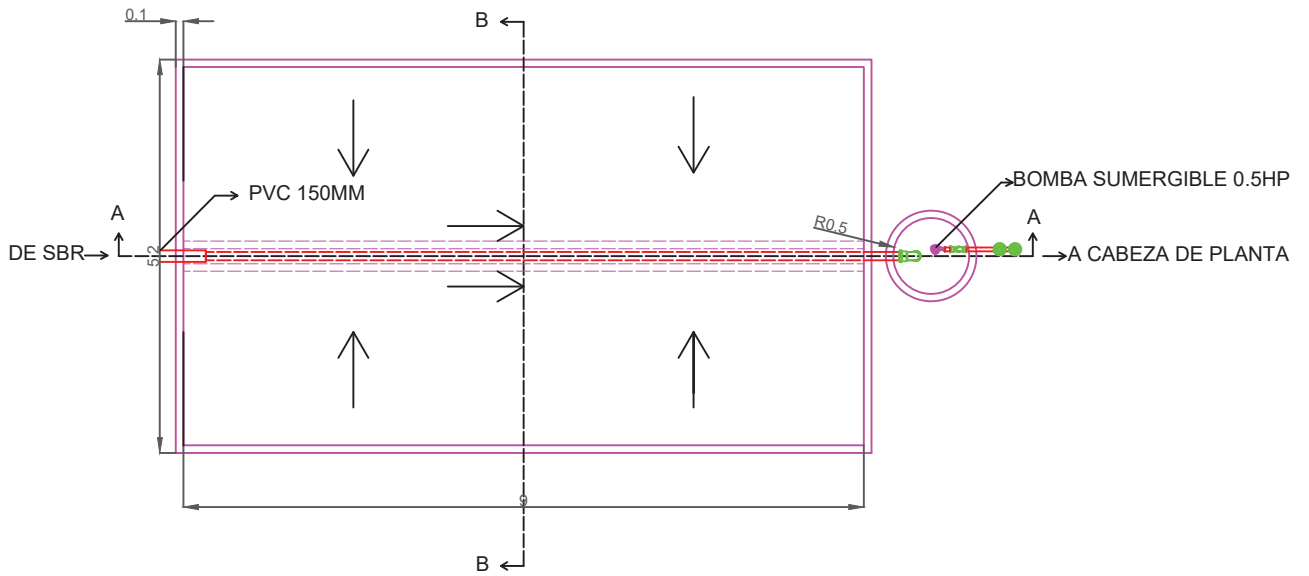


VISTA LATERAL

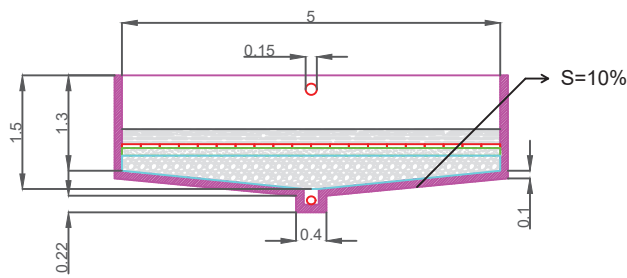
	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola
Dibujó		J.E.C	
Revisó		F.B	
Aprobó		F.B	
ESC:1/150	SBR		
			
Plano N°7			
			Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
			Carrera: Ingeniería Ambiental



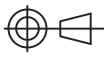
CORTE A-A

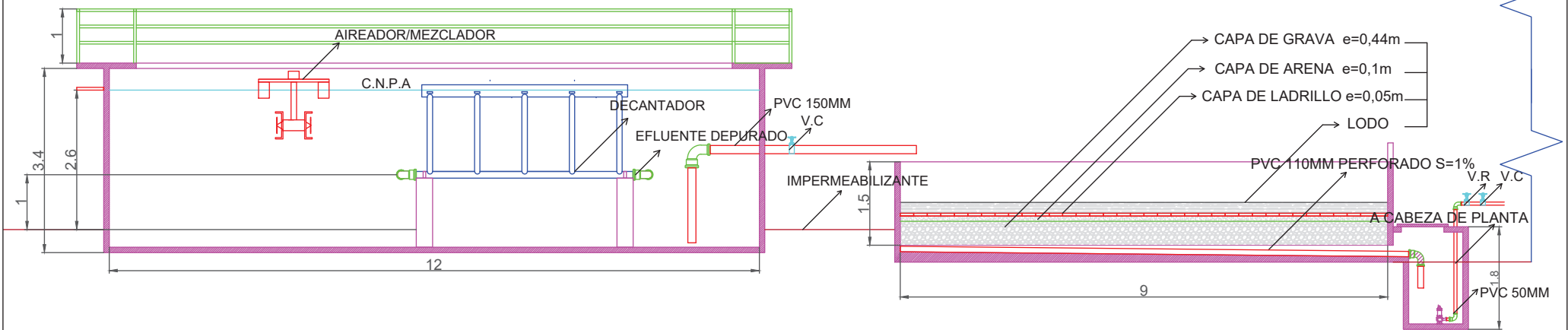
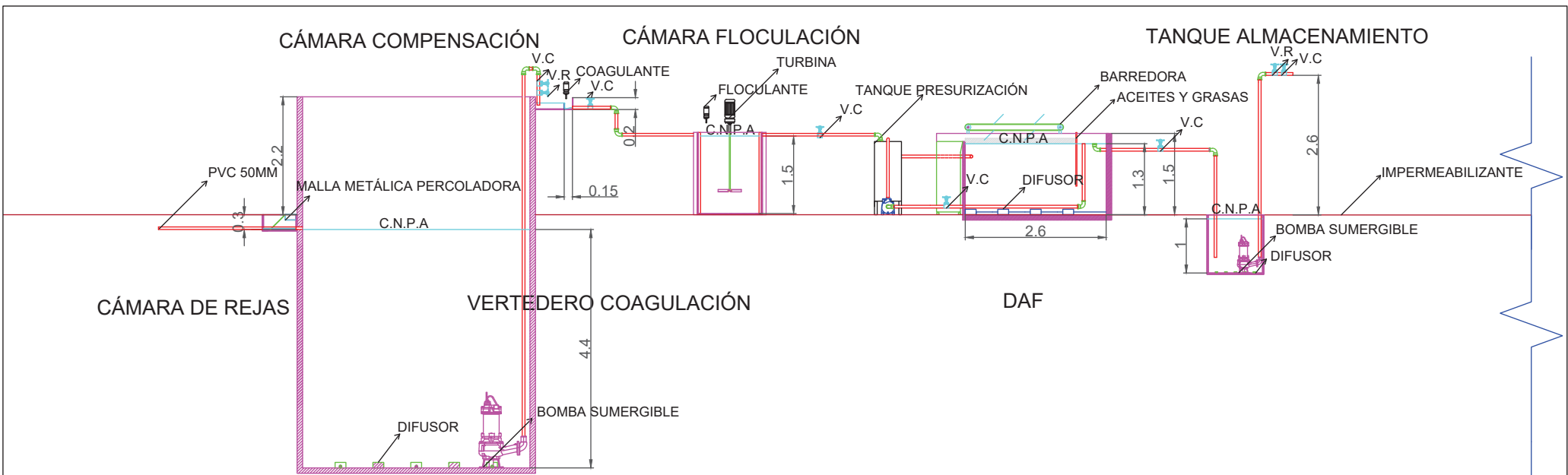


VISTA PLANTA



CORTE B-B

	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola
Dibujó		J.E.C	
Revisó		F.B	
Aprobó		F.B	
Esc: 1/100	<h2>PLAYA DE SECADO</h2>		
			
Plano N°8			
			Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
			Carrera: Ingeniería Ambiental

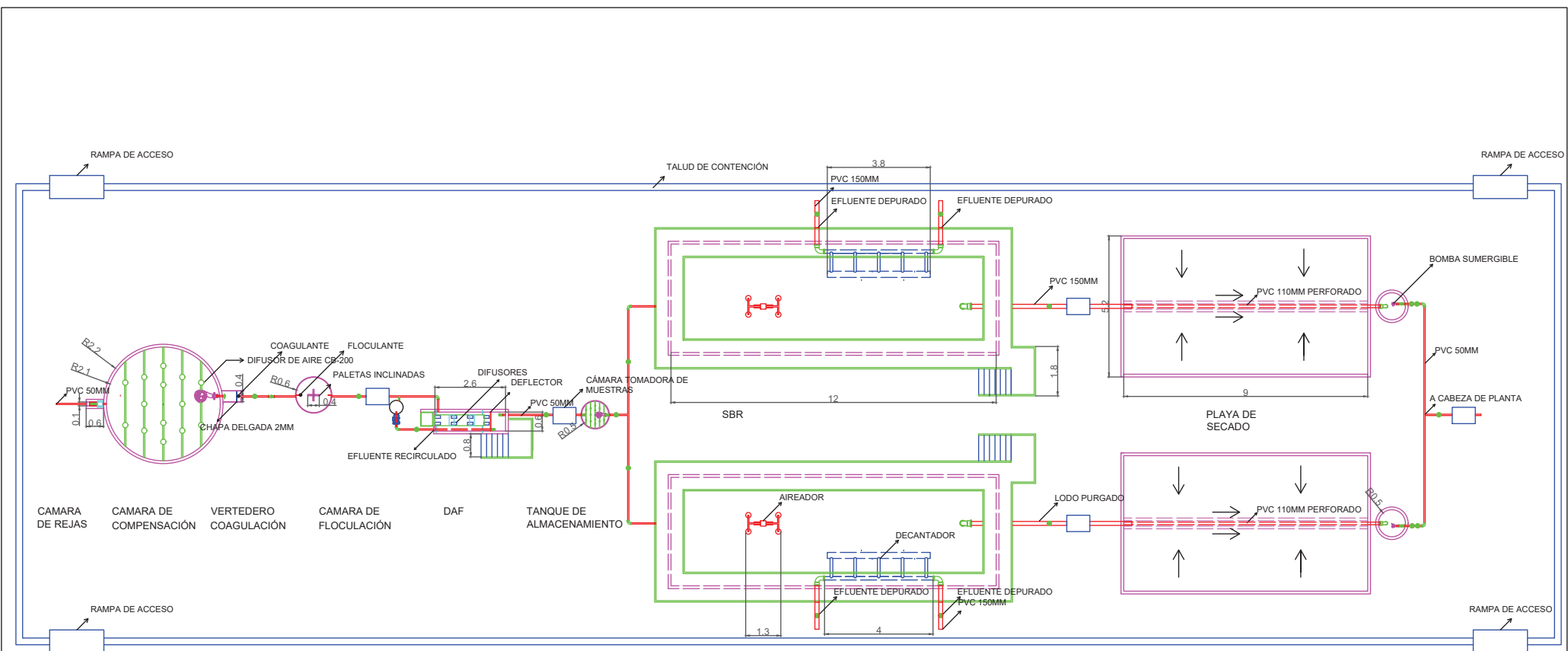



REFERENCIAS

- V.C: VÁLVULA DE COMPUERTA
- V.R: VÁLVULA DE RETENCIÓN
- C.N.P.A: COTA NIVEL PELO DE AGUA

PLAYA DE SECADO

	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola	
	Dibujó	J.E.C		
	Revisó	F.B		
	Aprobó	F.B		
	ESC:1/75			
	Plano N°9			
				Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
				Carrera: Ingeniería Ambiental



	Fecha	Nombre	Diseño de sistema de planta de tratamiento de efluentes industriales y soluciones sustentables para una industria vitivinícola	
Dibujó		J.E.C		
Revisó		F.B		
Aprobó		F.B		
Esc: 1/150	PLANTA			
				
Plano N°10				
				Alumno: Joaquín Ernesto Carballo
				Carrera: Ingeniería Ambiental