Superintendencia de Servicios Sanitarios

SUPERINTENDECIA DE SERVICIOS SANITARIO
SiSS

CONSULTORÍA
EVALUACIÓN, OPERACIÓN DE LA SANITARIA DE LOS MOLLES

CONTRATO N° 29-JULIO-2024

INFORME CONSULTORÍA
EVALUACIÓN, OPERACIÓN DE LA SANITARIA LOS MOLLES
DISCIPLINA MULTIDISCIPLINA

CÓDIGO SiSS:

2	16/12/2024	F. Salvo L.	C. Reyes V.	F. Salvo L.	C. Ordenes M.	Estudio
1	25/11/2024	F. Salvo L.	C. Reyes V.	F. Salvo L.	C. Ordenes M.	Estudio
0	18/11/2024	F. Salvo L.	C. Reyes V.	F. Salvo L.	C. Ordenes M.	Estudio
C	16/10/2024	F. Salvo L.	C. Reyes V.	F. Salvo L.	C. Ordenes M.	Aprobación del Cliente
B	14/10/2024	F. Salvo L.	C. Reyes V.	F. Salvo L.	C. Ordenes M.	Aprobación del Cliente
A	07/10/2024	F. Salvo L.	C. Reyes V.	F. Salvo L.		Coordinación Interna
Rev.	**Fecha**	**Por**	**Revisó**	**Aprobó**	**Aprobó**	**Emitido Para**
		INGEAGUAS			**SiSS**	

2

© INGEAGUAS. Todos los Derechos Reservados. Uso Interno

Reservado para Gerente de Proyectos:

Documento N°:	Revisión:	Página:
INGEA-I0492024-EP-01000-300INF-0002	**2**	1 de **101**

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA

1.0 RESUMEN EJECUTIVO 6
1.1 Captación 7
1.2 Planta de tratamiento 8
2.0 INTRODUCCIÓN 10
3.0 OBJETIVO 10
4.0 ALCANCES 10
5.0 ANTECEDENTES 12
5.1 Ubicación de la planta 12
5.2 Planta Potabilizadora 12
5.3 Planta de tratamiento de aguas servidas 13
5.4 Sondaje playeros 14
6.0 VISITA AL SITIO 15
6.1 Objetivos y alcances de la visita 15
6.1 Plan de la visita 15
7.0 ACTIVIDADES DE LA CONSULTORÍA 17
7.1 Captación agua de mar y agua salobre 17
7.2 Planta potabilizadora 17
7.2.1 Pretratamiento 17
7.2.2 Equipos de osmosis 17
7.2.3 Sistema de cloración 17
7.2.4 Almacenamiento 17
7.2.5 Sistemas agua descarte 17
7.2.6 Sistema de distribución agua potable 18
7.3 Aguas servidas 18
7.4 Análisis de riesgo operacional 18
7.5 Infraestructura 18
7.5.1 Layout 18
7.5.2 Equipos y unidades 18
7.5.3 Sistema eléctrico y de control 19
7.5.4 Bodegas 19
7.6 Elaboración de diagramas de flujo a nivel conceptual 19
7.7 Evaluación de costos 19
7.7.1 Costo de inversión 19
7.7.2 Costo de operación 19
7.7.3 Balance oferta demanda (BOD) 19
7.7.4 Dotaciones 19
8.0 ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN 20
8.1 Equipos generadores de energía 20
8.2 Captación 21
8.2.1 Sondaje playero 23
8.2.2 Norias 24
8.3 Planta potabilizadora 26
8.3.1 Diagrama sistema de tratamiento 26
8.3.2 Disposición general equipos planta potabilizadora Los Molles 27
8.3.3 Pretratamiento 28
8.3.4 Sistema de dosificación de aditivos 40

8.3.5 Equipos de osmosis 40
8.3.6 Estanque de regulación 50
8.3.7 Sistema de impulsión agua potable 50
8.3.8 Sistema de distribución agua potable 51
8.4 Planta aguas servidas 52
8.4.1 Diagrama de proceso 52
8.4.2 Planta elevadora 57
8.4.3 Tratamiento biológico 57
8.4.4 Sedimentación 58
8.4.5 Desinfección 59
8.4.6 Línea de lodos 59
8.5 Sistema eléctrico y de control 60
8.5.1 Parámetros eléctricos generales y temperaturas 60
8.5.2 Aislamiento de motores 60
8.5.3 Sistema eléctrico 63
8.5.4 Conexiones y canalizaciones 63
8.5.5 Instrumentación 64
8.6 Análisis de riesgo operacional 65
8.6.1 Captación Sondaje playa 65
8.6.2 Captación Pozo Noria 65
8.6.3 Pretratamiento 66
8.6.4 Filtros Greendsand 66
8.6.5 Filtros cartuchos: 66
8.6.6 Equipo de Osmosis 66
8.6.7 Desinfección y control de pH: 68
8.6.8 Planta de tratamiento de aguas servidas 68
8.7 Balance oferta demanda (BOD) 68
8.7.1 Año 2022 69
8.7.2 Año 2023 71
8.7.3 Año 2024 73
8.8 Evaluación de costos 75
8.8.1 Tasa de cambio 75
8.8.2 Costo de inversión 76
8.8.3 Costo de operación 76
8.8.4 Dotaciones 77

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78
9.1 Captación 78
9.2 Planta de tratamiento 78
9.3 Costo de inversión 79
9.4 Costo de operación 79
9.5 Balance oferta demanda (BOD) 80

10.0 ANEXOS 80

INDICE DE FIGURAS

Figura 5-1: Ubicación general Los Molles 12
Figura 5-2: Planta potabilizadora Molles 13
Figura 5-3: PTAS Los Molles 14
Figura 5-4: Ubicación sondajes playeros 14
Figura 8-1: Gráficos calidad del agua 25

Figura 8-2: Diagrama de proceso tratamiento de aguas 26
Figura 8-3: Disposición equipos planta potabilizadora Los Molles 27
Figura 8-4: Diagrama pretratamiento planta potabilizadora 28
Figura 8-5: Diagrama pretratamiento planta potabilizadora- sección 28
Figura 8-6: Estanque agua cruda 30
Figura 8-7: Diagrama de estanque decantador 31
Figura 8-8: Esquema de floculación 32
Figura 8-9: Esquema floculador sedimentador 33
Figura 8-10: Curva bomba alimentación filtros 34
Figura 8-11: Esquema filtros Greensand Ø 3000 mm 35
Figura 8-12: Filtros Greensand 37
Figura 8-13: Curva bomba alimentación 38
Figura 8-14: Filtros Greensand Ø 1600 mm 39
Figura 8-15: Bomba de alta presión 42
Figura 8-16: Curva caracteristiva bomba de alta presión 43
Figura 8-17: Turbocharger 45
Figura 8-18: Diagrama de flujos 46
Figura 8-19: Plano emplazamiento y perfil hidráulico impulsión a estanque de distribución 51
Figura 8-20: Diagrama área de concesion 51
Figura 8-21: Diagrama de procesos 52
Figura 8-22: Diagrama planta elevadora 57
Figura 8-23: Reactor biológico 58
Figura 8-24: Sedimentador 59
Figura 8-25: Sedimentador 59
Figura 8-26: Fotos condiciones subestándar de conexiones y canalizaciones eléctricas 64
Figura 8-27: Fotos tableros eléctricos planta de tratamiento de aguas servidas 64
Figura 8-28: Fotos equipos de control 64
Figura 8-29: Gráfico producción real y teórica, y demanda año 2022 70
Figura 8-30: Gráfico producción y demanda mes máxima diferencia año 2022 71
Figura 8-31: Gráfico producción real y teórica, y demanda año 2023 71
Figura 8-32: Gráfico producción mes maximo diferencia año 2023 72
Figura 8-33: Gráfico producción real y teórica, y demanda enero a junio 2024 73
Figura 8-34: Gráfico Oferta y Demanda mes máxima diferencia año 2024[7] 74
Figura 8-35: Organigrama del Servicio 77

INDICE DE TABLAS

Tabla 4-1: Entregables de esta Consultoría 11
Tabla 6-1: Asistentes de la visita 15
Tabla 6-2: Trabajos en el sitio 15
Tabla 8-1: Capacidad generadores 20
Tabla 8-2: Norias utilizadas 22
Tabla 8-3: Capacidad de pozos 22
Tabla 8-4: Calidad del agua 24
Tabla 8-5: Parámetros en las norias medido de junio 2018 a nov de 2019 24
Tabla 8-6: Capacidad lecho filtrante 35
Tabla 8-7: Regenerante 36
Tabla 8-8: Hoja de datos bomba de alta presión 43
Tabla 8-9: Hoja de datos del turbocharger 44
Tabla 8-10: Concentraciones de salmuera 46
Tabla 8-11: Proyección realizada con membranas Hydronautics; manual de operación 47

Tabla 8-12: Proyección realizada con las membranas LG, actual en uso 48
Tabla 13 Parámetros Diseño Lodos Activados 55
Tabla 8-14: Mediciones de parámetros eléctricos 60
Tabla 8-15: Mediciones pruebas de aislación en carcasa 61
Tabla 8-16: Mediciones aislación entre bobinas 61
Tabla 8-17: Prueba de aislación carcasa 62
Tabla 8-18: Prueba de aislación entre bobina 62
Tabla 8-19: Prueba de aislación carcasa 62
Tabla 8-20: Prueba de aislación entre bobina 62
Tabla 8-21: Prueba de aislación entre bobina 63
Tabla 8-22: Aislación entre bobina 63
Tabla 8-23: Aislamiento carcasa 63
Tabla 8-24: Aislamiento entre bobinas 63
Tabla 8-25: Balance oferta demanda (BOD) 69
Tabla 8-26: Mes máxima diferencia entre producción y demanda año 2022[4] 70
Tabla 8-27: Mes máxima diferencia entre producción y demanda año 2023 72
Tabla 8-28: Mes máxima diferencia entre producción y demanda año 2024 74
Tabla 8-29: Tasa de cambio 75
Tabla 8-30: Resumen costo de inversión 76
Tabla 8-31: Resumen costo de operación 76
Tabla 9-1: Costos de inversión por escenario 79

1.0 RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tubo por Objetivo evaluar la vulnerabilidad del sistema de agua potable de la localidad de Los Molles que se ubica a 140 kilómetros de la Capital Regional Valparaíso y a unos 37 kilómetros al sur de Los Vilos, cerca de la Ruta 5.

El servicio sanitario es atendido por la concesionaria San Isidro, la cual cuenta con un aproximado de 1400 conexiones. En verano alcanza una población de 6000 a 8000 habitantes la que el resto del año baja a unos 600 habitantes.

Para la producción de agua cuenta con pozos de agua salobre, que se encuentran con altos niveles de salinidad, de Fierro y de Manganeso. Además, se ha instalado una planta desaladora que se alimenta con Pozos Playeros y Norias.

El principal problema que ha presentado esta localidad fue la sequía, su fuente de suministro lo obtiene de pozos, que se encuentran inmerso en un humedal, al disminuir la capa Freática provocó que el agua requiriera de mejoras en el tratamiento, ciertos contaminantes aumentaron y a falta de la compresión del proceso hidrogeológico, no permitió adecuarse oportunamente, Los procesos fueron modificados, sin un estudio y análisis de la situación en profundidad, llevando a la sanitaria improvisar soluciones e instar equipos hechizos, como fue la colocación de un decantador construido de un estanque de acumulación de agua vertical, que se instala en forma horizontal, desconociendo si hay memorias de cálculos que respalden dicha instalación y que aseguren que no se vaya a romper por las solicitaciones mecánicas a la que está expuesto. De este equipo se impulsa el agua a través de una bomba de baja presión que alimentan los filtros de Fierro Manganeso, que su motor se encontraba en falla, pérdida de aislación. Se visualiza como causal, que la bomba cavita, debido a aspectos al control, protección de nivel de baja y al esquema hidráulico de conexión respecto al decantador mencionado. En la misma línea, montado en serie, se encuentra la bomba de alta presión, que también se encuentra en falla, las bobinas de los motores no tienen la aislación adecuada al sufrir sobrecalentamiento, puede ser por los aspectos operacionales del decantador, al que se suma, los aspectos hidráulicos de la operación del pretratamiento, mediante filtros Greensand y filtros cartuchos. Esta bomba está unida a un recuperador de energía, que cuando se visitó las instalaciones estaba en reparación, se nos informa que está considerado el modelo que por caudal le corresponde y no el que en el manual de operación señala, otra causal que puede llevar al deterioro prematuro de la bomba de alta. Es recomendable, revisar internamente la bomba de alta, la que puede tener desgaste y sea causal de un mayor consumo eléctrico, como también, revisar el suministro de energía eléctrico, que, si baja el voltaje provocará aumentos de consumo eléctricos y daños en el tiempo del motor de la bomba.

El equipo de osmosis actual se encuentra bien diseñado y debiera ser capaz de producir 790 m^3 de agua potable, capaz de sostener la actual demanda, siempre que se opere correctamente, se realicen las mantenciones preventivas y principalmente que el pretratamiento sea adecuado, hoy día es el que presenta mayor falencia.

El equipo de osmosis debe ser alimentado con agua libre de Fierro, un nivel de turbiedad inferior a 1 UNT y debe mantener siempre una dosis de antiincrustante, dada su alto potencial de incrustación por carbonato de calcio, ello debe ser ayudado con el recobro que el diseñador consideró para este equipo dada las calidades de aguas y no aumentar este parámetro.

Las membranas sufren desgaste normal por su uso, se ensucian y se deben lavar o cambiar, de lo contrario aumenta la presión de trabajo generando un mayor costo de producción y hasta daño en el motor de la bomba de alta. Internamente, estas membranas se ensucian y se dañan, produciendo agua de mala calidad que no cumplirá la calidad requerida, agua potable, por exceso de salinidad, en particular cloruros. Deben limpiarse y deben cambiarse constantemente, el fabricante sugiere cada tres años o más, pero dada la calidad del agua de alimentación, exceso de fierro, se sugiere que el cambio

sea una vez al año, hasta que los hechos en la práctica, control de la calidad de agua de alimentación, permitan extender este plazo.

La vulnerabilidad de sistema, junto con lo referido, pretratamiento y control operacional, es a causa de un bajo nivel de mantenimiento, de las unidades, equipo de osmosis, bombas, sistema eléctrico, membranas con alto nivel de ensuciamiento, bombas en falla, tableros eléctricos con protecciones quemadas. condiciones subestándares en el sistema de cableado y tableros, donde es evidente su exposición directa a polvo y aire marino. Los tableros no cuentan con disipadores de calor para mitigar el calor, que los daña y expone a corte circuitos. Se recalca el bajo nivel de ingeniería para implementar las mejoras, que si bien van en el sentido correcto, su materialidad es deficiente, como ocurre en particular con el estanque decantador el que denominan Ballena, pues elimina golpes de agua por acumulación de aire, normalizando un proceso irregular, que no debe ocurrir, al nombrarlo como Ballena y no identificarlo como una deficiencia del sistema, Las cañería de interconexión del equipo de osmosis se realizó con cañería en PVC Hidráulico clase 10, que si bien se podría pensar que cumple para el trabajo solicitado, no se considera el carácter estructurante que debe tener y la solicitación mecánica que recibe ante golpes de ariete que la exponen a la ruptura.

Estas condiciones, calidad del agua, mantenimiento deficiente, implementación de solución con bajo nivel de ingeniería de proceso y mecánico, han provocado eventos que han generado un alto gasto en los últimos años, afectando su continuidad en la calidad del agua abastecida y que en ocasiones no cumplió con la calidad de agua potable, alta salinidad, alto Fierro y turbiedad, han afectado la imagen pública de la Sanitaria y de la SiSS, por ser este el organismo fiscalizador.

1.1 Captación

Se realiza mediante Norias, que producto de las características geológicas del subsuelo y el efecto del humedal cercano a la captación, disuelve concentraciones altas de Fierro, Manganeso y sólidos totales disueltos, deteriorando su calidad y tratabilidad. Se recomienda realizar un estudio hidrogeológico del Humedal, en particular de cómo se afecta con las mareas y determinar la variabilidad esperable de dichas aguas, así como también el efecto de recarga, tanto desde aguas continentales y Marítimas, comprender la capacidad que tiene este sistema, para abastecer de agua a la población, siendo este una fuente confiable.

Producto de la sequía que afectó esta región, la Sanitaria ha realizado inversiones importantes, como fue abrir nuevos sondajes, instalación de un estanque decantador y nuevos filtros de abatimiento de fierro, todos ellos en la dirección correcta, pero con una baja ingeniería y calidad de materiales deficientes, han agudizado la situación causada por la sequía y les ha llevado en los últimos años a tener un numero de fallas sustantivas, con un aumento en el costo de producción, al tener que comprar agua, para sostener la demanda y en ocasiones, simplemente dejar a la población sin agua o abastecida con un agua no potable.

Actualmente, construyó nuevos sondajes en la playa, que solo pueden utilizar hasta que la DGA, los autorice, estos no se encuentran bien desarrollados, ingresa aire, se seca la arcilla, sobre las cribas, disminuyendo la capacidad de extracción de agua, teniendo que, realizar un mantenimiento más intenso para permitir que esta agua sea utilizada como fuente de abastecimiento. Al estar cerca de la playa tiene una mayor salinidad y una mayor disponibilidad que las Norias, que se vieron afectadas por la sequía, por la baja en el nivel freático.

Los sondajes se encuentran fuera del recinto de la sanitaria y presentan el inconveniente referido a su mantenimiento, dado que dicha zona es parte del borde costero, utilizado por la municipalidad como estacionamiento y se encuentra en la playa, hay un problema de seguridad, dado que podrían eventualmente ser vandalizado o robados los elementos mecánicos que se encuentran, como grupo generador, bombas, tableros eléctricos e instrumentación.

1.2 Planta de tratamiento

El agua llega a un estanque de 50 m^3, provenientes de las Norias y de los sondajes playeros, donde se mezcla y se le adiciona Hipoclorito de sodio en dosis preestablecida según la experiencia del operador. El estanque da tiempo de residencia, donde se espera que el fierro y manganeso precipite, para pasar a otro estanque que se encuentra semienterrado, se construye a partir de un estanque de 50 m^3 vertical, idéntico al que recibe el agua desde los pozos, solo que este se ha puesto en forma horizontal, en este se han realizado perforaciones, que permiten realizar las conexiones hidráulica, nos parece que representa un peligro y debiera solicitarse la memoria mecánica y de proceso, dado que podría romper y afectar a terceros y/o materiales, por el alto volumen de agua que podría movilizar en un lapsus de tiempo. Otro aspecto que se visualiza en términos hidráulico es que posterior a este estanque se instaló la bomba que impulsa el agua a los filtros Greensand, está en falla, ha sufrido sobrecalentamiento y lo más probable es por cavitación, al quedarse sin agua, sea por corte de agua desde los pozos u otro evento, el agua luego pasa por dos trenes de filtro Greensand (dos en paralelo de diámetro 3000 mm y luego otro tren de tres filtros de diámetro 1600 mm, se retrolavan o se limpian utilizando agua de rechazo de la osmosis, sin embargo, se debe considerar el tiempo que demanda retrolavar estos filtros, unos 15 minutos, provoca un tiempo de detención de la planta de osmosis de 1 hora a dos horas al día. Los filtros se visualizan con un poco de corrosión, que, si bien no se pudo determinar el nivel de daño, aparentemente se encuentran bien. Luego de la filtración, pasa a los microfiltros que se nos señala que operan adecuadamente, para finalmente ingresar al equipo de osmosis que lo constituye una bomba de alta presión, un recuperador de energía, catorce tubos de alta presión cada uno cargado con seis membranas, total 84 membranas.

La planta se encuentra adecuadamente dimensionada, sin embargo, la bomba de alta está dañada e igual situación ocurría con el recuperador de energía, a nuestro parecer, se debe a modos operacionales. Si la bomba de alta no tiene presión positiva en la succión, tiende a dañarse, debe tener un sistema que asegure que la bomba no cavite, de igual forma si baja el voltaje, provocará mayor paso de corriente en las bobinas, quemándolas.

En relación al sistema eléctrico, Los Tableros de fuerza están dañados, por las condiciones climáticas y no cumplen normativa SEC, igual situación ocurre con la protección de los grupos generadores, es un peligro y se corre el riesgo de quemar algún equipo.

Al evaluar las membranas, se visualizan que el nivel de taponamiento o de suciedad es demasiado alto y deben cambiarse para responder a la demanda del año 2025.

Finalmente corresponde señalar que se ve un mantenimiento débil, al parecer principalmente correctivo, utilizando equipos de baja calidad, como el caso del estanque decantador y el Piping de la planta de osmosis, donde se utiliza PVC Hidráulico PN 10 en un equipo que maneja alta presión, 67 Bar, por lo que, si se transfiere presión sobre estos tubos, por falla de sello o componente este romperá con mucha facilidad.

El mayor problema detectado, corresponde a aspectos de mantenimiento y son los principales causantes para que no se logre en algunas ocasiones abastecer con agua potable a la población, además de la calidad o falla de la fuente de agua que abastece a Los Molles.

La planta por diseño debiera ser capaz de producir unos 790 m^3/día, considerando su capacidad de diseño y entregando dos horas de producción a procesos de mantenimiento, lavado de filtros principalmente y otras situaciones operacionales, en tal condición, no debiera existir déficit en la producción. Sin embargo, la precariedad del sistema, en particular su sistema eléctrico, ensuciamiento de membranas, mala calidad en el pretratamiento hace sospechar que se mantendrá este déficit y es aconsejable pensar que una vez o dos veces en el mes se puede cortar

el suministro por mantenimiento del equipo de osmosis, lavado de membranas o recambio de sellos. Es decir, para el próximo verano, es conveniente considerar que, de no reparar todas las falencias existentes, se debiera considerar para los tres meses de verano un estimado de 4.500 m^3, abastecida por camión aljibe.

Se realizó una evaluación de las inversiones requeridas, segregándolas en corto plazo o inmediatas, para dar certeza de responder al verano 2025, consideradas como urgentes, que contemplan, el recambio de la bomba de Alta, recuperador de energía cambio de membranas y cambio de bomba de baja Presión.

Otra etapa de inversión, la hemos denominada mediano plazo donde considera la mejora en tableros y conexionado eléctrico, y las requerida con urgencia requeridas en Piping y de impulsión de agua, colocación de bombas auxiliares, en By pass, para evitar cortes de suministro por falla de algunas de ella. Finalmente existen inversiones mayores, que deben realizarse y que por la magnitud de inversión, requieren de un estudio más sustantivo que las defina, estas dicen referencia principalmente con aspecto eléctricos, cabinas para el montaje de tableros eléctricos, mejoras al montaje de los grupos generadores, automatización y control centralizado de motores, entre otros.

	ESCENARIOS		
	PLAZO CORTO	PLAZO MEDIANO	PLAZO LARGO
COSTO DIRECTO	229.683	165.652	2.223.907
COSTO INDIRECTO	28.876	20.909	296.059
TOTAL, USD	**258.559**	**186.560**	**2.519.966**

En lo referido al costo operacional, sin considerar redes de alcantarillado y aguan potable, se estima un costo de $47.300.000 y que, para este verano, se deberá considerar un adicional de $45.000.000 que permitan abastecer con agua en camión aljibe, ante posibles cortes de suministro por la precariedad de las instalaciones.

2

2.0 INTRODUCCIÓN

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS) ha solicitado a INGEAGUAS Ltda. la Consultoría para la Evaluación, Operación de la Sanitaria de los Molles. El objetivo de la presente consultoría es determinar los costos de inversión y operación que se requieren en el corto plazo para garantizar de la mejor manera posible el suministro de agua potable, especialmente en la temporada estival, incluyendo los costos asociados a la compra de agua en camiones aljibe que eventualmente se requieran para dar continuidad al suministro.

Por otra parte, el estudio incluye las inversiones estructurales que requiere este sistema para dar cumplimiento a la normativa, en cuanto a que su capacidad de producción permita cubrir la demanda máxima diaria, según lo establece la norma chilena 691.

Los Molles es una localidad turística, pesquera y rural chilena. Pertenece a la comuna de La Ligua, provincia de Petorca, Región de Valparaíso y se ubica a 140 kilómetros de la Capital Regional Valparaíso, a 187 kilómetros al norte de la capital Santiago, y a unos 37 kilómetros al sur de Los Vilos, cerca de la Ruta 5 Norte.

Según datos del censo de 2017 del INE, Los Molles tiene una población de 648 habitantes (329 hombres y 319 mujeres). El número de viviendas construidas en la localidad es de 1165, lo que refleja la mayor proporción de turistas y visitantes de temporada, de vacaciones.

El servicio sanitario de Los Molles es atendido por la concesionaria San Isidro, la cual cuenta con un aproximado de 1400 conexiones. En verano alcanza una población de 6000 a 8000 habitantes la que el resto del año baja a unos 600 habitantes.

Para la producción de agua cuenta con pozos de agua salobre, que se encuentran con altos niveles de salinidad, de Fierro y Manganeso. Además, se ha instalado una planta desaladora que se alimenta con Pozos Playeros construidos con cribas, que tienden a ensuciar con facilidad, se caracteriza esta agua, por tener un alto nivel de Hierro y Manganeso, probablemente por las características geológicas del subsuelo y el efecto del humedal cercano a la captación.

El principal inconveniente en la tratabilidad del agua, para potabilizar, es su alta salinidad, fierro y manganeso. Por ello, aguas San Isidro implementó un sistema de oxidación de fierro y manganeso, por cloración en un estanque llamado “Ballena”, por lo artesanal del equipo, donde logran flocular y separar un porcentaje de Fierro y Manganeso, para luego someter el agua a una Filtración en medio granular “Greensand”, específico para la retención del Fierro y Manganeso que fuga.

Para la potabilización después de este pretratamiento, se cuenta con dos plantas, una de ella, planta de osmosis, para tratar agua salobre, se encuentra en desuso, por la alta salinidad que actualmente tiene el agua de pozo, no les permitió seguir produciendo agua y se desconoce las condiciones que se encuentra actualmente, se debe estudiar la posibilidad de reparar o repotenciarla para las nuevas condiciones de salinidad.

La otra planta, es una desaladora de agua de mar, para producir 36 m^3/h de agua desalada.

3.0 OBJETIVO

Evaluar vulnerabilidad del sistema de agua potable de la localidad de Los Molles y la capacidad de producción de agua Potable, para sostener la demanda verano 2025, determinar acciones que permitan asegurar el suministro de agua a la población.

4.0 ALCANCES

Evaluar la infraestructura, los equipos de proceso y auxiliares, para dar cumplimiento al saneamiento y determinar nivel de vulnerabilidad, que pudiera afectar el desempeño de la Sanitaria.

Revisar el proceso de potabilización, en particular captación, abatimiento de Fierro Manganeso, operación de equipos de osmosis y cloración.

Determinar capacidad de los procesos y reactivos utilizados, realizar pruebas de jarra y de terreno, para la capacidad de abatimiento de Fierro, modo de operación de equipo de osmosis, capacidad de bomba alta presión, recobro y recuperador de energía. Evaluar capacidad de bombeo agua de pozo y sistema de mantenimiento, nivel de ensuciamiento de cribas.

Determinar un programa de inversión, que dé sostenibilidad a los procesos, principalmente el de potabilización, priorizando aspectos críticos referidos a la cantidad y calidad del suministro de agua a los Molles.

Entregar recomendaciones de operación, que permita obtener el mejor rendimiento de la infraestructura existente y/o definir las mejoras.

Los entregables que complementan esta consultoría, son los indicados en la Tabla 4-1 siguiente:

Tabla 4-1: Entregables de esta Consultoría

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL ENTREGABLE	CÓDIGO INGEAGUAS	REV.
1	Informe Consultoría Revisión de Antecedentes	INGEA-I0492024-EP-01000-300INF-0001	0
2	Informe Consultoría Evaluación, Operación de la Sanitaria Los Molles	INGEA-I0492024-EP-01000-300INF-0002	0
3	Levantamiento Estado Operacional Equipos e Instalaciones Eléctricas Sanitaria Los Molles	INGEA-I0492024-EP-01000-300INF-0003	0
4	Programa del Servicio	INGEA-I0492024-EP-01000-300PGR-0001	0
5	Planta de Tratamiento de Agua Potable Captación Key-Plant - Planta Los Molles	INGEA-I0492024-EP-01000-300SKT-0001	0
6	Captación de Agua Salada Planta Sondajes Plano de Ubicación Sondas	INGEA-I0492024-EP-01000-300SKT-0002	0
7	Planta de Tratamiento de Agua Potable Planta General Planta Osmosis Inversa	INGEA-I0492024-EP-01000-300SKT-0003	0
8	Planta de Almacenamiento de Agua Potable Planta y Secciones plot Estanques de Agua Potable y Planta Osmosis	INGEA-I0492024-EP-01000-300SKT-0004	0
9	Planta Elevadora de Agua Servida Planta y Sección Impulsiones Agua Servida a Cámara Proyectada	INGEA-I0492024-EP-01000-300SKT-0005	0

Las respuestas a la minuta de comentarios de la SiSS, archivo “Minuta observaciones Informe INGEAGUAS los Molles b.pdf”, se responde en el anexo D de este informe.

5.0 ANTECEDENTES

5.1 Ubicación de la planta

La Sanitaria se encuentra ubicada en la localidad de "Los Molles" perteneciente a la comuna de La Ligua, provincia de Petorca, Región de Valparaíso, ubicada a 140 kilómetros de la Capital Regional Valparaíso, a 187 kilómetros al norte de la capital Santiago, y a unos 37 kilómetros al sur de Los Vilos, cercana a la Ruta 5 Norte.

Figura 5-1: Ubicación general Los Molles

Cuenta con tres (3) instalaciones de importancia:

5.2 Planta Potabilizadora

Contiene los principales equipos y componentes:

a) **Estanques**: almacenamiento de agua potable y agua de alimentación Planta.

b) **Sistema de pretratamiento**: compuesto por estanque de oxidación, floculación y sedimentación, para abatir Fierro y Manganeso.

c) **Filtros granulares Greensand**: para pulir y eliminar Fierro y Manganeso remanente.

d) **Sistema de dosificación de aditivo**: precloración, adición de floculante, antiincrustante, Bisulfito, protección de membranas y sistema de cloración agua Potable

e) **Sondaje agua Salobre**: ubicados en la planta y en la medianía a ella. Constituidas por norias de agua Salobre, ubicadas en la planta (Noria 1, 3 y 4) y en las cercanías del humedal (noria 2,5 y 6)

Figura 5-2: Planta potabilizadora Molles

5.3 Planta de tratamiento de aguas servidas

Ubicada al Norte de la planta potabilizadora, en un lomaje, obligando a impulsar el agua servida mediante dos PEAS ubicadas dentro de la ciudad. La planta corresponde a una de aireación extendida, con su respectivo reactor biológico, sedimentador, sistema de recirculación de lodos y de aireación. No se visualiza en la visita el acondicionamiento de lodos generados. Actualmente atiende a una baja cantidad de población, quedando sobredimensionada, produciendo un agua de buena calidad.

Figura 5-3: PTAS Los Molles

5.4 Sondaje playeros

Se encuentran ubicados en la playa, cercano al humedal y desde este punto se reimpulsa el agua hacia el estanque de cabeza de alimentación a la planta potabilizadora.

Figura 5-4: Ubicación sondajes playeros

6.0 VISITA AL SITIO

6.1 Objetivos y alcances de la visita

El objetivo de este documento es registrar la información recabada durante la visita a terreno a la planta Los Molles, específicamente a las áreas de captación de agua de mar, planta potabilizadora, planta de tratamiento de aguas servidas, plantas elevadoras, redes, sistemas eléctricos y de instrumentos, equipos mecánicos, entre otros.

El alcance de la visita correspondió a la revisión, recepción y levantamiento de la información en el sitio para cubrir los alcances de la presente Consultoría "Evaluación, Operación de la Sanitaria Los Molles".

La visita a terreno fue realizada entre los días 13 de agosto al 16 de agosto del 2024, con participación de las personas listadas en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Asistentes de la visita

NOMBRE	APELLIDO	EMPRESA	DISCIPLINA	RESPONSABILIDAD
Benjamín	Ibarra	SiSS	Fiscalizador	Inspector Fiscal Suplente para el Estudio
Rodolfo	Gálvez	San Isidro		
Gamadiel	Cisterna	San Isidro		
Fernando	Salvo	INGEAGUAS	Hidráulica	Revisión Proceso
Mauro	Guerrero	INGEAGUAS	Mecánica	Levantamiento Equipos y Redes
Marcelo	Paredes	INGEAGUAS	Electricidad	Consumo eléctrico y desgaste equipo de fuerzas
Raquel	Ceballos	INGEAGUAS	Procesos	Pruebas de Floculación
Eduardo	Zúñiga	INGEAGUAS	Topografía	Planimetría

6.1 Plan de la visita

La visita se inició con en Los Molles con la reunión de inicio. La visita fue efectiva de acuerdo con lo indicado en la Tabla 6-2 siguiente.

Tabla 6-2: Trabajos en el sitio

DÍA	FECHA	INSTALACIÓN	INICIO	FIN	DISCIPLINA	TRABAJOS A REALIZAR
1	marte 13	Reunión de inicio	14:00	15:00	Todas	Coordinación de trabajos del día entre SiSS; San Isidro; INGEAGUAS.
		Planta desaladora OR: • Pretratamiento • Equipos de osmosis • Sistema de cloración • Almacenamiento • Sistemas agua descarte	15:00	17:00	Mecánica; Electricidad; Procesos; Hidráulica	• **Mecánico**: estructuras, filtros, sedimentador, Estanques. • **Eléctrico**: grupo generador, motores, tableros, equipos, instrumentos. • **Proceso**: capacidades de equipos y tratabilidad. Pruebas de floculación y coagulación terreno.

DÍA	FECHA	INSTALACIÓN	INICIO	FIN	DISCIPLINA	TRABAJOS A REALIZAR
		• Sistema de distribución agua potable				
2	Miér. 14	Reunión de inicio	8:00	8:30	T odas	Coordinación de trabajos del día entre SiSS; San Isidro; INGEAGUAS.
		Planta desaladora OR	8:30	17:00	Mecánica; Electricidad; Procesos; Hidráulica	Continuación de los trabajos Planta OR.
		Captación agua de mar			Mecánica; Electricidad; Procesos; Hidráulica; Topografía	• **Hidráulico**: Redes presión, bombeo pozos, impulsión PEAS, Cañerías. • **Mecánico**: estructuras. • **Eléctrico**: grupo generador, motores, tableros, equipos, instrumentos. • **Proceso**: capacidades de equipos y tratabilidad; Muestreo aguas de pozo, agua alimentación, agua tratada.
		Reunión de coordinación			Todas	Reunión de trabajo entre San Isidro y INGEAGUAS para consultas y compromisos de información. SiSS opcional.
		Reunión de inicio	8:00	8:30	T odas	Coordinación de trabajos del día entre SiSS; San Isidro; INGEAGUAS.
3	jueves 15	Aguas servidas	8:30	17:00	Mecánica; Electricidad; Procesos; Hidráulica; Topografía	• **Hidráulico**: Redes presión, bombeo pozos, impulsión PEAS, Cañerías. • **Mecánico**: estructuras. • **Eléctrico**: grupo generador, motores, tableros, equipos, instrumentos. • **Proceso**: capacidades de equipos y tratabilidad; Muestreo aguas de pozo, agua alimentación, agua tratada.
		Planimetría	8:30 17:00	17:00 18:00	Topografía	Levantamiento Planimétrico con dron.
		Reunión de coordinación			Todas	Reunión de trabajo entre San Isidro y INGEAGUAS para consultas y compromisos de información. SiSS opcional.
		Reunión de inicio	8:00	8:30	Todas	Coordinación de trabajos del día entre SiSS; San Isidro; INGEAGUAS.
4	viernes 16	Trabajos pendientes	8:30	13:00	Mecánica; Electricidad; Procesos; Hidráulica	• **Hidráulico**: Redes presión, bombeo pozos, impulsión PEAS, Cañerías. • **Mecánico**: estructuras. • **Eléctrico**: grupo generador, motores, tableros, equipos, instrumentos. • **Proceso**: capacidades de equipos y tratabilidad; Muestreo aguas de pozo, agua alimentación, agua tratada.
		Reunión de coordinación	13:00	14:00	Todas	Reunión de trabajo entre San Isidro y INGEAGUAS para consultas y compromisos de información. SiSS opcional.

7.0 ACTIVIDADES DE LA CONSULTORÍA

Estas actividades fueron desarrolladas en base a la información aportada por la SiSS.

7.1 Captación agua de mar y agua salobre

Evaluación, capacidad y calidad agua suministrada por sondajes playa y pozos agua salobre (presencia de fierro y taponamiento de cribas), evaluar sistema de mantenimiento preventivo, ensuciamiento, control y programa de mantenimiento.

7.2 Planta potabilizadora

Operación y mantenimiento de los equipos, evaluar capacidad, producción de agua potable, nivel de ensuciamiento de membranas, sistema de limpieza, consumo de insumos, calidad de agua tratada, programa de mantención y controles existente, revisar programa de mantenimiento de las unidades, definir o revisar stock de repuestos críticos, programa de respuesta ante fallas del sistema, considera, matriz de riesgo, causa y efecto.

7.2.1 Pretratamiento

Revisión del sistema de oxidación, floculación y sedimentación, incluye pruebas de Jarra, para determinar parámetros operacionales y capacidad en el proceso de abatimiento de Fierro y Manganeso. Evaluación capacidad para realizar mezcla agua salobre con agua de mar, medir efecto en la producción y capacidad de equipo de osmosis para adecuar su trabajo y/o aumento de producción por baja conductividad agua de alimentación.

7.2.2 Equipos de osmosis

Revisar capacidad de diseño, y de operación en distintos escenarios, revisar stocks críticos de repuestos, Recuperador de energía, bomba de alta, microfiltros, insumos (membrana, dispersante, otros). Evaluar condición del equipo, nivel de oxidación y deterioro del rack, válvulas cañería y Fitting, nivel de ensuciamiento actual de las membranas, sistema de Lavado de Membranas. Sistema de control, conductividad, pH, cloro en el agua de alimentación mediante potencial óxido reducción o sonda ion específico para cloro, turbiedad, SDI, nivel de taponamiento agua alimentación.

7.2.3 Sistema de cloración

Dosis aplicada (consumo de hipoclorito), bombas dosificadoras, ajuste de dosis, evaluación de un sistema de control laso cerrado, mediante medición de cloro, aseguramiento del nivel de cloro en agua suministrada a la población.

7.2.4 Almacenamiento

Capacidad y disposición de estanques, para distribución de agua a la población, estaciones de bombeo y control de presión en la red, evaluar puntos de baja presión existentes actualmente en la red de distribución.

7.2.5 Sistemas agua descarte

Descarte de OR y agua de lavado filtros, evaluar impacto actual sobre el humedal, nivel de cloruros presente en el humedal, en el agua de las napas, en el agua de mar y agua en el rechazo. Evaluar sistema de tratamiento, para recuperar el agua del lavado de filtros, para evitar y eliminar descarga de agua rojas, de alto impacto visual.

Si bien no es alcance de este estudio, proponer medidas de mitigación de estos impactos, se pretende dimensionar el impacto y posibles medidas, que permitan mejorar imagen de la sanitaria referido al uso del humedal como descarga de efluentes.

7.2.6 Sistema de distribución agua potable

Red de suministro a población, bombas de impulsión y evaluación de presiones en red.

7.3 Aguas servidas

Evaluación PEAS y PTAS, capacidad, energía y manejo de lodos.

7.4 Análisis de riesgo operacional

Vulnerabilidad del sistema (matriz de riesgo operacional).

7.5 Infraestructura

Determinar condiciones de la infraestructura, hermosamiento de la planta, en función de mejorar la percepción de la población referida a la sanitaria.

7.5.1 Layout

Revisión de la disposición general de la planta y evaluación de riesgos, daños de la estructura física que pueda provocar alteración en la calidad y capacidad de producción, así como riesgo de accidente a las personas que operan la planta. En el capítulo 4.0 se listan los planos sketch de la planta.

7.5.2 Equipos y unidades

Revisión de equipos y unidades:

a) Bombas

Capacidad, eficiencia, sistema eléctrico y desgaste.

b) Floco sedimentador (Ballena)

Capacidad operativa y dosis de reactivo.

c) Filtros Greensand (de fierro manganeso)

Dosis, tasas de filtración y limpieza. Medición de espesores y corrosión. Revisión anclaje del equipo.

d) Filtros cartucho

Características operacionales, consumo, corrosión y desgaste.

e) Cribas pozos captación de agua

Nivel de saturación, de ensuciamiento y sistema de mantenimiento.

f) Bomba de alta presión

Capacidad, eficiencia, sistema eléctrico, desgaste y dimensionamiento considerando falla en recuperador de energía.

g) Tubos y membranas

Fugas, nivel de ensuciamiento de membranas, procedimiento de lavado y/o recuperación de membranas.

h) Cañería, Fitting, válvulas e instrumentos

Revisión mecánica, eléctrica e instrumental, calibración de equipos.

i) Grupo Generador

Consumo, eficiencia, mantenimiento mecánico e instrumentación y estandarización.

j) Cloración

Evaluación de automatización.

k) Tableros de energía y control

Capacidades de carga, estado de instrumentos, corrosión, disposición, dispositivos de protección y estandarización.

l) Estanques

Capacidades, corrosión, pinturas, válvulas y Fitting.

m) Urbanización

Caminos, rejas perimetrales, habitabilidad, otros.

7.5.3 Sistema eléctrico y de control

Revisión tableros eléctricos, cables eléctricos y sistema de control

7.5.4 Bodegas

Revisión de bodegas, stocks críticos de repuestos e insumos.

Herramientas e instrumentos para el mantenimiento y control operacional de la planta.

7.6 Elaboración de diagramas de flujo a nivel conceptual

Como respaldo, se desarrollarán a nivel conceptual, los diagramas de flujo de la planta de agua potable y aguas servidas.

7.7 Evaluación de costos

Esta evaluación de costos se desarrollará en base a la información aportada por la SiSS. INGEAGUAS no considera ningún tipo de levantamiento de información.

7.7.1 Costo de inversión

CAPEX nivel 5 (conceptual) de las actividades incluidas en esta Consultoría.

7.7.2 Costo de operación

Determinar costo operacional y mantenimiento (OPEX): captación, potabilización, distribución, recolección, tratamiento AS y disposición y gastos administrativos.

7.7.3 Balance oferta demanda (BOD)

Considerando vulnerabilidad y alternativas para abastecer sistema mediante camión aljibe desde otras localidades, compra de agua.

7.7.4 Dotaciones

Definir la necesidad de personal, arriendo de equipamiento y mantención mínima requerida para operar la planta.

8.0 ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN

Estas actividades fueron desarrolladas en base a la información aportada por la SiSS y por la Sanitaria San Isidro en reuniones sostenidas en las instalaciones de la sanitaria en Los Molles. El capítulo 4.0 se listan los planos sketch del estudio, incluida la planimetría de la localidad de Los Molles con la identificación de las instalaciones de la sanitaria y la estimación de los trazados de cañerías principales

8.1 Equipos generadores de energía

Tabla 8-1: Capacidad generadores

ZONA	UNIDAD	POTENCIA
PUNTERAS	KVA	63
PTAP	KVA	300
PTAS	KVA	ver Nota[1]
PEAS TASQUI	KVA	45
PEAS ESMERALDA	KVA	10

Existen cuatro (4) Grupos generadores:

a) **Alimentación Pozos Playeros**: abastece de energía Eléctrica a cinco bombas de pozo instaladas en la playa, cuatro con una potencia de diseño de 9,3 KW y una quinta bomba de 15 Kw. En total una potencia instalada de 61,5 KW que además abastecen de energía el consumo de propio del recinto. Este generador tiene la capacidad adecuada para sostener la demanda.

El sistema se encuentra instalado en la playa, después de un sitio eriazo, que es utilizado como estacionamiento vehicular por la municipalidad, copando el acceso hacia las instalaciones de la sanitaria, situación que dificulta el abastecimiento de petróleo, pues no se cuenta con almacenamiento de combustible y obliga a los operadores a tener que, en forma permanente, desplazar el combustible hasta el generador. Esta situación, según indica el administrador del recinto, es a causa de aspectos logísticos y normativos, referidos al almacenamiento de combustibles.

En general, todas las instalaciones eléctricas de la sanitaria, se encuentra con un estándar bajo, en términos de cumplimiento Normativo (SEC).

Llama la atención el contenedor donde se encuentra el generador de los pozos, está deteriorado por el ambiente marino. El contenedor en esta instalación debiera estar cerrado, inhibir de mejor forma el acceso de personal ajeno a las instalaciones, dado el nivel de temperatura y la generación de calor que provoca este equipo, obliga a tener abierto las puertas. Es necesario un sistema de insonorización, que evite molestias a las personas que transitan por el sector y lo más relevante, debe tener un sistema de ventilación, que asegure el ingreso de aire sin polvo y que permita su renovación, para evitar el sobrecalentamiento de la unidad, especialmente en el verano.

b) **Grupo Generador Planta de agua Potable**: Abastece a las unidades que se encuentran dentro del recinto de la planta de agua Potable, está de apoyo al suministro eléctrico municipal y se utiliza, para evitar generar sobreconsumo en épocas puntas y cuando la calidad de suministro eléctrica es mala, generándoles dificultades con el proceso, por bajas

[1] No tiene grupo generador, se alimenta con el generador de la PEAP.

en voltajes y/o alteración en la frecuencia, conlleva desregulación en la capacidad de bombeo.

El grupo generador tiene una capacidad de 300 kW, y debe suministrar energía a todas las máquinas instaladas en Planta potabilizadora y los equipos de planta de agua servida:

a) Bomba baja presión, alimentación agua Cruda a planta potabilizadora; 80 m^3/h @ 66 mca; 30 kW.

b) Bomba Alta presión, equipo de Osmosis; 80 m^3/h @440 mca, 99 kW.

c) Bomba de retrolavado Filtros Greensand 180 l/s @15 mca; 15 kW.

d) Bomba elevación a Tk de distribución agua potable; 58 m^3/h @ 58 mca; 22 KW.

e) Bombas impulsión de Noria 1; 3 y 4; cada una capaz de impulsar; 22 m^3/h @ 35 mca; 4,1 KW, en total 12,3 kW.

f) Planta de Aguas Servidas.

g) Dos sopladores, capaz de impulsar 214 Nm^3/h @ 6 mca cada uno con potencia de 18,6 kW; total; 37,2.

h) Dos Bomba de recirculación de lodos en configuración 1+1, cada una 20 m^3/h @ 10 mca; 1,5 kW; total 3 kW.

c) **Generador Planta elevadora Aguas Servidas Esmeralda (Caracoles)**: 10 kW. Alimenta con energía a dos bombas autocebantes que impulsan 12 l/s @ 7 mca; un consumo para ambas bombas de 6 kW.

Se encuentra en la intersección de calles Pablo Neruda con Los Caracoles, en la acera, protegida con una pequeña cabina, con capacidad suficiente para el suministro de energía de esta estación de bombeo.

d) **Planta elevadora N° 2**: ubicada en Avenida Los Pescadores, esta planta impulsa la totalidad de las aguas servidas de la localidad, hacia la planta de tratamiento de aguas servidas. Cuenta con dos equipos de elevación (1+1) capaces de elevar un caudal de 47 m^3/h @ 70 m.c.a. 20 kW cada una; 40 kW.

8.2 Captación

La sanitaria cuenta con cinco (5) pozos de sondeo instalados en la playa y ocho (8) norias construidas en las inmediaciones de la planta potabilizadora, ubicada en los sitios 2 y 3 de la manzana J de la Población Balneario Los Molles, Av. Los Pescadores N° 269, de la Localidad de los Molles.

Las Norias son la primera fuente de agua que la sanitaria explotó y para su uso, constituyó derechos resolución 315 de la Dirección de General de Aguas, año 2014 constando en la actualidad con derechos de propiedad, a título de la Sanitaria de un caudal total de 27, 71 l/s

En un inicio, la Sanitaria explotaba los pozos indicados en la Tabla 8-2 siguiente.

Tabla 8-2: Norias utilizadas

CODIGO BI	NOMBRE	AÑO CONSTRUCCIÓN	Profundidad (m)	Diámetro (mm)	Capacidad (l/s) (*)
N1-LM	NORIA1LOSMOLLES	2015	10	1,5	6,6
N2-LM	NORIA2LOSMOLLES	2015	10	1,5	6,6
N3-LM	NORIO3LOSMOLLES	2015	10	1,5	4,2
N4-LM	NORIA4LOSMOLLES	2015	10	1,5	4,2
N5-LM	NORIA5LOSMOLLES	2015	10	1,5	6,6
N6-LM	NORIA6LOSMOLLES	2015	10	1,5	6,6
N7-LM	NORIA7LOSMOLLES	2015	12	1,5	Fuera de uso
	NORIA8LOSMOLLES	2019	8	1,2	4,2
NORIA-AB	Noria A y B MOLLES	2019	9	1,2	4,6

(*) Capacidad de equipos instalados

Producto de la sequía que afectó la década pasada a la quinta región, concluida recién el presente año. La Sanitaria fue impactada, dificultando su operación en dos aspectos: calidad del suministro, empeoró en salinidad total, en Fierro y en Manganeso, estresando el sistema de tratamiento de agua, su potabilización, no diseñada para las nuevas condiciones operacionales, el otro factor, la disminución del agua disponible que extrae desde sus pozos, caída de la capa freática, por ello, se obligaron a invertir, en el tratamiento y a solicitar como obras de emergencia, a la dirección de Obras Hidráulica, la apertura de cuatro nuevos pozos, con capacidad de producción cada uno de 6 l/s, instalándolos en las cercanías de la playa, a la fecha en funcionamiento y se desarrolló un quinto pozo.

A pesar de que, el decreto de autorización les entregó esta facultad, de abrir nuevos pozos, les dio un plazo de funcionamiento, mientras permaneciera vigente el estado de emergencia por sequía, decretado por la DGA, situación superada a la fecha en toda la quinta región, lo que para la Sanitaria le impediría utilizar esta fuente.

En la actualidad, parte de las Norias que ellos tenían como fuente de suministro han dejado de funcionar, las que no están en condiciones de entrar en producción, a no ser que sean reparada su maquinaria y habilitados sus pozos adecuadamente.

Tabla 8-3: Capacidad de pozos

CAPTACION AGUA		PRODUCCIÓN ACTUAL		BOMBA			CAPACIDAD BOMBA	
TIPO	CANTIDAD	CAUDAL L/S	Prof. Pozo M	MARCA	MODEL	MOTOR	CAUDAL. L/S	Carga m.c.a
POZO 1	1	5	22	STAILS	SP230-6	2P PM-TECHN 12, 5 HP	12	50
POZO 2	1	4	20	STAILS	SP230-6	2P PM-TECHN 12, 5 HP	12	50
POZO 3	1	6	28	STAILS	SP230-6	2P PM-TECHN 12, 5 HP	12	50
POZO 4	1	6	25	STAILS	SP230-6	2P PM-TECHN 12, 5 HP	12	50
POZO 5	1	11	36	STAILS	SP300-8	PM TECHN 20,0 HP	20	50
NORIA 1	1			STAILS	SP150-4	4P FRANKLIN 5,5 HP	6	35
NORIA 3	1			STAILS	SP150-4	4P FRANKLIN 5,5 HP	6	35
NORIA 4	1			STAILS	SP150-4	4P FRANKLIN 5,5 HP	6	35

La captación de agua al momento de la visita correspondía a la que producían los sondajes en playa y apoyada por una noria.

8.2.1 Sondaje playero

En términos constructivos se desconoce si hubo un estudio hidrogeológico. tienen problemas de explotación, se introduce aire, condición que seca la arcilla, disminuyendo la capacidad de extracción, al ensuciar la criba, disminuyendo caudal y aumentando la cantidad de Fierro y Manganeso en el agua extraída. Producto de esta situación, Sanitaria San Isidro, realiza un mantenimiento periódico de los sondajes, limpiando las cribas, introduciendo aire a presión, para romper el queque de arcilla que se forma y las obstruye, es necesario estudiar esta condición, ya que en el mediano plazo provocará una menor vida útil de las bombas que impulsan el agua a la planta de agua Potable.

Las Bombas de los sondajes, están unidas a una matriz y esta conducen el agua al estanque de cabeza de la planta potabilizadora, La figura muestra el trazado de la cañería, la que tiene un recorrido de aproximadamente 1200 mt, y una altura geométrica de unos 8 mt, considerando la altura del estanque. Asumiendo que la tubería es de HDPE DN 160 mm SDR21; El caudal máximo de impulsión a la planta es de 100 m^3/h; velocidad de 1,7 m/s, pérdida de carga se estima en 15,6 m.c.a. Entregando un total de 23,6 m.c.a. más la altura de los pozos.

Al revisar las características de los pozos y Bombas, es posible asegurar que las bombas se encuentran adecuadamente diseñadas y el conjunto de los 5 pozos, permiten la impulsión de los 27,71 l/s, caudal máximo a extraer a objeto de no superar el máximo de los cuales ha constituido derecho, a pesar de que estos derechos corresponden a las Norias, y que de estos sondajes en la actualidad no tiene derechos constituidos.

Para la necesidad de bombeo de la sanitaria, considerando el escenario que requiera producir la totalidad del agua que tiene constituido derecho (27,71 l/s), el diseño Hidráulico y de bombeo, lo permite. Se hace notar que el análisis realizado, se sustenta en que, los pozos entreguen el caudal de diseño, situación en la práctica, por lo ya mencionado, ensuciamiento de los pozos, se ve disminuida.

Los sondajes playeros no tienen los derechos constituidos y se constatan los siguientes problemas operacionales:

a) No cuentan con derechos constituidos para su operación.

b) Se encuentran lejos del recinto operacional, planta de agua potable, dificultando la logística y control de los equipos, susceptibles de ser vandalizados o robados.

c) Generan Impacto ambiental, principalmente ruido y visual, que, por estar en un lugar turístico, incrementa los efectos negativos en la percepción de las personas.

d) Al estar cerca de la costa, el nivel de intrusión del agua marina aumenta significativamente la salinidad del agua, pudiendo llegar a equivaler al agua de mar.

e) Se encuentra dentro de la zona de inundación y de afección del Humedal, condición insegura, que puede provocar deterioro a la maquinaria, además del constante reclamo que realiza la población al interpretar que la sanitaria genera afección sobre el Humedal.

De considerar mantener esta infraestructura en uso, se recomienda realizar Estudio Hidrogeológico para ver el comportamiento de la napa y como esto afecta a la producción de agua, de igual forma, se debe revisar el impacto que tiene sobre el

esquema de tratamiento implementado, el cambio de calidad de agua, a nuestro parecer, se deberá considerar la peor de las condiciones, que la calidad de agua a extraer es agua de mar.

En lo relativo a calidad de agua, en la visita, se realizó un muestreo y los resultados arrojan una alta conductividad para el agua de los sondajes, referido a la calidad medida en la Noria. Ver Tabla 8-4.

Tabla 8-4: Calidad del agua

PARAMETRO	UNIDAD	NORIA 1	SONDA 1	SONDA 2	SONDA 3	SONDA 4	SONDA 5
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	8100	32100	27900	30500	18000	31800
TURBIDEZ	NTU	8,84	63,9	261	34,9	37,8	25,2
MANGANESO	ppm. Mn	7,6	3,4	3,9	4,2	3,7	3,4
FIERRO SIN FILTRAR	ppm. Fe	1,16	3,89	4,04	3,37	3,03	2,73
FIERRO FILTRADO	ppm. Fe		0,54	1,55	0,68	0,51	0,54
SILICE	ppm. SiO_2	23,6	4	4	5,7	6,7	7,1
SULFATOS	ppm $SO4^{-2}$	680	900	900	1500	2000	3350
CLORUROS	ppm Cl^-	3420	14872	16541			
ALCALINIDAD	ppm. $CaCO_3$	248	314	224	200	214	154
DUREZA CALCICA	ppm. $CaCO_3$	100	866	1160	1164	1142	1336

El muestreo se realizó en la visita a terreno y los resultados, solo reflejan la condición puntual. El agua ha mostrado una alta variabilidad a causa de las condiciones de recarga de la Napa, pero siempre dentro del rango agua de mar y la obtenida en las Norias, entregarán una calidad variable, dado que se afectan por intrusión agua de mar que depende del nivel freático y de las mareas

8.2.2 Norias

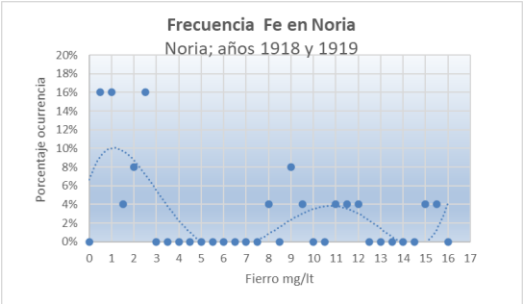
De las ocho Norias que cuenta la Sanitaria, solo tres están en funcionamiento, señalando que las otras se encuentran en desuso porque se embancaron o por deterioro de la infraestructura.

Estas Norias se ubican en las inmediaciones de la planta de agua Potable y se cuenta con los derechos de aguas para su utilización.

Se tuvieron a la vista el control que se llevó durante los años 2018 y 2019 de estas Norias, se puede concluir que, durante dicho periodo, sufrieron una gran variabilidad referido a los parámetros de calidad, además por información entregada por la Sanitaria, estas norias fueron perdiendo capacidad de extracción de agua, hasta dificultar la producción de agua potable.

Tabla 8-5: Parámetros en las norias medido de junio 2018 a nov de 2019

Parámetro	Conductividad µS/cm	Turbiedad UNT	Calcio mgCa/lt	Sodio mgNa/lt	Alcalinidad $mgCaCO_3$/lt	Magnesio mgMg/lt	Cloruros mgCl/lt	Sulfato $mgSO_4$/lt	Manganeso mg Mn/lt	Hierro mg Fe/lt
Mínimo	3020	1	178	364	239	75,3	494	160	0,06	0,02
media	9342	36	364	1081	320	177	2661	698	0,58	5,25
Máximo	24800	135	704	3182	404	450	7451	1321	4,14	16,40
Desvest	6857	44	162	1015	47	128	2337	354	0,94	5,55



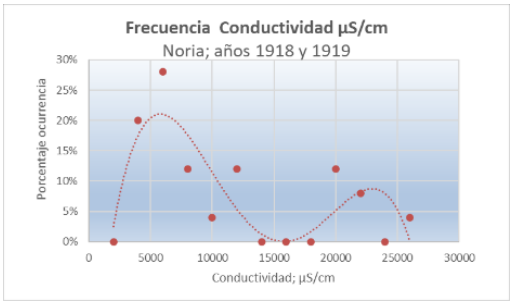


Figura 8-1: Gráficos calidad del agua

En general se visualiza una alta variabilidad, se debe entender aspectos morfológicos de la cuenca y a la forma como se recarga, debe ser estudiada a objeto de evaluar su comportamiento y a partir de ahí, definir su tratamiento y capacidad de abastecer a los Molles de agua Potable en cantidad y calidad adecuada.

Las Norias presentan alta variabilidad en sus parámetros de calidad, están asociados al nivel freático, que, determina la capacidad de los pozos para abastecer de agua a la planta y la calidad del agua contenida en la noria, condición que obliga a tener un sistema robusto, que sea capaz de tratar aguas de muy variada calidad y, por otra parte, se debe tener certeza, que, esta fuente debe ser confiable en el tiempo para sostener la demanda de agua potable de la población Los Molles.

Las gráficas, presenta dos modas bien definidas, probablemente a causa de la recarga que tiene esta cuenca, desde aguas continentales (agua dulce) y aguas de mar, que se introduce a la cuenca por fluctuación de Mareas, al bajar el nivel freático permite o facilita el acceso del agua de mar, aumentando su salinidad, cabe hacer notar que la presencia de Fierro y de Manganeso, se intensifica en igual condición, aumento de Salinidad. Quizás, por causa de falta de agua continental se aceleré procesos de solubilización de este compuesto, la captación se encuentra dentro de la zona de afectación del humedal, que se caracteriza por una alta biota, que, al disminuir el nivel de agua, se intensifiquen zonas anóxicas por exceso de carga orgánica, facilitando la disolución de Fierro y de Manganeso, también se debe considerar que estos compuestos están presentes en la arcilla.

Sea cual sea la explicación, se debe señalar que la planta potabilizadora, deberá tener un sistema robusto de tratamiento que sea capaz de tratar aguas con alto contenido salino, de Hierro y de manganeso.

La planta Potabilizadora, dependerá de cuan bien pueda ajustar su comportamiento a la variación en la calidad de agua, a no ser que se cambie radicalmente la fuente de agua.

8.3 Planta potabilizadora

8.3.1 Diagrama sistema de tratamiento

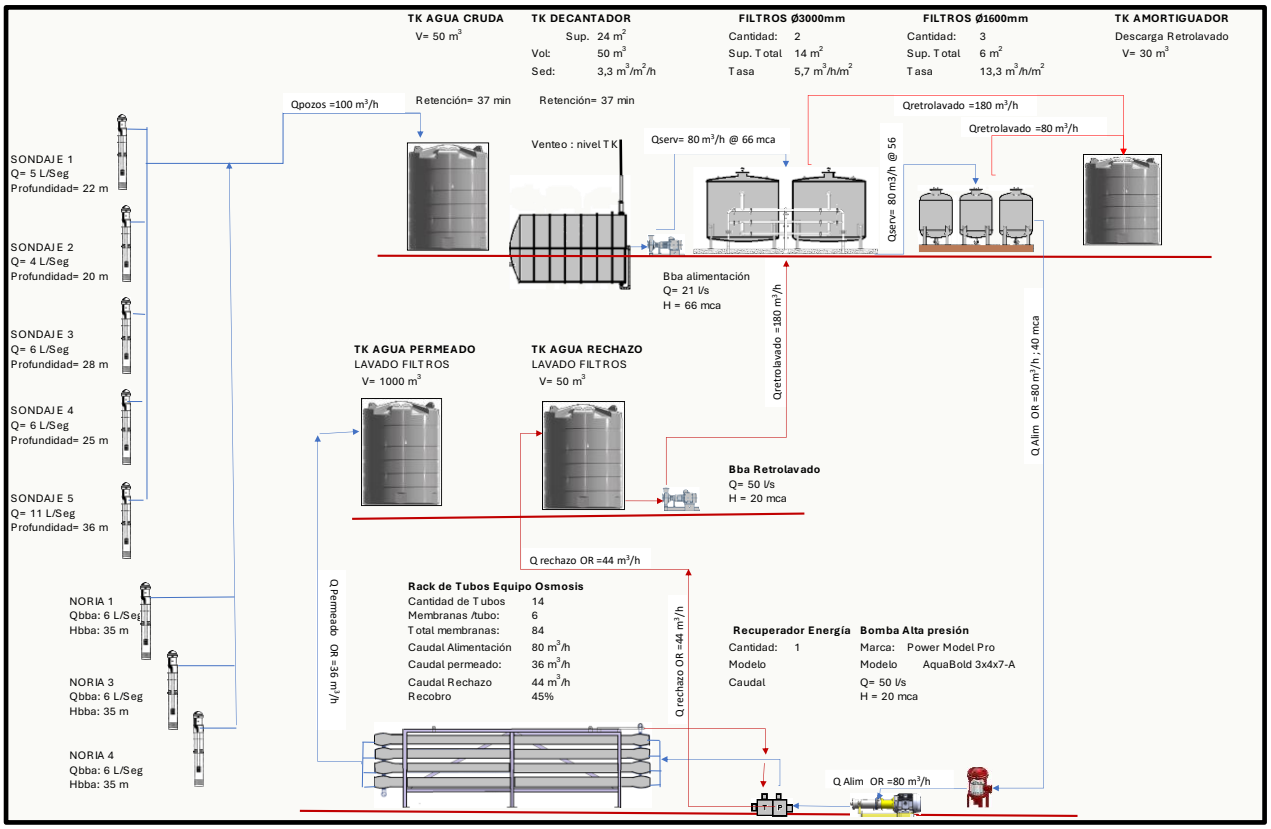


Figura 8-2: Diagrama de proceso tratamiento de aguas

El Diagrama contiene información levantada en terreno, en reuniones sostenidas con personal de la sanitaria y la entregada por SiSS para la confección de este informe.

8.3.2 Disposición general equipos planta potabilizadora Los Molles

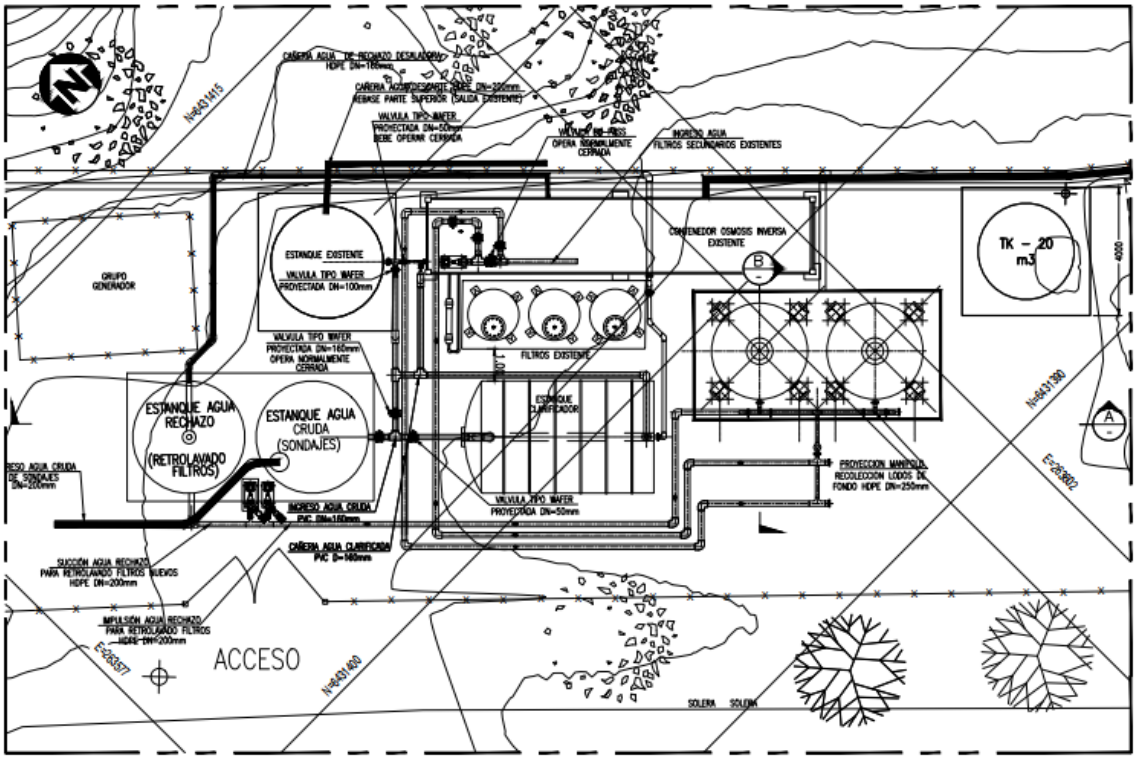


Figura 8-3: Disposición equipos planta potabilizadora Los Molles

En el recinto de la planta Potabilizadora, se encuentran los principales equipos y componentes:

a) Un estanque almacenamiento de agua cruda de capacidad para 50 m^3.

b) Un estanque almacenamiento de agua, a utilizar en retrolavado de filtros de capacidad para 50 m^3.

c) Un estanque almacenamiento de agua tratada 1000 m^3.

d) Un estanque Amortiguación descarga agua desecho 30 m^3.

e) Un estanque para la decantación de una superficie de 24 m^2.

f) Dos filtros Greensand de Ø 3000 mm una superficie total de 14 m^2.

g) Tres filtros Greendsand de Ø1600 mm, una superficie total de 8 m^2.

h) Una Planta de osmosis con 84 membranas, montada sobre un contenedor, considera, sistema de microfiltración, bomba de alta, recuperador de Energía e instrumentación, cañerías y válvulas para la operación del sistema.

i) Grupo generador auxiliar, para abastecer de energía a toda la instalación, equipos y componentes de la planta.

j) Sistema de cloración, mediante la dosificación de hipoclorito de sodio.

8.3.3 Pretratamiento

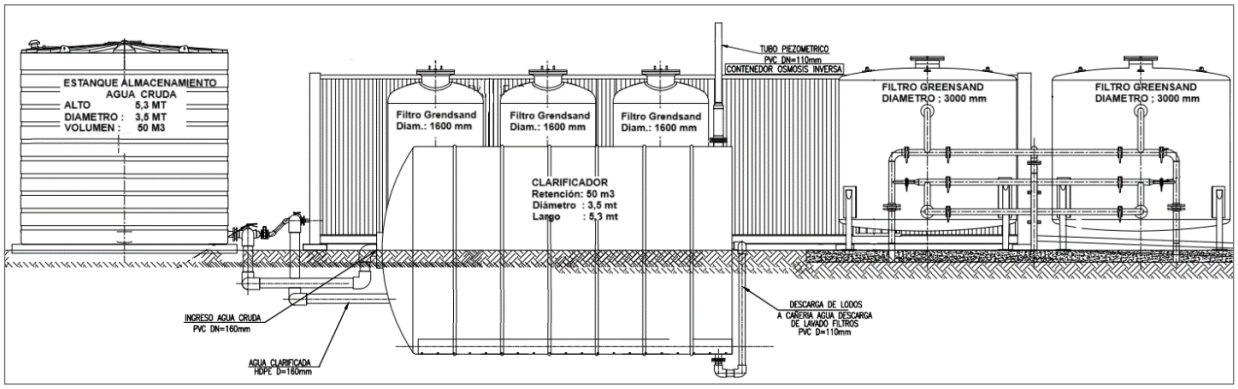


Figura 8-4: Diagrama pretratamiento planta potabilizadora

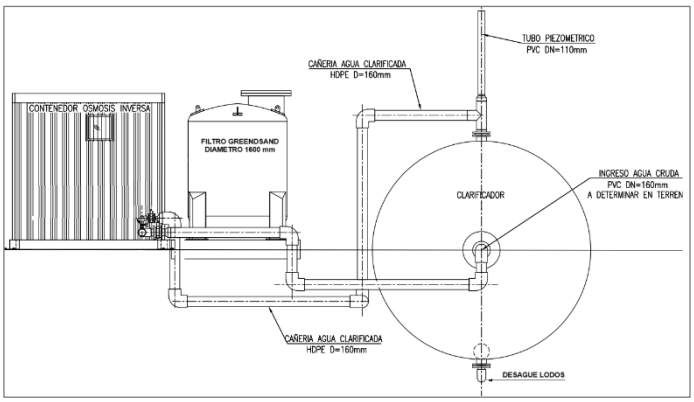


Figura 8-5: Diagrama pretratamiento planta potabilizadora- sección

La alta variabilidad en la calidad de agua que alimenta la planta, en particular la presencia en exceso de Fierro; Manganeso y Turbiedad, obligan a un pretratamiento que tenga la capacidad de eliminar estos contaminantes y absorber la variación que se produce por estacionalidad y/o sequía.

El pretratamiento se inicia en el estanque de almacenamiento de agua cruda, el que se alimenta del agua proveniente de Sondajes playeros y de las norias, previo al ingreso, es acondicionada con Hipoclorito de Sodio, con ello, generar un ambiente oxidante y dar un tiempo de residencia, que permita la oxidación del ion ferroso. La mezcla producida, ingresa a un estanque semienterrado, colocado en forma horizontal con la intención que en este se separen los sólidos y los precipitados que se generan al oxidar el fierro y el manganeso, de manera que, son retirados en forma manual, cuando el operador determine la conveniencia de realizarlo. El agua tratada es retirada del estanque, una conexión instalada en un costado permite la conexión a una bomba de Re impulsión, entrega la carga hidráulica suficiente que permita pasar el agua pretratada por los filtros Greensand. Al no existir un estaque de igualación de caudal, para la bomba de Re impulsión, se generan algunos fenómenos hidráulicos, como es la cavitación de la bomba al quedar sin agua, además hubo que colocar tubería o chimeneas, al estanque semienterrado, que permiten mantener el nivel del agua, en función de la altura del estanque vertical de agua de alimentación, dejando en presión al estanque

semienterrado, Este diseño genera algunos inconvenientes hidráulicos que hacen inestable la operación y colocan en riesgo la bomba de Re impulsión.

La Sanitaria que atiende Los Molles, desde sus inicios ha tenido conciencia que el agua a tratar, agua cruda, tiene alta presencia de Fierro, de Manganeso, Salinidad y dureza, lo que los ha llevado a considerar como alternativa de pretratamiento el uso de Filtros Greensand, que, si bien son efectivos, se debe considerar que el tamaño de los equipos dependerá de la cantidad de estos contaminantes. Por ello, San Isidro se vio obligada a implementar nuevos Filtros a la mitad de la tasa de los que en principios se consideró y colocar un estanque que denominan "Ballena". Cuya intención es la de oxidar mediante la aplicación de Hipoclorito de Sodio y realizar una remoción no controlada del Hierro y Manganeso.

Si bien el dimensionamiento del Filtro Greensand es apropiada y será capaz de remover adecuadamente altas concentraciones de Fierro Manganeso y el sistema entregará un tiempo de retención adecuado para la oxidación del Fierro, no permite una adecuada operación, ya que por una parte, la remoción de estos contaminantes, se sustenta además de aspectos físico químicos, tener un ambiente oxidante, es decir, aplicar Hipoclorito, requiere de tener un sistema de floculación y coagulación, para que el floc formado precipite a una velocidad apropiada, que permita su separación de la fase líquida. Al no controlar el proceso adecuadamente, en relación a la floculación, el Fierro puede llegar a los filtros y colmatarlos anticipadamente. El sistema diseñado, no parece ser el equipo más funcional para esta tarea, Está hecho con un estanque cilíndrico vertical, acostado y semi enterrado. Representa en sí, un peligro, dado que estructuralmente puede ceder y el agua contenida afectar el entorno. La SiSS debe solicitar la memoria de proceso y memoria estructural del equipo, en cuanto, si bien podría no tener atribuciones en términos de solicitar modificaciones, debe tener la información necesaria que le permita deslindar responsabilidades ante posibles accidentes o eventos no controlados.

El fierro, es susceptible de dañar las membranas y disminuir su vida útil, las rompe, provocando un aumento en la salinidad. Se presenta soluble en su forma Fe^{+2}. En el humedal, producto de condiciones anóxicas, estimuladas al bajar la capa freática, se satura el agua con materia orgánica, genera las condiciones propicias para el aumento de este contaminante. Se hace notar que la cantidad de Fierro que pueda contener el agua variará dependiendo de la hora del día, producto de la actividad biológica del humedal y de la capacidad de recarga que se tenga, sea por efecto de marea o por volumen de agua dulce que recarga la cuenca.

El fierro en presencia de aire o de un oxidante fuerte, tiende a precipitar como $Fe\ (OH)_3$ e hidrata hasta con $16H_2O$; formará macromoléculas. Es decir, puede llegar aumentar su peso en 7 veces. En el interior de las membranas, en los poros, la presión que ejerce este aumento en peso y volumen romperá los poros. Para el pretratamiento, la cantidad de Fierro en el agua cruda, determina el volumen de sólidos que genera, y que deben ser eliminados, además, disminuye la duración de la carrera de los filtros.

1) Estanque almacenamiento agua cruda:

Diámetro	:	3500 mm
Alto	:	5300 mm
Capacidad	:	50 m^3
Material	:	FRP

Tiempo retención : 37 minutos

Figura 8-6: Estanque agua cruda

Corresponde a uno construido en FRP, con capacidad para almacenar 50 m^3.
Llega el agua proveniente de los sondajes playeros y de las norias, por dos cañerías paralelas, donde se dosifica el hipoclorito de sodio en dosis que dependerá de la cantidad de Fierro que tenga el agua, el control se realiza evaluando su presencia en el ingreso a los Filtros Greensand y que no haya después que haya pasado por estos filtros.
El consumo de cloro debiera calcularse a partir del fierro o a partir de una concentración de cloro predeterminada para alcanzar su condición oxidante para oxidar el ion Ferroso a Férrico y así precipitarlo, se recomienda la instalación de un medidor de cloro en línea y laso de control para mantener una concentración. Además, luego de la etapa de filtración, debe existir la dosificación de bisulfito de Sodio, asegurando que no haya Hipoclorito en la etapa de osmosis, dado que las membranas se dañan.
La dosis estimada de Hipoclorito será de 3 ppm. Para el caudal de 80 m^3/h, habrá un consumo 0,03 lt NaOCl al 10% por cada m^3 de agua a tratar
La cantidad de Bisulfito de Sodio se estima similar al consumo de cloro 3 ppm, equivalente a 0.003 Kg de metabisulfito por m^3 de agua tratada.

2) Estanque decantador:

Diámetro : 3500 mm
Alto : 5300 mm
Capacidad : 50 m^3
Material : FRP
Tiempo retención : 37 minutos

Figura 8-7: Diagrama de estanque decantador

Estanque semienterrado, pretende emular un proceso de Floculación y Sedimentación. Sin embargo, se dificulta una adecuada operación, al no posibilitar el acondicionamiento, solo la dosificación de cloro que queda al arbitrio del operador. Al parecer, no pretende disminuir la cantidad de Fierro, ya que no tiene un adecuado sistema de purga de lodos, cargando de igual forma los filtros con estos sólidos, ahora precipitados.

Su construcción, a partir de un estanque diseñado y calculado para operar en Vertical y colocado en el eje Horizontal, genera riesgo de ruptura y daño del sistema, además, el volumen de agua que caería en dicho evento podría ocasionar efectos no deseados en otras máquinas aledañas.

Para evitar que el estanque caiga en vacío, a causa de la succión de la bomba instalada posterior a este estanque, se instalaron tres venteo o chimeneas, que logran igualar la altura de agua contenida en el estanque de agua cruda, dado que es más alto. En diversas circunstancias deja caer agua por este venteo, dándole el nombre de “Ballena”, anomalía que en ningún caso debiera presentar esta unidad y que solo gráfica el hecho que las soluciones implementadas son realizadas sin un nivel de Ingeniería apropiada y que debe ser corregido a la brevedad.

3) Proceso de Floculación:

Las Partículas sólidas presentes en el agua, se caracterizan por aquellas que sedimentan (partículas sedimentables) y otras que no sedimentan (partículas coloidales), estas últimas, caracterizadas por su pequeño tamaño del orden del micrón, que las hace estable, dado que las fuerzas electrostáticas e intermoleculares, son más intensas que las fuerzas gravitacionales, provocando que estas permanezcan en la fase líquida. Para romper esta condición, es necesario dos efectos previos a la sedimentación, el primero es, disminuir las fuerzas superficiales (eléctricas e intermoleculares), se realiza mediante la adición de un reactivo químico, que tiende a bajar la intensidad de las fuerzas de

repulsión, generalmente fuerzas electrostáticas y en segundo lugar, entregar tiempo y oportunidad de colisión de las partículas desestabilizadas, para que, estas aglomeren y puedan ser separadas fácilmente mediante sedimentación.

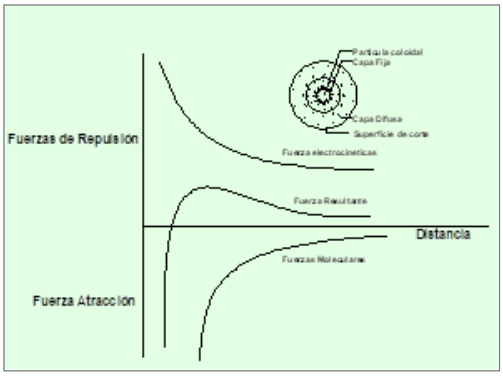


Figura 8-8: Esquema de floculación

La condición señalada, denominada de Coagulación y Floculación, no fue considerada en el esquema de tratamiento, estanque decantador, quizás consideraron que las partículas que se forman en la precipitación tienen características coagulantes y/o floculante, el fierro es uno de los coagulantes más utilizado. Sin embargo, la agitación, los tiempos requeridos en el proceso, las dosis de reactivos, el control de lodos, harán que la operación sea deficiente, el aspecto más relevante que debe tener la planta potabilizadora es el abatimiento de turbiedad, Fierro y manganeso. Es necesario contar con un equipo robusto, capaz de adecuar dosis de reactivos y asegurar una operación que permita una alta eficiencia en esta etapa. Nos parece que se debe cambiar este estanque decantador, por un equipo estándar de floculación y decantación, con tiempos de floculación del orden de los 15 a 30 minutos y un decantador lamelar, estimado en principio del orden de los 2 a 4 $m^3/h/m^2$, debiera considerar un tiempo de retención de unos 45 a 90 minutos.

4) Floculador Sedimentador:

Los Floculadores son equipos diseñados para abatir los coloides, turbiedad o sólidos suspendidos no decantables, su diseño para la potabilización del agua es bastante estándar, consiste en una etapa denominada Mezcla rápida, una zona de alta turbulencia, con tiempo de residencia del orden de 1 a 3 minutos con máxima agitación, para que el aditivo utilizado se homogenice en todo el flujo de agua en el menor tiempo posible, en él se espera que el reactivo entre en contacto con el sólido para desestabilizar carga electrostática o las fuerza superficiales, que inhiben la aglomeración del sólido, luego una etapa de agitación lenta, que entrega la probabilidad de choque entre las partículas, generando coágulos o flóculos que por su tamaño y peso son fácilmente removidos. En relación de diseño, lo fundamental es determinar la cantidad de energía para el proceso de floculación que es muy baja, los tiempos de retención y para el decantador la tasa de sedimentación, siendo esto:

Floculador:

Gradiente de Velocidad	:	60 S-1 4 W/m^3
Tiempo de retención	:	15 min
Caudal	:	80 m^3/h
Volumen Floculador	:	20 m^3
Potencia absorbida	:	0.32 KW

Sedimentador Lamelar:

Tasa Sedimentación	:	4 m^3/h/m^2
Tiempo de retención	:	40 min.
Caudal	:	80 m^3/h
Volumen Sedimentador	:	52.5 m^3

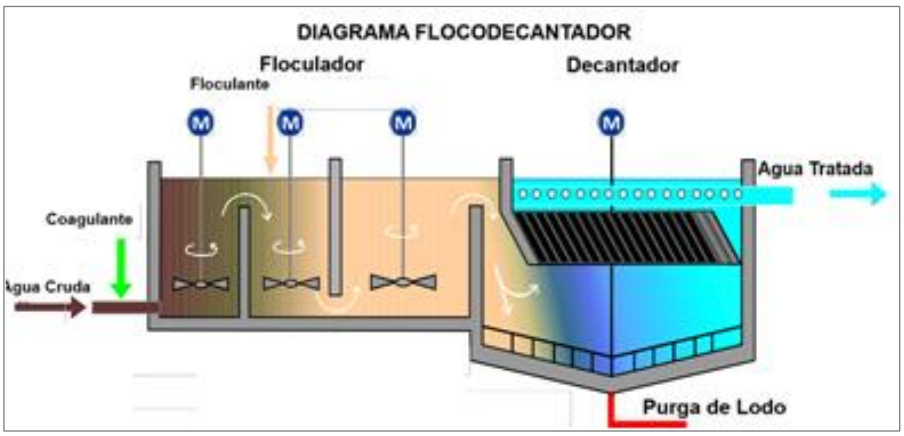


Figura 8-9: Esquema floculador sedimentador

El equipo tendrá una dimensión aproximada de 3mx10mx2,5m; un área de 30 m^2 Un espacio similar al que actualmente ocupa la planta de Hidroquality, que se encuentra en desuso, que, por su capacidad y condiciones de mantenimiento, no es aconsejable su reutilización, y dicho espacio es susceptible de utilizar en esta nueva unidad.

En base a las dimensiones básicas, se estima que el costo de inversión de esta unidad se ha estimado en $ 365.000.000.

5) Bomba alimentación filtro:

Entrega la presión y caudal que alimenta el equipo de osmosis inversa, previamente debe entregar la energía suficiente para pasar a través de dos Filtros Greensand de Ø 3000 mm instalados en paralelo, subsiguientes debe pasar por tres Filtros Greensand de Ø 1600 mm y finalmente los filtros cartuchos. Debe llegar a la bomba de alta con una presión de 20 mca, en total debe vencer unos 60 mca. La bomba Tiene capacidad suficiente para realizar el trabajo. No tiene respaldo, es una debilidad en cuanto la falla significa detener la operación. Se desconoce el programa de mantenimiento de los equipos, pero en la visita se encontraba con problemas de aislación una de sus bobinas, lo que significa que pronto entrará en corto circuito, debe ser reparada.

Un aspecto relevante es la calidad de agua que debe tratar, en cuanto, al aumentar la salinidad, en particular el ion cloruro, puede influir en los niveles de corrosión que pudiera afectar este tipo de equipos, se debe llevar un adecuado control, en relación a la capacidad, que de afectar al alabe, podría provocar, disminución de caudal, de carga o aumento de consumo energético.

El deterioro del motor podría deberse a la cavitación, por la falta de control en el nivel de agua en el estanque decantador, no tiene control de protección por nivel bajo, provocaría que esta bomba trabaje sin agua, generando sobrecalentamiento. También se debe revisar el interior de la bomba, corrosión y/o incrustación podrían estar afectando, ayudando al aumento de la corriente y el consiguiente deterioro del motor, en definitiva, es necesario realizar un mantenimiento a la bomba que considere revisar aspectos hidráulicos, además de incluir una nueva bomba, para mejorar la fiabilidad del proceso, mantener la continuidad del servicio, a causa de posibles fallas en este equipo.

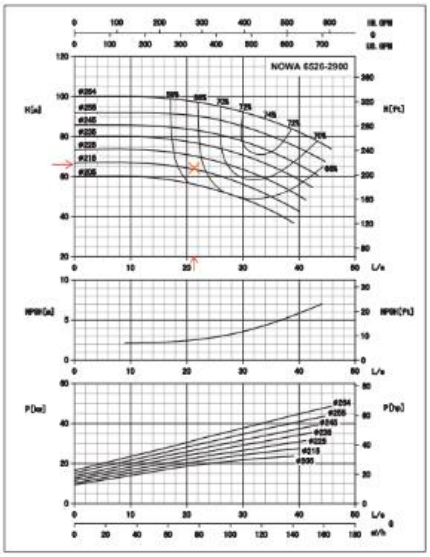


Figura 8-10: Curva bomba alimentación filtros

Marca	:	SIHI
Modelo	:	NOWA 6526 AB BKS OC2
Caudal	:	21 l/s
Carga	:	66 mca
Motor	:	30 KW
RPM	:	2900 RPM
Precio	:	$5.000.000

6) Filtros Greensand Ø 3000 mm:

El agua presenta altos niveles de Fierro, Manganeso y Turbiedad, que, en el periodo de sequía, el fierro alcanzó niveles excesivamente altos 16 ppm, por ello, la sanitaria instaló el Decantador ya descrito y posterior a esto, reforzó el tratamiento mediante la instalación de dos filtros para abatir Fierro Manganeso de Ø 3000 mm

de diámetro que contienen 1 mt de altura del material filtrante Greensand, 4200 Kg, cada filtro.

El filtro consiste en un recipiente presurizado o estanque, que contiene un lecho de arena verde, Greensand, capaz de remover los contaminantes.

El proceso consiste en oxidar el Hierro y/o Manganeso, mediante la dosificación de un oxidante fuerte, en este caso, Hipoclorito de Sodio, provoca la precipitación de estos compuestos que quedan retenidos en la media filtrante, luego son eliminados mediante retrolavado.

El proceso de activación de la carga filtrante puede realizarse mediante dos formas: batch (regeneración intermitente) o mediante regeneración continua.

Se preferencia la regeneración batch, cuando se trata de eliminar Manganeso y se utiliza para ello Permanganato de Potasio, en caso de abatir Hierro, se preferencia la regeneración continua y se puede utilizar cloro o Permanganato de potasio como regenerante.

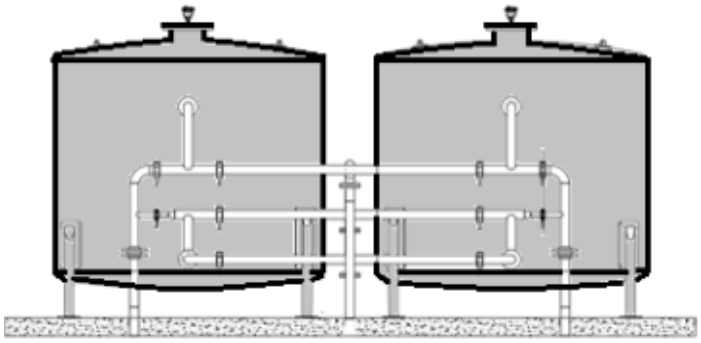


Figura 8-11: Esquema filtros Greensand Ø 3000 mm

Tabla 8-6: Capacidad lecho filtrante

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Capacidad Lecho	1600	gr Fe/M^3 Greensand
	800	gr Mn/M^3 Greensand
	320	gr H_2S/M^3 Greensand

La capacidad del lecho filtrante determina el tiempo máximo de operación, antes de retrolavar, en caso de regeneración continua. Considerando que cada filtro contiene 7 m^3 de Greensand, su capacidad por filtro es de 11 Kg de Fierro, que para un caudal de 40 m^3/h, que contienen 5 ppm Fe, tendrá una duración 55 horas, es decir, debiera retro lavarse cada dos días, sin embargo, se recomienda realizarlo una vez al día, dado que los sólidos retenidos, tienden a formar bolas de lodo, esto es, que se comprimen debido a las fuerzas de atracción que los obliga mantenerse unidos, provocando aumento en el tamaño de partículas, que posteriormente no saldrán en el retrolavado, contaminando el lecho y provocando que la calidad de agua empeore, al aumentar la fuga de fierro que estaba retenido en el lecho.

Para el retrolavado, se requiere cortar la operación de uno de los filtros, mediante juego de válvulas, se corta el servicio y se introduce agua proveniente del estanque

agua de rechazo mediante una bomba que la impulsa a través del filtro, esta agua, llamada de retrolavado, va a un estanque de amortiguación de caudal, para eliminarlo directamente al humedal. El sistema diseñado está compuesto del estanque almacenamiento agua de rechazo, bomba de impulsión agua de retrolavado y estanque de amortiguación descarga al humedal.

Resulta conveniente, revisar el método de eliminación de residuos líquido al humedal (agua de rechazo y agua de retrolavado). Mas de la mitad del agua bombeada es devuelta con el doble de concentración salina, dada esta condición, se dificulta que el impacto sea significativo, pero debe ser estudiado para dar certeza a la respuesta.

Tabla 8-7: Regenerante

DOSIS	UNIDAD	CANTIDAD
Dosis Cl_2	1	ppm Fe
Dosis $KMnO_4$	1	ppm Fe
	2	ppm Mn
	5	ppm H_2S

El Cloro se utiliza como regenerante y la dosis aplicada dependerá de la cantidad de Hierro presente en el agua cruda, considerando que el caudal es de 80 m^3/h; en promedio la cantidad de Hierro es de 5 ppm y que el hipoclorito de sodio utilizado se encuentra al 10%, se estima que el consumo de Hipoclorito de sodio es de 0,05 lt $NaOCl/m^3$ de agua tratada.

7) Características Filtro Greensand Ø3000 mm

Presión de trabajo máxima	:	5,0	kg/cm^2
Presión de trabajo mínima	:	1,5	kg/cm^2
Presión de prueba	:	7,5	kg/cm^2
Pérdida de carga máxima filtro sucio	:	9	m.c.a.
Rango de temperatura	:	5 – 40	°C.
Tiempo de retrolavado	:	10 - 15	minutos
Caudal del filtro	:	24 – 59	m^3/h
Tasa de servicio	:	5.7	$m^3/h/m^2$
Caudal de retrolavado	:	157	m^3/h.
Tasa de retrolavado	:	22	$m^3/h/m^2$
Consumo agua en retrolavado	:	39, 25	m^3 (15 minutos)
Conexiones de servicio	:	4”	
Conexiones de lavado y retrolavado	:	6”	
Cantidad de Greensand por Filtro	:	4200	Kg

Figura 8-12: Filtros Greensand

El filtro tiene capacidad suficiente, para operar adecuadamente con los niveles de Fierro presente en el agua cruda, se debe tener en consideración que durante el retrolavado, aumentará el caudal por el otro filtro, en la medida que la bomba de alimentación a filtro tenga la capacidad, de lo contrario, podría provocar problemas hidráulicos que pueden afectar tanto a la bomba de Baja presión y de alta presión, por lo que operacionalmente se debe revisar su comportamiento, para fijar la forma y horario más adecuado para realizar esta operación.

8) Bomba de impulsión agua de retrolavado:

Entrega la presión y caudal para realizar el retrolavar los filtros, estos, prácticamente no consumen carga en dicha operación, que consiste en fluidizar el lecho. Su uso es esporádico, dado que se utiliza por 30 minutos al día, retrolavado de ambos filtros. La Bomba Tiene capacidad suficiente para realizar el trabajo, no tiene Bomba de respaldo, pero dado su trabajo, no es de relevancia que lo tenga, en el momento de la visita se encontraba en buenas condiciones

Se hace la consideración que es necesario por el aumento de caudal al doble y que entre retrolavado de un filtro al retrolavado del segundo filtro, debe pasar más de una hora para la recarga del estanque de almacenamiento de agua retrolavado.

Bomba alimentación filtros:

Marca	:	SIHI
Modelo	:	ZLND 125250 AB BJ3 0B 2G2
Caudal	:	50 l/s
Carga	:	15 mca
Motor	:	15 KW
RPM	:	1450 RPM
Precio	:	$4.750.000

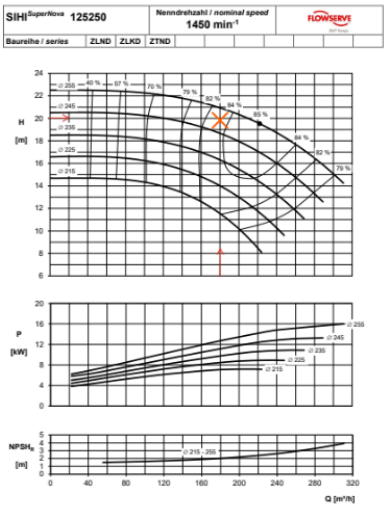


Figura 8-13: Curva bomba alimentación

9) Estanque almacenamiento agua rechazo:

Diámetro	:	3500 mm
Alto	:	3500 mm
Capacidad	:	30 m^3
Material	:	FRP

Corresponde a uno construido en FRP, con capacidad para almacenar 30 m^3.
Llega el agua proveniente del rechazo equipo de osmosis, la que es utilizada para realizar el retrolavado de los Filtros Greensand, el excedente de agua es enviada por rebalse al humedal.

10) Filtros Greensand Ø 1600 mm:

Corresponde al esquema de tratamiento inicial, consistente en tres filtros clarificadores, cuyo material filtrante correspondía a una capa de arena y una capa de antracita, la cual fue cambiada por Greensand, correspondiendo a una etapa de pulimiento, con menor cantidad de Greensand, se asume una altura de 800 mm, dada la altura que este equipo fue construido.
El funcionamiento es idéntico al descrito para los Greensand de Ø 3000mm, en este caso el sistema permite que dos de los filtros retro laven al tercero, solo con cortar el servicio de dicho filtro y abrir el retrolavado, sin embargo, debiera detenerse el equipo de osmosis, caso contrario se producirán problemas hidráulicos, por el alto consumo de agua que se produce.
La presente etapa de filtración considera tres filtros instalados en paralelo y un manifold en común que permite realizar las operaciones de retrolavado y enjuague al conjunto de la planta.
La dosis de cloro no debiera ser superior a 1 ppm, de hecho, no se le aplica cloro, solo utiliza el que excede de la primera etapa.

La revisión visual de estos equipos muestra nivel de corrosión en algunos cordones de soldaduras y es conveniente revisar, pues podrían presentar falla, si la corrosión rompe la chapa de acero de la carcasa del filtro.

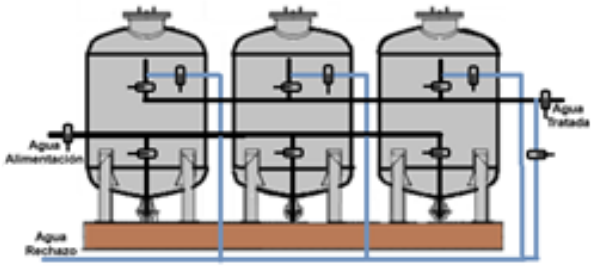


Figura 8-14: Filtros Greensand Ø 1600 mm

Características Filtro Greensand Ø 1600:

- Marca : Osmoflo
- Cantidad : tres (3)
- Modo de operación : En paralelo, manual
- Modelo : FMM-1k6-APM
- Materialidad : Acero Carbono ASTM A36
- Caudal servicio (Conjunto) : 80 m^3/h
- Caudal servicio (Cada uno) : 26,7 m^3/h
- Tasa servicio : 13,3 $m^3/h/m^2$
- Caudal retrolavado (cada uno) : 54 m^3/h
- Tasa de retrolavado : 26 $m^3/h/m^2$
- Presión mínima en Servicio : 25 mca (2,5 bar)
- Presión Nominal en Servicio : 40 mca (4bar)
- Presión máxima en Servicio : 50 mca (5bar)
- Presión para retrolavado : 18 a 20 mca
- Pérdida de carga filtro limpio : 2,8 mca aprox.
- Pérdida de carga filtro sucio : 9,6 mca máximo
- Consumo agua de retrolavado : 14 m^3 (15 minutos)
- Conexiones Alimentación servicio : 90 mm
- Conexión Agua tratada : 110 mm
- Conexiones retrolavado : 110 mm
- Cantidad de Greensand por Filtro : 1000 Kg

Este filtro Pulidor, está instalado en serie después del Filtro Greensand Ø3000mm, operará adecuadamente con los niveles de Fierro presente en el agua ya pretratada, se debe tener en consideración que durante el retrolavado, se debe cortar el servicio para lograr el caudal adecuado, la bomba de alimentación no tiene la capacidad para retrolavar y entregar agua a servicio, esto conlleva a que se debe considerar que la planta pierde prácticamente una hora de servicio al día en esta operación y si sumamos el tiempo de retrolavado de los otros filtros, en tiempo total perdido en la limpieza de los filtros es de dos horas. Una pérdida en la

capacidad de operación de un 8%, al tener que detener la planta de osmosis, para retrolavar.

8.3.4 Sistema de dosificación de aditivos

La planta requiere la adición de:

a) Hipoclorito de Sodio al 10% al agua cruda, 5ppm a los 80 m^3/h, estimándose un consumo de 4 l/h; 100 lt día 3 m^3 al mes (consumo estimado, dependerá del nivel de Hierro presente en el agua Cruda).

b) Hipoclorito de sodio al 10% al agua potable; 1 ppm a los 40 m^3/h que produce; 0.4 l/h; 10 lt al día; 300 lt al mes.

c) Antiincrustante, se estima una dosis de 4 ppm al agua cruda; un consumo de 0,3 lt/h; 8 lt/día; 230 lt/mes.

Bisulfito de sodio, se estima una dosis de 3 ppm al agua cruda 0.24Kg/hr; 6 Kg/día; 170 Kg/mes.

Para realizar las dosificaciones de aditivos, la planta cuenta con estanque plásticos de 200 lt y bombas dosificadoras más bomba nueva de repuesto.

Especificaciones técnicas de la Bomba Dosificadora:

- Marca : EMEC
- Cantidad : 3
- Tipo : Electrónica
- Modelo : VCL1004
- Capacidad : máxima4L/h @ 10bar
- Alimentación : Eléctrica; 220VAC, 50hz, 1F
- Consumo : 16W máximo

8.3.5 Equipos de osmosis

La planta osmosis instalada en los Molles, tiene una capacidad de producción de 36m^3/h, (10Lps).

Está dotada con un controlador lógico programable, PLC, el cual permite tener control de algunas variables desde el tablero, cuenta con sensores de nivel y de presión, que entregan protección de la operación del equipo, en particular, de la bomba de alta y permitir la detención o el encendido, bajo un protocolo predefinido por temporizadores, con una determinada secuencia, donde en lo principal, considera un vareador de frecuencia para iniciar la partida y detención y un sistema que permite realizar un backwash, cada vez que se detiene, para que las membranas queden con agua limpia, inhibiendo o disminuyendo la posibilidad de ensuciamiento de membranas.

La Planta se encuentra al interior de un contenedor marítimo de 12 m (40 ft), con excepción de los estanques de agua a tratar, de agua tratada y las unidades de filtración cuyo cuadro de válvulas está emplazado en el interior de contenedor.

El sistema de osmosis incorpora las siguientes unidades:

a) Un sistema de filtros de cartuchos.

b) Una bomba de alta presión.

c) Módulo con los Elementos de Membranas.

d) Sistema de Desplazamiento del Rechazo o concentrado.

e) Un Recuperador de energía.

f) Un conjunto de instrumentación.

1) Sistema de filtros de cartuchos:

El filtro de partículas corresponde a una unidad de microfiltración mediante cartuchos de papel plegado de Polipropileno. La porosidad Nominal que utiliza es de 5 micras.

Este equipo está destinado asegurar el atrapamiento de sólidos suspendidos que trae el agua y debe cambiarse cada vez que se ensucie, en este caso el fabricante señala 18 mca. De no hacerlo, la bomba de alta comienza a quedar sin presión en la línea de succión, provocando desalineación, daño en los sellos y/o cavitación, lo que afecta la vida útil del motor y de los alabe de la bomba. No se revisó en detalle, pero cabe señalar que, si no se recambian los cartuchos oportunamente, se coloca en riesgo la bomba y de fallar esta, se imposibilita continuar la operación de la planta de osmosis.

a.	Marca	:	Brother Filtration
b.	Cantidad	:	Dos (2)
c.	Modo de operación	:	En paralelo, manual
d.	Modelo	:	MF-80-150E-60
e.	Caudal servicio	:	40 m^3/h cada uno
f.	Presión Nominal en Servicio	:	40 mca (4bar)
g.	Presión máxima en Servicio	:	100 mca (10bar)
h.	Perdida de carga filtro limpio	:	0,6 mca aprox.
i.	Perdida de carga filtro sucio	:	18 mca máximo

2) Bomba de alta presión:

En el momento de la visita el motor de la bomba estaba en falla y debe ser rebobinado o cambiado. Corresponde a una unidad crítica y se recomienda tener una unidad adicional de repuesto. Está diseñada para condiciones críticas de salinidad y cuenta con vareador de frecuencia para controlar la partida y parada de la planta de osmosis, ajustar su capacidad a las necesidades reales de consumo dado su sobredimensionamiento.

La condición de falla, considerando los parámetros de diseño y de operación, hace sospechar que la unidad podría tener una condición de operación que provoca la falla, como es el de operar con microfiltros muy sucios, el de no utilizar el recuperador de energía y sobre exigir la bomba mediante el vareador de frecuencia, aumentando la corriente eléctrica del bobinado, desgastes en el alabe que genere internamente un bypass, provocando un mayor consumo de energía, al desplazar la curva a causa de esta anomalía. Subsidiando estos efectos, está el ensuciamiento de las membranas, sobre exigiendo al motor, al recibir mayor potencia al freno, aumento de la corriente por aumento de potencia,

desalineación del motor y eje. Cabe mencionar que una baja en la tensión de la corriente eléctrica, sobre la bomba, provocará daño en el bobinado, dada que esta condición, generará un aumento en la corriente eléctrica, la que causa aumento de temperatura en el bobinado y de ahí el daño. De cualquier forma, se requiere una revisión más profunda del equipo, que permita evaluar la causa real.

La presión de trabajo proyectada del equipo de osmosis es del orden de los 72 bar en las condiciones más extremas, utilizando agua de mar. El sistema de elevación de presión está conformado por una bomba centrifuga horizontal que levanta 44,6 bar, presión que es reforzada con el recuperador de energía, que le permite llegar a esa carga, al momento de la visita el recuperador de energía estaba malo y solo operaba la bomba de alta.

Características técnicas bomba de alta presión:

a.	Marca	:	ERI
b.	Tipo	:	Centrifuga Horizontal múltiple etapas
c.	Cantidad	:	Una (1)
d.	Modelo	:	AquaBold 3x4x7
e.	Cantidad de Etapas	:	14
f.	Conexión aspiración	:	4” Victaulic Style 77
g.	Conexión descarga	:	3” Victaulic Style 77
h.	Materialidad	:	Acero Dúplex 2205
i.	Punto Operación Servicio	:	80 m^3/h @ 44 bar
j.	Potencia Hidráulica en servicio	:	99 Kw
k.	Motor	:	380 VAC, 50hz,200hp, 3F, 3187rpm

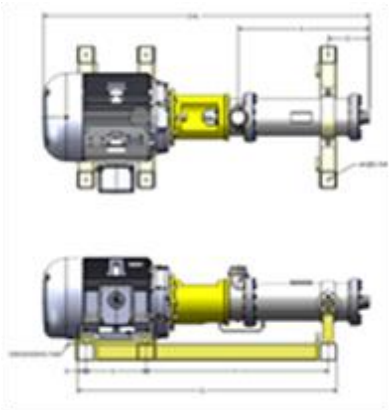


Figura 8-15: Bomba de alta presión

Tabla 8-8: Hoja de datos bomba de alta presión

Pump Performance Datasheet			
Customer	: Ingeaguas	Size	: AquaBold 3x4x7-B
Quantity	: 1	Stages	: 14
		Date last saved	: 10 Sep 2024 11:54 AM
Operating Conditions		**Liquid**	
Flow, rated	: 80 m3/h	Liquid type	: Sea Water
Differential head / pressure, rated	: 44 bar	Fluid density, rated / max	: 1.026 / 1.026 kg/dm3
Suction pressure	: 2 bar	Viscosity, rated	: 1.05 cSt
NPSH available, rated	: Ample	Vapor pressure, rated	: 0.07 bar.a
Site Supply Frequency	: 50 Hz		
Performance		**Material**	
Speed criteria	: Variable	Material selected	: Standard
Speed, rated	: 3045 rpm	**Pressure Data**	
Impeller diameter, rated	: 177.80 mm	Maximum working pressure	: 50.64 bar
Impeller diameter, maximum	: 177.80 mm	Maximum allowable working pressure	: 1,200.00 psi
Impeller diameter, minimum	: 177.80 mm	Maximum allowable suction pressure	: 150.00 psi
Efficiency	: 72.99 %	**Driver & Power Data (@Max density)**	
NPSH required	: 3.98 m	Power, hydraulic	: 97.78 kW
MCSF	: 27.16 m3/h	Power, rated	: 134.00 kW
Head, maximum, rated diameter	: 49.35 bar	Power, maximum, rated diameter	: 152.86 kW
Head rise to shutoff	: 12.16 %	Selected drive	: MOTOR, 200HP, 380V, 50HZ, F1, 447/9TS, GE
Flow, best eff. point	: 105.62 m3/h		
Flow ratio, rated / BEP	: 74.98 %		
Diameter ratio (rated / max)	: 100.00 %		
Head ratio (rated dia / max dia)	: 100.00 %		
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00		

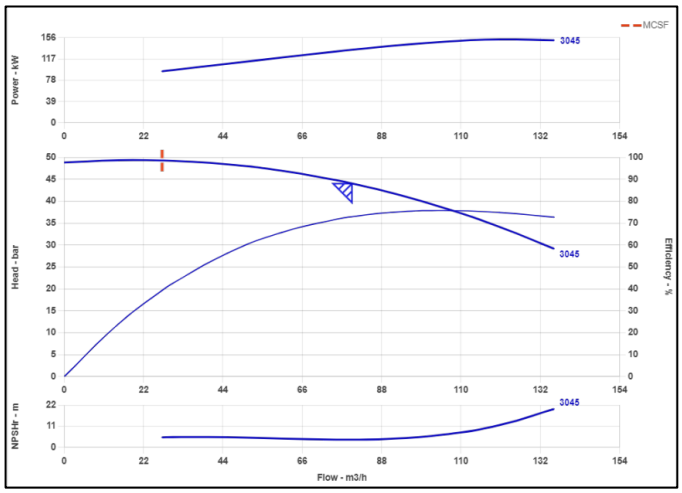


Figura 8-16: Curva caracteristiva bomba de alta presión

3) Recuperador de energía:

La planta cuenta con recuperador de energía, un Turbocharger, desarrollado por la Empresa ERI, el cual transfiere energía de presión al flujo de agua que alimenta las membranas de Osmosis, mediante un sistema que se instala en la línea de salida del agua proveniente de la bomba de alta, transfiere energía, al hacer rotar alabes con el agua de rechazo, permitiendo transferir la energía de presión mediante un eje, a otro compartimiento, donde otro alabe, reimpulsan el flujo de agua que alimentará las membranas.

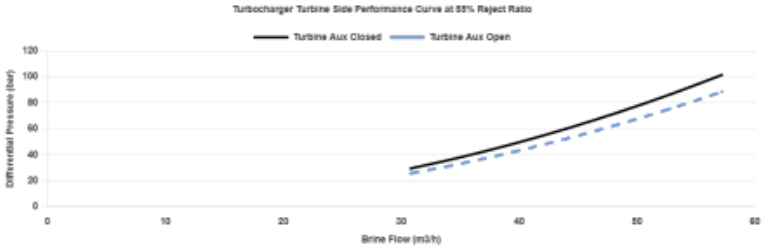
El turbocharger tiene dos compartimentos, uno corresponde a una “bomba” con su boquilla de succión y descarga y otra que corresponde a una turbina, también

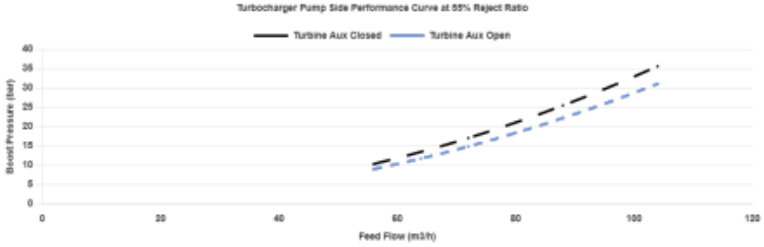
con una alimentación y una descarga. Ambos, Bomba y Turbina, tienen un eje solidario, que realiza la transferencia.

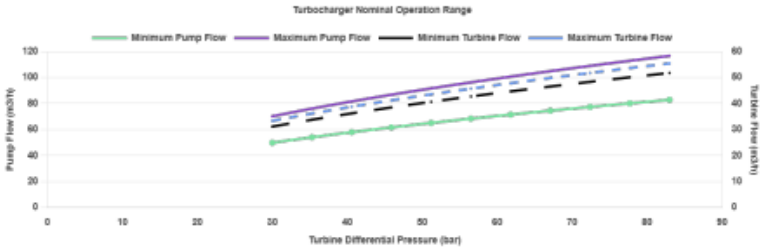
Tabla 8-9: Hoja de datos del turbocharger

Project Name : Los Molles	Company Name : Ingeaguas LTDA	Date : 09/11/2024
Project Location : Chile	Projection By : Fernando Salvo	Case Name : Case 1

	English	Metric
Feed Flow (gpm / m3/h)	352.2	80.0
Brine Flow (gpm / m3/h)	193.7	44.0
Suction Pressure (psi / bar)	638.0	44.0
Membrane Pressure (psi / bar)	942.5	65.0
Brine Pressure (psi / bar)	884.5	61.0
Exhaust Pressure (psi / bar)	14.5	1.0
Bypass (gpm / m3/h)	0.0	0.0
Turbo Efficiency, %	63.8	63.8
Auxiliary Valve Position	Closed	Closed
Turbo Reject Ratio, %	55.0	55.0
Turbo Boost Pressure (psig / barg)	305.09	21.04







Disclaimer: The data shown in this power model simulator are mere estimates and cannot be regarded as commercially binding information. Upon request, ERI will provid more accurate power model data for its customers according to specific project measurements and conditions.

Características técnicas Turbocharger

a. Marca : ERI
b. Tipo : Recuperador de Energía Turbocharger
c. Cantidad : Una (1)
d. Modelo : AT420 (¿AT350?)
e. Conexión de aspiración Bomba : 2” Victaulic Style 77}
f. Conexión de descarga bomba : 2” Victaulic Style 77
g. Materialidad : Acero Dúplex 2205
h. Conexión de aspiración Turbina : 1 1/2” Victaulic Style 77
i. Conexión de descarga Turbina : 1 1/2” Victaulic Style 77

Figura 8-17: Turbocharger

Según lo conversado con el representante para el cono Sur de América latina, el Sr. Carlos Hernandez, de la Empresa ERI, y después de aplicar su software para el dimensionamiento de esta unidad, en las actuales condiciones el modelo a implementar correspondería al AT420, el que está en conocimiento Aguas San Isidro, se entiende que sería este el modelo del equipo que está implementado, no se pudo visualizar en la visita, sin embargo es conveniente el revisar que efectivamente se encuentra cambiado, puesto que la información que entregan los manuales de operación de la planta, correspondería a una unidad más pequeña el modelo AT350.

El trabajar con una unidad más pequeña, la recuperación se hace más ineficiente y se desbalancea, provocando daño a la unidad., en la hoja de datos del turbocharger se puede visualizar los rangos de trabajo del equipo recomendado por ERI. No se conoce con certeza la unidad implementada, por información entregada por el Gerente de Sanitaria San Isidro, el turbocharger, correspondería al correcto Modelo AT 420 y no al que señalan algunos manuales AT 350.

4) Rack membranas de osmosis:

El Rack de membranas corresponde a un bastidor construido en perfil de acero carbono revestido. En él, van 14 tubos de presión, dos filas de siete tubos y en cada tubo 6 elementos de membranas. Sumando un total de 84 membranas.

5) Tubos de Presión Porta Membranas:

a. Marca : BEL
b. Tipo : FRP porta membranas de 8”
c. Cantidad : 84 tubos
d. Numero membranas por tubo : seis
e. Presión máxima : 82 bar
f. Conexiones : 2” y 3” Victaulic Style 77
g. Conexión de descarga bomba : 2” Victaulic Style 7

6) Membranas:

Se diseñó con membranas marca Toray y se cambió por la marca LG, de similares características, membranas de agua de Mar, modelo TM820V-440, para el caso de las Toray y LG SW 400, para membranas LG.

Se realizó un análisis de la presión que debiera generarse con membranas LG para diferentes concentraciones de salmuera.
Actualmente la salinidad, está cercana a los 15000 ppm, unos 20.000 µS/cm, la presión debiera ser del orden de los 35 bar y se observó en la planta es que era superior a los 40 bar, ello indica que hay un nivel de ensuciamiento importante, que afectará o puede afectar, la capacidad de producción de agua en verano. Se recomienda cambiarlas. Las actuales, revisarlas, para evaluar la conveniencia de enviarlas a regenerar.

Tabla 8-10: Concentraciones de salmuera

TDS	LG SW 400	
	TDS Permeado	Presión
ppm	ppm	Bar
5000	16	20
10000	33	26
15000	51	33
20000	68	40
25000	85	48
30000	103	55

La bomba de alta entrega 40 bar, es decir, en caso de que el agua tenga menos de 15000 µS/cm; se podrá utilizar la bomba sin necesidad de ocupar el recuperador de energía, para mayor concentración salina, es necesario su uso. Es importante comprender, que, para definir la operación del recuperador de Energía, se debe analizar el conjunto, Bomba de alta, Vareador de frecuencia, dado que hay un rango de operación que debe ser respetado para no dañar el turbocharger y/o variador de frecuencia.

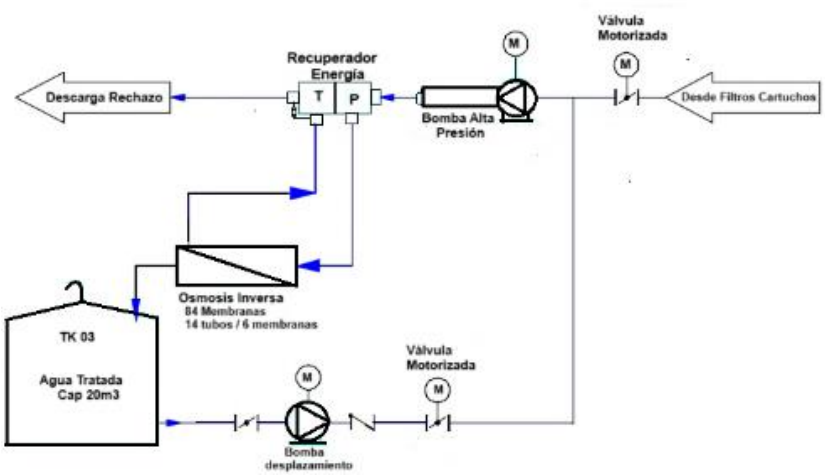


Figura 8-18: Diagrama de flujos

Tabla 8-11: Proyección realizada con membranas Hydronautics; manual de operación

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2017

Creado en 27-11-2017 01:32:04

Turbo(63,5 %)

Nombre del proyecto	Los Molles				pagina : 1/3
Calculado por	Luis Zagal Villarroel		Caudal de permeado / tren	36,00	m3/h
Caudal bomba alta presión	80,00	m3/h	el flujo de agua cruda / tren	80,00	m3/h
Presión de alimentación	72,9	bar	Conversión	45,00	%
Temperatura de alimentación	10,0	°C(50,0°F)	Edad elemento	3,0	años
pH agua alimentación	7,90		Disminución de flujo %, por año	5,0	
Dosis quimico, mg/l, -	None		Factor de ensuciamiento	0,86	%
Presión de escape de la turbina	0,30	bar	Aumento de SP, per año	7,0	%
Presión incremento turbo	24,87	bar			
Energía específica	3,89	kwh/m3			
NDP paso	33,6	bar			
Flujo promedio	18,3	lmh			

Tipo de alimentación: Pozo salobre sin ensuciamiento

Paso - Etapa	Perm. Caudal m3/h	Caudal / Tubo Alimentación m3/h	Caudal / Tubo Conc m3/h	Flujo lmh	DP bar	Flujo Max lmh	Beta	Presión por etapas Perm. bar	Presión por etapas Boost bar	Presión por etapas Conc bar	Perm. TDS mg/l	Elemento Tipo	Elemento Cantidad	PV# x Elem#
1-1	36	10	5,5	18,3	1,5	27,5	1,04	0	24,9	71,5	116,6	SWC5 MAX	48	8 x 6M

Ion (mg/l)	Agua bruta	Agua de alimentación	Permear agua	Rechazo 1
Dureza, como CaCO3	2563,53	2563,53	1,630	4657,2
Ca	550,00	550,00	0,350	999,2
Mg	290,00	290,00	0,184	526,9
Na	13540,00	13540,00	41,302	24571,7
K	1150,00	1150,00	4,384	2086,2
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0
H	0,00	0,00	0,002	0,0
CO3	2,86	2,86	0,000	10,9
HCO3	190,00	190,00	1,042	338,8
SO4	2450,00	2450,00	1,868	4450,7
Cl	21790,00	21790,00	66,413	39543,5
F	0,00	0,00	0,000	0,0
NO3	30,00	30,00	0,682	54,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	5,00	5,00	0,011	9,1
B	3,00	3,00	0,293	5,2
CO2	3,23	3,23	3,23	3,23
TDS	**40000,86**	**40000,86**	**116,53**	**72596,20**
pH	**7,90**	**7,90**	**5,81**	**8,13**

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2017

Creado en 27-11-2017 01:32:06

Saturaciones	Agua bruta	Agua de alimentación	Rechazo	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	29	29	60	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
Saturación de SiO2,%	5	5	8	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Indice de saturación Ca3 (PO4) 2	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	58,35	58,35	161,24	
Fuerza ionica	0,72	0,72	1,31	
Presión osmotica, bar	28,2	28,2	51,1	

Tabla 8-12: Proyección realizada con las membranas LG, actual en uso

LG Chem Software de Diseño Q+ V 2.4 Oct 14 2024 5:58:55

Nombre del proyecto:		**Tipo de agua:**	Los Molles	**Edad de la membrana:**	3
Nombre de empresa:		**Pérdida de flujo por año:**	7,00 %	**Factor de seguridad:**	1
Nombre de usuario:		**Aprobado por:**		**Aumento del paso de sal:**	7,00 %

Paso 1

Sistema - Pass 1

Caudal de permeado:	36,00 m³/h	**Flujo promedio:**	11,55 lmh	**Temperatura:**	15,00 °C
udal de alimentación de la OI:	80,00 m³/h	**Fuente de agua:**	Agua de pozo (SDI < 3)	**NDP promedio:**	17,60 bar
Caudal de concentrado:	44,00 m³/h	**TDS de alimentación:**	39.998,35 ppm	**Consumo específico:**	4,01 kWh/m³
Recuperación:	45,00 %	**Presión osmótica de alimentación:**	28,55 bar	**Presión de alimentación:**	63,35 bar
Número de membranas:	84	**Presión osmótica del concentrado:**	51,77 bar	**TDS de permeado:**	178,11 ppm
Tipo RDE:	Ninguno	**Eficiencia de la bomba:**	100,00 %	**Fouling Factor:**	0.8

	N.º de cajas de presión	N.º de membranas	Caudal de alimentación de la OI	Caudal de permeado	Caudal de concentrado	Presion de alimentacion OI	Concentrado Presión	Pérdida de carga por tubo	Presión de refuerzo	Contrapresión de permeado	Flujo promedio	TDS de permeado
			m³/h	m³/h	m³/h	bar	bar	bar	bar	bar	lmh	ppm
Etapa 1	14	6	80,00	35,98	44,02	63,35	62,74	0,61	0.00	1,00	11,54	178,11

Análisis de agua - Pass 1

			Concentrado	Permeado
Especies	Agua bruta	Alimentación Ajustada	Etapa 1	Etapa 1
Ammonium	0,00	0,00	0,00	0,00
Sodium	13.537,72	13.537,72	24.548,70	63,84
Potassium	1.149,81	1.149,81	2.083,87	6,81
Magnesium	289,95	289,95	526,80	0,13
Calcium	549,91	549,91	999,10	0,24
Strontium	0,00	0,00	0,00	0,00
Barium	0,00	0,00	0,00	0,00
Fluoride	0,00	0,00	0,00	0,00
Chloride	21.793,67	21.793,67	39.519,13	103,44
Sulfate	2.450,41	2.450,41	4.452,05	1,06
Nitrate	30,01	30,01	53,72	0,98
Carbonate	2,96	2,96	5,39	0,00
Bicarbonate	183,05	183,05	331,78	1,06
Boron	3,00	3,00	5,03	0,52
Bromide	0,00	0,00	0,00	0,00
Silica	5,00	5,00	9,06	0,04
TDS	39.998,35	39.998,35	72.534,62	178,11
pH	7,90	7,90	7,89	6,81

Las membranas LG son similares a las que fueron consideradas en el diseño de la planta.

Se hace notar que el agua de alimentación a la planta de osmosis, dada su alta alcalinidad y dureza, es incrustante y siempre deberá considerar la dosificación de

un antiincrustante específico para la dureza cálcica, caso contrario se incrustarán con facilidad.

Características técnicas de las membranas:

a. Marca : LG
b. Modelo : LG SW 400
c. Cantidad: : 84 membranas
d. Presión máxima Operación : 82,74bar
e. Temperatura máxima Operac. : 45°C
f. pH en operación continua : 2 a 11
g. Área de membrana Elemento : 37 m^2
h. Rechazo de sales en % : 99.7%
i. Producción/Elemento : 34,1 m^3/día
j. Máxima caída de presión/Elem. : 1bar (15psi aprox.)

7) Sistema de desplazamiento Backwash membranas:

El rechazo queda con concentraciones muy alta en sales, las que generan presiones osmóticas del orden de 20 bar a 40 bar, en el caso de agua de mar, que ayuda generar un proceso de osmosis directa, que, si la planta es detenida, manteniendo esos niveles de concentración, afecta al sistema, generando un estrés mecánico al interior de las membranas y un alto potencial de incrustación. Por esta razón, es la conveniencia de eliminar estas aguas mediante un lavado, que permita evacuarlas a través del desplazamiento con agua permeado.

En la siguiente Figura, se muestra el diagrama de flujo de la unidad de osmosis con el sistema de desplazamiento del agua de rechazo.

El agua mediante una bomba de baja presión desplaza el rechazo. Al introducirla por la línea de alimentación a las membranas, se logra desplazar el agua contenida en los tubos, disminuyendo así la salinidad.

La unidad de lavado se compone por:

a. Estanque de lavado, de 50 m^3 de capacidad.
b. Bomba de lavado.

La bomba de lavado tiene las siguientes características:

- Marca : Vogt
- Cantidad : Una (1)
- Tipo : Centrifuga horizontal
- Modelo : N629
- Materialidad : Acero Inoxidable AISI 316
- Punto Operación en Servicio : 40 m3/h @ 40 mca
- Conexión succión : DIN 65mm
- Conexión descarga : DIN 50 mm
- Motor : 80 VAC, 10 KW, 50 Hz 3 f,
- RPM : 2900 rpm

Esta Bomba es de uso intermitente, solo para la detención del equipo, en general corresponde a un caudal similar al del rechazo, 40 m^3/h y la carga Hidráulica corresponde a la pérdida de carga en la línea de rechazo, que va entre los 40 a 60

mca. El diseño considera una Bomba con la capacidad adecuada para esta función. El volumen a desplazar es aproximadamente unas tres a seis veces el volumen contenido en los tubos, 14 tubos de 8"; de 6 mt de largo unos 8 a 16 m^3 de agua, lo que demanda entre 15 a 20 minutos la operación de desplazamiento
El sistema no presenta problemas de dimensionamiento y en visita la bomba no presentó problema, se encuentra en buen estado.

8.3.6 Estanque de regulación

El sistema de agua potable cuenta con tres estanques de regulación, uno ubicados en el recinto planta agua potable de1000 m^3 de capacidad instalado recientemente, con capacidad suficiente para almacenar agua potable durante dos días, con una buena capacidad de regulación de la demanda y de abordar situaciones que requieran detención por cortos periodos de la planta potabilizadora. En la parte más alta del pueblo otros dos estanques de distribución.

a) Estanque de regulación Planta Agua potable; capacidad total 850 m^3; útil 620 m^3.

b) Estanque Los Molles (Código Bl: EST-LM-1), semienterrado de hormigón armado, de 500 m^3 de capacidad.

c) Estanque Metálico (Código Bl: EST-LM-2), semienterrado metálico, de 250 m^3 de capacidad.

Los estanques se encuentran en buenas condiciones de operación.

8.3.7 Sistema de impulsión agua potable

La planta cuenta con un sistema de impulsión de agua potable constituido por dos Bombas centrífugas marca SIHI-CHILE modelo NOWAN 5026 AB BKS OC 2, con capacidad de impulsar cada una 16 l/s@ 58 mca, la que debe elevar hasta los estanques de regulación ubicados cerca de la planta de aguas servidas, a una distancia de 590 mt y una altura geográfica de 34 mt medidos desde la planta de agua potable. El agua es impulsada en una cañería de HDPE Clase 10, DN 200 mm, lo que permite estimar que la pérdida de carga es de 0,2 mca/100 mt lineales de cañería; 1,2 mca, una carga equivalente a 36 mca. Las bombas diseñadas tienen mayor capacidad de diseño.

Características Técnica Bomba impulsión Estanque de regulación:

a)	Marca	:	SIHI
b)	Tipo	:	Centrifuga Horizontal
c)	Cantidad	:	Dos (2)
d)	Modelo	:	NOWAN 5026 AB BKS OC 2
e)	Conexión aspiración	:	65 mm
f)	Conexión descarga	:	50 mm
g)	Punto Operación Servicio	:	58 m^3/h @ 58 bar
h)	Potencia Hidráulica en servicio	:	22 Kw
i)	Motor	:	380 VAC, 50 hz,200 hp, 3 F, 2900 rpm

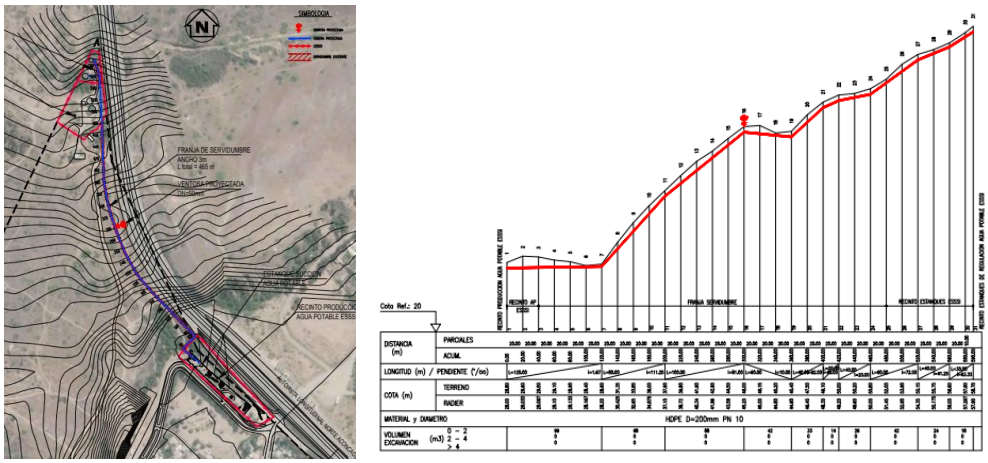


Figura 8-19: Plano emplazamiento y perfil hidráulico impulsión a estanque de distribución

Corresponde a la única instalación que cuenta con bomba de respaldo, el dimensionamiento es apropiado, considerando que la producción de agua potable es 40 m^3/h.

8.3.8 Sistema de distribución agua potable

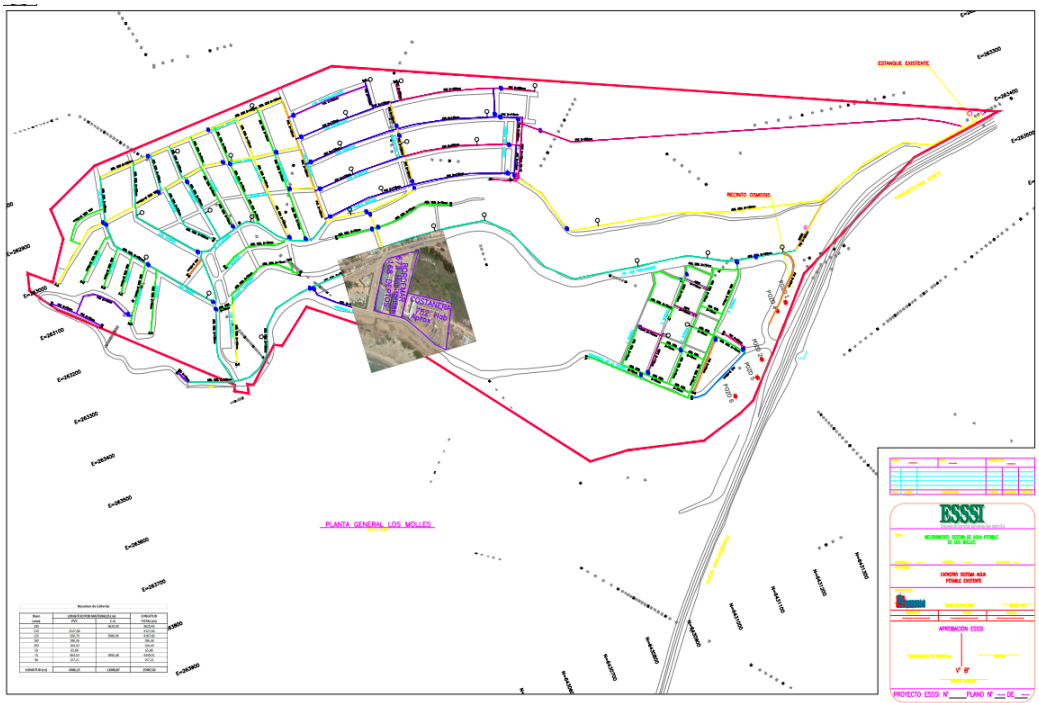


Figura 8-20: Diagrama área de concesion

La red de distribución de Los Molles tiene una longitud aproximada de 15.260 m, construida en un 45.9% en asbesto cemento, que da fragilidad a la red por su antigüedad y material utilizado. El resto 32,1% en PVC y un 22% en HDPE

Está acuartelada en cuatro sectores, estos son:

a) Sector Alto (Código Bl: AP-LM-1) ubicado en la parte alta, al nor-poniente del balneario, contiguo a Bahía Esmeralda. Está compuesto por cañerías de PVC y asbesto cemento de diámetros 75, 90, 100, 110 y 125 mm. Actualmente está conectada a la red del sector Bahía Esmeralda.

b) Sector Bahía Esmeralda (Código Bl. AP-LM-2), corresponde al sector habitacional del mismo nombre ubicado en la parte alta al nor-oriente del balneario. Está compuesto por cañerías de PVC de diámetros 110, 125, 160 y 200 mm. Esta red se abastece desde los estanques de regulación mediante la alimentadora Bahía Esmeralda, de PVC D=200 mm.

c) Sector Bajo (Código Bl: AP-LM-3), corresponde al sector plano más cercano a la playa y comercio. Está compuesto por cañerías de asbesto cemento con diámetros 75 y 100 mm. Actualmente está conectada a la red del sector Alto mediante una estación reductora de presión.

d) Sector Pescadores (Código Bl: AP-LM-4), es un pequeño sector que corresponde a la población permanente y es el más antiguo de la localidad. Está compuesto por cañerías de HDPE y asbesto cemento, diámetros 75 y 110 mm. Se abastece desde la red del sector bajo mediante una cañería de asbesto cemento D=100 mm que nace de la estación reductora de presión.

Se hace notar que, una de las principales fallas, se debe a rotura de líneas de distribución de agua, es conveniente restituir las líneas más viejas por otras, previo estudio hidráulico y definición de protocolos e instructivos de montaje e instalación.

8.4 Planta aguas servidas

8.4.1 Diagrama de proceso

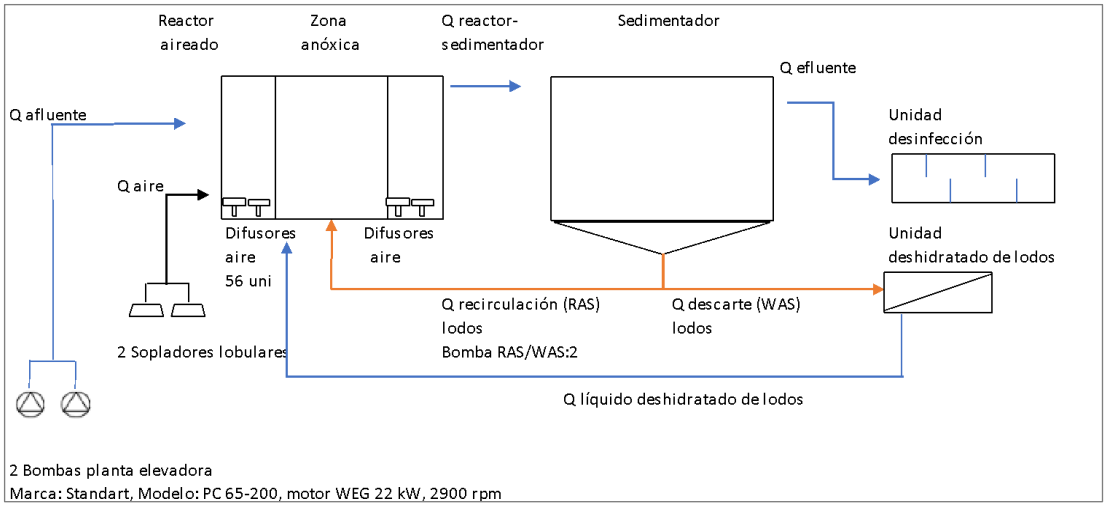


Figura 8-21: Diagrama de procesos

El tratamiento a las aguas servidas atiende dos sectores; sector alto de la localidad conocida como “Bahía Esmeralda’’, a los edificios de departamentos de los condominios “Borde Mar” y “Costa del Mar”, Además de los efluentes de la escuela de Los Molles.

La red de recolección fue construida para el proyecto habitacional "Bahía Esmeralda", se trata de un sector consolidado con red de PVC D=200 mm. El sector poniente de esta red descarga a la PEAS Los Caracoles la que impulsa al sector oriente de la misma red de recolección. Finalmente, todo el sector descarga gravitacionalmente por un Colector D=315 mm, construido junto con el mismo proyecto, hacia la PEAS N° 1, conocida también como PEAS Tasquis, la que no cuenta con rebalse de Tormenta y opera en verano con un grupo Electrógeno, para evitar afectarse por inestabilidad del sistema de suministro eléctrico. Se desconoce su condición. La PEAS N°1; debido a las inclemencias del invierno, en la visita se encontraba inundada dificultando el trabajo y el mantenimiento de las Bombas.

Las aguas servidas, son elevadas desde la PEAS N°1 y entran al sistema de tratamiento secundario. El pretratamiento se realiza en el sistema de canastillo de la planta elevadora, donde se retiran las basuras finas y otros componentes presentes en las aguas residuales, con el fin de evitar la obstrucción posterior de los elementos mecánicos. Igualmente, en esta planta elevadora se realiza el proceso de desarenado para el adecuado funcionamiento de las instalaciones de tratamiento.

La planta elevadora de aguas servidas es de sección rectangular, con una profundidad de 3,60 m y está compuesta por dos secciones, el pozo húmedo de 2,00 x 3,00 m y el pozo seco de 2,30 x 3,00 m. Se encuentran instaladas dos bombas de pozo seco (1+1) y cuenta con espacio para la instalación futura de una tercera bomba. Se trata de bombas Standart PC 65-200, motor WEG 22 kW, 2900 rpm. A la llegada del colector de ingreso se dispone de un canastillo metálico para la remoción de sólidos gruesos. En el capítulo 4.0 se listan los planos sketch de la planta, que incluye plano de detalles del diseño de esta planta elevadora.

El tratamiento secundario adoptado es por medio del sistema de Lodos Activados modalidad Aireación Extendida, el cual se efectúa al interior de un reactor aerobio a partir de la remoción del sustrato (materia orgánica) mediante acción bacteriana, favoreciendo el crecimiento de biomasa activa (microorganismos), para conseguir la transformación desde un estado soluble a particulado (sólido). Los estanques reactores se ha concebido bajo un régimen de flujo tipo Mezcla completa y de geometría cilíndrica.

Las aguas crudas entran directamente vía bombeo, desde la PEAS ubicada en Av. Los Pescadores, hasta un tanque concéntrico al reactor aerobio, con características anóxicas, donde se mezclarán con los lodos recirculados desde el clarificador secundario. En este tanque anóxico se lleva a cabo la desnitrificación. Desde este estanque, el agua pasa gravitacionalmente hacia el estanque exterior.

La aireación se realiza en el tanque exterior, que forma un anillo sobre el tanque anóxico. En el estanque de aireación se ha dispuesto de una densidad de aireación proporcionada por un sistema de difusores de burbuja fina instalados en el fondo del estanque, los cuales proveen el oxígeno necesario para degradar la materia orgánica además de la energía para mantener en suspensión el licor de mezcla del reactor en todas sus zonas de reacción. El aire es proporcionado por dos sopladores lobulares.

Luego el licor de mezcla o lodo activado pasa gravitacionalmente hacia el clarificador secundario donde se produce la separación de fases (sólida - líquida) y el agua clarificada rebalsa por un vertedero perimetral hacia un conducto único que transportará el agua tratada hacia el proceso de desinfección. El clarificador cuenta con un skimmer radial que recolecta el material flotante desde su superficie y lo llevará

hasta la cámara de espumas desde donde pasarán a la planta elevadora que los enviará hasta la cámara de aireación para su reproceso y degradación.

En el clarificador secundario, los lodos sedimentan sobre el cono inferior, los que serán recolectados y estarán permanentemente comunicados con un manifold de succión el cual comunica con las bombas de recirculación y de purga. Por un lado, los lodos recirculados se devuelven nuevamente al estanque de anoxia, según lo descrito anteriormente, para mezclarse con las aguas crudas lo que favorece el proceso de degradación actuando como una cámara selectora que evita la generación de flora filamentosa.

Por otro lado, los lodos de exceso debieran ser espesados y deshidratados en un equipo de bandas. En efecto, los lodos debieran ser sometidos a un proceso de deshidratación reduciendo su humedad hasta un 70% mediante el accionamiento mecánico, generando un queque de aspecto sólido con un 30% de SST. Este proceso final generará un lodo Clase B, según la descripción del DS 4/09, para luego ser dispuesto finalmente en sitio autorizado. Se hace notar que no hay en planta un sistema de deshidratado de lodos.

No se ha incluido una unidad independiente de desengrasado ya que la eliminación de las grasas está incluida en el propio diseño del sistema de aireación extendida. Hay que recordar que el diseño considera únicamente aguas servidas domésticas (no hay RILES) cuyas grasas son fácilmente digeridas por el sistema diseñado, lo que ha sido comprobado largamente en otras plantas de tratamiento similares en operación. De esta manera se evita además el problema adicional de disposición de las grasas retiradas.

El efluente clarificado del estanque de sedimentación secundaria se conduce hasta la obra de contacto para la desinfección, donde se agregará a las aguas clarificadas hipoclorito de sodio, como producto desinfectante, mediante un sistema de dosificación vía bombas de diafragma que agregará el producto comercial desde los tanques de almacenaje del cloro al 10% activo. Esta solución de cloro se dosifica directamente sobre el agua tratada. El tiempo de contacto mínimo es de 30 minutos para el caudal medio.

El efluente clarificado y desinfectado se dispone al curso receptor, un pequeño canal que nace y corre por el interior del recinto de captación y oficinas de ESSSI y que solo recibe eventuales aguas lluvias y descargas del agua de lavado de la planta de tratamiento de agua potable. Este canal fue revestido de hormigón y cruza por debajo de la calle de entrada a Los Molles, recibiendo eventuales derrames de aguas lluvia de la autopista y termina finalmente en el Estero Los Molles.

El principio operacional de una planta de lodo activado, o de estabilización de la materia orgánica, es en base a generar un lodo (bacterias) que degradan la materia orgánica (DBO_5), transformándolas en tejido celular, en anhidrido carbónico y agua. Así aumentarán los lodos y disminuirá la DBO_5 del agua tratada. Para hacerlo más eficiente, se recircula el lodo, para aumentar el volumen de este en el reactor, acelerando el proceso de estabilización, hasta que empieza a limitarse por la falta de oxígeno, que será inyectado al estanque o reactor biológico, para mantener una concentración en el agua de 1 a 2 mg O_2/lt. Este proceso puede ser llevado de diversas formas. Se diferenciarán básicamente, en cómo se suministra aire y el tiempo de vida medio celular (lodos jóvenes o Viejos), que determinará el volumen de lodo a mantener en el reactor y/o cantidad de lodo a extraer desde este sistema, diferenciando así, un tiempo de

retención hidráulico y un tiempo de retención celular. Una situación a veces difícil de comprender, es que, al extraer más lodos del sistema, se aumenta la producción de estos, al tener lodos jóvenes, por cierto, si estos son tan juveniles como para no reproducirse, se detiene el proceso. Al tener tiempo de retención celular más altos, los lodos se mineralizan, aumenta la tasa de muerte de las bacterias, que servirán de alimento a las que permanecen en el reactor, disminuyendo el volumen de lodo a extraer, pero, el proceso requerirá de mayor cantidad de aire, al tener que mantener por más tiempo a las bacterias.

Concepto	Modelo de flujo variante		
	Convencional.	Mezcla completa.	Aireación extendida
Tiempo de retención de sólidos.	5 – 15, días.	5 - 15, días.	20 - 30, días.
Relación de carga orgánica a sólidos.	0.2 - 0.4, kg DBO_5/kg SSVLM/día	0.2 - 0.6, kg DBO_5/kg SSVLM/día	0.05 - 0.15, kg DBO_5/kg SSVLM/día
Carga volumétrica.	0.32-0.64, kg DBO_5/m^3/día.	0.8-1.92, kg DBO_5/m^3/día.	0.1-0.4 kg DBO_5/m^3/día.
Tiempo de retención hidráulico.	4 - 8, horas.	3 - 5, horas.	18 –36 horas.
Tasa de recirculación.	25 - 75, %.	25 - 100, %.	60-100, %.
Relación de producción de lodos	Mayor a 0.6 kg SSV/kg DBO removida	Mayor a 0.6 kg SSV/kg DBO removida	Mayor a 0.5 kg SSV/kg DBO removida

Tabla 13 Parámetros Diseño Lodos Activados

Para el control del tratamiento de planta de aguas servidas, son la relación F/M (razón alimento microrganismo) y la SRT (tiempo de retención celular), estás se explican y expresa a continuación:

F/M: Expresión que indica la cantidad de alimento (F) y los microorganismos (M) en el sistema, matemáticamente y de manera simplificada se define:

$$\frac{F}{M} = \frac{DBO5 * Qa}{SSVLM * Vr}$$

Donde el Caudal afluente, Qa, se expresa en m^3/día, la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días que ingresa al sistema, DBO_5, se expresa en kg/m^3; al igual que la fracción orgánica de los Sólidos Suspendidos presentes en el reactor, SSVLM; y finalmente el Volumen del Reactor, Vr, que se indica en m^3.

SRT: Sirve para definir el tiempo que tendrá una masa de microorganismos en el sistema, o edad del lodo, que se expresa como:

$$SRT = \frac{Vr * SSVLM}{Qs * SSTs}$$

Donde el Volumen del reactor, Vr, se expresa en m^3; los Sólidos Suspendidos Volátiles que mantiene en el reactor (SSVLM), se expresa en kg/m^3; al igual que los Sólidos Suspendidos que salen del sistema (SSTs).

Este último parámetro (SSTs), expresa la concentración de sólidos que salen del sistema por medio del caudal que se purga (Qs), y que se expresa en kg/m^3.

Estas dos relaciones, determinan la cinética o velocidad de depuración que tiene una planta de lodos activados, la razón de Alimento Microrganismo, indica cuantos microorganismos deben existir para depurar una cantidad de carga orgánica en el reactor Biológico. Esta relación, está determinada por el tiempo de vida celular (SRT), que define la purga de lodos a extraer del proceso.

En función de la relación F/M y SRT (tiempo de retención celular), existen diversas formas de llevar un proceso de lodos activados, como es el proceso convencional, donde los tiempos hidráulicos son bajos, 4 a 8 horas, con un bajo tiempo celular (5 a 15 días), un lodo joven de alta productividad, permiten degradar en el menor tiempo la carga orgánica, por cierto, para mantener esta alta productividad, requiere de un mayor consumo de oxígeno y los sopladores deberán estar diseñado adecuadamente. Otro esquema es el de aireación extendida, aumenta la retención hidráulica y el tiempo de retención celular, con lo que se logra un lodo más mineralizado y con ello, una menor cantidad de lodo a purgar requiere de estanque de mayor envergadura.

En términos prácticos, una baja carga orgánica, se asocia a una baja concentración de lodos en el reactor, una cantidad de lodo que permita mantener una cinética adecuada de estabilización de la materia orgánica. Habrá un tiempo mínimo de retención celular, si se extrae mayor cantidad de lodo, se detiene el proceso y muere, de igual manera, no eliminarlos del proceso, conlleva mantener lodos viejos (lodos mineralizados) la tasa de mortalidad celular del lodo, hará que este pierda capacidad de auto mantener la cinética de tratamiento y además, estos lodos mineralizados, tienden acumularse, en el fondo del sedimentador y/o en la zona anóxica, donde continúa su descomposición anaeróbica, generando gases, que levantan el lodo y comienzan a salir por el agua tratada, hasta alcanzar el equilibrio natural que requiere el sistema, pero con la consecuencia que el agua saldrá con una mayor turbiedad y con ello, fugará una mayor cantidad de coliformes fecales, requiriendo la planta de un mayor consumo de cloro para la desinfección.

En una planta de lodos activados el sistema se adecúa a las condiciones particulares que se tengan, dentro de ciertos márgenes operativos, el sistema puede tener una mayor capacidad útil, al operarlo bajo diversas condiciones (F/M) y tiempo celular, quedando determinado principalmente por la capacidad de suministrar aire, capacidad de los sopladores.

La Planta de aguas servidas, se encuentra sobredimensionada, fue diseñada para una población de 2000 habitantes, para tratar 240 m^3/día; con un aporte unitario de carga orgánica de 36 grDBO_5/Hab. /día. (72 KgDBO_5/día). En la actualidad el caudal que recibe la planta es de aproximadamente 90 m^3/día y una carga orgánica de 280 grDBO_5/m^3; 25 KgDBO_5/Día; recibiendo un 35% de la carga orgánica y caudal para la cual fue diseñada, entregando un tiempo de retención hidráulico en la actualidad de 100 hr; 4 día.

Otro aspecto, es el sobredimensionamiento del sedimentador, este fue diseñado para retener 476 m^3; un tiempo de retención por diseño de dos días y que en la actualidad es de 5 días. El estándar es de 2 a 4 hr. La tasa de sedimentación de diseño, a caudal peak, es de 14,6 $m^3/h/m^2$, en las actuales condiciones, es de 5,4 $m^3/h/m^2$; el estándar es de 48 a 24 $m^3/h/m^2$. Si bien mejorará la sedimentación, el volumen de lodo que queda depositado en el sedimentador y el tiempo de retención, hará que tienda a escapar por la línea de agua tratada, al levantar por los gases de descomposición generados. Por otra parte, el grado de mineralización del lodo será demasiado alto por lo que se estima que con unos 10 kg día que fugue, es suficiente para mantener en equilibrio el sistema.

La planta ´por diseño, es capaz de tratar 72 Kgr DBO_5/día y un caudal de 240 m^3/día, que con pequeñas modificaciones puede lograr incluso aumentar al doble su capacidad. El sobredimensionamiento, les ha permitido no purgar, sin embargo, tiene un efecto negativo en la calidad del agua tratada, el exceso de lodos tiende a fugar en la línea de agua tratada.

Resulta conveniente, revisar la forma de operación, dado que podrían existir oportunidades de ahorro de energía, al utilizar los aireadores con una determinada frecuencia que tienda a disminuir el consumo eléctrico de la planta de tratamiento.

8.4.2 Planta elevadora

En la planta elevadora visitada se observan los siguientes equipos:

a) Bombas y tablero de control

- Cantidad : Dos (2) bombas
- Marca : Standart
- Modelo : PC 65-200
- Motor : WEG 22 kW, de 2900 rpm.
- Un (1) tablero eléctrico
- Un (1) grupo electrógeno

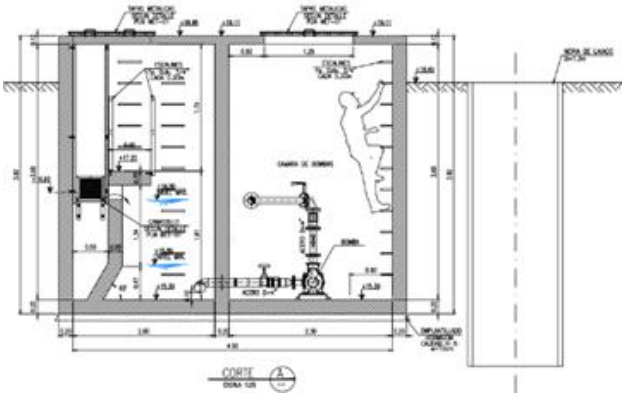


Figura 8-22: Diagrama planta elevadora

8.4.3 Tratamiento biológico

El tratamiento secundario, o biológico se realiza en un estanque circular, provisto de difusores de burbuja fina para la distribución de aire. El aire es suministrado por 2 sopladores lobulares. La línea de lodos para la recirculación y el descarte se efectúa con 2 bombas:

1) Reactor biológico:

a. Geometría : Circular
b. Volumen útil : 334 m^3
c. Altura útil : 4,5 m
d. Difusores burbuja fina : 56 unidades
e. Sopladores lobulares : 2 unidades, marca: Kaeser; modelo: BB52C
f. Bombas recirculación y descarte : 2 unidades, marca: Standart; modelo: TP PC 50-160 VX; motor: 2,9 HP; Caudal: 5,6 L/seg; Altura:10 m.

Sopladores Lobulares

Reactor Biológico

Bomba Recirculación

Figura 8-23: Reactor biológico

En visita realizada se observa solo 1 bomba de recirculación/descarte de lodos operativa, lo cual se ilustra en la foto de arriba.

2) Tratamiento anóxico

En la misma estructura y de manera concéntrica al reactor biológico, se encuentra una zona anóxica para el tratamiento de los lodos, el cual tiene las siguientes características:

a. Volumen útil: 51 m^3
b. Altura: 4,5 m

Los lodos son transportados desde la etapa de sedimentación a este reactor, llama la atención que no hay descarte de lodos, se nos indica, que no están enviando a disposición final porque no se están generando.

8.4.4 Sedimentación

3) Unidad sedimentación

La unidad de sedimentación está provista de un puente barredor para los lodos, y es un estanque con las siguientes características:

a. Cantidad : 1
b. Geometría : Circular
c. Volumen útil : 476 m^3
d. Altura : 4,5 m

El sedimentador, en su parte inferior tiene la forma cónica donde se acumulan los lodos para recircular o descartar.

Durante la visita nos indican que mantienen un manto de lodos de 1,5 m aproximadamente, y que no están produciendo lodo a descarte, y que todo va por recirculación al reactor anóxico.

Figura 8-24: Sedimentador

8.4.5 Desinfección

La desinfección se realiza por medio de una bomba instalada al costado del estanque sedimentador en una estructura acondicionada para ello, donde también se almacena el estanque con la solución de hipoclorito de sodio, Unidad desinfección, dado lo critico que es la etapa de cloración, para dar cumplimiento a la normativa en relación a los coliformes, es recomendable considerar una bomba adicional que se mantenga en stand by.

a) Bomba dosificadora : 1

b) Marca : TEKNA EVO

c) Modelo : AKS 603

Figura 8-25: Sedimentador

8.4.6 Línea de lodos

Todo el lodo sedimentado, en el estanque clarificador, está siendo recirculado, por lo cual, no se apreció en la visita este proceso. Como ha sido mencionado, el lodo sedimentado se está recirculando en un 100%, no existiendo desecho de lodo desde las unidades de tratamiento.

En la línea de lodos se observan 2 bombas, 1 en operación y la otra en mantención por falla.

8.5 Sistema eléctrico y de control

Se revisaron tableros y equipos del punto de vista eléctrico con el objetivo de levantar vulnerabilidad que puedan representar riesgos para las personas, equipos y el proceso. En este marco se presenta la siguiente información que es un resumen del informe INGEA-I0492024-EP-01000-300INF-0003 adjunto a este estudio.

8.5.1 Parámetros eléctricos generales y temperaturas

En la siguiente tabla se entrega los valores medidos de tensión. potencia, temperatura.

Tabla 8-14: Mediciones de parámetros eléctricos

DESIGNACIÓN	TENSIÓN Voltios	POTENCIA NOMINAL Amperios	POTENCIA REAL Amperios	TEMPERATURA EQUIPO T° C.	TEMPERATURA VDF T° C	CONFIGURACIÓN VDF hz.
SONDA 1	380	21	11		75	38,7
SONDA 2	380	21	11		73	40,5
SONDA 3	380	21	11		36	40,3
SONDA 4	380	21	11		26	38,3
SONDA 5	380	31	21		33	50
NORIA	380	11	5,5			
BBA ALTA PRESIÓN	380	261	203	47	40	42,25
BBA. ALIMENTACIÓN	380	54,9	32	19	25	45
BBA. ELEVADORA 1	380	40,5	25	30	40	45,3
BBA. ELEVADORA 2	380	40,5	25	20	40	45,3
BBA. DOSIFICADORA HIPOCLORITO 1	220	0,01		22		
BBA. DOSIFICADORA HIPOCLORITO 2	220	0,01		26		
BBA. DOSIDFICADORA ANTI INCRUSTANTE	220	0,01		22		
SOPLADOR	380	8,2	6,5	58	28	29,8

Para equipos como motores y vareadores de frecuencia, la recomendación es que la temperatura esté por debajo de los 40 °C, y nunca por sobre los 60 °C.

Se hace notar el riesgo que existe en bomba de alta presión, soplador, VDF de sonda 1 y 2, bombas de elevación 1 y 2; donde las mediciones arrojan valores igual o superior a los 40°C. Estas altas temperaturas pueden tener su origen en: falta de mantenimiento, filtros tapados, falta de aireación, entre otros.

En general se observó falencias en la ventilación, control de polvo y humedad, por lo que debe ser mejorado e implementar gabinetes que permitan controlar lo señalado (polvo, temperatura, humedad).

8.5.2 Aislamiento de motores

Se realizaron mediciones de aislación entre: 1. Bobinas y tierra de protección (carcasa del motor) y 2. Aislación entre bobinas

Importante tener presente que, al aplicar una tensión de 1000 voltios, se considera que una resistencia mínima que debe existir es de 100 MΩ, valor por debajo manifiesta un riesgo de quema de bobinados y/o formación de arco eléctrico.

a) Bomba de alta presión osmosis

Tabla 8-15: Mediciones pruebas de aislación en carcasa

BOBINA	TIERRA PROTECCIÓN	RESULTADO MΩ	TENSIÓN APLICADA (V)
V-1	T.p	172	1000
U-1	T.p	240	1000
W-1	T.p	49,9	1000
V-2	T.p	161	1000
U-2	T.p	45,8	1000
W-2	T.p	132	1000

Tabla 8-16: Mediciones aislación entre bobinas

BOBINA 1	BOBINA 2	RESULTADO	UNIDAD
V-1	V-1	0	MΩ
V-1	V-2	57,3	MΩ
V-1	W-1	4,8	GΩ
V-1	W-2	1,16	GΩ
V-1	U-1	1,34	GΩ
V-1	U-2	89,3	MΩ
V-2	V-2	0	MΩ
V-2	W-1	3,5	GΩ
V-2	W-2	5,3	GΩ
V-2	U-1	5,1	GΩ
V-2	U-2	6	GΩ
W-1	W-1	0	MΩ
W-1	W-2	106,2	MΩ
W-1	U-1	1,28	GΩ
W-1	U-2	326	MΩ
W-2	W-2	0	MΩ
W-2	U-1	141	MΩ
W-2	U-2	OL	MΩ
U-1	U-1	0	MΩ
U-1	U-2	231	MΩ
U-2	U-2	0	MΩ

Los resultados mostrados señalan que existe una resistencia entre bobinado y carcasa por debajo de la mínima resistencia recomendada, lo mismo ocurre en la aislación entre bobinas. Esto expresa que hay falla eléctrica por lo que la recomendación es cambio de motor.

b) Bomba de baja presión alimentación osmosis

Tabla 8-17: Prueba de aislación carcasa

BOBINA	TIERRA PROTECCIÓN	RESULTADO MΩ	TENSIÓN APLICADA (V)
V	T.p	OL	500
U	T.p	OL	500
W	T.p	OL	500

Tabla 8-18: Prueba de aislación entre bobina

BOBINA 1	BOBINA 2	RESULTADO	UNIDAD
V	V	0	MΩ
V	W	OL	MΩ
V	U	OL	MΩ
W	W	0	MΩ
W	U	460	MΩ
U	U	0	MΩ

Los resultados señalan la existencia de una deficiente aislación, por lo que se recomienda rebobinar. La aislación de fábrica está entorno a los 5,5GΩ, y la medida fue de 0.46 GΩ.

c) Bomba elevadora 1

Tabla 8-19: Prueba de aislación carcasa

BOBINA	TIERRA PROTECCIÓN	RESULTADO MΩ	TENSIÓN APLICADA (V)
V	T.p	OL	500
U	T.p	OL	500
W	T.p	OL	500

Tabla 8-20: Prueba de aislación entre bobina

BOBINA 1	BOBINA 2	RESULTADO	UNIDAD
V	V	0	MΩ
V	W	OL	MΩ
V	U	OL	MΩ
W	W	0	MΩ
W	U	OL	MΩ
U	U	0	MΩ

Todas las aislaciones de carcasa y boninas están en buenas condiciones, la recomendación es seguir controlando.

d) Bomba elevadora 2

Tabla 8-21: Prueba de aislación entre bobina

BOBINA	TIERRA PROTECCIÓN	RESULTADO MΩ	TENSIÓN APLICADA (V)
V	T.p	OL	500
U	T.p	OL	500
W	T.p	OL	500

Tabla 8-22: Aislación entre bobina

BOBINA 1	BOBINA 2	RESULTADO	UNIDAD
V	V	0	MΩ
V	W	OL	MΩ
V	U	OL	MΩ
W	W	0	MΩ
W	U	OL	MΩ
U	U	0	MΩ

Todas las aislaciones de carcasa y boninas están en buenas condiciones, la recomendación es seguir controlando.

e) Motor soplador PTAS

Tabla 8-23: Aislamiento carcasa

BOBINA	TIERRA PROTECCIÓN	RESULTADO MΩ	TENSIÓN APLICADA (V)
V	T.p	OL	500
U	T.p	OL	500
W	T.p	OL	500

Tabla 8-24: Aislamiento entre bobinas

BOBINA 1	BOBINA 2	RESULTADO	UNIDAD
V	V	0	MΩ
V	W	OL	MΩ
V	U	OL	MΩ
W	W	0	MΩ
W	U	OL	MΩ
U	U	0	MΩ

Todas las aislaciones de carcasa y bobinas están en buenas condiciones, la recomendación es seguir controlando.

8.5.3 Sistema eléctrico

Se observó condiciones subestándares en el sistema de cableado y tableros, donde es evidente su exposición directa a polvo y aire marino, además, los tableros no cuentan con disipadores de calor para mitigar el calor que se genera, que es entre 3% a 10% de la potencia del motor. Ósea, un motor de 150 kW emitirá energía calórica entre 4,5 y 15 kW.

8.5.4 Conexiones y canalizaciones

La generalidad de las conexiones y canalizaciones no cumplen con la norma RIC (RIC N° 3, 4, 5, 7, y 10).

Fotos condiciones subestándar de conexiones y canalizaciones eléctricas.

Figura 8-26: Fotos condiciones subestándar de conexiones y canalizaciones eléctricas

Tableros eléctricos

Figura 8-27: Fotos tableros eléctricos planta de tratamiento de aguas servidas

En revisión de tableros en la planta de tratamiento de aguas servidas, se evidencia la ocurrencia de un corto circuito o fallo de protección de componentes eléctricos, que no ha sido reparado. En la última imagen nos ilustra la corrosión en puertas de gabinetes de los tableros eléctricos. Esto nuevamente manifiesta falta de mantenimiento y unidad no aptas para las condiciones de ambientes costeros.

8.5.5 Instrumentación

Figura 8-28: Fotos equipos de control

Se aprecia en equipos de instrumentación y control de procesos con presencia de corrosión y por lo tanto riesgo de falla, lo que vuelve vulnerable el control de procesos.

8.6 Análisis de riesgo operacional

8.6.1 Captación Sondaje playa

Los principales riesgos operacionales de la captación:

a) **Ensuciamiento de cribas**: Disminución de caudal, ingreso de aire a la línea de succión pozos, sobrecalentamiento del motor de la bomba, su frecuencia es alta y por el número de pozos, el impacto o intensidad, es bajo. Requiere de un programa de mantenimiento permanente y conlleva un aumento en las horas de mantenimiento a realizar.

b) **Vandalización del recinto**, Robo o destrucción de la maquinaria, su frecuencia es muy baja, su impacto alto, podría dejar a la población por un tiempo prolongado sin abastecimiento o con dificultad para abastecer de agua.

c) **Disminución de la capa freática**, Disminución de caudal, ingreso de aire a la línea de succión pozos, sobrecalentamiento del motor de la bomba, ensuciamiento del agua, aumento de turbiedad, Fierro, manganeso y conductividad, daño prematuro de las membranas, aumento de presión osmótica, depende de la condición Hidrogeológica, frecuencia media, intensidad o impacto medio, dependiente de la robustez del pretratamiento.

d) **Falla suministro eléctrico**: Instalación con bajo estándar eléctrico, demasiada humedad y polvo que no se condice con el nivel de protección de los tableros e instrumentos, el recinto no tiene la aislación térmica apropiada al clima, pudiendo dañar la maquinaria por sobrecalentamiento, se deben construir cabinas de protección que cumplan estándar apropiado y que permitan proteger la maquinaria. Además, se debe considerar que no es posible mantener el petróleo en el recinto, por estar cercano a la playa, sin vigilancia, dificultando el mantenimiento, frecuencia mediana a alta, impacto mediano a alto, se recomienda mejorar todo el recinto para una mayor protección y mejorar la vigilancia del sector.

8.6.2 Captación Pozo Noria

Similar al punto 8.6.1; en este caso por las características de la Noria, para obtener una cantidad de agua adecuada, se deben realizar estudios de la capacidad de recarga y modificar las norias y/o pozo en función de la capacidad real de extraer agua a causa de la sequía, disminución del nivel freático:

a) **Disminución de la capa freática**: Disminución de caudal, ingreso de aire, sobrecalentamiento del motor de la bomba, ensuciamiento del agua, aumento de turbiedad, Fierro, manganeso y conductividad, daño prematuro de las membranas, aumento de presión osmótica, depende de la condición Hidrogeológica, frecuencia media, intensidad o impacto alto, dependiente de la robustez del pretratamiento.

b) **Falla suministro eléctrico**: Instalación con bajo estándar eléctrico, no se condice el nivel de protección de los tableros e instrumentos, el recinto no tiene la aislación térmica apropiada, pudiendo dañar la maquinaria por sobrecalentamiento, se deben construir cabinas adecuada para el sistema de control de motores, y mejorar el cableado, que cumplan estándar, frecuencia mediana a alta, impacto alto.

8.6.3 Pretratamiento

El pretratamiento fue implementado para disminuir la turbiedad, Fierro, Manganeso, está constituido por un estanque de 50 m^3 de capacidad, recibe indistintamente agua proveniente de las norias y sondaje, permitiendo mezclar y ajustar los niveles de salinidad del agua de alimentación al equipo de osmosis. Los sondajes, mantienen una conductividad muy alta, referida a la salinidad de las norias. En dicho estanque se dosifica cloro al arbitrio del operador, para pasar a un estanque de igual dimensión al anterior, pero instalado en forma horizontal

a) **Estanque Floculador**: Se puede romper el estanque de floculación, por no tener refuerzos, la posibilidad de este evento es alta, dado que no se cuenta con información técnica apropiada y a las solicitaciones normales debido a la operación, se considera una alta posibilidad que ocurra, una frecuencia media y una intensidad o impacto alto. Depende de la robustez del equipo, en el evento de ocurrir, cortará suministro de agua, e implica exponer a las membranas a un desgaste prematuro.

b) Mal Control en dosis de Hipoclorito, daño a las membranas, deterioro de la calidad agua producto, aumento en el costo de producción de operación, por recambio prematuro de membranas; frecuencia alta, intensidad de impacto medio (aumento costo de producción).

c) Falta de extracción de lodos adecuadamente, colmatación de los filtros Greensand, prematuramente, aumento de retrolavado, detención de la planta por retrolavado, problemas hidráulicos que tienden a deteriorar bomba de baja y bomba de alta presión equipo de osmosis, frecuencia alta, intensidad de impacto medio, daño prematuro en equipos y membranas, aumento en el costo de operación y mantenimiento.

8.6.4 Filtros Greendsand

a) retrolavado a destiempo; aumento de perdida de carga, afección a bomba de baja presión y de alta, pueden caer en cavitación, daño en motor y sello de las bombas, implica exponer a las membranas a un desgaste prematuro, frecuencia media, intensidad de impacto medio a alto, puede provocar detención del equipo de osmosis al no contar con respaldo estas bombas.

b) Retrolavado mal hecho, mal movimiento de válvulas, daño en motor y sello de las bombas, de baja presión y de alta, pueden caer en cavitación, frecuencia media, intensidad o impacto alto, puede provocar detención del equipo de osmosis al no contar con respaldo estas bombas.

8.6.5 Filtros cartuchos:

a) Deben cambiarse oportunamente, la bomba de alta debe tener succión positiva, de dos bar mínimos, en caso contrario las solicitaciones mecánicas de partir parar de la bomba dañan sellos, lo que, en el tiempo, provocará deterioro de la bomba, frecuencia baja, intensidad media.

8.6.6 Equipo de Osmosis

El equipo de Osmosis es la parte esencial del proceso, consta de 14 tubos con 6 membranas o filtros cada tubo, en total 96 membranas, son de un alto costo y su

función principal es retener sales disueltas, mejorar la calidad del agua, potabilizarla, en cuanto se debe eliminar o disminuir concentraciones de algunos iones, que al estar en exceso la imposibilita para el consumo humano. El agua debe llegar libre de sólidos suspendido, por ello el pretratamiento que se somete, y si no funciona adecuadamente, las membranas se ensucian aumentando presión y echando a perder las membranas, aumentando el costo operacional, sea por mayor consumo energético, al trabajar a mayor presión o porque la tasa de recambio o frecuencia de recambio aumenta, son dos aspectos que se deben cuidar, llevar un control de las variables de proceso, esto es presión, caudal y conductividad de las corrientes líquidas (Alimentación, rechazo y Permeado) y calidad química del agua de alimentación, variable esencial para definir el rechazo y caudal de permeado que debe ser considerado en el equipo en particular, no llevar un control de estas variable, provocará que las membranas se dañen. El equipo tiene que procesar aguas de diferentes calidades y el operador debe estar capacitado para la toma de decisión apropiada, un agua incrustante como la que se tiene debe considerar la dosificación de antiincrustante y no se debe sobrepasar el recobro predefinido, si no, las membranas se obstruyen, aumenta la presión, hasta que la capacidad de producir agua se ve afectada, porque se rompieron las membranas o aumentó en exceso la presión de trabajo. En tal sentido, se debe llevar control de conductividad de cada tubo, en forma diaria y en caso de tener tubos con alta conductividad se debe reparar. Por las características del equipo, se debe parar la operación, abrir el tubo en defecto y cambiar sellos, si esta es la causa, cuestión muy común dado la alta presión que trabaja y las detenciones o partida del equipo, provoca golpes de ariete que tienden a soltar sellos y echar a perder la calidad de agua producto.

La bomba de alta, ya lo hemos indicado se ve afectada por eventos hidráulicos del pretratamiento, pero también debido a las condiciones operacionales que se generan debido al ensuciamiento, aumento de presión, se debe revisar esta bomba con cierta periodicidad y realizar los recambios de las piezas de desgaste, tal como el fabricante lo indica, a veces, por daño de alabes, al interior de la bomba se generan contraflujos, que son detectados por el aumento de amperaje de la bomba. Se hace notar que la bomba es operada con vareador de frecuencia y con recuperador de energía, ambos equipos manejan un rango operacional, no respetarlos, hará que estos se deterioren. El daño de la unidad central, Bomba, turbocharger, vareador de frecuencia, membranas, implica dejar fuera de servicio la planta, afectando a la población al detener el suministro de agua:

a) Falta de capacitación de los operadores, daño del equipo por operación inadecuada, regulación de rechazo, deficiencia de control, mantener membranas dañadas por excesivo tiempo que además de producir mala calidad de agua, tiende a provocar daño en la bomba de alta y turbocharger, frecuencia alta, impacto medio, puede llegar a dañar el equipo y dejar sin agua a la población.

b) Falta de control bomba de alta, daño del equipo, alteración o interrupción de la operación, frecuencia media a alta, impacto alto.

c) Control inapropiado del equipo, caudal de rechazo, dosis de antiincrustante, presencia de Cloro, de fierro alto nivel de sólidos suspendidos (turbiedad, SDI), daño prematuro de membranas, mala calidad del agua producida, baja en la producción de agua permeado, aumento en el costo de producción por recambio prematuro de membranas. Frecuencia media a alta, impacto medio a alto, cambio de membranas.

d) Recambio o lavado de membranas a destiempo, provocará mala calidad de agua e incapacidad de producir el caudal de diseño, frecuencia media a alta, impacto medio a alto.

8.6.7 Desinfección y control de pH:

El agua permeado tiene baja conductividad y alcalinidad, ello trae que puede afectar su potabilidad, en el caso que el pH baje del rango permitido, por ello se debe llevar un control permanente de este parámetro, igualmente debe mantener una dosis de cloro permanente, lo que se realiza mediante bomba dosificadora, en el momento de la visita no se vio la existencia de una de repuesto, pero dado el bajo costo, hace pensar que debe existir una en el recinto, dado que el impacto de no entregar el agua con la cloración pertinente, la sanitaria entra en incumplimiento el calidad del agua y genera un riesgo sanitario, que la obliga a mantener un control estricto sobre esta variable

Riesgo, falta de cloro de en el agua Potable, por falta de stock de cloro o falla de la bomba dosificadora, frecuencia baja, riesgo alto

8.6.8 Planta de tratamiento de aguas servidas

El sistema de tratamiento de agua servida se encuentra sobredimensionado, y el efluente se descarga al humedal, luego de una cloración. Siendo el principal riesgo, la transmisión de organismos patógenos, que son regulados por dosificación de cloro, el tratamiento actual, por los tiempos de residencia y en consideración a que el humedal es un cuerpo de agua con una alta carga orgánica, superior a la del agua Servida tratada, no se visualiza un impacto significativo

Al analizar los resultados de los informes de SGS, se detectó que un alto porcentaje de dichos análisis mantenían un alto contenido de coliformes fecales por sobre los 1000 NMP/100 ml, situación que difiere de los autocontroles realizado por la Empresa sanitaria. Estos resultados son un indicio que pudiera estar fugando lodos y/o falta de cloración. Llama la atención que los análisis de control de la sanitaria muestran que no ocurren eventos donde se sobrepasen los niveles de Coliformes fecales. Es posible que esta diferencia se deba a los procedimientos de toma de muestra y/o al método de análisis realizado. Sin embargo, es recomendable que la sanitaria revise la cloración y busque en lo posible una regulación de la dosis mediante control de laso cerrado

8.7 Balance oferta demanda (BOD)

Las planillas de control entregadas por la sanitaria muestran que hubo un déficit de oferta de agua potable, equivale a la producción de la PTOI+PDAM, esto se ilustra en siguiente la tabla, se debe considerar que el desarrollo de la tabla considera la producción real que se tuvo y no la capacidad de la planta (22.500 m^3/mes) valor que debiese producir la planta y no entrar en falla por vulnerabilidad del sistema.

Tabla 8-25: Balance oferta demanda (BOD)[2]

Año	2022			2023			2024		
Mes	Suma de Demanda (m3/mes)	Suma de Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/mes)	BOD.2022	Suma de Demanda (m3/mes)	Suma de Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/mes)	BOD.2023	Suma de Demanda (m3/mes)	Suma de Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/mes)	BOD.2024
Enero	19.944	17.177	-2.767	19.555	18.793	-762	17.479	17.837	358
Febrero	20.936	20.275	-661	21.345	15.825	-5.520	20.631	19.026	-1.605
Marzo	11.835	11.835	-	9.831	9.441	-390	9.701	10.091	390
Abril	11.302	11.302	-	9.725	9.590	-135	8.828	9.039	211
Mayo	8.907	8.892	-15	7.441	6.816	-625	7.964	8.118	154
Junio	10.456	10.501	45		-	-	6.702	6.488	-215
Julio	9.988	9.928	-60		-	-			-
Agosto	9.265	9.355	90	1.886	1.916	30			-
Septiembre	11.972	11.897	-75	8.129	8.084	-45			-
Octubre	10.942	10.807	-135	8.423	8.957	534			-
Noviembre	12.931	13.081	150	4.278	4.643	365			-
diciembre	14.109	13.989	-120	10.148	10.742	594			-
Total general	**152.587**	**149.039**	**-3.548**	**100.761**	**94.807**	**-5.954**	**71.305**	**70.598**	**-707**

En la columna BOD se observa el resultado del balance, el cual ha sido determinado ocupando la fórmula:

$$BOD = \sum_{1}^{N} \quad (PRODUCCIÓN\ PTOI1 + PRODUCCIÓN\ PTOI2) - \sum_{1}^{N} \quad DEMANDA\ DE\ AGUA$$

Donde:

- N : Es el número de días del mes
- PTOI : Es la planta de osmosis inversa
- PTOI2 : Es la de planta desaladora de agua de mar, PDAM

Este cálculo. del BOD, a partir de la producción año 2022 a 2024, nos da como promedio anual un déficit de 3000 a 5000 m^3, concentrados en los meses de verano. Se hace notar que, si la planta hubiera producido los 790 m^3/día, su capacidad de diseño, que considera dos horas detenida por mantenimiento, lavado de filtros principalmente y otras situaciones operacionales, en tal condición, el déficit de producción diario se circunscribe a los meses de verano, pero de baja incidencia, no mayor a 200 o 400 m^3 en el periodo. Sin embargo, la precariedad del sistema, en particular su sistema eléctrico, ensuciamiento de membranas, mala calidad en el pretratamiento hace sospechar que se mantendrá este déficit y es aconsejable pensar que una vez o dos veces en el mes se puede cortar el suministro por mantenimiento del equipo de osmosis, lavado de membranas o recambio de sellos. Es decir, para el próximo verano, es conveniente considerar que, de no reparar todas las falencias existentes, se debiera considerar para los tres meses de verano un estimado de 4.500 m^3, abastecida por camión aljibe.

El mayor déficit entre oferta y demanda se da en el mes de enero para el año 2022, en febrero para el año 2023, y también en febrero para el año 2024.

8.7.1 Año 2022

En el siguiente gráfico, año 2022 las curvas se muestran en las variables:

1. Producción (curva de color anaranjado)

[2] Fuente. Elaboración propia a partir del documento de nombre: Copia de planilla Los Molles simplificada dic 2021 jun 2024. Para efectos de cálculo se tomaron los datos a partir del día 02 de enero del año 2022, pues no estaba de manera consistente desde fechas anteriores.

2. Demanda (curva de color celeste)

Posteriormente se realiza un análisis para el mes de mayor demanda año 2022.

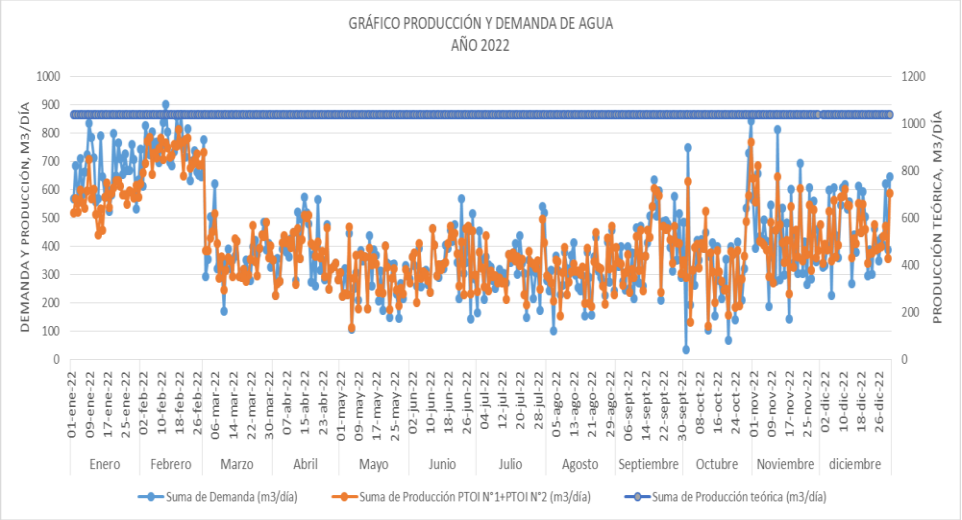


Figura 8-29: Gráfico producción real y teórica, y demanda año 2022[3]

Tabla 8-26: Mes máxima diferencia entre producción y demanda año 2022[4]

Día	Demanda (m3/día)	Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/día)	Producción Teorica	BOD (m3/dia)	BOD Teorico (m3/dia)
01-ene-22					
02-ene-22	569	519	750	-50	182
03-ene-22	684	569	750	-115	67
04-ene-22	557	522	750	-35	194
05-ene-22	710	600	750	-110	41
06-ene-22	583	554	750	-29	168
07-ene-22	663	536	750	-127	88
08-ene-22	723	595	750	-128	27
09-ene-22	836	708	750	-128	-86
10-ene-22	785	567	750	-218	-35
11-ene-22	714	601	750	-113	36
12-ene-22	556	512	750	-44	194
13-ene-22	568	440	750	-128	182
14-ene-22	791	533	750	-258	-41
15-ene-22	646	457	750	-189	104
16-ene-22	574	575	750	1	176
17-ene-22	608	623	750	15	142
18-ene-22	523	538	750	15	227
19-ene-22	584	588	750	5	167
20-ene-22	799	607	750	-192	-49
21-ene-22	649	632	750	-17	102
22-ene-22	765	631	750	-134	-15
23-ene-22	711	613	750	-98	39
24-ene-22	655	581	750	-74	95
25-ene-22	727	582	750	-145	24
26-ene-22	669	548	750	-121	82
27-ene-22	667	596	750	-71	83
28-ene-22	761	591	750	-170	-11
29-ene-22	707	570	750	-137	43
30-ene-22	531	615	750	84	219
31-ene-22	634	574	750	-60	116
Total general (m3)	**19.944**	**17.177**		**-2.767**	
Máximo	836	708		84	

[3] Fuente: Elaborado a partir de información del archivo: Copia de planilla Los Molles simplificada dic 2021 - jun 2024.

Durante el mes de enero la sanitaria no supera una producción de 700 m^3/día, salvo el día 9, donde logró producir 708 m^3/día.

La información de producción y demanda la mostramos en la Figura 8-30, el cual facilita identificar los días de mayor diferencia:

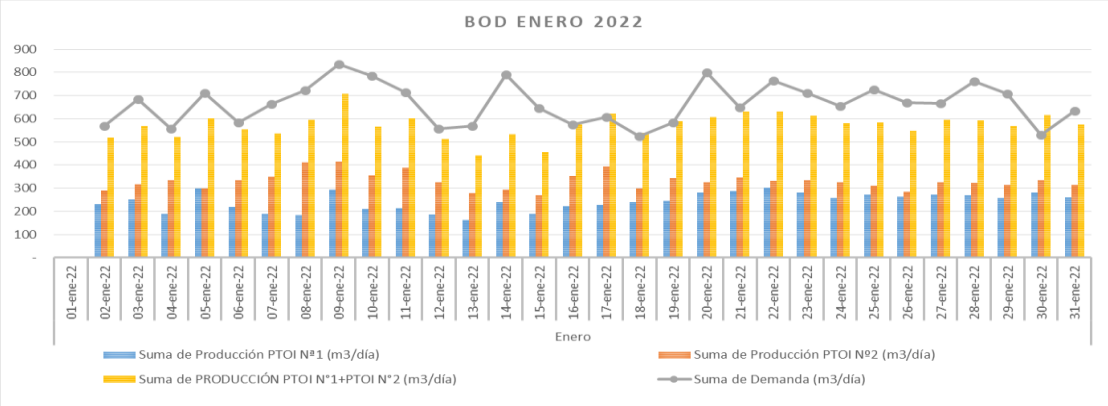


Figura 8-30: Gráfico producción y demanda mes máxima diferencia año 2022

8.7.2 Año 2023

La Figura 8-31 muestra para todo el año 2023 las siguientes variables:

1. Producción (curva de color anaranjado).

2. Demanda (curva de color celeste).

Posteriormente en la Figura 8-31, se muestra el mes donde la diferencia ente oferta (o producción) y demanda, fue mayor para el año 2023.

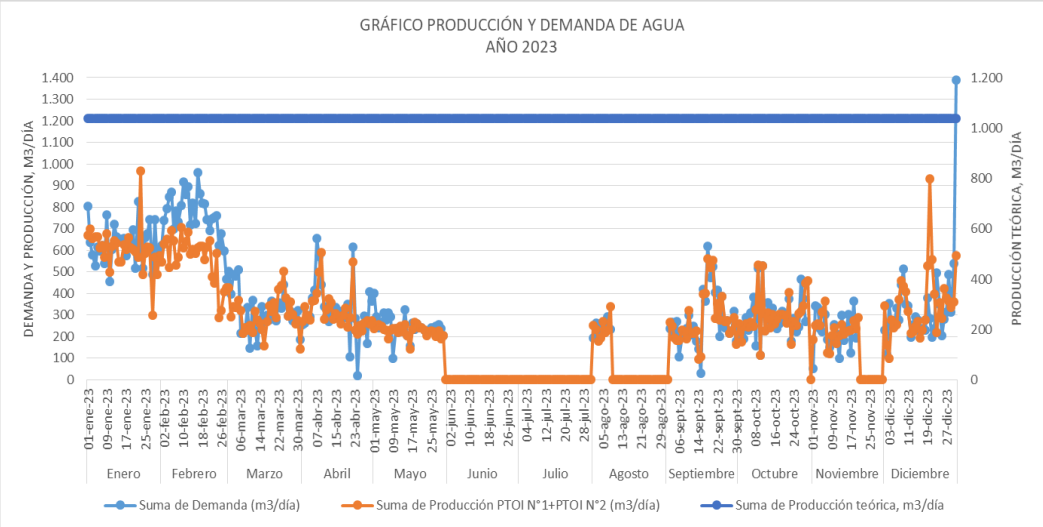


Figura 8-31: Gráfico producción real y teórica, y demanda año 2023[4]

La mayor BOD para el año 2023 se da en el mes de febrero, Tabla 8-27.

[4] Fuente: Elaborado a partir de información del archivo: Copia de planilla Los Molles simplificada dic 2021 - jun 2024.

Tabla 8-27: Mes máxima diferencia entre producción y demanda año 2023[5]

Día	Demanda (m3/día)	Producción (m3/día)	Producción Teórica (m3/día)	BOD (m3/día)	BOD teórico (m3/día)
01-feb-23	623	548	750	-75	127
02-feb-23	739	630	750	-109	11
03-feb-23	795	650	750	-145	-45
04-feb-23	847	522	750	-325	-97
05-feb-23	871	692	750	-179	-121
06-feb-23	700	645	750	-55	50
07-feb-23	781	531	750	-250	-31
08-feb-23	730	570	750	-160	20
09-feb-23	807	707	750	-100	-57
10-feb-23	918	613	750	-305	-168
11-feb-23	860	641	750	-219	-110
12-feb-23	895	684	750	-211	-145
13-feb-23	719	581	750	-138	32
14-feb-23	819	604	750	-215	-69
15-feb-23	724	586	750	-138	27
16-feb-23	960	610	750	-350	-210
17-feb-23	861	620	750	-241	-111
18-feb-23	818	620	750	-198	-68
19-feb-23	816	558	750	-258	-66
20-feb-23	744	616	750	-128	6
21-feb-23	693	644	750	-49	57
22-feb-23	747	478	750	-269	3
23-feb-23	755	447	750	-308	-5
24-feb-23	762	585	750	-177	-12
25-feb-23	624	287	750	-337	126
26-feb-23	676	322	750	-354	74
27-feb-23	599	409	750	-190	151
28-feb-23	465	425	750	-40	285

La información de producción y demanda la mostramos en el siguiente Figura 8-32.

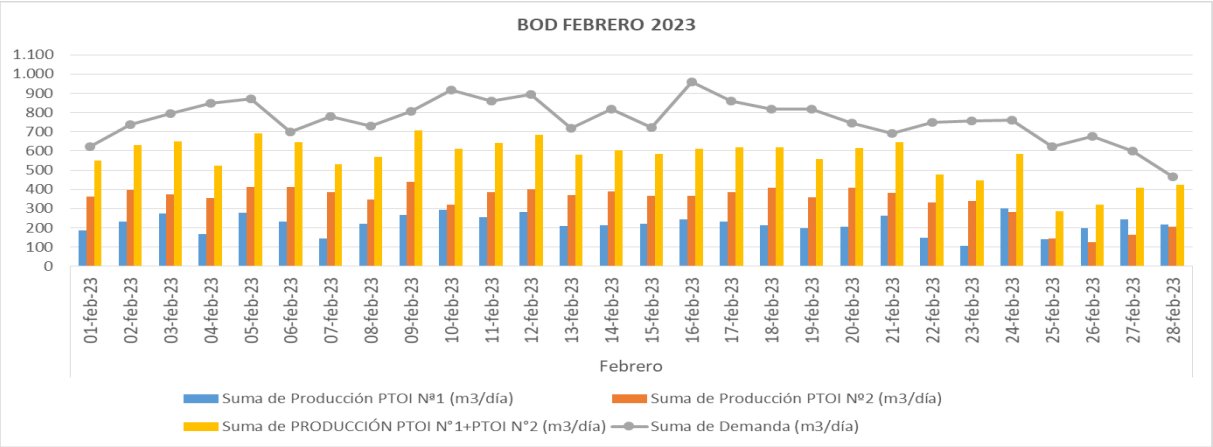


Figura 8-32: Gráfico producción mes maximo diferencia año 2023

Durante el mes de febrero la sanitaria no supera una producción de 700 m^3/día, salvo el día de mayor producción que fue el 9 de febrero, donde logró producir 707 m^3/día.

[5] Fuente: Elaborado a partir de información del archivo: Copia de planilla Los Molles simplificada dic 2021 - jun 2024.

8.7.3 Año 2024

La Figura 8-33 presenta en el periodo enero a junio del 2024 las curvas que muestran las variables:

1. Producción (curva de color anaranjado).

2. Demanda (curva de color celeste).

Posteriormente en la Figura 8-34, ilustraremos con una gráfica el mes donde la diferencia ente oferta (o producción) y demanda fue mayor para este periodo:

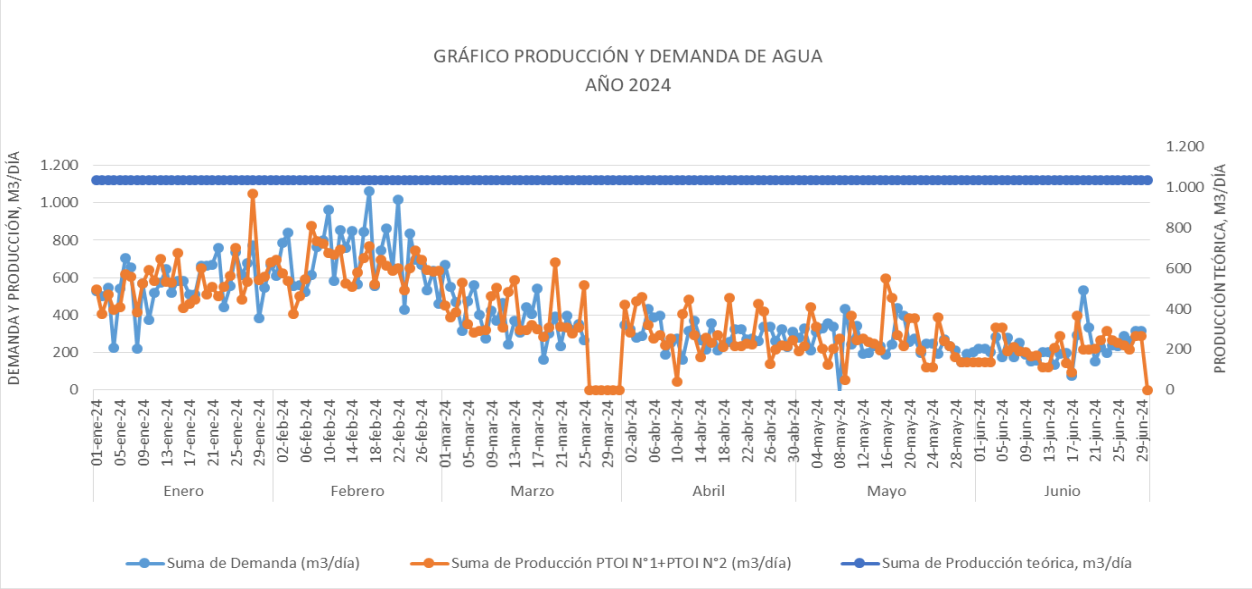


Figura 8-33: Gráfico producción real y teórica, y demanda enero a junio 2024[6]

Analizando el comportamiento de las curvas, observamos que la mayor BOD para el año 2024 se da en el mes de febrero, al respecto presentamos los datos en la siguiente Tabla 8-28.

[6] Fuente Elaborado a partir de información del archivo: Copia de planilla Los Molles simplificada dic 2021 - jun 2024.

Tabla 8-28: Mes máxima diferencia entre producción y demanda año 2024[7]

Día	Demanda (m3/día)	Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/día)	Producción PTeórica	BOD (m3/día)	BOD Teórico (m3/día)
01-feb-24	611	694	750	84	140
02-feb-24	788	624	750	-164	-38
03-feb-24	842	581	750	-261	-92
04-feb-24	555	404	750	-151	195
05-feb-24	559	500	750	-59	191
06-feb-24	524	592	750	68	226
07-feb-24	613	879	750	266	137
08-feb-24	765	795	750	30	-15
09-feb-24	798	780	750	-18	-48
10-feb-24	965	731	750	-234	-215
11-feb-24	582	724	750	143	169
12-feb-24	853	750	750	-103	-103
13-feb-24	760	568	750	-192	-10
14-feb-24	848	549	750	-299	-98
15-feb-24	566	629	750	63	184
16-feb-24	847	706	750	-141	-97
17-feb-24	1063	770	750	-293	-313
18-feb-24	554	563	750	9	196
19-feb-24	747	697	750	-50	3
20-feb-24	862	666	750	-196	-112
21-feb-24	650	636	750	-14	100
22-feb-24	1019	651	750	-368	-269
23-feb-24	429	532	750	103	321
24-feb-24	838	650	750	-188	-88
25-feb-24	696	745	750	50	55
26-feb-24	667	697	750	31	84
27-feb-24	533	641	750	108	217
28-feb-24	639	634	750	-5	111
29-feb-24	461	638	750	177	289

El gráfico que ilustra la diferencia entre oferta y demanda del mes de febrero del 2024 es:

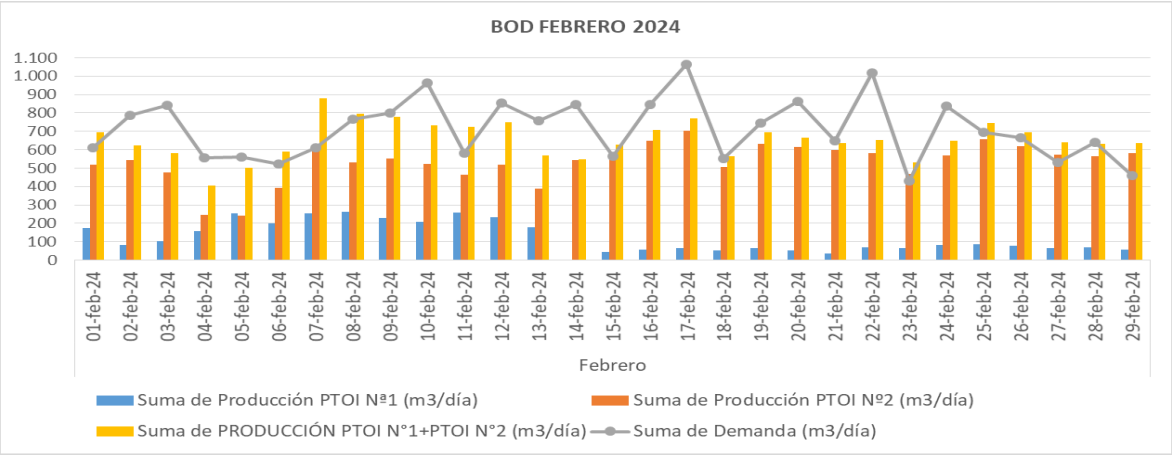


Figura 8-34: Gráfico Oferta y Demanda mes máxima diferencia año 2024[7]

[7] Fuente: Elaborado a partir de información del archivo: Copia de planilla Los Molles simplificada dic 2021 - jun 2024.

Durante el mes de febrero la sanitaria no supera una producción de 800 m^3/día, salvo el día de mayor producción que fue el 7 de febrero, donde logró producir 879 m^3/día.

En el caso de lograr los 790 m^3/h, capacidad de diseño de planta, el número de veces que es superado esta producción de agua por la demanda, en los meses de máximo consumo, bordearía los 1000 m^3/días, que la mayoría de las veces pueden ser absorbido por el estanque de agua tratada y de distribución. Sin embargo, en caso de desear dar cumplimiento Nch 691/2015 en lo referido a que la planta debe producir la demanda máxima día, se sugiere realizar un estudio del crecimiento poblacional para determinar una demanda futura a 20 años plazos, que permita definir el crecimiento de la planta potabilizadora, con un horizonte adecuado para la amortización de las inversiones, además que los derechos de agua constituidos pasan a ser una limitante en este crecimiento. Por el momento, nos parece que la infraestructura debiera permitir absorber el caudal máximo diario, para el presente verano, requiriendo de ayuda con camión aljibe, en pocas ocasiones. Sin embargo, no se debe olvidar que el mayor problema a resolver actualmente es el pretratamiento y el mantenimiento mecánico y el eléctrico, que, de no elevar estándar, provoca detención en la producción y mayor requerimiento de agua en camión aljibe

8.8 Evaluación de costos

Considera tres escenarios distintos:

a) **A corto plazo**: la cantidad de inversión que permitiría pasar verano de 2025. Requiere básicamente, la bomba de alimentación, la de alta presión, las membranas y compra de agua.

b) **A mediano Plazo**: a implementar el próximo año, la reparación de estándar en lo que respecta al sistema eléctrico y elementos hidráulicos a mejorar.

c) **A largo Plazo**: por la magnitud de la inversión se piensa en mejorar en los próximos tres años.

8.8.1 Tasa de cambio

La moneda base para la preparación de la estimación de costos de inversión fue el dólar de Estados Unidos (USD). Los costos fueron convertidos a dólares y expresados en moneda de 2024. La paridad respecto a esta moneda y peso Chileno (CLP), se muestran en la Tabla 8-29.

Tabla 8-29: Tasa de cambio

MONEDA	TIPO DE CAMBIO
Peso Chileno	911,67 CLP/US$

8.8.2 Costo de inversión

El resumen de los costos de inversión es el siguiente:

Tabla 8-30: Resumen costo de inversión

	ESCENARIOS		
	PLAZO CORTO	PLAZO MEDIANO	PLAZO LARGO
COSTO DIRECTO	229.683	165.652	2.223.907
COSTO INDIRECTO	28.876	20.909	296.059
TOTAL, USD	**258.559**	**186.560**	**2.519.966**

El detalle de Los costos de inversión de corto, mediano y largo plazo, se muestran en el anexo A de este documento.

8.8.3 Costo de operación

El costo operacional se calcula a partir de definir los gastos por insumos y una planilla de trabajadores, el valor no considera mantenimiento de redes (alcantarilla y Agua potable); el costo estimado es de $47.300.000 mes unos $2.200/m^3. Valor que no considera el consumo vía camión aljibe, que es a causa de las condiciones operativas de la planta de agua potable, fallas en los sistemas, principalmente, planta de osmosis inversa, captación y deficiente sistema de suministro eléctrico a los equipos y bajo nivel de control y automatización. El costo operación se elaboró en pesos chilenos CLP.

2

Para el verano del 2025, se sugiere considerar un volumen de agua de 4.500 m^3, suministrado a través de camiones aljibe, para subsidiar las fallas que puedan producirse en planta potabilizadora, es decir, considerar para el total del verano 2025 un costo adicional de operación de $47.300.000.

Tabla 8-31: Resumen costo de operación

COSTO MENSUAL	TOTAL CLP
QUÍMICOS	$ 11.234.043
CONSUMO DE ENERGÍA	$ 6.733.634
INSUMOS ELÉCTRICOS E I&C	$ 4.600.000
ARRIENDO GRUPO GENERADOR	$ 6.862.155
INSUMOS DE CAÑERÍAS:	$ 6.000.000
EQUIPOS E IMPLEMENTOS:	$ 2.110.000
SUMINISTRO DE AGUA POR CAMIÓN ALJIBES	$ 3.750.000[8]
ANÁLISIS OPERACIONALES	$ 3.000.000
ADMINISTRATIVOS	$ 240.000
CONTINGENCIAS	$ 2.033.127
TOTALES	**$ 47.249.175**

2

2

En el anexo B, se muestra el detalle de los costos de operación.

[8] Considera suministro de agua a través de camión aljibe solo los tres (3) meses estivales.

8.8.4 Dotaciones

En la Figura 8-35 se muestra el organigrama propuesto del servicio. El detalle de la necesidad de personal (preliminar) se muestra en el anexo C.

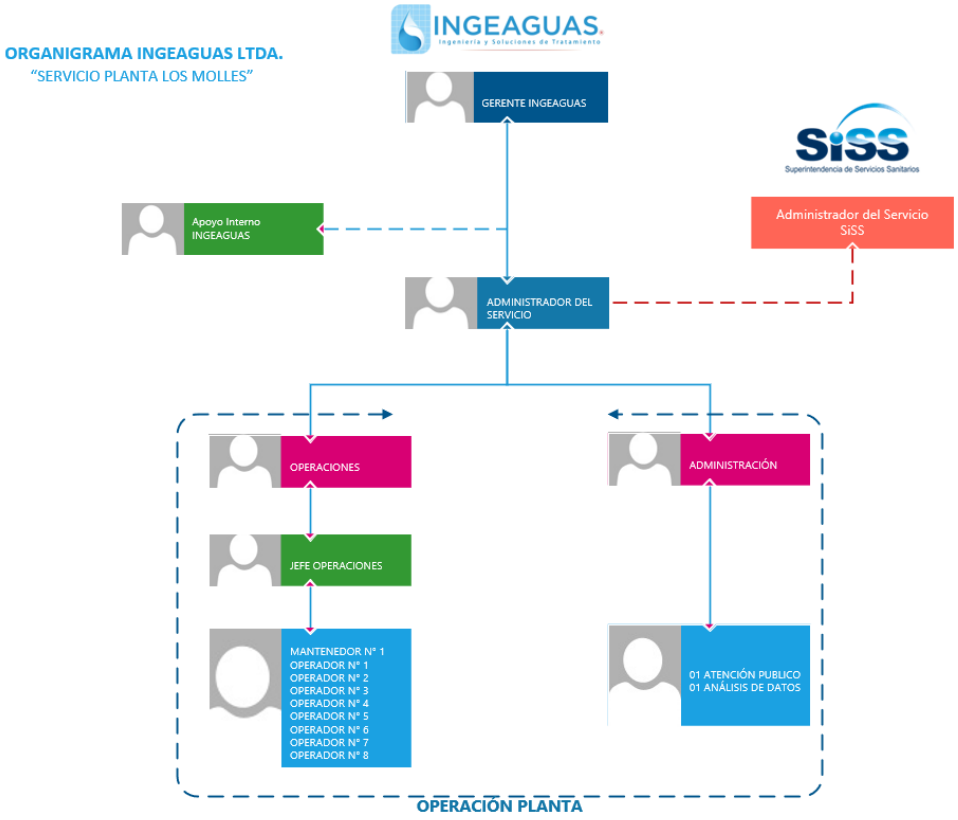


Figura 8-35: Organigrama del Servicio

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El principal problema que ha presentado la localidad de Los Molles fue la sequía, su fuente de suministro lo obtiene de pozos, que se encuentran inmerso en un humedal, al disminuir la capa Freática provocó que el agua requiriera de mejoras en el tratamiento, dado que ciertos contaminantes aumentaron y a falta de la compresión del proceso hidrogeológico, no permitió adecuarse oportunamente, provocando una series de eventos que han generado un alto gasto, principalmente en los últimos años, para permitir abastecer con agua potable la localidad, que se vio afectada no solo por la escases, sino que la calidad del agua abastecida, no cumplía calidad de agua potable, en ocasiones, alta salinidad, alto Fierro y turbiedad, afectando la imagen pública de la Sanitaria y de la SiSS, por ser este el organismo fiscalizador.

9.1 Captación

Producto de la sequía que afectó esta región, la Sanitaria ha realizado inversiones importantes, como fue abrir nuevos sondajes, instalación de un estanque decantador y nuevos filtros de abatimiento de fierro, todos ellos en la dirección correcta, pero con una baja ingeniería y calidad de materiales deficientes, han agudizado la situación causada por la sequía y les ha llevado en los últimos años a tener un numero de fallas sustantivas, con un aumento en el costo de producción, al tener que comprar agua, para sostener la demanda y en ocasiones, simplemente dejar a la población sin agua o abastecida con un agua no potable.

Actualmente, construyó nuevos sondajes en la playa, que solo pueden utilizar hasta que la DGA, los autorice, estos no se encuentran bien desarrollados, ingresa aire, se seca la arcilla, sobre las cribas, disminuyendo la capacidad de extracción de agua, teniendo que, realizar un mantenimiento más intenso para permitir que esta agua sea utilizada como fuente de abastecimiento, esta al estar cerca de la playa tiene una mayor salinidad, pero de una mayor disponibilidad que las Norias, las que se afectan por la sequía o nivel de la capa freática.

Los sondajes se encuentran fuera del recinto de la sanitaria y presentan el inconveniente referido a su mantenimiento, dado que dicha zona es parte del borde costero, utilizado por la municipalidad como estacionamiento y se encuentra en la playa, hay un problema de seguridad, dado que podrían eventualmente ser vandalizado o robados los elementos mecánicos que se encuentran, como grupo generador, bombas, tableros eléctricos e instrumentación.

9.2 Planta de tratamiento

El agua llega desde las Norias y de los sondajes playeros a un estanque de 50 m^3, donde se mezcla y se le adiciona Hipoclorito de sodio en dosis preestablecida según la experiencia del operador. El estanque da tiempo de residencia, donde se espera que el fierro y manganeso precipite, para pasar a un estaque semienterrado que se construye a partir de un estanque de 50 m^3 vertical, idéntico al que recibe el agua desde los pozos, solo que este se ha puesto en forma horizontal, en este se han realizado perforaciones, que permiten realizar las conexiones hidráulica, nos parece que representa un peligro y debiera solicitarse la memoria mecánica y de proceso, dado que podría romper y afectar a terceros y/o materiales, por el alto volumen de agua que podría movilizar en un lapsus de tiempo. Otro aspecto que se visualiza en términos hidráulico es que posterior a este estanque se instaló la bomba que impulsa el agua a la los filtros Greensand, está en falla, ha sufrido sobrecalentamiento y lo más probable es por cavitación, al quedarse sin agua, sea por corte de agua desde los pozos u otro evento, el agua luego pasa por dos trenes de filtro Greensand (dos en paralelo de diámetro 3000 mm y luego otro tren de tres filtros de diámetro 1600 mm, se retrolavan o se limpian utilizando agua de rechazo de la osmosis, sin embargo, se debe considerar el tiempo que demanda retrolavar estos filtros, unos 15 minutos, provoca un tiempo de detención de la planta de osmosis de 1 hora a dos horas al día.

Los filtros se visualizan con poco de corrosión, que, si bien no se pudo determinar el nivel de daño, aparentemente se encuentran bien, luego de la filtración pasa a los microfiltros que se nos señala que operan adecuadamente, para finalmente ingresar al equipo de osmosis que lo constituye una bomba de alta presión, un recuperador de energía, catorce tubos de alta presión cada uno cargado con seis membranas, total 84 membranas.

La planta se encuentra adecuadamente dimensionada, sin embargo, la bomba de alta está dañada e igual situación ocurría con el recuperador de energía, a nuestro parece, se debe a modos operacionales. Si la bomba de alta no tiene presión positiva en la succión, tiende a dañar la bomba, este debe tener un sistema que asegure que la bomba no cavite, de igual forma si baja el voltaje, provocará mayor paso de corriente en las bobinas, quemándolas.

En relación al sistema eléctrico, los tableros de fuerza, de las diferentes unidades, sondaje, planta de osmosis, planta de aguas servidas, Plantas Elevadoras, están deteriorados por las condiciones climáticas y no cumplen normativa SEC, igualmente en lo relativo a protección de los grupos generadores, esto es un peligro y se corre el riesgo de quemar algún equipo.

Al evaluar las membranas, se visualizan que el nivel de taponamiento o de suciedad es demasiado alto y deben cambiarse para responder a la demanda del año 2025.

Cabe señalar que, se ve un mantenimiento débil, al parecer principalmente correctivo, utilizando equipos de baja calidad, como el caso del estanque decantador y el Piping de la planta de osmosis, donde se utiliza PVC Hidráulico PN 10 en un equipo que maneja alta presión, 67 Bar, por lo que, si se transfiere presión sobre estos tubos, por falla de sello o componente este romperá con mucha facilidad.

El mayor problema detectado, corresponde a aspectos de mantenimiento y son los principales causantes para que no se logre en algunas ocasiones abastecer con agua potable a la población, además de la calidad o falla de la fuente de agua que abastece a Los Molles.

9.3 Costo de inversión

El resumen de los costos de inversión por escenario se muestra en la Tabla 9-1 siguiente:

Tabla 9-1: Costos de inversión por escenario

	ESCENARIOS		
	PLAZO CORTO	PLAZO MEDIANO	PLAZO LARGO
COSTO DIRECTO	229.683	165.652	2.223.907
COSTO INDIRECTO	28.876	20.909	296.059
TOTAL, USD	**258.559**	**186.560**	**2.519.966**

En el anexo A se muestra el detalle de los costos de inversión.

9.4 Costo de operación

El costo operacional se calcula a partir de definir los gastos por insumos y una planilla de trabajadores, el valor no considera mantenimiento de redes (alcantarilla y Agua potable); el costo estimado es de $47.300.000 mes unos $2.200/m^3.

2

9.5 Balance oferta demanda (BOD)

Las planillas de control entregadas por la sanitaria nos muestran que existe un déficit de oferta de agua potable, oferta que equivale a la producción de la PTOI+PDAM, esto se ilustra en la tabla Tabla 8-25, la cual se muestra en este punto.

Año	2022			2023			2024		
Mes	Suma de Demanda (m3/mes)	Suma de Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/mes)	BOD.2022	Suma de Demanda (m3/mes)	Suma de Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/mes)	BOD.2023	Suma de Demanda (m3/mes)	Suma de Producción PTOI N°1+PTOI N°2 (m3/mes)	BOD.2024
Enero	19.944	17.177	-2.767	19.555	18.793	-762	17.479	17.837	358
Febrero	20.936	20.275	-661	21.345	15.825	-5.520	20.631	19.026	-1.605
Marzo	11.835	11.835	-	9.831	9.441	-390	9.701	10.091	390
Abril	11.302	11.302	-	9.725	9.590	-135	8.828	9.039	211
Mayo	8.907	8.892	-15	7.441	6.816	-625	7.964	8.118	154
Junio	10.456	10.501	45		-	-	6.702	6.488	-215
Julio	9.988	9.928	-60		-	-			-
Agosto	9.265	9.355	90	1.886	1.916	30			-
Septiembre	11.972	11.897	-75	8.129	8.084	-45			-
Octubre	10.942	10.807	-135	8.423	8.957	534			-
Noviembre	12.931	13.081	150	4.278	4.643	365			-
diciembre	14.109	13.989	-120	10.148	10.742	594			-
Total general	**152.587**	**149.039**	**-3.548**	**100.761**	**94.807**	**-5.954**	**71.305**	**70.598**	**-707**

En la columna BOD se observa el resultado del balance.

El análisis de BOD del periodo, muestra que el déficit se presenta en los meses de verano, por el estrés, a causa del aumento de la demanda y la vulnerabilidad del sistema de producción, dado que la planta es capaz de producir como mínimo 23.700 m^3/mes (790 m^3/día) bajo la condición de 2 horas al día detenida por mantenimiento.

10.0 ANEXOS

Anexo A: Costos de inversión

Anexo B: Costos de operación por mes

Anexo C: Dotación requerida por mes

Anexo D: Respuestas a Comentarios de la SiSS

ANEXO A: COSTOS DE INVERSIÓN

2

RESUMEN COSTO DE CAPITAL - CAPEX
SANITARIA DE LOS MOLLES

Especialistas en soluciones de tratamiento

INGEA-I0492024-EP-01000-380PRC-0001

ÁREA / WBS				ESCENARIO CORTO PLAZO								ESCENARIO MEDIANO PLAZO								ESCENARIO LARGO PLAZO							
				EQUIPOS Y MATERIALES	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE					SUBCONTRATO	COSTO TOTAL	EQUIPOS Y MATERIALES	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE					SUBCONTRATO	COSTO TOTAL	EQUIPOS Y MATERIALES	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE					SUBCONTRATO	COSTO TOTAL
ÁREA	SUB ÁREA	INSTALACIÓN	DESCRIPCIÓN	USD	HH	MANO DE OBRA DIRECTA USD	MANO DE OBRA INDIRECTA USD	EQ. CONSTRUCCIÓN USD	MATERIAL USD	USD	USD	USD	HH	MANO DE OBRA DIRECTA USD	MANO DE OBRA INDIRECTA USD	EQ. CONSTRUCCIÓN USD	MATERIAL USD	USD	USD	USD	HH	MANO DE OBRA DIRECTA USD	MANO DE OBRA INDIRECTA USD	EQ. CONSTRUCCIÓN USD	MATERIAL USD	USD	USD
			COSTO DE CAPITAL DE CORTO PLAZO																								
			COSTO DIRECTO																								
1000			**SANITARIA LOS MOLLES**																								
	1100		**PTAP - Planta de tratamiento de agua potable:**																								
		1110	Sondeo																	91.853	152	1.851	2.891	228	284	0	97.107
		1120	Norias									5.280	40	475	758	60	120	0	6.693	659.965	2.624	31.163	49.736	6.240	6.440	23.051	776.595
		1130	Alimentación	7.972	10	119	190	15	23	0	8.317									8.498	120	1.425	2.275	180	380	0	12.758
		1140	Pretratamiento																								0
		1150	Osmosis	212.680	262	3.051	4.960	282	393	0	221.366	143.806	80	950	1.516	120	120	0	146.513								0
		1160	Lavado									5.988	40	475	758	60	60	0	7.341								0
		1170	Impulsión									3.751	40	475	758	60	60	0	5.105	802.719	248	2.991	4.711	456	680	0	811.557
	1200		**PTAS - Planta de tratamiento de agua Servidas:**																								
		1210	Planta elevadora Tasquil																	34.689	56	711	1.072	84	140	0	36.696
		1220	Planta elevadora Esmeralda																	54.531	80	989	1.525	120	168	0	57.333
		1230	Reactor aireado																								0
		1240	Sedimentación																								0
		1250	Desinfección																								0
		1260	Sala de bombas																	427.639	112	1.330	2.123	348	420	0	431.860
			TOTAL COSTO DIRECTO:	220.651	272	3.170	5.149	297	416	0	229.683	158.825	200	2.375	3.791	300	360	0	165.652	2.079.895	3.392	40.461	64.332	7.656	8.512	23.051	2.223.907
			COSTO INDIRECTO:																								
			Ingeniería de Detalles		54					3.580	3.580		40					2.633	2.633		678					44.648	44.648
			Vendor		27					1.790	1.790		20					1.316	1.316		339					22.324	22.324
			Costos del Dueño																								
			Contingencia	22.065	35	317	515	30	42	537	23.505	15.883	26	238	379	30	36	395	16.960	207.989	441	4.046	6.433	766	851	9.002	229.088
			TOTAL COSTO INDIRECTO:	22.065	117	317	515	30	42	5.907	28.876	15.883	86	238	379	30	36	4.344	20.909	207.989	1.459	4.046	6.433	766	851	75.974	296.059
			TOTALES	**242.716**	**389**	**3.487**	**5.664**	**327**	**457**	**5.907**	**258.559**	**174.708**	**286**	**2.613**	**4.170**	**330**	**396**	**4.344**	**186.560**	**2.287.884**	**4.851**	**44.507**	**70.765**	**8.422**	**9.363**	**99.025**	**###### ###**

COSTOS SIN IVA

LISTADOS DE EQUIPOS
SANITARIA DE LOS MOLLES
COSTO DE CAPITAL DE CORTO PLAZO

Especialistas en soluciones de tratamiento

INGEA-I0492024-EP-01000-380PRC-0001

ITEM	WBS	ELEMENTO O EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TAG	UNIDAD	CANTIDAD				COSTO UNITARIO CLP	SUMINISTRO EQUIPO Y MATERIALES			MANO DE OBRA - DIRECTOS					MANO DE OBRA - INDIRECTOS		EQUIPO CONSTRUCCIÓN		MATERIALES MENORES DE CONSTRUCCIÓN		SUB CONTRATO		TOTAL CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE USD	TOTAL SUMINISTRO USD	OBSERVACIÓN
						SUBTOTAL	FACTOR DE CRECIMIENTON (CUBICACIONES) %	FACTOR DE CRECIMIENTON (PERDIDAS) %	CANTIDAD TOTAL		COSTO UNITARIO USD	FACTOR DE CRECIMIENTO %	TOTAL SUMINISTRO USD	TOTAL HH / UN	FACTOR DE PRODUCTIVIDAD PF	TOTAL HH	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA USD	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD			
ÁREA 1000: SANITARIA DE LOS MOLLES																													
ÁREA 1100: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE																													
ÁREA 1130: ALIMENTACIÓN																													
56	1130	BOMBA ALIMENTACIÓN FILTROS	MARCA: SIHI MODELO: NOWWA 6526 AB BKS OC2 Q: 21 L/SEG; 66 MCA	1130-BA-002	c/u	1	0%	0%	1,0	4.011.348,00	4.400,00	20%	5.280,00	2,50	2,00	5,00	11,88	59,38	18,95	94,77	1,5	7,50	3,00	15,00	-	-	176,65	5.456,65	SE REEMPLAZARÁ BBA EXISTENTE. COSTO INCLUYE EL MOTOR
57	1130	MOTOR BOMBA ALIMENTACIÓN FILTRO	SIHI CHILE 30 KW 2900 RPM	1130-BA-002-M1	c/u																				-				SE REEMPLAZA
58	1130	VARIADOR DE FRECUENCIA	MARCA: DANFOSS MODELO: VLT AQUA DRIVE / 40 HP	1130-VF-001	c/u	1	0%	0%	1,0	2.044.900,00	2.243,03	20%	2.691,63	2,50	2,00	5,00	11,88	59,38	18,95	94,77	1,5	7,50	1,50	7,50	-	-	169,15	2.860,78	NUEVA, SE CONSIDERA EVALUACIÓN EN TERRENO.
59	**1130**	**SUBTOTAL**											**7.971,63**			**10,00**		**118,76**		**189,54**		**15,00**		**22,50**		**0,00**	**345,81**	**8.317,44**	
ÁREA 1150: OSMOSIS																													
66	1150	MEMBRANAS	MARCA: LG; MODELO: SW 400R PRODUCCIÓN Q: 8,1 L/S; RECHAZO Q: 11,5 L/S	1150-MB-001	c/u	84	0%	0%	84,0	650.000,00	712,98	15%	68.873,61	126,00	2,00	252,00	11,64	2.932,12	18,93	4.770,40	1,0	252,00	1,50	378,00	-	-	8.332,52	77.206,13	SE REEMPLAZA. CONDUCTIVIDAD: 900 mS/CM
80	1150	BOMBA DE ALTA Y RECUPERADOR ENERGÍA	MARCA: ENERGY RECOVERY MODELO: AQUA BOLD 3X4X7 DE 14 ETAPAS; Q: 20 L/SEG; 440 MCA	1150-BA-002	c/u	1	0%	0%	1,0	77.836.944,16	85.378,42	20%	102.454,10	2,50	2,00	5,00	11,88	59,38	18,95	94,77	1,5	7,50	1,50	7,50	-	-	169,15	102.623,26	NUEVA
81	1150	MOTOR BOMBA DE ALTA Y RECUPERADOR ENERGÍA	380 VAC / 200 HP / 31897 RPM TURBO: 20%; 88 MCA	1150-BA-002-M1	c/u	1	0%	0%	1,0	31.416.148,20	34.460,00	20%	41.352,00	2,50	2,00	5,00	11,88	59,38	18,95	94,77	1,5	7,50	1,50	7,50	-	-	169,15	41.521,15	NUEVA
82	**1150**	**SUBTOTAL**											**212.679,71**			**262,00**		**3.050,89**		**4.959,94**		**267,00**		**393,00**		**0,00**	**8.670,83**	**221.350,54**	
107	**1100**	**TOTALES**											**220.651,34**			**272,00**		**3.169,65**		**5.149,48**		**282,00**		**415,50**		**0,00**	**9.016,63**	**229.667,97**	

LISTADOS DE EQUIPOS
SANITARIA DE LOS MOLLES
COSTO DE CAPITAL DE MEDIANO PLAZO

Especialistas en soluciones de tratamiento

INGEA-I0492024-EP-01000-380PRC-0001

ITEM	WBS	ELEMENTO O EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TAG	UNIDAD	CANTIDAD					SUMINISTRO EQUIPO Y MATERIALES			MANO DE OBRA - DIRECTOS						MANO DE OBRA - INDIRECTOS		EQUIPO CONSTRUCCIÓN		MATERIALES MENORES DE CONSTRUCCIÓN		SUB CONTRATO		TOTAL CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE USD	TOTAL SUMINISTRO USD	OBSERVACIÓN
						SUBTOTAL	FACTOR DE CRECIMIENTON (CUBICACIONES) %	FACTOR DE CRECIMIENTON (PERDIDAS) %	CANTIDAD TOTAL	COSTO UNITARIO CLP	COSTO UNITARIO USD	FACTOR DE CRECIMIENTO %	TOTAL SUMINISTRO USD	TOTAL HH / UN	FACTOR DE PRODUCTIVIDAD PF	TOTAL HH	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA USD	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD			
ÁREA 1000: SANITARIA DE LOS MOLLES																														
ÁREA 1100: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE																														
ÁREA 1120: NORIAS																														
47	1120	BOMBA NORIA N° 6	MARCA: STAILS MODELO: SP150-4 Q: 6 L/SEG; 35 MCA	1120-BA-006	c/u	1	0%	0%	1,0	4.011.348,00	4.400,00	20%	5.280,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	3,00	120,00	-	-	1.413,22	6.693,22	EXISTENTE, SE EVALUARÁ SU ESTADO ACTUAL. COSTO INCLUYE EL MOTOR
48	1120	MOTOR BOMBA NORIA N° 5	4P FRANKLIN 5,5 HP	1120-BA-006-M1	c/u	1																								EXISTENTE, SE EVALUARÁ SU ESTADO ACTUAL
51	**1120**												**5.280,00**			**40,00**		**475,05**		**758,17**		**60,00**		**120,00**		**0,00**	**1.413,22**	**6.693,22**	
ÁREA 1150: OSMOSIS																														
80	1150	BOMBA DE ALTA Y RECUPERADOR ENERGÍA	MARCA: ENERGY RECOVERY MODELO: AQUA BOLD 3X4X7 DE 14 ETAPAS; Q: 20 L/SEG; 440 MCA	1150-BA-002	c/u	1	0%	0%	1,0	77.836.944,16	85.378,42	20%	102.454,10	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	103.807,32	NUEVA
81	1150	MOTOR BOMBA DE ALTA Y RECUPERADOR ENERGÍA	380 VAC / 200 HP / 31897 RPM TURBO: 20%; 88 MCA	1150-BA-002-M1	c/u	1	0%	0%	1,0	31.416.148,20	34.460,00	20%	41.352,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	42.705,22	NUEVA
82	**1150**												**143.806,10**			**80,00**		**950,10**		**1.516,34**		**120,00**		**120,00**		**0,00**	**2.706,44**	**146.512,54**	
ÁREA 1160: LAVADO																														
86	1160	BOMBA LAVADO	MARCA: FLOW SERVICE MODELO: ZL ND 125250 AB BJ3 OB 2G2 Q: 50 L/SEG; ALTURA: 20 M	1160-BA-001	c/u	1	0%	0%	1,0	4.549.233,30	4.990,00	20%	5.988,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	7.341,22	NUEVA, COSTO INCLUYE EL MOTOR
87	1160	MOTOR BOMBA LAVADO	SIHI TRIFASICO DE 15 KW	1160-BA-001-M1	c/u	1																			-				NUEVA
88	**1160**												**5.988,00**			**40,00**		**475,05**		**758,17**		**60,00**		**60,00**		**0,00**	**1.353,22**	**7.341,22**	
ÁREA 1170: IMPULSIÓN																														
95	1170	BOMBA IMPULSIÓN	MARCA: NOWAN MODELO: 5026 AB 8K5 OC2 Q: 16 L/SEG; ALTURA: 58 M	1170-BA-003	c/u	1	0%	0%	1,0	2.850.000,00	3.126,13	20%	3.751,36	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	5.104,58	NUEVA, COSTO INCLUYE EL MOTOR
96	1170	MOTOR BOMBA IMPULSIÓN	MARCA: SIHI CHILE 22 kW @ 2900 rpm, alta eficiencia IE3.	1170-BA-003-M1	c/u	1																			-			-	NUEVA
106	**1170**												**3.751,36**			**40,00**		**475,05**		**758,17**		**60,00**		**60,00**		**0,00**	**1.353,22**	**5.104,58**	
107	**1100**												**158.825,46**			**200,00**		**2.375,25**		**3.790,85**		**300,00**		**360,00**		**0,00**	**6.826,10**	**165.651,56**	

LISTADOS DE EQUIPOS
SANITARIA DE LOS MOLLES
COSTO DE CAPITAL DE LARGO PLAZO

Especialistas en soluciones de tratamiento

INGEA-I0492024-EP-01000-380PRC-0001

ITEM	WBS	ELEMENTO O EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TAG	UNIDAD	CANTIDAD					SUMINISTRO EQUIPO Y MATERIALES					MANO DE OBRA - DIRECTOS						MANO DE OBRA - INDIRECTOS		EQUIPO CONSTRUCCIÓN		MATERIALES MENORES DE CONSTRUCCIÓN		SUB CONTRATO		TOTAL CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE USD	TOTAL SUMINISTRO USD	OBSERVACIÓN
						SUBTOTAL	FACTOR DE CRECIMIENTON (CUBICACIONES) %	FACTOR DE CRECIMIENTON (PERDIDAS) %	CANTIDAD TOTAL	COSTO UNITARIO CLP	COSTO UNITARIO USD	FACTOR DE CRECIMIENTO %	TOTAL SUMINISTRO USD		8	TOTAL HH / UN	FACTOR DE PRODUCTIVIDAD PF	TOTAL HH	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA USD	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD			
ÁREA 1000: SANITARIA DE LOS MOLLES																																
ÁREA 1100: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE																																
ÁREA 1110: SONDEO																																
21	1110	TABLERO ELECTRICO TDF Y C SONDAJES 1 -4	TABLERO ELECTRICO DE FUERZA Y CONTROL SONDAJES DÉL N° 1 AL N° 4	1110-TE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	20.841.700,00	22.861,01	15%	26.290,17	2,00	16,00	16,00	2,00	32,00	11,88	380,04	18,95	606,54	1,5	48,00	1,50	48,00	-	-	1.082,58	27.372,74	SE REEMPLAZA NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF, TDC Y TDV (INCLUYE FUERZA, CONTRÓL Y VARIADORES EN 3 CUERPOS DE GABINETE)
22	1110	TABLERO ELECTRICO TDF Y C SONDAJE 5	TABLERO ELECTRICO DE FUERZA Y CONTROL SONDAJE N° 5	1110-TE-002	c/u	1	0%	0%	1,0	20.841.700,00	22.861,01	15%	26.290,17	2,00	16,00	16,00	2,00	32,00	11,88	380,04	18,95	606,54	1,5	48,00	1,50	48,00	-	-	1.082,58	27.372,74	SE REEMPLAZA NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF, TDC Y TDV (INCLUYE FUERZA, CONTRÓL Y VARIADORES EN 3 CUERPOS DE GABINETE)
23	1110	TABLERO ELECTRICO TTE	TABLERO ELECTRICO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA	1110-TE-003	c/u	1	0%	0%	1,0	2.044.900,00	2.243,03	20%	2.691,63	2,00	16,00	16,00	2,00	32,00	11,88	380,04	18,95	606,54	1,5	48,00	1,50	48,00	-	-	1.082,58	3.774,21	SE REEMPLAZA NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TTE (TRANSFERENCIA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO AUTOMÁTICO)
24	1110	GRUPO GENERADOR	ENTREGA SERVICIO A LAS PUNTERAS CAPACIDAD: **100 KVA**	1110-GG-001	c/u	1	0%	0%	1,0	29.000.000,00	31.809,76	15%	36.581,22	3,50	28,00	28,00	2,00	56,00	12,70	710,94	19,14	1.071,62	1,5	84,00	2,50	140,00	-	-	2.006,56	38.587,78	SE REEMPLAZA MEJORA Y REEMPLAZO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA CAPACIDAD ACTUAL: 63 KVA
25	**1110**			-									**91.853,18**					**152,00**		**1.851,06**		**2.891,23**		**228,00**		**284,00**		**0,00**	**5.254,29**	**97.107,47**	
ÁREA 1120: NORIAS																																
29	1120	TABLERO TDF Y C NORIA 1	TABLERO DE FUERZA Y CONTROL NORIA 1	1120-TE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	2.103.200,00	2.306,98	20%	2.768,37	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.121,59	SE REEMPLAZA. NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF Y C (CONTROL DE BOMBA Y VARIADOR).
30	1120	NORIA N° 2	ACTUALMENTE FUERA DE SERVICIO	1120-NO-002	c/u	1	0%	0%	1,0	2.000.000,00	2.193,78	20%	2.632,53	32,00	256,00	256,00	3,00	768,00	11,88	9.120,97	18,95	14.556,86	2,5	1.920,00	2,50	1.920,00	0,84	7.684	35.201,43	37.833,96	SE RECUPERA PARA DEJAR EN OPERACIÓN
33	1120	TABLERO TDF Y C NORIA 2	TABLERO DE FUERZA Y CONTROL NORIA 2	1120-TE-002	c/u	1	0%	0%	1,0	2.103.200,00	2.306,98	20%	2.768,37	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.121,59	SE REEMPLAZA. NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF Y C (CONTROL DE BOMBA Y VARIADOR).
37	1120	TABLERO TDF Y C NORIA 3	TABLERO DE FUERZA Y CONTROL NORIA 3	1120-TE-003	c/u	1	0%	0%	1,0	2.103.200,00	2.306,98	20%	2.768,37	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.121,59	SE REEMPLAZA. NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF Y C (CONTROL DE BOMBA Y VARIADOR).
41	1120	TABLERO TDF Y C NORIA 4	TABLERO DE FUERZA Y CONTROL NORIA 4	1120-TE-004	c/u	1	0%	0%	1,0	2.103.200,00	2.306,98	20%	2.768,37	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.121,59	SE REEMPLAZA. NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF Y C (CONTROL DE BOMBA Y VARIADOR).
42	1120	NORIA N° 5		1120-NO-005	c/u	1	0%	0%	1,0	2.000.000,00	2.193,78	20%	2.632,53	32,00	256,00	256,00	3,00	768,00	11,88	9.120,97	18,95	14.556,86	2,5	1.920,00	2,50	1.920,00	0,84	7.684	35.201,43	37.833,96	SE RECUPERA PARA DEJAR EN OPERACIÓN
45	1120	TABLERO TDF Y C NORIA 5	TABLERO DE FUERZA Y CONTROL NORIA 5	1120-TE-005	c/u	1	0%	0%	1,0	2.103.200,00	2.306,98	20%	2.768,37	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.121,59	SE REEMPLAZA. NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF Y C (CONTROL DE BOMBA Y VARIADOR).
46	1120	NORIA N° 6		1120-NO-006	c/u	1	0%	0%	1,0	2.000.000,00	2.193,78	20%	2.632,53	32,00	256,00	256,00	3,00	768,00	11,88	9.120,97	18,95	14.556,86	2,5	1.920,00	2,50	1.920,00	0,84	7.684	35.201,43	37.833,96	SE RECUPERA PARA DEJAR EN OPERACIÓN
47	1120	BOMBA NORIA N° 6	MARCA: STAILS MODELO SP150-4 Q: 6 L/SEG; 35 MCA	1120-BA-006	c/u	1	0%	0%	1,0	4.011.348,00	4.400,00	20%	5.280,00	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	3,00	120,00	-	-	1.413,22	6.693,22	EXISTENTE, SE EVALUARÁ SU ESTADO ACTUAL. COSTO INCLUYE EL MOTOR
48	1120	MOTOR BOMBA NORIA N° 5	4P FRANKLIN 5,5 HP	1120-BA-006-M1	c/u	1																									EXISTENTE, SE EVALUARÁ SU ESTADO ACTUAL
49	1120	TABLERO ELÉCTRICO NORIA	TDF Y C (CONTROL DE BOMBA Y VARIADOR)	1120-TE-006	c/u	1	0%	0%	1,0	2.103.200,00	2.306,98	20%	2.768,37	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.121,59	SE REEMPLAZA. NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF Y C (CONTROL DE BOMBA Y VARIADOR).
50	1120	SALA ELÉCTRICA SONDAJES	MEJORA Y NORMALIZACIÓN DE ESTÁNDAR ELÉCTRICO. NORMA SEC (RIC N°13) Y PROTECCIÓN TIPO NEMA 4. DIMENSIONES: LONGITUD 6 M; ANCHO 3 M	1120-SE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	478.761.446,00	525.147,75	20%	630.177,30	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	5,00	200,00	-	-	1.493,22	631.670,52	SE REEMPLAZA CONSIDERAN LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: •01 CONTROL DE ACCESO •01 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS Y EXTINCIÓN DE INCENDIO •SISTEMA DE ALUMBRADO •KIT DE EMERGENCIA •4 PADS PARA EXTERIOR PUESTA TIERRA DE ESTA. •ESTRUCTURA METÁLICA SALA ELÉCTRICA •01 EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT DE 24.000 BTU •RUGO DE IZAJE PARA LA SALA, PREVIA MEMORIA DE CÁLCULO.
51	**1120**												**659.965,11**					**2.624,00**		**31.163,33**		**49.735,93**		**6.240,00**		**6.440,00**		**23.050,80**	**116.630,05**	**776.595,17**	
ÁREA 1130: ALIMENTACIÓN																																
53	1130	DECANTADOR	CAPACIDAD ACTUAL: 24 M2 DECANTADOR NUEVA CAPACIDAD: 80 M3/H	1130-DC-001	c/u	1	0%	0%	1,0	400.000,00	438,76	20%	526,51	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	5,00	200,00	-	-	1.493,22	2.019,73	SE REEMPLAZA
56	1130	BOMBA ALIMENTACIÓN FILTROS	MARCA: SIHI MODELO: NOWWA 6526 AB BKS OC2 Q: 21 L/SEG; 66 MCA	1130-BA-002	c/u	1	0%	0%	1,0	4.011.348,00	4.400,00	20%	5.280,00	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	3,00	120,00	-	-	1.413,22	6.693,22	PREVIA EVALUACIÓN, SE REEMPLAZARÁ. LA BBA. COSTO INCLUYE EL MOTOR
57	1130	MOTOR BOMBA ALIMENTACIÓN FILTRO	SIHI CHILE 30 KW 2900 RPM	1130-BA-002-M1	c/u	1																						-			SE REEMPLAZA
58	1130	VARIADOR DE FRECUENCIA	MARCA: DANFOSS MODELO: VLT AQUA DRIVE / 40 HP	1130-VF-001	c/u	1	0%	0%	1,0	2.044.900,00	2.243,03	20%	2.691,63	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.044,85	NUEVA, SE CONSIDERA EVALUACIÓN EN TERRENO.
59	**1130**												**8.498,14**					**120,00**		**1.425,15**		**2.274,51**		**180,00**		**380,00**		**0,00**	**4.259,66**	**12.757,80**	
ÁREA 1170: IMPULSIÓN																																
101	1170	TABLERO TDF Y C PLANTA AGUA POTABLE	TABLERO ELÉCTRICO PLANTA AGUA POTABLE	1170-TE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	44.342.500,00	48.638,76	20%	58.366,51	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	59.719,73	NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF, TDC Y TDV (INCLUYE FUERZA, CONTRÓL Y VARIADORES EN 3 CUERPOS DE GABINETE)
102	1170	TABLERO TDF Y C BOMBAS IMPULSIÓN	TABLERO ELECTRICO FUERZA Y CONTROL BOMBAS IMPULSIÓN	1170-TE-002	c/u	1	0%	0%	1,0	2.044.900,00	2.243,03	20%	2.691,63	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	4.044,85	NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TTE (TRANSFERENCIA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO AUTOMÁTICO)
103	1170	TABLERO TTE	TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA	1170-TE-003	c/u	1	0%	0%	1,0	15.074.250,00	16.534,77	20%	19.841,72	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	21.194,94	NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TTE (TRANSFERENCIA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO AUTOMÁTICO)
104	1170	GRUPO GENERADOR	ENTREGA SERVICIO A LA PLANTA AGUA POTABLE CAPACIDAD: **500 KVA**	1170-GG-001	c/u	1	0%	0%	1,0	72.650.000,00	79.688,92	15%	91.642,26	3,50	28,00	28,00	2,00	56,00	12,70	710,94	19,14	1.071,62	3,0	168,00	2,50	140,00	-	-	2.090,56	93.732,82	MEJORA Y REEMPLAZO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA CAPACIDAD ACTUAL: 300 KVA
105	1170	SALA ELÉCTRICA PTAP	MEJORA Y NORMALIZACIÓN DE ESTÁNDAR ELÉCTRICO. NORMA SEC (RIC N°13) Y PROTECCIÓN TIPO NEMA 4. DIMENSIONES: LONGITUD 6 M; ANCHO 3 M	1170-SE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	478.761.446,00	525.147,75	20%	630.177,30	4,50	36,00	36,00	2,00	72,00	11,88	855,09	18,95	1.364,71	1,5	108,00	5,00	360,00	-	-	2.687,80	632.865,09	NUEVO. CONSIDERA LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: •01 CONTROL DE ACCESO •01 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS Y EXTINCIÓN DE INCENDIO •SISTEMA DE ALUMBRADO •KIT DE EMERGENCIA •4 PADS PARA EXTERIOR PUESTA TIERRA DE ESTA. •ESTRUCTURA METÁLICA SALA ELÉCTRICA •01 EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT DE 24.000 BTU •RUGO DE IZAJE PARA LA SALA, PREVIA MEMORIA DE CÁLCULO.
106	**1170**												**802.719,42**					**248,00**		**2.991,18**		**4.710,84**		**456,00**		**680,00**		**0,00**	**8.838,02**	**811.557,44**	
107	**1100**												**1.563.035,85**					**3.144,00**		**37.430,71**		**59.612,51**		**7.104,00**		**7.784,00**		**23.050,80**	**134.982,02**	**1.698.017,87**	

LISTADOS DE EQUIPOS
SANITARIA DE LOS MOLLES
COSTO DE CAPITAL DE LARGO PLAZO

Especialistas en soluciones de tratamiento

INGEA-I0492024-EP-01000-380PRC-0001

ITEM	WBS	ELEMENTO O EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TAG	UNIDAD	CANTIDAD				COSTO UNITARIO CLP	SUMINISTRO EQUIPO Y MATERIALES				8	MANO DE OBRA - DIRECTOS					MANO DE OBRA - INDIRECTOS		EQUIPO CONSTRUCCIÓN		MATERIALES MENORES DE CONSTRUCCIÓN		SUB CONTRATO		TOTAL CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE USD	TOTAL SUMINISTRO USD	OBSERVACIÓN
						SUBTOTAL	FACTOR DE CRECIMIENTON (CUBICACIONES) %	FACTOR DE CRECIMIENTON (PERDIDAS) %	CANTIDAD TOTAL		COSTO UNITARIO USD	FACTOR DE CRECIMIENTO %	TOTAL SUMINISTRO USD			TOTAL HH / UN	FACTOR DE PRODUCTIVIDAD PF	TOTAL HH	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA USD	COSTO LABORAL USD	TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD	USD / HH	TOTAL USD			
ÁREA 1200: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA SERVIDAS																																
ÁREA 1210: PLANTA ELEVADORA TASQUIL																																
111	1210	GRUPO GENERADOR	ENTREGA SERVICIO A LA PEAS TASQUI CAPACIDAD: **80 KVA**	1210-GG-001	c/u	1	0%	0%	1,0	27.500.000,00	30.164,42	15%	34.689,09	3,50	28,00	28,00	2,00	56,00	12,70	710,94	19,14	1.071,62	1,5	84,00	2,50	140,00	-	-	2.006,56	36.695,65	SE REEMPLAZA MEJORA Y REEMPLAZO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA CAPACIDAD ACTUAL: 45 KVA
112	**1210**												**34.689,09**					**56,00**		**710,94**		**1.071,62**		**84,00**		**140,00**		**0,00**	**2.006,56**	**36.695,65**	
ÁREA 1220: PLANTA ELEVADORA ESMERALDA																																
116	1220	TABLERO PTAS ESMERALDA	TDF, C Y V (INCLUYE VARIADORES Y SISTEMA DE MONITOREO REMOTO)	1220-TE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	15.074.250,00	16.534,77	20%	19.841,72	2,00	16,00	16,00	2,00	32,00	11,88	380,04	18,95	606,54	1,5	48,00	1,50	48,00	-	-	1.082,58	20.924,30	SE REEMPLAZA NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF, C Y V (INCLUYE VARIADORES Y SISTEMA DE MONITOREO REMOTO)
117	1220	GRUPO GENERADOR	ENTREGA SERVICIO A LA PEAS ESMERALDA CAPACIDAD: **80 KVA**	1220-GG-001	c/u	1	0%	0%	1,0	27.500.000,00	30.164,42	15%	34.689,09	3,00	24,00	24,00	2,00	48,00	12,70	609,37	19,14	918,53	1,5	72,00	2,50	120,00	-	-	1.719,91	36.408,99	SE REEMPLAZA MEJORA Y REEMPLAZO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA CAPACIDAD ACTUAL: 10 KVA
118	**1220**												**54.530,81**					**80,00**		**989,41**		**1.525,07**		**120,00**		**168,00**		**0,00**	**2.802,48**	**57.333,29**	
ÁREA 1260: SALA DE BOMBAS																																
142	1260	TABLERO TDF Y C T.A.S	TABLERO FUERZA Y CONTROL PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS	1260-TE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	13.693.200,00	15.019,91	20%	18.023,89	2,50	20,00	20,00	2,00	40,00	11,88	475,05	18,95	758,17	1,5	60,00	1,50	60,00	-	-	1.353,22	19.377,11	SE REEMPLAZA NORMALIZACIÓN Y REEMPLAZO TABLEROS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL. TDF, TDC Y TDV (INCLUYE FUERZA, CONTROL Y VARIADORES EN 3 CUERPOS DE GABINETE)
144	1260	SALA ELÉCTRICA PTAS	MEJORA Y NORMALIZACIÓN DE ESTÁNDAR ELÉCTRICO. NORMA SEC (RIC N°13) Y PROTECCIÓN TIPO NEMA 4. DIMENSIONES: LONGITUD 4 M; ANCHO 2,5 M	1260-SE-001	c/u	1	0%	0%	1,0	311.194.940,00	341.346,04	20%	409.615,24	4,50	36,00	36,00	2,00	72,00	11,88	855,09	18,95	1.364,71	4,0	288,00	5,00	360,00	-	-	2.867,80	412.483,04	CONSIDERAN LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: •01 CONTROL DE ACCESO •01 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS Y EXTINCIÓN DE INCENDIO •SISTEMA DE ALUMBRADO •KIT DE EMERGENCIA •8 PADS PARA EXTERIOR PUESTA TIERRA DE ESTA. •ESTRUCTURA METÁLICA SALA ELÉCTRICA •01 EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT DE 24.000 BTU •RUGO DE IZAJE PARA LA SALA, PREVIA MEMORIA DE CÁLCULO.
145	**1260**												**427.639,13**					**112,00**		**1.330,14**		**2.122,87**		**348,00**		**420,00**		**0,00**	**4.221,02**	**431.860,15**	
146	**1200**												**516.859,03**					**248,00**		**3.030,49**		**4.719,57**		**552,00**		**728,00**		**0,00**	**9.030,06**	**525.889,09**	

ANEXO B: COSTOS DE OPERACIÓN POR MES

Formulario Nº:

INGEA-F2024-IS001

INGEAGUAS LTDA

REQUERIMIENTO OPERACIONALES

COSTO MENSUAL OPERACIONAL

COSTO MENSUAL	CANTIDAD	UNIDAD	COSTOS MES UNITARIO CLP	COSTOS MES TOTAL CLP
QUÍMICOS				
Hipoclorito de sodio	3500	l/mes	$ 500	$ 1.750.000
Antiincrustante	230	l/mes	$ 6.650	$ 1.529.500
Metabisulfito de sodio	60	kg/mes	$ 950	$ 57.000
Microfiltros	4	mes	$ 120.000	$ 480.000
Membranas	7	mes	$ 837.935	$ 5.865.543
Análisis químico	1	gl	$ 1.400.000	$ 1.400.000
Floculante	50	l/mes	$ 3.040	$ 152.000
CONSUMO DE ENERGÍA				
Petróleo camioneta	125	Litros	$ 1.100	$ 137.500
Petróleo Grupo Generador	4.178	Litros	$ 1.100	$ 4.596.134
Consumo eléctrico corto y mediano plazo	1	gl	$ 2.000.000	$ 2.000.000
INSUMOS ELÉCTRICOS E I&C				
Eléctricos	1	gl	$ 3.000.000	$ 3.000.000
Instrumentos	1	gl	$ 1.600.000	$ 1.600.000
ARRIENDO GRUPO GENERADOR				
Capacidad 100 kVA (punteras y PEAS)	1	gl	$ 1.815.245	$ 1.815.245
Capacidad 500 kVA (PTAS)	1	gl	$ 5.046.910	$ 5.046.910
INSUMOS DE CAÑERÍAS:				
Cañerías	1	gl	$ 2.000.000	$ 2.000.000
Válvulas y Fitting	1	gl	$ 4.000.000	$ 4.000.000
EQUIPOS E IMPLEMENTOS:				
Camioneta	1	mes	$ 1.700.000	$ 1.700.000
EPP	1	mes	$ 410.000	$ 410.000
SUMINISTRO DE AGUA				
Camión aljibe (consumo mensualizado) Suministro por tres (3) meses.	375	m^3/mes	$ 10.000	$ 3.750.000
ANÁLISIS OPERACIONALES				
Análisis químicos, control operacional	1	gl	$ 3.000.000	$ 3.000.000
ADMINISTRATIVOS				
Exámenes salud (físicos y psicológicos)	1	mes	$ 240.000	$ 240.000
CONTINGENCIAS				
Contingencias	1	gl	$ 2.719.343	$ 2.719.343
TOTALES				**47.249.175**

2

2

ANEXO C: DOTACIÓN REQUERIDA POR MES

INGEAGUAS LTDA

Formulario N°:

INGEA-F2024-RH001

REQUERIMIENTO DE PERSONAL

COSTO MENSUAL DEL PERSONAL

			HABERES - CLP			TOTAL	DESCUENTOS - CLP					TOTAL
CARGO	CANTIDAD	SUELDO BASE	IMPONIBLES	NO IMPONIBLES	GRATIFICACIÓN LEGAL	BRUTO / MES	AFP	FONASA	SEGURO CESANTIA	IMPUESTOS	TOTAL	LIQUIDO/ MES CLP
Administrador del Servicio	1	$ 2.725.000	$ 2.922.917	$ 176.000	$ 197.917	$ 3.098.917	$ 329.413	$ 204.604	$ 17.538	$ 43.731	$ 595.286	$ 2.503.631
Administrativos												
Atención a publico	1	$ 1.065.000	$ 1.262.917	$ 176.000	$ 197.917	$ 1.438.917	$ 142.331	$ 88.404	$ 7.578	$ -	$ 238.313	$ 1.200.604
Analista de datos	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620	$ -	$ 145.299	$ 954.701
Operaciones												
Jefe de turno	1	$ 1.825.000	$ 2.198.917	$ 176.000	$ 197.917	$ 2.198.917	$ 227.983	$ 141.604	$ 12.138	$ 14.525	$ 396.250	$ 1.802.667
Mantenedor	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 1	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 2	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 3	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 4	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 5	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 6	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 7	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 8	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
TOTALES	**13**					**17.736.751**						**15.053.912**

ANEXO D: RESPUESTAS A COMENTARIOS DE LA SiSS

MINUTA OBSERVACIONES INFORME PRELIMINAR INGEAGUAS
"CONSULTORÍA EVALUACIÓN, OPERACIÓN DE LA SANITARIA LOS MOLLES"
(29/10/24)

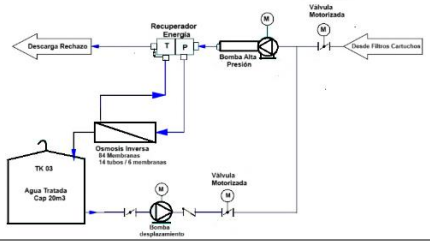
1. OBSERVACIONES GENERALES

	OBSERVACIÓN SISS	RESPUESTAS INGEAGUA
1	Revisión completa del texto, hay párrafos que se repiten, problemas de redacción y faltas de ortografía que se deben corregir.	Se realiza revisión completa del texto, se espera haber levantado completamente la observación.
2	Se propone que, en las conclusiones, se incluya las razones que, de acuerdo con el análisis de Ingeaguas, explican que la empresa no haya podido enfrentar adecuadamente el problema de la sequía que ha afectado a la localidad.	En las conclusiones entregadas se deja expreso las causas por las que no se logró enfrentar adecuadamente el problema de sequía Baja ingeniería y calidad de materiales deficientes en las soluciones implementadas. Aspectos de mantenimiento y son los causantes para que no se logre en algunas ocasiones abastecer con agua potable a la población Sistema Eléctrico Deficiente, cableado y tableros

2. OBSERVACIONES ESPECÍFICAS

	OBSERVACIÓN SISS	RESPUESTAS INGEAGUA
1	En sección 1.2 no queda claro cuál es el volumen diario que puede producir la Planta Desaladora: 790 o 750 m3/día. Aclarar.	Se corrige. Es 790 m^3/día; considera 22 hr. producción y un caudal de planta de 36 m3/h
2	En sección 2, se señala que la Planta Desaladora es para 12 m3/h, debe decir 36 m3/h.	Se corrige, a 36 m^3/h
3	En la sección 5.2, Planta Potabilizadora se señala que "sondajes de agua salobre ubicados en la planta y en la medianía a ella", debería decir norias de agua salobre ubicados en la planta (norias 1, 3 y 4) y en la cercanía del humedal (norias 2, 5 y 6).	Se corrige según lo indicado
4	En la sección 5.4, "sondajes de agua de mar", no señala el número de sondajes. Además, por la salinidad y el contenido de Fe y Mn el agua de los sondajes no corresponde exactamente a agua de mar, es una mezcla de agua de mar y agua de la napa del humedal que sufre variaciones con las lluvias o la sequía.	Efectivamente es una mezcla. Dado que los sondajes están en la playa, se utilizó esa denominación, "agua de mar". Se hace notar que, en Sequía Extrema, podría llegar a ser 100% agua de mar. Se realizó modificación del número de sondaje
5	En Tabla 8-4 se menciona una noria, se debe identificar (pág. 21/79).	Se rectifica, se coloca el número de la Noria (Noria N°1)
6	En sección 8.2, pág. 21/79 no queda claro si son 4 o 5 los sondajes en la playa.	Son cinco los sondajes construidos por la sanitaria, pero son solo cuatro, los aprobados por la DGA, decreto de sequía, autorización caducada
7	En sección 8.2.1, pág. 22/79 se señala que el caudal máximo de impulsión es de 100 m3/h (27,8 l/s), este corresponde al caudal definido por las restricciones hidráulicas de la instalación…?, se considera el rendimiento de la fuente?	El caudal corresponde a los derechos de aguas constituidos por la Sanitaria 100 m^3/h; con lo que se calculó la capacidad de porteo de la tubería y de las bombas. Señaladas en el punto 8.2.1

	OBSERVACIÓN SISS	RESPUESTAS INGEAGUA
8	En la sección 8.2.1 se señala la profundidad de los sondajes ¿es la profundidad del pozo o del punto de instalación de la bomba?	Según reunión sostenida con el personal de la sanitaria, la profundidad del sondaje corresponde a la profundidad del pozo
9	En la sección 8.2.1 se señala la calidad del agua extraída de cada sondaje ¿Se puede relacionar la profundidad de la que se extrae el agua de los sondajes con su calidad? ¿se puede recomendar la mejor profundidad a la que instalar las bombas?	No se puede evaluar con la información existente. Depende de un estudio hidrogeológico. Por el momento y a nuestro parecer, la cuenca tiene dos recargas, aguas continentales (agua dulce) y aguas marinas, al bajar la napa, quedarían retenidas aguas superficiales, en una especie de lago subterráneo que solo recarga con aguas marinas, aumentando la salinidad. Es un supuesto, solo un estudio puede dar la respuesta
10	En la sección 8.2.2 se señala que la calidad del agua de las norias ha evolucionado en el tiempo, ¿se puede graficar esa evolución?	Si se puede realizar un gráfico de como varió la calidad de agua en el tiempo, se preferencia un gráfico de frecuencia, dada la alta variabilidad que tienen los datos en la gráfica solicitada, a nuestro parecer, por cambios de marea, provocando que en un mismo momento haya datos muy dispersos, a pesar de que la tendencia fue de aumentar. Por otra parte, los datos fueron de todas las norias porque no hay continuidad en la información en cada una de las Noria, afectando la representatividad de los datos
11	En diagrama de flujo de pág. 25/79 para una mayor claridad, señalar en las fuentes si corresponde al Caudal de operación (Qop) o al caudal de la bomba (Qbba), además de incluir los puntos de dosificación	En cada bomba se muestra la capacidad de diseño, bba en la línea que conduce al pretratamiento, el caudal definido por los derechos de agua, en equipos, el caudal de diseño de la planta 80m^3/h No se consideraron Bombas dosificadoras, para no llenar con más información el diagrama
12	En la sección 8.2.3, Planta Potabilizadora, se recomienda la instalación de un sistema más robusto para la remoción del Fe y Mn, un floculador con sedimentador Lamella. ¿Cómo sería el manejo de la purga de lodos sedimentados en este caso?, ¿se requerirá de tiempo de detención de la planta, adicional al del retrolavado de los filtros?	La purga de un clarificador, como el sedimentador Lamella, es discontinua y depende de la cantidad de lodo que forme (del fierro presente en el agua), Como estimación inicial, para 5 ppm de Fierro, unos 300 lt de lodo al día, dos m^3 a la semana. No requiere de detener la planta para retirar el lodo de exceso
13	Señalar opciones de manejo de los lodos residuales de Fe-Mn del sedimentador Lamella y del retrolavado de los filtros para evitar su disposición en el humedal.	El manejo de lodo generado en sedimentador Lamella y filtros, es mediante estanque de acumulación, las descargas son puntuales, la mayor de 30 m^3. Todas ellas son diluidas, entre un 2% sedimentador al 0,1% Filtros, con un bajo contenido en sólido seco (Unos 30 a 60 KgSS/días). Se puede considerar un filtro prensa o banda, para un caudal de 10 m^3/h que tome el agua desde el TK acumulador, lo filtre y disponga al humedal. Otra alternativa un pozo con unas geomembranas que permita retener sólido, es un proyecto que

	OBSERVACIÓN SISS	RESPUESTAS INGEAGUA
		Ingeaguas puede revisar y entregar la mejor opción de diseño
14	De acuerdo con lo señalado en el Informe, no se puede producir agua en la Planta desaladora y a la vez efectuar el retrolavado de los filtros de Fe-Mn debido a la capacidad de la bomba de alimentación (bomba de "baja") y por lo tanto se debe considerar solo 22 hrs de operación. Confirmar.	Para los Filtros de Ø3000 técnicamente se podría realizar ambas operaciones a la vez, pero no recomendable, por fallas de válvulas. Para filtros Ø1600 por disposición del manifold, no es posible. Se consideró 2 hr, por tiempo de retrolavado y por actividades de mantenimiento adicionales, recambio de filtros cartuchos y otros, a nuestro juicio, si bien el mantenimiento puede realizarse en una hora, se debe considerar que, si el agua está muy sucia, se deberá retrolavar más seguido
15	¿Se considera tener bomba de repuesto para la dosificación de químicos?	Si se considera. Ver punto 8.3.4.
16	¿Se considera la reparación de la bomba de alta y bomba de alimentación existentes (rebobinado de motor o motor nuevo) como equipos de repuesto?	Si se debe considerar, pero se deben comprar nuevas por ser repuestos críticos, como se indica en el punto 8.3.5 punto 2.
17	En sección 8.3.5, pág. 44/79 se señala que los 14 tubos de presión con 6 elementos de membrana suman 48, debería decir 84.	Se corrige el error
18	En sección 8.3.5, pág. 48/79 en punto 6, falta figura referenciada de diagrama de flujo de osmosis y desplazamiento de agua.	Se adjunta Figura 
19	¿se puede estimar la capacidad máxima de producción de la desaladora en l/s en función de la conductividad del agua afluente?	La planta tiene una capacidad Hidráulica, determinada por el área de filtración, la producción o caudal de permeado está determinada por la cantidad de membranas, no varía, lo que si varía es la presión de alimentación, requiere de mayor presión cuanto existe mayor salinidad, Ver tabla 8-10 en informe
20	¿se puede estimar ante qué valor de conductividad del agua afluente es necesario comenzar a usar el equipo turbo o recuperador de energía para conseguir la producción máxima de la desaladora?	Ver tabla 8-10, la presión de la Bomba es de 44 bar, se debe utilizar el turbocharger, si la conductividad fuese superior a 1500 µS/cm, conductividad inferior del agua de alimentación, no justifica utilizarlo
21	En sección 8.3.6, "estanque de regulación", se debe considerar la capacidad útil del estanque de regulación de 1000 m3. El estanque tiene 4,8 m de altura, pero se llena hasta los 4,5 m para evitar rebases y el nivel mínimo es de 1 m para evitar vórtices que generen ingreso de aire y consecuente cavitación en las bombas de la PEAP.	Solo se tenía la información que era de 1000 m3 y su diámetro de 15 mt, en virtud de lo señalado se cambia a una capacidad total de 850 m^3 y una capacidad útil de 620 m^3

	OBSERVACIÓN SISS	RESPUESTAS INGEAGUA
22	En la sección 8.3.8, "Sistema de distribución", en pág. 51/79 se señala que la red de AP de Los Molles es de 13.872 m, con un 80% de las tuberías de asbesto-cemento. En informe "investigación especial Los Molles" de la SISS se señala que la red de AP tiene a dic 2019: 15.260 m con una composición de: - asbesto cemento : 7.000 m (45,9%) - PVC : 4.900 m (32,1 %) - HDPE : 3.360 m (22,0 %)	Se corrige según la información entregada
22	En sección 8.4, falta un análisis de capacidad de la PTAS, para determinar qué capacidad ociosa mantiene.	Se mejora el capítulo, por diseño es capaz de tratar el doble de carga orgánica de lo que recibe actualmente.
24	En el punto 8.4.1 se debe agregar que además del sector alto de la localidad y los condominios "Borde Mar" y "Costa del Mar", la planta de Tratamiento también recibe las aguas servidas de la Escuela de Los Molles (pág. 52/79).	Se corrige redacción
25	Hay que señalar que la PEAS N°1 o "Tasquil" no cuenta con rebase de tormenta y que opera con Grupo Electrógeno durante el período de verano para evitar ser afectada por las variaciones de voltaje de la red pública de energía eléctrica.	Se corrige redacción
26	No hay análisis que busque explicar la condición especial de operación la PTAS, la que, correspondiendo a una Planta en base a Lodos Activados, no habría producido purgas de lodo desde el inicio de su operación en septiembre 2017.	Se mejora el capítulo dando explicación a lo solicitado
27	En sección 8.5.1, pág. 57/79, validar el riesgo de SST altos en el efluente con resultados de calidad.	Se corrige redacción, el inconveniente es que debiera necesitar más cloro
28	en sección 8.5.1, pág. 58/79, revisar y corregir tabla 8-13, de la cual se concluye que el 39% de las muestras superna los 1000 CF/100 ml entre el 18.06.20 y 11.10.23. Faltarían datos	Se corrige redacción, se elimina tabla, por el poco valor que aporta al informe
29	En sección 8.5, se deberían considerar también como riesgo operacional las observaciones de proceso de la PTOI (estanque horizontal, problemas ensuciamiento de membranas, etc)	Se corrige enfoque de la sección y se colocan los riesgos operacionales de cada una de las etapas
30	En la tabla 8-28 del ítem BOD, se indica un valor de la demanda, aclarar si es la demanda a nivel salida de estanque de distribución o de entrada estanque más camión aljibe.	El BOD se extrae de la información que entrega la Sanitaria, es la suma de las producciones de las plantas menos la demanda, que se calcula con la salida de agua desde el estanque y el aporte de los camiones aljibes.
31	Explicar cómo se llega a la producción teórica de los gráficos 8-28, 8-30 y 8-32, que además varía en cada gráfico. Explicar a qué se refiere la curva graficada como "producción teórica".	Se modifica el capítulo, La producción teórica, corresponde a la capacidad de producción por diseño de equipo de osmosis
32	En la sección 8.6.4, pág. 66, 69 y 73/79 hay problemas con la numeración de ítems (ej: 2.3.2.2)	Se corrige todo el capítulo, entre ellos la numeración
33	En el anexo "Costo Operación por mes", aclarar si corresponde al costo mensual estival o es un promedio anual.	El costo calculado es a la capacidad máxima de producción de la planta
34	En la planilla de costos no se incluye el item "consumo eléctrico", ni el total del costo del agua de camión aljibe.	Se incluye consumo eléctrico.

	OBSERVACIÓN SISS	RESPUESTAS INGEAGUA
		El costo por camiones aljibe no se considera por ser un consumo estacionario.
35	Dentro de las conclusiones se menciona que la capacidad de diseño de la Desaladora incluida el agua para procesos de mantenimiento es de 750m3/día, y que en tal condición sería capaz de abastecer la demanda peak, sin embargo, si se observan las tablas 8-32 y 8-35, existen varios días del periodo de verano en que la demanda supera dicho valor, por lo tanto, existe déficit. Debiera proponerse una solución en el mediano plazo, que pudiera ser otra desaladora o la mejora y ampliación de la PTOI1 (El sistema debería cumplir con el punto 5.2 de la Norma Chilena N°691/2015 sobre la capacidad de los sistemas de producción: "la capacidad mínima de todas las obras del sistema de producción, desde las fuentes hasta el punto de entrega del agua potable producida al sistema de distribución, debe ser para satisfacer el caudal máximo diario"), para ello también se requiere realizar un balance a nivel de fuentes para saber si estas tienen la capacidad de alimentar dichas plantas considerando los respectivos rechazos. Falta efectuar simulación que garantice que con producción de 790 o 750 m3/día se equilibra la demanda durante el mes de máxima demanda ocupando la infraestructura de regulación existente.	Se corrige la redacción y gráficos, en relación con la demanda máxima que es superada, se ha propuesto suplir por camión aljibe, dado que, si la planta entregará toda el agua que por diseño debe proveer, en los periodos de máximo consumo, la capacidad de la planta está muy cerca de la demanda. En caso de aumentar capacidad de la planta, nos parece que previamente se debe realizar un estudio de demanda, considerando el crecimiento de los Molles, en un periodo mínimo de 20 años y además, revisar la capacidad de tener los derechos de agua suficiente para el crecimiento, lo que conlleva un estudio hidrogeológico que de cuenta de la capacidad de la cuenca para extraer dichos volúmenes de agua
36	En pág. 9/79, sección 1.2 se señala que el aporte complementario de agua de camión aljibe es de 4.500 m3. Esta estimación ¿corresponde a complementar producción ante contingencias o a que la producción no es capaz de cubrir los días de máximo consumo? Justificar.	Se ha estimado el volumen de agua en función a lo ocurrido en años anteriores, considera por tanto contingencias ocurridas, la planta bien operada, con un adecuado mantenimiento, y mejorado sobre todo los sistemas de suministro de energía (Tableros, cableados y protección) debiera ser capaz de satisfacer la demanda de verano con un 10% de la necesidad en camión aljibe.
37	En planillas adjuntas se listan los costos de operación y de personal estimados por INGEAGUAS incluyendo una estimación SISS. Al respecto, se requiere evaluar y corregir valores tomando en consideración la propuesta SISS.	Se ha corregido, se observa que las membranas, si bien son inversión al inicio, son un costo operacional, se deben cambiar al año o a los tres años, según la exposición a la carga de suciedad que trae el agua

3.1 OBSERVACIONES SiSS COSTO OPERACIONAL MENSUAL

COSTO MENSUAL OPERACIONAL			COSTOS PROPUESTO INGEAGUAS		COSTOS PROPUESTO SISS MES (ENERO Y FEBRERO 2025)				OBSERVACIONES SISS
COSTO MENSUAL	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO CLP	TOTAL CLP	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO CLP	TOTAL CLP	
QUIMICOS									
Hipoclorito de sodio	3500	l/mes	$500	$1.750.000	3500	l/mes	$500	$1.750.000	Detallar si el consumo propuesto incluye la desinfección del agua tratada de la PTAS
Antiincrustante	230	l/mes	$6.650	$1.529.500	230	l/mes	$6.650	$1.529.500	Detallar para cuantos m3 producidos al mes considerando los meses de Enero y Febrero
Metabisulfito de sodio	60	kg/mes	$950	$57.000	60	kg/mes	$950	$57.000	Detallar para cuantos m3 producidos al mes considerando los meses de Enero y Febrero
Microfiltros	4	mes	$120.000	$480.000	4	mes	$120.000	$480.000	Sin Observaciones
Membranas	7	mes	$837.935	$5.865.543	0	mes	$0	$0	Se considera inversión
Análisis químico	1	gl	$1.400.000	$1.400.000	1	gl	$1.400.000	$1.400.000	Detallar que tipo de Análisis
Floculante	50	l/mes	$3.040	$152.000	50	l/mes	$3.040	$152.000	Detallar para cuantos m3 producidos al mes considerando los meses de Enero y Febrero
Petróleo camioneta	375	Litros	$1.100	$412.500	125	Litros	$1.100	$137.500	Se considera consumo de 1 camioneta
Petróleo Grupo Generador	4.178	Litros	$1.100	$4.596.134	4.178	Litros	$1.100	$4.596.134	
ELECTRICOS E I&C									
Insumos eléctricos	1	gl	$3.000.000	$3.000.000	1	gl	$3.000.000	$3.000.000	Sin Observaciones
Insumos instrumentos	1	gl	$1.600.000	$1.600.000	1	gl	$1.600.000	$1.600.000	
CAÑERÍAS:									
Cañerías	1	gl	$2.000.000	$2.000.000	1	gl	$2.000.000	$2.000.000	Sin Observaciones
Válvulas y Fitting	1	gl	$4.000.000	$4.000.000	1	gl	$4.000.000	$4.000.000	
EQUIPOS E IMPLEMENTOS:									
Camioneta	3	mes	$1.700.000	$5.100.000	1	mes	$1.700.000	$1.700.000	A juicio de SiSS por el tipo de operación no se justifica 3 Camionetas, se debe justificar
EPP	1	mes	$410.000	$410.000	1	mes	$410.000	$410.000	Sin Observaciones
SUMINISTRO DE AGUA									
Camión aljibe	0	m^3/mes	$10.000	$ -	0	m^3/mes	$10.000	$ -	Por que no se consideró este costo pensando en meses de alta demanda (Enero Febrero)
ADMINISTRATIVOS									
Exámenes salud (físicos y psicológicos)	1	mes	$240.000	$240.000	1	mes	$240.000	$240.000	Sin Observaciones
Gastos administrativos	1	mes	$2.000.000	$2.000.000	1	mes	$0	$0	
Gastos operacionales	1	mes	$6.000.000	$6.000.000	1	mes	$0	$0	
Gastos generales	1	mes	$8.118.535	$8.118.535	1	mes	$0	$0	
Utilidades	1	mes	$14.613.364	$14.613.364	1	mes	$0	$0	

3.1 OBSERVACIONES SiSS Y RESPUESTAS COSTO OPERACIONAL MENSUAL

COSTO MENSUAL OPERACIONAL			COSTOS MES		RESPUESTA INGEAGUAS
COSTO MENSUAL	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO CLP	TOTAL CLP	
QUÍMICOS					
Hipoclorito de sodio	3500	l/mes	500	1.750.000	Incluye desinfección de agua tratada de la PTAS.
Antiincrustante	230	l/mes	6.650	1.529.500	Caudal máximo de la planta 36 m^3/h.
Metabisulfito de sodio	60	kg/mes	950	57.000	Caudal máximo de la planta 36 m^3/h.
Microfiltros	4	mes	120.000	480.000	Sin Comentarios de la SiSS.
Membranas	7	mes	837.935	5.865.543	Se considera provisionamiento, por desgaste (cambio anual)
Análisis químico	1	gl	1.400.000	1.400.000	Valor global de análisis según respectivas normas
Floculante	50	l/mes	3.040	152.000	Caudal máximo de la planta 36 m^3/h.
CONSUMO DE ENERGÍA					
Petróleo camioneta	125	Litros	1.100	137.500	Se considera una (1) camioneta
Petróleo Grupo Generador	4.178	Litros	1.100	4.596.134	Sin Comentarios de la SiSS
Consumo eléctrico corto y mediano plazo	1	gl	2.000.000	2.000.000	Consumo eléctrico estimado.
INSUMOS ELÉCTRICOS E I&C					
Eléctricos	1	gl	3.000.000	3.000.000	Sin Comentarios de la SiSS
Instrumentos	1	gl	1.600.000	1.600.000	Sin Comentarios de la SiSS
INSUMOS DE CAÑERÍAS:					
Cañerías	1	gl	2.000.000	2.000.000	Sin Comentarios de la SiSS
Válvulas y Fitting	1	gl	4.000.000	4.000.000	Sin Comentarios de la SiSS
EQUIPOS E IMPLEMENTOS:					
Camioneta	1	mes	1.700.000	1.700.000	Se considera una (1) camioneta
EPP	1	mes	410.000	410.000	Sin Comentarios de la SiSS
SUMINISTRO DE AGUA					

COSTO MENSUAL OPERACIONAL

COSTO MENSUAL	CANTIDAD	UNIDAD	COSTOS MES UNITARIO CLP	COSTOS MES TOTAL CLP	RESPUESTA INGEAGUAS
Camión aljibe	4.500	m^3/mes	10.000	45.000.000	
ANÁLISIS OPERACIONALES					
Análisis químicos, control operacional	1	gl	3.000.000	3.000.000	
ADMINISTRATIVOS					
Exámenes salud (físicos y psicológicos)	1	mes	240.000	240.000	Sin Comentarios de la SiSS
CONTINGENCIAS					
Contingencias	1	gl	2.033.127	2.033.127	
TOTALES				**39.700.804**	

4.1 OBSERVACIONES SiSS COSTO PERSONAL

	Cargo	Cantidad	Sueldo Bruto	Sueldo Liquido
	Administrador	1	$3.098.917	$2.503.631
	Secretaria	1	$1.438.917	$1.200.604
	Atención a Publico	1	$1.438.917	$1.200.604
	Analista de Datos	1	$1.100.000	$954.701
	Lector	1	$1.100.000	$954.701
Turno1	Jefe de turno	1	$2.198.917	$1.802.667
	Mantenedor	2	$2.200.000	$1.909.402
	Operador	2	$2.200.000	$1.909.402
Turno 2	Jefe de turno	1	$2.198.917	$1.802.667
	Mantenedor	1	$1.100.000	$954.701
	Operador	1	$1.100.000	$954.701
Turno 3	Jefe de turno	1	$2.198.917	$1.802.667
	Mantenedor	1	$1.100.000	$954.701
	Operador	1	$1.100.000	$954.701
			$23.573.502	$19.859.850

	Cargo	Cantidad	Sueldo Bruto	Sueldo Liquido
	Administrador	1	3098917	2503631
	Atención a Publico	1	1438917	1200604
	Analista de Datos Lector	1	1100000	954701
	Jefe de turno	1	2198917	1802667
	Mantenedor	1	1100000	954701
	Operador	8	8800000	4773505
			17736751	12189809

4.1 RESPUESTAS INGEAGUAS COSTO PERSONAL

INGEAGUAS LTDA

Formulario Nº:
INGEA-F2024-RH001

REQUERIMIENTO DE PERSONAL

COSTO MENSUAL DEL PERSONAL

			HABERES - CLP			TOTAL	DESCUENTOS - CLP					TOTAL
CARGO	CANTIDAD	SUELDO BASE	IMPONIBLES	NO IMPONIBLES	GRATIFICACIÓN LEGAL	BRUTO / MES	AFP	FONASA	SEGURO CESANTIA	IMPUESTOS	TOTAL	LIQUIDO/ MES CLP
Administrador del Servicio	1	$ 2.725.000	$ 2.922.917	$ 176.000	$ 197.917	$ 3.098.917	$ 329.413	$ 204.604	$ 17.538	$ 43.731	$ 595.286	$ 2.503.631
Administrativos												
Atención a publico	1	$ 1.065.000	$ 1.262.917	$ 176.000	$ 197.917	$ 1.438.917	$ 142.331	$ 88.404	$ 7.578	$ -	$ 238.313	$ 1.200.604
Analista de datos	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620	$ -	$ 145.299	$ 954.701
Operaciones												
Jefe de turno	1	$ 1.825.000	$ 2.198.917	$ 176.000	$ 197.917	$ 2.198.917	$ 227.983	$ 141.604	$ 12.138	$ 14.525	$ 396.250	$ 1.802.667
Mantenedor	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 1	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 2	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 3	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 4	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 5	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 6	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 7	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
Operador 8	1	$ 800.701	$ 946.000	$ 145.299	$ 154.000	$ 1.100.000	$ 86.779	$ 53.900	$ 4.620		$ 145.299	$ 954.701
TOTALES	**13**					**17.736.751**						**15.053.912**