

Universidad del Bío-Bío

Facultad de Ingeniería.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Prof. Patrocinante: Pedro Cisterna Osorio.



**“Evaluación del impacto provocado por el tratamiento
primario en la calidad de los lodos de la Planta de
Tratamiento de Aguas Servidas Dichato”**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Civil.

Roberto Gutiérrez Ramírez.

Concepción, Enero del 2014.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a mi hija, que con su llegada trajo la luz que mi vida necesitaba.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco antes que todo a mi familia por siempre estar ahí a pesar de todos los errores y malas decisiones tomadas a lo largo de mi vida.

Al profesor Pedro Cisterna por apoyarme y darme la oportunidad de desarrollar este proyecto de título.

A los operadores de la PTAS Dichato, por la disposición y amabilidad que mostraron mientras desarrollaba la investigación.

Y finalmente a la tropa de amigos que con su constante insistencia y cargoseo, incidieron de alguna manera en la decisión de darle fin a esto.

Índice

1	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	Objetivos.....	4
1.1.1	Objetivo General.....	4
1.1.2	Objetivos Específicos.	4
2	CAPÍTULO II: ANTECEDENTES GENERALES.	5
2.1	Aguas Residuales.....	5
2.2	Tratamiento de Aguas Residuales.	6
2.2.1	Tratamiento primario de aguas servidas.	6
2.2.2	Tratamiento secundario de aguas servidas.	6
2.2.2.1	Lodos activos	7
2.3	Definición y descripción de la Planta de Tratamiento de aguas servidas Dichato.	9
2.3.1	Tratamiento Preliminar.....	10
2.3.2	Tratamiento de las aguas servidas.	11
2.3.2.1	Verano (Diciembre a Febrero).....	11
2.3.2.2	Normal (Marzo-Noviembre).....	12
2.3.3	Desinfección.	12
2.3.4	Disposición del Efluente Tratado.	12
2.3.5	Tratamiento de Lodos.....	12
2.3.5.1	Digestores.	12
2.3.5.2	Espesamiento.	13
2.3.5.3	Deshidratación.	13
2.3.6	Disposición Final de Lodo.....	13
2.4	Diagrama de flujos Planta Tratamiento Aguas servidas Dichato.	14
3	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.	15
3.1	Campaña de medición.	16
3.2	Tipo de operación de la planta.....	16
3.3	Determinación Sólidos Suspendidos Totales	16
3.4	Determinación de Sólidos Suspendidos Volátiles y Sólidos Suspendidos Minerales..	17
3.5	Carga másica.....	17
3.6	Grado de mineralización.....	18

3.7	Determinación Índice Volumétrico de Lodos (IVL).....	18
4	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	19
4.1	Evolución de la Biomasa.....	19
4.1.1	Tanque de aireación N°1.....	19
4.1.2	Tanque de aireación N°2.....	20
4.1.3	Digestor Aeróbico.....	21
4.1.4	Purga.....	22
4.2	Carga másica.....	23
4.2.1	Tanques de aireación 1 y 2.....	24
4.2.2	Digestor Aeróbico.....	25
4.3	Grado de mineralización.....	26
4.3.1	Tanques de aireación.....	26
4.3.2	Digestor Aeróbico.....	27
4.3.3	Purga de lodos.....	28
4.4	Determinación del Índice Volumétrico de Lodos.....	29
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	31
5.1	Conclusiones.....	31
	Bibliografía.....	33
	ANEXOS	34

Índice de Imágenes.

<i>Figura 1 Proceso de lodos activos.</i>	8
<i>Figura 2 Ubicación localidad de Dichato</i>	9
<i>Figura 3 Vista aérea PTAS Dichato</i>	10
<i>Figura 4 Diagrama de flujos PTAS Dichato, modalidad “Normal”.</i>	14
<i>Figura 5 Diagrama de flujos PTAS Dichato, modalidad “Verano”.</i>	14
<i>Figura 6 Puntos de Monitoreo PTAS Dichato</i>	15

Índice de Gráficos.

<i>Gráfico 1 Variación de la concentración de sólidos en el Tanque de aireación n° 1.</i>	19
<i>Gráfico 2 Variación de la concentración de sólidos o en el Tanque de aireación n° 2.</i>	20
<i>Gráfico 3 Variación de la concentración de sólidos en la Recirculación y Purga.</i>	22
<i>Gráfico 4 Variación de la concentración de sólidos en el Digestor Aeróbico.</i>	21
<i>Gráfico 5 Variación de la Carga Másica en los tanques de aireación.</i>	24
<i>Gráfico 6 Variación de la Carga Másica en el Digestor Aeróbico.</i>	25
<i>Gráfico 7 Variación del porcentaje de mineralización en los tanques de aireación.</i>	26
<i>Gráfico 8 Variación del porcentaje de en los lodos de Recirculación y Purga.</i>	28
<i>Gráfico 9 Variación índice volumétrico de lodos.</i>	29

Índice de Ecuaciones

Ec. 1 Sólidos Suspendidos Totales	16
Ec. 2 Sólidos Suspendidos Volátiles	17
Ec. 3 Sólidos Suspendidos Minerales	17
Ec. 4 Carga Másica	17
Ec. 5 Grado de Mineralización	18
Ec. 6 Índice Volumétrico de Lodos	18

“EVALUACIÓN DEL IMPACTO PROVOCADO POR EL TRATAMIENTO PRIMARIO EN LA CALIDAD DE LOS LODOS DE LA PTAS. DICHATO.”

ROBERTO GUTIÉRREZ RAMÍREZ.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío.

robgutie@alumnos.ubiobio.cl

PEDRO CISTERNA OSORIO.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío.

pcisterna@ubiobio.cl

Resumen:

La localidad de Dichato presenta un aumento en la producción de aguas servidas durante la temporada de verano, las que deben ser estabilizadas en la planta de tratamiento de aguas servidas Dichato. Para ello se incorpora, al tratamiento normal de lodos activos, un tratamiento primario. Esta investigación tiene como objetivo evaluar cómo afecta la incorporación del decantador primario y digestor aeróbico de lodos en la calidad final de los lodos producidos en el proceso de depuración de aguas servidas. Para esto se lleva a cabo una comparación entre las dos modalidades de tratamiento bajo las cuales opera la PTAS.: “Normal” (lodos activos en régimen de aireación extendida) y “Verano” (tratamiento primario seguido por lodos activos en régimen de aireación extendida). Para contrastar ambas modalidades de operación se realiza una campaña de monitoreo que permite obtener los parámetros considerados en la evaluación, los que son: concentración de sólidos suspendidos totales, volátiles y minerales; la carga másica, el grado de mineralización alcanzada por los lodos y el índice volumétrico de lodos (IVL), para cada una de las modalidades operacionales. De los resultados se obtiene que el grado de mineralización no presenta grandes diferencias entre una modalidad de tratamiento y la otra manteniéndose en un promedio de 36% mientras que el IVL se eleva de un promedio de 100 mL/gr durante la modalidad Normal, a valores superiores a 150 mL/gr los que son indicadores de mala sedimentabilidad y compactación de los lodos producidos en la PTAS durante la época de verano.

Palabras claves: carga másica, mineralización, Índice Volumétrico de Lodos.

6283 palabras + 16 Figuras / Tabla * 250 = 10283 Palabras

Abstract:

The locality of Dichato presents an increase in the wastewater production during the summer season that must be stabilized in the Wastewater Treatment Plant Dichato. For this, a primary treatment is incorporated to the normal treatment of active sludge. The objective of this research is to evaluate how the incorporation of the primary settling vessel and sludge aerobic digester affects in the final quality of sludge produced in the wastewater depuration process. For this, a comparison between both treatment modalities under which the WWTP operates: “Normal” (activated sludge in extended aeration regime) and “Summer” (primary treatment followed by activated sludge in extended aeration regimes) is carried out. In order to contrast both operational modalities, a monitoring campaign is performed which allows to obtain the parameters considered in the evaluation; the concentration of total suspended volatile and mineral solids, mass load, the degree of mineralization reached in sludge and the sludge volume index (SVI), for each operational modality.

From the results it is obtained that the degree of mineralization does not present great differences between both treatment modalities, remaining in an average of 36%, whereas the SVI increases from an average of 100 mL/gr during the Normal modality to values superior to 150 mL/gr, which are indicators of bad sedimentation and compaction of sludge produced in the WWTP during the summer season.

Key words: mass load, mineralization, Sludge Volume Index.

1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

Dentro de los procesos de depuración de aguas residuales, los tratamientos biológicos constituyen una de las alternativas más utilizadas durante la última década. Su aplicación está basada en la capacidad de los microorganismos para eliminar, por asimilación y descomposición, la materia orgánica biodegradable presente en las aguas servidas. Esta oxidación de la materia orgánica se lleva a cabo en los tanques de aireación, denominados también tanques de aireación. Posteriormente se deben sedimentar los lodos, los que se evacúan a través de la purga, para finalmente ser retirados del sistema y llevados a su disposición final.

Esta es una excelente alternativa de tratamiento de aguas servidas para localidades sin grandes variaciones de población durante el año, pero que puede resultar ineficiente en una localidad que presenta una considerable variación de la población durante una estación, generalmente en la época estival, es aquí donde surge la alternativa de incorporar un tratamiento primario para que la planta pueda absorber el aumento de la producción de aguas servidas.

El tratamiento primario del agua residual tiene como finalidad disminuir el material particulado entrante mediante la sedimentación de las partículas en suspensión, absorbiendo de esta forma el aumento de carga producido por el aumento de la población en temporada alta de carga, manteniendo una óptima eliminación del material orgánico presente en las aguas residuales, sin tener la necesidad de aumentar el tamaño de la planta de tratamiento biológico de aguas servidas.

Este proyecto de título busca evaluar el impacto que tiene en la calidad de los lodos, la incorporación del tratamiento primario durante el periodo que aumenta la población. Para ello se utilizarán, como parámetros, la mineralización y sedimentabilidad de los lodos producidos, bajo ambas opciones de operación, en la planta de tratamiento de la localidad de Dichato.

1.1 Objetivos.

1.1.1 Objetivo General.

Evaluar el efecto diferencial que provoca la implementación de un tratamiento primario en la calidad de los lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Dichato en época estival, en contraste con el escenario en que todo el afluente es tratado biológicamente.

1.1.2 Objetivos Específicos.

- Determinar carga másica, mineralización y sedimentabilidad de los lodos para ambas modalidades de tratamiento.
- Comparar la carga másica, mineralización y sedimentabilidad de los lodos para ambas modalidades de tratamiento.
- Evaluar las diferencias entre los parámetros obtenidos bajo ambas modalidades de tratamiento.

2 CAPITULO II: ANTECEDENTES GENERALES.

2.1 Aguas Residuales.

Las Aguas Residuales pueden definirse como residuos líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad y que son recogidos mediante la red de alcantarillado para su envío a una planta de tratamiento o a otro medio (efluente).

Los factores que más influyen sobre el proceso de depuración del agua residual son, sin duda, su composición, concentración de sólidos y caudal. La procedencia de un agua residual es un aspecto determinante de gran parte de sus características físicas, químicas y biológicas. Según su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas en:

- Domésticas o Urbanas
- Industriales
- Agropecuarias
- De origen incontrolado (vertidos ilegales, infiltraciones)
- Pluviales.

El tipo de aguas residuales considerada para esta investigación corresponde a aguas residuales de origen doméstico o urbano. Por definición las aguas residuales urbanas corresponden a las aguas utilizadas para la eliminación del excremento, orina y las que proceden del uso doméstico, tales como lavado de ropa, limpieza de casa, baño, restos de comida, etc, las que constituyen la fracción más importante de las aguas residuales urbanas. Estas aguas contienen materias en suspensión que corresponde a arenas y diversas materias insolubles, materias inorgánicas, grasas, detergentes y sales diversas.

Las sustancias contaminantes, presentes en un agua residual, pueden estar en forma disuelta de partículas sedimentables o en un estado físico intermedio denominado coloidal o en suspensión. En cualquier caso, la mayor parte de los compuestos presentes en un aguas residuales urbanas (ARU), están constituidos por materia orgánica e inorgánica, nutrientes y microorganismos. Una considerable parte de estos componentes se encuentra en forma particulada y, comúnmente, se valora mediante la concentración de sólidos en suspensión

La concentración de los lodos se puede expresar de maneras diferentes, cada una con un significado distinto. Se puede expresar de manera global, como una concentración de sólidos en suspensión, de modo que la concentración en el tanque de aireación se puede mencionar en términos de “Sólidos Suspendidos Totales” o SST; sin embargo, algunos de los sólidos en suspensión pueden ser inorgánicos, y el parámetro más usual es el contenido de material oxidable presente en los tanques de aireación, conocido como “Sólidos Suspendidos Volátiles” o SSV.

2.2 Tratamiento de Aguas Residuales.

2.2.1 Tratamiento primario de aguas servidas.

El tratamiento primario de aguas residuales urbanas tiene como objetivo preparar el agua residual para tratamiento biológico, eliminar ciertos contaminantes y reducir las variaciones de caudal y concentración del agua residual que llegan a las plantas de tratamiento. Los clarificadores primarios son implementados principalmente para eliminar los sólidos suspendidos por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por coagulantes y floculantes. Las estructuras encargadas de esta función son los tanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios. Normalmente, se proyectan para proporcionar un tiempo de detención entre 1,5 a 2,5 h. En esta etapa se elimina por precipitación alrededor del 50 al 70 % de los sólidos suspendidos y entre el 25 al 40% de la DBO5 (Metcalf y Eddy, 2003).

2.2.2 Tratamiento secundario de aguas servidas.

El tratamiento secundario o biológico del agua residual consiste en la degradación de la materia orgánica, mediante microorganismos aerobios, anaerobios o facultativos; las reacciones bioquímicas que explican este fenómeno y la forma en que la biomasa adquiere la energía necesaria para realizar sus funciones de crecimiento y reproducción, son complejas y se basan en las reacciones enzimáticas tanto extracelulares como intracelulares producidas por los microorganismos. Estas reacciones se realizan en reactores diseñados especialmente para mantener los microorganismos bajo condiciones controladas, acelerando el proceso natural de descomposición y neutralización de los residuos, antes de que las aguas sean finalmente vertidas a las masas de agua receptoras. Los tratamientos biológicos se basan en la utilización de microorganismos capaces de asimilar las sustancias en suspensión o disueltas presentes en el

agua residual, a fin de incorporarlas al metabolismo celular y de obtener energía para sus funciones vitales. Con un control adecuado de las condiciones ambientales (presencia o ausencia de oxígeno, pH óptimo, temperatura y mezcla de nutrientes), es posible conseguir el desarrollo de una biomasa capaz de depurar el agua residual hasta alcanzar el grado de tratamiento deseado.

2.2.2.1 Lodos activos

El proceso de Lodos activos es un sistema de tratamiento de las aguas residuales, en el que se mantiene un cultivo biológico formado por diversos tipos de microorganismos y el agua residual a tratar. Los microorganismos se alimentan de las sustancias que lleva el agua residual para generar más microorganismos, formándose en el proceso unas partículas fácilmente decantables que se denominan flóculos y que en conjunto constituyen los denominados lodos activos o biológicos.

En el proceso de lodos activos pueden distinguirse dos operaciones claramente diferenciadas: la oxidación biológica y la separación sólido-líquido.

La primera tiene lugar en el denominado tanque de aireación, donde se mantiene el cultivo biológico en contacto con el agua residual. El cultivo biológico, denominado licor de mezcla, está formado por gran número de microorganismos agrupados en flóculos conjuntamente con materia orgánica y sustancias minerales. Dichos microorganismos transforman la materia orgánica mediante las reacciones de oxidación biológica anteriormente mencionadas.

La población de microorganismos debe de mantenerse a un determinado nivel de concentración de sólidos en suspensión en el licor de mezcla, para llegar a un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos necesarios para que se elimine dicha carga. En esta fase del proceso, que ocurre en la cuba de aireación, es necesario un sistema de aireación y agitación, que provea el oxígeno necesario para la acción depuradora de las bacterias aeróbicas, que permita la homogenización de la cuba y por tanto que todo el alimento llegue igual a todos los organismos y que evite la sedimentación de los flóculos y el fango. Una vez que la materia orgánica ha sido suficientemente oxidada, lo que requiere un tiempo de retención del agua en el reactor, el licor mezcla pasará al denominado decantador secundario o clarificador. Aquí, el agua con fango se deja reposar y por tanto, los fangos floculados tienden a sedimentarse, consiguiéndose separar el agua clarificada de los fangos. El agua clarificada constituye el efluente que se vierte al cauce y parte de los fangos floculados son recirculados de nuevo al tanque de aireación para mantener en el mismo una concentración suficiente de organismos. El

excedente de fangos, se extrae del sistema y se evacua hacia el tratamiento de fangos. En la figura 1 se muestra un esquema simplificado del proceso de lodos activos.

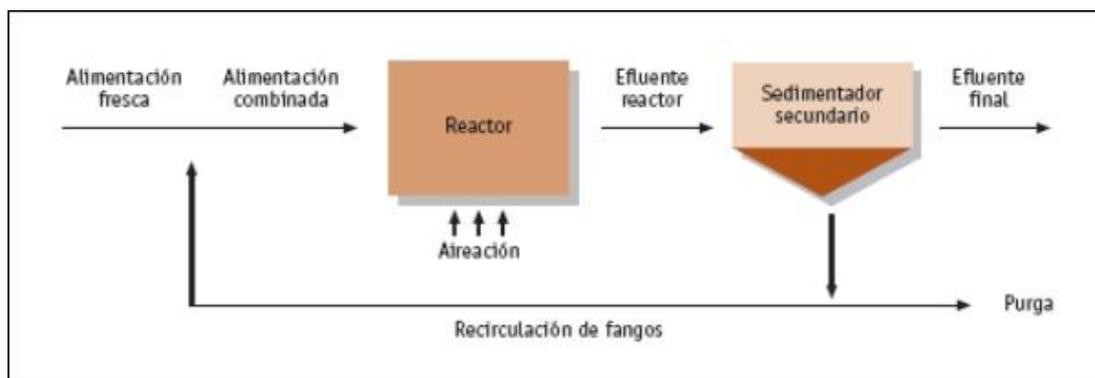


Figura 1 Proceso de lodos activos.

2.3 Definición y descripción de la Planta de Tratamiento de aguas servidas Dichato.

La planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS), en la localidad de Dichato, es un proyecto de saneamiento ambiental cuyo objetivo es mejorar la calidad de vida de los Dichatinos; de modo de permitir a la población elevar sus niveles de salud y bienestar descontaminando además los cursos hídricos.

La planta está localizada a 37 km al norte de la ciudad de Concepción, en las afueras de la localidad de Dichato, perteneciente a la comuna de Tomé, ubicada en la provincia de Concepción, VIII Región del Bío-Bío. En la Figura 2 se indica la localización de la localidad de Dichato.

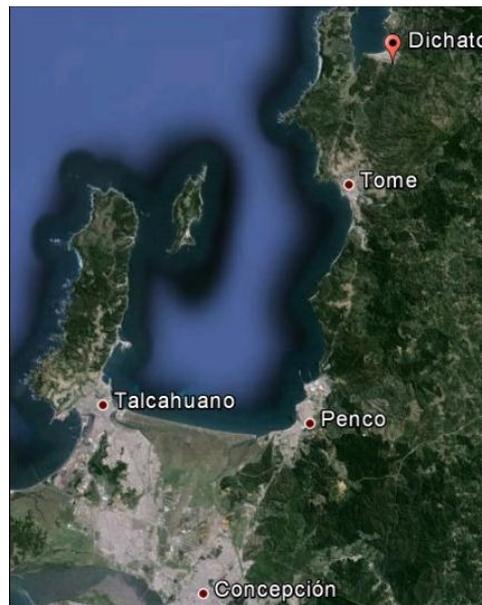


Figura 2 Ubicación localidad de Dichato

Por ser una ciudad costera y turística, Dichato presenta una gran variación entre las contribuciones registradas en el verano y aquellas observadas en el resto del año debido al aumento de la población residente.

Para atender esta elevada variación de las contribuciones, la PTAS Dichato debe operar de forma diferente en el verano respecto al resto del año.

El diseño de la planta considera un tratamiento preliminar, cuyo objetivo principal es el retiro de residuos sólidos y arenas de las aguas servidas. El agua servida cruda, previamente con desbastado grueso, llega a la planta de tratamiento mediante una línea de impulsión que incluye a las aguas servidas provenientes de la planta elevadora de aguas servidas de Dichato y Pingüeral;

esta línea de impulsión descarga directamente en la unidad compacta de rejillas finas y remoción de arenas.

En verano la planta de tratamiento opera en la modalidad de lodos activos precedida del tratamiento primario acompañado de un digestor aeróbico de lodos y, en el resto del año, se elimina el tratamiento primario y el digestor de lodos, manteniéndose la modalidad de lodos activos. El efluente tratado es vertido en el Estero Dichato, el cual se encuentra aguas abajo de la planta de tratamiento.

Con el objeto de complementar el secado de lodos y disponer de un área de almacenamiento de lodos deshidratados, existe una cancha de secado, en la cual se mejora el grado de deshidratación en forma previa a su transporte y disposición final hasta un destino final autorizado.



Figura 3 Vista aérea PTAS Dichato

A continuación, se describen con mayor detalle las diferentes etapas que componen el sistema de tratamiento utilizado en la localidad de Dichato:

2.3.1 Tratamiento Preliminar.

El pretratamiento independientemente de la época del año es siempre el mismo. Consiste básicamente en realizar una limpieza previa de las aguas servidas que ingresan al tratamiento principal e incluye la remoción de sólidos gruesos (palos, vidrios, trozos de género, plásticos, etc.) y arenas que pudieran causar problemas de operación y mantenimiento del sistema de

tratamiento (daños en bombas y maquinarias, obstrucción de cañerías, abrasión, etc.). El tratamiento preliminar está constituido por:

- Reja fina con limpieza mecánica.
- Desarenador.
- Remoción de grasas y sobrenadantes.

El material retirado de las rejillas finas por los dispositivos de limpieza, así como el material sedimentado en el compartimiento de sedimentación de arenas, son descargados en contenedores estacionarios y luego transportados para su disposición final.

2.3.2 *Tratamiento de las aguas servidas.*

Debido a la elevada variación entre las contribuciones registradas en verano y las registradas en el resto del año, la PTAS de Dichato debe operar en forma diferente dependiendo de la época estacionaria anual.

2.3.2.1 Verano (Diciembre a Febrero)

Después de la desarenación, el agua servida es conducida a un decantador primario, donde se lleva a cabo el tratamiento primario de la PTAS. El efluente del decantador primario es conducido a 2 tanques de aireación dispuestos en serie, donde también ingresa el caudal de recirculación del lodo del proceso biológico donde recibirán el tratamiento secundario, mientras que los lodos primarios que se generen en él son enviados a un digestor biológico aireado donde se lleva el proceso de estabilización de éstos.

El tratamiento secundario está compuesto por las siguientes unidades principales:

- 2 Tanques de Aireación de un volumen de 496 m³ c/u.
- Decantador Secundario
- Plantas Elevadoras de recirculación y sistema de retiro del exceso de lodo

De los estanques de aireación, el agua servida pasa por gravedad al decantador secundario. Una tubería presurizada recibe las aguas servidas del decantador secundario y las conduce hasta los tanques de contacto del sistema de desinfección con cloro gas.

Próximo al decantador secundario se sitúa la planta elevadora de recirculación de lodo y el sistema de purga de lodos de exceso.

2.3.2.2 Normal (Marzo-Noviembre).

En la condición operacional normal, el sistema de decantación primaria es by-paseado, manteniéndose el tratamiento secundario. El exceso de lodo es enviado directamente para espesamiento y deshidratación.

2.3.3 *Desinfección.*

La desinfección del agua servida tratada es necesaria para obtener la calidad bacteriológica exigida por la normativa vigente para descargas a cuerpos de agua superficiales. Para tal fin se ha implementado un sistema de desinfección en base a Cloro Gas. La acción oxidante es garantizada en un tanque de contacto.

2.3.4 *Disposición del Efluente Tratado.*

Las aguas servidas tratadas serán dispuestas durante todo el año al Estero Dichato, materializada en una cañería de longitud 1.120 m y 400 mm de diámetro, aguas abajo de la planta de tratamiento.

2.3.5 *Tratamiento de Lodos.*

Este tratamiento de los lodos primarios se lleva a cabo en el digestor aeróbico mientras se encuentra en funcionamiento el decantador primario y en el edificio de deshidratación, en el interior del cual están localizados los equipos de espesamiento y deshidratación de lodo asistido por un sistema de aplicación de polímeros.

El tratamiento de la fase sólida está constituido por las siguientes unidades:

- Digestor Aeróbico de 496 m³
- Espesadores
- Filtro de Bandas de Deshidratación

2.3.5.1 Digestores.

El lodo primario es, en el período de verano, biológicamente estabilizado en un digestor aeróbico. En el resto del año no se tiene lodo primario y el exceso de lodo activado se encuentra biológicamente estabilizado en el tratamiento de la fase líquida.

2.3.5.2 Espesamiento.

El espesamiento permite reducir los caudales de alimentación del sistema de deshidratación y es aún mucho más necesario en el resto del año, cuando se tiene una purga de lodo activado con un contenido de sólidos menor en relación a los lodos producidos en la temporada estival.

El lodo espesado es descargado en un tanque pulmón (5 m³) y de éste, por medio de bombas, transferido para la deshidratación mecánica.

El agua clarificada retornará al inicio del proceso de tratamiento vía planta elevadora de reciclados.

2.3.5.3 Deshidratación.

La deshidratación mecánica es efectuada por un filtro de banda. El lodo es acondicionado químicamente con adición de polímero, antes de ser alimentado al filtro.

La torta de lodo deshidratado es recolectada en contenedores y el desagüe del filtro prensa de banda retornará al inicio del proceso, vía bomba de recirculación.

Para realizar un secado complementario y disponer de una área de acumulación de lodo deshidratado, se implementa un acopio de secado. Las aguas de drenaje son retornadas al proceso de tratamiento, vía planta elevadora de reciclados. El área tiene capacidad para almacenar, por lo menos, la producción de lodo de 30 días (final de periodo).

La cancha de secado está emplazada sobre material impermeable (pavimentada) para impedir la contaminación del suelo.

2.3.6 Disposición Final de Lodo.

Los lodos deshidratados son dispuestos en la cancha de secado dentro del recinto de la planta y posteriormente tendrán diferentes alternativas de disposición final, en este caso, un Relleno Sanitario autorizado por el Servicio de Salud correspondiente.

2.4 Diagrama de flujos Planta Tratamiento Aguas servidas Dichato.

A continuación se observan los diagramas de flujo correspondiente a la línea de tratamiento tanto de la fase líquida como la sólida de la PTAS. de Dichato. La figura 4 muestra el circuito utilizado en la modalidad “Normal”, mientras que en la figura 5 se observa la configuración utilizada en la modalidad “Verano”.

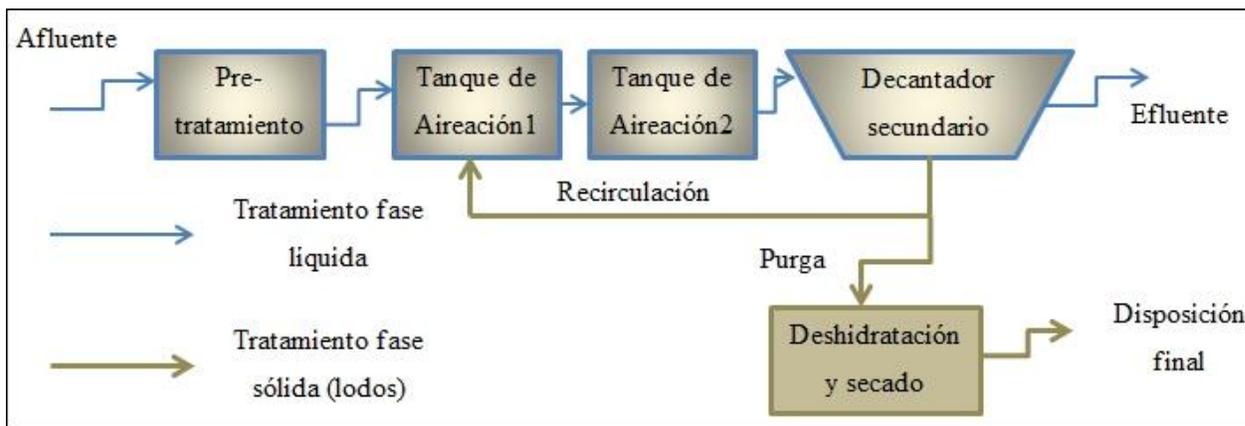


Figura 4 Diagrama de flujos PTAS Dichato, modalidad "Normal".

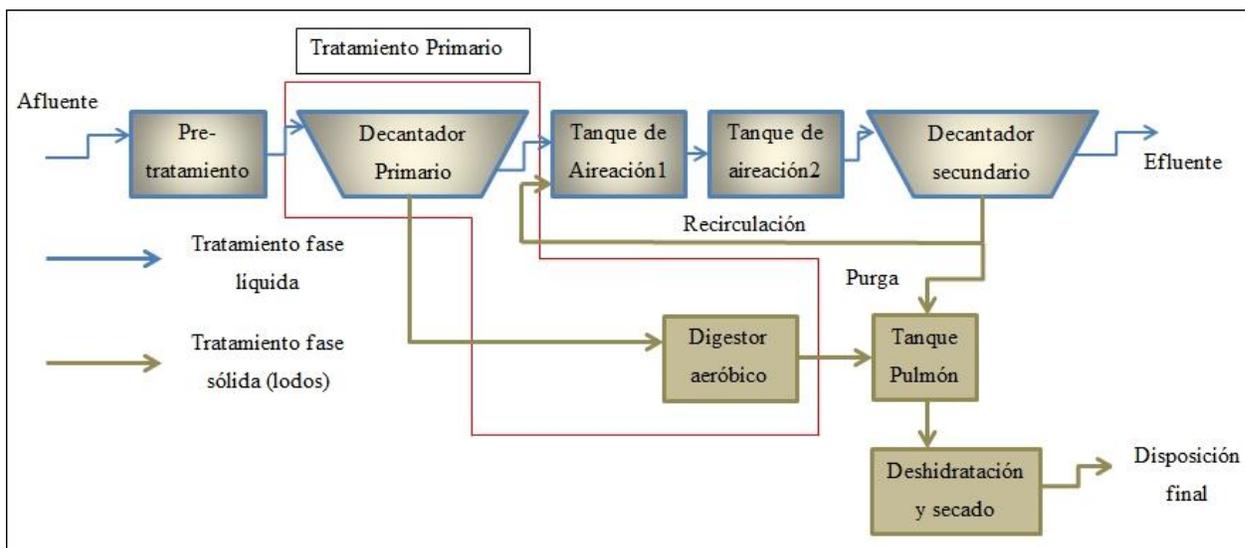


Figura 5 Diagrama de flujos PTAS Dichato, modalidad "Verano".

3 CAPITULO III: METODOLOGÍA.

Este capítulo describe el procedimiento experimental que se debe realizar para obtener los datos requeridos para lograr el objetivo del estudio.

Como se ha mencionado con anterioridad, la investigación evaluará el efecto que provoca la implementación de un tratamiento primario, consistente en un decantador primario, el cual opera solamente en los meses de verano, época en la cual la población flotante es considerable. Para esto se pretende comparar el grado de mineralización alcanzado por los lodos bajo ambas condiciones de operación en las distintas etapas del tratamiento de aguas residuales, es decir, en los tanques de aireación 1 y 2, digestor aeróbico de lodos y lodo recirculado .

La campaña de medición de datos se realiza en la Planta de tratamiento de aguas servidas de Dichato, y consiste en la extracción de muestras de lodos correspondientes a las principales fases del proceso de depuración de aguas servidas, en la figura 6 se definen las etapas del tratamiento de donde son tomadas las muestras, de la cuales se determinan los siguientes parámetros:

- Sólidos suspendidos totales.
- Sólidos suspendidos volátiles y minerales.
- Carga másica.
- Índice Volumétrico de lodos.

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se procede con la determinación del grado de mineralización alcanzada por el lodo perteneciente a la etapa de tratamiento correspondiente.

Este proceso, repetido a lo largo de la campaña de recolección de información, permite obtener los datos necesarios para llevar a cabo la comparación de ambas modalidades de tratamiento.

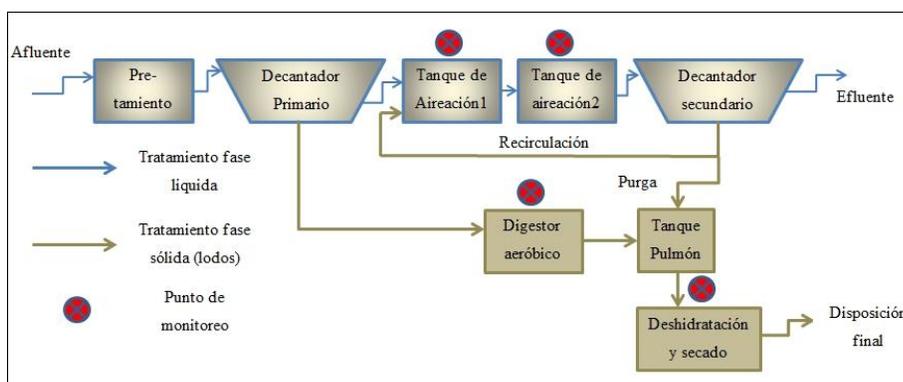


Figura 6 Puntos de Monitoreo PTAS Dichato

3.1 Campaña de medición.

La campaña de recolección de datos fue realizada entre el 04 de diciembre del año 2012 y el 01 de febrero del año 2013, ésta consistió en la toma de muestras de aguas residuales pertenecientes a los tanques de aireación 1 y 2, el digester aeróbico y el agua de recirculación y purga de lodos. Cabe señalar que la toma de muestra de agua de recirculación se realizó solo cuando los operadores se encontraban deshidratando lodos, siendo esta la única opción de obtenerla.

3.2 Tipo de operación de la planta.

Al comienzo de la campaña de medición (04 de diciembre del año 2012) la planta opera bajo la modalidad “Normal”, es decir sin sedimentador primario, comenzando el llenado de éste el día 08 de enero del año 2013 dando comienzo a la modalidad “Verano”, operación que se mantiene por el resto de la campaña.

De los ensayos realizados durante los 2 meses de monitoreo, 8 fueron realizados bajo el modelo de operación “Normal”, mientras que bajo la modalidad “Verano” fueron efectuados 10 ensayos, esto para los reactores 1 y 2 además del digester aeróbico, en cambio para los lodos de recirculado el total de muestras fue 11 encontrándose 4 ensayos bajo la modalidad “Normal” y 7 bajo la modalidad “Verano”.

3.3 Determinación Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos suspendidos totales (SST) corresponden al residuo no filtrable de una muestra de lodos de los tanques de aireación, se dividen en sólidos suspendidos volátiles y minerales.

El cálculo de SST se realiza con la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{A - B}{(A + B)^*} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

A= peso del filtro seco con sólido retenido, en mg.

B= peso del filtro, en mg.

3.4 Determinación de Sólidos Suspendidos Volátiles y Sólidos Suspendidos Minerales

Sólidos suspendidos volátiles (SSV) son aquéllos que se volatilizan a una temperatura de 550 °C y representan la parte orgánica de biomasa presente en las muestras de lodos. Los sólidos que no se volatilizan se denominan sólidos minerales (SSM) y corresponden a la fracción mineral presente en los lodos ensayados.

Los cálculos necesarios para la determinación de SSV y SSM son los siguientes:

$$\left(\frac{A - B}{C} \right) \times 100 = \frac{(A - B) *}{C} \quad \text{Ec. 2}$$

$$\left(\frac{B - C}{C} \right) \times 100 = \frac{(B - C) *}{C} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

A= peso del residuo más peso del crisol antes de la calcinación, en mg.

B= peso del residuo más peso del crisol después de la calcinación, en mg.

C= peso del crisol o filtro, en mg.

3.5 Carga másica.

Es la relación que existe entre la carga de materia orgánica que entra en el tanque de aireación por unidad de tiempo, y la masa de microorganismos existentes en el mismo, tiene directa incidencia en la mineralización alcanzada por los lodos, de modo que a menor carga másica mayor es la mineralización (Cisterna y Ayala, 2001). Se expresa como:

$$\frac{Q \cdot S_o}{V} = \text{Carga másica} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

Q = Caudal a tratar (m³/día).

S_o = DBO₅ de entrada al tanque de aireación por unidad de volumen (Kg/m³).

V = Volumen del tanque de aireación (m³).

SSV = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla (Kg SSV / m³).

Para obtener este necesario conocer información adicional a la que es posible obtener en terreno, como lo es la DBO₅ y el caudal diario ingresado a la planta de tratamiento, además se utilizarán

una serie de supuestos basados en la teoría de operación del decantador primario con respecto a la eficiencia en la remoción DBO_5 y de material particulado realizado en el tratamiento primario. Cabe señalar que la carga másica también puede haber sido calculada en relación a la concentración total de sólidos suspendidos totales, pero se eligen los sólidos suspendidos volátiles por representar la biomasa activa dentro de los tanques de aireación.

3.6 Grado de mineralización.

Corresponde a la fracción mineral presente en los sólidos suspendidos y viene dada por la relación entre sólidos suspendidos minerales y sólidos suspendidos totales, como se menciona en el punto 3.3, tiene directa relación con la carga másica.

$$\frac{SSM(-)}{SST(-)} \quad \text{Ec. 5}$$

3.7 Determinación Índice Volumétrico de Lodos (IVL).

El índice volumétrico de lodos (IVL) corresponde a un patrón para medir la capacidad de asentamiento y compactación que poseen los sólidos suspendidos en un agua residual. Este es obtenido al permitir que una muestra de lodos se asiente en condiciones normadas y define como el volumen ocupado, en mililitros por gramo de barro biológico luego de 30 minutos de sedimentación. Valores de IVL sobre 150 se relacionan a una incorrecta sedimentabilidad de los lodos. Siendo en la práctica el valor de IVL cercano a 100 el que representa con certeza una buena sedimentabilidad de los lodos producidos durante la operación de la PTAS.

Una disminución de la carga másica puede ocasionar problemas de sedimentabilidad en los lodos, debido a la proliferación excesiva de partículas filamentosas las que dificultan la decantación, lo que produce un aumento del IVL. (C. Calabran,2009).

Los cálculos necesarios para la determinación del IVL son los siguientes:

$$\left(- \right) \frac{\quad \quad \quad \left(- \right)}{\left(- \right)} \quad \text{Ec. 6}$$

4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Este capítulo tiene por propósito presentar los datos cuantitativos obtenidos en la etapa experimental, además se realizarán los análisis necesarios para llevar a cabo los objetivos planteados.

Inicialmente calculan las concentraciones de sólidos presentes en las muestras obtenidas (SST, SSV y SSM), paralelamente se determinan los índices volumétricos de lodos. Una vez recopilada esa información se procede con la construcción de las curvas representativas de cada fase de tratamiento. Finalizando con el análisis necesario para dar cumplimiento a los objetivos planteados en un comienzo.

4.1 Evolución de la Biomasa.

A continuación se grafican las curvas de sólidos suspendidos para cada etapa del tratamiento, considerada en la campaña de monitoreo, en ellas se observa el tipo de operación de la PTAS., la fecha de la muestra y las concentraciones de SST, SSV y SSM correspondientes.

4.1.1 Tanque de aireación N°1.

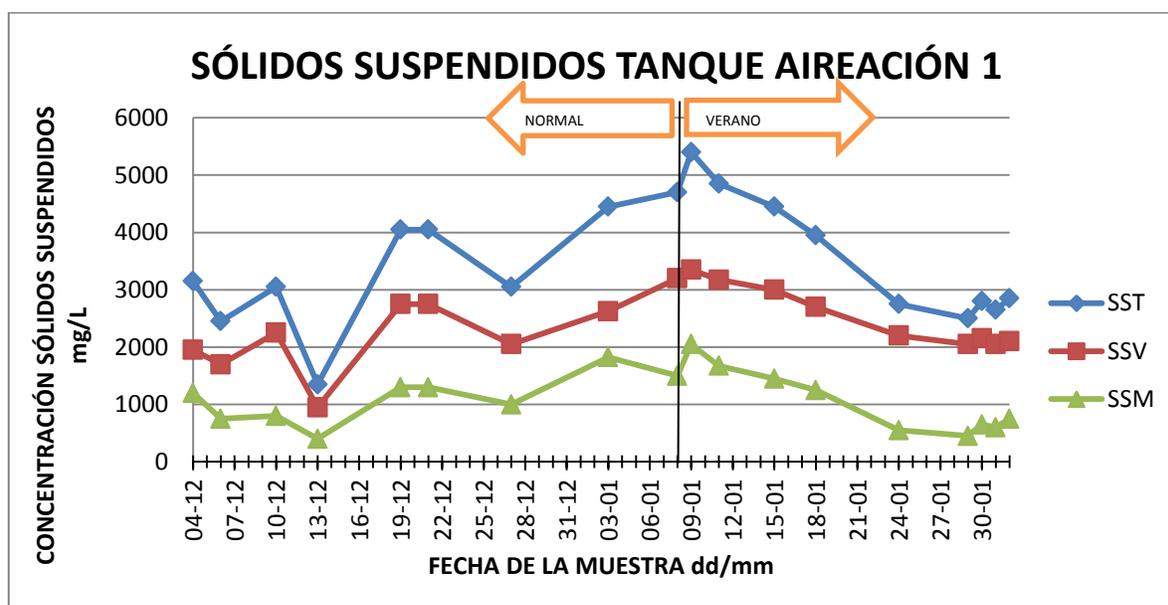


Gráfico 1 Variación de la concentración de sólidos en el Tanque de aireación n° 1 (Fuente: elaboración propia).

Para el estanque de aireación n° 1 se observa un continuo aumento de la biomasa lo cual se refleja con el acrecentamiento de la concentración de sólidos suspendidos totales, tendencia que se mantiene debido al aumento progresivo del caudal afluente de la PTAS. y el incremento de materia orgánica, dado que en esta época del año comienza a aumentar la actividad turística y por ende la generación de aguas servidas y la carga contaminante que esto conlleva. La incorporación del tratamiento primario, realizado la primera semana de enero, específicamente el 8 de enero, trae consigo una marcada disminución en la concentración de sólidos totales debido principalmente a la disminución del material particulado y la DBO₅ asociada, provocado por el decantador primario. Esta disminución se mantiene hasta la el 24 de enero, fecha en la cual se estabilizan en 3000 mg/l aproximadamente.

Cabe señalar que tanto las curvas de sólidos suspendidos volátiles como sólidos suspendidos minerales mantienen un comportamiento similar al de los SST manteniéndose principalmente equidistantes entre ellas lo cual se logra con el control de la concentración de sólidos mediante la purga del exceso de lodos.

Es importante señalar que la notoria baja evidenciada en la muestra tomada el día 13 de diciembre del año 2012 es debido a una falla en la bomba de recirculación de lodos.

4.1.2 Tanque de aireación N°2.

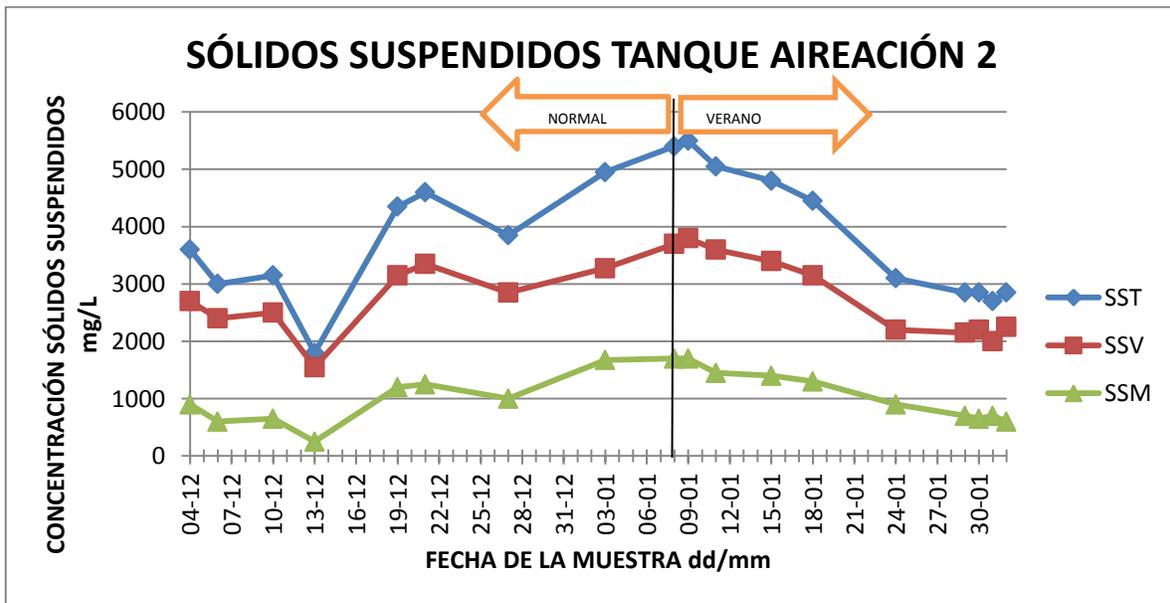


Gráfico 2 Variación de la concentración de sólidos o en el Tanque de aireación n° 2 (Fuente: elaboración propia).

El comportamiento de las curvas de sólidos es análoga al del estanque de aireación n° 1, es decir, hasta la puesta en marcha del decantador primario se ve un aumento en las concentraciones de sólidos, a excepción de la falla de la bomba del día 13 de diciembre, para luego empezar a disminuir tras la puesta en funcionamiento de este, lo que justifica la incorporación del tratamiento primario.

Si bien las curvas se comportan de manera similar en ambos estanques, las magnitudes de las concentraciones de sólidos son ligeramente mayores en el estanque de aireación n°2.

4.1.3 Digestor Aeróbico.

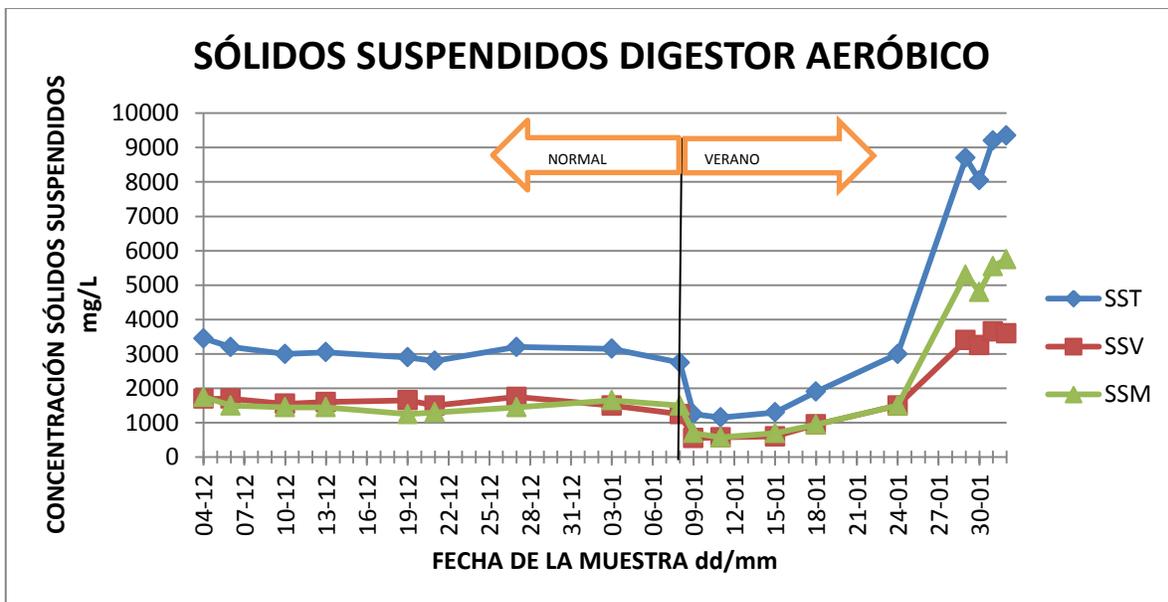


Gráfico 3 Variación de la concentración de sólidos en el Digestor Aeróbico (Fuente: elaboración propia).

Como se observa en el gráfico 3, en el digestor aeróbico los sólidos suspendidos se mantienen prácticamente constantes hasta la puesta en marcha del decantador primario, ya que este último es el encargado de suministrar la carga orgánica necesaria para que el digestor realice su función; tras la incorporación del tratamiento primario se observa una baja en los sólidos suspendidos, debido a la incorporación de un caudal afluente con una baja concentración de sólidos proveniente del decantador primario, lo cual tiene como consecuencia la disminución de la concentración de sólidos en el digestor aeróbico debido al aumento del volumen de agua dentro del tanque. Esta tendencia se mantiene durante una semana aproximadamente, tiempo que

demora la biomasa en comenzar a asimilar el material orgánico ingresado al digestor, lo cual queda reflejado en el aumento de la biomasa después de 7 días de operación.

Es necesario mencionar que durante el periodo “Normal” los lodos se encuentran estabilizados, no siendo necesaria la incorporación de aire, lo cual se vuelve fundamental tras el cambio de modalidad de tratamiento, ya que el aire permite que la actividad bacteriológica se desarrolle dentro del digestor aeróbico.

4.1.4 Purga.

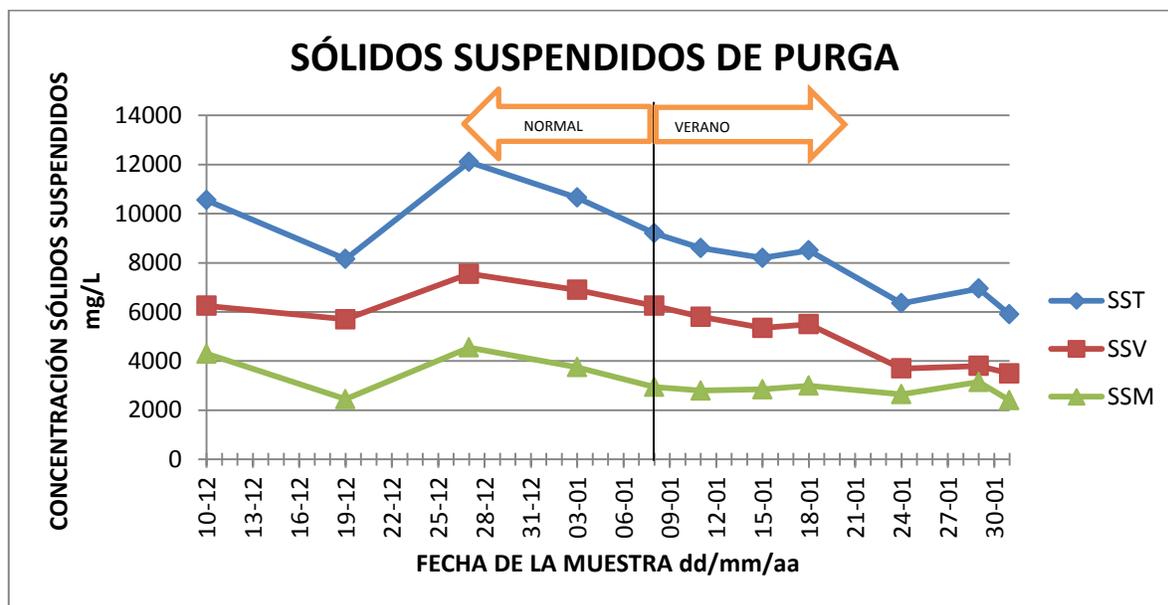


Gráfico 4 Variación de la concentración de sólidos en la Recirculación y Purga (Fuente: elaboración propia).

Durante la modalidad de operación normal, no se observan significativas variaciones en la concentración de sólidos entre una muestra y otra, manteniéndose en un promedio aproximado de 10000 mg/L en el caso sólidos suspendidos totales; tras la incorporación del tratamiento primario los SST comienzan un paulatino descenso el cual se mantiene hasta el fin de la campaña de monitoreo, este comportamiento es producto de la disminución de sólidos producidos en los tanques de aireación 1 y 2 provocado por la incorporación del tratamiento primario, debido a la menor carga de sustrato sólido a los tanques de aireación.

La curva correspondiente a los sólidos suspendidos volátiles mantiene un comportamiento similar con la curva de SST, a diferencia de los sólidos suspendidos minerales que tras la puesta en marcha del decantador primario se mantiene prácticamente invariable a pesar de la disminución de los sólidos totales y volátiles, debido a la mezcla con los lodos primarios producida en el

tanque de espesamiento previo a la purga, los que traen una estabilización mayor aumentando la proporción de sólidos suspendidos minerales en los lodos resultantes.

4.2 Carga másica

Para obtener la carga másica se utilizó la curva de caudal obtenida del monitoreo externo realizado por ESSBIO a la PTAS Dichato, al igual que la DBO_5 asociada, para la cual se utiliza el promedio de las mediciones obtenidas durante el mes de enero del año 2013.

Con respecto al cambio de operación se supone que en el modo “Verano” el decantador primario disminuye en un 25% la DBO_5 del afluente que ingresa a los tanques de aireación y que un 2% del caudal ingresado diariamente es enviado al Digestor Aeróbico de Lodos, dejando para la modalidad Normal, que el 100% de ambos ingrese a los Tanques de aireación 1 y 2.

Cabe señalar que para este análisis se asume que ambos estanques de aireación trabajan en conjunto sumándose los volúmenes y sólidos suspendidos volátiles pertenecientes a cada uno.

En resumen:

DBO_5 promedio “Normal” = 0,576 kg DBO_5 /dia.

DBO_5 promedio “Verano” = 0,432 kg DBO_5 /dia.

Volumen total reactores 1 y 2 = 993 m³.

A continuación se observan los gráfico n° 5 que representa las cargas en los tanques de aireacion 1 y 2 y digestor aeróbico respectivamente, en ellos se puede apreciar la modalidad de operación, la fecha de toma de la muestra y finalmente el parámetro de carga másica contrastado con los sólidos suspendidos volátiles presentes en los tanques de aireación.

4.2.1 Tanques de aireación 1 y 2.

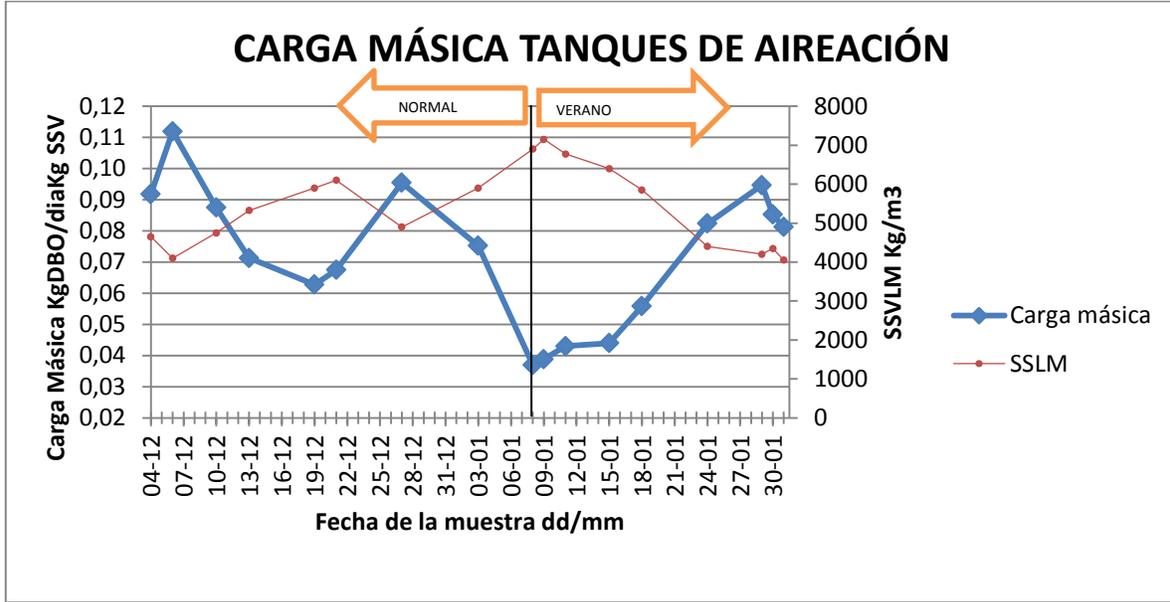


Gráfico 5 Variación de la Carga Másica en los tanques de aireación (Fuente: elaboración Propia).

Como se observa en el gráfico anterior, en la configuración previa a la puesta en marcha del sedimentador primario la carga másica se mantiene dentro de un rango definido entre 0,06 y 0,1 kgDBO₅/díaKgSSV, durante este circuito de operación, la carga másica es regulada principalmente a través de la recirculación de lodos. Al incorporar el tratamiento primario al circuito de operación se produce una abrupta disminución de la DBO₅, provocando un brusco descenso en la relación alimento/microorganismos presentes en los reactores, produciendo como resultado una baja en la producción de biomasa, causado por la disminución de materia orgánica, lo que sumado a la disminución del material particulado, permite que la carga másica aumente gradualmente a lo largo de la campaña de medición, debido a la disminución de los sólidos suspendidos volátiles.

Es importante señalar que la planta se mantiene operando bajo niveles de carga másica menores a 0,15 KgDBO₅/día KgSSV, lo que permite un proceso de Aireación Extendida. También cabe destacar que el dato correspondiente a la falla del día 13 de diciembre fue eliminado y reemplazado por el promedio de las dos mediciones adyacentes.

4.2.2 Digestor Aeróbico.

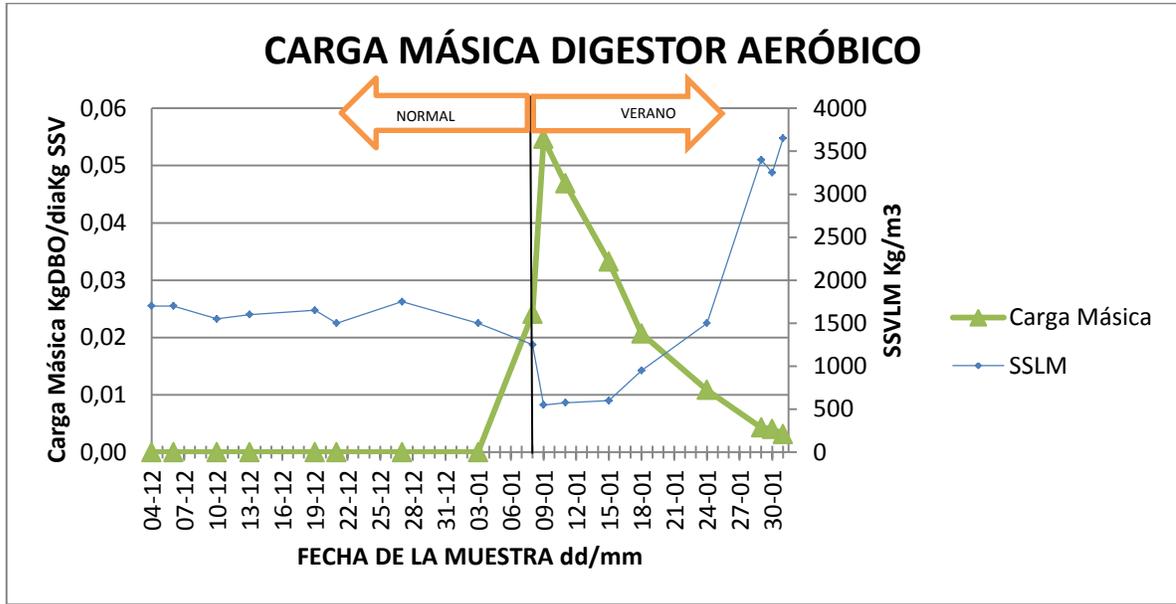


Gráfico 6 Variación de la Carga Másica en el Digestor Aeróbico (Fuente: elaboración Propia).

Cabe recordar que el digestor de lodos no se encuentra operativo durante la modalidad de operación “Normal” por lo cual la carga másica sólo puede ser estudiada una vez puesto en marcha el sedimentador primario.

La incorporación del tratamiento primario tiene como resultado un notorio aumento de la carga másica presente en el digestor aeróbico, esto se produce debido a la incorporación de un caudal afluente el cual posee un 25% de la DBO₅ que llega en las aguas residuales que ingresan a la PTAS, esta incorporación de materia orgánica sumado a la disminución de la concentración de sólidos suspendidos en los primeros días de llenado estudiada con anterioridad producen el alza abrupta de la carga másica. Al pasar los días se observa un descenso de la carga másica, el cual es resultado del aumento de sólidos suspendidos y el aumento del volumen de lodos existentes en el tanque de digestión aeróbica. En otras palabras, se aumenta significativamente la cantidad de microorganismos manteniendo constante la cantidad de alimento lo que acarrea una constante disminución de la carga orgánica presente en el digestor aeróbico.

4.3 Grado de mineralización.

A continuación se muestra gráficamente el grado de mineralización alcanzado por los lodos en las distintas etapas de tratamiento estudiadas, se observa la modalidad y fecha en que fue tomada la muestra y el grado de mineralización alcanzada por ésta. Para facilitar el análisis se incorpora la curva de la carga másica correspondiente.

4.3.1 Tanques de aireación.

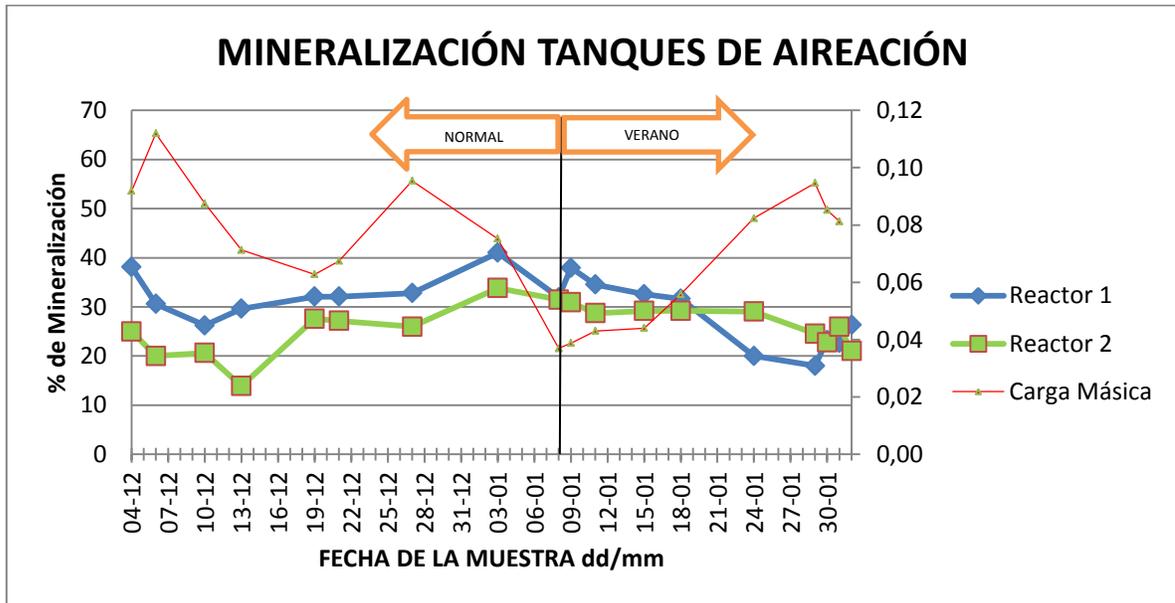


Gráfico 7 Variación del porcentaje de mineralización en los tanques de aireación (Fuente: elaboración propia).

Como se observa en el gráfico anterior durante la modalidad “Normal” la mineralización en ambos reactores mantiene un comportamiento similar observándose curvas sin mayores sobresaltos manteniendo se dentro del rango promedio de 35% de mineralización para el tanque de aireación 1 del 30 % para el tanque de aireación 2. Debido a que los tanques de aireación se encuentran en serie, el Reactor 1 presenta un mayor grado de mineralización respecto al Reactor 2, producto del ingreso de los lodos provenientes de la recirculación, los que traen un nivel alto de estabilización, a diferencia del Reactor 2 el cual es alimentado directamente con el efluente del Reactor 1 cuyos lodos aún no alcanzan el grado de tratamiento que poseen los lodos de recirculación.

Para la modalidad “Verano” la curva perteneciente al Reactor 1 presenta una disminución gradual en el porcentaje de mineralización presente en los lodos, concordante con el aumento de la carga

másica, mientras que el Reactor 2 si bien de igual manera presenta una disminución del porcentaje mineral, esta variación es más suave, debido a la digestión ya realizada en el Reactor 1.

4.3.2 Digestor Aeróbico.

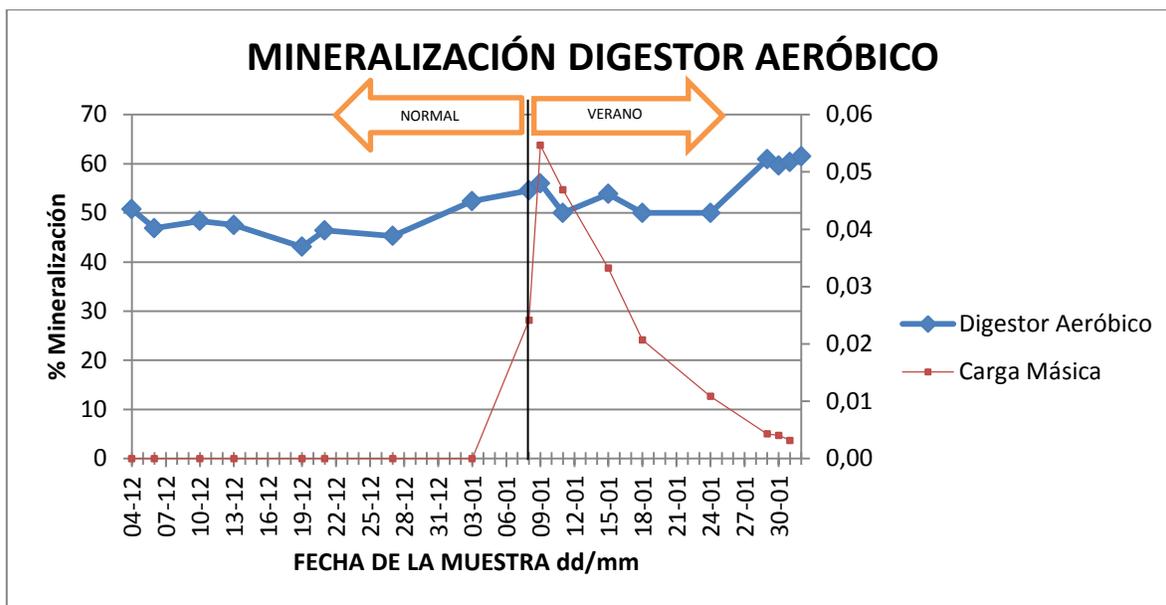


Gráfico 8 Variación del porcentaje de mineralización en Digestor Biológico (Fuente: elaboración propia).

En el digestor aeróbico los lodos se encuentran estabilizados en la modalidad “Normal” por lo que el grado de mineralización es similar en las muestras ensayadas y se aproxima al 50% , tras la incorporación del tratamiento primario a la línea de tratamiento, se observa un leve aumento en la fracción mineral debido que al descender de la concentración de sólidos suspendidos totales, la fracción que se vio más afectada fue la de los sólidos suspendidos volátiles, esta variación se mantiene durante un periodo aproximado de 16 días tras lo cual la mineralización aumenta producto del extenso periodo de retención que tienen los microorganismos y la baja carga orgánica que ingresa al tanque de digestión, lo que se traduce en una sobrepoblación de microorganismos en relación al alimento disponible, lo que conlleva que los organismos en plena actividad se alimenten de los microorganismos muertos, aumentando de esta forma el grado de mineralización alcanzado por lo lodos.

4.3.3 Purga de lodos

A continuación se muestran los resultados obtenidos del lodo proveniente del sedimentador secundario, el cual es utilizado para la recirculación y la purga de lodo, éste se analiza de manera individual debido a que ya ha pasado por todas las etapas de tratamiento de la planta encontrándose estabilizado, por lo cual es el referente para evaluar la efectividad del proceso de depuración y analizar la influencia que tiene la incorporación del tratamiento primario en la época estival.

El gráfico 9 contiene el resumen de los ensayos realizados a las muestras de lodos previo a la deshidratación.

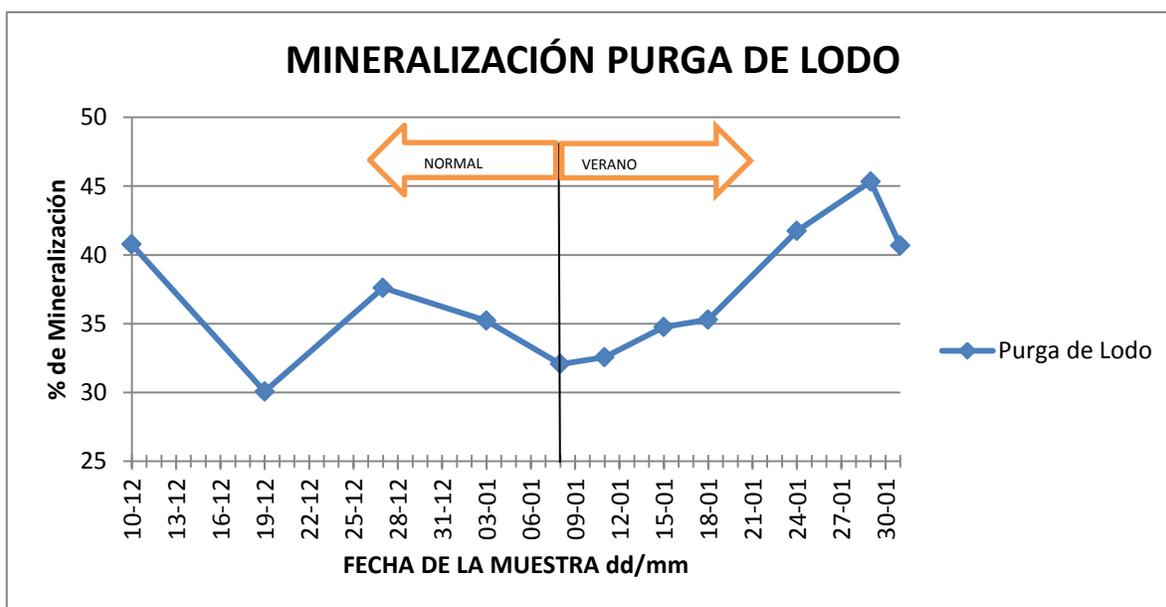


Gráfico 9 Variación del porcentaje de en los lodos de Recirculación y Purga (Fuente: elaboración propia).

El grado de mineralización de los lodos es un poco mayor en magnitud al alcanzado en los tanques de aireación, debido al pequeño gradiente de mineralización que se da en el sedimentador secundario, manteniendo un comportamiento similar a las curvas de los tanques de aireación 1 y 2, este comportamiento se mantiene hasta la muestra del 24 de enero del 2013, día que se procede con la purga de lodos proveniente del digestor aeróbico. Las purgas provenientes del tratamiento secundario y el digestor aeróbico son enviados al tanque pulmón dispuesto para el espesamiento de donde son mezclados, es debido a esto que se produce un significativo aumento en el grado de mineralización de los lodos purgados, ya que el lodo proveniente del digestor posee un alto porcentaje mineral, como fue analizado en el punto anterior. Se mantiene un 36% como promedio de mineralización en ambas modalidades de tratamiento.

4.4 Determinación del Índice Volumétrico de Lodos.

El gráfico mostrado a continuación describe la capacidad de asentamiento de los sólidos a lo largo de la campaña de monitoreo para cada fase de tratamiento, es decir tanques de aireación 1 y 2 además del digester aeróbico. Se excluye de este análisis el lodo de recirculación y purga por provenir del sedimentador secundario. En este se puede apreciar el tipo de operación de la planta de tratamiendo, la fecha de la muestra y el parámetro IVL.

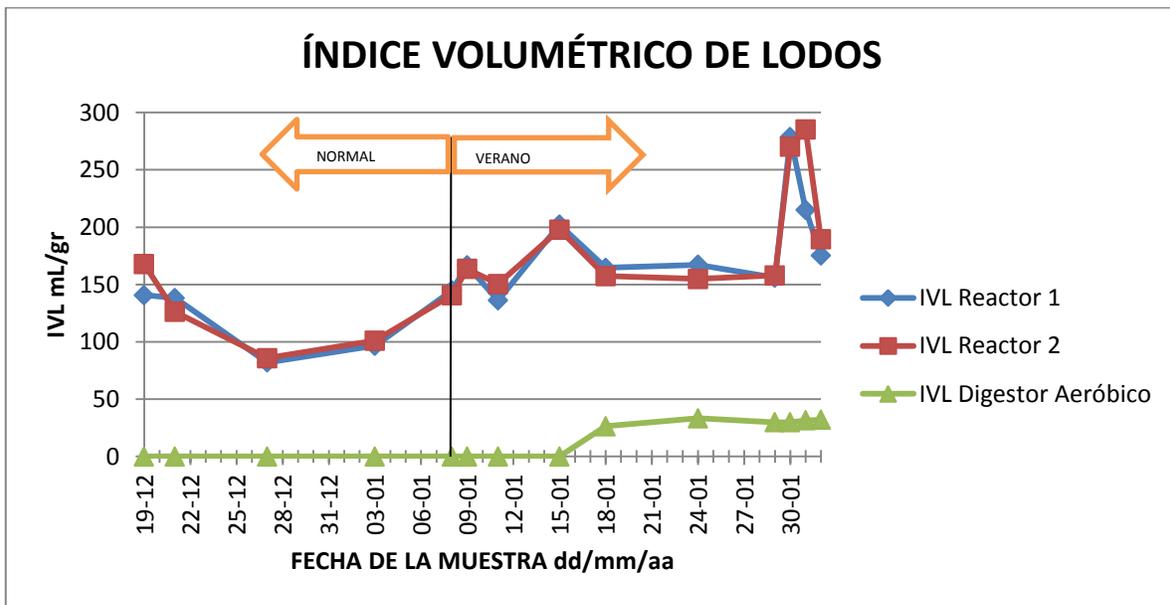


Gráfico 10 Variación índice volumétrico de lodos (Fuente: elaboración propia).

En la época de operación Normal, en los Tanques de aireación 1 y 2 se observan valores de IVL cercanos a 100 mL/gr lo que implica que los lodos poseen buenas propiedades de sedimentación y compactación. Sin embargo tras la puesta en marcha del decantador secundario los valores de IVL suben por sobre los 150 mL/gr lo que indica que la capacidad de sedimentación de los lodos se vio afectada por el cambio de modalidad de operación, obteniéndose lodos con una menor capacidad de decantación, llegando a presentarse el fenómeno bulking (pobres características de sedimentabilidad y poca compactación) durante un par de días de operación al final de la campaña de monitoreo, producto de la disminución de la carga másica.

En el digester aeróbico durante la época de operación normal no existe carga orgánica que permita el crecimiento de la biomasa, por lo tanto no hay presencia de organismos filamentosos que permitan la formación de flóculos, por ende no hay decantación, arrojándose IVL iguales a 0 mL/gr. Al realizar el cambio de modalidad de operación, el IVL se mantiene en 0 mL/gr durante

una semana, tras lo cual se observa un aumento cercano a 30 mL/gr, coincidente con el aumento de la biomasa analizado en el punto 4.1.3.

5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.

En este capítulo se entregan las conclusiones referidas al las experiencias descritas en el capítulo de Análisis de Resultados.

5.1 Conclusiones.

- La incorporación del tratamiento primario permite que la planta de tratamiento de aguas servidas de Dichato opere bajo los niveles de carga correspondientes al sistema de aireación extendida, durante las 2 modalidades de operación, manteniéndose una carga másica promedio de 0,08 KgDBO₅/díaSSV para la modalidad Normal y de 0,06 KgDBO₅/díaSSV para la modalidad Verano.
- Se comprueba que una baja en la carga másica provoca una disminución en la producción de biomasa como queda reflejado en los tanques de aireación, y un aumento provoca un delta de biomasa positivo lo cual queda demostrado en el digestor aeróbico.
- La incorporación del tratamiento primario en la época estival absorbe de manera idónea el aumento de la producción de aguas servidas en la localidad de Dichato permitiendo a la planta operar de manera óptima durante esta temporada sin necesidad de aumentar el tamaño de los tanques de aireación.
- Los promedios de mineralización alcanzada por los lodos en ambas modalidades, se mantienen equiparados, no existiendo una baja en la calidad basado en este parámetro manteniendo un promedio de 36% de mineralización en los Lodos de purga.
- La sedimentabilidad y compactación de los lodos se ve disminuida por la incorporación del tratamiento primario reflejada en Índices Volumétricos de Lodos (IVL) mayores a 150 mL/gr, llegando incluso a sobrepasar los 200 mL/gr, valor que indica la presencia de

Bulking en los lodos, en contraste al periodo de operación Normal en el cual los valores de IVL se encuentran cercanos a 100 mL/gr.

- Finalmente y basados en los análisis realizados a los parámetros evaluados, se puede concluir que la incorporación del tratamiento primario en la PTAS Dichato afecta la calidad de los lodos al disminuir la sedimentabilidad y compactación de los lodos producidos durante la época estival, no viéndose perjudicada la mineralización alcanzada por los lodos producidos en ambas modalidades de operación.

BIBLIOGRAFIA.

- WINKLER, 1998. Tratamiento biológico de aguas de desecho. Editorial Limusa.
- METCALF y EDDY, 1995. Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Editorial McGraw-Hill.
- CISTERNA, P., AYALA, C, 2001. “Incidencia de la carga másica en la estabilización y deshidratación de los lodos en plantas de fangos activos por aireación extendida”. XIV congreso de ingeniería sanitaria y ambiental AIDIS, Chile.
- CALABRAN, C, 2009. “ Efecto comparativo del *desarrollo del bulking en la biomasa*, frente a distintos tipos de sustratos. Proyecto de Título de Ingeniería Civil. Concepción, Universidad del Bío-Bío, Concepción.
- CISTERNA OSORIO, PEDRO 2004. “Tratamiento de Aguas Residuales”. Apunte de Clases. Universidad del Bío-Bío, Concepción.
- Declaracion impacto ambiental PTAS Dichato, de <http://www.sea.gob.cl/>

ANEXOS

Contenido

ANEXO A: DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS.....	35
A.1 Ensayos de Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles	35
A.2 Ensayo Índice Volumétrico de Lodos.	35
ANEXO B: DATOS CUANTITATIVOS DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO.....	36
B.1 Ensayos de Sólidos Suspendidos.....	36
B.2 Carga másica.....	39
B.3 Grado de mineralización.....	40
B.4 Índice Volumétrico de Lodos.	41

ANEXO A: DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS.

A.1 Ensayos de Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles .

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se determinan por filtración de un volumen de muestra conocido sobre filtros de fibra vidrio WHATMAN, de 4,7 cm GF/C y posteriormente secados a 103-105°C. La diferencia de peso de los filtros antes y después de la filtración permite calcular el contenido en SST (Método 209C, Standard Methods).

En cuanto a los Solidos Suspendidos Volátiles (SSV), se determinan por la pérdida de peso después de la calcinación a 550°C (Método 208E, Standard Methods).

La diferencia entre SST y SSV corresponde a la los Solidos Suspendidos Minerales.

A.2 Ensayo Índice Volumétrico de Lodos.

Para la Determinación del IVL se utilizan probetas de 500 ml las que son llenadas con agua extraída de cada uno de los reactores en estudio, una vez llenada la probeta se deja sedimentar por 30 minutos, transcurrido ese tiempo se procede a medir el volumen de lodo decantado en la probeta.

ANEXO B: DATOS CUANTITATIVOS DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO.

Este anexo presenta los datos cuantitativos entregados por la ejecución de los ensayos.

B.1 Ensayos de Sólidos Suspendidos.

- Tanque de aireación N°1.

Tabla B.1. Resumen de sólidos suspendidos obtenidos en el Tanque de aireación N° 1.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSM(mg/L)
1	RESTO DEL AÑO	04-12-2012	3150	1950	1200
2	RESTO DEL AÑO	06-12-2012	2450	1700	750
3	RESTO DEL AÑO	10-12-2012	3050	2250	800
4	RESTO DEL AÑO	13-12-2012	1350	950	400
5	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	4050	2750	1300
6	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	4050	2750	1300
7	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	3050	2050	1000
8	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	4450	2625	1825
9	VERANO	08-01-2013	4700	3200	1500
10	VERANO	09-01-2013	5400	3350	2050
11	VERANO	11-01-2013	4850	3175	1675
12	VERANO	15-01-2013	4450	3000	1450
13	VERANO	18-01-2013	3950	2700	1250
14	VERANO	24-01-2013	2750	2200	550
15	VERANO	29-01-2013	2500	2050	450
16	VERANO	30-01-2013	2800	2150	650
17	VERANO	31-01-2013	2650	2050	600
18	VERANO	01-02-2013	2850	2100	750

- Tanque de aireación N°2.

Tabla B.2. Resumen de sólidos suspendidos obtenidos en el Tanque de aireación N° 2.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSM(mg/L)
1	RESTO DEL AÑO	04-12-2012	3600	2700	900
2	RESTO DEL AÑO	06-12-2012	3000	2700	600
3	RESTO DEL AÑO	10-12-2012	3150	2700	650
4	RESTO DEL AÑO	13-12-2012	1800	2700	250
5	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	4350	2700	1200
6	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	4600	2700	1250
7	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	3850	2700	1000
8	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	4950	2700	1675
9	VERANO	08-01-2013	5400	2700	1700
10	VERANO	09-01-2013	5500	2700	1700
11	VERANO	11-01-2013	5050	2700	1450
12	VERANO	15-01-2013	4800	2700	1400
13	VERANO	18-01-2013	4450	2700	1300
14	VERANO	24-01-2013	3100	2700	900
15	VERANO	29-01-2013	2850	2700	700
16	VERANO	30-01-2013	2850	2700	650
17	VERANO	31-01-2013	2700	2700	700
18	VERANO	01-02-2013	2850	2700	600

- Digertor Aeróbico.

Tabla B.3. Resumen de sólidos suspendidos obtenidos en el Digestor aeróbico.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSM(mg/L)
1	RESTO DEL AÑO	04-12-2012	3450	1700	1750
2	RESTO DEL AÑO	06-12-2012	3200	1700	1500
3	RESTO DEL AÑO	10-12-2012	3000	1550	1450
4	RESTO DEL AÑO	13-12-2012	3050	1600	1450
5	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	2900	1650	1250
6	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	2800	1500	1300
7	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	3200	1750	1450
8	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	3150	1500	1650
9	VERANO	08-01-2013	2750	1250	1500
10	VERANO	09-01-2013	1250	550	700
11	VERANO	11-01-2013	1150	575	575
12	VERANO	15-01-2013	1300	600	700
13	VERANO	18-01-2013	1900	950	950
14	VERANO	24-01-2013	3000	1500	1500
15	VERANO	29-01-2013	8700	3400	5300
16	VERANO	30-01-2013	8050	3250	4800
17	VERANO	31-01-2013	9200	3650	5550
18	VERANO	01-02-2013	9350	3600	5750

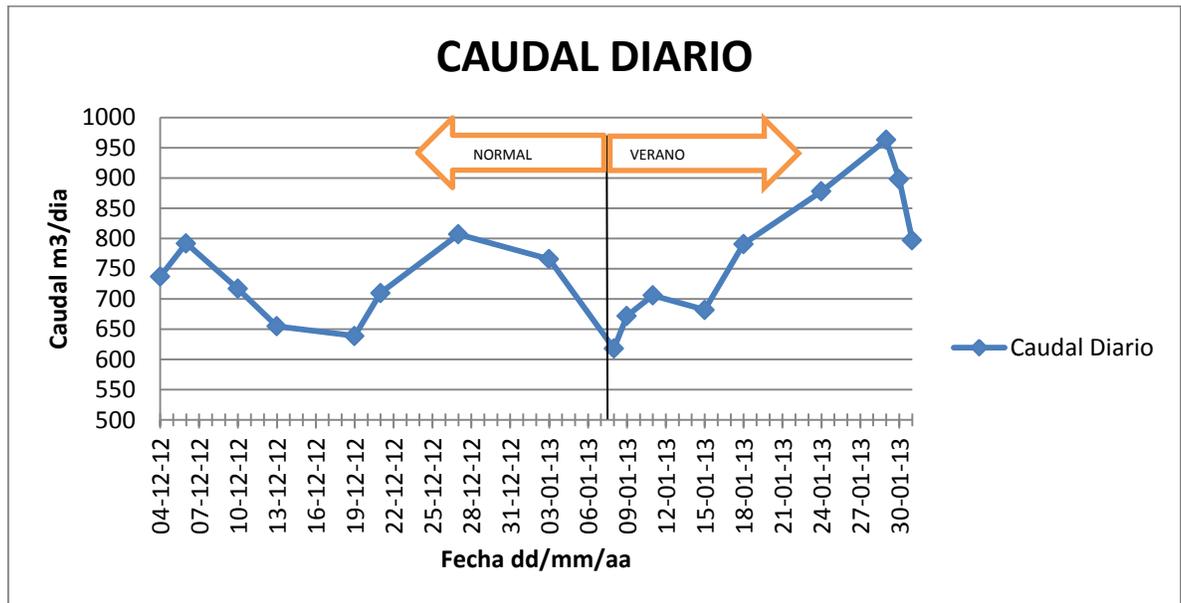
- Recirculación y Purga.

Tabla B.4. Resumen de sólidos suspendidos obtenidos en la Recirculación y Purga.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSM(mg/L)
1	RESTO DEL AÑO	10-12-2012	10550	6250	4300
2	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	8150	5700	2450
3	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	12100	7550	4550
4	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	10650	6900	3750
5	VERANO	08-01-2013	9200	6250	2950
6	VERANO	11-01-2013	8600	5800	2800
7	VERANO	15-01-2013	8200	5350	2850
8	VERANO	18-01-2013	8500	5500	3000
9	VERANO	24-01-2013	6350	3700	2650
10	VERANO	29-01-2013	6950	3800	3150
11	VERANO	31-01-2013	5900	3500	2400

B.2 Carga másica.

A continuación se grafica el afluente diario ingresado a los tanques de aireación.



• Gráfico B.1. Caudal ingresado a los tanques de aireación (Fuente: ESSBIO)

• Carga Másica Tanques de aireación.

Tabla B.5. Resumen Carga Másica tanques de aireación.

MUESTRA N°	MOD. DE OPERACIÓN	FECHA	Total SSV (mg/L)	caudal m3/día	carga másica (KgDBO/ día KgSSV)
1	RESTO DEL AÑO	04-12-2012	4650	737	0,09
2	RESTO DEL AÑO	06-12-2012	4100	792	0,11
3	RESTO DEL AÑO	10-12-2012	4750	717	0,09
4	RESTO DEL AÑO	13-12-2012	2500	655	0,15
5	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	5900	639	0,06
6	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	6100	710	0,07
7	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	4900	807	0,10
8	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	5900	766	0,08
9	VERANO	08-01-2013	6900	587	0,04
10	VERANO	09-01-2013	7150	638	0,04
11	VERANO	11-01-2013	6775	671	0,04
12	VERANO	15-01-2013	6400	648	0,04
13	VERANO	18-01-2013	5850	751	0,06
14	VERANO	24-01-2013	4400	834	0,08
15	VERANO	29-01-2013	4200	915	0,09
16	VERANO	30-01-2013	4350	853	0,09
17	VERANO	31-01-2013	4050	757	0,08

B.3 Grado de mineralización.

- Tanques de aireación y Digestor Aeróbico

Tabla B.6. Resumen grado de mineralización Tanques de aireación.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	Porcentaje de Mineralización		
			Reactor 1	Reactor 2	Digestor Aeróbico
1	RESTO DEL AÑO	04-12-2012	38	25	51
2	RESTO DEL AÑO	06-12-2012	31	20	47
3	RESTO DEL AÑO	10-12-2012	26	21	48
4	RESTO DEL AÑO	13-12-2012	30	14	48
5	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	32	28	43
6	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	32	27	46
7	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	33	26	45
8	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	41	34	52
9	VERANO	08-01-2013	32	31	55
10	VERANO	09-01-2013	38	31	56
11	VERANO	11-01-2013	35	29	50
12	VERANO	15-01-2013	33	29	54
13	VERANO	18-01-2013	32	29	50
14	VERANO	24-01-2013	20	29	50
15	VERANO	29-01-2013	18	25	61
16	VERANO	30-01-2013	23	23	60
17	VERANO	31-01-2013	23	26	60
18	VERANO	01-02-2013	26	21	61

- Lodos de Purga y Recirculación.

Tabla B.7. Resumen grado de mineralización Lodos de Purga

Muestra N°	Tipo Tratamiento	Fecha	Porcentaje de Mineralización
1	RESTO DEL AÑO	10-12-2012	41
2	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	30
3	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	38
4	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	35
5	VERANO	08-01-2013	32
6	VERANO	11-01-2013	33
7	VERANO	15-01-2013	35
8	VERANO	18-01-2013	35
9	VERANO	24-01-2013	42
10	VERANO	29-01-2013	45
11	VERANO	31-01-2013	41

B.4 Índice Volumétrico de Lodos.

- Tanque de aireación n°1.

Tabla B.8. Resumen de Índices volumétricos obtenidos en el Tanque de aireación N° 1.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	VOL. SOLIDO (mL/L)	SST (gr/L)	IVL (mg/L)
1	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	570	4,05	141
2	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	560	4,05	138
3	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	250	3,05	82
4	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	430	4,45	97
5	VERANO	08-01-2013	680	4,7	145
6	VERANO	09-01-2013	900	5,4	167
7	VERANO	11-01-2013	660	4,85	136
8	VERANO	15-01-2013	900	4,45	202
9	VERANO	18-01-2013	650	3,95	165
10	VERANO	24-01-2013	460	2,75	167
11	VERANO	29-01-2013	390	2,5	156
12	VERANO	30-01-2013	780	2,8	279
13	VERANO	31-01-2013	570	2,65	215
14	VERANO	01-02-2013	500	2,85	175

- Tanque de aireación n°2.

Tabla B.9. Resumen de Índices volumétricos obtenidos en el Tanque de aireación N° 2.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	VOL. SOLIDO (mL/L)	SST (gr/L)	IVL (mg/L)
1	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	730	4,35	168
2	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	580	4,60	126
3	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	330	3,85	86
4	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	500	4,95	101
5	VERANO	08-01-2013	760	5,40	141
6	VERANO	09-01-2013	900	5,50	164
7	VERANO	11-01-2013	760	5,05	150
8	VERANO	15-01-2013	950	4,80	198
9	VERANO	18-01-2013	700	4,45	157
10	VERANO	24-01-2013	480	3,10	155
11	VERANO	29-01-2013	450	2,85	158
12	VERANO	30-01-2013	770	2,85	270
13	VERANO	31-01-2013	770	2,70	285
14	VERANO	01-02-2013	540	2,85	189

- Digestor Aeróbico.

Tabla B.10. Resumen de Índices Volumétricos obtenidos en el Digestor Aeróbico.

MUESTRA N°	MODALIDAD DE OPERACIÓN	FECHA	VOL. SOLIDO (mL/L)	SST (gr/L)	IVL (mg/L)
1	RESTO DEL AÑO	19-12-2012	0	2,90	0
2	RESTO DEL AÑO	21-12-2012	0	2,80	0
3	RESTO DEL AÑO	27-12-2012	0	3,20	0
4	RESTO DEL AÑO	03-01-2013	0	3,15	0
5	VERANO	08-01-2013	0	2,75	0
6	VERANO	09-01-2013	0	1,25	0
7	VERANO	11-01-2013	0	1,15	0
8	VERANO	15-01-2013	0	1,30	0
9	VERANO	18-01-2013	50	1,90	26
10	VERANO	24-01-2013	100	3,00	33
11	VERANO	29-01-2013	260	8,70	30
12	VERANO	30-01-2013	240	8,05	30
13	VERANO	31-01-2013	290	9,20	32
14	VERANO	01-02-2013	300	9,35	32