

UCH-FC
Q. Ambiental
P 879
C. 1



FACULTAD DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE CHILE

**“POTENCIALES CAUSAS DE LA DESVIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS EN UNA INDUSTRIA DE
ALIMENTOS CON RESPECTO A LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de:

QUÍMICO AMBIENTAL

Carla Loreto Poveda Troncoso

Director del Seminario de Título:

Cintia Faúndez Canales

Profesor Patrocinante:

Dra. Isel Cortés Nodarse

Noviembre de 2014

Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por la candidata:

CARLA LORETO POVEDA TRONCOSO

“POTENCIALES CAUSAS DE LA DESVIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS CON RESPECTO A LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Cintia Faúndez
Directora Seminario de Título

Firma manuscrita en azul de Cintia Faúndez sobre una línea horizontal.

Dra. Isel Cortes.
Profesora Patrocinante

Firma manuscrita en azul de Dra. Isel Cortes sobre una línea horizontal.

Prof. Julio Hidalgo.
Presidente

Firma manuscrita en azul de Prof. Julio Hidalgo sobre una línea horizontal.

Prof. Ricardo Serrano.
Corrector

Firma manuscrita en verde de Prof. Ricardo Serrano sobre una línea horizontal.



Santiago de Chile, Noviembre 2014

RESEÑA



Mi nombre es Carla Loreto Poveda Troncoso, nací el 26 de Febrero de 1991 en la comuna de Yungay en la Octava Región. A los 2 años de vida nos vinimos con mis padres a vivir a Santiago a la comuna de Quinta Normal. Mis primeros estudios los realicé en la misma comuna, al tiempo nos cambiamos a la comuna de Maipú por lo cual me cambiaron de colegio en donde terminé toda la enseñanza básica. La enseñanza

media completa la hice en el Colegio Sagrados Corazones de Alameda del cual salí en el año 2008, posteriormente llegué a la Universidad de Chile en el año 2009, a la carrera de Química Ambiental sin conocer a nadie. Con el pasar de las primeras semanas de clases, comencé a sentir los primeros aires de mechoneo en los cuales los de segundo año disfrutaban metiéndonos miedo. Luego de pasar por esa experiencia, empecé a conocer a mis compañeros, surgieron bonitas amistades que aún perduran, convirtiéndose en un apoyo importante para todos los años académicos que se venían. A lo largo de la carrera tuve la oportunidad de conocer a muy buenos docentes que me brindaron nuevos conocimientos y experiencias para mi formación académica.

Finalmente, egresé de la carrera en el año 2013. En este mismo año comencé a realizar mi Seminario de Título en donde tuve mis primeros acercamientos al mundo laboral y a entender el camino que se viene de aquí en adelante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis padres, Genoveva Troncoso y Juan Carlos Poveda por el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida y en mi formación académica.

Agradezco a la Dra. Isél Cortes por su apoyo constante en el desarrollo de mi trabajo.

Agradezco a mis amigos y amigas por poder contar siempre con ellos y ser parte de esta etapa de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
GLOSARIO	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xvi
1.1. Antecedentes Generales.....	1
1.2.1. Planta de Chocolates.....	3
1.2.2. Planta de Galletas.	3
1.2.3. Sala de Lavado.....	4
1.3 Caracterización físico-química de RILes.	4
1.3.1. Sistema de Muestreo de RILes.	5
1.4. Estación de medición RIL final	9
1.5. Normativa Ambiental Aplicable	10
1.6 Hipótesis	12
1.7. Objetivos.....	12
1.7.1. Objetivo General.....	12
1.7.2. Objetivos Específicos	12
II. METODOLOGÍA	13
2.1. Inspección preliminar.....	14
2.1.1. Revisión exteriores de fábrica y documentación	14
2.1.2. Reconocimiento de los puntos de muestreos	14
2.1.3. Identificación del Sistema de Alcantarillado	15
2.2. Identificación de puntos de descarga de RILes	15
2.2.1. En Plantas de Producción	15
2.2.2. En Sala de Lavado	16
2.3. Caracterización de puntos de descarga de RILes	16

2.4.	Identificación de los procesos y actividades que generan RILes.....	17
2.4.1.	Determinación de los productos que causan desviación de parámetros físico-químicos.....	19
2.5.	Aseo de las Líneas Críticas.....	19
2.5.1.	Cambio de Formato.....	19
2.5.2.	Fin de Ciclo.....	20
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
3.1.	Características físico-químicos de los puntos de muestreo.....	21
3.1.1.	Planta de Chocolates.....	22
3.1.2.	Planta de Galletas.....	28
3.1.3.	Sala de Lavado.....	33
3.1.4.	RIL final.....	38
3.2.	Comparación del aporte de parámetros físico-químicos por puntos de muestreo.....	43
3.3.	Fuentes de descarga de RILes en fábrica.....	49
3.4.	Efluentes plantas de producción.....	52
3.5.	Efluentes Sala de Lavado.....	65
3.6.	Procesos y Productos que causan desviación de parámetros físico-químicos.....	68
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
	REFERENCIAS.....	75
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normativa Chilena vigente para el análisis de parámetros	8
Tabla 2: Límite máximo permitido según DS 609 y contrato.....	11
Tabla 3: Líneas de producción y sectores críticos	50
Tabla 4: Características sector generador de RILes, Línea Cavemil 2.	52
Tabla 5: Características sector generador de RILes, Línea Aasted 2.....	54
Tabla 6: Características sector generador de RILes, Línea Cocinadora.....	55
Tabla 7: Características sector generador de RILes, Línea Sollich 1 y 3.....	57
Tabla 8: Productos de lavado Sala de Lavado, Planta de Chocolates.....	59
Tabla 9: Características sector generador de RILes, Línea Champaña.....	60
Tabla 10: Características sector generador de RILes, Línea Oblea 2 y 3.....	62
Tabla 11: Productos de aseo y equipos que llegan a Sala de Lavado.....	65
Tabla 12: Productos y procesos que generan RILes, Planta de Chocolates.....	68
Tabla 13: Procesos y productos que generan RILes, Planta de Galletas	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de generación de RILes	2
Figura 2: Puntos de muestreo de RILes.....	6
Figura 3: (A) Muestreador automático; (B) Botellas recolectoras de muestras ubicadas en el interior del muestreador.	7
Figura 4: (A) Sonda registradora de pH y T°; (B) Sonda registradora de caudal	7
Figura 5: Esquema estación de medición pH, T° y Q.....	9
Figura 6: (A) Indicador de Q; (B) Válvulas inyectoras de NaOH; (C) Indicador de pH; (D) Transmisor de T° y sensor de pH.....	10
Figura 7: Esquema de la metodología	13
Figura 8: Consumo de agua y de descarga de RILes, durante los meses del estudio, expresados en m ³	21
Figura 9: Variación de AyG, Planta de Chocolates	22
Figura 10: pH máximo y mínimo, Planta de Chocolates.....	23
Figura 11: T° máxima, Planta de Chocolates	24
Figura 12: Variación de DBO ₅ , Planta de Chocolates	24
Figura 13: Variación SST, Planta de Chocolates	25
Figura 14: Variación P _{total} , Planta de Chocolates.....	26
Figura 15: Variación NH ₄ ⁺ , Planta de Chocolates.....	27
Figura 16: Fluctuación VDD, Planta de Chocolates	27
Figura 17: Variación de AyG, Planta de Galletas	28
Figura 18: pH máximo y mínimo, Planta de Galletas	29
Figura 19: T° máxima, Planta de Galletas.....	29

Figura 20: Variación de DBO ₅ , Planta de Galletas	30
Figura 21: Variación SST, Planta de Galletas	30
Figura 22: Variación P _{total} , Planta de Galletas.....	31
Figura 23: Variación NH ₄ ⁺ , Planta de Galletas	32
Figura 24: Fluctuación VDD, Planta de Galletas	32
Figura 25: Variación de AyG, Sala de Lavado	33
Figura 26: pH máximo y mínimo, Sala de Lavado.....	34
Figura 27: T° máxima, Sala de Lavado	34
Figura 28: Variación de DBO ₅ , Sala de Lavado	35
Figura 29: Variación de SST, Sala de Lavado	36
Figura 30: Variación de P _{total} , Sala de Lavado.....	36
Figura 31: Variación NH ₄ ⁺ , Sala de Lavado.....	37
Figura 32: Fluctuación VDD, Sala de Lavado	37
Figura 33: Variación de AyG, RIL final	38
Figura 34: pH máximo y mínimo, RIL final	39
Figura 35: T° máxima, RIL final.....	40
Figura 36: Variación de DBO ₅ , RIL final.....	40
Figura 37: Variación de SST, RIL final	41
Figura 38: Variación de P _{total} , RIL final	42
Figura 39: Variación de NH ₄ ⁺ , RIL final	42
Figura 40: Fluctuación de VDD, RIL final	43
Figura 41: Comparación del aporte de AyG	44
Figura 42: Comparación de pH por punto de muestreo.....	45
Figura 43: Comparación de T° por punto de muestreo	46
Figura 44: Comparación del aporte de DBO ₅	46

Figura 45: Comparación del aporte de SST	47
Figura 46: Comparación del aporte de P_{total}	47
Figura 47: Comparación del aporte de NH_4^+	48
Figura 48: Proporción del Caudal expresado como Volumen de Descarga Diaria en los puntos de muestreo.....	49
Figura 49: Croquis Sala de Lavado.....	51
Figura 50: Desagües Línea Cavemil 2	52
Figura 51: Equipo cocinadora de Línea Cavemil 2.....	53
Figura 52: Desagüe Línea Aasted 2.....	54
Figura 53: Flujo de descarga de RILes desde equipo cocinadora.....	56
Figura 54: Estanque receptor de batido y desagüe a piso	58
Figura 55: Rejilla de desagüe Sala de Lavado, Planta de Chocolates	59
Figura 56: Contenedores de Aceite, Línea Champaña	60
Figura 57: Lavamanos Línea Champaña	61
Figura 58: (A) Pulmón; (B) Preparador de batido.....	61
Figura 59: (A) Equipo preparador de batido y pulmón; Desagües Línea Oblea 2.....	62
Figura 60: Cañería que descarga RIL al desagüe.....	63
Figura 61: Equipo preparador de batido y pulmón Línea Oblea 3	63
Figura 62: Cañería que descarga RIL de Línea Oblea 3.....	64
Figura 63: (A) Bañadora de aceite; (B)Tinas Sector Búnker	66
Figura 64: (A) Contenedor IBC; (B) Baldes P. Chocolates	67
Figura 65: Bins, Planta de Galletas.....	67

GLOSARIO

Residuo Industrial Líquido (RIL): Efluente residual evacuado de las instalaciones de un establecimiento industrial, con destino directo a los sistemas de recolección de aguas servidas o a cuerpos receptores.

Aguas residuales: Aguas que se descargan después de haber sido usadas en un proceso o producidas por éste y que no tienen ningún valor inmediato para ese proceso

Efluente: Salida de agua o de aguas residuales desde el lugar que las contiene tal como una planta de tratamiento o un proceso industrial.

Alcantarilla: Tubería u otra construcción, generalmente subterránea, diseñada para conducir aguas servidas y que puede conducir otros tipos de agua, hacia planta de tratamiento o un cuerpo receptor.

Red de alcantarillado: Sistema de alcantarillas y mecanismo auxiliares que recolectan y conducen las aguas servidas y/u otros tipos de agua, hacia una planta de tratamiento o hacia un cuerpo receptor.

Parámetro: Propiedad del agua utilizada para caracterizarla.

Muestra: Porción, extraída de una masa de agua definida, ya sea en forma intermitente o continua, con el objeto de examinar una o más características.

Muestra compuesta: Dos o más muestras, mezcladas en proporciones conocidas adecuadas (discreta o continuamente) de donde pueda obtenerse el valor medio de la

característica deseada. Las proporciones usualmente se basan en mediciones de tiempo y/o flujo.

Muestreo: Proceso que consiste en remover una porción considerada como representativa de una masa de agua con el propósito de examinar una o más características.

Muestreador: Aparato utilizado, con o sin intervención humana, para obtener una muestra de agua intermitente o continuamente, con el propósito de examinar una o más características.

Muestreo automático: Proceso en el cual las muestras se toman con un muestreador de forma intermitente o continua, sin intervención humana directa y de acuerdo a un programa establecido.

Punto de muestreo: Posición precisa dentro de un área de muestreo desde la que se toman las muestras.

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

AyG: Aceites y Grasas.

SST: Sólidos Suspendidos Totales.

VDD: Volumen de Descarga Diario.

NH₄⁺: Nitrógeno Amoniacal.

P_{total}: Fósforo total

Fuente: INN, 2012. Norma Chilena 410/96.

RESUMEN

La industria de alimentos de este estudio, involucra diferentes actividades, procesos y productos que generan residuos industriales líquidos (RILes) que son descargados a la red de alcantarillado. Estos residuos, provienen principalmente de Planta de Chocolates, Planta de Galletas y Sala de Lavado, los que posteriormente confluyen en un punto denominado RIL final. Estos sectores constituyen los cuatro puntos de muestreo para la caracterización físico-química de los RILes de la fábrica incluyendo los siguientes parámetros físico-químicos: AyG, DBO₅, SST, P_{total}, NH₄⁺, pH, T° y VDD. El muestreo y análisis de RILes es realizado por Anam (Análisis Ambientales) que es un laboratorio acreditado para el análisis de aguas residuales.

Esta industria debe cumplir con lo estipulado en el DS 609 del MOP. Según este decreto, la industria de alimentos puede solicitar a quien recolecta las aguas servidas autorización para descargar efluentes con una concentración diaria superior a los valores permitidos por la tabla N°4 del DS 609 para los parámetros: DBO₅, SST, P_{total}, NH₄⁺ los cuales constituyen los parámetros físico-químicos negociables, porque pueden tener concentraciones mayores al DS 609, mientras que AyG, pH y T° corresponden a los parámetros físico-químicos no negociables ya que deben cumplir únicamente con las concentraciones establecidas en el DS 609. Para esto, la industria de alimentos tiene un contrato de tratamiento de excedentes de carga orgánica con Ecoriles S.A, que es una empresa que se dedica a la prestación de servicios de tratamiento de aguas residuales y estipula las concentraciones de los parámetros físico-químicos negociables.

El presente Seminario de Título tiene como objetivo determinar las potenciales causas de la desviación de estos parámetros físico-químicos respecto al DS 609 y al contrato en Planta de Chocolates, Planta de Galletas, Sala de Lavado y RIL final en los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre de 2013 y Enero, Febrero, Marzo de 2014.

Los resultados de este estudio muestran que AyG presenta desviaciones con respecto al DS 609 en los cuatro puntos de muestreo, registrando peaks que superan 23 y 13 veces la norma en Sala de Lavado y Planta de Galletas; respectivamente. Además, se encontró que Sala de Lavado aporta mayoritariamente con AyG, seguida de Planta de Galletas y Planta de Chocolates.

En relación a la DBO_5 y SST se tiene que ambos parámetros muestran desviaciones en relación al DS 609 y al contrato en los cuatro puntos de muestreo durante el estudio. Por otra parte, en ninguno de los puntos de muestreo existe desviación de NH_4^+ y VDD respecto al DS 609 y al contrato, mientras que P_{total} , solo presenta desviaciones en Sala de lavado y RIL final en comparación al contrato.

Se encontró que en Planta de Chocolates y Planta de Galletas existen fuentes que generan RILes tanto en líneas de producción como en sectores, se puede mencionar la Línea Cavemil 2, Aasted 2, Cocinadora, Sollich 1 y 3 en Planta de Chocolates, mientras que en Planta de Galletas se tiene la Línea Champaña, Oblea 2 y 3. Se encontró que Línea Cavemil 2, Sollich 1 y 3 generan SST, AyG y DBO_5 principalmente mientras que Línea Cocinadora y Aasted 2 aporta con DBO_5 y SST. La Línea Champaña aporta con altas cantidades de AyG y SST, al igual que Oblea 2 y 3 aportando además con DBO_5 .

En Planta de Chocolates existen 17 productos que generan RILes involucrando 10 procesos en su elaboración, por otra parte en Planta de Galletas existen 12 productos que generan RILes involucrando 6 procesos en su elaboración. Si bien Sala de Lavado no es un sector productivo, se encontró que posee las mayores desviaciones de parámetros físico-químicos como AyG , DBO_5 , NH_4^+ y P_{total} seguido de Planta de Galletas y finalmente Planta de Chocolates.

ABSTRACT

The food industry studied develops different activities, processes and products that generate liquid wastes (RILes) that are discharged to the sewer. The residues come mainly from the Chocolates and Cookies factories and the Washroom, whose wastes converge at a point called "final RIL". These four sectors should be the sampling points for a physicochemical characterization of the factory's RILes that includes the following parameters: AyG, DBO₅, SST, P_{total}, NH₄⁺, pH, T ° and VDD. The sampling and analysis of RILes are done by Anam (Environmental Analysis), which is an accredited laboratory for these type of processes.

According to the regulations, the industry must keep up the concentration of these parameters in RILES within the limits provided in MOP DS 609. However, according to this decree, the food industry can ask to the organization that collects the waste water for a permit to discharge effluents at a daily concentration higher than the values allowed in DS 609. Only DBO₅, SST, P_{total}, NH₄⁺ are negotiable physicochemical parameters, while AyG, pH and T ° are non-negotiable. To this purpose, the food industry has a service contract with Ecoriles S.A in order to treat the excessive organic load. This company provides the RILes treatment and establishes the concentrations of negotiable physicochemical parameters.

This Seminar aims to determinate potential factors that could contribute to the deviations in the parameters regulated by DS 609 and the contract. To this purpose the analysis of wastes from Chocolate, Cookies, Washroom and final RIL were studied from October 2013 to March 2014.

The results of this study show that AyG concentrations were above the allowed limits established by DS 609 in the wastes from the four sampling points, with peaks exceeding 23 and 13 times the norm in Washroom and Cookies; respectively. In addition, it was found that the Washroom is the main source of AyG, wastes followed by Plants of Cookies and Chocolates.

DBO₅ and SST parameters deviates from DS 609 and the contract in all sampling points during this study, while none of them presented deviations in NH₄⁺ and VDD. The P_{total} parameter values deviated from the contract only in Washroom and final RIL

Chocolates and Cookies factories generate RILes in their production lines and sectors like the Cavemil 2, Aasted 2, Cocinadora, Sollich 1 and 3 Lines in Chocolates, while in Cookies the main sources of RILes were Champaña, and Oblea Lines 2 and 3.

SST, AyG and DBO₅ wastes are mainly generated at Cavemil 2, Sollich 1 and 3. On the other hand, Cocinadora and Aasted 2 wastes increase the DBO₅ and SST concentrations. Finally, Champaña gives rise to high amounts of AyG and SST, as Oblea 2 and 3, that also rises DBO₅ concentrations in RILes.

In Chocolates factory there are 17 products that generate RILes in the 10 processes involved in their manufacture. In Cookies the 6 processes for the production of 12 products generate RILes. Although the Washroom is not a productive sector, it has the largest deviation in AyG, DBO₅, NH₄⁺ and P_{total} parameters. It is followed by Cookies and finally Chocolates.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes Generales

La industria de alimentos en donde se realizó el presente Seminario de Título, corresponde a una compañía agroalimentaria cuya gama de productos incluye desde agua mineral hasta comida para animales pasando por productos lácteos y chocolates [Reglamento Interno de Orden, Higiene y Seguridad Laboral, fábrica Maipú, 2014].

La fábrica estudiada en este Seminario de Título, cuenta con una Sala de Lavado y dos plantas de producción: Planta de Chocolates y Planta de Galletas. En ellas, se elaboran alrededor de 126 y 112 productos de diferentes tipos, generando en promedio 51.000 y 57.000 toneladas anuales respectivamente.

Debido a la actividad y a la envergadura de la fábrica existen numerosas actividades que son responsables de la generación de RILes. Estos residuos corresponden a aguas de desecho generadas en el establecimiento como resultado de procesos y actividades, los que son descargados, en este caso, al sistema de alcantarillado, es por esto que la fábrica debe cumplir con el Decreto Supremo N° 609, del Ministerio de Obras Públicas (en adelante DS 609) que “establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de Residuos Industriales Líquidos a sistemas de alcantarillado” [D.S 609, 2004]. El DS 90 y DS 46 no aplican en este estudio ya que regulan los contaminantes descargados a aguas marinas y continentales superficiales y a aguas subterráneas respectivamente.

El agua utilizada por esta industria proviene de pozos, la que posteriormente es suministrada a las diferentes áreas generándose RILes debido a la variedad de

En este caso SMAPA es la entidad encargada de producir y distribuir agua potable, recolectar las aguas servidas de los usuarios conectados a sus redes y tratar las aguas servidas en las concesiones que corresponda. Es importante aclarar que el servicio de tratamiento de aguas servidas no es prestado por SMAPA, sino por Aguas Andinas S.A con quién la empresa suscribió un contrato para que todas las aguas servidas sean dispuestas en planta de tratamiento El Trebal y/o La Farfana. [SMAPA; 2014].

1.2. Área de estudio

1.2.1. Planta de Chocolates.

Consta con 9 líneas de producción las que responden a diferentes procesos, actividades y fabricación de productos definidos por programación de la fábrica. Se divide en tres grandes sectores: fabricación, producción y empaque.

Las líneas de producción se denominan: Aasted 1, Aasted 2, Aasted Chip, Cavemil 2, Sollich 1, Sollich 2, Sollich 3, Cocinadora, Grageado. De la misma manera, esta planta también cuenta con sectores dentro de los cuales se puede mencionar Sala de Aditivos, Sala de Batido, Sala de Lavado de chocolates.

1.2.2. Planta de Galletas.

Consta con 11 líneas de producción las que responden a diferentes procesos, actividades y fabricación de productos definidos por programación de la fábrica. Al igual que la Planta de Chocolates, se divide en tres sectores: fabricación, producción y empaque. Las líneas de producción se denominan: Oblea 2, Oblea 3, Línea 1, Línea 3,

Línea 4, Línea 5, Línea 6, Línea 7, Línea 8, Rheón y Champaña. También se tiene la Sala de Cremas, Sector Bunker que se subdivide en Macrodosimetría y Microdosimetría.

1.2.3. Sala de Lavado.

Es una instalación en la que se lavan diferentes elementos utilizados en los procesos de la producción tales como partes móviles de maquinarias, contenedores metálicos, baldes, bandejas, cañerías, bins, entre otros para lo cual se usan diferentes productos de lavado. Los elementos que llegan a este lugar provienen principalmente de la Planta de Galletas y son utilizados para llevar a cabo procesos y/o actividades de producción. La Sala de Lavado consta de un mesón para el lavado de piezas y equipos, además de un lavadero destinado para lavar piezas pequeñas.

1.3 Caracterización físico-química de RILes.

Para definir correctamente la problemática ambiental en estudio, es necesario conocer las características físico-químicas de los RILes generados por la fábrica. Para ello, se realiza una caracterización semanal de las descargas en cuatro puntos de muestreo (Figura 2) determinando la concentración de los siguientes parámetros:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (AyG), Nitrógeno Amoniacal (NH_4^+), Fósforo Total (P_{total}), pH, Temperatura (T°) y Volumen de Descarga Diario (VDD). A partir de esta caracterización, es posible conocer las condiciones actuales de los RILes y cómo evolucionan en el tiempo, además de saber si cumplen con los límites máximos permitidos por el DS 609.

La determinación de estos parámetros físico-químicos para el autocontrol del establecimiento industrial, se establece a través de un programa de monitoreo dictado mediante una Resolución de la SISS utilizando como referencia la tabla 5 y 6 del DS 609, en el que se identifica la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) de la actividad económica de la industria en estudio y los contaminantes asociados a este código. Previo a dictar la resolución, la SISS solicita al establecimiento realizar una caracterización completa de su RIL para determinar los parámetros a controlar [SISS, 2014].

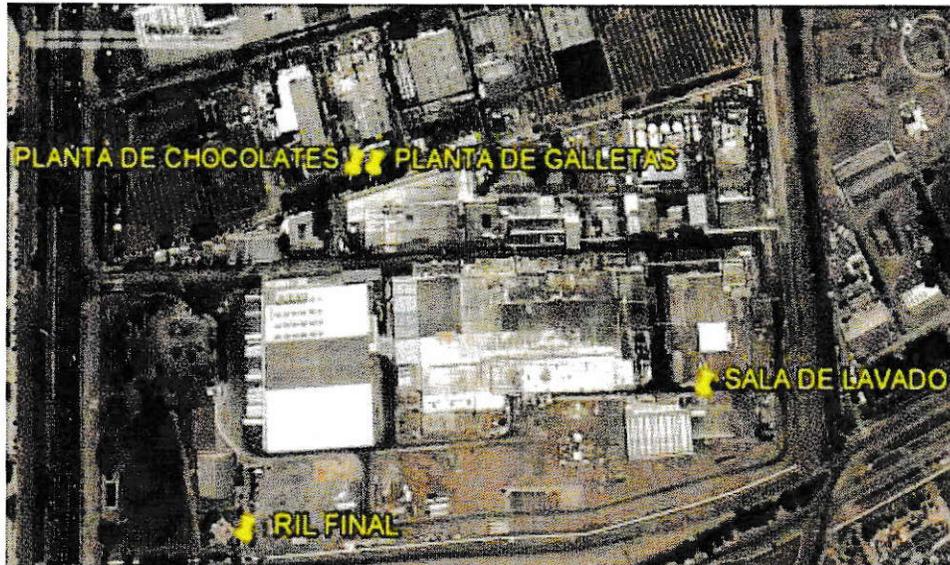
Además, si se consideran los parámetros que caracterizan los RILes de una industria de alimentos no se incluyen los metales pesados que se muestran en el DS 609 ya que debido a las materias primas y procesos que se llevan a cabo en este tipo de establecimientos industriales, no se generan estos contaminantes principalmente.

Junto con esto, como se mencionó anteriormente el tipo de tecnología con la que se trata las aguas servidas que llegan a la PTAS "El Trebal" es a través de lodos activados. Esta tecnología tiene una alta eficiencia para tratar la carga orgánica que considera principalmente el parámetro DBO_5 .

1.3.1. Sistema de Muestreo de RILes.

El muestreo en la industria y el análisis de muestras se lleva a cabo por la empresa Anam (Análisis Ambientales), que es un laboratorio acreditado para el análisis de aguas residuales [Anam, 2014]. Se basa en la obtención de una muestra compuesta durante un período de 24 horas en cualquier día a determinar por Ecoriles S.A (en

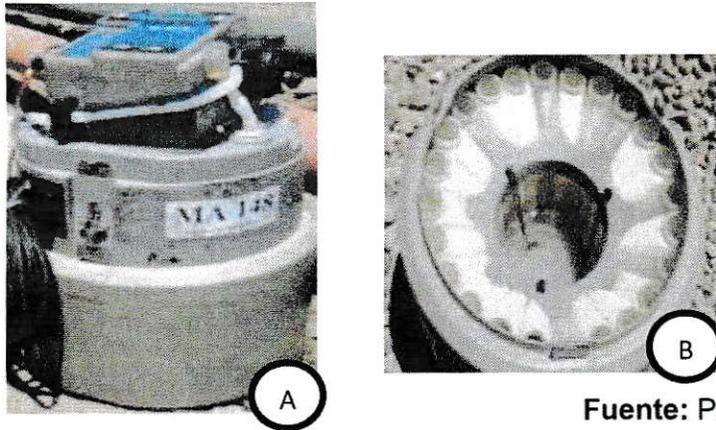
adelante Ecoriles) que realiza y administra los convenios de exceso de carga orgánica y tratamiento de RILes. Los días de autocontrol corresponden a aquellos en que según la programación de la industria se vierten los residuos generados en la máxima producción. El muestreo se efectúa en cuatro puntos que corresponden a: Planta de Chocolates, Planta de Galletas, Sala de Lavado y RIL final (Figura 2).



Fuente: Google Earth

Figura 2: Puntos de muestreo de RILes

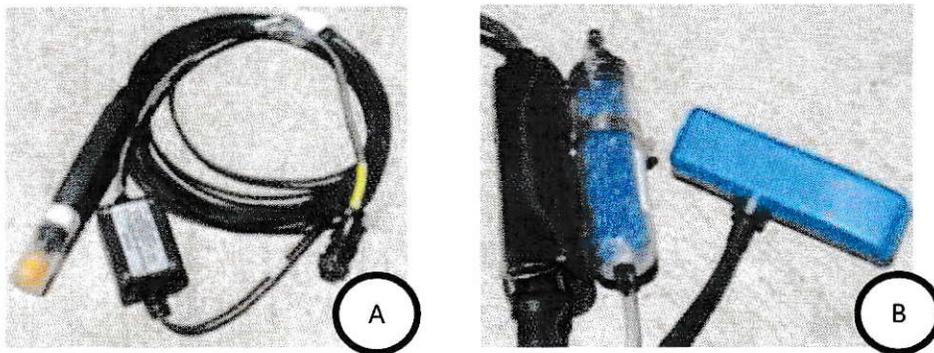
El sitio denominado RIL final corresponde al punto donde convergen todos los flujos de RILes que son descargados al colector público SMAPA. Para realizar esta actividad se utiliza un muestreador automático (SIGMA 900 MAX) (Figura 3A), que consta en su interior con 24 botellas de 1L cada una (Figura 3B).



Fuente: Propia

Figura 3: (A) Muestreador automático; (B) Botellas recolectoras de muestras ubicadas en el interior del muestreador.

Este equipo succiona agua residual cada 1 hora durante 24 horas, obteniendo inicialmente muestras simples con las que se conforman porciones de muestras compuestas representativas del volumen descargado del día control. Además, posee dos sondas, una de ellas registra pH y T° cada 1 minuto por 24 horas (Figura 4A), mientras que la otra registra el caudal en la misma frecuencia de tiempo (Figura 4B).



Fuente: Propia

Figura 4: (A) Sonda registradora de pH y T°; (B) Sonda registradora de caudal

Luego de llevar a cabo la recolección de muestras por 24 horas, se hace el retiro del equipo. Dentro de esta actividad, se calculan las alícuotas necesarias para la conformación posterior de las muestras compuestas a través de la Ecuación 1.

$$A = \frac{V}{Q_T} \times Q_{Hora} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde A: alícuota; V: volumen que se necesita; Q_T : caudal total; Q_{Hora} : caudal horario

Con las alícuotas calculadas se conforma una muestra compuesta que representa el día control, la que se divide en diferentes subporciones según los envases y preservantes que corresponden a los parámetros a analizar. De este modo se conforman las muestras para análisis. Terminada la conformación de las muestras de análisis, se agrega hielo para preservarlas. Una vez terminado este procedimiento, los análisis de las muestras recolectadas se realizan en Anam, utilizando las muestras de análisis, las que se evalúan según los protocolos establecidos en el DS 609, en base a normas técnicas vigentes que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Normativa Chilena vigente para el análisis de parámetros

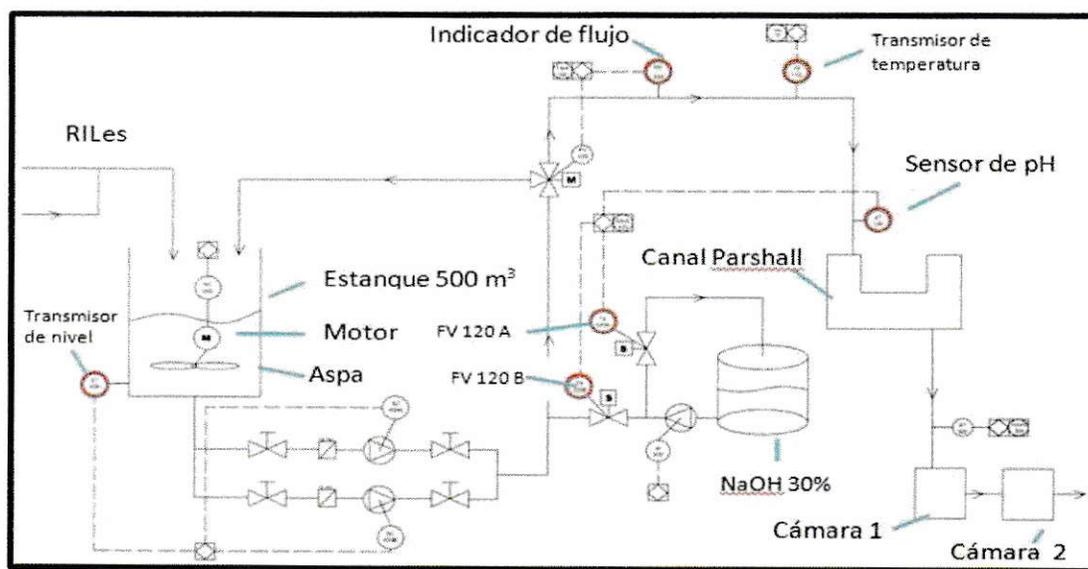
Parámetro físico-químico	Norma Chilena Vigente (NCh)	Nombre de NCh 2313
DBO₅	NCh 2313/5 Of. 2005	Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno
SST	NCh 2313/3 Of. 95	Determinación de Sólidos Suspendidos Totales secados a 103 -105 °C
P_{total}	NCh 2313/15 Of. 97	Determinación de Fósforo total
NH₄⁺	NCh 2313/16 Of. 97	Determinación de Nitrógeno amoniacal
AyG	NCh 2313/6 Of. 97	Determinación de Aceites y Grasas
pH	NCh 2313/1, Of 95	Determinación de pH
T°	NCh 2313/2, Of 95	Determinación de la Temperatura

Fuente: DS 609, 2004

1.4. Estación de medición RIL final

El caudal de RILes descargados desde Planta de Chocolates, Planta de Galletas y Sala de Lavado convergen en un punto denominado RIL final. En este lugar, se encuentra una estación de medición de pH, T° y Caudal (Q) (Figura 5).

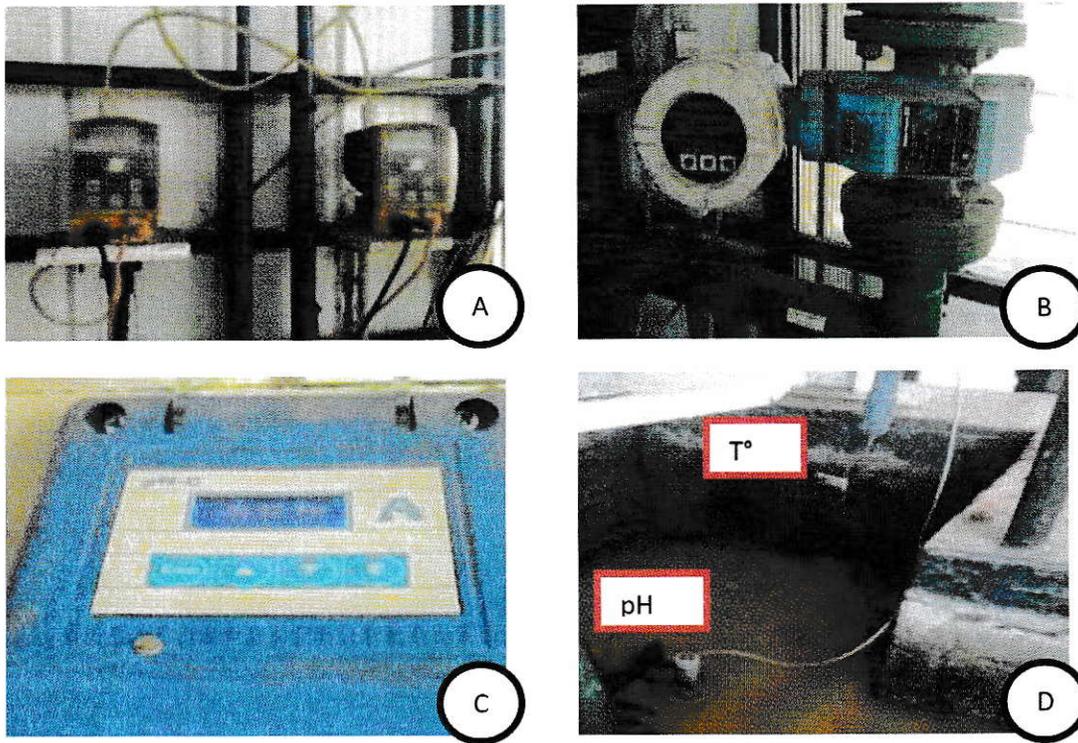
Esta estación posee un estanque de 500 m³ que recibe los RILes descargados por la fábrica. En el fondo del estanque, hay un sensor de nivel que indica el volumen que posee en un momento determinado. A la salida del estanque, existen dos bombas con variador de frecuencia, las que sacan RIL de este contenedor para enviarlo a la Canal Parshall. En este circuito, el RIL pasa por un indicador de caudal (FIT 100), luego por un transmisor de T° (TT100) y finalmente al sensor de pH (AT 120). Este último sensor controla las válvulas FV-120 A y FV-120B las que inyectan NaOH al 30% al caudal. La inyección de NaOH al 30% se realiza una sola vez, por lo que existe una gran posibilidad de que el RIL no llegue al alcantarillado de SMAPA con un pH neutro.



Fuente: Industria de alimentos, 2014

Figura 5: Esquema estación de medición pH, T° y Q

A continuación se muestran los equipos que forman parte de la estación de medición.



Fuente: Propia

Figura 6: (A) Indicador de Q; (B) Válvulas inyectoras de NaOH; (C) Indicador de pH; (D) Transmisor de T° y sensor de pH.

1.5. Normativa Ambiental Aplicable

Como se mencionó anteriormente, la fábrica debe cumplir con el DS 609. La presente norma de emisión tiene como objetivo mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas que se descargan en los alcantarillados y proteger los servicios públicos de recolección y disposición de aguas servidas [D.S 609, 2004].

Como norma de emisión, se entiende que es la cantidad máxima permitida para los efluentes líquidos industriales. Los límites máximos permitidos tanto por DS 609 y por el contrato con Ecoriles se presentan a continuación en la tabla 2.

Tabla 2: Límite máximo permitido según DS 609 y contrato

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido		
		DS 609	Parámetros negociables	Parámetros no negociables
DBO ₅	mg/L	300 (*)	2500	---
SST	mg/L	300 (*)	500	---
P _{total}	mg/L	15 (*)	30	---
NH ₄ ⁺	mg/L	80 (*)	25	---
VDD	m ³ /día	---	---	---
AyG	mg/L	150 (**)	---	150
pH	---	5,5 – 9,0 (**)	---	5,5 – 9,0
T	°C	35 (**)	---	35

(*) Tabla N°4 DS 609/04; (**) Tabla N°3 DS 609/04

Fuente: DS 609/2004; Ecoriles, 2006

Los límites máximos permitidos que se muestran en la tabla 2 aplican a las descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que no cuentan con PTAS contenidos en la tabla N° 3 del DS 609.

Por otra parte, según se indica en el numeral 4.4 del DS 609, los establecimientos industriales que descargan en la red de alcantarillado los parámetros: DBO₅, P_{total}, NH₄⁺ y SST, podrán solicitar al prestador de servicios sanitarios autorización para descargar efluentes con una concentración superior a los valores máximos permitidos en la tabla N°4 del DS 609 para estos 4 parámetros, por lo que se denominan parámetros físico-químicos negociables. Para esto, existe un contrato de tratamiento de excedentes de carga orgánica entre la industria de alimentos y Ecoriles quién fija los límites máximos permitidos para estos parámetros y establece un VDD_{máx} de 1200 m³/día, mientras que mantiene los límites máximos según DS 609 para los parámetros físico-químicos no negociables (AyG, pH y T°). Por otra parte, el DS 609 establece como valor máximo de VDD el indicado por el certificado de factibilidad que en este caso lo entrega SMAPA y corresponde a 432 m³/día. El VDD no puede afectar la operación normal del servicio recolector por lo que se debe priorizar el VDD_{máx} establecido por SMAPA.

1.6 Hipótesis

Existen diferentes procesos, actividades y productos que causan la desviación de parámetros físico-químicos de los Residuos Industriales Líquidos generados por la industria de alimentos analizada con respecto a la normativa ambiental vigente

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar las causas de la desviación de parámetros físico-químicos de Residuos Industriales Líquidos en cuatro puntos de muestreo en una industria de alimentos con respecto a la normativa ambiental aplicable.

1.7.2. Objetivos Específicos

- a) Revisar exteriores de la industria de alimentos e identificar las fuentes de generación de Residuos Industriales Líquidos.
- b) Analizar las características físico-químicas de las muestras obtenidas en los puntos de muestreo con relación al DS 609 y al contrato con Ecoriles.
- c) Determinar los procesos, actividades y productos que generan Residuos Industriales Líquidos en la Planta de Chocolates y Planta de Galletas.
- d) Identificar las actividades que causan las desviaciones de parámetros físico-químicos en la Sala de Lavado.
- e) Relacionar el comportamiento de los parámetros físico-químicos de las muestras obtenidas en los puntos de muestreo con la producción efectiva de la industria de alimentos.

II. METODOLOGÍA

Con el fin de realizar los objetivos planteados en el presente Seminario de Título, se llevó a cabo la siguiente metodología de trabajo.

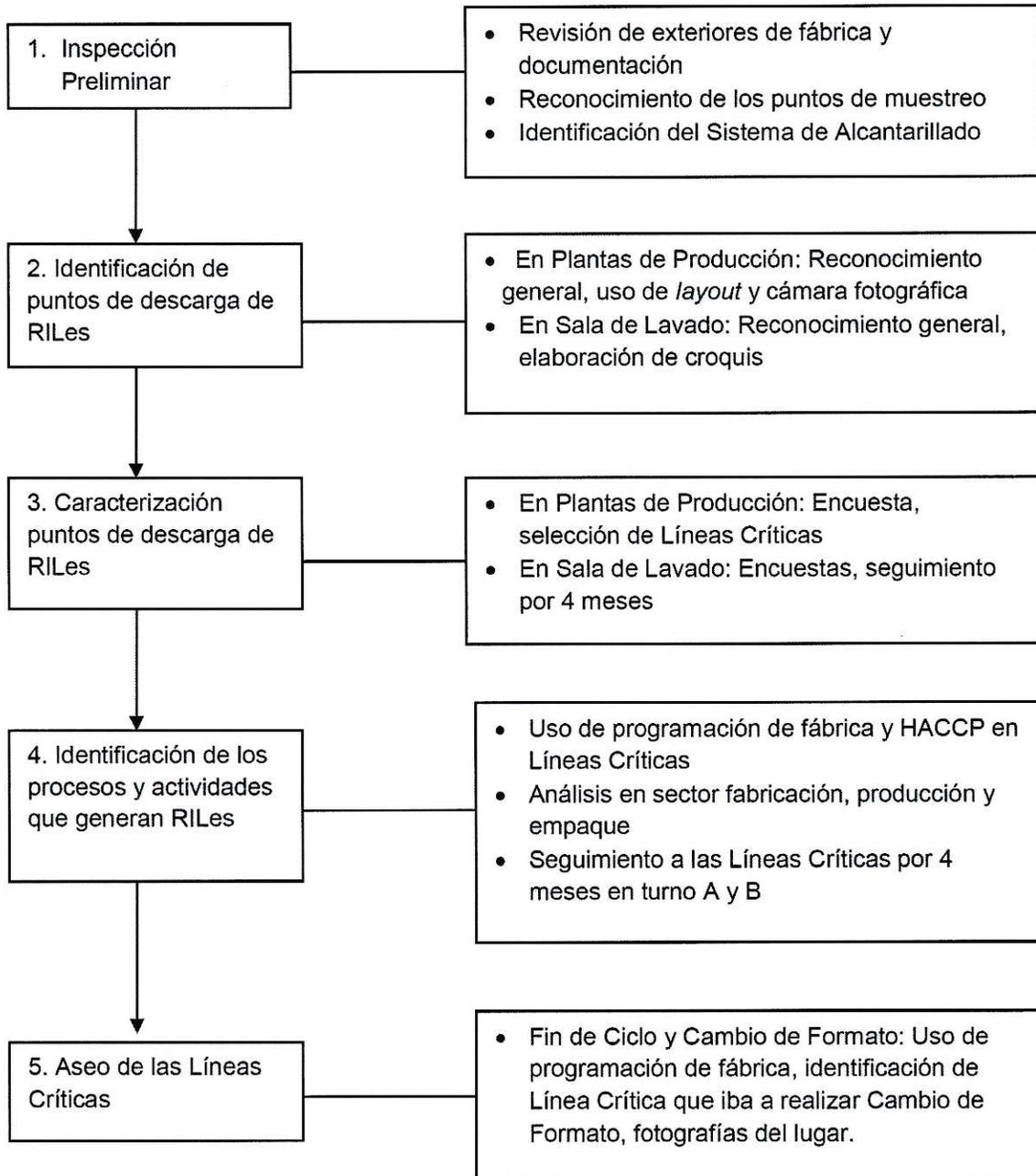


Figura 7: Esquema de la metodología



2.1. Inspección preliminar

La fábrica cuenta con la gestión necesaria para conocer las concentraciones de los parámetros físico-químicos mencionados anteriormente, lo que constituye una base de datos para el monitoreo de las características físico-químicas de los RILes. Esta información es de utilidad para saber si se está cumpliendo con la normativa ambiental vigente, sin embargo no se pueden realizar inferencias acerca del origen de las desviaciones de estos parámetros que se presentan en un momento determinado. Con el fin de recopilar mayor información y las potenciales causas de las desviaciones en el comportamiento de los parámetros físico-químicos se realizaron las siguientes actividades.

2.1.1. Revisión exteriores de fábrica y documentación

Se hizo una evaluación general de la fábrica en terreno para identificar los elementos relevantes relacionados al tema que se aborda en este Seminario de Título. Dentro de estos elementos, se consideró infraestructura, personal capacitado y actividades relevantes.

Por otra parte, la documentación relacionada al tema de estudio se solicitó a la Directora de Seminario de Título para analizarla. Se recopiló información acerca de las prestaciones de servicios de tratamiento de aguas servidas y normativas.

2.1.2. Reconocimiento de los puntos de muestreos

Se realizó un reconocimiento en terreno de los cuatro puntos de muestreo de RILes establecidos por la fábrica, junto a profesionales de la empresa Anam a través de una inspección tanto en el proceso de instalación de los equipos para muestreo de RILes como del retiro de éstos considerando el conducto regular del procedimiento que se

lleva a cabo para esta actividad. De la misma manera, se identificaron las características de los equipos utilizados y la función que cumple cada uno de ellos.

2.1.3. Identificación del Sistema de Alcantarillado

Mediante inspección en terreno junto a personal capacitado, se hizo un levantamiento de las diferentes redes de alcantarillado existentes, con el fin de conocer el flujo de RILes desde los puntos de descarga que corresponden a Planta de Chocolates, Planta de Galletas y Sala de Lavado, hasta la recepción del mismo en la unión domiciliaria de SMAPA.

2.2. Identificación de puntos de descarga de RILes

2.2.1. En Plantas de Producción

Considerando que son 9 y 11 las líneas de producción en Planta de Chocolates y Planta de Galletas respectivamente se hizo necesario realizar un levantamiento de todos los desagües que se encuentran en ambas plantas con el fin de identificar las fuentes que generan RILes.

Primero, se hizo un reconocimiento general del lugar, identificando líneas de producción y principales sectores al interior de las plantas utilizando como apoyo croquis y *layout*. Una vez completada esta actividad, utilizando croquis de las líneas de producción, se procedió a identificar la existencia de los desagües de cada una de las líneas. De la misma manera, se realizó este mismo conducto regular para identificar los desagües de los sectores de la planta basándose en el *layout*. Además, se usó cámara fotográfica para hacer un registro de los desagües encontrados.

Es importante agregar que se realizó el mismo procedimiento en ambas plantas.

2.2.2. En Sala de Lavado

Para desarrollar este punto, se hizo un reconocimiento visual del lugar identificando los lugares de descarga de RILes al interior de la sala. Debido a que no existe un croquis del sector, finalmente se procedió a elaborar uno destacando los sitios relevantes. Al igual que en las plantas de producción, se utilizó cámara fotográfica.

2.3. Caracterización de puntos de descarga de RILes

Para la caracterización de los puntos de descarga de RILes al interior de las plantas de producción se elaboró una encuesta que se aplicó tanto en la Planta de Chocolates como en la Planta de Galletas (Anexo 1).

A partir de esto, fue posible hacer una selección de las líneas de producción, donde se entenderá por Línea Crítica a las líneas de producción que poseen desagües a los cuales se descargan aguas residuales.

Algunos temas desarrollados en este punto relacionados con el aseo de las líneas se enfocan de manera específica en el punto 2.5

Por otra parte, con el fin de caracterizar el punto de descarga de RILes en Sala de Lavado, se hizo una encuesta (Anexo 1) a la persona que ejecuta el trabajo al interior de la sala y además al personal encargado de administrar el lugar para comparar el procedimiento estipulado con el ejecutado. Además, se realizaron visitas periódicas día por medio en turno de mañana y turno de tarde.

Posteriormente, se hizo un seguimiento del lugar durante 4 meses para observar cuáles son los equipos que llegan al lugar, de cuál planta proceden y con qué

residuos, con el fin de complementar esta información con la entregada por personal capacitado y finalmente sintetizarla en una planilla.

2.4. Identificación de los procesos y actividades que generan RILes.

Esta etapa se realizó en las Líneas Críticas determinadas en el punto 2.3. Se hizo una inspección de cada una de las líneas seleccionadas utilizando el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP por sus siglas en inglés) que corresponde a un proceso sistemático preventivo para garantizar la inocuidad alimentaria de forma lógica y objetiva. En él se identifican todos los riesgos de contaminación de un producto a lo largo de todos los procesos necesarios para su elaboración. Es por eso que éste análisis constituye una herramienta eficiente para tener un conocimiento acabado de todos los procesos involucrados en cada una de las líneas de producción.

A partir de lo anterior, HACCP fue utilizado principalmente para encontrar los procesos que generan RILes desarrollando el análisis en los tres sectores principales de ambas plantas de producción: fabricación, producción y empaque.

Este proceso se llevó a cabo en terreno de manera conjunta con los operarios de producción encargados de cada sector.

Para el desarrollo de esta etapa, primero se eligió analizar una Línea Crítica al azar identificando cuál era el producto que se estaba elaborando en esa instancia. Se analizó desde el comienzo de la elaboración del producto, que corresponde al sector de fabricación, luego se continuó con el sector de producción y finalmente empaque, realizando preguntas relevantes a las personas que trabajan en el lugar (Anexo 1). Además, se determinaron, en conjunto con el operario de producción, los equipos cuyo

lavado genera RIL y se descarga en el desagüe, lo que permitió asociar y relacionar el equipo en cuestión a un proceso de producción.

Hecho esto, la información recolectada se complementó con el análisis de HACCP, destacando los procesos que generan RIL que fueron determinados a partir de las preguntas realizadas a los operarios de producción.

Posteriormente, se procedió a realizar seguimientos a las Líneas Críticas, haciendo la misma dinámica en la producción de otros productos, desarrollando las preguntas en dos turnos distintos, los que corresponden a un turno de mañana (Turno A) y un turno de tarde (Turno B) a tres operarios de producción diferentes en cada uno de los turnos mencionados.

El seguimiento se realizó semana a semana durante 4 meses utilizando la programación de fábrica, con el fin de tener conocimiento previo de los productos que se iban a elaborar en cada turno ya que al pasar de un turno a otro es probable que existan aseos de línea y cambios de formato, es decir de la elaboración de un producto A se cambia a un producto B.

Con respecto a Sala de Lavado, no existen procesos involucrados en el lugar, por lo que no aplica en esta sección.

Por otra parte, para identificar las actividades que generan RILes en las plantas de producción, fue necesario hacer un estudio de los aseos que se realizan en las Líneas Críticas, lo cual se presenta a continuación en el punto 2.5

2.4.1. Determinación de los productos que causan desviación de parámetros físico-químicos.

Se solicitó a personal adecuado, el listado de todos los productos que se fabrican en cada una de las Líneas Críticas encontradas. Utilizando HACCP se buscó cuáles son los productos que deben pasar por los procesos anteriormente encontrados. Por lo tanto, a partir de esto se pudo establecer cuáles eran los productos cuya elaboración genera descarga de RILes.

La información extraída, se verificó en terreno en cada una de las Líneas Críticas a través de la programación de fábrica identificando el día y turno en el que se iba a elaborar algunos de los productos que generan RILes.

2.5. Aseo de las Líneas Críticas.

El aseo de las líneas de producción es una actividad importante y muy frecuente en las industrias de alimentos, por esto surge la necesidad de averiguar en qué consiste, características y procedimientos que se llevan a cabo para mantener los estándares de calidad e inocuidad de los productos. Para caracterizar el aseo de las Líneas Críticas se consideraron los aseos en cambio de formato y fin de ciclo porque corresponden a los aseos húmedos que se realizan en la fábrica los cuales se definen a continuación.

2.5.1. Cambio de Formato

Como se mencionó anteriormente, el cambio de formato, consiste en cambiar la elaboración desde un producto (A) a un producto (B). Se utilizó la programación de fábrica para conocer los cambios de formato programados para Planta de Chocolates y Planta de Galletas y así realizar visitas a las Líneas Críticas al momento de realizar

este procedimiento. Una vez identificada la Línea Crítica que iba a realizar cambio de formato, se hizo una visita al lugar y se realizó observaciones generales, fotografías del lugar y equipos y preguntas a operarios de producción encargados (Anexo 1).

2.5.2. Fin de Ciclo

Por otra parte, el aseo de fin de ciclo consiste en el aseo general que realizan ambas plantas de producción al finalizar la semana de trabajo. Incluye todas las líneas de producción y sectores o salas que realizan actividades en función de la producción.

Por tanto, con el fin de caracterizar esta actividad se procedió de manera similar al punto 2.5.1

Es importante destacar que este estudio se realizó en 6 meses, los cuales corresponden a Octubre, Noviembre, Diciembre de 2013, Enero, Febrero y Marzo de 2014.

Los resultados de la caracterización físico-química de los RILes de la industria de alimentos en estudio fueron comparados con el DS 609 y al contrato utilizando gráficos, de la misma manera para presentar las distintas fuentes de generación de residuos, los procesos y productos involucrados se elaboraron tablas como se puede ver en el siguiente capítulo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Características físico-químicos de los puntos de muestreo

Se consideró la caracterización físico-química de los 6 meses de estudio para los cuatro puntos de muestreo. Los datos utilizados para este capítulo se pueden ver en Anexo 2. A continuación, se muestra el consumo total de agua y el volumen de descarga mensual (VDM) de RILes.

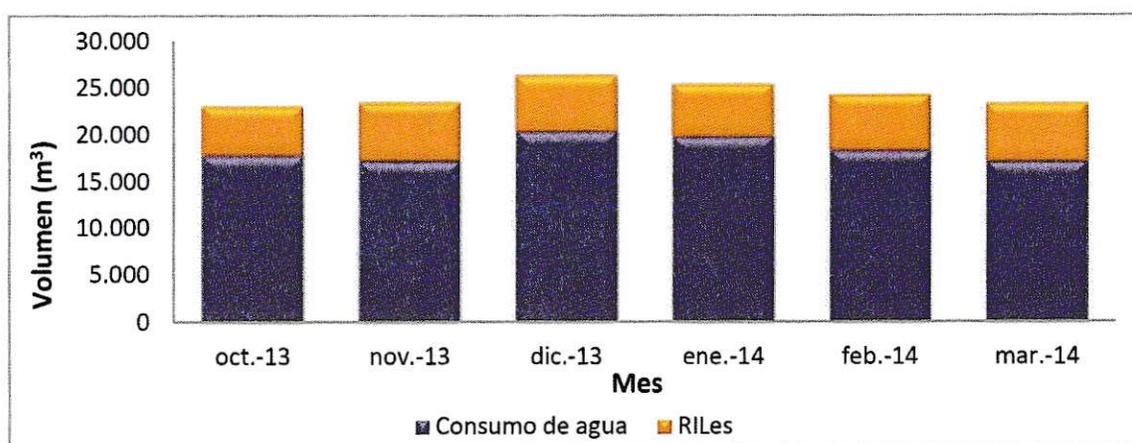


Figura 8: Consumo de agua y de descarga de RILes, durante los meses del estudio, expresados en m³

Se puede observar que a lo largo de los 6 meses de estudio el volumen de descarga mensual (VDM) de RILes, en general es cerca de 3 veces menor en relación al consumo total de agua utilizado por la fábrica. Así, se tiene que el 31,52% es vertido por la industria como RILes. El menor consumo de agua se presentó en el mes de Marzo mientras que el mayor se registra en Diciembre. Por otra parte la menor descarga de RILes se da en el mes Octubre mientras que la mayor en Noviembre. A

continuación se presentan los valores determinados para cada parámetro comparados con los límites establecidos en el DS 609 y en el Contrato con Ecoriles.

3.1.1. Planta de Chocolates

a) Parámetros físico-químicos no negociables

- **AyG**

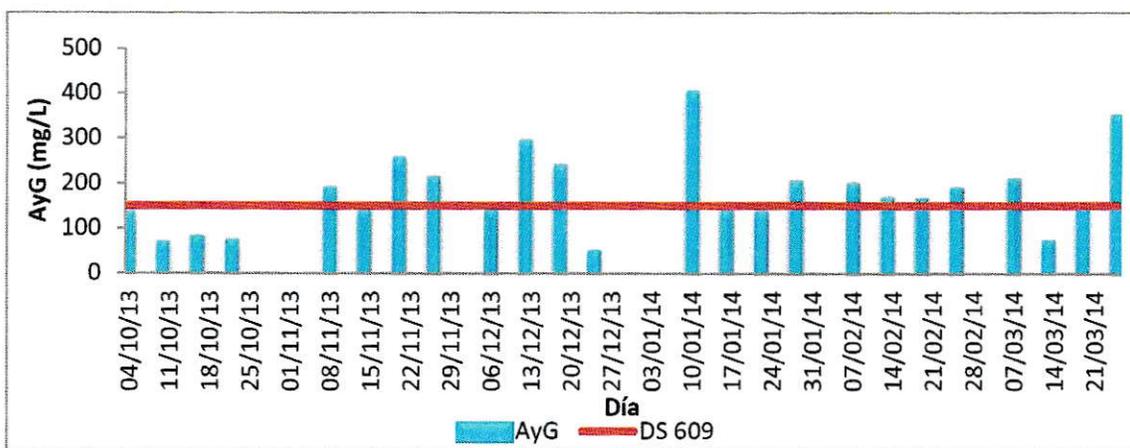


Figura 9: Variación de AyG, Planta de Chocolates

En el mes de Octubre-2013 no se observó desviación de este parámetro, sin embargo se puede visualizar peaks en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Marzo sobrepasando en 1,6 – 1,9 – 2,6 y 2,3 veces el límite de la norma. Por otra parte, existe una gran variación de la concentración de AyG semana a semana, lo que está relacionado directamente a la dinámica de la producción de la fábrica, es decir la programación de producción exige elaborar varios productos diferentes entre semanas.

- **pH**

Se puede observar que no existe desviación constante del pH máximo con respecto al límite del DS 609 (pH = 9). Este parámetro sobrepasa una vez el nivel del decreto en Octubre-2013. En Febrero y Marzo se registraron valores cercanos a la normativa, por

eso es importante considerar las condiciones de producción en esos días en la Planta de Chocolates para encontrar las causas de este comportamiento.

Por otra parte, el pH mínimo en 12 ocasiones presenta pH menores a 5,5 lo que puede atribuirse a la utilización de productos de lavado con carácter ácido.

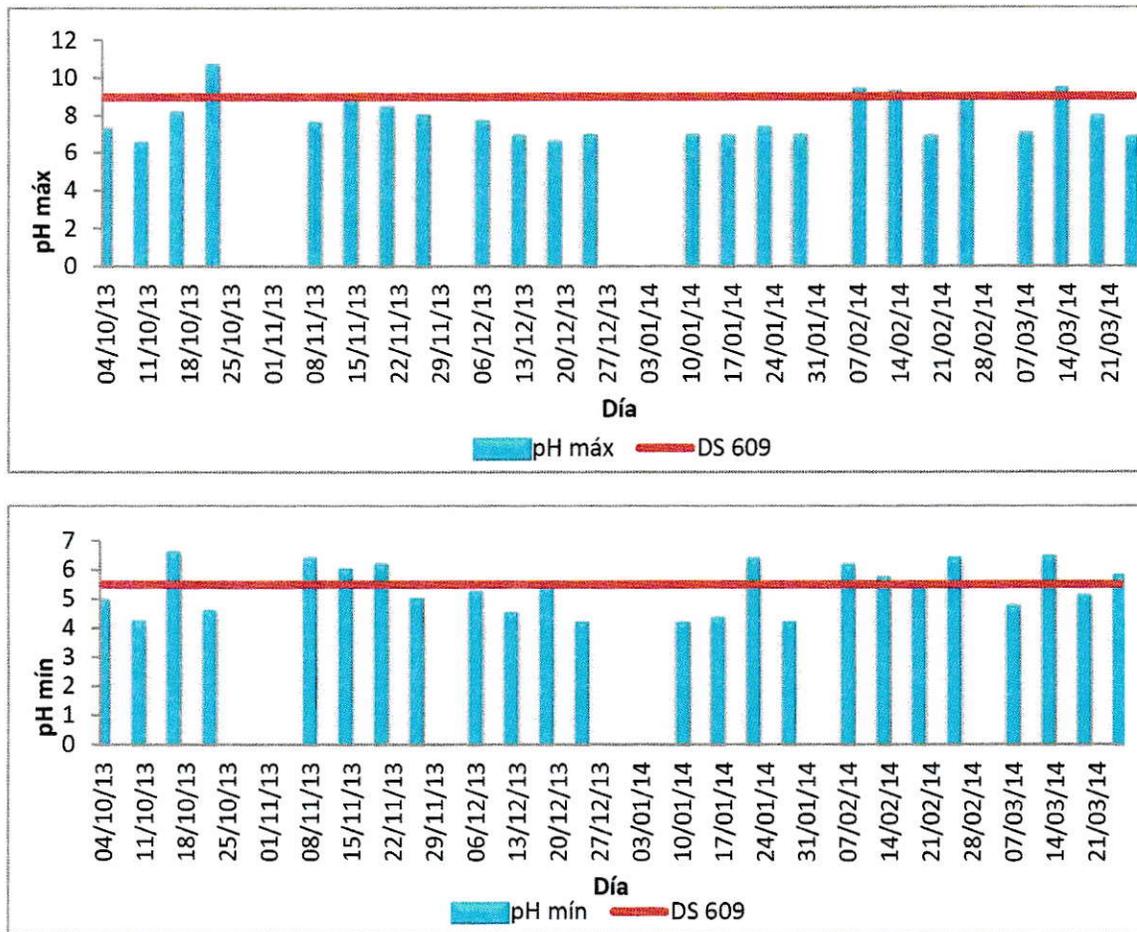


Figura 10: pH máximo y mínimo, Planta de Chocolates

- T°

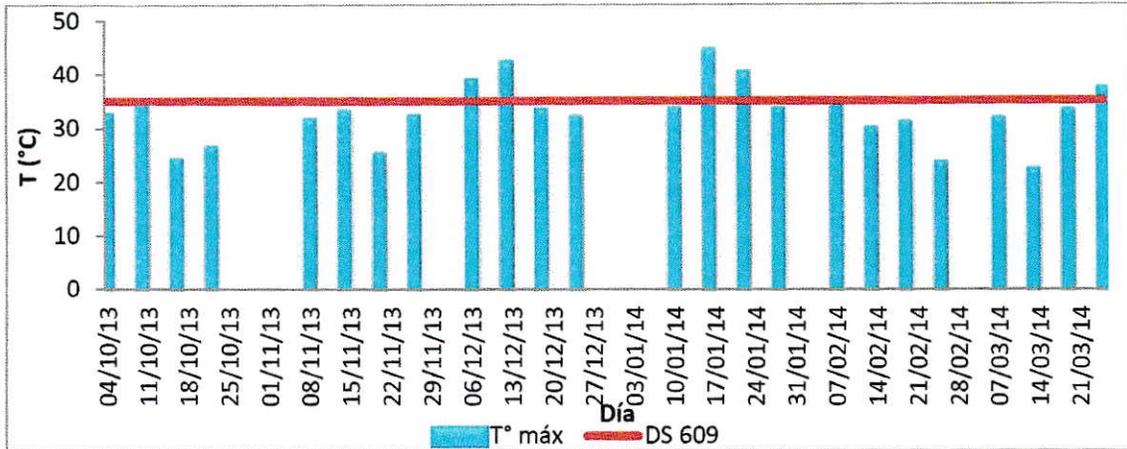


Figura 11: T° máxima, Planta de Chocolates

La T° máxima excede en 2 ocasiones el nivel establecido en el DS 609, en Diciembre en 3,6°C y 6,9°C. De la misma manera, en Enero se excede en 9°C y 5°C, finalmente se observa sólo una desviación de T° en Marzo en 2°C con respecto a la normativa.

b) Parámetros físico-químicos negociables.

- DBO₅

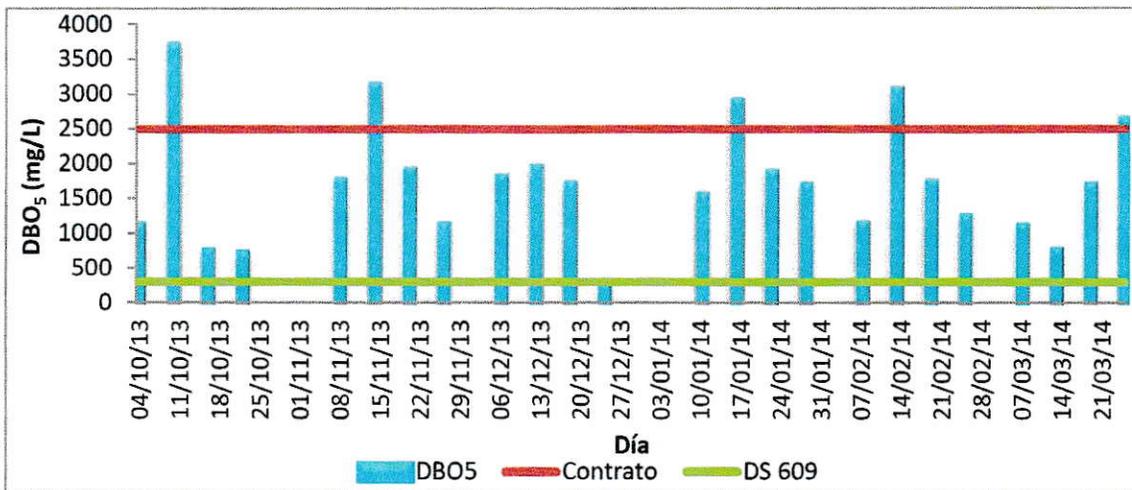


Figura 12: Variación de DBO₅, Planta de Chocolates

A partir de la figura 12, se tiene que en los 6 meses de estudio el parámetro DBO₅ sobrepasa el límite máximo establecido en el DS 609 (300mg/L) con peaks importantes en Octubre, Noviembre, Enero y Febrero sobrepasando 12, 10, 7,10 y 9 veces la normativa.

Además, en los meses mencionados anteriormente también se excede el límite máximo establecido por contrato con Ecoriles (2500mg/L), donde el mayor peak registrado en la 2° semana de Octubre, supera 1,5 veces lo permitido por contrato. Por otro lado, el mes de Diciembre no muestra desviaciones de DBO₅ con respecto al contrato, mostrando en la 4° semana una concentración bajo el límite del DS 609. Existe un comportamiento similar en el mes de Marzo donde límite por contrato se supera solo en la 4° semana en 127 mg/L.

- SST

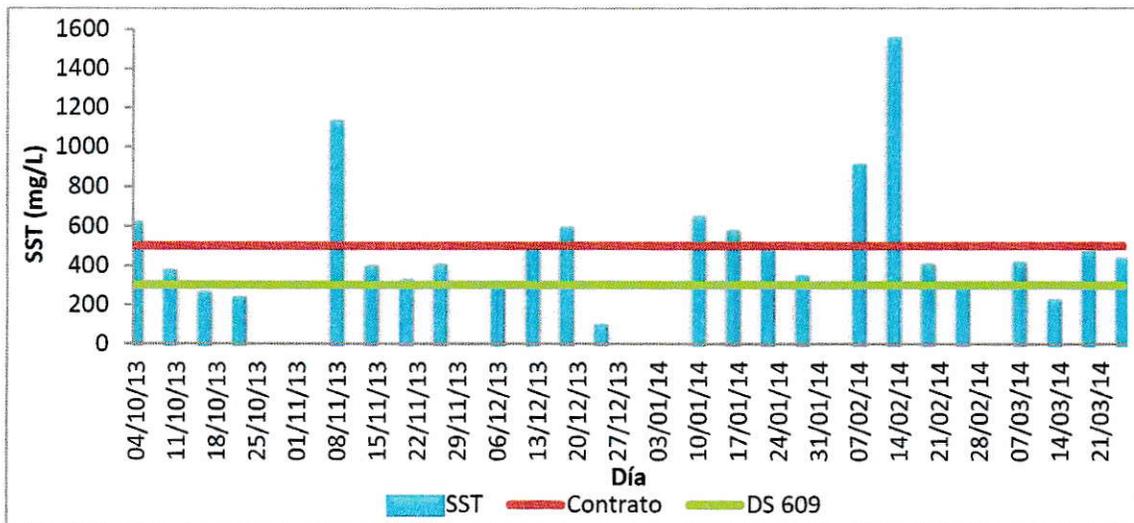


Figura 13: Variación SST, Planta de Chocolates

En Noviembre se tiene un peak que supera el límite establecido en el DS 609 y el límite del contrato en 2 y 4 veces respectivamente. Lo mismo ocurre en el mes de Febrero donde se observan 2 peaks superando ambos límites máximos permitidos, mientras

que el peak de la 1° semana de Diciembre supera 2 y 3 veces el contrato y el DS 609, de la misma manera el segundo peak de este mes supera 3 y 5 veces ambas normativas respectivamente.

Por otra parte, en Octubre, Diciembre, Febrero y Marzo se tienen concentraciones menores al límite del DS 609. En este último mes no se supera el contrato en ninguna de las mediciones semanales.

- **P_{total}**

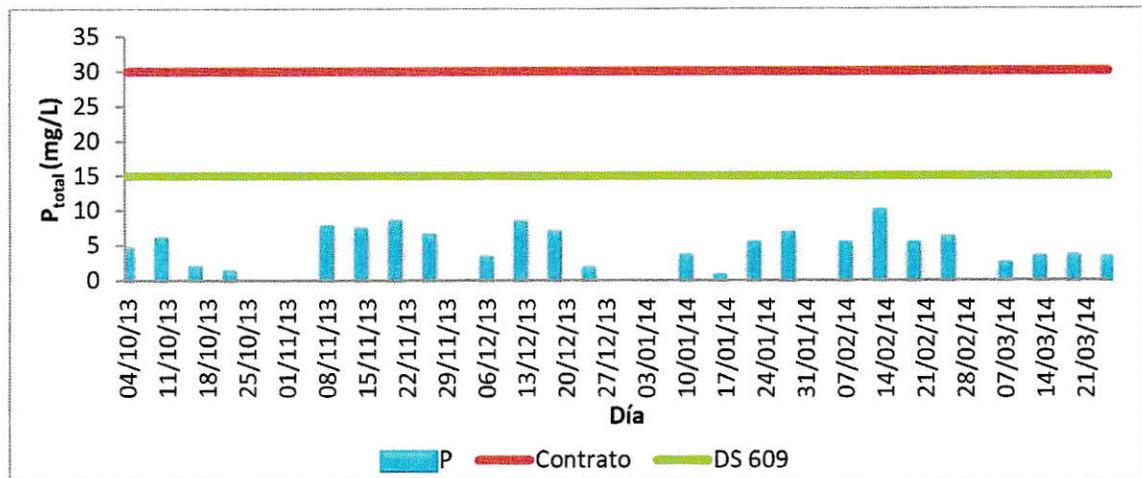


Figura 14: Variación P_{total}, Planta de Chocolates

Se puede apreciar en la figura 14, que las concentraciones de P_{total} a lo largo de los 6 meses de estudio, se mantienen bajo los límites permitidos tanto por DS 609 como por contrato con Ecoriles. El valor máximo se encuentra en el mes de Febrero con 9,5 mg/L lo que es 3 y 2 veces menor que el contrato y el DS 609 respectivamente.

- **NH₄⁺**

Las concentraciones de NH₄⁺ tienen desviaciones hacia valores bajos en relación al contrato y al DS 609. El valor máximo encontrado corresponde a 4,45 mg/L en

Noviembre que es 6 y 17 veces menor al compararlos con el límite del contrato y DS 609 respectivamente.

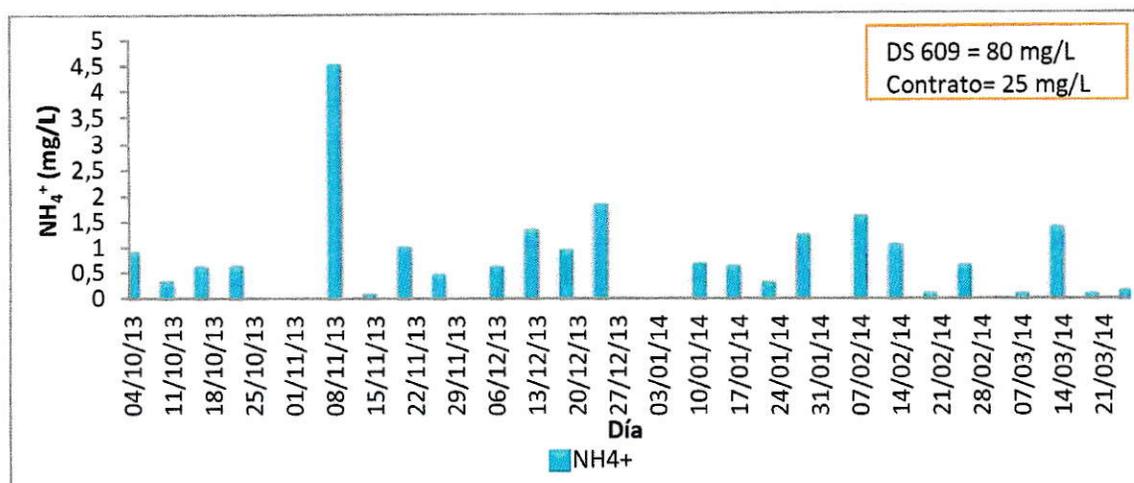


Figura 15: Variación NH₄⁺, Planta de Chocolates

- VDD

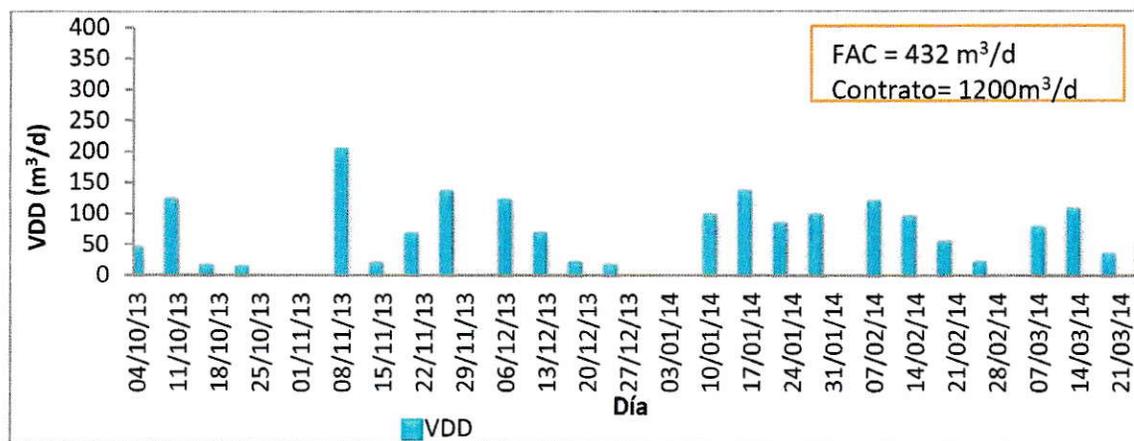


Figura 16: Fluctuación VDD, Planta de Chocolates

El VDD de esta planta, no presenta desviaciones con respecto a los límites máximos permitidos por DS 609 y por contrato.

3.1.2. Planta de Galletas

a) Parámetros físico-químicos no negociables

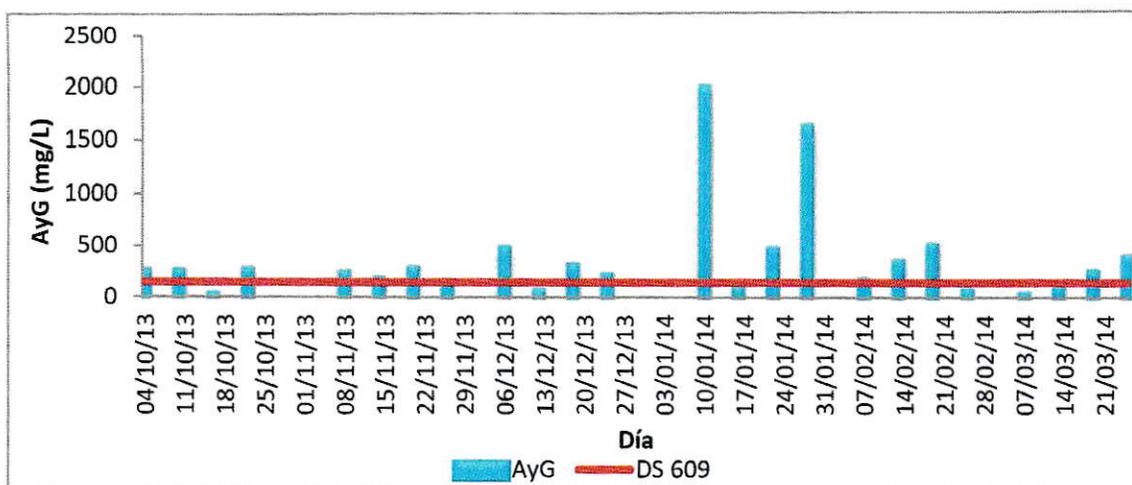


Figura 17: Variación de AyG, Planta de Galletas

Se observan 15 desviaciones de AyG a lo largo de los 6 meses de estudio. Se tienen 2 peaks en la 1° y 4° semana de Enero superando 13 y 10 veces el límite establecido en el DS 609 respectivamente. Si se compara esta situación con la Planta de Chocolates, que como se mencionó anteriormente, tuvo 4 peaks donde cada uno supera en menos de 2 veces el DS 609, se observa que en la Planta de Galletas la normativa es ampliamente superada.

- pH

En la figura 18 que se presenta a continuación, se puede observar que no hubo desviaciones importantes de pH máximo en la Planta de Galletas. Por otra parte el pH mínimo presenta desviaciones con mayor frecuencia.

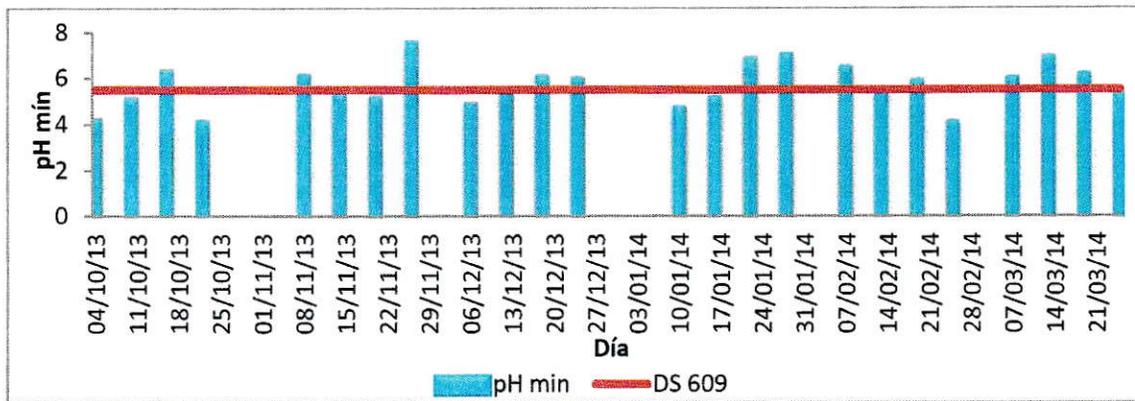
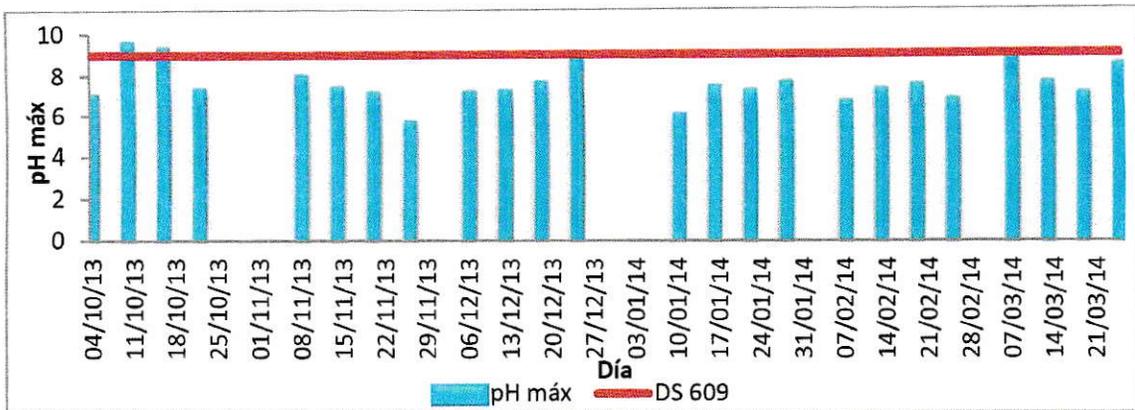


Figura 18: pH máximo y mínimo, Planta de Galletas

• T°

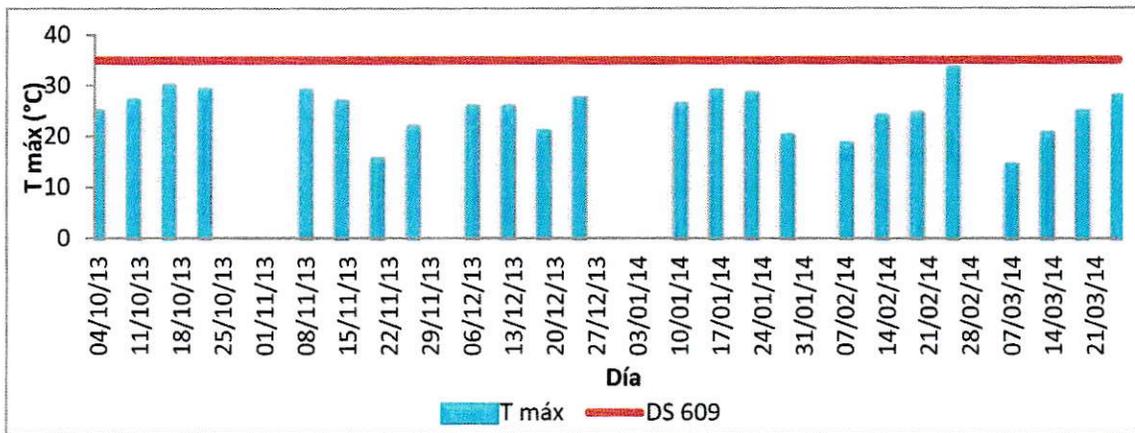


Figura 19: T° máxima, Planta de Galletas

En esta planta, la T° no presenta desviaciones con respecto al límite establecido en el DS 609.

b) Parámetros físico-químicos negociables

- **DBO₅**

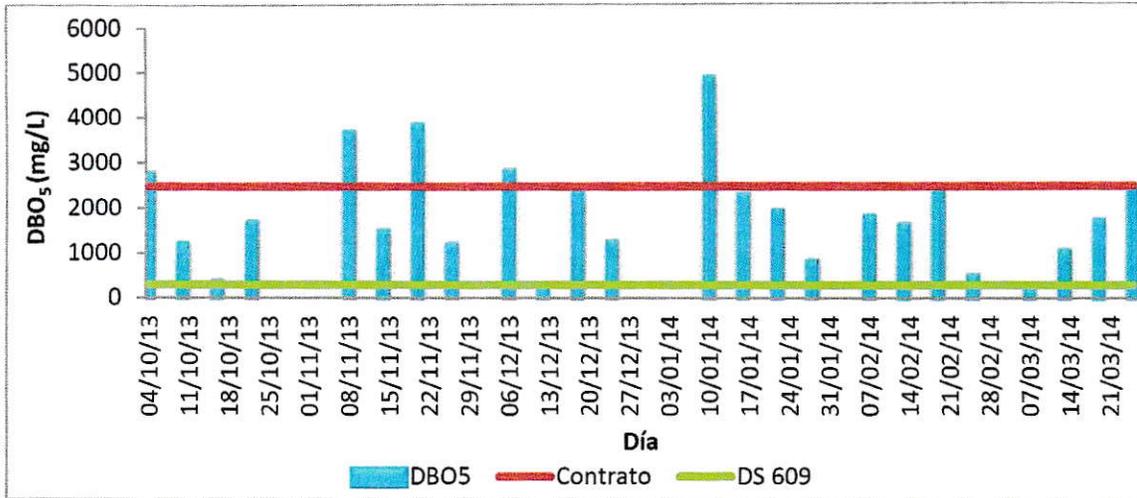


Figura 20: Variación de DBO₅, Planta de Galletas

Gran parte de los valores registrados superan el límite del DS 609 a excepción de la 2° semana de Diciembre y la 1° de Marzo con 224 y 176 mg/L respectivamente. En relación al contrato, existen 3 peaks de 3645, 3810 y 4853 mg/L, 2 en Noviembre y 1 en Enero los cuales son mayores a los peaks registrados en la Planta de Chocolates.

- **SST**

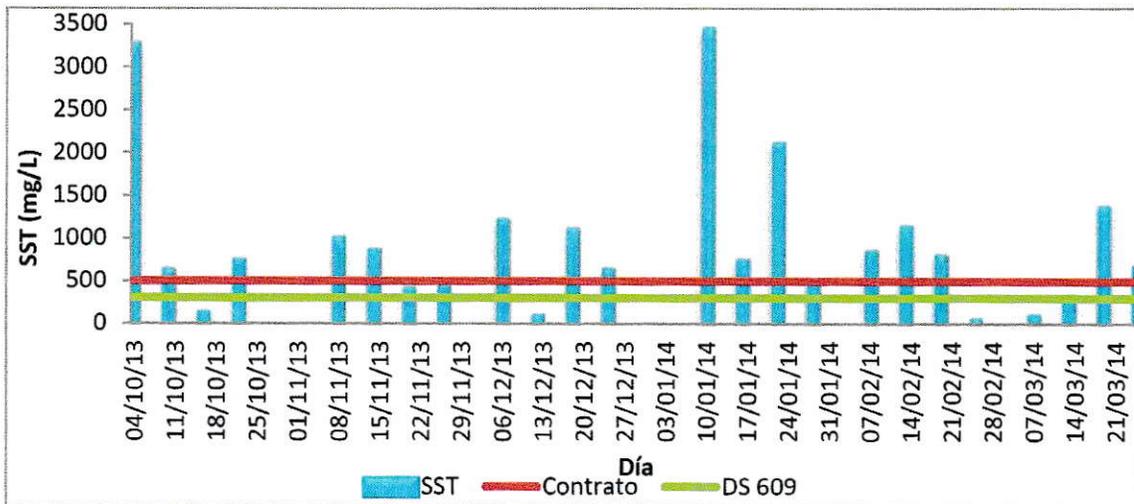


Figura 21: Variación SST, Planta de Galletas

El parámetro SST supera en 16 ocasiones lo establecido por contrato con Ecoriles de un total de 24 valores registradas. En el mes de Octubre se apreció 1 peak, en el mes de Enero se tuvieron 2 mientras que en el mes de Marzo se tuvo 1 peak, los que superan 10, 11, 7 y 4,5 veces el DS 609. Estos valores, además, superan en 6,5, 6,8, 4 y 2,6 veces el límite del contrato con Ecoriles.

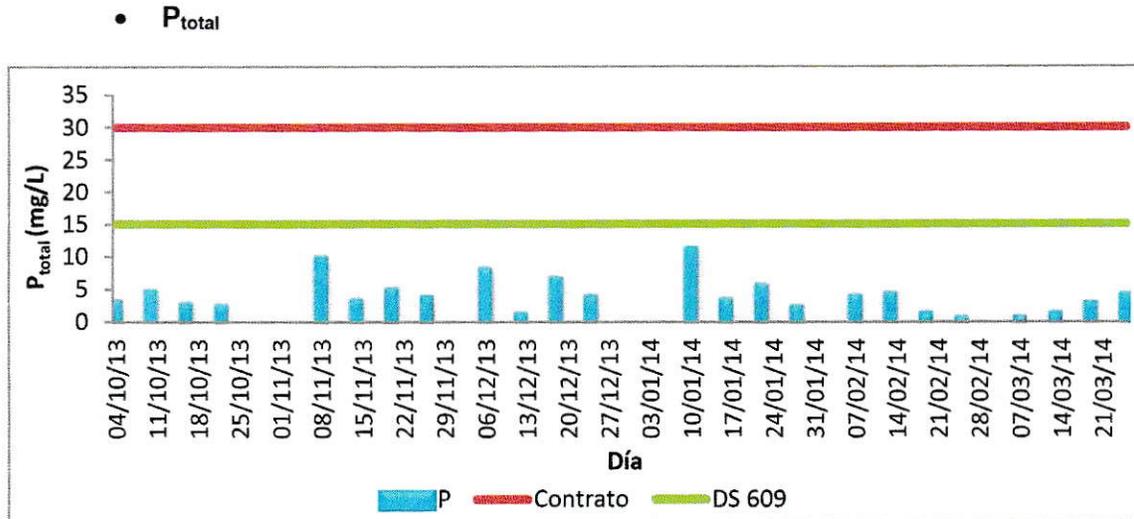


Figura 22: Variación P_{total} , Planta de Galletas

Se aprecia que no existen desviaciones de P_{total} en relación al contrato y al DS 609. Por otra parte, las mayores concentraciones se tuvieron en Noviembre, Diciembre y Enero con valores máximos correspondientes a 9,5 - 7,7 y 10,9 mg/L

• NH_4^+

Con respecto al NH_4^+ , no presenta desviación en relación al contrato y al DS 609. Mientras que las mayores concentraciones se encuentran en Octubre y Febrero con 8,86 y 13,03 mg/L respectivamente como se ve en la figura 23.



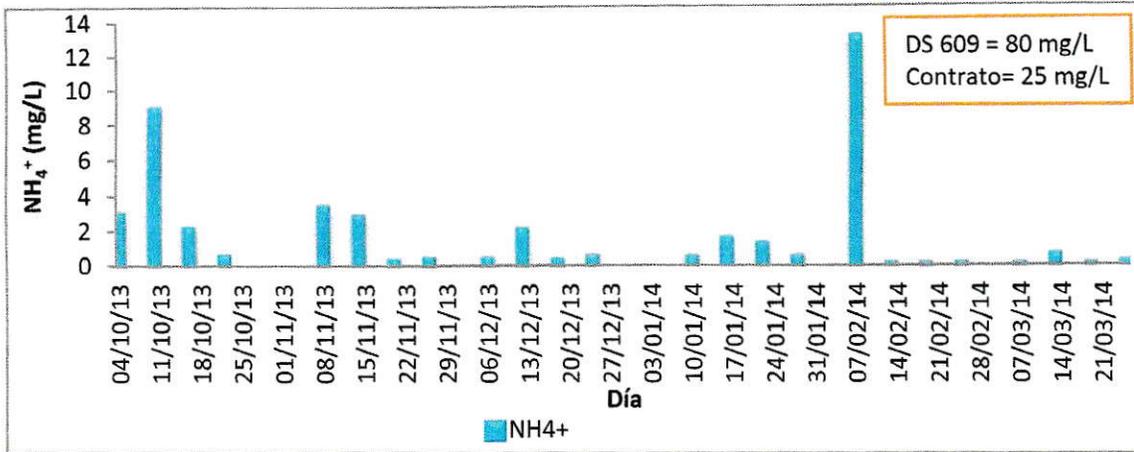


Figura 23: Variación NH₄⁺, Planta de Galletas

- VDD

Se puede observar que no se sobrepasa el límite establecido tanto por el decreto como por el contrato, al igual que en Planta de Chocolates.

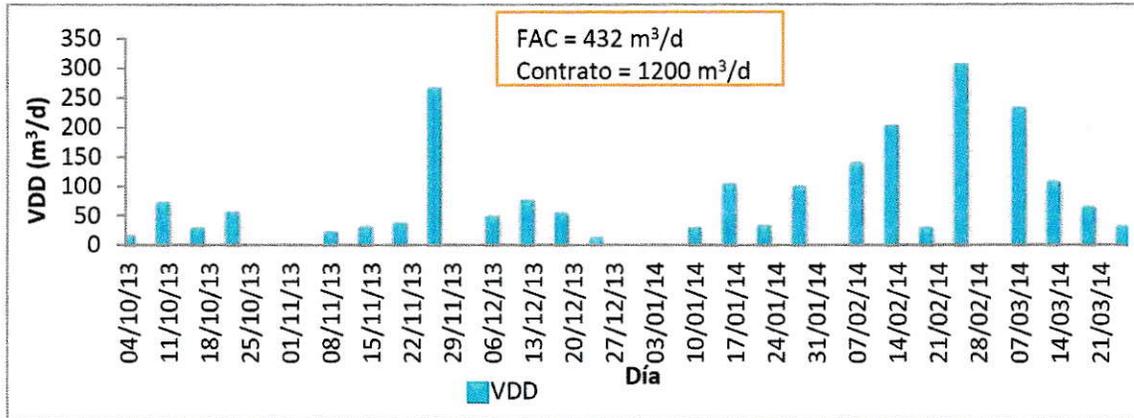


Figura 24: Fluctuación VDD, Planta de Galletas

3.1.3. Sala de Lavado

a) Parámetros físico-químicos no negociables

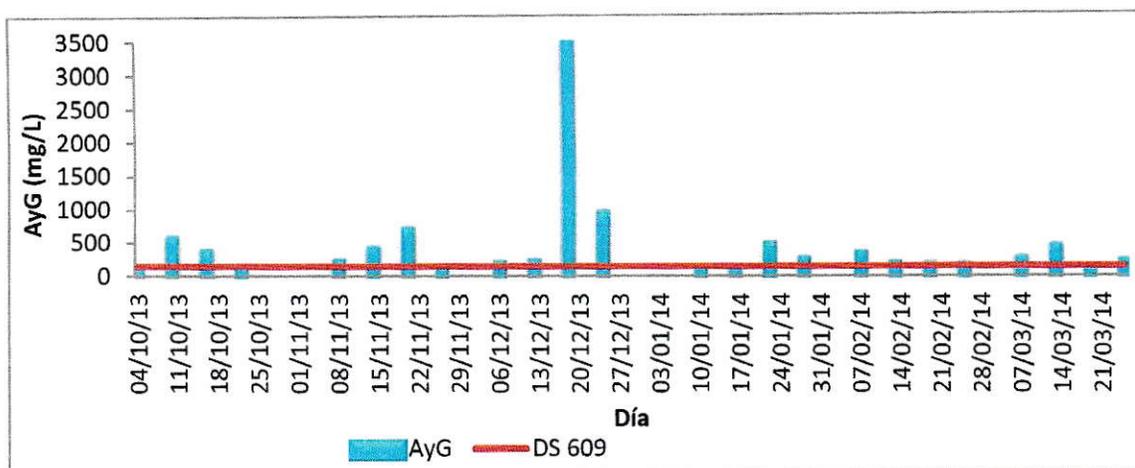


Figura 25: Variación de AyG, Sala de Lavado

Se observa desviación de AyG en Octubre, Noviembre y Diciembre de 2013. También en Enero, Febrero y Marzo de 2014, pero de menor magnitud. El peak que se observa en la 3° semana de Diciembre supera 23 veces la normativa, mientras que en la 4° semana del mismo mes se supera 6 veces. En este punto resalta el peak observado en Diciembre, que es alrededor de 9 veces mayor que el peak más alto en la Planta de Chocolates.

- **pH**

Como se ve en la figura 26, el pH máximo de Sala de Lavado tiene pequeñas desviaciones como se ve en la 1° y 2° semana de Octubre encontrando pH igual a 9,82 y 9,48 al igual que en la 4° semana de Diciembre con pH igual a 9,2. Por otra parte, el pH mínimo, se encuentra bajo el límite permitido en Octubre, Noviembre y Marzo. En 4 oportunidades se encuentra por sobre el mínimo registrado en Diciembre y Enero.

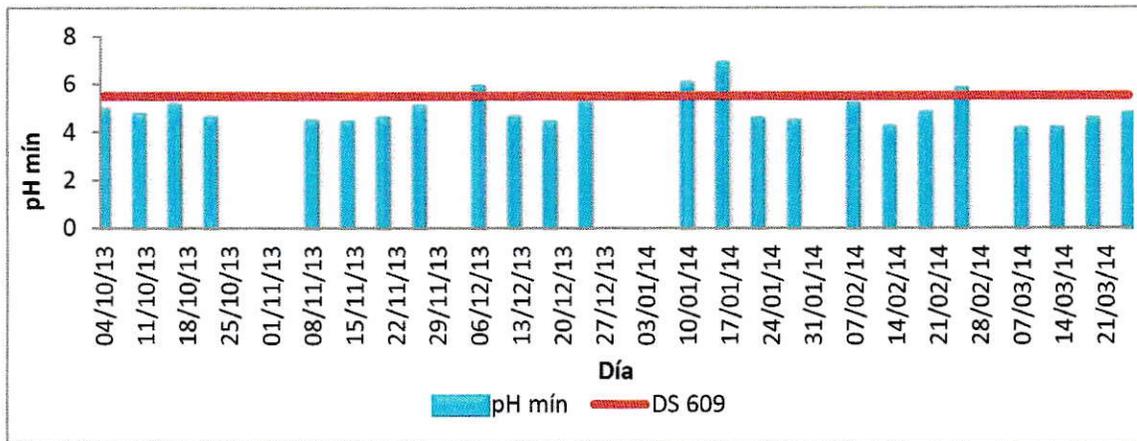
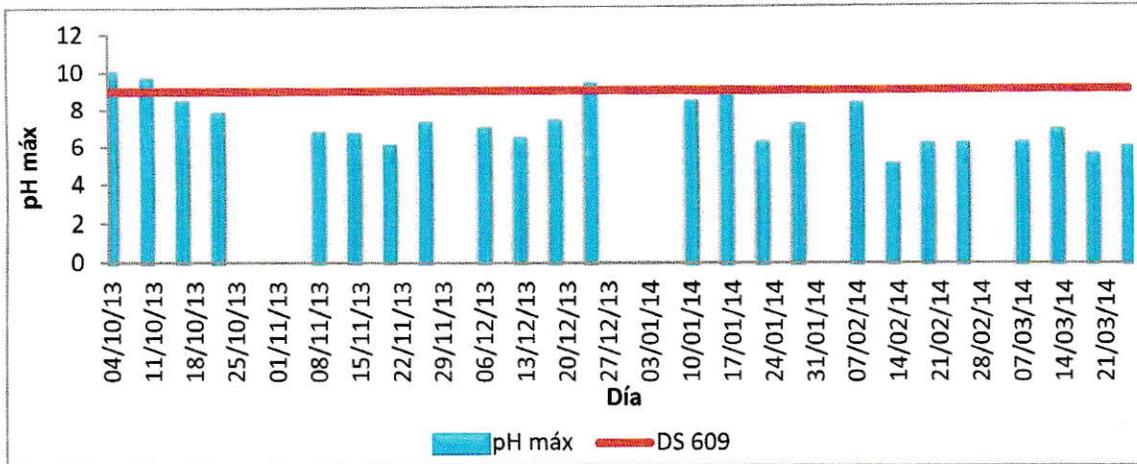


Figura 26: pH máximo y mínimo, Sala de Lavado

• T°

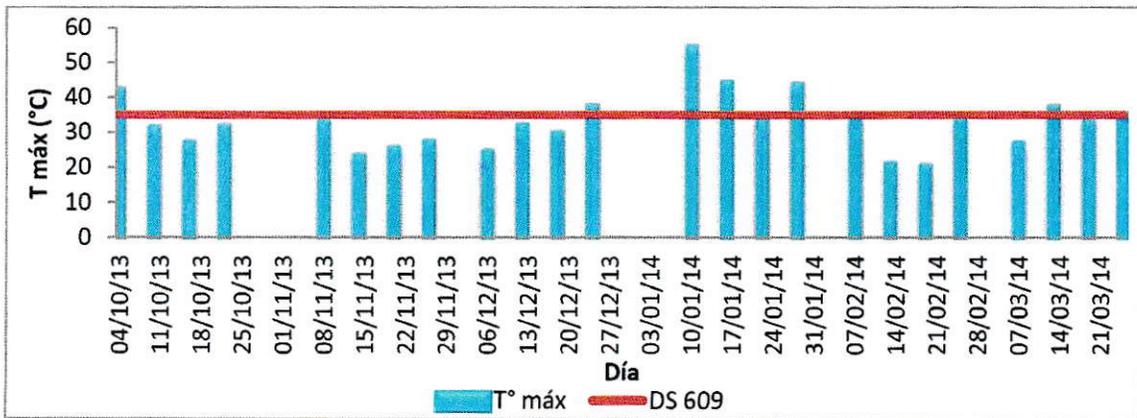


Figura 27: T° máxima, Sala de Lavado

Se tienen desviaciones que sobrepasan el límite permitido en 2,2 y 2 °C en Diciembre de 2013 y Marzo de 2014 respectivamente. En Enero supera en 18,9 - 9 - 8,3°C en la 1°, 2° y 3° semana.

b) Parámetros físico-químicos negociables.

- **DBO₅**

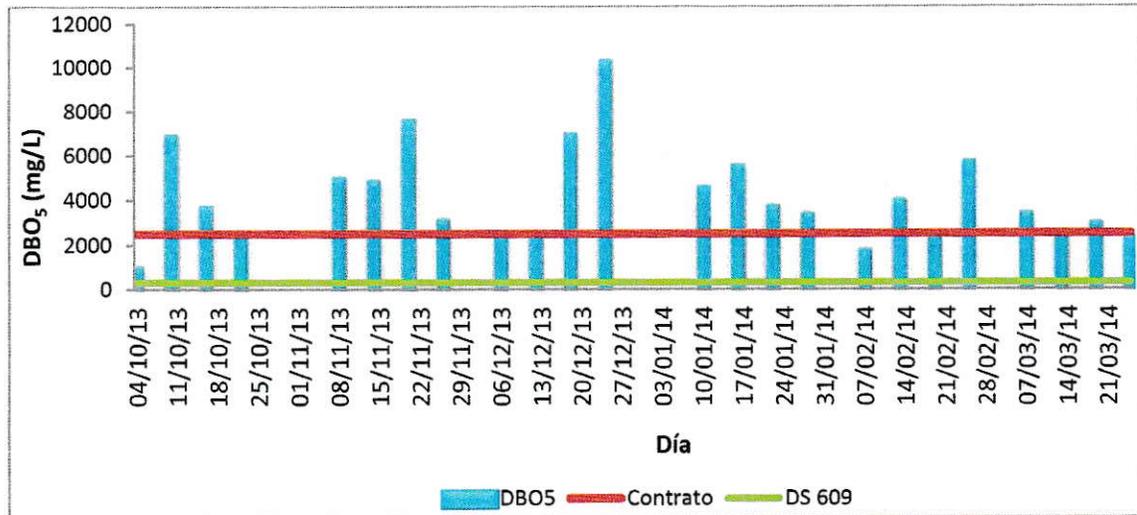


Figura 28: Variación de DBO₅, Sala de Lavado

En la figura 28 se observa que existe desviación de DBO₅ en los 6 meses de estudio con respecto al límite establecido en el DS 609, donde las concentraciones máximas registradas en cada uno de los meses superan 22, 25, 34, 18, 12 y 11 veces la normativa en forma correlativa a los meses que se muestran en la figura. Este parámetro también presenta desviaciones en relación al límite del contrato (2500 mg/L) en los 6 meses. Considerando los peaks más altos de cada mes se tiene que sobrepasan 2,7, 3, 4, 2, 1,5 y 1,3 veces el límite máximo permitido respectivamente.

- SST

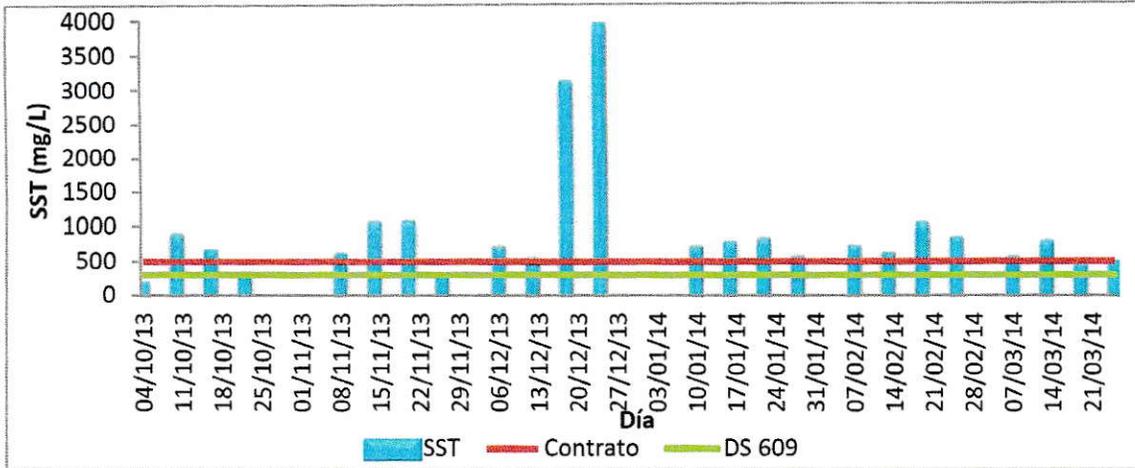


Figura 29: Variación de SST, Sala de Lavado

Se ve una desviación constante de SST en relación al contrato y al DS 609 en los 6 meses considerados, sobresaliendo 2 peaks en Diciembre que superan 6 y 7 veces el límite establecido en el contrato, además de 10 y 12 veces el límite del DS 609 respectivamente.

- P_{total}

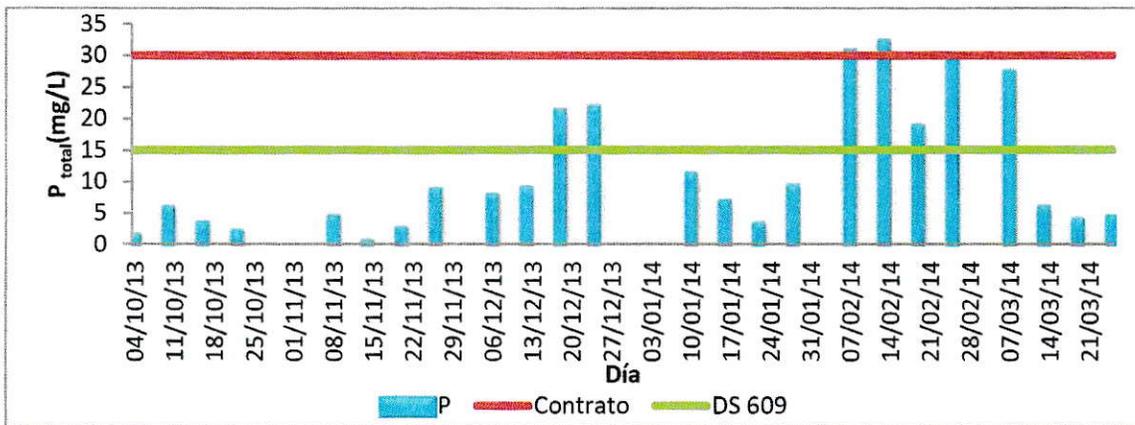


Figura 30: Variación de P_{total}, Sala de Lavado

A diferencia de la Plantas de Chocolates y Galletas, en la Sala de Lavado se presentaron desviaciones de P_{total}. Las concentraciones encontradas en la 3° y 4°

semana de Diciembre, así como todas las de Febrero de 2014 superan el límite máximo del DS 609, donde en 2° semana de este mes, los valores se desvían del límite establecido por contrato. Finalmente, en Marzo de 2014 presenta sólo una desviación de este parámetro (07-03-14) con respecto al límite del DS 609.

- NH_4^+

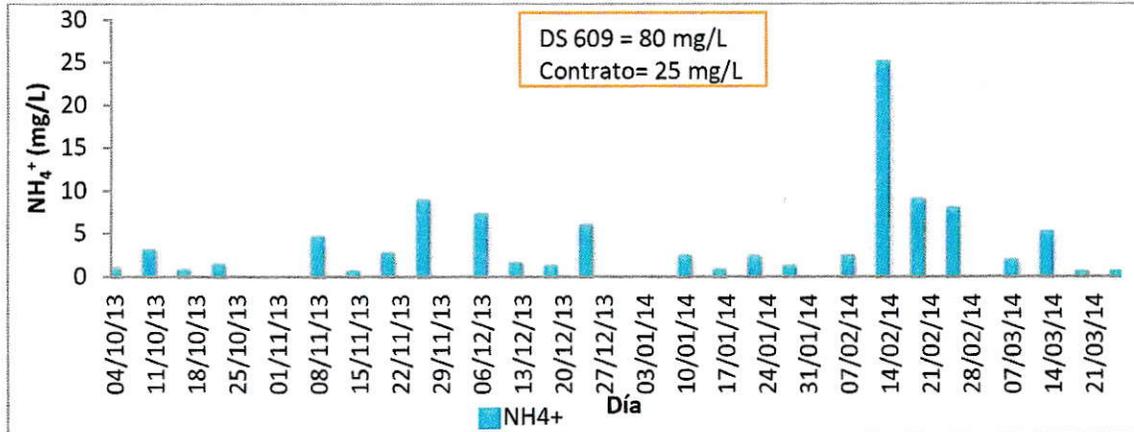


Figura 31: Variación NH_4^+ , Sala de Lavado

La mayor concentración de NH_4^+ (24,64 mg/L) es menor al límite establecido tanto por el DS 609 como por el contrato. Por eso, no se encuentran desviaciones de este parámetro en los 6 meses de estudio.

- VDD

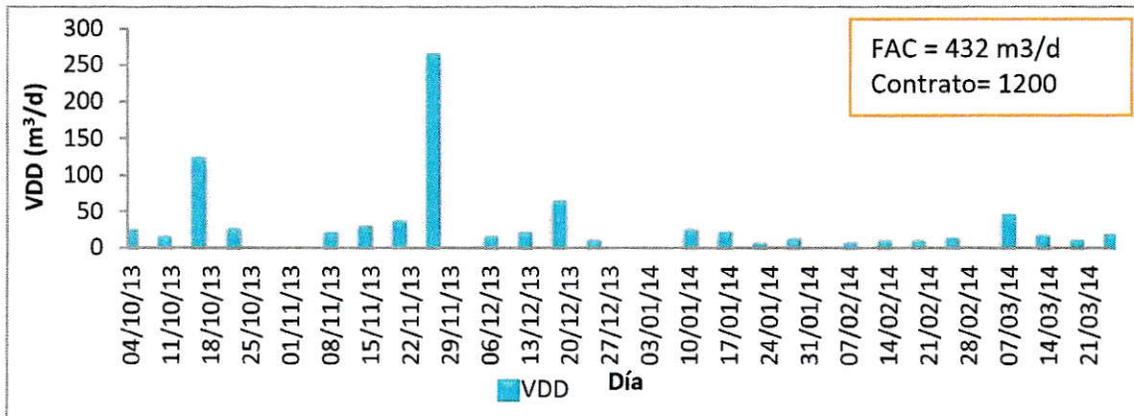


Figura 32: Fluctuación VDD, Sala de Lavado

Ningún caudal registrado en Sala de Lavado sobrepasó el $Q_{\text{máx}}$ estipulado por contrato y por lo establecido a través de la factibilidad de alcantarillado otorgada por SMAPA.

3.1.4. RIL final

Este punto de muestreo es de gran importancia, ya que aquí es donde se realiza la fiscalización que puede ser llevada a cabo por distintas entidades como Seremi de Salud, SISS y SMAPA. De esta fiscalización, a partir de las concentraciones de parámetros físico-químicos del RIL final, se concluye si la descarga cumple o no con la normativa ambiental vigente (DS 609).

a) Parámetros físico-químicos no negociables

- **AyG**

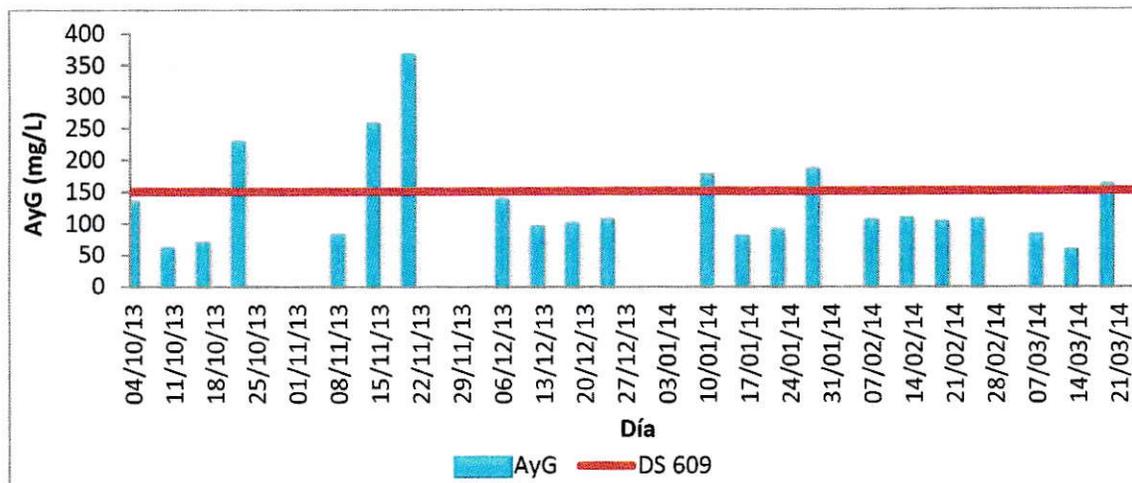


Figura 33: Variación de AyG, RIL final

Existen 5 desviaciones de AyG respecto al límite de la normativa, ocurridas en los meses de Octubre, Noviembre y Enero. El peak que se observa en la 4° semana de Octubre es de 224 mg/L, en Noviembre se tienen 253 y 361 mg/L. Por otra parte, en Enero se tiene menor desviación de este parámetro con 172 y 180 mg/L.

- pH

En la figura 34 que se presenta a continuación tanto en el pH máximo y mínimo se observan desviaciones de este parámetro a lo largo de los seis meses, como ocurre en la última semana de Enero y la primera de Febrero en la gráfica de pH máximo registrando pH de 12,27 y 11,22 respectivamente. Por otra parte, el pH mínimo se encuentra bajo límite todo el mes de Noviembre, además de otras desviaciones en Octubre, Enero y Febrero.

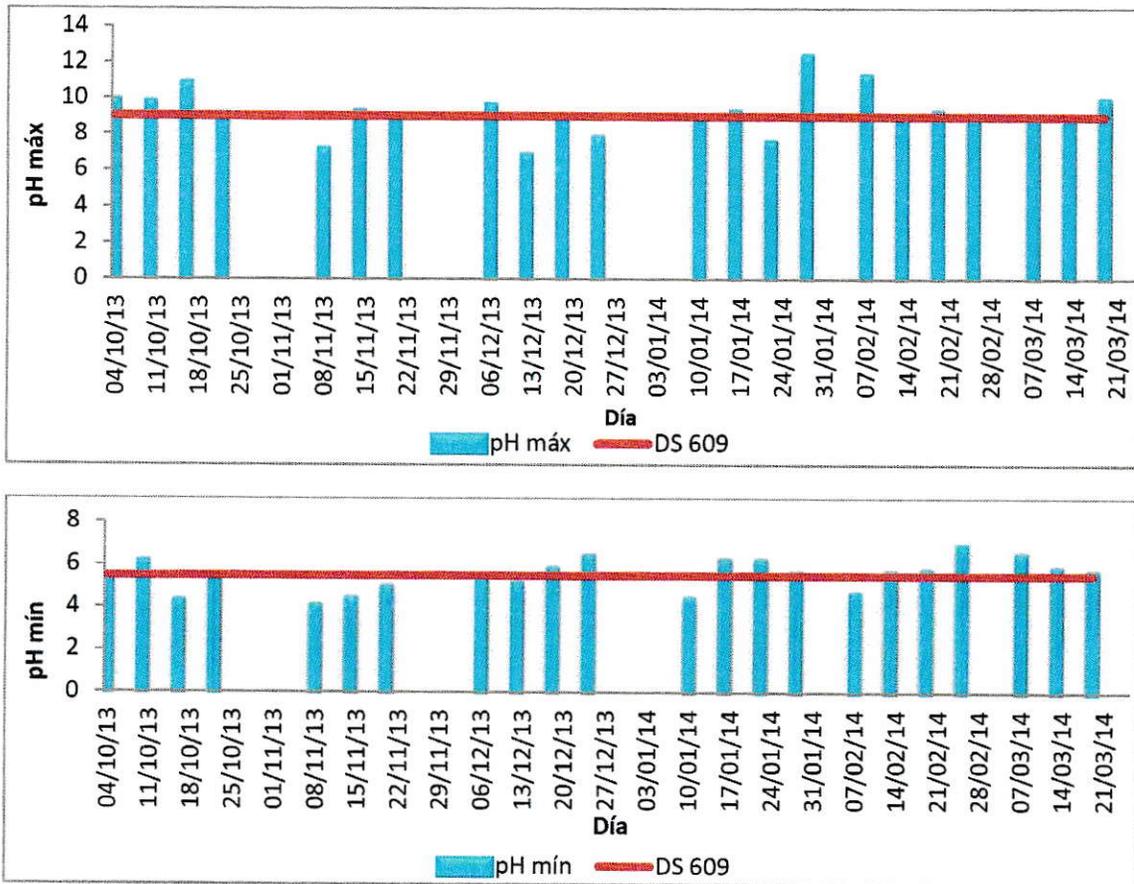


Figura 34: pH máximo y mínimo, RIL final

- T°

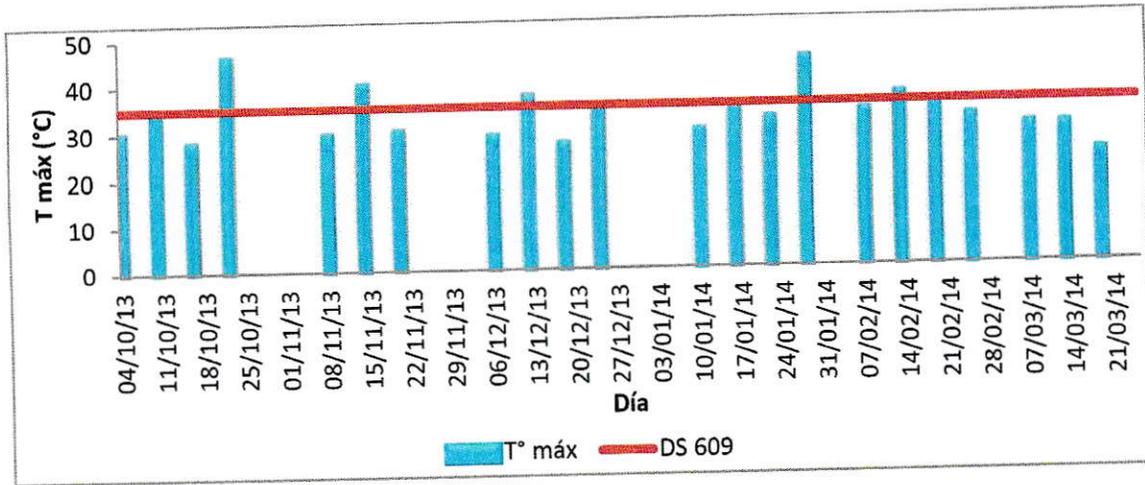


Figura 35: T° máxima, RIL final

Con respecto a la T°, en la 4° semana de Octubre y Enero se supera en 10,7°C y 9,6°C el límite permitido por la normativa.

b) Parámetros físico-químicos negociables

- DBO₅

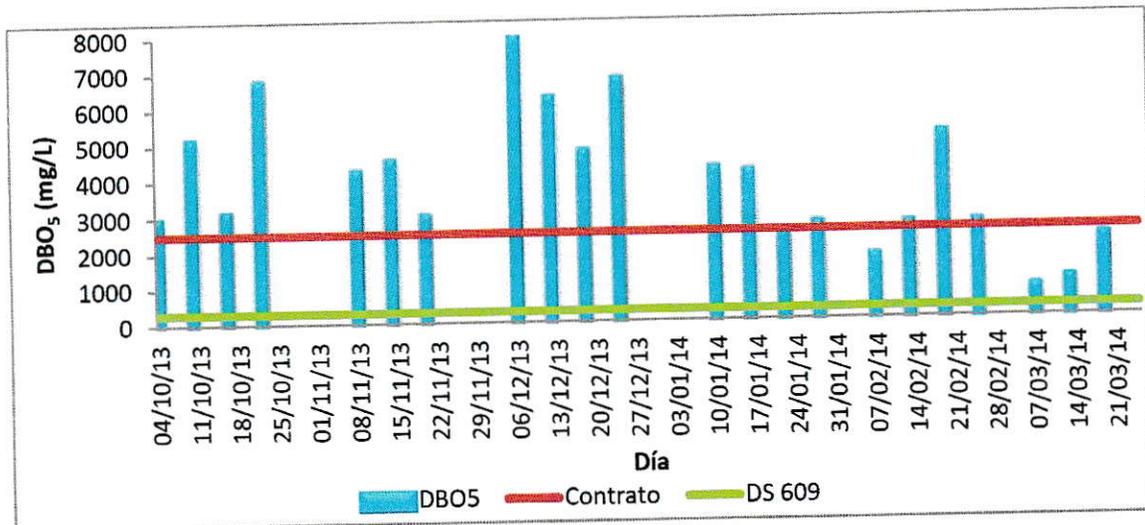


Figura 36: Variación de DBO₅, RIL final

Como se ve en la figura 36, la DBO₅ supera el límite establecido por el DS 609 durante los 6 meses de estudio. Así mismo, en todo Diciembre se sobrepasa el límite por contrato, en donde el peak máximo registrado supera 3 veces el límite del contrato y 26 veces el valor máximo permitido del DS 609. En Noviembre también se supera el contrato, sin embargo con concentraciones menores en comparación a Diciembre, cuyo valor máximo es 2 y 15 veces mayor que el contrato y el DS 609 respectivamente.

- SST

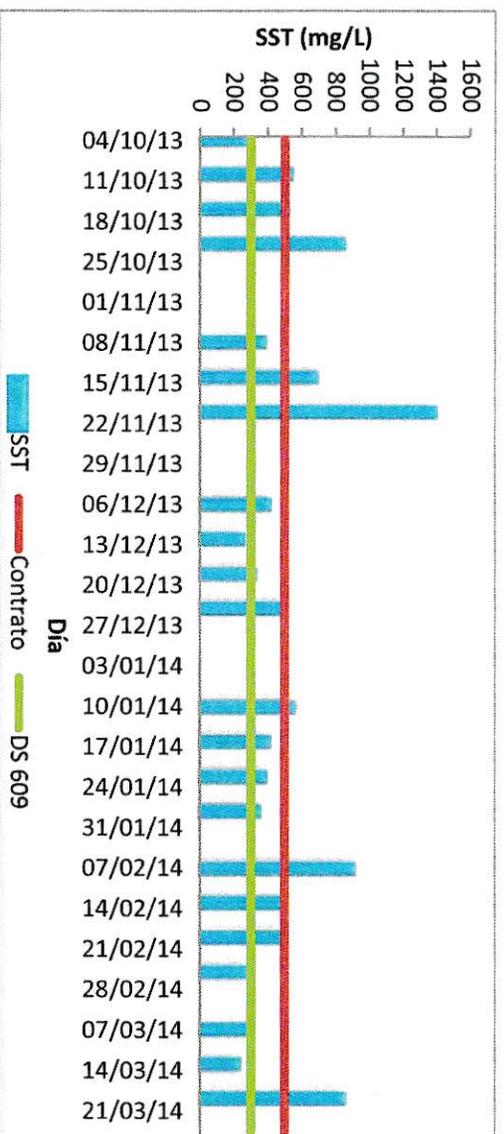


Figura 37: Variación de SST, RIL final

Se observan 5 desviaciones de SST con respecto al contrato, el mayor peak, registrado en Noviembre lo supera cerca de 3 veces y 5 veces el DS 609. En general las concentraciones de SST se mantienen por sobre el límite del DS 609, salvo pequeñas excepciones como la 1° semana de Octubre, 2 ocasiones en Diciembre y Marzo y una en Febrero con valores cercanos al límite (300mg/L.).

- P_{total}

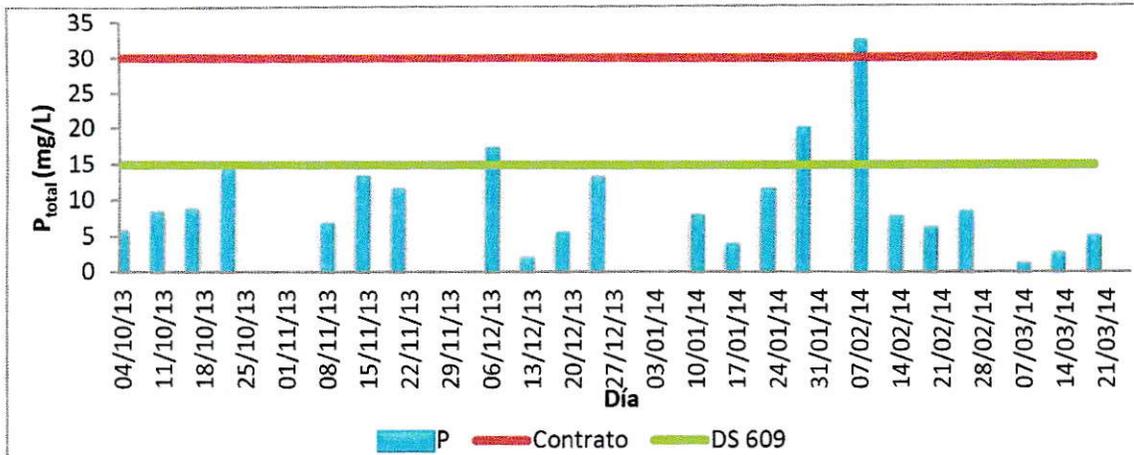


Figura 38: Variación de P_{total} , RIL final

La concentración de P_{total} supera el límite del DS 609 la 1° semana de Diciembre, la 4° de Enero y la 1° de Febrero, la que a su vez supera el límite establecido por contrato con 31,9 mg/L. En Marzo se observan las menores concentraciones en comparación a los otros meses.

- NH_4^+

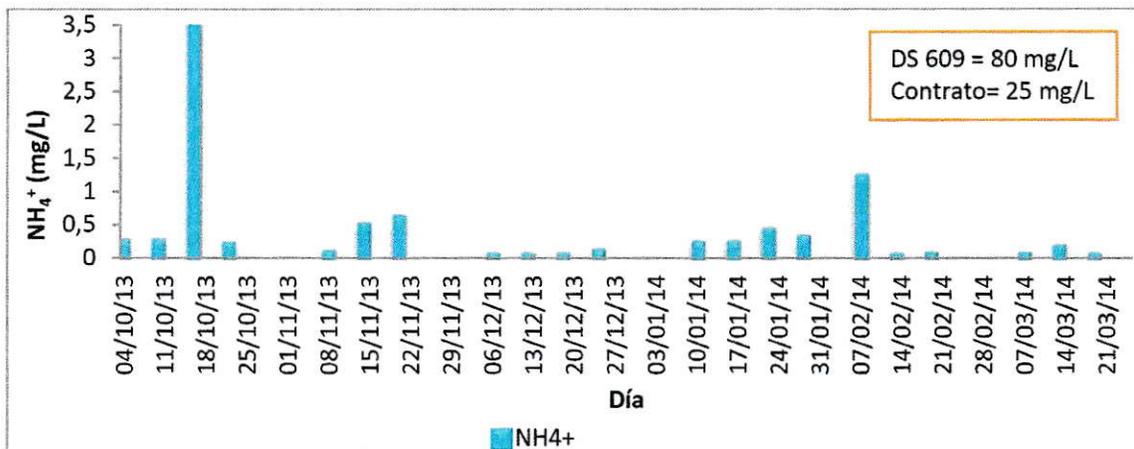


Figura 39: Variación de NH_4^+ , RIL final

No se registran desviaciones de este parámetro en comparación con los límites establecidos tanto en el DS 609 como en el contrato.

- VDD

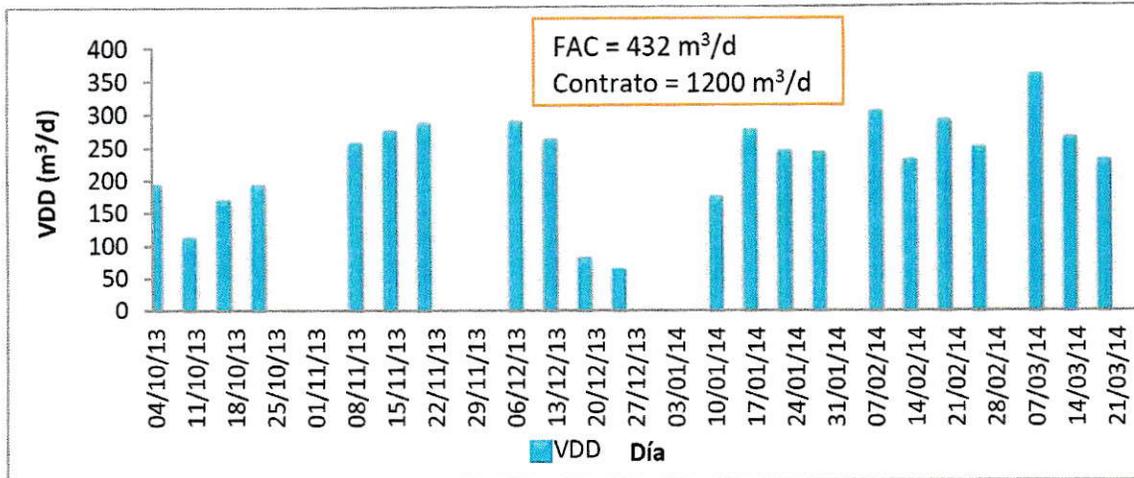


Figura 40: Fluctuación de VDD, RIL final

Con respecto al VDD, el valor máximo registrado se tiene en Marzo con 351 m³/d. Este caudal es menor a la factibilidad de alcantarillado estipulado por SMAPA y al contrato.

En general, se encontró que no existe desviación de NH₄⁺ y VDD en los cuatro puntos de muestreo con respecto al DS 609 y al contrato, mientras que P_{total}, solo presenta desviación en Sala de Lavado y RIL final. Se observan desviaciones de AyG, pH y T° en los cuatro puntos en relación a los respectivos límites del DS 609 mientras que DBO₅ y SST también presentaron desviaciones en los cuatro puntos respecto al DS 609 y al contrato a lo largo del estudio.

3.2. Comparación del aporte de parámetros físico-químicos por puntos de muestreo

A continuación se presentan diferentes figuras, para realizar una comparación de los parámetros físico-químicos del estudio, cuyo fin es mostrar cual punto de muestreo aporta en mayor proporción a un determinado parámetro y cómo influye en el RIL final.

AyG

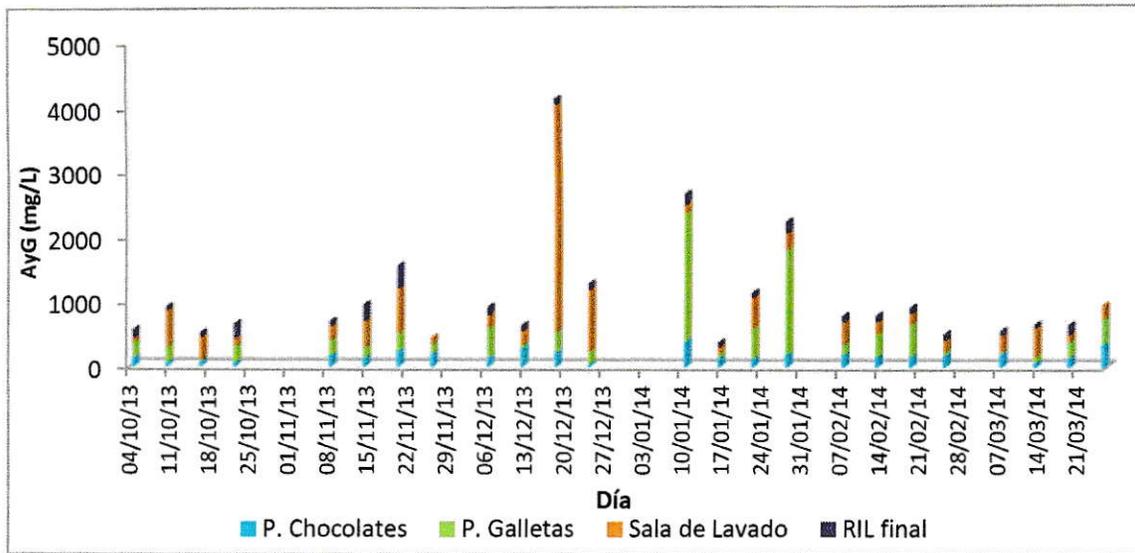


Figura 41: Comparación del aporte de AyG

Se aprecia que Sala de Lavado aporta en mayor proporción con AyG, seguida por Planta de Galletas, la cual presenta una leve diferencia con la Sala de Lavado. Por otra parte, el aporte de Planta de Chocolates es significativamente menor en comparación a los otros puntos. El RIL final, presenta las menores concentraciones en comparación a los otros puntos.

pH

Con respecto al pH máximo, la Planta de Chocolates es la que presenta en más ocasiones pH alcalino, seguida de Planta de Galletas y finalmente Sala de Lavado.

Por otra parte, el punto de muestreo que posee pH más bajo, es Sala de Lavado, luego Planta de Chocolates y finalmente Planta de Galletas.

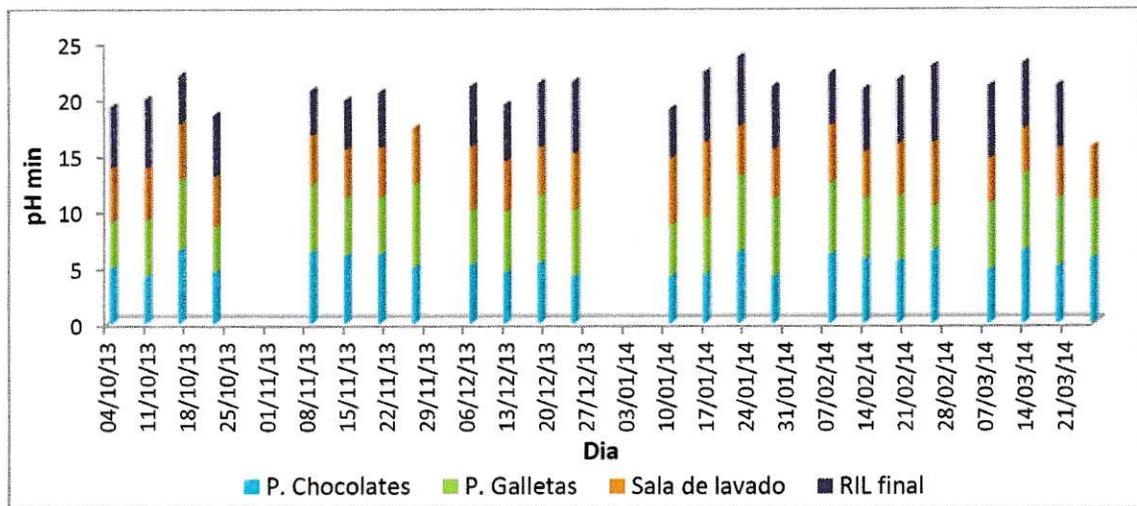
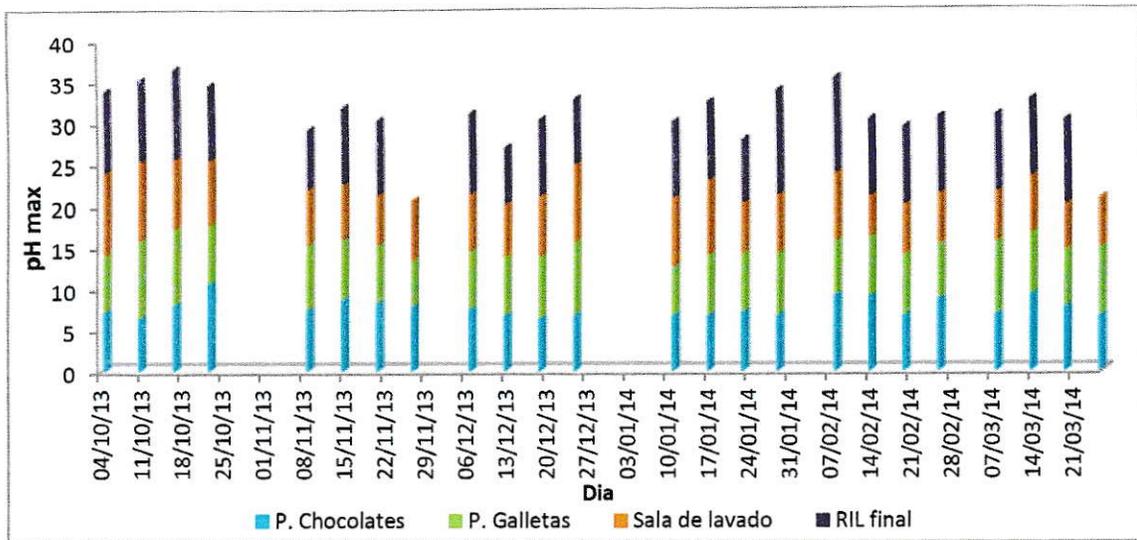


Figura 42: Comparación de pH por punto de muestreo

T°

En relación a la T°, Sala de Lavado y Planta de Galletas tienen la misma influencia en este parámetro no negociable, mientras que Planta de Chocolates presenta menores temperaturas.

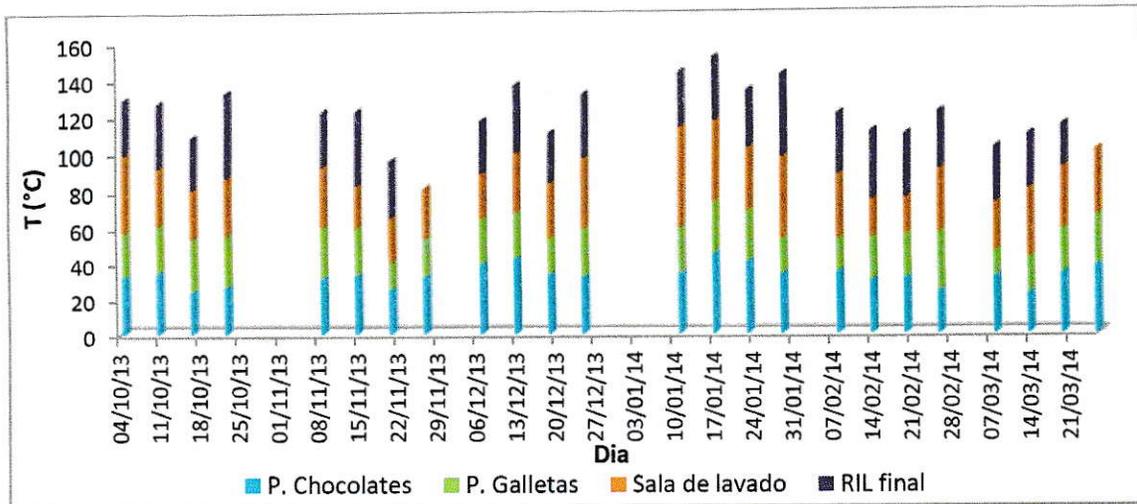


Figura 43: Comparación de T° por punto de muestreo

DBO₅

En la figura 44 se ve que Sala de Lavado aporta mayoritariamente con DBO₅, presentando en 18 ocasiones valores mayores en comparación a Planta de Galletas, mientras que en último lugar, se encuentra la Planta de Chocolates. Se aporta una cantidad significativa de DBO₅ al RIL final, ya que en la gráfica se ve la predominancia de este parámetro en este punto.

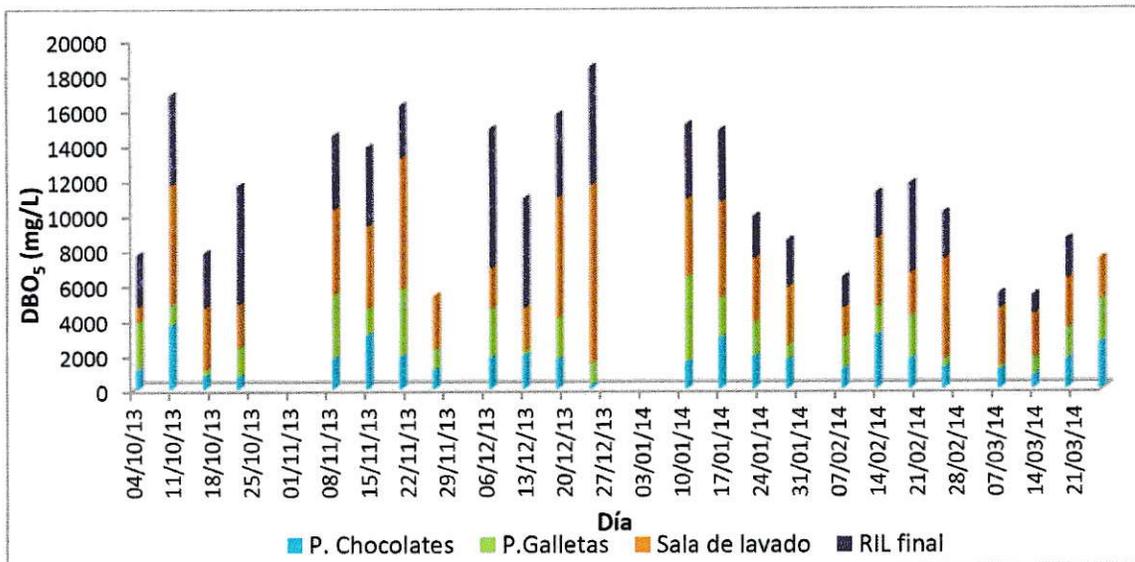


Figura 44: Comparación del aporte de DBO₅

SST

En la figura 45, nuevamente Sala de Lavado ocupa el 1° lugar, esta vez en el aporte de SST seguido estrechamente por Planta de Galletas. Finalmente Planta de Chocolates aporta con menores proporciones en comparación a los otros puntos.

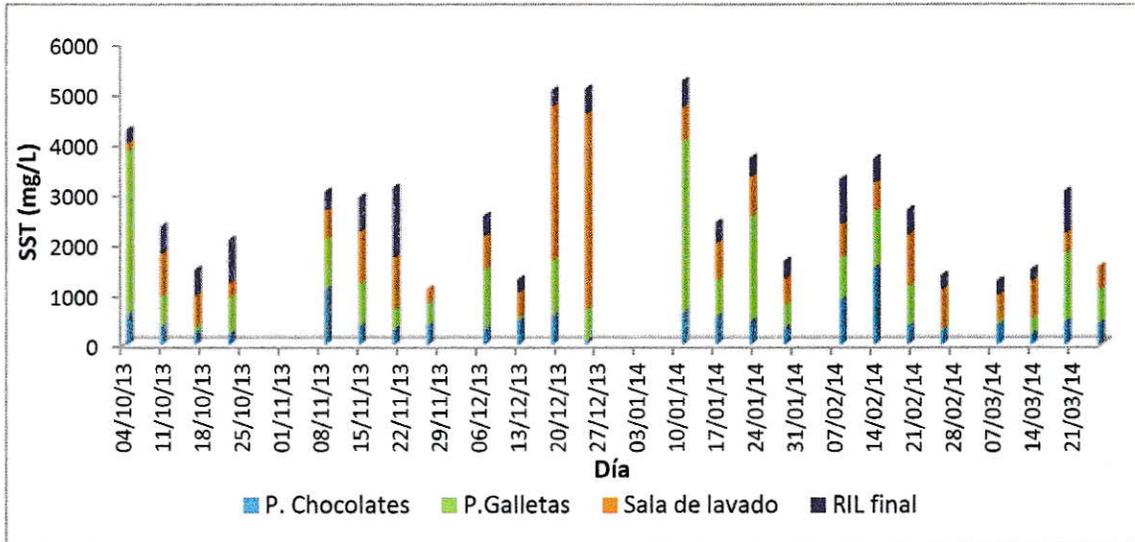


Figura 45: Comparación del aporte de SST

P_{total}

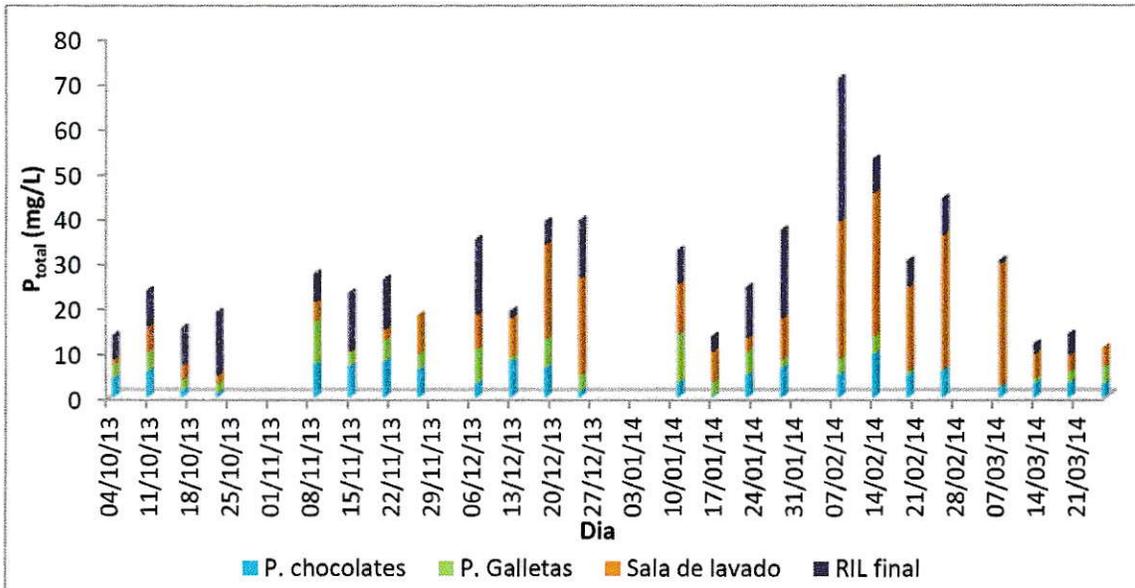


Figura 46: Comparación del aporte de P_{total}

Con respecto al P_{total} , Sala de Lavado tiene la mayor predominancia a lo largo de los 6 meses de estudio, seguido por Planta de Chocolates y finalmente Planta de Galletas. Como se dijo anteriormente, Sala de Lavado es el único punto de muestreo que presenta desviaciones de P_{total} por lo que aporta mayoritariamente al RIL final.

NH_4^+

A continuación, en el caso de NH_4^+ , Sala de Lavado aporta la mayor cantidad de este parámetro, luego viene Planta de Chocolates y Planta de Galletas. Sin embargo, es importante recordar que no existe desviación de este parámetro en ninguno de los puntos de muestreo.

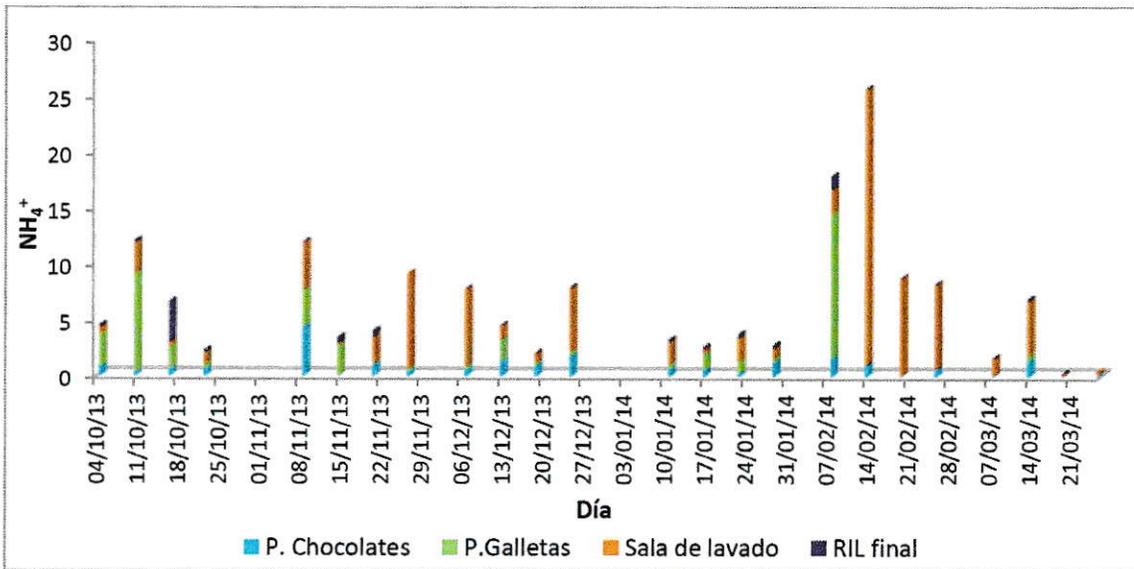


Figura 47: Comparación del aporte de NH_4^+

VDD

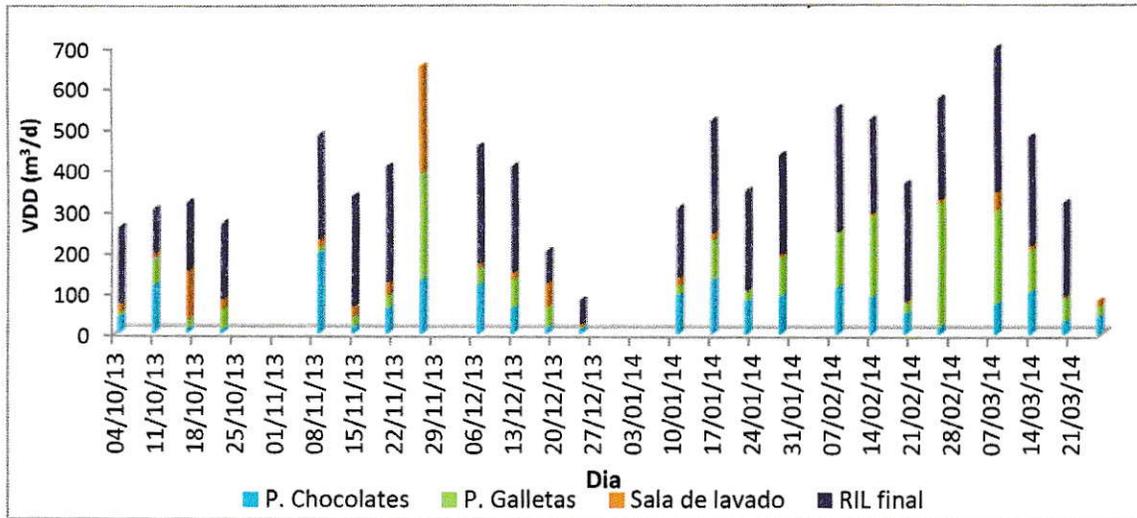


Figura 48: Proporción del Caudal expresado como Volumen de Descarga Diaria en los puntos de muestreo.

Este caso, Sala de Lavado posee los menores caudales registrados en comparación a los demás puntos. Planta de Chocolates presenta los mayores caudales, seguido por Planta de Galletas. Además, se tiene que RIL final es el que tiene los mayores Q, lo cual es consecuente, dado que en este punto confluyen todos los RILes de fábrica.

3.3. Fuentes de descarga de RILes en fábrica.

a) Plantas de Producción

Para determinar las potenciales causas de la desviación de parámetros físico-químicos primero es importante identificar cuáles son las líneas de producción que a partir de sus procesos y actividad generan aguas residuales que se descargan a los desagües y salen a través de la red de alcantarillado.

A través de las encuestas realizadas a operarios de producción y áreas capacitadas se encontró lo siguiente:

Tabla 3: Líneas de producción y sectores críticos

Planta de Chocolates		Planta de Galletas	
Línea de Producción	Sector	Línea de Producción	Sector
Cavemil 2	Aditivos	Champaña	Bunker
Aasted 2	Sala de Batido	Oblea 2	Microdosimetría
Cocinadora	Sala de Lavado	Oblea 3	---
Sollich 1	Aduana	---	---
Sollich 3	---	---	---

Por tanto, en Planta de Chocolates existen 5 líneas de producción y 4 sectores que poseen desagües a los cuales se descargan directamente RILes. El sector identificado como Aduana es donde se realiza el lavado de manos de los operarios antes de ingresar a planta utilizando alcohol al 70% causando desviación de DBO₅. El sector identificado como Aditivos genera un fracción muy pequeña de RILes por lo que no será considerado en el resto del estudio.

Con respecto a Planta de Galletas, se tienen 3 líneas de producción y 2 sectores que generan RILes. El resto de las líneas de esta planta queda fuera de la clasificación, ya que sólo presentan desagües para aguas de despiche de equipos. El sector identificado como Bunker corresponde al sector de preparación de masas mientras que el sector identificado como Microdosimetría es donde se agregan los aditivos y saborizantes.

b) Sala de Lavado

El sector Sala de Lavado de fábrica constituye en sí una fuente de descarga de RILes, ya que en este lugar se realiza el lavado de equipos provenientes principalmente de la Planta de Galletas y en menor cantidad de Planta de Chocolates. Los residuos líquidos generados son descargados directamente a la rejilla de desagüe.

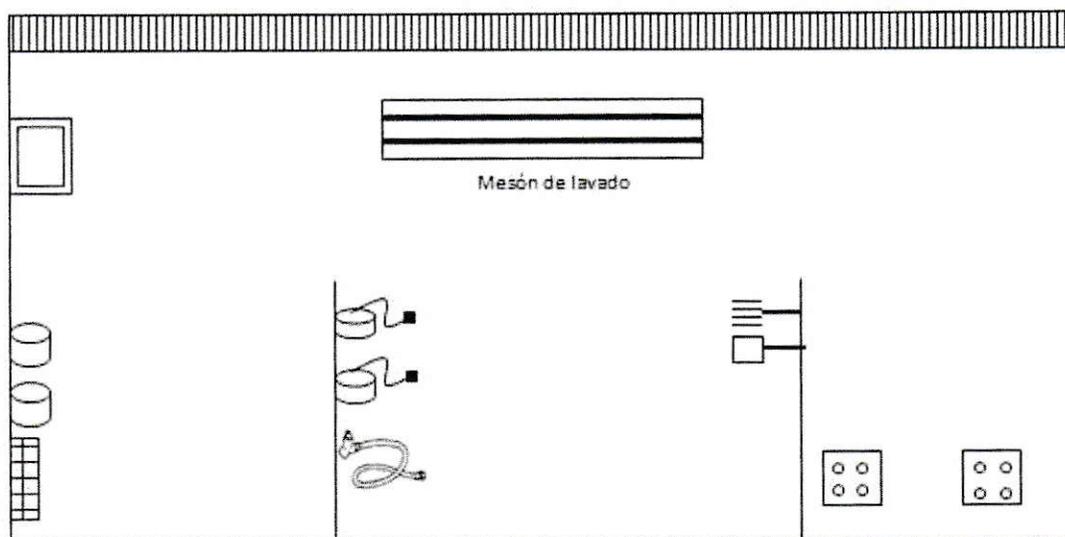


Figura 49: Croquis Sala de Lavado

El área achurada en la parte superior de la figura 49, corresponde a la rejilla en donde se descargan los RILes generados. En el mesón se realiza el lavado de las diferentes piezas y equipos utilizando la manguera que se encuentra en este sector, además de los productos de lavado correspondientes. También existe un lavadero, que se muestra en la parte superior izquierda en donde se lavan piezas pequeñas y se realiza el lavado de manos de la persona a cargo de llevar a cabo las tareas del lugar.

3.4. Efluentes plantas de producción

a) Planta de Chocolates

Línea Cavemil 2

Tabla 4: Características sector generador de RILes, Línea Cavemil 2.

N° desagües	Sector	Lavado de equipos	Productos de limpieza	Materias Primas
3	Producción	Cocinadora	- Alcohol al 70% - Nitro Plus	Relleno 1: Lecitina de soya, azúcar, aceite palmico, manteca. Relleno 2: Azúcar, leche entera, aceite palmico, manteca.

En la Línea Cavemil 2 se tienen 3 desagües que están unidos a través de una cañería común (Figura 50). En las actividades de aseo fin de ciclo y cambios de formato se realiza el lavado de diversos equipos, sin embargo lo que genera RILes que salen a través de la red de alcantarillado corresponde a la cocinadora que se utiliza para revolver el relleno y derretir otros elementos (Figura 51), en la cual se depositan las materias primas que se muestran en la tabla 4. Se utilizará el relleno 1 o el relleno 2 dependiendo del producto que se quiera elaborar.



Figura 50: Desagües Línea Cavemil 2



Figura 51: Equipo cocinadora de Línea Cavemil 2

Este equipo se lava con agua caliente y alcohol al 70%, además se utiliza Nitro Plus que corresponde a ácido nítrico (HNO_3). Ambos productos de lavado pueden ser causa de desviación de parámetros físico-químicos, afectando la DBO_5 y pH respectivamente. Además, el RIL que genera el lavado de la cocinadora sale a través de la manguera que se ve en la figura 51 alterando los parámetros SST, AyG y DBO_5 debido a los restos de materia prima que quedan en ella.

Con esto se pueden inferir y relacionar procesos cuyo desarrollo en la elaboración de determinados productos están generando RILes lo cual se expondrá más adelante.

Línea Aasted 2

Tabla 5: Características sector generador de RILes, Línea Aasted 2

N° desagües	Sector	Lavado de equipos	Productos de limpieza	Materias Primas
1	Producción	Cocinadora	- Alcohol al 70%	Fondant, azúcar líquida, relleno graso

En esta línea se tiene una situación similar a La línea Cavemil 2, ya que también posee una cocinadora en la cual se vierten los rellenos a utilizar y un desagüe al cual se descargan los RILes que se generan en el lavado de este equipo (Figura 52).

Las materias primas que se presentan en la tabla son semielaborados, se fabrican en la Línea Cocinadora y que posteriormente se llevan a esta línea para la elaboración de ciertos productos. En general, el fondant corresponde a un semielaborado que se prepara usando azúcar, glucosa y agua, por lo tanto ambas materias primas son causantes de la desviación de DBO₅ y SST, además de AyG debido al relleno graso. Al igual que en la Línea Cavemil 2, la cocinadora se lava con alcohol al 70% y agua lo que también afecta a la DBO₅, anexando una manguera hasta el desagüe.

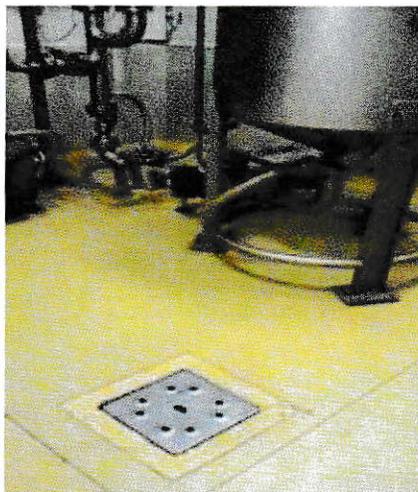


Figura 52: Desagüe Línea Aasted 2

Línea Cocinadora

Tabla 6: Características sector generador de RILes, Línea Cocinadora

N° desagües	Sector	Lavado de equipos	Productos de limpieza	Materias Primas
9	---	4 Cocinadoras	- Nitro Plus - Topax Neutro	Azúcar, glucosa, agua

En esta línea de producción existen 4 cocinadoras, cada una con un desagüe (Figura 53). En ellas se depositan las materias primas de la tabla 6 y se utiliza Nitro Plus (HNO_3) como producto de lavado, por lo tanto puede producir desviación de pH además DBO_5 y SST considerando las materias primas. Además, existen 3 desagües en el piso de los cuales sólo uno está 100% operativo, un lavadero para materiales de la sala de aditivos y 1 lavamanos. Es importante aclarar que los residuos de la sala de aditivos son fracciones muy pequeñas, por lo que es probable que no afecten de manera significativa a los parámetros físico-químicos de RILes.

Para la limpieza del piso de la Línea Cocinadora se utiliza Topax Neutro cuyos residuos se descargan en los desagües que están en el piso afectando la DBO_5 .

En la figura 53, se ve que la cocinadora tiene una palanca que abre el paso del RIL, la cual cae en el contenedor metálico que se ve en la segunda fotografía. Finalmente, el flujo sigue por la cañería de color verde hasta salir a la red de alcantarillado de la fábrica.

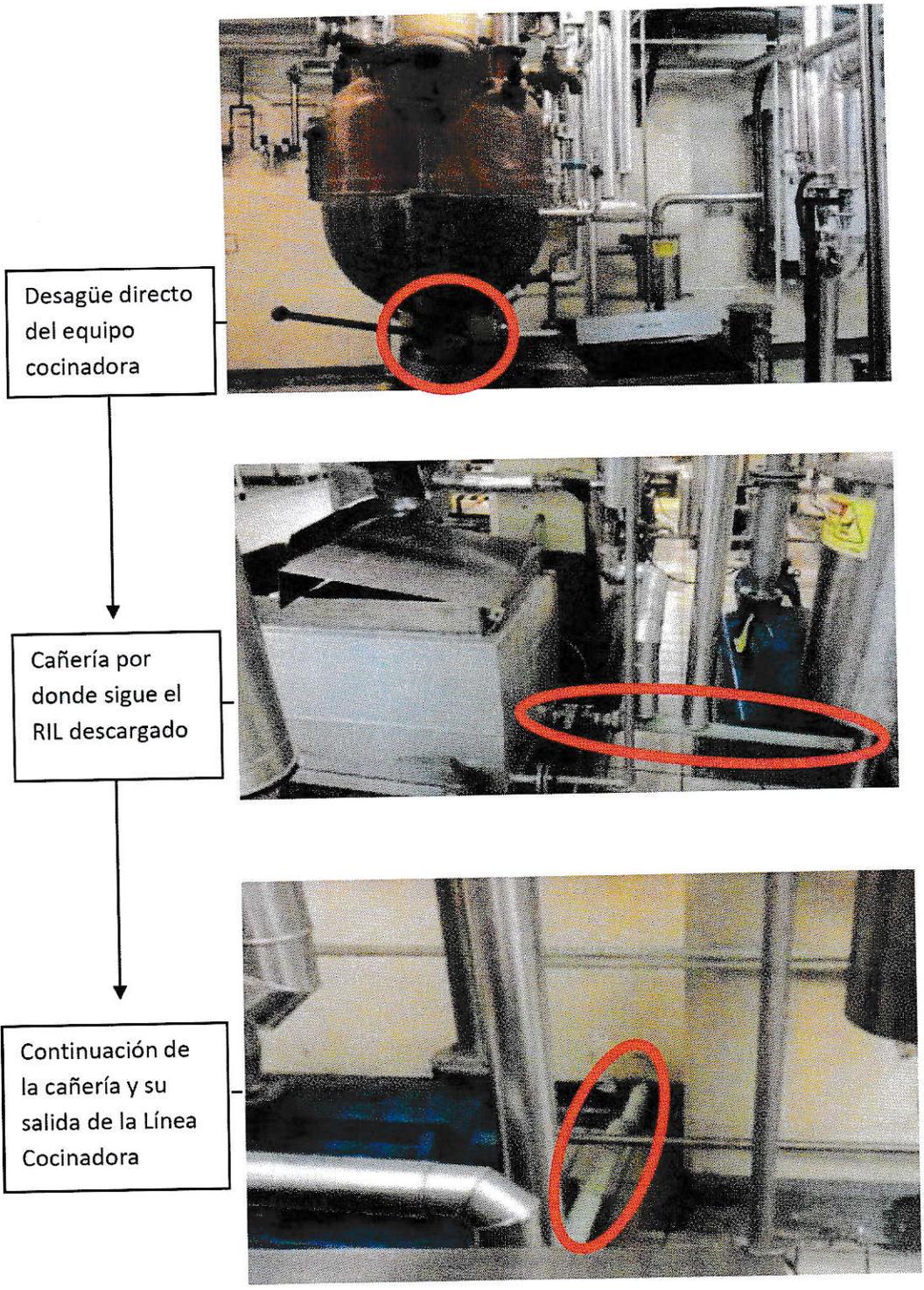


Figura 53: Flujo de descarga de RILes desde equipo cocinadora

Línea Sollich 1 y Sollich 3

Ambas líneas tienen características similares, ya que en general elaboran productos del mismo tipo. Tienen relación directa con el sector Sala de Batido, a partir del cual sale el flujo de batido hacia las líneas.

Tabla 7: Características sector generador de RILes, Línea Sollich 1 y 3

Línea	N° Desagües	Sector	Lavado de equipos	Productos de limpieza	Materias Primas
Sollich 1	1	Sala de Batido	Mezclador, preparador y estanque receptor de batido	Líquido 141	Manteca, Azúcar, harina, bicarbonato de Na ⁺ y NH ₄ ⁺
Sollich 3	2	Sala de Batido y Producción	Mezclador, pulmón y estanque receptor de batido.	Líquido 141	Manteca, Azúcar, harina, bicarbonato de Na ⁺ y NH ₄ ⁺

El desagüe de la Línea Sollich 1 no se encuentra al interior de la Planta de Chocolates, sino que está en el sector Sala de Batido. Existen 2 preparadores de batido que abastecen esta línea, el uso de estos equipos depende de la demanda de producción de la Línea Sollich 1 y 3, por lo tanto la descarga de aguas residuales que se realizan en Sala de Batido dependerá directamente de ambas líneas.

Por otra parte, la Línea Sollich 3 posee un desagüe directo a piso al interior de la Planta de Chocolates que sale del estanque receptor de batido (ver figura 54), además también tiene un preparador de batido que se encuentra en la Sala de Batido con un desagüe directo a piso.

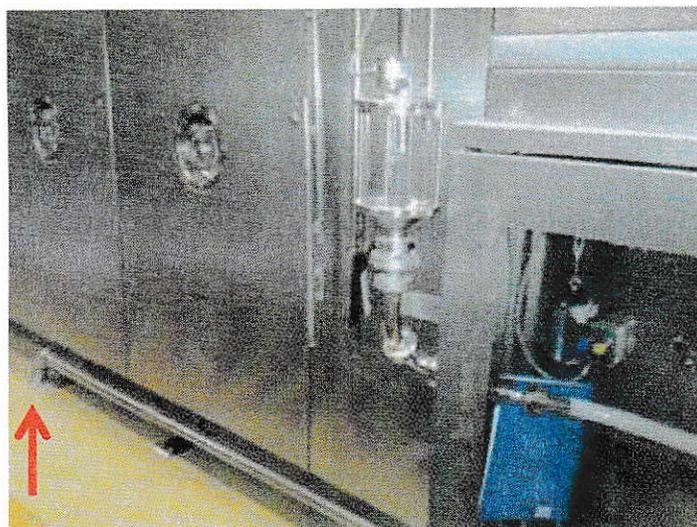


Figura 54: Estanque receptor de batido y desagüe a piso

A través de la cañería que se muestra en la parte inferior de la figura, sale el RIL generado por el lavado del estanque receptor de batido de la Línea Sollich 3.

Para el lavado de ambas líneas se utiliza como producto de limpieza Líquido 141 que corresponde a una mezcla de Hipoclorito de Sodio (NaOCl) e Hidróxido de Sodio (NaOH) que afecta el pH volviéndolo alcalino.

Es importante señalar que al realizar cambios de formato o aseos de fin de ciclo en el circuito de cañerías que conecta la Sala de Batido con las Líneas Sollich 1 y Sollich 3 queda una cantidad significativa de batido, al igual que en los mezcladores y preparadores a los cuales se les agrega agua para diluirlo, sin embargo esta medida no es suficiente. Esta condición afecta parámetros físico-químicos como AyG , SST , NH_4^+ y DBO_5 . La Línea Sollich 3 sólo realiza aseos de fin de ciclo, ya que solamente fábrica un tipo de producto, por el contrario, la Línea Sollich 1 hace aseos de cambios de formato y aseos de fin de ciclo.

Sala de Lavado Planta de Chocolates

En este lugar se realiza el lavado de moldes provenientes principalmente de las Líneas Aastes 1, Aasted 2 y Cavemil 2. Estos moldes, llegan con restos de chocolates, por eso el lavado de estas piezas aporta con AyG y SST al RIL. Además, este residuo es descargado directamente a la rejilla de desagüe.



Figura 55: Rejilla de desagüe Sala de Lavado, Planta de Chocolates

Por otra parte, también se utilizan productos de lavado como se indica a continuación.

Tabla 8: Productos de lavado Sala de Lavado, Planta de Chocolates

Productos de lavado	Características químicas	Parámetro FQ afectado
Heavy Duty Rinse Dry (H.D.R.D)	Tensioactivos no iónicos, agentes quelantes y secuestrantes	DBO ₅
Líquido 141	Mezcla de NaOH y NaClO	pH, volviéndolo alcalino
Topax 18	NaOH al 5%	pH, volviéndolo alcalino

Fuente: Ecolab Inc. (2014)

El producto Topax 18 se utiliza para el aseo del piso, mientras que los demás son usados por la máquina de lavado para los moldes. Al igual que en Planta de Chocolates, en Sala de lavado se utiliza líquido 141.

b) Planta de Galletas.

Línea Champaña

Tabla 9: Características sector generador de RILes, Línea Champaña

Nº desagües	Sector	Lavado de equipos	Productos de limpieza	Materias Primas
9	Fabricación	Preparador de batido, pulmón	- Soxia 150 -Alcohol al 70% -Cloro 140	Harina, huevo, aceite, azúcar.

Existen 2 desagües en la Sala de Huevo y Aceite en la cual se almacenan los contenedores de aceite que se utilizan en la producción (Figura 56). En ese lugar se hace un trasvasije constante desde el contenedor principal a baldes lo que causa varios derrames de aceite al día, el cual se descarga directamente al desagüe. Esta condición causa desviaciones del parámetro AyG.



Figura 56: Contenedores de Aceite, Línea Champaña

Además, también existe un lavamanos donde se utiliza alcohol al 70% que se descarga diariamente aportando con DBO₅



Figura 57: Lavamanos Línea Champaña

En el sector de fabricación de la Línea Champaña cae diariamente harina al suelo. Para limpiarla, los operadores de producción utilizan agua y la eliminan a través de los 6 desagües que se encuentran en ese lugar. Esta condición aporta con SST al RIL. Por otra parte, también se realizan lavados de equipos que se muestran en la tabla. Tanto el preparador de batido, como el pulmón poseen restos de materias primas como harina y azúcar cuando se lavan, las que causan desviación en los parámetros SST y DBO₅ respectivamente.



A



B

Figura 58: (A) Pulmón; (B) Preparador de batido

Línea Oblea 2 y 3.

Tabla 10: Características sector generador de RILes, Línea Oblea 2 y 3

Línea	N° desagües	Sector	Lavado de equipos	Productos de limpieza	Materias Primas
Oblea 2	2	Fabricación	Preparador de batido, pulmón	Agua	Harina, bicarbonato de Na ⁺ y NH ₄ ⁺ , aceite de maravilla
Oblea 3	1	Fabricación	Preparador de batido, pulmón	Agua	Harina, bicarbonato de Na ⁺ y NH ₄ ⁺ , aceite de maravilla

La Línea Oblea 2 posee dos desagües (figura 59B). En esta línea se realiza el lavado de equipos sólo con agua. Al realizar esta actividad, se anexa una cañería al pulmón, la cual llega directo al desagüe (figura 60). El lavado de estos equipos, considerando las materias primas que se depositan en ellos, puede aportar con SST, AyG y NH₄⁺.

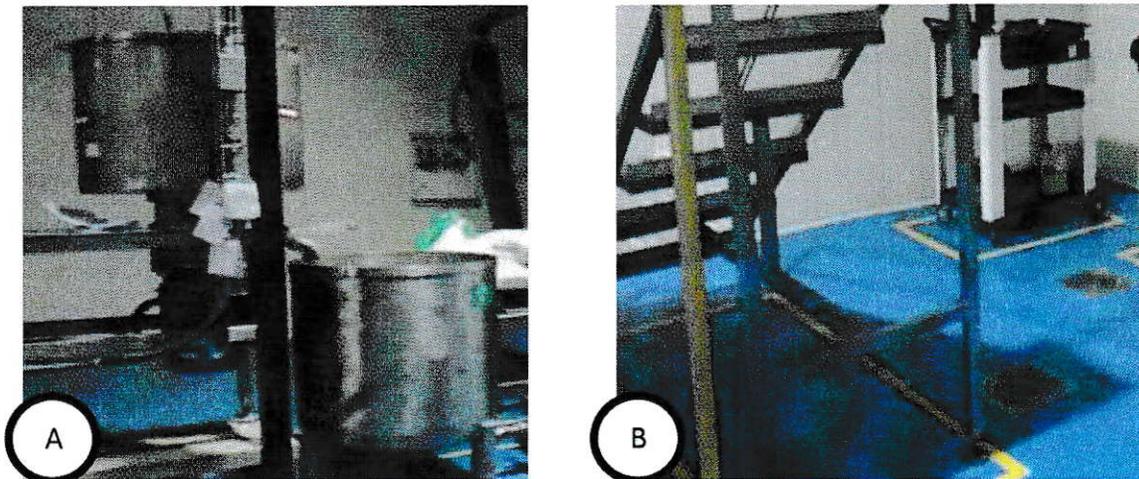


Figura 59: (A) Equipo preparador de batido y pulmón; Desagües Línea Oblea 2



Figura 60: Cañería que descarga RIL al desagüe

Se tiene una situación similar con la Línea Oblea 3, ya que posee los mismos equipos y utiliza las mismas materias primas, por lo tanto aporta con los mismos parámetros físico-químicos al RIL.



Figura 61: Equipo preparador de batido y pulmón Línea Oblea 3

Al equipo de la figura 61, también se le acopla una cañería para descargar el RIL generado, pasando por el estanque receptor de batido (Figura 62C) y luego al desagüe.

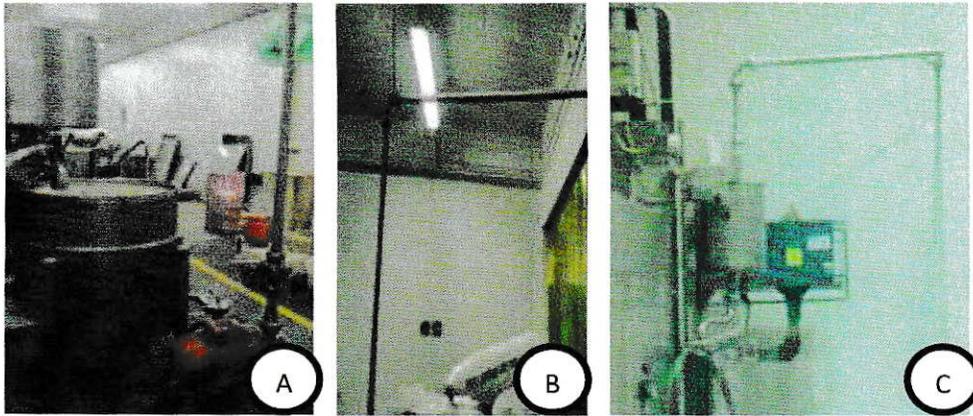


Figura 62: Cañería que descarga RIL de Línea Oblea 3

Se observa en ambas plantas de producción que la principal causa de la problemática ambiental anteriormente descrita se debe a la falta de capacitación y conocimiento de los operarios de producción que ejecutan los trabajos, a la falta de tiempo para la ejecución de los mismos, ya que existen varios trabajos que se hacen de manera manual, lo cual toma más tiempo para realizarlos y aumenta la probabilidad de errores como derrames. Además, no se aplican procedimientos de lavado de equipos y maquinarias enfocados a la disminución de descarga de RILes y parámetros físico-químicos, el único y principal enfoque es mantener las condiciones de higiene de la industria de alimentos. Otro factor importante es la falta de automatización en ciertos procesos, sobretodo en la Plata de Galletas en la cual la inclusión de materias primas al proceso de producción se hace de manera manual contaminando el sector con estas materias primas que caen al suelo y luego las limpian descargándolas al desagüe.

En tanto, es importante recurrir a la prevención de estos eventos en el origen de los procesos a través de la Producción Limpia.

Por otra parte, en Sala de Lavado de la industria de alimentos, el procedimiento de lavado de equipos y contenedores es totalmente manual, consta con un solo

trabajador, lo que trae consigo la mala ejecución del trabajo y bajo cumplimiento de los estándares de limpieza desde el enfoque medio-ambiental.

3.5. Efluentes Sala de Lavado.

Tabla 11: Productos de aseo y equipos que llegan a Sala de Lavado.

Productos de lavado	Lavado de equipos/contenedores	Planta de producción	Líneas de producción/ sector
CFQ Sanitizer	Bañadora de Aceite	Galletas	Línea 4
GreasseCutter	Bandejas	Chocolates	Grageado
Topax Neutro	Baldes	Chocolates	---
---	Tinas	Galletas	Búnker
---	Planchas	Galletas	Champaña
---	Rodillos	Galletas	Champaña
---	IBC	Galletas	Búnker
---	Contenedor metálico	Galletas	Línea 8
---	Bins	Galletas	Oblea 2 y Oblea 3
---	Moldes	Galletas	Línea 5
---	Baldes	Galletas	Búnker
---	Tambores	Chocolates	---

El producto de lavado CFQ Sanitizer corresponde a una mezcla de sales cuaternarias de amonio al 80%, Greasse Cutter se compone principalmente por NaOH y Etanolamina ($\text{OH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$) afectando el pH y DBO_5 , finalmente el producto Topax Neutro corresponde a una mezcla de surfactantes aniónicos [Ecolab Inc, 2014].

De la tabla 11, se tiene que los equipos y/o contenedores que se lavan mayoritariamente en la Sala de Lavado provienen de la Planta de Galletas. A partir de los seguimientos periódicos que se realizó en Sala de Lavado, se pudo visualizar que

la bañadora de aceite (Figura 63A) llega al lugar con gran cantidad de aceite lo que aporta con desviación de AyG. Las tinas que provienen del Sector Búnker contienen restos de masas y harina principalmente aportando con SST y P_{total} debido al Fosfato Monocálcico ($Ca(H_2PO_4)_2$) utilizado como aditivo en todas las masas de la fábrica.

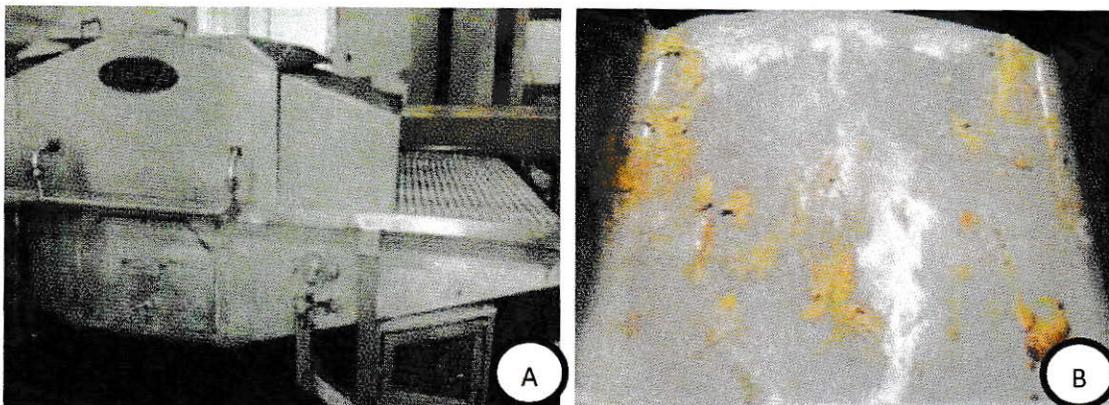


Figura 63: (A) Bañadora de aceite; (B)Tinas Sector Búnker

Considerando que el componente principal para la elaboración de galletas es la masa, todas las tinas que llegan a diario a Sala de Lavado desde Sector Búnker traen restos de masas, lo que implica que en Sala de Lavado haya desviación de P_{total} .

Las planchas de la Línea Champaña poseen restos de batido, el cual causa desviaciones de SST, AyG y DBO_5 , de la misma manera, los rodillos aportan con SST y AyG, ya que estos llegan con residuos al lugar. Los contenedores IBC (Intermediate Bulk Container) llegan a la Sala de Lavado con miel o glucosa líquida al igual que los tambores. Por las características de estos contenedores es difícil quitar todo su contenido antes de lavarlos, generando un aumento de las concentraciones de DBO_5 en las aguas residuales. Los baldes de la Planta de Chocolates llegan con restos de chocolates (Figura 64B) lo que también aporta a los parámetros AyG y DBO_5 .

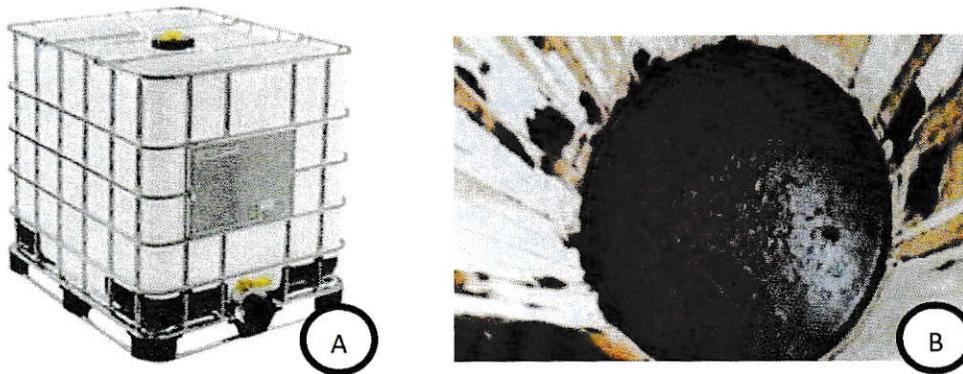


Figura 64: (A) Contenedor IBC; (B) Baldes P. Chocolates

Los contenedores metálicos mencionados en la tabla se utilizan en la Línea 8 de la Planta de Galletas para depositar la crema que se usará en la producción. Una vez que estos contenedores cumplen su función en planta, se llevan a la Sala de Lavado. La crema residual que queda en el contenedor afecta los parámetros físico-químicos SST, AyG. Los bins (Figura 65) traen residuos de masas y productos principalmente afectando los niveles del parámetro SST.



Figura 65: Bins, Planta de Galletas

3.6. Procesos y Productos que causan desviación de parámetros físico-químicos

A continuación se muestra la cantidad de productos y los procesos en los cuales la elaboración de cada uno de ellos trae consigo la generación de RILes en la Planta de Chocolates. Es importante aclarar que los nombres comerciales de los productos no se muestran en este estudio con el fin de resguardar la confidencialidad de la industria alimentaria.

Tabla 12: Productos y procesos que generan RILes, Planta de Chocolates

Línea de producción	Producto	Proceso
Cavemil 2	CA1	Homogenización de relleno en cocinadora Vaciado a balde/traslado y vaciado manual a depositador.
	CA2 y CA3	Enfriado de relleno en cocinadora Vaciado a balde/ traslado y vaciado manual a depositador
Aasted 2	A1, A2, A3, A4 y A5	Vaciado a cocinadora Depósito de relleno
Cocinadora	CO1, CO2, CO3, CO4, CO5	Cocción y mezclado de MP en cocinadora
Sollich 1	S11, S12, S13, S14 y S15	Vaciado de manteca a olla mezcladora Vaciado a pulmón depositador
Sollich 3	S31	Vaciado de manteca a olla mezcladora Vaciado a pulmón depositador

A partir de la tabla 12, se puede observar que la Planta de Chocolates fabrica en total 19 productos que generan RILes, involucrando 10 procesos en la elaboración de ellos. En la Línea Cavemil 2 el producto CA1 requiere de procesos diferentes en comparación a los productos CA2 y CA3. La producción de estos últimos tiene mayor

similitud entre sí, por lo que los procesos que generan RILes son comunes para ambos. Es importante destacar que en esta línea de producción se elaboran 11 productos en total. A 8 de ellos, no se les asocia la generación de RILes en los procesos, sino que de RISES (Residuos Industriales Sólidos) y RESPEL (Residuos Peligrosos) principalmente.

En la Línea Aasted 2 se elaboran 11 productos de los cuales 5 generan RILes. Estos productos son de características similares, se diferencian principalmente en los colorantes y saborizantes que se utilizan, sin embargo el proceso general es el mismo, por eso para los 5 tipos de productos, se asocian los mismos procesos. El producto A5 utiliza relleno graso en su elaboración a diferencia de los restantes que usan fondant, por lo tanto el producto A5 generará AyG mientras que los demás DBO₅. Por otra parte, los 6 productos restantes generan RISES y RESPEL al igual que en la línea Cavemil 2.

La Línea Cocinadora elabora 5 semielaborados que deben pasar por procesos diferentes, sin embargo el proceso que genera RIL es común para ellos. Los semielaborados CO1, CO2 y CO3 poseen características similares, ya que sólo cambian de sabor, mientras que CO4 y CO5 son completamente distintos a los productos mencionados anteriormente.

El producto S11 de la Línea Sollich 1, se diferencia de los demás debido a que en sus materias primas lleva huevo, por lo que al realizar cambios de formato por ejemplo de S11 a S12 se debe realizar lavado de equipos obligatoriamente, sin embargo en un cambio de formato de S13 a S14 o S15 no es necesario realizar lavado de equipos de manera inmediata, por lo que la generación de RILes es menor. Con respecto a la

Línea Sollich 3, se tiene que sólo fabrica un producto, por lo que el lavado de equipos solamente se realiza en el aseo de fin de ciclo.

Por otra parte, en la Planta de Galletas se tiene lo siguiente

Tabla 13: Procesos y productos que generan RILes, Planta de Galletas

Línea de Producción	Productos	Procesos
Champaña	CH1 y CH2	Preparación de batido Transporte de batido
Oblea 2	O21, O22, O23, O24, O25	Preparación de batido Tamizado de batido Depósito de batido a planchas
Oblea 3	O31, O32, O33, O34, O35	Preparación de batido Tamizado de batido Depósito de batido a planchas

De la tabla 13, se tiene que Planta de Galletas fabrica en total 12 productos que generan RILes involucrando 8 procesos en la elaboración de ellos. Es importante destacar que si bien las Líneas Oblea 2 y Oblea 3 fabrican los mismos productos, ambas líneas son independientes entre sí, por lo tanto se consideró que cada una elabora 5 productos, dando un total de 10. Se aplicó el mismo razonamiento para los procesos involucrados dando un total de 4 considerando ambas líneas.

En general la Línea Champaña elabora principalmente el producto CH1. En los 6 meses de estudio, se elaboró solamente CH1, por lo tanto solo se realiza aseo de fin de ciclo en esta línea causando menor cantidad de RILes en comparación a las Líneas Oblea 2 y 3, sin embargo como se mencionó anteriormente en la Línea Champaña existen derrames diarios de aceite y harina, aportando de manera significativa a las desviación de parámetros físico-químicos.

Por otra parte, en las Líneas Oblea 2 y 3 se realizan frecuentes cambios de formato lo que provoca mayor cantidad de RILes semanales, ya que el lavado de equipos se lleva a cabo como se mostró en el punto 3.4

Por tanto, todos los productos que elaboran tanto la Línea Champaña como la Línea Oblea 2 y 3 generan RILes que salen a la red de alcantarillado a diferencia de las Líneas Críticas de Planta de Chocolates, donde solo algunos productos del total que elaboran las diferentes líneas generan residuos líquidos como es el caso de Línea Aasted 2 y Cavemil 2.

Es importante aclarar que esta industria de alimentos somete a reproceso materias primas que cumplen con estándares de calidad como manteca y aceites, las que no cumplen, se gestionan como RISES, dándole un mercado a las materias primas que no pueden volver a reproceso. Si bien es un buen método, esto puede mejorarse constituyendo una estrategia preventiva integrada a procesos y productos a través de cambios tecnológicos, un plan de mantenimiento de los equipos involucrados en los procesos, separación de residuos en el origen, como productos de lavado, materias primas residuales, materias primas para reproceso, definiendo un conducto regular para cada una de ellas. Los productos de lavado residuales pueden disponerse en contenedores al interior de las plantas y llevarse a la bodega de RESPEL. Los rellenos contenidos en los equipos (cocinadoras), se pueden disponer en contenedores adecuados como sería útil implementar en las Líneas Aasted 2 y Cavemil 2, también se puede aplicar para quitar el batido de los equipos, como es en las Líneas Sollich 1 y 3, Líneas Oblea 2 y 3. Ambos residuos se pueden enviar a Sociedad Comercial Agrícola Omega 3 Ltda, que utiliza este tipo de materias primas como insumos.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A partir de los criterios utilizados se logró la obtención de datos representativos para cumplir con los objetivos propuestos en este Seminario de Título, esto es, determinar las potenciales causas de la desviación de parámetros físico-químicos en la industria de alimentos analizada.
- Se encontró que existen fuentes de descarga de RILes en Planta de Chocolates, Planta de Galletas y Sala de Lavado que están influenciadas directamente por la producción de fábrica, lo que está determinado por la frecuencia de cambios de formato y aseos de fin de ciclo por lo que sería conveniente realizar capacitaciones a operarios de producción en terreno para enseñarles cuales son las fuentes de descarga, en donde se encuentran y porque es importante evitar la descarga de RILes en ellas.
- Existe una gran variabilidad entre las concentraciones de parámetros físico-químicos en los cuatro puntos de muestreo semana a semana y mes a mes debido a la dinámica de producción de la industria de alimentos analizada. Esta variabilidad está ligada directamente a la variación de productos, lo que trae consigo la descarga de RILes en determinados procesos y fuentes.
- En relación a la productividad total de la fábrica, se tiene que el 15% de los productos que elabora Planta de Chocolates genera RILes, mientras que en Planta de Galletas lo hace el 11%, obteniendo un total de 26% de los productos.

- En general, se encontró que en orden descendente, Sala de Lavado, Planta de Galletas y finalmente Planta de Chocolates, aportan mayoritariamente con la desviación del comportamiento de los parámetros físico-químicos al RIL final en relación a los límites del DS 609 y del contrato. A nivel general, se deben mejorar los procedimientos de limpieza de equipos para estandarizar los procesos de lavado de equipos, maquinarias e infraestructura, implementando nuevos métodos que eviten la descarga directa de materias primas residuales a los desagües como ocurre actualmente en las Líneas Críticas encontradas.
- La Sala de Lavado sería el punto de muestreo que más aporta a la desviación de los parámetros AyG, SST, DBO₅, NH₄⁺ y P_{total} en comparación a ambas plantas de producción en los 6 meses del estudio. Esta situación se vincularía con la falta de personal que realiza las tareas de lavado, ya que durante el estudio solo estuvo un trabajador por turno, lo que impide quitar correctamente las materias primas residuales de los contenedores que llegan al lugar antes de lavarlos. Además de la falta de ejecución de procedimientos principalmente por Planta de Galletas que indican que todo equipo o contenedor debe llegar con la menor cantidad de residuos al sector, por lo que se requiere capacitación de personal, supervisión de sus labores y contratar como mínimo a un trabajador más.
- La Planta de Galletas aporta más en la desviación de los parámetros físico-químicos AyG, SST y DBO₅ con respecto a Planta de Chocolates aun cuando esta última cuenta con más productos y procesos que generan RILes. Los procesos en Planta de Galletas tienen menos automatización que en Planta de

Chocolates, lo que aumenta la probabilidad de errores por operarios de producción, por ejemplo provocando derrames de materias primas lo que trae consigo mayor proporción de elementos causantes de desviación de parámetros físico-químicos. Se recomienda disponer de tambores al interior de las Plantas de Producción para dejar el Alcohol residual utilizado para la limpieza, lo que ayudaría a disminuir la carga orgánica. Para la Planta de Galletas, específicamente en la Línea Champaña se necesita un sistema adecuado para incorporar el aceite al proceso de producción, ya que el actual, genera varios derrames diarios. Además, se recomienda implementar un método para quitar el relleno y batido desde los equipos al interior de ambas plantas de producción y darle un mercado a estas materias primas residuales.

REFERENCIAS.

- **Decreto Supremo N° 609/2004, 8 de Septiembre del Ministerio de Obras Públicas.** Diario oficial de la república de Chile 20 de Julio de 1998. “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado”
- **Ecoriles S.A. (2006).** Contrato de prestaciones de servicios de tratamiento de excedentes de carga orgánica en planta de aguas servidas El Trebal.
- **SISS, Superintendencia de Servicios Sanitarios (2014).** Marco regulatorio de Residuos Industriales Líquidos (RILes). www.siss.gob.cl [Consulta: Mayo 2014]
- **Industria de alimentos (2012).** Reglamento interno de Orden, Higiene y Seguridad Laboral, fábrica Maipú.
- **Cortés, I.; S. Montalvo (2010).** Aguas: calidad y contaminación. Un enfoque químico ambiental, Santiago de Chile. ISBN 978-956-332-546-1. Pág. 49-56 y 217-219.
- **Collazos, J (2008).** Tratamiento de Aguas Residuales. Cátedra internacional, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
- **SGA, Soluciones en Gestión Ambiental (2011).** Especificaciones técnicas planta de tratamiento de RILes, preparado para Watt’s S.A.

ANEXOS

ANEXO 1.

A continuación se presenta la encuesta elaborada para la caracterización de los puntos de descarga de RILes al interior de la plantas de producción

1. ¿Posee desagües? ¿Cuántos?
2. ¿En qué sector se encuentra?
3. ¿Qué se descarga al desagüe?
4. ¿Se realizan lavados de equipos? ¿Cuáles?
5. ¿Se generan RILes?
6. ¿Se utilizan productos de limpieza? ¿Cuáles?
7. ¿Con qué materias primas se ensucian los equipos?

De la misma manera, se expone a continuación la encuesta elaborada para la caracterización del punto de descarga de RILes al interior de la Sala de Lavado.

1. ¿Qué productos de lavado utiliza?
2. ¿Qué planta de producción lleva mayor cantidad de equipos para su lavado?
3. ¿Qué equipos y/o contenedores llegan al lugar?
4. ¿Poseen restos de materias primas, semielaborados o productos?
5. ¿Cuál es el procedimiento de lavado de equipos y contenedores?
6. ¿Se lavan todos los equipos aunque lleguen con gran cantidad de materias primas, semielaborados o productos? Si no es así ¿Cómo se ejecuta esta situación?

Por otra parte, se muestra las preguntas que se realizó a operarios de producción para identificar los procesos y actividades que generan RILes.

1. Breve descripción del proceso observado.
2. Breve descripción de cómo se realiza el procedimiento de limpieza de piezas y equipos.
3. ¿Conoce el desagüe que posee la línea?
4. Verificar en conjunto con el operario de producción los equipos cuyo lavado genera RIL y se descarga en el desagüe.
5. Determinar en qué momentos y/o condiciones se produce la descarga del RIL
6. ¿Tiene conocimiento de otros productos cuyos procesos requieran pasar por equipos que al lavarlos generan RIL?

A continuación, se muestran las preguntas que se realizó a operarios de producción en el cambio de formato

1. ¿Qué equipos se lavan?
2. ¿Los residuos van directo al desagüe?
3. ¿Cómo se hace el lavado de equipos?
4. ¿Qué productos de lavado utiliza para los equipos?
5. ¿Se lava el piso? ¿Se generan residuos líquidos? ¿Van al desagüe?

ANEXO 2

Tabla 1: Consumo de agua y descarga de RILes

Mes	Consumo de agua (m ³)	Volumen descarga de RILes (m ³)
Octubre	17.810	5.173
Noviembre	17.210	6.187
Diciembre	20.325	5.921
Enero	19.750	5.542
Febrero	18.250	5.886
Marzo	17.090	6.098
Total (m³)	110.435	34.807
Promedio	18.406	5.801

Tabla 2: Parámetros físico-químicos, mes de Octubre 2013

Sitio	Fecha	Parámetros físico-químicos									
		AyG (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P _{total} (mg/L)	VDD (m ³ /d)	pH _{min}	pH _{máx}	T _{min} (°C)	T _{máx} (°C)
P. de Chocolates	04-10-13	130	1100	607	0,85	4,2	39,82	4,85	7,13	21,70	32,20
	10-10-13	63	3685	360	0,28	5,6	117,81	4,12	6,39	23,30	34,20
	16-10-13	76	742	248	0,57	1,5	11,23	6,49	8,01	16,90	23,80
	22-10-13	67	709	220	0,58	0,9	8,77	4,47	10,5	17,90	26,20
Promedio	---	84	1559	358,75	0,57	3,05	44,41	4,98	8,01	19,95	29,1
P. de Galletas	04-10-13	250	2740	3250	2,92	2,90	10,75	4,12	6,94	19,90	24,40
	10-10-13	248	1186	610	8,86	4,40	66,06	5,02	9,47	22,50	26,50
	16-10-13	23	345	113	2,09	2,40	22,42	6,23	9,23	22,80	29,50
	22-10-13	257	1667	723	0,50	2,10	50,43	4,03	7,23	16,40	28,70
Promedio	---	195	1000	1174	3,59	2,95	37,42	4,85	8,24	20,4	27,26
Sala de Lavado	04-10-13	59	887	143	0,59	1,20	19,72	4,85	9,82	29,50	42
	10-10-13	556	6810	840	2,76	5,60	10,74	4,64	9,48	23,40	31
	16-10-13	358	3578	613	0,36	3,10	119,32	5,02	8,31	15,70	26,70
	22-10-13	114	2483	295	1,04	1,80	21,09	4,50	7,67	17,90	31,30
Promedio	---	271,75	2503,97	472,75	1,19	2,93	42,71	4,75	8,82	21,63	32,75
RIL final	04-10-13	130	2933	263	0,23	5,4	188	5,37	9,83	25,30	29,70
	10-10-13	57	5123	530	0,23	8	107	6,09	9,73	27,30	34,50
	16-10-13	66	3107	507	3,66	8,3	165	4,24	10,7	17	27,60
	22-10-13	224	6757	840	0,18	14	187	5,45	9	25,70	45,70
Promedio	---	119,25	1814,43	625,66	1,07	8,93	161,75	5,28	9,85	23,83	34,37

Tabla 3: Parámetros físico-químicos, mes de Noviembre 2013

Sitio	Fecha	Parámetros físico-químicos									
		AyG (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P _{total} (mg/L)	VDD (m ³ /d)	pH min	pH máx	T _{min} (°C)	T _{máx} (°C)
P. de Chocolates	08-11-13	184	1746	1115	4,45	7,30	197,83	6,27	7,45	21,70	31,20
	14-11-13	135	3115	382	0,02	6,90	15,40	5,91	8,66	16,80	32,70
	20-11-13	249	1890	310	0,95	8	61,87	6,08	8,27	16,30	24,90
	26-11-13	207	1105	387	0,41	6,10	130,87	4,89	7,84	20,80	31,90
Promedio	---	193,75	1964	548,5	1,45	7,07	101,49	5,78	8,05	18,90	30,17
P. de Galletas	08-11-13	233	3645	990	3,28	9,50	15,95	6,04	7,90	19,90	28,50
	14-11-13	171	1468	847	2,76	3	24,91	5,22	7,32	15,70	26,40
	20-11-13	273	3810	392	0,19	4,6	31,38	5,05	7,06	21,10	14,90
	26-11-13	145	1175	443	0,33	3,50	259,75	7,45	5,63	13,90	21,40
Promedio	---	205,5	2524,5	668	1,64	5,15	82,99	5,94	6,97	17,65	22,80
Sala de Lavado	08-11-13	211	4891	565	4,23	16,9	18,34	4,35	6,63	24,70	32,60
	14-11-13	400	4738	1020	0,21	16,7	189,21	4,32	6,56	16,40	22,80
	20-11-13	694	7517	1035	2,35	6,20	23,30	4,49	5,93	20,60	25,10
	26-11-13	95	3008	270	8,45	4,60	17,73	4,96	7,15	15	26,90
Promedio	---	350	5038,5	722,5	3,81	11,1	62,14	4,53	6,56	19,17	26,85
RIL final	08-11-13	78	4208	370	0,06	6,30	251	4,01	7,09	23,40	29,20
	14-11-13	253	4502	678	0,48	13	269	4,34	9,18	20,70	39,90
	20-11-13	361	3000	1380	0,59	11,20	280,51	4,88	8,89	23,60	29,80
	26-11-13										
Promedio	---	230,66	3903,33	809,33	0,37	10,16	266,83	4,41	8,38	22,56	32,96

Tabla 4: Parámetros físico-químicos, mes de Diciembre 2013

Sitio	Fecha	Parámetros físico-químicos									
		AyG (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P _{total} (mg/L)	VDD (m ³ /d)	pH min	pH máx	T _{min} (°C)	T _{máx} (°C)
P. de Chocolates	06-12-13	134	1798	300	0,56	2,90	117,58	5,13	7,53	22,80	38,60
	12-12-13	287	1941	485	1,30	7,90	63,66	4,41	6,75	30,20	41,90
	18-12-13	233	1699	580	0,90	6,50	16,22	5,30	6,42	26,20	33
	24-12-13	43	240	82	1,78	1,30	11,54	4,09	6,80	16,20	31,60
Promedio	---	174,25	792,58	361,75	1,13	4,65	52,25	4,73	6,87	23,85	36,27
P. de Galletas	06-12-13	471	2795	1195	0,34	7,70	42,42	4,80	7,11	19,8	25,40
	12-12-13	53	224	71	2	0,90	70,30	5,43	7,16	21,1	25,40
	18-12-13	309	2363	1095	0,26	6,40	48,59	5,98	7,55	13,9	20,50
	24-12-13	209	1245	620	0,44	3,60	5,61	5,89	8,92	22,2	27,00
Promedio	---	260,50	1157,11	745,25	0,76	4,65	41,73	5,52	7,68	19,25	24,57
Sala de Lavado	06-12-13	187	2321	657	6,94	7,60	10,39	5,80	6,83	21,90	24,10
	12-12-13	215	2474	490	1,22	8,70	15,77	4,52	6,27	20,90	31,60
	18-12-13	3889	6895	3067	0,88	21	59,74	4,30	7,23	20,60	29,50
	24-12-13	944	10166	3890	5,65	21,5	5,20	5,11	9,20	28,90	37,20
Promedio	---	1308,75	3784,84	2026	3,67	14,7	22,77	4,93	7,38	23,07	30,60
RIL final	06-12-13	133	7947	398	<0,02	16,90	283	5,31	9,57	22,20	28,40
	12-12-13	91	6247	248	<0,02	1,60	257	5,06	6,77	27,50	37
	18-12-13	96	4727	315	<0,02	5,10	77	5,74	9,04	20,40	26,60
	24-12-13	102	6750	500	0,08	12,90	59	6,33	7,76	29,60	35
Promedio	---	105,50	1333,76	365,25	0,37	9,12	169	5,61	8,28	24,92	31,75

Tabla 5: Parámetros físico-químicos, mes de Enero 2014

Sitio	Fecha	Parámetros físico-químicos									
		AyG (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P _{total} (mg/L)	VDD (m ³ /d)	pH _{min}	pH _{máx}	T _{min} (°C)	T _{máx} (°C)
P. de Chocolates	10-01-14	395	1544	633	0,63	3,10	94,12	4,09	6,76	20,20	33,20
	16-01-14	133	2893	560	0,58	0,26	131,19	4,24	6,75	31,30	44
	22-01-14	131	1862	473	0,26	4,90	79,84	6,27	7,18	28,80	40
	28-01-14	197	1679	333	1,20	6,40	94,12	4,09	6,76	20,20	33,20
Promedio	---	138,87	1992,25	499,75	0,66	3,66	99,81	4,67	6,86	25,12	37,60
P. de Galletas	10-01-14	1983	4853	3410	0,41	10,90	23,81	4,63	5,98	24,60	25,80
	16-01-14	83	2291	727	1,45	3,10	97,95	5,08	7,36	18,40	28,60
	22-01-14	464	1935	2083	1,17	5,20	26,34	6,75	7,13	18,50	28
	28-01-14	1621	809	464	0,43	2,00	93,88	6,96	7,58	16,80	19,79
Promedio	---	1037,7	2472	1671	0,86	5,30	60,49	5,85	7,01	19,57	25,52
Sala de Lavado	10-01-14	120	4480	663	2,04	11	19,84	5,94	8,26	26,50	53,90
	16-01-14	90	5467	733	0,40	6,60	16,16	6,78	8,99	30	44
	22-01-14	472	3623	780	1,97	3	1,06	4,46	6,08	25,60	33,30
	28-01-14	250	3288	518	0,88	9	7,30	4,37	7,05	29,30	43,30
Promedio	---	233	4214,50	673,5	1,32	7,40	11,09	5,38	7,59	27,85	43,62
RIL final	10-01-14	172	4217	545	0,20	7,60	168	4,35	8,99	24	29,20
	16-01-14	76	4113	397	0,20	3,50	269	6,15	9,20	25,70	33,70
	22-01-14	86	2403	377	0,40	11,30	238	6,14	7,52	29,20	31,50
	28-01-14	180	2680	343	0,29	19,70	236	5,56	12,2	24	44,60
Promedio	---	128,5	3353,25	415,5	0,27	10,52	227,75	5,50	9,49	25,72	34,75

Tabla 6: Parámetros físico-químicos, mes de Febrero 2014

Sitio	Fecha	Parámetros físico-químicos									
		AyG (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P _{total} (mg/L)	VDD (m ³ /d)	pH _{min}	pH _{máx}	T _{min} (°C)	T _{máx} (°C)
P. de Chocolates	07-02-14	192	1120	895	1,56	4,90	114,66	6,07	9,21	20,10	34,40
	13-02-14	161	3053	1535	1	9,50	90,97	5,62	9,10	20,60	29,50
	19-02-14	159	1720	390	0,04	4,90	50,47	5,40	6,73	20,60	30,60
	25-02-14	183	1213	273	0,60	5,80	17,42	6,31	8,73	16,70	23,20
Promedio	---	173,75	1776,50	773,25	0,80	6,28	68,38	5,85	8,44	19,50	29,42
P. de Galletas	07-02-14	160	1811	825	13,03	3,60	132,93	6,40	6,64	15,10	18,10
	13-02-14	348	1611	1120	0,03	4	197,42	5,45	7,23	20	23,60
	19-02-14	501	2425	780	0,02	1	24,07	5,82	7,45	20,90	24,10
	25-02-14	63	475	34	0,02	0,30	299,60	4,02	6,75	23	32,70
Promedio	---	268	1580,50	689,75	3,28	2,22	163,59	5,42	7,01	19,75	24,62
Sala de Lavado	07-02-14	336	1663	673	2,09	30,4	2,57	5,08	8,12	22,70	34,40
	13-02-14	182	3893	565	24,64	31,9	4,40	4,11	4,96	18,80	20,60
	19-02-14	164	2420	1015	8,66	18,6	4,51	4,70	6,03	18,10	19,90
	25-02-14	164	5680	795	7,6	29,9	8,25	5,71	6,03	29,30	33,50
Promedio	---	211,5	3414	762	10,75	27,70	4,93	4,90	6,29	22,22	27,10
RIL final	07-02-14	101	1747	900	1,2	31,9	296	4,59	11,2	23,60	33,10
	13-02-14	104	2631	480	0,02	7,4	225	5,58	9	25,60	36,60
	19-02-14	98	5131	496	0,04	5,8	284	5,66	9,19	23,40	34,10
	25-02-14	102	2672	270	---	8,1	243	6,77	9,06	23,50	31,50
Promedio	---	101,25	3045,25	536,50	0,32	13,30	262	5,65	9,61	24,03	33,83

Tabla 7: Parámetros físico-químicos, mes de Marzo 2014

Sitio	Fecha	Parámetros físico-químicos									
		AyG (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P _{total} (mg/L)	VDD (m ³ /d)	pH min	pH máx	T _{min} (°C)	T _{máx} (°C)
P. de Chocolates	07-03-14	202	1086	400	0,04	2,10	73,69	4,66	6,88	20,40	31,30
	13-03-14	65	747	210	1,34	3	103,76	6,36	9,28	16,10	21,90
	19-03-14	145	1680	460	0,03	3,10	30,17	5,00	7,78	20	32,80
	25-03-14	343	2627	423	0,1	2,90	43,03	5,69	6,67	25,30	37
Promedio	---	189	1535	373,25	0,38	2,77	62,66	5,42	7,65	20,45	30,75
P. de Galletas	07-03-14	28	176	73	0,03	0,4	226,37	5,92	8,88	11,10	13,90
	13-03-14	94	1029	307	0,53	1	101,86	6,86	7,55	18,70	20,10
	19-03-14	244	1722	1347	0,03	2,6	58,70	6,09	7,04	20,30	24,40
	25-03-14	390	2460	660	0,09	3,9	25,38	5,19	8,38	19	27,40
Promedio	---	188,75	1346,75	596,75	0,17	1,97	103,07	6,01	7,96	17,27	21,45
Sala de Lavado	07-03-14	253	3317	510	1,54	27,1	41,32	4,04	6,05	17	26,50
	13-03-14	441	2485	745	4,88	5,6	11,41	4,07	6,72	29,90	37
	19-03-14	108	2870	403	0,21	3,6	5,28	4,43	5,44	22,90	32
	25-03-14	221	2270	443	0,26	4,1	13,58	4,68	5,83	24,90	35
Promedio	---	225,75	2735,50	525,25	1,72	10,10	17,89	4,30	6,01	23,67	32,80
RIL final	07-03-14	78	822	285	0,03	0,80	351	6,41	8,99	24,70	29,50
	13-03-14	54	1058	223	0,15	2,20	257	5,77	8,99	25,30	29,30
	19-03-14	155	2243	840	0,02	4,70	224	5,58	9,90	12,70	23,50
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio	---	95,66	1374,33	449,33	0,06	1,93	277,83	5,92	9,29	20,90	27,43