

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“OPERACIÓN Y MONITOREO DE PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DE  
LAVADO Y PINTADO DE BALONES EN SOLGAS DEL  
PERÚ”**

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR  
EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR  
FRANK CAMPOMANES CAMPOMANES**

**CALLAO, 2019  
PERÚ**



## PRÓLOGO DEL JURADO

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional fue Expuesto por el señor Bachiller **CAMPOMANES CAMPOMANES FRANK** ante el **JURADO DE EXPOSICIÓN POR TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

ING° DIAZ BRAVO PABLO BELIZARIO	: PRESIDENTE
ING° CALDERON CRUZ JULIO CESAR	: SECRETARIO
ING° AVELINO CARHUARICA CARMEN GILDA	: VOCAL
ING° MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO	: ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 2 Folio N° 27 y Acta N° 222 de fecha **VEINTISIETE DE MARZO DE 2019**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional, de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 309–2017–CU de fecha 24 de octubre de 2017 y en su Cuarta Disposición Transitoria.

## **DEDICATORIA**

A mi madre María Campomanes Sotomayor, in memoriam por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres María Campomanes Sotomayor y Juan Jorge Campomanes Bustos por el apoyo constante dado en todo momento que gracias a ellos es posible el desarrollo de este trabajo, en especial a mi madre que dedico con su trabajo y amor pudiera tener la oportunidad de culminar mi formación profesional.

A mis hermanas Marilyn y Jesselyn por el apoyo dado, a mi hermano el ingeniero Alfredo Campomanes Campomanes que siempre me apoyo con sus opiniones y apreciaciones las cuales contribuyeron en gran medida a mi fortalecimiento profesional.

A mi asesor de tesis el Ingeniero Juan Medina Collana, por su apoyo y asesoría permanente en la elaboración del presente informe de trabajo de suficiencia profesional.

A la facultad de Ingeniería Química que en sus aulas conocí el apasionante y fascinante mundo de la Ingeniería.

A la Universidad Nacional del Callao por darme la oportunidad de cursar estudios superiores y de pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios superior.

Frank Campomanes Campomanes

# I ÍNDICE

I Índice .....	1
II Introducción .....	8
III Reseña de la Empresa .....	9
IV Objetivos.....	10
4.1 Objetivo General.....	10
4.2 Objetivos Específicos.....	10
V Resumen.....	11
Abstract.....	12
VI Fundamento Teórico.....	13
6.1 Aguas Residuales.....	13
6.2 Clasificación de las Aguas Residuales .....	13
6.2.1 Aguas residuales domesticas o sanitarias.....	13
6.2.2 Aguas residuales industriales.....	14
6.2.3 Aguas residuales municipales o urbanas. ....	14
6.2.4 Aguas pluviales y de escorrentía.....	14
6.2.5 Aguas de infiltración y aportaciones incontroladas.....	14
6.3 Parámetros de Control de las Aguas Residuales.....	15

6.3.1 Normas nacionales aplicables a los tratamientos de aguas residuales..	15
6.3.2 Parámetros de monitoreo de las aguas residuales.....	15
6.4 Tratamiento de Aguas Residuales .....	17
6.4.1 Pre-tratamiento.....	18
6.4.2 Tratamiento primario.....	18
6.4.3 Tratamiento secundario convencional.....	18
6.4.4 Tratamiento terciario y avanzado.....	19
6.5 Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.....	19
6.5.1 Procesos utilizados en el tratamiento de aguas industriales.....	19
6.6 Tratamiento de Aguas Residuales Industriales para el Lavado y Pintado de Balones de la Planta de Envasado de Gas de Solgas del Perú.....	23
VII Descripción Del Proceso.....	25
7.1 Pozo de Recepción.....	26
7.2 Trampa de Grasa Primaria.....	26
7.3 Cámara de Rejas.....	27
7.4 Cámara de Sedimentación Primaria.....	27
7.5 Trampa de Grasa Secundaria.....	28
7.6 Cámara de Sedimentación Secundaria .....	28
7.7 Cisterna de Ecuilización.....	29
7.8 Sistema de Dosificación de Productos Químicos.....	29
7.9 Tanque de Sedimentación.....	30

7.9.1 Mezcla.....	31
7.9.2 Coagulación y Floculación.....	32
7.10 Electrobomba de Trasvase para Filtración.....	32
7.11 Filtro de Cuarzo para Sedimentos y Partículas Finas.....	33
7.12 Agua Tratada con Monitoreo de Turbidez Conductividad y Caudal.....	34
7.13 Almacenamiento de Agua Tratada y Abastecimiento.....	36
7.14 Controles de Nivel y Válvulas Automáticas.....	36
7.15 Tablero de Control y Mando.....	38
7.16 Descripción de la Lógica de Control.....	39
VIII Características Técnicas de los Equipos.....	44
8.1 Electrobombas Sumergibles Alternadas.....	44
8.2 Electrobombas Sumergibles Pozo de Almacenaje.....	44
8.3 Electrobombas Sumergibles Manual.....	45
8.4 Panel de Dosificación.....	45
8.5 Dos (2) Tanque para Productos Químicos.....	45
8.6 Un (1) Reactor de Floculación.....	46
8.7 Electrobombas Centrifuga para los Filtros.....	46
8.8 Filtros Multimedia.....	47
8.9 Electrobombas de Transferencia de Agua Tratada.....	47
8.10 Tanque hidroneumático de 30 GPL Well Mate.....	48



IX Manual de Operación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	
Industriales.....	49
9.1 Consideraciones Previas.....	49
9.2 Preparación.....	49
9.3 Operación del Sistema de Tratamiento de Agua de Reúso.....	50
X Manual de Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua.....	53
10.1 Operación Modo Automático .....	53
10.2 Operación Modo Manual.....	57
10.3 Programa de Control y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales Industriales de Reusó Capacidad 12 M3/ Día.....	59
XI Actividades Realizadas en la Empresa.....	68
11.1 Actividades Cotidianas.....	68
11.1.1 Preparación de productos químicos.....	68
11.1.2 Inspección de equipos de la PTARI.....	68
11.1.3 Limpieza y mantenimiento de equipos y accesorios .....	69
11.1.4 Control de Calidad del Agua Tratada.....	70
11.2 Aportes Realizados en Beneficio de la Empresa.....	70
XII Conclusiones.....	72
XIII Recomendaciones.....	73
XIV Referencias.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla № 7.1 Variables a monitorear por el tablero.....	43
Tabla № 10.1 Actividades que deberá cumplir la planta en modo automático relacionadas a nivel.....	55
Tabla № 10.2 Actividades que deberá cumplir la planta en modos automáticos relacionados a tiempo.....	56
Tabla № 10.3 Actividades que deberá cumplir la planta en modo automático relacionadas a nivel.....	56
Tabla № 10.4 Pozo de recepción.....	60
Tabla № 10.5 Equipo de trampa de grasa.....	61
Tabla № 10.6 Cámaras de rejillas.....	61
Tabla № 10.7 Sedimentador primario.....	62
Tabla № 10.8 Cámara de trampa de grasa.....	62
Tabla № 10.9 Sedimentador secundario.....	62
Tabla № 10.10 Cámara de ecualización.....	63
Tabla № 10.11 Dosificación de productos químicos.....	64
Tabla № 10.12 Tanque sedimentador.....	64
Tabla № 10.13 Sistema de filtración.....	65
Tabla № 10.14 Almacenamiento de agua tratada.....	65
Tabla № 10.15 Suministro agua tratada.....	66
Tabla № 10.16 Tablero de control.....	66
Tabla № 10.17 Equipos electrónicos.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 6.1 Cámara de rejas.....	19
Figura Nº 6.2 Desarenador. ....	20
Figura Nº 6.3 Trampa de grasa.....	20
Figura Nº 6.4 Cámara de ecualización.....	21
Figura Nº 6.5 Sistema de dosificación de productos químicos.....	21
Figura Nº 6.6 Sedimentadores. ....	22
Figura Nº 6.7 Filtro de cuarzo.....	22
Figura Nº 7.1 Diagrama de flujo. ....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Tabla de comparación de parámetros entre la normativa ECA categoría 3 sub categoría D1: riego de vegetales y el agua tratada por la planta de tratamiento de aguas industriales.....	76
ANEXO B. Dossier Fotográfico de la planta de tratamiento de aguas industriales.....	78

## II INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de suficiencia profesional se dará a conocer las experiencias realizadas en la empresa Aquafil S.A.C. sobre la operación y monitoreo de una planta de tratamiento de aguas industriales de lavado y pintado de balones en Solgas del Perú.

El tratamiento de aguas industriales es usado actualmente en diferentes industrias que requieren agua para sus procesos los cuales se vierten a un cuerpo receptor o se reutilizan como es en el caso de Solgas del Perú S.A.

El tratamiento de las aguas industriales está constituido por procesos físicos y químicos que tratan un volumen de 12 m<sup>3</sup> diarios provenientes de 3 carruseles donde se realiza el lavado y pintado de balones con alta carga orgánica e inorgánica proveniente de los insumos que se utilizan en el pintado de los balones siendo estos efluentes tratados en la planta de tratamiento de aguas industriales PTARI para ser reutilizados nuevamente en el proceso.

El presente trabajo de suficiencia profesional describe las actividades realizadas tanto en el monitoreo y en la operación de la planta de tratamiento de aguas industriales PTARI, el cual servirá de ayuda a quienes se encuentren interesados e involucrados en el tratamiento de origen industrial.

### **III RESEÑA DE LA EMPRESA**

Aquafil, es una empresa íntegramente peruana especializada en sistemas de tratamiento de agua, efluentes domésticos y efluentes industriales para los diversos sectores de la industria nacional. Cuenta con 31 años de servicio y experiencia en el diseño, importación, asesoría, automatización y mantenimiento de sistemas y equipos de tratamiento de agua, al servicio de la industria nacional, atendiendo permanentemente a más de 200 empresas del mercado local. Como reconocimiento a su labor Aquafil ha sido ganador de varios premios nacionales que le han sido otorgados por la calidad de sus productos, lo competitivo de sus precios, su esmerado servicio, la preocupación por sus clientes y sobre todo por su esfuerzo profesional.

Desde finales del 2012 hasta la actualidad Aquafil es contratada por REPSOL (ahora SOLGAS) para realizar la operación, monitoreo y mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua existentes en las plantas de Solgas, ubicadas en el distrito de Ventanilla, carretera Néstor Gambeta, en la urbanización Márquez. La planta de tratamiento de aguas industriales, se encuentra en la planta de envasado PVEN. Donde se realiza el proceso de lavado y pintado de balones.

## **IV OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Dar a conocer las características de la operación y monitoreo de la planta de tratamiento de aguas industriales de lavado y pintado de balones en la planta de envasado de Solgas del Perú.

### **4.2 Objetivos específicos**

- 1) Conocer el proceso de tratamiento de agua industrial a reutilizar.
- 2) Conocer la operación de la planta de tratamiento de agua industrial.
- 3) Conocer el monitoreo y mantenimiento de la planta de agua industrial.
- 4) Conocer los equipos que conforman la planta de tratamiento.
- 5) Dar a conocer las materias primas e insumos que intervienen en el tratamiento de agua industrial.

## V RESUMEN

Las plantas de envasado de gas utilizan balones metálicos de hierro galvanizado de capacidades de 10 y 45 kg para su almacenamiento y distribución de gas de uso doméstico e industrial, sin embargo por el transporte, uso y contacto sufren alteración en la superficie metálica, por el cual es necesario darle una limpieza antes de su envasado.

En este trabajo se realizó la operación y monitoreo de una planta de tratamiento de agua para efectuar el lavado y pintado de los balones. La planta que consiste en pozos, tanques, cámaras de rejillas, sedimentadores, electrobombas, tanques de filtros, dosificadores químicos, medidor de caudal, etc.

La planta de tratamiento de agua de proceso "AQUAFIL" Modelo AQUA-12 con capacidad de 12,000 LPD ( $12 \text{ m}^3$  /día) y permitió obtener agua de calidad apta para el reúso en el proceso de lavado de balones. La elección del sistema de tratamiento del agua de proceso se realizó en función de las características del agua a tratar, con unos parámetros flexibles que permitan la adaptación de los equipos a las condiciones cambiantes del agua. La calidad del agua que se obtuvo se mantiene dentro de los parámetros de los estándares para el proceso.



## **ABSTRACT**

The gas packaging plants use galvanized iron balloons with capacities of 10 and 45 kg for storage and distribution of gas for domestic and industrial use, however due to transportation, use and contact they suffer alteration in the metallic surface, due to the which is necessary to clean it before packaging.

In this work, the operation and monitoring of a water treatment plant has been carried out to wash and paint the balloons. The plant that consists of wells, tanks, grate chambers, sedimentadores, electrobombas, filter tanks, chemical dosifiers, flow meter, etc.

The process water treatment plant "AQUAFIL" Model AQUA-12 has a capacity of 12,000 LPD (12 m<sup>3</sup> / day) and allows to obtain quality water suitable for reuse in the washing process of balloons. The choice of the process water treatment system was made based on the characteristics of the water to be treated, with flexible parameters that allow the adaptation of the equipment to the changing water conditions. The quality of the water obtained is maintained within the parameters of the standards for the process.

## VI FUNDAMENTO TEÓRICO

### 6.1 Aguas residuales

Es esencialmente el agua que se desprende del uso doméstico e industrial que ha sido contaminado durante los diferentes usos para las cuales ha sido empleada. Desde el punto de vista de la fuente de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales. (Metcalf y Eddy, 1995, p.1)

### 6.2 Clasificación de las Aguas Residuales

El agua residual urbana está formada por una mezcla de varios tipos de aguas residuales que encontramos en una población:

#### 6.2.1 Aguas residuales domesticas o sanitarias.

“Procedentes de zonas residenciales o instalaciones comerciales, públicas y similares” (Metcalf y Eddy, 1995, p.18).

Estas, además, se pueden subdividir en:

- **Aguas negras.**

“A las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales” (Romero Rojas, 2001, p.17).

- **Aguas grises.**

“A las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, Aportantes de DBO, solidos suspendidos, fosforo, grasas y

Coliformes fecales, esto es, aguas residuales domesticas excluyendo las de los inodoros” (Romero Rojas, 2001, p.17)

### **6.2.2 Aguas residuales industriales.**

“agua residual en el cual predominan vertidos industriales” (Metcalf y Eddy, 1995, p.18).

### **6.2.3 Aguas residuales municipales o urbanas.**

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

### **6.2.4 Aguas pluviales y de escorrentía.**

“Agua resultante de la escorrentía superficial” (Metcalf y Eddy, 1995, p.18).

“Las aguas de lluvias transportan la carga pulidora de techos, calles y demás superficies por donde circula” (Romero Rojas, 2001, p.18).

### **6.2.5 Aguas de infiltración y aportaciones incontroladas.**

Agua que entra tanto de manera directa como indirecta en la red de alcantarillado. La infiltración hace referencia al agua que penetra en el sistema a través de juntas defectuosas, fracturas y grietas, o paredes porosas. Las aportaciones incontroladas corresponden a aguas pluviales que se descargan a la red por medio de alcantarillados pluviales, drenes de cimentaciones, bajantes de edificios y tapa de pozos de registros. (Metcalf y Eddy, 1995, p.18)

### **6.3 Parámetros de Control de las Aguas Residuales**

Los parámetros de control de las aguas residuales, se basan en la legislación nacional vigente las cuales regulan los vertidos de efluentes domesticos y no domesticos.

#### **6.3.1 Normas nacionales aplicables a los tratamientos de aguas residuales.**

- Límites máximos permisibles (LMP). para los efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales. DS. N° 003-2010-MINAM.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. DS. 004-2017-MINAN.
- Valores Máximos Admisibles (VMA) para efluentes no domésticos DS. 021-2009 VIVIENDA.

#### **6.3.2 Parámetros de monitoreo de las aguas residuales.**

- ***Potencial de Hidrogeno (pH)***

Metcalfe y Eddy (1995) afirma: La concentración de ion hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con iones de hidrogeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento biológico y el efluente puede modificar la concentración del ion Hidrogeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. (Metcalfe y Eddy, 1995, p.96)

La concentración de ion hidrogeno presente en el agua está muy estrechamente relacionada con la cuantía en que se disocian las moléculas de agua. El agua se disocia en iones de hidrogeno e

hidrones del siguiente modo:  $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . (Metcalf y Eddy, 1995, p.96)

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Los sólidos suspendidos o no disueltos constituyen la diferencia entre los sólidos totales de la muestra no filtrada y los sólidos de la muestra filtrada. En la práctica los sólidos disueltos son aquellos con tamaño menor de  $1,2 \mu\text{m}$  y los suspendidos los que tienen tamaño mayor de  $1,2 \mu\text{m}$ . (Romero Rojas, 2001, p.68)

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO)**

“Mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica. La determinación estandarizada tiene un periodo de duración de 5 días (DBO5)” (Ramírez campos, et al., 2009).

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno que se consume, al oxidar la materia orgánica y la materia inorgánica por medio de un oxidante fuerte (dicromato de potasio) en un medio ácido. La prueba a diferencia de la DBO, es muy rápida pero también se oxidan compuestos inorgánicos elevando el valor del DQO. Casi toda las sustancias se oxidan en su totalidad. (Ramírez campos et al., 2011).

- **Aceites y grasas**

Se considera aceites y grasas los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. Generalmente provienen de la mantequilla, manteca, margarina, aceites vegetales, hidrocarburos y carnes. Los aceites y

grasas de origen animal son comúnmente biodegradables y, aun en forma emulsificador, pueden tratarse en plantas de tratamientos biológicos. Sin embargo cargas altas de grasas emulsificador como los provenientes de mataderos, frigoríficos, lavanderías y otras industrias causan serios problemas de mantenimiento en las plantas de tratamientos. (Romero Rojas, 2001, p.59)

- ***Temperatura***

Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto de las características del agua, sobre las operaciones y los procesos de tratamiento, así como sobre el método de disposición final. En general, las aguas residuales son más cálidas que las de abastecimiento y, en aguas de enfriamiento, la polución térmica es significativa. (Romero Rojas, 2001, p.70).

- ***Coliformes Termotolerantes***

Los organismos patógenos que puedan existir en las aguas residuales son generalmente, pocos y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar a los coliformes como organismo indicador de contaminación o, en otras palabras, como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad. (Romero Rojas, 2001, p.36).

#### **6.4 Tratamiento de Aguas Residuales**

“El tratamiento de aguas residuales abarca un escenario muy amplio de problemas porque incluye una gran variedad de afluentes y unos requisitos de efluentes y de métodos de disposición muy diferentes” (Romero Rojas, 2001, p.179).

El tratamiento de aguas residuales incluye tratamientos de aguas de una sola residencia, de aguas residuales de condominios y urbanizaciones, de aguas residuales de alcantarillados municipales combinados, así como de

aguas grises, negras e industriales de procesos de manufactura con calidades muy específicas y variables según el proceso del cual provienen el tratamiento de agua puede ser también muy importante en el medio rural, con aguas de uso agrícola y pecuario, para riego y reusó. (Romero Rojas, 2001, p.179)

“Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para tratamiento de aguas es común hablar de:

- Pre-tratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario” (Romero Rojas, 2001, p.130).

#### **6.4.1 Pre-tratamiento.**

Tiene como objetivo remover del agua residual aquella constituyente que puedan causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores, o que en algunos casos, no puedan tratarse conjuntamente con los demás componentes del agua residual. Las operaciones de retratamiento son las siguientes. Debaste, Dilaceración, Desarenado, Pre-decantación, Desaceitado, Desengrasa, Tamizado, tratamiento de arenas y desechos. (Degremont, 1973, p.87)

#### **6.4.2 Tratamiento primario.**

Se refiere comúnmente a la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos, mediante sedimentación u otro medio, y constituye un método de preparar el agua para el tratamiento secundario (Romero Rojas, 2001, p.130).

#### **6.4.3 Tratamiento secundario convencional.**

Se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos

suspendidos e incluye, por ello, los procesos biológicos de lodos activados, filtros percoladores, sistemas de lagunas y sedimentación (Romero Rojas, 2001, p.130).

#### **6.4.4 Tratamiento terciario y avanzado.**

Supone generalmente la necesidad de remover nutrientes para prevenir la eutrofización de las fuentes receptoras o de mejorar la calidad del efluente secundario con el fin de adecuar el agua para su reúso (Romero Rojas, 2001, p.131).

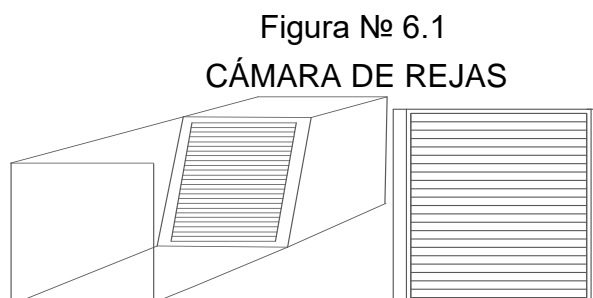
### **6.5 Tratamiento de Aguas Residuales Industriales**

“Los vertidos industriales pueden originar grandes problemas. La variedad de los productos que se vierten, tóxicos o consumidores de oxígeno, requiere una investigación propia en cada tipo de industria, y el empleo de procesos de tratamientos específicos” (Degremont, 1973, p.741).

#### **6.5.1 Procesos utilizados en el tratamiento de aguas industriales**

- ***Cámara de rejas***

“Se utilizan para proteger bombas, válvulas, conducciones y otros elementos contra los posibles daños y obturaciones provocados por la presencia de trapos y de objetos de gran tamaño” (Metcalf y Eddy, 1995, p.231).



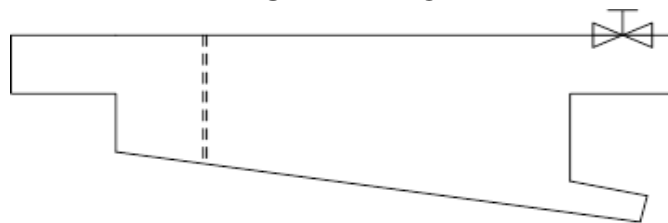
Fuente: Elaboración propia



- **Desarenadores**

Los desarenadores, en tratamiento de aguas residuales, se usan para remover arena, grava, partículas u otro material solido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales. (Romero Rojas, 2001, p.293)

Figura Nº 6.2  
DESARENADOR

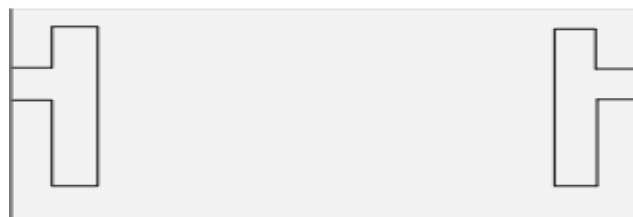


Fuente: Elaboración propia

- **Trampa de grasa**

La trampa para grasas se incluye en sistemas de tratamiento de aguas residuales para establecimientos como estaciones de servicio, hospitales, restaurantes y hoteles, en la que existe una producción apreciable de grasas, con el objetivo de prevenir el taponamiento de las tuberías y el efecto deletéreo que pueden causar ellas sobre la acción bacterial. (Romero Rojas, 2001, p.727)

Figura Nº 6.3  
TRAMPA DE GRASA



Fuente: Elaboración propia

- ***Ecualización***

“Llamada también homogenización, consiste simplemente en amortiguar por laminación las variaciones de caudal constante o casi constante. Esta técnica puede emplearse en situaciones diversas” (Metcalf y Eddy, 1995, p.233).

Figura № 6.4  
CÁMARA DE ECUALIZACIÓN



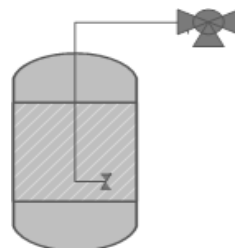
Fuente: Elaboración propia

- ***Coagulación y floculación.***

“La coagulación consiste en introducir en el agua un producto capaz de neutralizar las cargas de los coloides, generalmente electronegativos presentes en el agua, de formar precipitado, a este producto se le conoce con el nombre de coagulante “(Degremont, 1973, p.741).

“El propósito de la floculación del agua residual es formar agregados o floculos a partir de la materia finamente dividida” (Metcalf y Eddy, 1995, p.538).

Figura № 6.5  
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS



Fuente: Elaboración propia

- **Sedimentación**

Consiste en la separación, por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente. (Metcalf y Eddy, 1995, p.18)

Figura № 6.6.  
SEDIMENTADORES



Fuente: Elaboración propia

- **Filtración**

“La filtración es una operación utilizada para remover sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fosforo, DBO, DQO, metales pesados, virus es decir, para asegurar una calidad superior del efluente secundario” (Romero Rojas, 2001, p.659).

Figura № 6.7  
FILTRO DE CUARZO



Fuente: Elaboración propia

## **6.6 Tratamiento de Aguas Residuales Industriales para el Lavado y Pintado de Balones de la Planta de Envasado de Gas de Solgas del Perú**

El agua utilizada en estas etapas contiene diversos contaminantes que afectan la eficiencia del proceso y pueden convertirse en un foco de contaminación; es por ello que esta agua será procesada para darle la calidad necesaria para ser reusada. Inicialmente, las partículas de diámetro considerable (mayor de 0.1 mm) y grasas son removidas, para ello el agua pasa por una cámara de rejas, unidades de sedimentación y una trampa de grasa. El agua libre de estos agentes aún posee alta turbidez, la cual es debido a la presencia de coloides en el agua. Estos son retirados mediante el uso de agentes coagulantes que favorecerán la aglutinación de los coloides, su aumento de peso y volumen para posteriormente ser separados por sedimentación y filtración. Finalmente los agentes patógenos eliminados mediante el uso de agentes desinfectantes como el cloro.

Las etapas del proceso son las siguientes:

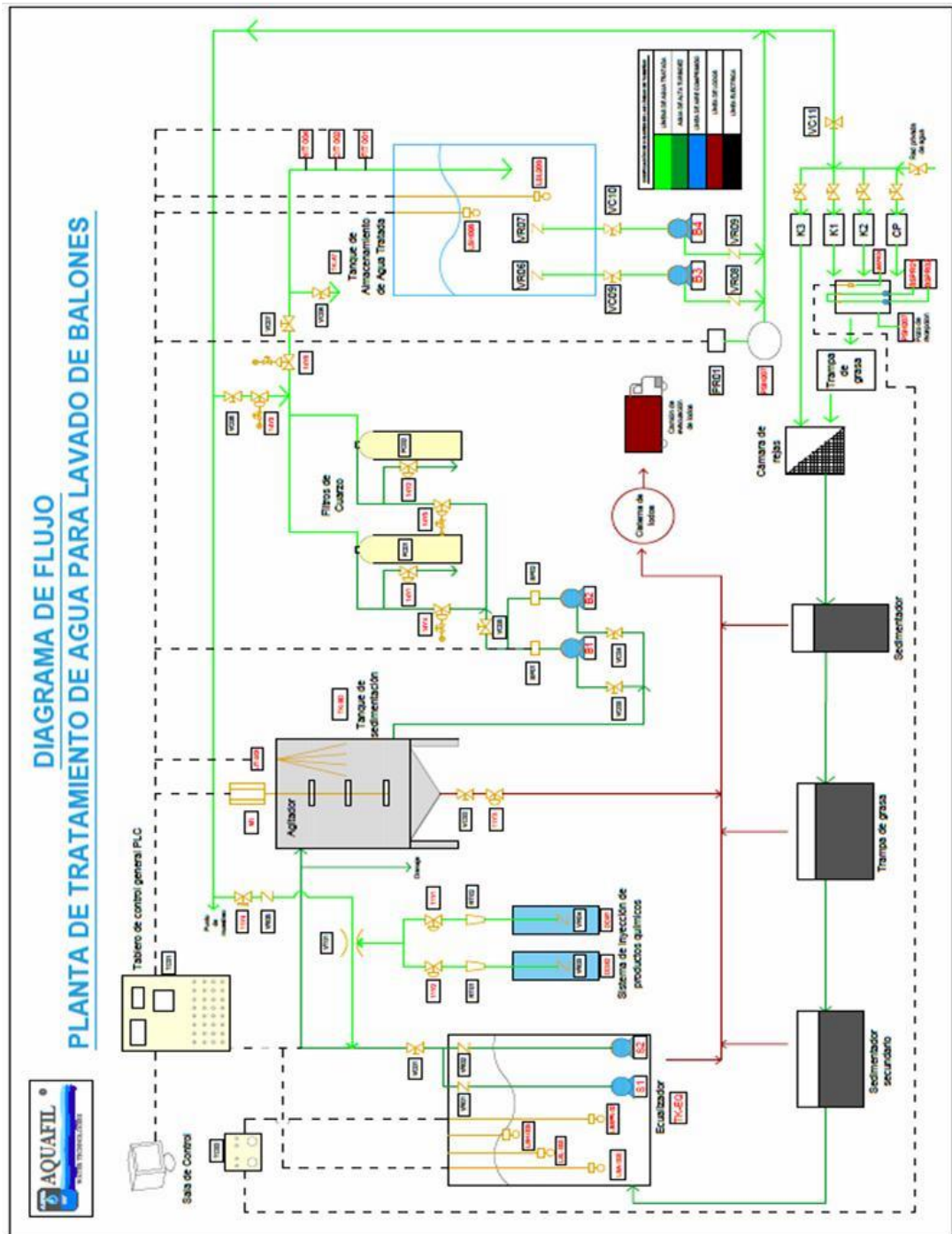
- Pozo de recepción.
- Trampa de grasa primaria
- Cámara de rejas.
- Cámara de sedimentación primaria.
- Trampa de grasa secundaria
- Cámara de sedimentación secundaria.
- Cisterna de equalización.
- Sistema de dosificación de productos químicos.
- Tanque de sedimentación (coagulación y floculación).

- Filtro de cuarzo para sedimentos y partículas finas.
- Almacenamiento de agua tratada y abastecimiento.

A continuación, se presenta el esquema del proceso de tratamiento del agua proveniente de la etapa de lavado de balones.

## VII DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Figura № 7.1  
Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia

## 7.1 Pozo de Recepción

Cámara que sirvió para controlar el nivel del efluente producido por el pintado de balones. A este pozo llegó también las líneas de lavado de balones de las plantas K1 y K2.

A través de 2 bombas sumergibles de 1HP el fluido fue impulsado hacia la trampa de pintura.

## 7.2 Trampa de Grasa Primaria

La trampa de grasa, es un equipo que se encargó de retener restos de pintura provenientes del **pintado de cilindros**, usando como principio la diferencia de densidades entre pintura y agua.

El equipo con una dimensión de 2.2 m de ancho, 0.8 m de largo y 1.5m de alto, está distribuido en 2 cámaras unidas en la parte inferior por una abertura de 0.20m de alto por 0.80m de largo. La primera cámara de un ancho de 1.40m mientras que la segunda presenta un ancho de 0.80m.

El agua con pintura ingreso a la trampa de grasa por la primera cámara, esta agua tomo un tiempo en el cual los restos de pintura estuvieron flotando por diferencia de densidades por lo cual el agua ya sin pintura pasó a la segunda cámara por la abertura inferior que une las dos cámaras. La segunda cámara tuvo como finalidad separar completamente los restos de pintura del cuerpo de agua y por último evacuo el agua sin pintura hacia la cámara de rejillas.

Los restos de pintura flotantes en las dos cámaras fue retirado de forma manual mediante el uso de escurridores, de presentarse sedimentación

por parte de las partículas de pintura se procedió a su respectiva limpieza utilizando los mismos recursos

La operación de limpieza de la trampa de grasa para su correcto funcionamiento se programó 2 veces por semana.

### **7.3 Cámara de Rejas**

La cámara de rejas tuvo como propósito separar los sólidos gruesos del agua proveniente de la planta de lavado de balones, ya que estos pueden producir daños y obturaciones en bombas, válvulas, ductos u otros elementos presentes en el sistema. Esto se logró mediante su retención en la superficie de la reja, la cual presentó varillas paralelas que se encuentran espaciadas para permitir únicamente el paso de fluido con sólidos menores.

La reja de 100 cm de largo y 59 cm de ancho, la cual tiene 41 varillas de espesor de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, además el espaciamiento entre las barras es de 1 cm y con un ángulo de inclinación que puede variar entre  $30^\circ$  y  $45^\circ$ . La remoción de los sólidos en la reja y la limpieza de la misma se realizaron mediante su disposición en un buzón de desperdicios con una frecuencia dada en el programa de mantenimiento.

### **7.4 Cámara de Sedimentación Primaria**

La cámara de sedimentación primaria tenía el propósito de separar la masa de agua de los sólidos aún presentes por acción de la gravedad. Para ello se dispuso de un tanque rectangular alargado que facilitó la separación por diferencia de densidades, aunado a un flujo de baja velocidad que facilitará la operación.

Las partículas más pesadas que el agua, sedimentaron y las encontramos en forma de fango en la parte inferior de la unidad desde donde fueron llevados a una cámara de lodo, donde se acumuló y luego se evacuó a una frecuencia dada por el programa de mantenimiento. Las partículas de menor densidad, como los residuos de pintura de los balones, flotaron en la parte superior y fueron retirados.



## **7.5 Trampa de Grasa Secundaria**

La trampa de grasa cumplió la función de evitar la descarga de grasas y aceites hacia la planta de tratamiento, permitió solo el paso de la masa de agua, la cual se separó de las sustancias oleosas por la diferencia de densidades.

Para facilidad de la operación, la cámara de la trampa de grasa tenía un muro interno la cual divide a la cámara en dos concavidades, Este muro interno con una abertura en la parte inferior, la cual permitió solo el paso de la masa de agua por su mayor densidad, la grasa y el aceite estuvieron flotando en la primera concavidad por ser más livianos.

Las sustancias oleosas propias de la planta de lavado de balones han podido perjudicar el normal funcionamiento de la planta de tratamiento además de obstruir los ductos, es por ello la importancia de esta unidad de operación.

## **7.6 Cámara de Sedimentación Secundaria**

La cámara de sedimentación secundaria se utilizó para la decantación de sólidos finos agitados o sólidos que han sido removidos en los procesos anteriores, para ello se dispuso de un tanque rectangular de mayor tamaño que la cámara de sedimentación primaria, debido a que su velocidad de sedimentación es menor por tratarse de sólidos de menor tamaño.

Los sólidos sedimentados fueron extraídos posteriormente por una electrobomba hacia la línea de evacuación de lodos con una frecuencia dada por el programa de mantenimiento, mientras que la masa de agua después de pasar por esta unidad presentó principalmente partículas coloidales.

## **7.7 Cisterna de Ecuación**

La cisterna de ecuación tenía como función captar y almacenar el agua residual procedente de las etapas de pre tratamiento durante el tiempo que sea necesario para iniciar una nueva etapa de tratamiento. El almacenar el agua en la cisterna de ecuación nos permitió estabilizar o mantener un caudal fijo para cada etapa de coagulación sin importar la variabilidad del caudal que ingresa al ecualizador, así mismo permitió acondicionar el agua para que tenga características homogéneas.

Esta operación produjo una mayor efectividad en los tratamientos posteriores, dado que el agua procedente de la planta de lavado de balones tenía diversas características y su homogenización facilitó su tratamiento que de hacerlo por separado. Esto se logró con dos electrobombas de 1 HP que trabajaron en forma alternada, ayudando a la homogenización y bombeo a caudal constante hacia el tanque de sedimentación. Los lodos acumulados en el tanque - que han de ser menores que los de las cámaras anteriores - fueron evacuados de modo manual según programa de mantenimiento.

## **7.8 Sistema de Dosificación de Productos Químicos**

El sistema de dosificación de productos químicos tenía por objeto inyectar el agente coagulante (sulfato de aluminio) y desinfectante (hipoclorito de calcio) en la línea de agua de alta turbidez que se envió desde la cisterna de ecuación hacia el tanque de sedimentación.

Cuando el agua presurizada, de las bombas que impulsaron el agua tratada para el lavado de balones, ingreso por la entrada del inyector (tubo venturi), se comprime y fue impulsada hacia la cámara de inyección y se convirtió en un chorro de alta velocidad. El aumento de velocidad en la cámara de inyección hizo disminuir la presión, lo que permitió que los productos químicos sean aspirados desde sus contenedores por el puerto de succión

y sea dispersado dentro de la línea de agua. A medida que la corriente sale del inyector, pierde velocidad y recupera presión (pero a una presión menor que la de entrada al inyector) la cual ingreso a la línea de agua de alta turbidez.

## **7.9 Tanque de Sedimentación**

En el tanque de sedimentación se llevó a cabo la operación más importante de todo el proceso para el tratamiento de agua de lavado de balones, la coagulación – floculación. Los reactivos inyectados por el sistema de dosificación de productos químicos ingresaron a la línea de agua de alta turbidez, donde se mezclaron e ingresaron al tanque de sedimentación que cuenta con un agitador que favoreció los procesos de coagulación y floculación para su posterior sedimentación. El tiempo de llenado del tanque de sedimentación estuvo controlado por un sensor de nivel, de tipo ultrasónico, que permitió que el tanque de sedimentación se llene y se vacíe en ciertos valores de nivel alto y bajo, respectivamente.

Para la agitación en el tanque de sedimentación se tuvo un eje con paletas unido a un moto reductor de 3 hp y un variador de frecuencia, quienes se encargaron de hacer la mezcla durante un tiempo programado. La sedimentación se optimizó por la base cónica del tanque de sedimentación, al disminuir la distancia vertical para la sedimentación por gravedad, añadiendo el factor del deslizamiento y empuje entre las partículas ya depositadas en la superficie inclinada.

El avance del proceso se visualizó a través del visor ubicado en la superficie inclinada del tanque de sedimentación. Los sedimentos, conocidos como lodos para el proceso, fueron evacuados a través de una válvula de diafragma, normalmente abierta, que fue accionada en forma neumática para permitir o bloquear la descarga de lodos por la parte inferior del reactor.

Después de transcurrido el tiempo necesario para que se dé la

sedimentación, el agua clarificada pasó por el sistema de filtrado a través de las electrobombas centrífugas.

Por ser tanto la agitación como la coagulación – floculación de vital importancia dentro del proceso que se llevó a cabo en el tanque de sedimentación, se ha explicado a continuación con mayor detalle:

### **7.9.1 Mezcla**

El grado de agitación que se le dio a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hicieron que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada.

En el transcurso de la coagulación y floculación, se procedió a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60 segundos como máximo), esta mezcla tuvo por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen de agua a tratar en una zona de alta turbulencia. El proceso se llevó a cabo en la línea de tubería de agua de alta turbidez, desde la inyección de productos químicos hasta el ingreso al tanque de sedimentación. Una inadecuada mezcla en esta etapa conlleva a un incremento de productos químicos.

En la segunda etapa la mezcla es considerablemente más lenta y tuvo por objeto el desarrollo de los microfloculos. En el proceso el eje giro a 33.5 rpm, pues una mezcla muy rápida no daba el tiempo necesario para la formación de los flóculos y una mezcla muy lenta no permite un buen contacto entre flóculos.

El equipo que realizó la agitación es un moto reductor, que tuvo la ventaja de controlar el grado de agitación, haciendo variar la velocidad de rotación del impulsor; sin embargo al depender de la energía

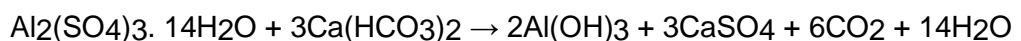
externa una falla del suministro de energía perjudicaría el proceso.

### **7.9.2 Coagulación y Floculación**

La coagulación constituye el proceso de desestabilización de las partículas coloidales, destruyendo las fuerzas que separan a los coloides. Comenzó en el momento en el que se agregan los químicos coagulantes (para el proceso es sulfato de aluminio) en un tiempo muy corto. La mezcla en este punto es muy importante porque promovió el choque entre los hidróxidos metálicos formados con las partículas coloidales, que han quedado estas atrapadas a medida que los hidróxidos, de baja solubilidad, se van formando.

La floculación consistió en el proceso de aglomeración de partículas previamente coaguladas para formar partículas más grandes llamadas flóculos. La agitación permitió que las fuerzas de atracción puedan actuar, aglutinando las partículas finas y formando partículas más grandes y pesadas para que de este modo puedan precipitar.

Para el proceso se utilizó como coagulante el sulfato de aluminio. (Cuyo rango de pH óptimo es de 6.5 a 8.5) reacciona con la alcalinidad del agua por la cual produjo hidróxido de aluminio que es insoluble y formó el precipitado. Una de las posibles reacciones llevadas a cabo por el sulfato de aluminio (para el caso reaccionando con la alcalinidad del agua) es la siguiente:



Si se trabajó en un rango de pH ácido no se formaran los precipitados.

### **7.10 Electrobomba de Traslado para Filtración**

El equipo de bombeo se conformó por dos electrobombas centrífugas de 1.5 HP monofásico, que se encargó de extraer el agua clarificada del

tanque reactor por arranque automático, que inicio cuando el tiempo de sedimentación se ha completado. Cuando estas bombas se han encontrado en automático habían dejado de funcionar en dos situaciones, las cuales son:

- Que el sensor de nivel ultrasónico del tanque de sedimentación marque un nivel bajo, para la cual se programó que las bombas interrumpan su funcionamiento para evitar daños en los mismos.
- Que el sensor de nivel tipo boya ubicado en el tanque de almacenamiento de agua tratada mando la señal que estuvo lleno. Esto para evitar que el tanque siga llenándose y cause el rebose del agua.

El agua clarificada fue enviada hacia los filtros de cuarzo para la retención de partículas y posteriormente se almaceno en un tanque de agua tratada

#### **7.11 Filtro de Cuarzo para Sedimentos y Partículas Finas**

El agua del tanque de sedimentación podía aún tener partículas en el agua clarificada, es por ello que al ser bombeada pasó por los filtros de cuarzo, instalados para un funcionamiento en paralelo.

Los filtros fueron llenados con material filtrante de cuarzo de diferente tamaño, se dispuso del material más fino en la parte alta del lecho. Durante la filtración las partículas se retienen juntas en el lecho acumulando cada vez una mayor caída de presión hasta llegar al punto límite en el que se necesitó realizar el retrolavado, lavando la cama con agua en dirección opuesta a la del filtro para liberar y evacuar las partículas retenidas por el material filtrante.

Los filtros además contaron con un árbol de válvulas de diafragma del tipo normalmente abiertas. Estas válvulas se cerraron con una señal neumática dependiendo de la etapa del proceso en que se encuentren. Estas etapas pueden ser:

- **Servicio:** En esta etapa los filtros retuvieron las partículas del agua clarificada del tanque de sedimentación funcionando en paralelo. Se cerró la válvula que corresponde al ingreso del agua para el retrolavado y las válvulas que corresponden a la descarga del retrolavado en los filtros 1 y 2.
- **Retrolavado en filtro 1:** Se cerraron las válvulas del funcionamiento de los filtros en servicio, además de la válvula que corresponde al retrolavado en el filtro 2.
- **Retrolavado en filtro 2:** Se cerraron las válvulas del funcionamiento de los filtros en servicio, además de la válvula que corresponde al retrolavado en el filtro 1.

Los filtros pudieron operar además en dos formas, automático o manual. En el primer caso el grupo de válvulas funcionó de acuerdo a la programación que se realizó. En el segundo caso, sólo se activó cuando sea requerido (es necesario realizar el retrolavado en ese momento la cual se debió a un aumento de presión) y por una persona entrenada previamente. Por lo general, los filtros operaron en automático.

### 7.12 Agua Tratada con Monitoreo de Turbidez Conductividad y Caudal

El agua tratada después que ha pasado por la etapa de filtración fue monitoreada por instrumentos medidores de turbidez, conductividad y flujo; estos medidores ubicados en el panel del tablero eléctrico (a excepción del turbidímetro, que se encontró en la placa metálica del tanque sedimentador) y sus sensores en la línea de agua tratada. Estos instrumentos tuvieron señales analógicas que se integra a un PLC y posteriormente se integra al sistema Scada de Repsol. Tenemos lo siguiente:

- **Turbidímetro:** Instrumento que midió la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas coloidales en suspensión.

El medidor de turbidez realizó sus mediciones en base al método de infrarrojos. Estos funcionaron mediante el paso de un rayo de luz infrarroja a través de un vial que contiene la muestra a examinar. La fuente de luz suele ser un LED Infrarrojo de alta emisión. Un sensor colocado a 90° con respecto a la dirección de la luz detectó la cantidad de luz dispersada por las partículas no disueltas presentes en la muestra, y a través de algún tipo de microprocesador, se convirtió dichas lecturas en valores FTU (NTU). La Organización Mundial de la Salud indica un valor de referencia de turbidez de 5 NTU para el agua potable. Este valor ha sido establecido basándose en las características estéticas del agua. Para consumo el valor recomendado es de 1 NTU.

- **Medidor de STD:** La determinación de sólidos disueltos totales midió específicamente el total de residuos sólidos (sales y residuos orgánicos) que se encuentran disueltos en la masa de agua. Existe una correlación directa entre conductividad y concentración de sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés), es por ello que de esta manera se determinó la cantidad de STD en el agua tratada por medio de la conductividad eléctrica de los iones en la masa de agua. Para ello se aplicó un campo eléctrico entre dos electrodos y se midió la resistencia eléctrica de la disolución.

Unos niveles de TDS elevados han ocasionado corrosión del equipo y los accesorios, así como una acumulación de incrustaciones. Los productos químicos, además, han tenido dificultades para hacer su trabajo cuando el TDS es demasiado alto. De encontrarse un nivel de TDS mayor que 1200 ppm fue necesario reemplazar una porción de la masa de agua por una porción de agua limpia.

- **Medidor de caudal:** Nos permitió determinar el caudal de ingreso a la cámara de almacenamiento de agua tratada. Este medidor de flujo contó con un sensor tipo rueda de paletas que al girar por el flujo de agua mandó una señal que será multiplicado por un factor proporcional al flujo de agua que circula y se mostró posteriormente en el monitor



LCD.

### **7.13 Almacenamiento de Agua Tratada y Abastecimiento**

Luego de ser almacenada el agua tratada, fue extraída por dos electrobombas de 2.5 hp que funcionaron en un rango de presión de 40 – 60 PSI. La masa de agua pudo ser utilizada para tres fines:

1. El principal uso fue para reponer el agua para el proceso de lavado de balones. Cada vez que las máquinas y equipos se encuentren desabastecidos de agua fueron inmediatamente provistas de agua desde la planta de tratamiento de agua de proceso.
2. Fue utilizado a su vez por el sistema de inyección de productos químicos, el flujo de agua tratada ingresó por el tubo venturi generando la gradiente de presión necesaria para succionar los productos químicos.
3. Además, fue usado para la etapa de retrolavado, por la cual ingresara el flujo de agua limpia en dirección contraria a la de normal operación de los filtros.

Este funcionamiento estaba controlado por sensores de nivel tipo boya eléctrica.

La boya para el nivel bajo controla el desabastecimiento de agua en la cisterna, impidiendo que las electrobombas se activen cuando el nivel de agua es bajo para protección de las electrobombas; mientras que la boya de nivel alto controla que el volumen de agua tratada en la cisterna sea demasiado grande como para causar el rebose del líquido. Para ello, cuando se activó el control de nivel alto las bombas instaladas en las etapas anteriores quedaron desactivadas para evitar que se siga llenando la cámara de agua tratada.

### **7.14 Controles de Nivel y Válvulas Automáticas**

La planta de tratamiento de agua de proceso contaba con controles de nivel

que nos permitió operar con niveles de agua que garanticen la protección de los equipos y que no existan problemas de derrames ni parecidos. En las cisternas de ecualización y de agua tratada conto con controles de nivel tipo boya, mientras que en el tanque de sedimentación conto con un sensor de nivel ultrasónico, que además nos permitió conocer el volumen de agua que tuvo el tanque de sedimentación para un tiempo determinado.

Además, la planta de tratamiento conto con válvulas automáticas en diversos puntos de la planta para su funcionamiento en automático de acuerdo a la programación. Estas válvulas son:

- Válvulas de diafragma: Estas válvulas fueron comandadas mediante señal neumática y permitió un control on-off. La línea de aire llegaron a una presión aproximada de 60 psi y para garantizar que las características de aire sean las deseadas y no causen problemas en las válvulas pasaron por un regulador de presión (que nos permitió hacer ingresar el aire comprimido a la presión deseada) y una unidad de mantenimiento (que se encargó del problema de la humedad del aire y lubricación del mismo).

Las válvulas localizadas en los filtros y en la línea de descarga de lodos son normalmente abiertas, mientras las que se encontraron en la línea de succión de productos químicos son normalmente cerradas.

- Válvulas de solenoide: Estas válvulas permitió un control on-off mediante variaciones de corriente eléctrica en su bobina. Al circular la corriente por la bobina se generó un campo magnético que atrae el émbolo móvil. Al finalizar este efecto la válvula volvió a su posición original.

En la planta de tratamiento sólo se contó con una válvula de solenoide, esta es normalmente cerrada y se encontró en el ingreso del agua tratada hacia el sistema de inyección. Se activó cuando se realice la

etapa de coagulación – floculación, que es cuando se activaron las bombas sumergibles de la cisterna de ecualización.

### **7.15 Tablero de Control y Mando**

El tablero de control y mando permitió el control automático de los equipos electromecánicos de la planta de tratamiento de aguas residuales. El equipamiento eléctrico se encontró protegido del medio ambiente y con sus mecanismos de seguridad respectivos. Estuvo equipado con un programador lógico PLC para el control de las electrobombas y monitoreo de turbidez, conductividad, flujo, presión, como también señales discretas on, off para el control de las electrobombas por nivel, de modo manual y automático y el monitoreo local de la instrumentación con integración a futuro a un sistema Scada. Todo el equipamiento y controles eléctricos son precableados.

Un diagrama de control eléctrico permitió identificar claramente el sistema. Encontraron interconectados en forma ordenada al PLC; los relés de protección térmica, los contactores termo magnéticos, las llaves o selectores de arranque o paro, manual o automático, las luces piloto indicadoras respectivas, etc.

La planta conto con un tablero de control adicional marca Aquafil con un voltaje de trabajo de 220 V, se elaboró con material de plancha metálica con acabados de pintura al horno. Este tablero sirvió para controlar las bombas sumergibles en el pozo de recepción.

Cumplió las funciones de:

- Trabajo de bombas
  - Manual
  - Off
  - Automático
- Alternancia de bombas

- Bomba 1
- Bomba 2
- Bombas en alternado
- Protección bombas, proceso
  - Alarma bomba 01, bomba 02
  - Apagado bomba debido a bajo nivel de agua en pozo de recepción
  - Apagado bomba debido a un alto nivel en tanque ecualizador

### **7.16 Descripción de la Lógica de Control**

El proceso se inició en un TK EQUALIZADOR (TK-EQ) de 20 m<sup>3</sup> que es donde se receptiona el agua servida con lodos y sedimentos, este TK-EQ cumplió la función de receptionar las aguas servidas para la producción de agua limpia.

Este TK-EQ tiene 3 sensores de nivel discreto el primero que se encontró en el nivel más bajo LSA-005 que cumplió 2 funciones, la primera de proteger la bomba sumergible –S1 o -S2, cuando su rango de flexión (largo del cable) llegó al nivel más bajo, la segunda es cuando su rango de flexión llegó al nivel más alto debió habilitar el encendido de la bomba sumergible que se haya seleccionado en el panel. Esta habilitación no encendió necesariamente –S1 o – S2 ya que el encendido también depende del rango de nivel del tanque de sedimentación (TK-SD) es decir, si el tanque de sedimentación estuvo lleno no se encendieron ninguna de las dos bombas.

Las bombas sumergibles –S1 o S2 habían funcionado si se cumple la condición anterior. Además, estas bombas para que funcionen debió estar el selector en la posición automático y se debió considerar para el otro selector (selector de bombas 1 y 2 y posición alternado) lo siguiente:

- Si el selector estuvo en la posición 1, la bomba –S1 funcionó siempre en automático.

- Si el selector estuvo en la posición 2, la bomba –S2 funcionó siempre en automático.
- Si el selector estuvo en la posición alternado, las bombas-S1 y –S2 funcionaron una en cada batch.

Se tienen instalados 2 sensores de nivel en los puntos medio y alto para cumplir la función de indicador de nivel.

Para dar inicio el encendido en automático todos los selectores debieron estar en modo automático, también debió estar seleccionada la bomba que se desea trabajar o si fue de manera alternada, esto se hace con los selectores del panel de control. Si uno de estos selectores no está en modo automático no iniciará el proceso.

Los selectores que no cuenten con la opción manual ni automática (como lo son los dosificadores el agitador que solo cuentan con la opción on-off), funcionaran tanto en automático como en manual. En automático funcionó de acuerdo a las condiciones dadas en el programa, en manual operó mientras el selector estuvo en la posición on, se suspendió la operación al seleccionar la posición off.

La válvula solenoide -11Y4 se abrió siempre que las bombas sumergibles se activen.

Cuando la planta empezó a operar en modo AUTOMATICO, si existe agua en el TK-EQ la bomba –S1 o –S2, debió enviar agua hasta el TK-SD paralelamente se debió encender la electroválvula de servicio -11Y4 que ingresó agua tratada al TK-SD y por efecto Venturi arrastro el producto químico #1 que es dosificador 1 DOS-1 y corresponde a la Electroválvula -11Y1 que debió trabajar por 15 min (tiempo estimado en el cual el nivel de agua en el sedimentador llega a la mitad de la altura de la parte cilíndrica), esta operación debió ser paralela al bombeo de la bomba sumergible –S1

o –S2, una vez que el tanque sedimentador sea llenado a la mitad de su nivel se apagó, -11Y1 debió ingresar el producto químico #2 que es el DOS-2 y corresponde la Electroválvula -11Y2 que debió trabajar por 15 min (tiempo estimado en el cual el sedimentador es llenado completamente) una vez que el tanque sedimentador esté lleno se cerró y se apagó la -11Y2.

Todos estos tiempos estuvieron calculados para un tiempo de llenado del tanque sedimentador de 30 min.

Si por algún motivo el bombeo no sea constante desde el TK-SD, el tiempo de inyección del producto químico no se reinicia ya que es un dosificado y se mantiene hasta cumplir con los tiempos establecidos.

Una vez que el TK-SD se haya llenado y esto sea comandado por un sensor de Ultrasonido LIT-003, se debió detener la bomba sumergible –S1 o –S2, luego se dio inicio a la marcha del motor agitador –M1 que es comandado por un variador de frecuencia y tuvo un tiempo de agitación de 30 minutos luego de transcurrido 30min de agitación, se detuvo el –M1 y entro en estado de reposo durante 2 horas para que los sólidos precipiten.

Una vez transcurridas las 2 horas de precipitación se debió encender las bombas –B1 o –B2 para que comience el proceso de filtrado, en paralelo se debió encender las electroválvulas -14Y4,-14Y5 y -14Y6.

Esta agua filtrada pasó por unos medidores que indicaron flujo, turbidez y STD, todos ellos entregaron su señal analógica al PLC para que se pueda visualizar el SCADA pero sólo la señal del STD se programó para que a un nivel determinado emita una alarma y se detenga el proceso por alta concentración de sólidos totales. La turbidez debió emitir una alarma LUMINOSA en la computadora con SCADA.

Las bombas –B1 o –B2 para que funcionen debe estar el selector en la posición automático y se debió considerar para el otro selector (selector de bombas 1, 2 y posición alternada) lo siguiente:

- Si el selector estuvo en la posición 1, la bomba –B1 funciono siempre en automático.
- Si el selector estuvo en la posición 2, la bomba –B2 funciono siempre en automático.
- Si el selector estuvo en la posición alternada, las bombas –B1 y –B2 funcionaron una en cada batch.

La bomba –B1 o –B2 trabajaron hasta llegar al nivel mínimo programado del TK-SD, y luego se detuvo el proceso de filtrado, es decir se apagaron la bomba–B1 o –B2, con sus respectivas electroválvulas -14Y4, -14Y5 y -14Y6. Luego inmediatamente inició el proceso de purga que se activó por la Electroválvula- 11Y3 que fue por un tiempo de 15 segundos.

Si el tanque de agua tratada (TK-AT) llego a llenarse fue detectado por un sensor –LSH 006 y se debió detener el –proceso de filtrado cuando su rango deflexión sea alto (porque el tanque estará lleno) y este debió restablecerse cuando este sensor cambie nuevamente de estado, es decir, cuando sus rangos de flexión sea mínimo, en este momento el proceso de filtrado continuará hasta que el agua en el TK-SD llegue a nivel mínimo establecido por –LIT 003.

La purga se activó sólo cuando llegue a un nivel mínimo el TK-SD, luego de que la purga culmine podemos decir que a esto se le llama un lote de producción de agua tratada. Entonces se debió de volver a comenzar el proceso de llenado del TK-SD para el segundo lote de producción. Se ha programado una purga cada 2 Batch.

Cuando se cumplan 3 procesos o lotes de producción completos se debió

dar inicio a un proceso de retro lavado de filtros, es decir se debió cancelar las funciones normales y dar inicio al proceso de retro lavado que enciende las electroválvulas -14Y1, -14Y2, -14Y3 pero las válvulas -14Y4, -14Y5, -14Y6 debieron permanecer cerradas. El proceso debió durar 10 minutos, una vez transcurridos los 10 minutos se cierran las electroválvulas -14Y1, -14Y2, -14Y3 y se debió de reiniciar el proceso contando desde cero los lotes de producción.

Tabla No 7.1  
VARIABLES A MONITOREAR POR EL TABLERO

PARAMETRO	VALOR MIN	VALOR MAX
Turbidez (NTU)	0	20
STD(ppm)	0	1200
Flujo(GPM)	0	40
Nivel sedimentador	1.32	1.82

Datos obtenidos en la planta de tratamiento de agua industrial (Fuente: Elaboración Propia)



## VIII CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

### 8.1 Electrobombas Sumergibles Alternadas

- Cantidad : Dos (2) unidades
- Marca : PENTAX
- Tipo : Sumergible
- Modelo : DG 100/2
- Rango de Caudal : 6 - 12 m<sup>3</sup>/h
- Altura Máxima : 10.4 m
- Potencia : 1.0 HP
- Tensión de Trabajo : 220 Vac / 60Hz /monofásico
- Conexión Descarga: 2" NPT

### 8.2 Electrobombas Sumergibles Pozo Almacenaje

- Cantidad : Dos (2) unidades
- Marca : Pedrollo
- Tipo : Sumergible
- Modelo : DG 100/2
- Rango de Caudal : 6 - 12 m<sup>3</sup>/h
- Altura Máxima : 10.4 m
- Potencia : 1.0 HP
- Tensión de Trabajo : 220 Vac / 60 Hz / Monofásico
- Conexión Descarga: 2" NPT

### **8.3 Electrobombas Sumergibles Manual**

- Cantidad : Una (1) unidad
- Marca : PENTAX
- Tipo : Sumergible
- Modelo : DG 100/2
- Rango de Caudal : 6 - 12 m<sup>3</sup>/h
- Altura Máxima : 10.4 m.
- Potencia : 1.0 HP
- Tensión de Trabajo : 220 Vac / 60 Hz /
- Conexión Descarga: 2" NPT
- Incluye : juego de válvulas y conectores.

### **8.4 Panel de Dosificación**

- Cantidad : Dos (2) unidades de Flujo metro
- Marca : MAZZEI
- Modelo : 484 A
- Conexión : ½"
- Presión Máxima : 100 psi
- Incluye : 02 unidades de válvula Diafragma ½
- 01 juego de conectores y mangueras

### **8.5 Dos (2) Tanque para Productos Químicos**

- Cantidad : Dos (2) unidades
- Forma : Cilíndrica
- Capacidad útil : 125 Litros

### **8.6 Un (1) Reactor de Floculación**

- Forma : Tanque semicilíndrico cónico vertical
- Dimensiones : Diámetro : 1.85 m Altura : 3.90 m
- Conexión In/Out : 2" / Brida 4"
- Tipo de material : Acero Estructural
- Protección interior : Arenado, Base anticorrosivo y Fibra de Vidrio
- Protección exterior : Base anticorrosivo y Esmalte
- Purga de Lodos : 1-1/2" NPT
- Incluye : motoreductor a 3 HP
- 01 soporte con Eje agitador

### **8.7 Electrobombas Centrifuga para los Filtros**

- Cantidad : Dos (2) unidades alternado
- Tipo : Centrifuga
- Marca : DAB
- Procedencia : Italia
- Modelo : K35/100
- Potencia : 1.5 HP
- Potencia Absorbida : 1.1 kW
- Rango de Caudal : 1-10.2 m<sup>3</sup>/h
- Altura : 39 m
- Conexión In/Out : 1" – 1 1/2"

### **8.8 Filtros Multimedia**

- Cantidad : Dos (2) unidades
- Marca : AQUAFIL
- Modelo : FM/1665
- Material del Filtro : POLYGLASS
- Conexión : 2.5" NPT
- Diámetro del Filtro : 16"
- Altura Recta del Filtro: 65"
- Medio filtrante : 4 pie3 de grava de 1/32 2 pie3 antracita
- Incluye : válvula neumática de PVC

### **8.9 Electrobombas de Transferencia de Agua Tratada**

- Cantidad : Dos (2) unidades
- Tipo : Centrifuga
- Marca : DAB
- Modelo : K 55/50
- Potencia : 2.5 HP
- Potencia Absorbida : 1.85 kW
- Rango de Caudal : 1 – 6.5 m<sup>3</sup>/h
- Altura de bombeo : 60 m
- Tensión de Trabajo : 3x230-400 V
- Conexión In/Out : 1 - 1 ¼"

#### **8.10 Tanque hidroneumático de 30 GPL Well Mate**

- Marca : Well Mate
- Material : Fibra glass
- Capacidad : 40 gal.

# **IX MANUAL DE OPERACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

## **9.1 Consideraciones Previas**

La operación de la planta fue de 24 horas, las personas encargadas de la operación debieron observar lo siguiente:

- a) Conservar la planta perfectamente aseada y ordenada.
- b) Establecer un plan para la realización de las operaciones diarias.
- c) Realizar los programas de inspección y mantenimiento preventivo.
- d) Llevar a cabo controles y registros de datos de cada parte de la Planta de Tratamiento, indicando los eventos poco usuales o que denoten deficiencias operativas.
- e) Dictar estrictas medidas de seguridad.

Formaron parte de este documento las instrucciones que se refirieron al mantenimiento y operación que los fabricantes de los equipos a utilizarse proporcionen. El operador debió recibir toda documentación técnica que se refiera a los equipos de la Planta de Tratamiento, debiendo mantenerlo en un lugar visible y de fácil acceso.

## **9.2 Preparación**

1. Llenar los tanques previos al sedimentador:
  - Trampa de grasa
  - Cámara de rejas
  - Cámara de precipitación primaria
  - Cámara desengrasadora
  - Cámara de precipitación secundaria

- Cámara de ecualización hasta el nivel máximo de llenado por todas las cámaras.
2. Chequear la energía eléctrica de entrada al tablero, los voltajes correspondientes.
  3. Chequear el aire comprimido para los controles a un máximo de 60 psi.
  4. Verificación de ajustes de las líneas de aire y agua.
  5. Calibrar los niveles de agua en el sedimentador.

### **9.3 Operación del Sistema de Tratamiento de Agua de Reusó**

1. Verificar el nivel de agua del tanque ecualizador y cisterna de agua tratada.
2. Encender el tablero eléctrico
3. Verificar los voltajes correspondientes del tablero eléctrico.
4. Verificar la presión correspondiente del aire comprimido
5. Verificar que los tanques de reactivos contengan las soluciones de coagulante y desinfectante a las concentraciones deseadas. Agitar para evitar en lo posible gradientes de concentración. En caso de agotamiento la preparación de los reactivos debió realizarse de la siguiente manera:
  - Coagulante: Agregar 2.5 Kg de sulfato de aluminio en 100 L de agua.
  - Desinfectante: Agregar 3.5 Kg de hipoclorito de calcio en 100 L de agua.
6. Estando el nivel del agua en el ecualizador por encima del nivel bajo, se procedió a realizar el ,encendido del sistema como sigue :
  - a) Encendido de la electrobomba sumergible en posición alternado, automático.
  - b) Encendido en ON, dosificadores N°1 Y N°2 de producto Sulfato de aluminio, cloro.
  - c) Encendido en ON, del motor agitador tanque de sedimentador.

- d) Encendido de las bombas centrifugas de agua tratada en posición alternada, automática.
7. Estando encendido los equipos mencionados, funcionaron según programación dado en el PLC y es como sigue:
- a) Funcionamiento de bomba sumergible para llenado del tanque sedimentador desde nivel bajo del sedimentador (1.32) hasta nivel alto del sedimentador (1.82)
  - b) Funcionamiento dosificador N°1 durante 15 minutos hasta llegar al nivel medio del tanque sedimentador (1.55).
  - c) Funcionamiento dosificador N°2 durante 15 minutos hasta llegar al nivel alto del tanque sedimentador (1.82).
  - d) Tiempo programado motor agitador, se encontró encendido en todo el proceso de llenado del tanque sedimentador y posterior a ello 30 min para uniformizar mezcla, con una revolución de 30 rpm regulado en el variador de velocidad.
  - e) funcionamiento válvula de solenoide, desde llenado de tanque sedimentador (nivel bajo) hasta llegar al nivel alto del tanque sedimentador. La válvula solenoide permitió el paso del flujo de agua a través del sistema de inyección para la dosificación.
  - f) Funcionamiento del motor agitador, 30 min. Luego se detendrá durante 2.00 horas en que demora el proceso de decantación.
8. Concluido el proceso de decantación se inicio el proceso de filtración, a través del funcionamiento de las electrobombas que van a los filtros de cuarzo de modo automático y alternado, las bombas se activaron siempre y cuando se dé la condición de que el nivel de agua en la cisterna de agua tratada sea menor que el nivel máximo de agua, determinado por un sensor de nivel tipo boya.
9. El agua al pasar por el filtro estuvo lista para su reusó y ser almacenada en la cisterna de agua tratada, para ello, podemos determinar la calidad del agua mediante la determinación de los parámetros turbidez y sólidos totales disueltos. De ser la turbidez mayor de 20 NTU, había sido necesario



regresar el agua tratada al ecualizador para volver a realizar el procedimiento y determinar y corregir la falla que ocasionó el problema. Un valor de STD mayor de 1200 ppm nos indicó que debemos reingresar agua al sistema.

10. En la cisterna de agua tratada estuvo en funcionamiento las electrobombas de modo automático, alternado, dependiendo de la necesidad de agua que necesita la planta de lavado de balones. Además las electrobombas de agua tratada también entrego un caudal para el sistema de inyección y para el retrolavado en los filtros de cuarzo.
11. La evacuación de los lodos del tanque sedimentador hacia la caja de registro de lodos, se realizó cada 2 Bach durante 15 segundos.
12. El retro lavado de filtros puede trabajar de modo manual y automático, cuando trabaja en automático estuvo programado para realizar su retro lavado cada 3 Bach.

## **X      MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

La planta de tratamiento de agua residual industrial se encontró acondicionada para que trabaje en dos modos: Modo Automático y Modo Manual, cada uno independiente del otro.

A través del modo automático el funcionamiento de la planta quedo condicionado a la lógica implantada al PLC, quedando la labor de preparación de productos químicos sujeta a la función de un operador mientras que en el modo manual el operador a través del movimiento de selectores (ubicados en el tablero general) realizo el tratamiento del agua residual.

A continuación se explicarán las operaciones necesarias para asegurar un correcto funcionamiento de la planta.

### **10.1 Operación Modo Automático**

1. Ubicar el selector S1/S2/ALT de acuerdo a la bomba sumergible con la cual se desee llenar el tanque sedimentador

S1: El programa utilizo la bomba sumergible 1 para llenar el tanque sedimentador

S2: El programa utilizo la bomba sumergible 2 para llenar el tanque sedimentador

ALT: El programa alterna las bombas por cada batch producido en la planta.

#### **Nota:**

- Se recomienda utilizar el modo ALT para que las bombas no sean sobreforzadas.
- El uso de los modos S1, S2 se recomendó en situaciones de averías. Utilizar S1 ante la avería de la bomba 2 o utilizar S2 ante la avería de la bomba 1.

2. Ubicar el selector B1/B2/ALT de acuerdo a la bomba centrífuga con la cual se desee vaciar el tanque sedimentador.

B1: El programa utilizó la bomba centrífuga 1 para vaciar el tanque sedimentador

B2: El programa utilizó la bomba centrífuga 2 para vaciar el tanque sedimentador

ALT: El programa alterna las bombas por cada batch producido en la planta.

**Nota:**

- Se recomendó utilizar el modo ALT para que las bombas no sean sobre forzadas.
- El uso de los modos B1, B2 se recomendó en situaciones de averías. Utilizar B1 ante la avería de la bomba 2 o utilizar B2 ante la avería de la bomba 1.

3. Ubicar el selector B3/B4/ALT de acuerdo a la bomba centrífuga con la cual se suministró agua tratada a la planta de lavado de balones.

B3: El programa utilizó la bomba centrífuga 3 para suministrar agua tratada

B4: El programa utilizó la bomba centrífuga 4 para suministrar agua tratada

ALT: El programa alterna las bombas por cada batch producido en la planta.

**Nota:**

- Se recomendó utilizar el modo ALT para que las bombas no sean sobre forzadas.
- El uso de los modos B3, B4 se recomendó en situaciones de averías. Utilizar B3 ante la avería de la bomba 4 o utilizar B4 ante la avería de la bomba 3.
- Las bombas B3 y B4 también se utilizaron para la generación del efecto VENTURI lo que conlleva a la succión de productos

químicos, por lo que la manipulación del selector B3/B4/ALT escogió la bomba centrífuga B3 o B4 con la cual se generó el efecto VENTURI

4. Ubicar el selector MAN / AUTO en la posición AUTO para el trabajo en automático de la planta.
5. Supervisar el cumplimiento de la programación instaurada en la planta ( véase tabla № 10.1 ).

Tabla №10.1  
ACTIVIDADES QUE DEBERÁ CUMPLIR LA PLANTA EN MODO  
AUTOMÁTICO RELACIONADAS A NIVEL

Nivel	Llenado tanque sedimentador (Encendido bombas sumergibles S1/S2)	Succión de producto químico (Hipoclorito de calcio)	Succión de producto químico (Sulfato de alúmina)	Generación de efecto Venturi (Encendido bombas centrífugas B3/B4)
<b>1.31</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>
<b>1.55</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>1.81</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>

Cuando la tabla 10.1 menciona nivel, se refiere al nivel del tanque sedimentador, siendo 1.31 nivel bajo y 1.81 nivel alto del tanque. Estos valores fueron leídos en la pantalla ubicada en el extremo superior derecho del tablero eléctrico (Fuente: Elaboración Propia).

- El llenado del tanque sedimentador se realizó desde 1.31 a 1.81 (**Activación bomba sumergible S1/S2**)
- La succión hipoclorito de calcio se dio desde 1.31 hasta 1.55 (**Activación válvula diafragma 11Y1**)
- La succión de sulfato de alúmina se dio desde 1.55 hasta 1.81 (**Activación válvula diafragma 11Y2**)
- La generación del efecto Venturi se dio desde 1.31 a 1.81 (**Activación bomba centrífuga B3/B4**).

Una vez lleno el tanque sedimentador el proceso se activó la dependencia de tiempo a su programación (véase tabla № 10,2).

Tabla № 10.2

ACTIVIDADES QUE DEBERÁ CUMPLIR LA PLANTA EN MODOS AUTOMÁTICOS RELACIONADOS A TIEMPO

<b>Tiempo</b>	<b>Agitación</b> (Encendido motor agitador)	<b>Sedimentación</b> (Reposo total de la planta)
0 min	<b>X</b>	
30 min	<b>X</b>	<b>X</b>
150min		<b>X</b>

La tabla 3 señala que luego de llenar el tanque sedimentador, se procedió con la agitación por el lapso de 30 min, pasado el tiempo mencionado se dio la etapa de sedimentación por el lapso de 2:00 horas. Las actividades dentro del tanque sedimentador termino pasados las 2:30 horas y se efectuó su respectiva evacuación. (Fuente: Elaboración Propia).

Tabla № 10.3

ACTIVIDADES QUE DEBERÁ CUMPLIR LA PLANTA EN MODO AUTOMÁTICO RELACIONADAS A NIVEL.

<b>Nivel</b>	<b>Filtración</b> (Encendido bombas centrífugas B3/B4)
1.81	<b>X</b>
1.31	<b>X</b>

Acabada la sedimentación, la actividad restante quedo dependiente del nivel del tanque sedimentador (Fuente: Elaboración Propia)

La actividad restante es Filtración que consistió en la evacuación del agua ubicada en el tanque sedimentador y llevada a filtros de cuarzo en paralelo, todo esto a través de la activación de las bombas centrífugas B3/B4. El lapso por el cual se realizó la actividad fue desde el nivel 1.81 (nivel alto) hasta 1.31 (nivel bajo).

6. Preparación de productos químicos La planta de tratamiento necesito que se realice de modo manual la preparación de productos químicos: Hipoclorito de calcio, sulfato de alúmina.
  - Preparación solución de hipoclorito de calcio.  
Disolver 3.5kg de Hipoclorito de calcio granulado al 70% en 100L de agua.
  - Preparación solución de sulfato de alúmina  
Disolver 2.5Kg de Sulfato de alúmina en 100L de agua.
  
7. Consideraciones adicionales  
Purga de lodos.

Al finalizar cada batch se abrió la válvula **11Y3** que sirvió para la evacuación de lodos generados de la sedimentación. La operación se realizó por espacio de 30 segundos. Pasado el tiempo estimado la válvula **11Y3** se cerró

#### Retrolavado

Cada tres batch se abrieron las válvulas **14Y1**, **14Y2** y **14Y3** manteniendo cerradas las válvulas **14Y4**, **14Y5** y **14Y6**. La operación se realizó por espacio de 5 minutos. Pasado el tiempo estimado la válvula **14Y1**, **14Y2** y **14Y3** se cerraron y se dispuso de la apertura de las válvulas **14Y4**, **14Y5** y **14Y6**.

## 10.2 Operación Modo Manual

La operación modo manual se realizó debido a problemas con la programación del PLC. Se debió seguir el siguiente procedimiento para tratar el agua y ponerla en servicio.

1. Ubicar el selector MAN/AUTO en la posición MAN.  
La posición MAN indico que la planta funcionará en modo manual

2. De forma paralela se ubicó en modo manual los selectores:

- Bomba sumergible S1
- Bomba agua tratada B3
- Dosificador 1

La bomba sumergible se encargó de llenar el tanque sedimentador, mientras que a través de la activación de la bomba de agua tratada se aseguró la succión de producto químico (hipoclorito de calcio) siempre y cuando sea puesto en manual el selector dosificador 1.

3. Cuando el nivel del tanque se encontró en 1.55, desactivar:

- Dosificador 1

Ubicar en modo manual el selector:

- Dosificador 2.

Luego de desactivar la succión de producto químico hipoclorito de calcio, se procedió a la succión de producto químico sulfato de alúmina.

4. Cuando el nivel del tanque se encontró en 1.81 desactivar:

- Bomba sumergible B1.

5. Cumplido los 30 min, desactivar:

- Motor Agitador M1.

A continuación esperar en reposo por el lapso de 2 horas.

6. Pasada las 2:00 horas ubicar en modo manual los selectores:

- Bomba para filtro B1.
- Filtro 01 (TK-FC 01)
- Filtro 02 (TK-FC 02)
- Producción agua tratada

La activación de los selectores mencionados hizo que el agua pase por los filtros de cuarzo para la respectiva retención de sólidos.

7. El proceso termino al llegar al nivel 1.32 en el tanque sedimentador. Repetir los pasos del 1 al 6 para seguir tratando el agua en modo manual.

### **10.3 Programa de Control y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales Industriales de Reusó Capacidad 12 M3/ Día**

El programa de operación y mantenimiento ayudo al operador a organizar su trabajo paso a paso y a definir el personal necesario para una adecuada operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

La mayor parte de los ítems son observaciones visuales o necesidades de mantenimiento que toman un tiempo mínimo si se realizó de acuerdo a lo programado. Con el tiempo el operador desarrollara medios para combinar alguno de sus deberes o responsabilidades con respecto a la buena operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. Si la planta es supervisada periódicamente por un operador capacitado, el cumplimiento del programa propuesto podrá demandar entre una a dos horas al día.

Véase a continuación las tablas del programa de operación y mantenimiento, de los diferentes equipos que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.



## PROGRAMACION DE CONTROL Y MANTENIMIENTO

Tabla № 10.4  
POZO DE RECEPCION

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Cámara de recepción	Verificar el nivel de lodos		X				
	Extracción de lodos				X		
Bombas sumergibles	Verificar la operación del equipo	X					
	Medición del voltaje y amperaje		X				
	desmontaje de bomba para su limpieza e inspección				X		
	Verificar la lubricación						trimestral
	Cambio de aceite				X		
	Megado del motor						trimestral

Fuente: Elaboración Propia

Tabla № 10.5  
EQUIPO DE TRAMPA DE GRASA

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Equipo de trampa de grasa	Verificación de la concentración de pintura flotante	X					
	Retiro manual de la pintura flotante		X				
	Extracción de lodos sedimentados			X			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla № 10.6  
CAMARAS DE REJAS

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Cámara de rejas	Inspección del nivel de obstrucción de la cámara de rejas	X					
	Limpieza a cámara de rejas		X				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla № 10.7  
SEDIMENTADOR PRIMARIO

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Sedimentador primario	Inspección del nivel de lodos			X			
	Extracción de lodos				X		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla № 10.8  
CAMARA DE TRAMPA DE GRASA

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Cámara de trampa de grasa	Inspección del nivel de lodos			X			
	Extracción de lodos				X		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla № 10.9  
SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Sedimentador Secundario	Inspección del nivel de lodos			X			
	Extracción de lodos				X		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla № 10.10  
CAMARA DE ECUALIZACION

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Cámara de ecualización	Inspección del nivel de lodos			X			
	Extracción de lodos				X		
Sensores de nivel	Verificación de sensores tipo boya		X				
	Cambio de sensores					X	
Bombas sumergibles	Verificar la operación del equipo	X					
	Medición del voltaje y amperaje		X				
	Desmontaje para limpieza e inspección				X		
	Verificar la lubricación						trimestral
	Cambio de aceite					X	
	Megado del motor						trimestral

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla № 10.11  
DOSIFICACION DE PRODUCTOS  
QUIMICOS

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Válvulas diafragmas	Desmontaje para limpieza				X		
Recipientes de productos químicos	Preparación de insumos	X					
	Limpieza de válvula y otros accesorios		X				
Rotámetro	Limpieza de medidor			X			
Venturi	Limpieza de Venturi			X			

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla № 10.12  
TANQUE SEDIMENTADOR

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Tanque sedimentado	Limpieza de las paredes internas del tanque			X			
Medidor ultrasónico	Limpieza externa		X				
	Calibración				X		
Motor agitador	Desmontar para su inspección				X		
	Cambio de aceite						Trimestral
	Megado del motor				X		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No 10.13  
SISTEMA DE FILTRACIÓN

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Bombas centrífugas	Verificar operación	X					
	Medición de voltaje y amperaje		X				
	Desmontar para limpieza				X		
	Megado del motor						Trimestral
Filtros de cuarzo	Cambio de cuarzo					X	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla No 10.14  
ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Cámara de agua tratada	Limpieza de lodos					X	
Sensores de nivel	Verificar los sensores de tipo boya		X				
	Cambio de sensores					X	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla No 10.15  
SUMINISTRO AGUA TRATADA

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Bombas centrifugas	Verificar operación	X					
	Medición de voltaje y amperaje		X				
	Desmontaje para su limpieza				X		
	Megado del motor						trimestral

Fuente: Elaboración Propia

Tabla No 10.16  
TABLERO DE CONTROL

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Tablero de control	Inspección interna		X				
	Ajuste de borneras			X			
	Verificación de elementos de control (selector)	X					
	verificar estado de los pilotos	X					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla № 10.17  
EQUIPOS ELECTRÓNICOS

Equipo	Actividad	Frecuencia					
		Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	Otros
Turbidímetro	Calibración					X	
Medidor TDS	Calibración					X	
Medidor ultrasónico	Calibración					X	
Medidor de flujo	Calibración					X	
Filtros de aire	Cambio de aceite					X	

Fuente: Elaboración Propia



## XI ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA

### 11.1 Actividades Cotidianas

#### 11.1.1 Preparación de productos químicos

Para el tratamiento se usó productos químicos que favorecieron la formación de floculos y la clarificación. Los insumos que se utilizaron son el Hipoclorito de Sodio y Sulfato de Aluminio.

- ***Preparación de Hipoclorito de Sodio***

Preparación del hipoclorito de sodio en el tanque de reactivo. Disolver 1kg de Hipoclorito de calcio granulado al 70% en 100 litros de agua.

- ***Preparación de Sulfato de Aluminio***

Preparación del sulfato de Aluminio en el tanque de reactivo. Disolver 2.5Kg de Sulfato de alúmina en 100 litros de agua.

#### 11.1.2 Inspección de equipos de la PTARI

La inspección de los equipos de la planta de tratamiento de aguas industriales se verifico su funcionamiento y operatividad de los equipos que constituyen la planta que opera durante las 24 horas del día.

Por medio de un formato de control de equipos (check list) se verifico lo siguiente:

- 1) Inspección de la dosificación de reactivos químicos como el sulfato de aluminio e Hipoclorito de Calcio tanto en la succión y dosificación
- 2) Inspección del funcionamiento y operatividad de los equipos electromecánicos como: electrobombas, centrifugas y

sumergibles.

- 3) Inspección y verificación del sedimentador, filtros multimedia.
- 4) Inspección y verificación del pozo de recepción, cámara de reja, trampas de grasas, cámaras de sedimentación, cámara de equalización y tanque de almacenamiento.
- 5) Inspección del funcionamiento de los tableros eléctricos.
- 6) Inspección y verificación de los equipos de control de parámetros como son el turbidímetro, el conductímetro y medidor de caudal.
- 7) Inspección y verificación de las tuberías sanitarias y eléctricas.
- 8) Inspección y verificación del sistema hidroneumático.
- 9) Inspección y monitoreo de sensores y controles de nivel.
- 10) Inspección de nivel de los lodos evacuados a la cámara de lodos.

### **11.1.3 Limpieza y mantenimiento de equipos y accesorios**

La limpieza y mantenimientos de equipos, accesorios y componentes de la planta se realizó según el programa de mantenimiento y cuando se presentan anomalías en su funcionamiento.

Se realizó las siguientes actividades de limpieza y mantenimiento:

- 1) Verificación y limpieza del material retenido en las trampas de grasa.
- 2) Limpieza del caliche en las tuberías producida por la dosificación de hipoclorito de Calcio.
- 3) Limpieza del material retenido en la cámara de rejas
- 4) Evacuación de lodos del tanque sedimentador por cada Bach de agua tratada en la planta de tratamiento de aguas industriales.
- 5) Evacuación de lodos del pozo de recepción, cámara de rejas, cámaras de sedimentación, cámara de equalización y de

cámara lodos.

- 6) Evacuación anual del cuarzo y antracita de los filtros multimedia.

#### **11.1.4 Control de Calidad del Agua Tratada**

El control de calidad del agua tratada es una actividad que se realizó permanentemente con el propósito de garantizar su calidad, controlando los parámetros de operación.

Las actividades realizadas en el control de calidad del agua son:

1. Controlar los parámetros de calidad de agua con son turbidez y conductividad.
2. Inspección de los floculos que se forman en el sedimentador por medio del visor que se encuentra en su superficie.
3. Control de calidad del agua tratada (muestreo) por medio de los filtros multimedia.
4. Inspección y monitorear la calidad del afluente a tratar.

#### **11.2 Aportes Realizados en Beneficio de la Empresa**

Durante la dosificación de los productos químicos como el Sulfato de Alúmina y el Hipoclorito de Sodio se suministró por válvulas de diafragma las cuales durante la dosificación se obstruían constantemente dificultando y retrasando el tratamiento y la producción de agua requerida. Por la cual se reemplazó por válvulas de esfera con su Venturi. Esto ha permitido una mejor dosificación tanto de los reactivos químicos.

Cuando hay muchos balones que requieren lavado y pintado aumenta la demanda de agua para el proceso, por consiguiente, se requiere más agua, para ello se realizó la aceleración del proceso que consiste en la disminución del tiempo de agitación de 30 min a 15 min y la disminución del tiempo de sedimentación de 2 horas a 30 min. y agregándole

aproximadamente 300g de coagulante más la cual verificamos su efectividad por medio del visor del sedimentador cuando se formen los floculos que sedimentan por completo, que nos permitió tratar más agua con la misma capacidad instalada.

## XII. CONCLUSIONES

1. Para el tratamiento de aguas industriales es necesaria conocer la turbidez del efluente y con ello agregar una adecuada dosificación de reactivos químicos.
2. Para tratar más efluente es necesario acelerar el proceso de tratamiento por el cual él se disminuye el tiempo de tratamiento en el sedimentador (agitación y sedimentación) tratando más agua.
3. Es importante cumplir el programa de mantenimiento preventivo para que la planta de tratamiento de aguas industriales tenga un funcionamiento óptimo ya que opera las 24 horas al día. Para evitar que se produzca desabastecimiento de agua de reusó en el proceso de lavado y pintado de balones.
4. En el Control de las variables a monitorear en el tablero eléctrico como son el flujo, la turbidez, STD y el sedimentador se debe considerar sus valores máximos y mínimos cuyos resultados determino la efectividad del proceso de tratamiento del agua residual industrial que se trate.
5. El funcionamiento del sedimentador está relacionado con su altura (nivel) nivel bajo 1.31 m y alto 1.81m, estos niveles determino el inicio de diversas operaciones como son la dosificación, la filtración, el funcionamiento de bombas sumergibles y centrifugas.
6. En el sedimentador las etapas de agitación y sedimentación son controlados por intervalos de 30 y 150 minutos, tiempo en el cual se realizó la coagulación y floculación del agua residual.
7. la calidad del agua antes que se almacene en el tanque de almacenamiento se verifica por una válvula de los filtros multimedia que en la cual se observara la claridad después de su tratamiento.

### **XIII. RECOMENDACIONES**

1. Capacitar a los operadores en el funcionamiento de los distintos equipos que forman la planta de tratamiento de aguas industriales.
2. Tener la planta de tratamiento de aguas industriales limpia y ordenada.
3. Uso de equipos de protección personal como son máscaras, lentes, botas al ingresar a la planta antes de operarla.
4. Controlar la cantidad de insumos químicos que se utiliza en el tratamiento.
5. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de los equipos de la planta de tratamiento.
6. Controlar el vertimiento de objetos solidos como son trapos, tapas de balones de gas, etc. que hacen que los equipos como las electrobombas del pozo de recepción y el ecualizador se averíen.
7. Aumentar la capacidad de tratamiento de la planta ya que la demanda de consumo de agua está aumentando.
8. Para acelerar el proceso de floculación se recomienda dosificar un polímero con este reactivo se obtendría una rápida sedimentación.
9. Controlar la evacuación de lodos de los distintos tanques ya que ocupa mayor espacio en los tanques que impide tratar más agua a la planta de aguas industriales.

#### XIV. REFERENCIAS

- 1) Degremont, G. (1973). *Manual Técnico del Agua*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- 2) Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales – Tratamiento Vertido y Reutilización* Madrid, España: Mc Graw Hill.
- 3) Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Recuperado [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- 4) Ramírez, M. E. (2009). *Operación y Mantenimiento de plantas de tratamiento de lodos activados*. Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- 5) Romero, J. A. (2001). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

# ANEXOS



## **ANEXO A**

**Tabla de comparación de parámetros entre la normativa ECA categoría 3  
sub categoría D1: riego de vegetales y el agua tratada por la planta de  
tratamiento de aguas industriales**

Tabla № 1

COMPARACION DE PARAMETROS DEL AGUA TRATADA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES Y LA NORMATIVA ECA CATEGORIA 3 SUB CATEGORIA D1: RIEGO DE VEGETALES

PARAMETRO	ECA	AGUA TRATADA
Conductividad (Us/cm)	2500	2400
Color(Pt/Co)	100(a)	Incolora

Para obtener el valor de la conductividad en la planta de tratamiento se usa la siguiente relación:  $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$  ( $2 \mu\text{S} \times 0.5 = 1 \text{ ppm}$ ) y en el caso del color no se cuenta con un medidor de color de agua a escala Pt/Co. Se evalúa en la planta según su característica física. Se precisa que (a) según la normativa ECA es para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural). (Fuente: Elaboración Propia)

Es importante indicar lo establecido en los estándares de calidad ambiental (ECA) en el caso de aguas residuales tratadas para reusó. En el cual dice lo siguiente:

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reusó.

## **ANEXO B**

### **Dossier fotográfico de la planta de tratamiento de aguas industriales**

## **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE PROCESO PARA LAVADO DE BALONES**

Figura Nº 1  
CÁMARA DE POZO DE AGUA CON  
PINTURA



Fuente: Elaboración propia

Figura Nº 2  
TRAMPA DE GRASAS



Fuente: Elaboración propia

Figura Nº 3  
CÁMARA DE REJAS



Fuente: Elaboración propia

Figura № 4  
CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN  
PRIMARIA



Fuente: Elaboración propia

Figura № 5  
TRAMPA DE GRASA



Fuente: Elaboración propia

Figura № 6  
CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN  
SECUNDARIA



Fuente: Elaboración propia

Figura № 7  
CISTERNA DE ECUALIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia

Figura № 8  
SISTEMA DE INYECCIÓN



Fuente: Elaboración propia

Figura № 9  
TANQUES DE REACTIVOS



Fuente: Elaboración propia

Figura № 10  
TANQUE DE SEDIMENTACIÓN



Fuente: Elaboración propia

Figura № 11  
BOMBAS DE FILTRO Y KIT DE PRESIÓN



Fuente: Elaboración propia

Figura № 12  
FILTROS DE CUARZO – LÍNEAS DE  
TUBERÍA AGUA TRATADA Y SIN  
TRATAR



Fuente: Elaboración propia

Figura № 13  
LÍNEA DE AGUA TRATADA HACIA LA  
CISTERNA DE ALMACENAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

Figura № 14  
BOMBAS CENTRÍFUGAS DE AGUA  
TRATADA



Fuente: Elaboración propia

Figura № 15  
LÍNEA DE LODOS



Fuente: Elaboración propia



Figura № 16  
TABLERO DE CONTROL Y MANDO – VISTA  
EXTERNA



Fuente: Elaboración propia

Figura № 17  
TURBIDÍMETRO



Fuente: Elaboración propia

Figura № 18  
MEDIDOR DE SÓLIDOS DISUELTOS  
TOTALES



Fuente: Elaboración propia

Figura № 19  
MEDIDOR DE NIVEL – SENSOR  
ULTRASONICO



Fuente: Elaboración propia

Figura № 20  
MEDIDOR DE FLUJO



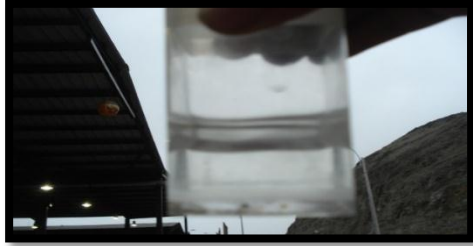
Fuente: Elaboración propia

Figura № 21  
AGUA DE MÁQUINA DE LAVADO EN K3



Fuente: Elaboración propia

Figura № 22  
AGUA TRATADA PARA EL LAVADO  
DE BALONES



Fuente: Elaboración propia