



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR “TECHO PROPIO 1” BAJO LA  
OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA EP-EMAPA-A.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor:**

Martínez Carrasco Jorge Andrés

**Tutor:**

PhD. Fuentes Pérez Esteban Mauricio

AMBATO - ECUADOR

2018

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Martínez Carrasco Jorge Andrés, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre **“ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR “TECHO PROPIO 1” BAJO LA OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA EP-EMAPA-A”**, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 20 días del mes de Agosto de 2018, firmo conforme:

Autor: Martínez Carrasco Jorge Andrés

Firma: .....

Número de Cédula: 180472233-6

Dirección: Tungurahua, Ambato, La Dolorosa

Correo Electrónico: andycapoeira1995@hotmail.com

Teléfono: 0995960919

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR “TECHO PROPIO 1” BAJO LA OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA EP-EMAPA-A” presentado por Martínez Carrasco Jorge Andrés, para optar por el Título de Ingeniero Industrial,

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 02 de Agosto del 2018

.....  
PhD. Fuentes Pérez Esteban Mauricio

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 20 de Agosto del 2018

.....  
Martínez Carrasco Jorge Andrés

180472233-6

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR “TECHO PROPIO 1” BAJO LA OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA EP-EMAPA-A”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 20 de Agosto del 2018

.....

ING. CACERES MIRANDA LORENA ELIZABETH  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

ING. LARA CALLE ANDRES ROGELIO  
VOCAL

.....

ING. MORENO MEDINA VICTOR HUGO  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación va dedicado a mi madre Sonia Carrasco que con su amor, paciencia y apoyo me guía para seguir superándome cada día y a mi familia y amigos por acompañarme en esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de alcanzar cada una de mis metas.

La Universidad Tecnológica Indoamérica, Facultad de Ingeniería Industrial por mi formación académica.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Tema.....	18
Introducción .....	18
Árbol de problemas .....	20
Antecedentes .....	21
Justificación.....	26
Objetivos .....	28
<b>Objetivo General:</b> .....	28
<b>Objetivos Específicos:</b> .....	28

### CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de estudio.....	29
----------------------	----

Enfoque .....	29
Justificación de la metodología.....	30
Población y muestra .....	30
Diseño del trabajo operacionalizad de variables .....	38
Variable Independiente: Eficiencia de remoción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” .....	38
Variable Dependiente: Operación y administración de la EP-EMAPA-A .....	39
Procedimiento para obtención y análisis de datos.....	40
Hipótesis.....	41

### CAPÍTULO III

#### DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Características de la Planta de Tratamiento .....	42
Aguas residuales y sus características.....	49
Tipos de aguas residuales.....	57

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interpretación de resultados .....	84
Verificación de la hipótesis.....	90

### CAPÍTULO V

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones .....	126
Recomendaciones.....	128
Literatura Citada.....	129
ANEXOS.....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Análisis físico-químicos y microbiológicos.....	22
<b>Tabla 2:</b> Prueba sedimentación 06/04/2017 en PTAR Techo Propio 1 .....	24
<b>Tabla 3:</b> Datos de biodegradabilidad primer cuatrimestre 2017 en PTAR Techo Propio 1 .....	25
<b>Tabla 4:</b> Proceso de Recolección de Muestras.....	31
<b>Tabla 5:</b> Parámetros de Aguas Residuales .....	35
<b>Tabla 6:</b> Recolección de información.....	37
<b>Tabla 7.</b> Variable Independiente: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales... 38	
<b>Tabla 8.</b> Operación y Administración de la EP-EMAPA-A .....	39
<b>Tabla 9</b> Recolección de Información .....	40
<b>Tabla 10:</b> Datos PTAR Techo Propio 1 .....	48
<b>Tabla 11:</b> Matriz de Datos.....	59
<b>Tabla 12:</b> Tabla de datos Alcalinidad .....	62
<b>Tabla 13:</b> Tabla de datos Coliformes Fecales .....	64
<b>Tabla 14:</b> Tabla de Datos de Color .....	67
<b>Tabla 15:</b> Tabla de Datos de Cromo VI.....	68
<b>Tabla 16:</b> Tabla de Datos DBO <sub>5</sub> .....	71
<b>Tabla 17:</b> Tabla de Datos DQO.....	73
<b>Tabla 18:</b> Tabla de Datos de Materia Flotante .....	75
<b>Tabla 19:</b> Tabla de Datos pH .....	76
<b>Tabla 20:</b> Tabla de Datos Solidos Sedimentables.....	78
<b>Tabla 21:</b> Tabla de Datos Solidos Suspendidos Totales .....	80
<b>Tabla 22:</b> Tabla de Datos Solidos Totales .....	82
<b>Tabla 23:</b> Interpretación de Resultados.....	86
<b>Tabla 24:</b> Método para Alcalinidad.....	92
<b>Tabla 25:</b> Análisis de Varianza Alcalinidad.....	92
<b>Tabla 26:</b> Resumen del modelo Alcalinidad .....	92
<b>Tabla 27:</b> Medias Alcalinidad .....	93
<b>Tabla 28:</b> Comparaciones en Pareja Alcalinidad .....	93
<b>Tabla 29:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias de Alcalinidad.....	94

<b>Tabla 30:</b> Método para Coliformes Fecales .....	96
<b>Tabla 31:</b> Análisis de Varianza Coliformes Fecales .....	96
<b>Tabla 32:</b> Resumen del modelo Coliformes fecales .....	97
<b>Tabla 33:</b> Medias Coliformes Fecales.....	97
<b>Tabla 34:</b> Comparaciones en parejas Coliformes Fecales .....	97
<b>Tabla 35:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias de Coliformes Fecales.....	98
<b>Tabla 36:</b> Método Cromo VI.....	100
<b>Tabla 37:</b> Análisis de Varianza Cromo VI.....	100
<b>Tabla 38:</b> Resumen del modelo Cromo VI .....	100
<b>Tabla 39:</b> Medias Cromo VI .....	101
<b>Tabla 40:</b> Comparaciones en parejas Cromo VI .....	101
<b>Tabla 41:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias de Cromo VI.....	101
<b>Tabla 42:</b> Método DBO <sub>5</sub> .....	103
<b>Tabla 43:</b> Análisis de Varianza DBO <sub>5</sub> .....	104
<b>Tabla 44:</b> Resumen del modelo DBO <sub>5</sub> .....	104
<b>Tabla 45:</b> Medias DBO <sub>5</sub> .....	104
<b>Tabla 46:</b> comparación en parejas DBO <sub>5</sub> .....	104
<b>Tabla 47:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias DBO <sub>5</sub> 105	
<b>Tabla 48:</b> Método DQO .....	107
<b>Tabla 49:</b> Análisis de Varianza DQO .....	107
<b>Tabla 50:</b> Resumen del modelo DQO.....	107
<b>Tabla 51:</b> Medias DQO .....	108
<b>Tabla 52:</b> Comparación DQO .....	108
<b>Tabla 53:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias DQO	108
<b>Tabla 54:</b> Método pH.....	110
<b>Tabla 55:</b> Análisis de Varianza pH .....	111
<b>Tabla 56:</b> Resumen del modelo pH.....	111
<b>Tabla 57:</b> Medias pH.....	111
<b>Tabla 58:</b> Comparaciones pH.....	112
<b>Tabla 59:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias pH .....	112

<b>Tabla 60:</b> Método Solidos Sedimentables.....	114
<b>Tabla 61:</b> Análisis de Varianza Solidos Sedimentables.....	115
<b>Tabla 62:</b> Resumen del modelo Solidos Sedimentables .....	115
<b>Tabla 63:</b> Medias Solidos Sedimentables .....	115
<b>Tabla 64:</b> Comparaciones Solidos Sedimentables .....	115
<b>Tabla 65:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias Solidos Sedimentables .....	116
<b>Tabla 66:</b> Método Solidos Suspendidos Totales.....	118
<b>Tabla 67:</b> Análisis de Varianza Solidos Suspendidos Totales .....	118
<b>Tabla 68:</b> Resumen del modelo Solidos Suspendidos Totales.....	119
<b>Tabla 69:</b> Medias Solidos Suspendidos Totales.....	119
<b>Tabla 70:</b> Comparaciones Solidos Suspendidos Totales .....	119
<b>Tabla 71:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias Solidos Suspendidos Totales.....	120
<b>Tabla 72:</b> Método Solidos Totales .....	122
<b>Tabla 73:</b> Análisis de Varianza Solidos Totales.....	122
<b>Tabla 74:</b> Resumen del modelo Solidos Suspendidos Totales.....	122
<b>Tabla 75:</b> Medias Solidos Totales .....	123
<b>Tabla 76:</b> Comparaciones Solidos Totales .....	123
<b>Tabla 77:</b> Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias Solidos Totales.....	123

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Árbol de Problemas .....	20
<b>Gráfico 2:</b> Alcalinidad .....	63
<b>Gráfico 3:</b> Coliformes Fecales.....	65
<b>Gráfico 4:</b> Cromo VI.....	69
<b>Gráfico 5:</b> DBO <sub>5</sub> .....	72
<b>Gráfico 6:</b> DQO.....	74
<b>Gráfico 7:</b> pH .....	77
<b>Gráfico 8:</b> Solidos Sedimentables .....	79
<b>Gráfico 9:</b> Solidos Suspendedos Totales .....	81
<b>Gráfico 10:</b> Solidos Totales.....	83
<b>Gráfico 11:</b> Intervalos de confianza Alcalinidad.....	94
<b>Gráfica 12:</b> Valores Individuales Alcalinidad .....	95
<b>Gráfico 13:</b> Grafica Triple Alcalinidad.....	95
<b>Gráfico 14:</b> Intervalos de confianza Coliformes Fecales .....	98
<b>Gráfico 15:</b> Valores Individuales Coliformes Fecales .....	99
<b>Gráfico 16:</b> Grafica triple Coliformes Fecales .....	99
<b>Gráfico 17:</b> Intervalos de Confianza Cromo VI.....	102
<b>Gráfico 18:</b> Valores Individuales Cromo VI.....	102
<b>Gráfico 19:</b> Grafica Triple Cromo VI .....	103
<b>Gráfico 20:</b> Intervalos de Confianza DBO <sub>5</sub> .....	105
<b>Gráfico 21:</b> Valores Individuales DBO <sub>5</sub> .....	106
<b>Gráfico 22:</b> Grafica Triple DBO <sub>5</sub> .....	106
<b>Gráfico 23:</b> Intervalos de confianza DQO.....	109
<b>Gráfico 24:</b> Valores Individuales DQO.....	109
<b>Gráfico 25:</b> Grafica Triple DQO .....	110
<b>Gráfico 26:</b> Intervalos de confianza pH: .....	113
<b>Gráfico 27:</b> Valores Individuales pH .....	113
<b>Gráfico 28:</b> Grafica Triple pH.....	114
<b>Gráfico 29:</b> Intervalos de confianza Solidos Sedimentables.....	116
<b>Gráfico 30:</b> Valores Individuales Solidos Sedimentables.....	117
<b>Gráfico 31:</b> Grafica Triple Solidos Sedimentables .....	117

<b>Gráfico 32:</b> Intervalos de Confianza Solidos Suspendidos Totales .....	120
<b>Gráfico 33:</b> Valores Individuales Solidos Suspendidos Totales .....	121
<b>Gráfico 34:</b> Grafica Triple Solidos Suspendidos Totales.....	121
<b>Gráfico 35:</b> Intervalos de confianza Solidos Totales .....	124
<b>Gráfico 36:</b> Valores Individuales Solidos Totales .....	124
<b>Gráfico 37:</b> Grafica Triple Solidos Totales .....	125

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Laboratorio de Control de Calidad .....	132
<b>Anexo 2:</b> Pruebas de Control de Calidad.....	132
<b>Anexo 3:</b> Laboratorio de Calidad "Casigana" .....	133
<b>Anexo 4:</b> Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	133
<b>Anexo 5:</b> Recopilación de Información .....	134
<b>Anexo 6:</b> límites de descarga a un cuerpo de Agua dulce .....	135
<b>Anexo 7:</b> Informe de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos.....	136
<b>Anexo 8:</b> Cadena de Custodia.....	137
<b>Anexo 9:</b> Orden de Trabajo .....	138
<b>Anexo 10:</b> Inventario PTAR EP-EMAPA-A.....	139
<b>Anexo 11:</b> Reglamento de Seguridad de la EP-EMAPA-A; <b>Error! Marcador no definido.</b>	

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN**  
**Y LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INDUSTRIAL**

**TEMA: “ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR “TECHO PROPIO 1” BAJO LA OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA EP-EMAPA-A”**

**AUTOR:** Martínez Carrasco Jorge Andrés

**TUTOR:** PhD. Fuentes Pérez Esteban Mauricio

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto se centra en el estudio de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector “Techo Propio 1” que se encuentra bajo la operación y administración de la EP-EMAPA-A. Para la consecución de este estudio se tomaron muestras antes y después del respectivo tratamiento de agua residual, una vez clasificadas y etiquetadas se procedió a realizar análisis de carácter físico, químicos y microbiológicos, los cuales nos permitieron detallar la composición de estas aguas previo a las diferentes etapas de las que consta el tratamiento de aguas residuales. Cuando se las considera aguas aptas para ser vertidas al efluente aledaño, en este caso en el sector Viña Shina. Una vez realizados los ensayos sobre las muestras recogidas se pudo observar que los parámetros correspondientes a: alcalinidad, coliformes fecales, DBO<sub>5</sub> y DQO se encuentran fuera del rango aceptable para la descarga segura del agua residual, por otro lado, parámetros como: cromo VI, materia flotante, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales sí que cumplen con la normativa oficial obtenida del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA. Como resultado del estudio y mediante el contraste de los valores obtenidos en el laboratorio de calidad del agua y la normativa en vigor se pudo determinar que el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” es deficiente alcanzando solamente un 29.91% de remoción de contaminantes e incluso en el caso de la alcalinidad y coliformes fecales presenta mayor grado de contaminación posterior al tratamiento, afectando directamente a parámetros como el DBO<sub>5</sub> y la DQO.

**DESCRIPTORES:** aguas residuales, eficiencia, TULSMA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN**  
**Y LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INDUSTRIAL**

**THEME: “STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT AT ‘TECHO PROPIO 1’ UNDER THE OPERATION AND ADMINISTRATION OF EP-EMAPA-A”**

**AUTHOR:** Martínez Carrasco Jorge Andrés

**TUTOR:** PhD. Fuentes Pérez Esteban Mauricio

**ABSTRACT**

The project focuses on the study of the efficiency of the wastewater treatment plant "Techo Propio 1". It is under the operation and administration of EP-EMAPA-A. To obtain this study, samples were taken before and after the respective wastewater treatment. Once classified and labeled, we proceeded to carry out physical, chemical and microbiological analysis, which allowed us to detail the composition of these waters prior to the different stages of the wastewater treatment. Subsequent to this, which is when they are considered suitable waters to be discharged to the surrounding effluent, in this case in the Viña Shina sector. Once the tests on the collected samples were carried out, it could be observed that the parameters corresponding to: alkalinity, fecal coliforms, BOD<sub>5</sub> and COD are outside the acceptable range for the safe discharge of residual water, on the other hand, parameters such as: chromium VI, floating material, sedimentables solids and total suspended solids do comply with the official regulations obtained from Annex 1 of Book VI the TULSMA. As a result of the study and by contrasting the values obtained in the water quality laboratory and the regulations in force it was possible to determine that the operation of the wastewater treatment plant "Techo Propio 1" is deficient reaching only 29.91% of removal of pollutants. In the case of alkalinity and fecal coliforms presents greater degree of contamination after treatment, directly affecting parameters such as BOD<sub>5</sub> and COD.

**KEYWORDS:** wastewater, efficiency, TULSMA

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Tema**

“Estudio de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector “techo propio 1” bajo la operación y administración de la EP-EMAPA-A”.

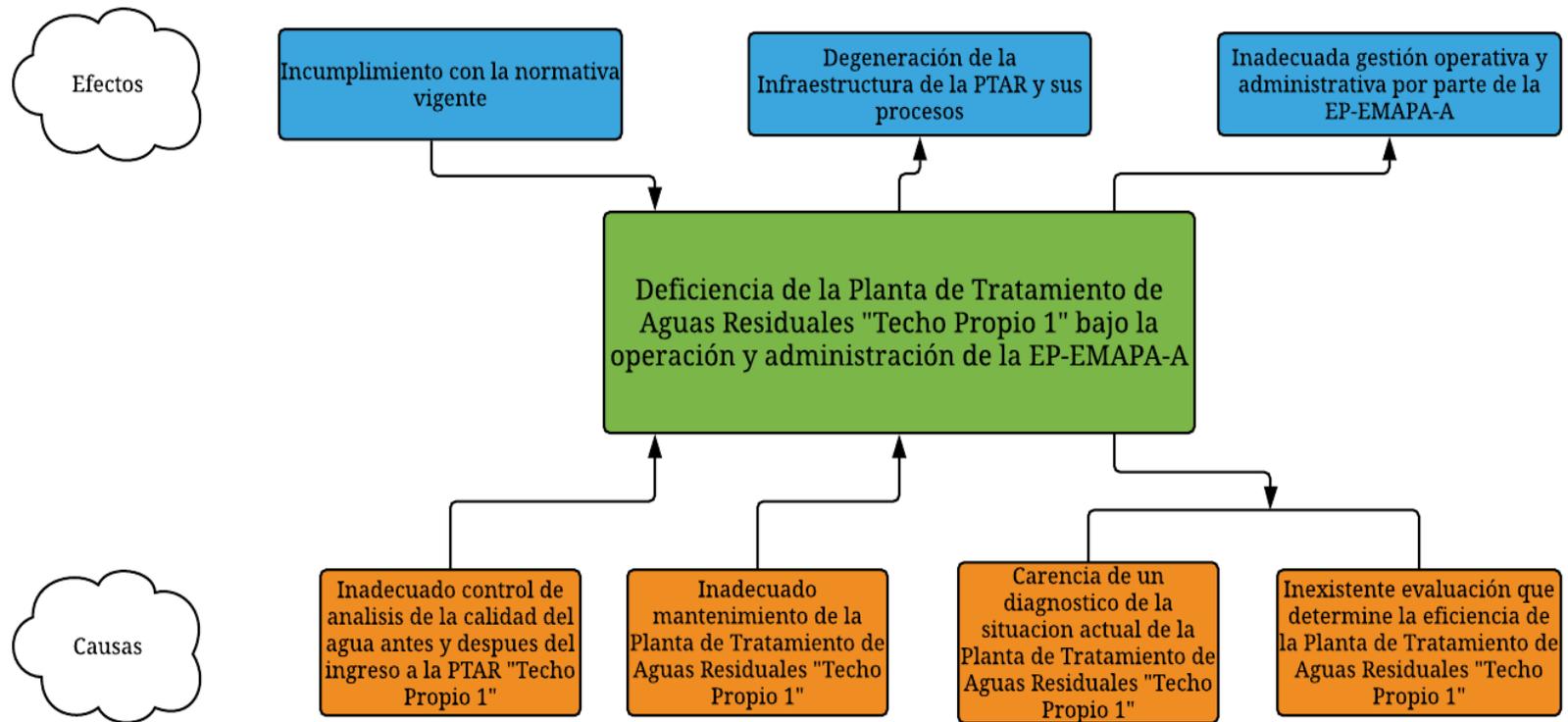
#### **Introducción**

En el presente proyecto se aborda el tema “Estudio de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector “Techo Propio” bajo la operación y administración de la EP-EMAPA-A”, el cual permite conocer la eficiencia con la que trata las aguas residuales la planta de tratamiento “Techo Propio 1”.

Esta eficiencia se va a calcular mediante la toma de muestras de aguas residuales que llegan a la planta, y posteriormente se relacionará con las muestras tomadas después del tratamiento realizado. Los datos así obtenidos serán comparados con la *“Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua”*, la cual va a permitir determinar el grado de eficiencia alcanzado de acuerdo al reglamento Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (TULSMA) (Ver Anexo 7).

Este tiene como objeto la prevención y control de la contaminación ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la norma es proteger la calidad del recurso que nos ocupa para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

## Árbol de problemas



*Gráfico 1: Árbol de Problemas*

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Como se puede apreciar en el Grafico 1 se tiene el problema central que es la deficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” teniendo causas como el inadecuado análisis de la calidad del agua antes y después del ingreso a la Planta de tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” lo cual afecta directamente al incumplimiento con la normativa vigente como es el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente.

Se puede observar de igual manera que el inadecuado mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” afecta significativamente en cuanto a la degeneración de la infraestructura de la misma y sus procesos de eliminación de contaminantes.

La carencia de un diagnóstico de la situación actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” y la inexistente evaluación y determinación de la eficiencia de la misma esta ocasionada por la inadecuada gestión administrativa y operativa por parte de la EP-EMAPA-A.

## **Antecedentes**

### **Análisis de aguas residuales**

En el año 2013, el Departamento de Operación y Mantenimiento, realizo el proyecto y fiscalización de la construcción del Laboratorio de Aguas Residuales en la Planta el “Casigana”, con la finalidad de investigar y evaluar la operatividad de las PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) a cargo de la EMAPA (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado). El personal de campo conjuntamente con el de laboratorio hacen un muestreo de las aguas residuales, de los afluentes y efluentes que ingresan a los sistemas de tratamiento. Estos informes son entregados y analizados por la unidad de Plantas de Tratamiento; Actualmente el laboratorio realiza los análisis físico-químicos y microbiológicos de los siguientes parámetros observados en la Tabla 1:

**Tabla 1: Análisis físico-químicos y microbiológicos**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite de descarga a un cuerpo receptor (TULSMA)</b>
<i>Alcalinidad</i>	mg/L	-
<i>Carbonatos</i>	mg/L	-
<i>Cianuros</i>	mg/L	0.1
<i>Cloruros</i>	mg/L	1000
<i>Coliformes fecales</i>	UFC/100 mL	Remoción al 99.9 %
<i>Color real</i>	-	Inapreciable en dilución 1:20
<i>Cr (VI)</i>	mg/L	0.5
<i>DBO5</i>	mg/L	100
<i>DQO</i>	mg/L	250
<i>Fluoruros</i>	mg/L	5
<i>Fósforo total</i>	mg/L	10
<i>Hierro</i>	mg/L	10
<i>Materia flotante</i>	-	0
<i>pH</i>	-	5-9
<i>Sólidos sedimentables</i>	mg/L	1
<i>Sólidos suspendidos totales</i>	mg/L	100
<i>Sólidos totales</i>	mg/L	1600
<i>Sólidos totales disueltos</i>	mg/L	-
<i>sulfatos</i>	mg/L	1000
<i>Temperatura</i>	<sup>0</sup> C	<35
<i>Tensoactivos</i>	mg/L	0.5
<i>Turbiedad</i>	NTU	-
<i>Zinc</i>	mg/L	5

**Fuente:** EP-EMAPA-A (2017)

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En este momento la mayoría de las PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) cuentan con un laboratorio propio acreditado para que lleve a cabo el análisis de las respectivas aguas residuales tratadas, de acuerdo a lo que estipula el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente).

Estos resultados ayudan a la evaluación de la operatividad de las plantas y determina la eficacia y eficiencia de las mismas.

Con el fin de aumentar la eficiencia, se han realizado trabajos constructivos en los sedimentadores de algunas de las PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), entre ellas Techo Propio 1 y Techo Propio 3. De forma que se incrementa la sedimentación dentro del pre-tratamiento o tratamiento primario, aumentando con ello la eficiencia de la planta: Los sedimentadores permiten incrementar la deposición de una mayor cantidad de sólidos suspendidos, por lo que estos no pasarían a la siguiente fase del tratamiento y la eficacia del mismo aumenta cuantitativamente.

### **Plantas de tratamiento de aguas residuales de techo propio que opera la EP-EMAPA-A**

Como se ha podido comprobar, el tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación en los cuerpos receptores. La EP-EMAPA-A (Empresa Pública - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato) se encuentra operando 16 PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), de las cuales nuestro estudio se centra en la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) de Techo Propio 1, cuyas características principales se detallan a continuación:

- **PTAR TECHO PROPIO 1**

Se encuentra ubicada en la parroquia Pishilata, su efluente tratado es descargado a la quebrada del sector viña Shina; La PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) tiene tres etapas de tratamiento, un pre tratamiento, un tratamiento secundario y un sistema de desinfección.

El pre tratamiento consta de un aliviadero, una criba, un desarenador y una trampa de grasas; Mientras que el segundo tratamiento funciona como una fosa séptica y un filtro biológico, finalmente pasa a un tercer tratamiento que es un sistema de desinfección, los lodos resultantes del tratamiento son dispuestos en el lecho de secado de lodos.

Se colocó un tubo en la salida del desarenador de 60 cm desde el piso. Este tubo funciona con un mecanismo semejante al de un sifón. La prueba de sedimentación realizada el 06/04/2017 arrojó los resultados que se indican en la Tabla 2:

**Tabla 2:** Prueba sedimentación 06/04/2017 en PTAR Techo Propio 1

<i>Parámetro medido</i>	<b>Cámara de ingreso</b>		<b>Salida del desarenador</b>	
	1 min	5 min	1 min	5 min
<i>Tiempo Sólidos sedimentables (mg/L)</i>	1.7	1.9	0.5	1.0

**Fuente:** EP-EMAPA-A (2017)

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En la prueba de sedimentación realizada con un cono Imhoff se verificó que después de realizar la mejora en el sedimentador al ingreso de las PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), aumenta el tiempo de retención. Por lo tanto, los resultados obtenidos arrojan que el tratamiento primario es el esperado. Para validar la mejora, los resultados se analizarán en el laboratorio.

En el primer cuatrimestre se obtuvieron los datos de biodegradabilidad que se indican en la Tabla 3:

**Tabla 3:** Datos de biodegradabilidad primer cuatrimestre 2017 en PTAR Techo Propio 1

<i>PTAR</i>	<b>Entrada</b>			<b>Salida</b>		
	<i>Techo</i>	DBO <sub>5</sub>	DQO	biodegradabilidad	DBO <sub>5</sub>	DQO
<i>Propio 1</i>	252	607	0.41	213	396	0.53

**Fuente:** EP-EMAPA-A (2017)

**Elaborado por:** Andrés Martínez

- **PTAR TECHO PROPIO 2:** actualmente inactiva.
- **PTAR TECHO PROPIO 3**

Se encuentra ubicada en la parroquia Pishilata, el efluente tratado es descargado a la quebrada en el sector de la iglesia de Techo Propio; La PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) consta de un aliviadero, el cual regula el caudal de entrada y lo separa de la dilución en presencia de agua lluvia, posteriormente pasa a un cribado grueso y a un desarenador.

Una vez separados los sólidos gruesos pasa a una fosa séptica, después se da la separación de los sólidos remanentes en dos filtros biológicos colocados en paralelo. Por último, el efluente vuelve a pasar por un tanque de cloración y medios filtrantes puestos en serie antes de su descarga, los lodos resultantes del tratamiento son dispuestos en el lecho de secado de lodos.

“Lara Villacís realizó una investigación sobre las aguas residuales del Camal Municipal del Cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pastaza en la provincia de Tungurahua. Se ha verificado que las aguas residuales del camal Municipal son vertidas directamente al río Pastaza por lo que está fuera de la normativa del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente) que esto se realice y los niveles de contaminación de las aguas están por encima de las establecidas” (Lara Villacis, 2011).

### **Justificación**

El presente proyecto tiene una gran **importancia** para el medio ambiente y la EP-EMAPA-A (Empresa Pública - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato) en cuanto que ayudará a identificar los posibles riesgos que conlleva no realizar una descarga del recurso hídrico bajo normas establecidas por parte de las entidades de regulación del medio ambiente. El estudio dará posibles soluciones a la problemática de no contar con una medida de eficiencia de la planta de tratamiento “Techo Propio 1” de la EP-EMAPA-A (Empresa Pública - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato).

Esto influirá en las decisiones por parte de los directivos de la empresa para tener una mejor planificación y toma de decisiones respecto a la **factibilidad** en el tratamiento de aguas residuales que se descargan al medio ambiente sin una normalización mínima que es requerida por la entidad de regulación.

Para minimizar y revertir los factores que ocasionan la contaminación del agua es necesario capacitar a los trabajadores sobre el correcto tratamiento que se debe dar al agua y mejorar las instalaciones de la planta de tratamiento “Techo Propio 1” de la EP-EMAPA-A (Empresa Pública - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato). Los resultados de esta experiencia también permitirán obtener los elementos para poder realizar el adecuado proceso de tratamiento en las distintas plantas de tratamiento lo cual **beneficiara** a la empresa en el momento que las entidades de regulación aprueben los procedimientos y no exista una multa por incumplimiento de parámetros, así también siendo beneficiado el medio ambiente por el buen tratamiento del agua residual y bajo impacto ambiental que causara el tratamiento positivos de las Aguas.

Una etapa previa y que constituye el objetivo del presente proyecto es analizar y comparar todas las experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales existentes en la Planta de Tratamiento “Techo Propio 1”, que luego permitan identificar y considerar posibles estrategias para el diseño e implementación de futuros sistemas de tratamiento. Así mismo, esta etapa es de una gran **utilidad** puesto que permitirá identificar nuevas oportunidades de intervención para el mejoramiento ambiental.

El **impacto** del proyecto se verá reflejado en el aumento de la eficiencia y mejor gestión de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”, que influirá de manera positiva en el factor medio ambiental que afecta directamente a la zona de Viña Shina y el Rio Ambato, ya que se observa un ecosistema hostil donde pueda proliferar la vida silvestre en el sector debido a la gran contaminación producida por las Aguas residuales que se descargan al efluente.

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

- Estudiar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector “Techo Propio 1” bajo la operación y administración de la EP-EMAPA-A.

### **Objetivos Específicos:**

- Diagnosticar la situación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” de la EP-EMAPA-A.
- Analizar la calidad del agua antes y después del ingreso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”.
- Determinar la relación entre la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” con la administración y operación de la EP-EMAPA-A

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **Área de estudio**

#### **Delimitación del objeto de investigación**

**Dominio Propio:** Hábitat Sostenible

**Línea de Investigación:** Ecología y análisis ambiental

**Campo:** Ingeniería Industrial

**Área:** Eficiencia de remoción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**Aspecto:** La administración y operación de la EP-EMAPA-A.

**Objeto de estudio:** Eficiencia de remoción de contaminantes y la administración y operación de la EP-EMAPA-A

**Periodo de Análisis:** Noviembre 2017 – Febrero 2018

### **Enfoque**

Esta investigación se basó en una metodología cuantitativa la cual permitió examinar los datos obtenidos de manera numérica, especialmente en el área estadística para el cálculo de eficiencia de la planta de tratamiento. La base de datos que fue recopilada mediante una toma de muestras realizadas diariamente por un periodo de 8 días, permitió tener una comparativa de la eficiencia del tratamiento

en contraste con la base legal establecida por el ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA.

### **Justificación de la metodología**

**De campo:** El presente proyecto pretende analizar la eficiencia de la planta de tratamiento Techo Propio 1 para lo cual, se analizará la situación actual de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) mediante la recopilación de muestras de las aguas residuales tanto al ingreso como a la salida de la planta de tratamiento.

**Documental o bibliográfico:** Una vez realizada la recopilación y análisis de muestras, se procederá a realizar una comparativa con el ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA.

**Correlacionar y relación de variables:** Se logro relacionar la eficiencia de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” con referencia a la operación y administración de la EP-AMAPA-A.

### **Población y muestra**

La población que se empleó para este proyecto de investigación es pequeña por lo cual no fue necesario definir una muestra, debido a que se trabajó directamente con la totalidad de los datos obtenidos la cual se conforma por 8 muestras tomadas en el horario laborable de la EP-EMAPA-A (Empresa Pública – Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato).

El termino remoción se entiende como la capacidad del sistema para eliminar parte de la concentración de contaminantes que se encuentra en el agua residual.

La eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales viene dada por:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100 \%$$

### Ecuación 1

**Fuente:** Parra Rodrihuez, Lina M

Donde:

- E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]
- S: Carga contaminante de salida (mg DQO, DBO5 o SST/L)
- S<sub>0</sub>: Carga contaminante de entrada (mg DQO, DBO5 o SST/L)

Con esta fórmula se pudo calcular la eficiencia de remoción de cada uno de los contaminantes, para posteriormente calcular la eficiencia total de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”.

Para la toma de muestras se procedió según la Tabla 4:

**Tabla 4:** *Proceso de Recolección de Muestras*

<i>Actividad</i>	<b>Detalle</b>	<b>Observaciones</b>
<i>Organizar</i>	Organizar las botellas rotuladas, los reactivos, formatos e insumos	Los insumos y material utilizado deben estar previamente esterilizado
<i>Identificar el punto de recolección</i>	Llegar al punto de muestreo e identificar los puntos para la toma de muestras.	

<i>Etiquetado</i>	Etiquetar las botellas antes del llenado. Los rótulos cuentan con la información de los analitos y la preservación respectiva.	Cubrir el rotulo con una cinta adhesiva transparente para evitar su deterioro.
<i>Recolección</i>	Colocar el recipiente bajo la descarga de tal manera que reciba todo el flujo.	Llenar el recipiente hasta la marca de 1 L con una muestra bien mezclada.
<i>Registro</i>	Registre en el formato de captura de datos en campo todas las observaciones a que haya lugar durante el muestreo y la integración de la muestra.	Llenar con los intervalos de tiempo en el q fueron tomadas las muestras
<i>Guardado de muestras</i>	Coloque las botellas dentro de la nevera	Verificar que la hielera este completamente cerrada para mantener la temperatura.
<i>Transporte</i>	Llevar la hielera con las muestras al laboratorio de Calidad “Casigana”	Preserve las muestras dependiendo los parámetros

**Fuente:** EP-EMAPA-A (2017)

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Para la toma de muestras se debe preparar los materiales a utilizar los cuales primeramente deben ser lavados, esterilizados o desinfectados con cuidado, todos los envases que van a ser utilizados para la toma y transporte de muestras de aguas residuales al laboratorio de control de calidad en la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Casigana” deben pasar por este proceso de preparación.

Para lavar los envases se debe usar jabón líquido y realizar el tallado respectivo con el uso de guantes de látex, posteriormente se debe enjuagar con agua y finalmente se realizará un último enjuague con agua purificada y se lo secará en una estufa a 80°C.

También se debe preparar los materiales que se van a utilizar en el análisis como son servilletas o toallas desechables, paños o franelas limpias, piceta con agua purificada, envases para la recolección y transporte de muestras, geles frigoríficos para transportación de muestras, maleta frigorífica y hojas de registro de recorrido, también se verifica que todos los envases para recolección de muestra se encuentren claramente identificados, esto en cuanto a la preparación de los materiales a utilizar.

En lo referente a los equipos que van a ser utilizados para el análisis de muestras son: turbidímetro portátil, medidor de cloro residual, manómetro, termómetro infrarrojo, pH metro y/o Conductímetro y/o medidor de oxígeno disuelto como se observa en el Anexo 1.

Para los equipos portátiles se debe limpiar con paños humedecidos con agua y jabón líquido, y no se debe transportarlos mojadas para evitar que haya una proliferación de bacterias, los ajustes y verificación de los equipos se realiza por la laboratorista antes de salir al recorrido para la toma de muestras ya sea el mismo día o el día anterior.

Los equipos de cloro residual y turbidez se verifican con un “Material de Regencia Certificado” que tiene un valor conocido en estos casos de turbiedad, el ajuste del equipo se realiza bajo estándares dados por el fabricante del equipo para corregir posibles desviaciones que pueda tener este al realizar las lecturas.

La preparación de los reactivos está a cargo de la laboratorista del laboratorio de control de calidad para lo cual:

- La determinación del cloro de agua residual se debe preparar una muestra de solución del reactivo DPD que debe tener una concentración del 5%.
- Los envases de análisis microbiológicos se realiza una solución del 3% de tiosulfato de sodio o 2 pastillas de tiosulfato de sodio.

Una vez que se tiene listo los materiales y los reactivos para la realización del análisis de muestras se procede a dirigirse a la planta de tratamiento “Techo Propio 1” una vez se llega a la planta de tratamiento se procede a recoger las muestras de aguas residuales al ingreso de la planta (mirar Anexo 4), para lo cual se ocupan los envases previamente esterilizados que contienen pastillas de tiosulfato de sodio para preservar la muestra, para su uso, se recoge la muestra de agua y se sella el envase para transportarlo y llevarlo al laboratorio de control de calidad colocándolos en la frigo maleta.

Cuando se toma la muestra se mide la temperatura de la misma y de igual manera al ingreso al laboratorio.

Posteriormente se procede a realizar los ensayos correspondientes para emitir el informe de análisis Físico, químicos y Microbiológicos como se puede apreciar en el Anexo 2.

Una vez realizado los ensayos correspondientes por parte de la laboratorista se realiza la recopilación de información y se llena el formato con los resultados obtenidos pudiéndolo apreciar en el Anexo 5.

**Tabla 5: Parámetros de Aguas Residuales**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<sup>1</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de	D.Q.O.	mg/l	250

<sup>1</sup> Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Oxígeno			
Dicloro etileno	Dicloro etileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

**Elaborado por:** Andres Martinez

**Fuente:** Norma oficial mexicana

En la Tabla 6 podemos observar un ejemplo demostrativo donde se recoge la información de las distintas muestras obtenidas en intervalos de 30min cada una:

*Tabla 6:Recolección de información*

<b>CÓDIGO CAMPO</b>	<b>CODIGO LAB</b>	<b>SITIO DE TOMA DE LA MUESTRA</b>	<b>HORA DE LA TOMA DE MUESTRA</b>	<b>N° DE FRASCOS</b>	<b>VOL MUESTRA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	180101016	PTAR Techo #1 - Entrada	8:00	1	500 ml	
2	180101017	PTAR Techo #1 - Entrada	8:30	1	500 ml	
3	180101018	PTAR Techo #1 - Entrada	9:00	1	500 ml	

**Fuente:** EP-EMAPA-A (2017)

**Elaborado por:** Andrés Martínez

## Diseño del trabajo operacionalizado de variables

### Variable Independiente: Eficiencia de remoción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

En la Tabla 7 se da a conocer la variable independiente que es la Eficiencia de remoción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” con sus respectivas características y como se va a lograr identificar la información de la misma.

*Tabla 7. Variable Independiente: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*

<i>Conceptualización</i>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Interrogantes</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: la planta de tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua usada por los humanos.</i>	Procesos de remoción	Eficiencia de los procesos	¿La Planta de Tratamiento cumple con los requisitos establecidos en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente?	Observación directa	Informe de análisis Físico Químicos y microbiológicos (Anexo 7)
	Eliminación de contaminantes	Porcentaje de contaminación	¿El proceso de tratamiento es el adecuado?	Observación directa	Cadena de custodia (Anexo 8)
			¿Existen controles de los contaminantes?		Informe de análisis Físico Químicos y microbiológicos (Anexo 7)

**Elaborado por:** Andrés Martínez

**Fuente:** Investigación Directa

**Variable Dependiente: Operación y administración de la EP-EMAPA-A**

En la Tabla 8 se da a conocer la variable dependiente que es la operación y administración de la EP-EMAPA-A en la eficiencia de remoción de contaminantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”.

*Tabla 8. Operación y Administración de la EP-EMAPA-A*

<i>Conceptualización</i>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Interrogantes</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<i>La EP-EMAPA-A controla los procesos de tratamiento, procedimientos de laboratorio, mantenimiento de equipos y seguridad que actualmente existe para operar y mantener la planta.</i>	Control de procesos	Cantidad de procesos	¿La PTAR cuenta con todos los procesos y procedimientos para el tratamiento de agua?	Observación directa	Inventario de la PTAR (Anexo 10)
	Mantenimiento	Mantenimientos realizados	¿Se realizan los mantenimientos necesarios?		
	Seguridad	Número de accidentes suscitados	¿La PTAR cumple con todos los requisitos de seguridad para operar?	Observación directa	Reglamento de SSO (Anexo 11)

**Elaborado por:** Andrés Martínez

**Fuente:** Investigación Directa

## Procedimiento para obtención y análisis de datos

*Tabla 9 Recolección de Información*

<b>PREGUNTA BÁSICA</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
<i>¿Para qué?</i>	Contrastar los resultados con la normativa vigente.
<i>¿De qué personas u objetos?</i>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”
<i>¿Sobre qué aspectos?</i>	Impacto Medioambiental
<i>¿Quién?</i>	Martínez Carrasco Jorge Andrés
<i>¿A quién?</i>	Empresa Pública- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato
<i>¿Cuándo?</i>	Noviembre 2017– Febrero 2018
<i>¿Dónde?</i>	En el Cantón Ambato provincia de Tungurahua
<i>¿Cuántas veces?</i>	13 veces al día por un periodo de 8 días
<i>¿Con que técnicas de recolección de la información?</i>	La observación directa
<i>¿Con que instrumento?</i>	Informe de Resultados Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos
<i>¿En qué situación?</i>	Proceso de Tratamiento de Agua Residual

**Elaborado por:** Andrés Martínez

**Fuente:** Investigación directa

### **Aplicación de las técnicas de recolección de información**

- **Recopilación documental:** La recopilación de datos se realizó durante 8 días laborables de la EP-EMAPA-A (Empresa Pública- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato) en la Planta de Tratamiento “Techo Propio 1” donde se realiza el proceso de eliminación de contaminantes.

### **Aplicación de instrumentos de recolección de información**

- **Informe de Resultados Análisis Físico - Químicos y Microbiológicos:** Este instrumento facilitará tendrá el objetivo de facilitar la descripción de la empresa y de lo que en ella ocurre.
- **Anexo 1 Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente:** Es la normativa vigente que regula los límites permisibles referentes al recurso Agua,

### **Hipótesis**

**H0:** La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **no cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es baja.

**H1:** La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es alta.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Características de la Planta de Tratamiento**

“Las aguas residuales provienen de las diversas actividades humanas, contienen materiales que no son propios del agua en condiciones normales que provocan el deterioro de los cuerpos de agua y la re contaminación de las vertidas sin un tratamiento previo. De tal forma deben ser llevadas a estaciones depuradoras, y después de varios procesos, se eliminan o retiran los elementos no originales de estas”. (Benitez, 2013).

“La planta de tratamiento posee un sistema de tratamiento primario. Los dispositivos que se usan en el tratamiento primario, están diseñados para retirar de las aguas residuales los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante un proceso físico de sedimentación. Esto se lleva a cabo reduciendo la velocidad del flujo. Las alcantarillas se construyen para mantener una velocidad de unos 60 cm/s, la cual es apropiada para arrastrar con las aguas residuales todos los sólidos y prevenir que se depositen en las líneas de alcantarillado. En el tratamiento preliminar se disminuye la velocidad hasta unos 30 cm/s, durante un corto lapso de tiempo, durante el cual se depositan como arenas los sólidos inorgánicos más pesados. En el tratamiento primario la velocidad del flujo se reduce hasta unos 2 cm/s en un tanque de asentamiento o sedimentación, durante el tipo suficiente, para dejar que se depositen la mayor parte de los sólidos sedimentables, que son principalmente orgánicos, separándose de la corriente del agua residual.

Los principales dispositivos para el tratamiento primario son los tanques de sedimentación, algunos de los cuales también tiene la función adicional de servir para la descomposición de los sólidos orgánicos sedimentados, lo cual se conoce como digestión de los lodos” (Hillbeboe, 2005).

### **Tipos de tratamiento del agua residual**

“Las aguas residuales pueden ser utilizadas para riego y fertilización ya que poseen una gran cantidad de nutrientes orgánicos (nitrógeno y fosforó principalmente)” (Sanchez de Leon, 2001).

“Los tratamientos para las aguas de desecho, pueden reconocerse en base a su ubicación en el proceso de limpieza, como primario, secundario y avanzado.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“El tratamiento primario es el más sencillo y en la limpieza del agua y tienen la función de preparar el agua, limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes. Estos tratamientos son, el cribado o rejillas de barrera, la flotación o eliminación de grasas y sedimentación. Algunos sistemas como es el caso de la flotación y la sedimentación, pueden ser utilizados dentro del proceso de tratamientos secundarios y no forzosamente como un método primario aislado” (Massieu, 2008).

“Las mallas o barreras son importantes en el tratamiento primario porque buscan remover la materia flotante que trae consigo el agua, y sobre todo si proviene de mantos superficiales, que fácilmente pueden ser contaminados por papel, plásticos grandes, troncos de madera entre otros, ya que si estos no se eliminan pueden causar daños a los mecanismos o bloquear tuberías. Estas rejillas, también llamadas cribas, tienen que ser diseñadas de un material anticorrosivo para evitar el desgaste con la

fricción del paso de agua. Las cribas se fabrican dejando una abertura entre sus barras dependiendo del propósito que se busque.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“La localización de las cribas debe ser en un depósito que tenga una base a mayor profundidad de la parte inferior de la tubería, con una pequeña inclinación, con el objetivo de que disminuya la presión del agua se tenga mayor superficie de contacto con la rejilla.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“La eliminación de los aceites y grasas es importante ya que estos son provenientes de la basura producida por el hombre, estas grasas pueden causar daños en los procesos de limpieza por su viscosidad, obstruyendo las rejillas, ductos o impidiendo la correcta aireación en los sistemas.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“Para solucionar estos problemas se colocan, trampas de aceite, que pueden ser tan sencillos como tubos horizontales abiertos en la parte superior dispuestos en la superficie de los tanques, con el fin de captar la película de aceite que flota en el agua.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

El proceso de sedimentación está planteado como complementario en el desarrollo total del agua. La función básica de la sedimentación es separar las partículas suspendidas del agua. Los sistemas de decantación pueden ser simples, es decir trabajar únicamente con la gravedad, eliminando las partículas más grandes y pesadas, o bien, se pueden utilizar sistemas coagulantes, para atraer a las partículas más finas y retirarlas del agua” (Rodie, Ingeniería Sanitaria).

“El tratamiento secundario tiene como objetivo el limpiar el agua de aquellas impurezas cuyo tamaño es mucho menor a la que pueden captar por la decantación y las rejillas, para ello, los sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos

combinados. Estos sistemas al manejar aspectos biológicos son afectados por factores externos, como son los climáticos, por lo que se tienen que estudiar sus características y adaptación al sitio del proyecto, para poder hacer una elección adecuada” (Glynn, 1999).

“Los sistemas secundarios son diversos y cada uno tiene sus variaciones existen sistemas de percolación, tratamiento anaeróbico.

- Los sistemas de percolación pueden variar en diseño, pero trabajan de la misma manera. Los filtros de escurrimiento son un modelo de percolador que se puede usar como referencia para estudiar este sistema. Estos filtros biológicos son tanques circulares con diferentes profundidades dependiendo del porcentaje de agua a tratar, con un contenido de piedras o escoria granular de 2 1/2 a 4 pulgadas. A este tanque se le aplica un roció continuo de las aguas residuales por medio de aspersores que rotan en la superficie, el agua se filtra poco a poco por la gravilla dejando con el tiempo una película de materia orgánica que contiene bacterias trabajan estabilizando el agua, una vez que el líquido llega al fondo es recolectada por bloques de desagüe con las dimensiones necesarias para evitar el paso de gravilla. Un segundo tanque de filtración puede ser utilizado, este se compone de arena y trabaja con películas más delgadas de contaminantes.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“Al proyectar un filtro de escurrimiento hay que tener presente que se está dejando una película de materia orgánica ventilada, esto puede ocasionar la aparición de plagas como mosquitos, por lo cual conviene evaluar todas las posibilidades y mecanismos de control.

- Los tratamientos anaeróbicos son un poco más complejos que los antes mencionados, la digestión anaeróbica, es el proceso mediante el cual organismos catabolizan y asimilan sus alimentos en ausencia de oxígeno, e implícitamente de aire.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“Los reactores de primera Generación anaerobios pueden ser considerados las fosas sépticas y lagunas anaerobias, pero estos son únicamente el inicio de estos sistemas. Los sistemas anaerobios de la primera generación se desarrollaron con la introducción del digester convencional, que se aplica para la estabilización de los desechos. Consiste en un tanque cerrado sin agitación, ni calentamiento, donde la actividad de microorganismos representa un pequeño porcentaje de la totalidad del tanque. El sistema de digestión anaerobio evoluciono con la incorporación de un agitador mecánico que puede funcionar por medio del biogás producido por este u otro sistema de limpieza implementado en el tratamiento de aguas residuales. El agitador tiene el propósito de remover la materia orgánica hacia un reactor, también incorporado, que por medio de calor brinda mejores resultados. A causa de estos dos nuevos elementos añadidos, las aguas mantienen grandes cantidades de materia suspendida, por lo que posteriormente se le incorporo un sistema de decantación al afluente para la retención de los sólidos antes de salir del proceso.” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“Los reactores de segunda generación fueron desarrollados en la década de los ochenta y posee ventajas sobre sus antecesores, que los hacen más eficientes en la limpieza del agua destacando la disminución de la retención de agua, siendo de 5 a 3 días, lo que implica una reducción en el volumen del reactor. Otras ventajas son la adaptación rápida a cambios de alimentación, que varía según los contaminantes que se estén limpiando, y por último también es importante la resistencia a productos tóxicos. “(Rodie, Ingeniería Sanitaria)

“Los tratamientos de sistema natural se basan en las diferentes composiciones de suelos y fauna tiene la capacidad de responder a contaminantes naturales que aprovechan para su desarrollo, por lo que en los últimos años se ha incorporado a la naturaleza en los procesos de limpieza de las aguas residuales. Los sistemas se aplican una vez que el agua ha recibido un tratamiento previo, para que la carga contaminante se aproxime a la capacidad de purificación que tiene tanto plantas como suelos. Estos sistemas a diferencia de los reactores, son sistemas aeróbicos,

es decir, necesitan del oxígeno para su correcto funcionamiento” (Rodie, Ingeniería Sanitaria).

En el caso de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) “Techo Propio 1” tenemos que:

El pre tratamiento consta de un aliviadero que cumple la función de dar salida a las aguas sobrantes, una criba que consiste en una malla metálica fina con el fin de separar el agua de otras sustancias, un desarenador que es la estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas residuales a fin de evitar que ingresen al proceso de tratamiento y una trampa de grasas que separa los residuos sólidos de y las grasas del agua. El segundo tratamiento funciona como una fosa séptica que realiza la separación y transformación físico-química de la materia orgánica contenida en esas aguas y un filtro biológico utilizado para la depuración de las aguas residuales. El tercer tratamiento que es un sistema de desinfección, los lodos resultantes del tratamiento son dispuestos en el lecho de secado de lodos.

Se puede observar en la Tabla 10 las características de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1”.

**Tabla 10: Datos PTAR Techo Propio 1**

NOMBRE	UBICACIÓN	CAUDAL TRATADO (lt/seg)	CAUDAL TOTAL (lt/seg)	PRETRATAMIENTO (Eliminación de sólidos Gruesos)		TRATAMIENTO PRIMARIO (Eliminación de una fracción de materia orgánica en suspensión y sólidos, asentamiento de sólidos)		TRATAMIENTO SECUNDARIO (Eliminación de Materia Orgánica Biodegradable y sólidos en suspensión)		TRATAMIENTO Terciario (eliminación de sales disueltas nutrientes Patógenas, y Materia orgánica)	
				PROCESO	OPERACIÓN	PROCESO	OPERACIÓN	PROCESO	OPERACIÓN	PROCESO	OPERACIÓN
						(Físico-Químico)	Coagulación y Floculación			(Físico y/o Químico)	
								(biológico)			
TECHO PROPIO 1	Parroquia Pishilata Queb. s/n sector Viña Shina	4,81	4,81	FISICO	ALVIADERO, CRIBADO POR REJAS, DESARENADOR, TRAMPA DE GRASAS	Físico	Sedimentación	BIOLOGICO	DIGESTION ANAEROBIA	QUIMICO	DESINFECCION (cloro)
									(FILTRO BIOLOGICO)		

**Fuente:** EP-EMAPA-A (2017).

**Elaborado por:** Andres Martinez

## **Aguas residuales y sus características**

Las aguas residuales cuentan con una composición físico – química y microbiológica en donde se encuentra los siguientes contaminantes y características propias de dichas aguas como son:

### 1. Temperatura

“La determinación exacta de la temperatura es importante por diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de oxígeno disuelto (OD), la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura. El estudio de la polución de ríos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministro en pozos, la temperatura es un dato necesario.

Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con termómetro de mercurio de buena calidad” (Rojas, 1999).

### 2. Potencial de Hidrógeno

“La concentración de iones de hidrógeno es un parámetro importante tanto para aguas naturales como residuales. El rango adecuado de concentración para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es muy estrecho y crítico. Las aguas residuales con una concentración adversa de iones de hidrogeno son dificultosas de ser tratadas por medios biológicos, y si la concentración no es alterada antes de la descarga, el afluente de las aguas residuales puede alterar la concentración en las aguas naturales” (Manual para el Monitoreo de Aguas Residuales, 2005).

“El pH no es una medida lineal o directa de la acidez o alcalinidad de un cuerpo de agua, pero está relacionado con estas y puede usarse como controlador de acidez o alcalinidad excesiva. El pH describe como el logaritmo negativo de la concentración del ion  $H^+$ . Los valores extremos de pH pueden causar la muerte

rápida de peces, alteraciones drásticas en la flora y la fauna, y reacciones peligrosas secundarias” (Bol Mendoza, 2004)

“El pH de los sistemas acuosos puede ser medido convenientemente con un potenciómetro. Los papeles indicadores de pH cambian de color en presencia de una base o un ácido. El pH se determina por medio de comparar el color del papel a una serie de colores estándar” (Manual para el Monitoreo de Aguas Residuales, 2005).

“El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6.5 y 8.5 es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9 donde relativamente existe la mayor parte de la vida biológica. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos, si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites específicos de pH” (Rodie, Ingeniería Sanitaria)

### 3. Grasas y Aceites

“En el lenguaje común, se entiende por grasas y aceites al conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente. En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro de gases y aceites incluyen los ésteres de ácidos grasos de cadena larga, compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo de ácido carboxilo en un extremo; materiales solubles en solventes orgánicos, pero muy insolubles en agua debido a la estructura larga hidrofóbica del hidrocarburo. Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes.” (Rojas, 1999)

“Las grasas y los aceites son muy difíciles de transportar en las tuberías de alcantarillado, reducen la capacidad de flujo de los conductos, son difíciles de atacar bacteriológicamente y, generalmente, se requiere su remoción en plantas de pre-tratamiento. Las grasas y los aceites pueden constituir un problema serio de contaminación en rastros, frigoríficos, industrias empacadoras de carnes, fábricas de aceite de cocina y margarina, restaurantes, estaciones de servicio automotor e industrias de distinta índole. Su cuantificación es necesaria para determinar la necesidad del pre tratamiento, la eficiencia del proceso de remoción y el grado de contaminación por estos compuestos.” (Rojas, 1999)

En plantas convencionales de tratamiento, las grasas pueden permanecer en el efluente primario en forma emulsificada. A pesar de la destrucción de agentes emulsificantes por el tratamiento biológico secundario, la grasa no utilizada se separa del agua y flota en los tanques de sedimentación secundaria. Además, las grasas y los aceites afectan adversamente la transferencia de oxígeno del agua a las células e interfieren con su desempeño dentro del proceso de tratamiento biológico aerobio. La rotura de las emulsiones aceitosas puede requerir acidificación o agregación de coagulantes” (Rojas, 1999).

#### 4. Materia Flotante

“Incluye toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento” (Rojas, 1999).

Entonces podemos decir que la Materia Flotante es todo objeto sólido que se encuentre sobre la superficie del Agua residual de un tamaño apreciable y no menor a 5mm.

#### 4.1 Sólidos totales

“Se definen como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto. Para su determinación, la muestra se evapora en una capsula previamente pesada, preferiblemente de platino o porcelana, sobre un baño de María, y luego se seca a 103 – 105°C. El incremento del peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total” (Rojas, 1999).

#### 4.2 Sólidos Disueltos

“Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una cápsula de peso conocido sobre un baño de María y el residuo de la evaporación se seca a 103 – 105 °C. El incremento de peso sobre el de la capsula vacía representa el contenido de sólidos disueltos o residuo filtrable” (Rojas, 1999).

#### 4.3 Sólidos Suspendidos

“Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103 105 °C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrable” (Rojas, 1999).

#### 4.4 Sólidos Sedimentables

“La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentaran, bajo condiciones tranquilas, por acción de la gravedad. La determinación se hace llenando un cono Imhoff de 1 litro de volumen y registrando el volumen de material sedimentado en el cono, al cabo de una hora, en mL/L.

La determinación de sólidos sedimentables es básica para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficiencia” (Rojas, 1999).

#### 5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

“Es el parámetro de mayor uso en la medición de la contaminación orgánica en agua residual y agua superficial. Constituye un índice general cualitativo del contenido de materia orgánica presente en la muestra, “que es susceptible de sufrir oxidación biológica” en corto periodo de tiempo. Este parámetro es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química y biológica de las sustancias existentes en el agua en condiciones ambientales o sustancias existentes en el agua en condiciones ambientales o normalizadas. Pueden contribuir: la materia orgánica carbónica utilizada como alimento o degradable por organismos aeróbicos, nitrógeno de nitritos, amoníaco o compuestos orgánicos, nutrientes para bacterias específicas y algunos compuestos químicamente oxidables como iones ferrosos, sulfuros, sulfito, que reaccionan con oxígeno disuelto o son metabolizados por bacterias. En la mayoría de procesos industriales y aguas residuales, la DBO<sub>5</sub> mide la materia orgánica y amoníaco (derivado de materia vegetal o animal). Su normalización como DBO<sub>5</sub>, se debe a que el oxígeno requerido en cinco días en condiciones determinadas para su oxidación” (Bol Mendoza, 2004).

“Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub>): Es la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable durante cinco días y a 20°C y corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La relación DQO/DBO<sub>5</sub> proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales.” (Curso Internacional “GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”, 2002)

#### 6. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

“La DQO es una medida aproximada del contenido de materia orgánica y todo el material oxidable presente en una muestra de agua, y se expresa como “el oxígeno

equivalente al contenido de materia orgánica”, en miligramos por litro. En condiciones naturales, dicha materia orgánica puede ser biodegradable lentamente, oxidada, a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , mediante un proceso lento que puede tardar, des unas pocas semanas hasta unas cuantas décadas, dependiendo del tipo de materia orgánica presente. El DQO es un ensayo de oxidación química que se utiliza para estimar la demanda total de oxígeno para oxidar los compuestos presentes y se basa en la oxidación de componentes orgánicos, por agentes oxidantes fuertes, en medio ácido y con algunos catalizadores inorgánicos. Es más preciso y exacto que la  $\text{DBO}_5$ ” (Bol Mendoza, 2004)

“Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica. Esta prueba proporciona un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual.” (Curso Internacional “GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”, 2002)

## 7. Cromo

“El cromo aparece en el agua potable en sus estados de valencia +3 y +6, siendo el más común el +3. La valencia está influenciada por el nivel de desinfección, el pH, el oxígeno disuelto y la presencia de materia orgánica reducible. Las fuentes principales para el agua son la minería, los residuos de las operaciones de electro deposición, la combustión de basuras y los combustibles fósiles.” (Perry, 2002)

“El cromo III es esencial para la nutrición, tiene baja toxicidad, y se absorbe poco. Su falta de lugar a intolerancia a la glucosa, incapacidad de asimilar la glucosa, incapacidad de asimilar la glucosa y otros desordenes metabólicos. Se estima un ingesta segura y adecuada de 50 a 200  $\mu\text{g}$ / día, que es aproximadamente un rango de dieta de ingesta diaria.” (Perry, 2002)

“El cromo VI es tóxico, produciendo daños al hígado y riñón, hemorragia interna y desordenes respiratorios, así como cáncer en el hombre y los animales a través de la exposición por ingestión. El cromo VI se reduce notablemente a III por reacción con los jugos gástricos y salivar. Para el agua potable la USEPA considera el cromo carcinogénico humano inclasificable” (Perry, 2002)

#### 8. Mercurio

“El mercurio aparece en el agua principalmente como sal inorgánica y como compuesto orgánico (metil mercurio) en los sedimentos y en el pescado. Los orígenes de este mercurio incluyen la combustión de combustibles fósiles, incineración de productos que contienen mercurio, la pasada utilización de pesticidas contenido mercurio, y el lixiviado de mercurio orgánico de pinturas anti hongos así como de los orígenes naturales. Los límites de mercurio orgánico son de 2 µg/L” (Perry, 2002).

#### 9. Coliformes Fecales

“Los coliformes fecales son un subconjunto del grupo de coliformes totales. *Escherichia coli* es el mayor subconjunto del grupo de coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su habilidad o capacidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5°C), y por la capacidad del *Escherichia coli* para producir enzima glucoronidasa, que hidroliza al 4-metil. umbelliferyl – β-D- glucoronido (MUG). Ambos coliformes, los fecales y el *E. Coli*, son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal reciente que los coliformes totales, pero no distinguen entre contaminación humana y animal. Además, las densidades de la contaminación fecal y de *Escherichia coli*, son normalmente mucho más bajas que las de los coliformes totales; así que no se utilizan como indicador de la efectividad del tratamiento y de la contaminación post-tratamiento. *Escherichia coli*, es un indicador más específico de contaminación fecal que el grupo fecal coliformes. Bajo la norma de coliformes totales, todas las muestras positivas de coliformes totales deben ser testadas o probadas, bien para coliformes fecales o bien para *Escherichia coli*” (Perry, 2002).

## 10. Fosforo total

“El fósforo en aguas residuales se encuentra principalmente como fosfatos y en formas orgánicas. La contaminación de agua por este elemento tiene su fuente principal en el uso de productos de limpieza con compuestos fosforados como principios activos. El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser un nutrimento limitante de la productividad primaria. En concentraciones elevadas por la incorporación de aguas residuales o tratadas, estimula el crecimiento acelerado de macro y microorganismos, provocando eutroficación” (APHA (American Public Health Association), 1992).

## 11. Especies nitrogenadas

“Como puede observarse en los resultados de este trabajo, el nitrógeno influente en el humedal artificial se encuentra como nitrógeno orgánico o amoniacal, con escasas cantidades de nitratos. Los procesos de descomposición y mineralización llevados a cabo por los microorganismos, transforman este nitrógeno a nitritos o nitratos (nitrificación) y finalmente a  $N_2$  (desnitrificación). Las proporciones de estos procesos dependen en gran medida de la concentración de oxígeno en el sistema” (Lara Borrego, 1999).

“Los procesos de remoción de nitrógeno en humedales artificiales incluyen diferentes mecanismos como: su utilización por los organismos del sistema (plantas y microorganismos), amonificación, nitrificación/desnitrificación y adsorción en la matriz del sustrato. Numerosos estudios han demostrado que el mecanismo más importante de remoción es el proceso de nitrificación/desnitrificación” (Vymazal, 2002).

“Los compuestos nitrogenados constituyen nutrimentos clave para el crecimiento de los seres vivos, así que el nitrógeno puede ser eliminado del agua siempre que sea asimilado por microorganismos. Para las plantas, el nitrógeno es un nutrimento

vital que utilizan en la síntesis de proteínas para su crecimiento, especialmente en forma de nitrato” (Cervantes - Carrillo F, 2000)

### **Tipos de aguas residuales**

Existen también varios tipos de aguas residuales que según (Hillbeboe, 2005) las clasifica en 5 tipos de aguas residuales las cuales son:

#### 1. Domésticas

“Son aquellas que contienen desechos humanos, animales y caseros. También se incluye la infiltración de aguas subterráneas. Estas aguas residuales son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúan operaciones industriales, o solo en muy corta escala.” (Hillbeboe, 2005)

#### 2. Sanitarias

“Son las mismas que las domésticas, pero que incluyen no solamente las aguas negras domésticas, sino también los desechos industriales de la población.” (Hillbeboe, 2005)

#### 3. Pluviales

“Formadas por todo el escurrimiento superficial de las lluvias, que fluyen en desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno.” (Hillbeboe, 2005)

#### 4. Combinadas

“Son una mezcla de las aguas negras domésticas y sanitarias y de las aguas pluviales, cuando se colectan en la misma alcantarilla” (Hillbeboe, 2005)

#### 5. Industriales

“Son las aguas de desecho provenientes de los procesos industriales. Pueden colectarse y disponerse aisladamente o pueden agregarse y formar parte de las aguas residuales sanitarias o combinadas” (Hillbeboe, 2005).

También tenemos en cuenta la clasificación de las aguas residuales por tipos de contaminación como son los factores físicos:

“Los tipos de contaminación de las aguas residuales se clasifican en físicos, que son los que alteran los factores físicos y a la biota acuática pero que por sí mismos no son tóxicos, como son los tenso activos, los sólidos en suspensión y la temperatura; Los contaminantes químicos cambian la concentración de los componentes químicos naturales del agua causando niveles anormales de los mismos. Generalmente los de tipo industrial, introducen sustancias extrañas al ambiente acuático, mucho de las cuales pueden actuar en detrimento de los organismos acuáticos y de la calidad del agua en general. Algunos de estos son la salinidad, el pH de las sustancias marcadamente tóxicas, la desoxigenación, y la contaminación por agentes bióticos, que son los efectos de la descarga de material biogénico que cambia la disponibilidad de nutrientes del agua y, por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. También el aumento de materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provoca cambios en las cadenas alimentarias”. (Sans, 1989)

Para las muestras se consiguió los siguientes datos mostrados en la Tabla 11:

**Tabla 11: Matriz de Datos**

Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Alcalinidad	mg/l	no especificado	381,20	401,60	385,20	529,60	429,00	510,00	438,00	580,00	428,98	497,78	465,98	441,38	356,40	494,80	400,80	424,00
Coliformes Fecales	NMP/ml	≤3000	3450000,00	680000,00	1380000,00	2760000,00	420000,00	264000,00	>1000000	408000,00	12588000,00	13172000,00	460000,00	11000000,00	2244000,00	1456000,00	1200000,00	84000,00
Color	unidades de color	inapreciable con dilucion 1:20	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Apreciable	Inapreciable	Inapreciable	Café	Amarillento	25(con dilucion1:20)	14(con dilucion 1:20)	26(con dilución 1:20)	28(con dilución 1:20)	10,00	15,00	Inapreciable	Inapreciable
Cromo VI	mg/l	0,5	0,10	0,08	0,11	0,07	0,10	0,10	0,10	0,12	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	0,03	0,10	0,08
DBO5	mg/l	100	231,00	67,00	219,00	110,00	319,00	85,00	458,00	110,00	208,00	118,00	268,00	129,00	255,00	136,00	322,00	86,00
DQO	mg/l	200	393,00	142,00	488,00	224,00	484,00	198,00	731,00	205,00	479,00	296,00	555,00	254,00	483,00	308,00	576,00	201,00
Materia flotante		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
pH		6-9	7,81	7,68	7,74	7,59	7,97	8,13	7,99	8,18	7,64	7,70	8,03	7,51	7,74	7,71	8,08	7,86
Sólidos Sedimentables	ml/l	1,0	1,50	0,20	0,70	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	1,20	0,00	0,60	0,00	1,80	0,00	1,80	0,00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	66,00	46,00	176,00	40,00	251,00	12,00	216,00	106,00	172,00	80,00	230,00	96,00	116,00	22,00	260,00	38,00
Sólidos Totales	mg/l	1600	794,00	734,00	874,00	750,00	1066,00	886,00	1002,00	742,00	845,00	740,00	947,00	740,00	822,00	706,00	864,00	516,00
Temperatura	°C	<35	20,30	20,10	19,80	19,70	19,10	19,20	21,90	21,70	15,90	15,90	19,80	19,30	18,10	18,10	18,60	18,40

**Elaborado por: Andrés Martínez**

Las muestras fueron tomadas una muestra por día y realizados los análisis pertinentes para obtener los datos que se muestran en la matriz, podemos observar que en algunos casos que detallaremos posteriormente hay cierto comportamiento en el grado de contaminación que existen en las muestras tomadas y serán comparadas con los límites permisibles según el TULSMA (Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua), y así poder determinar la eficiencia del tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales “Techo Propio 1” para ello se procede a utilizar la Ecuación 1:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100\%$$

### **Ecuación 1**

**Fuente:** Parra Rodrihuez, Lina M

En el caso de la Alcalinidad se realizó el porcentaje de remoción diario aplicando la ecuación de la siguiente manera:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100\%$$

$$E = \frac{381,20 - 401,60}{381,20} * 100\%$$

Donde  $S_0$  es el grado de alcalinidad de ingreso a la planta de tratamiento “Techo Propio 1” y sus unidades vienen dadas en mg/l.

También se define el S como el grado de alcalinidad de salida de la planta de tratamiento “Techo Propio 1” y sus unidades vienen dadas en mg/l.

Obteniendo así:

$$E = \frac{-20,40}{381,20} * 100\%$$

$$E = (-0,05) * 100\%$$

$$E = -5\%$$

Con los resultados obtenidos del Día 1 en el parámetro de Alcalinidad se produce una remoción de contaminante con una eficiencia de -5% lo cual indica una contaminación mayor que la de entrada.

Los cálculos se realizaron de igual manera para todos los días y parámetros los cuales se muestran en la Tabla 12 hasta la Tabla 22, obteniendo así el porcentaje de eficiencia diario de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ‘Techo Propio 1’ Esto permitió conocer el porcentaje de contaminación que no ha sido tratado y mediante un promedio de un total de muestras tomadas se procedió a determinar el porcentaje de eficiencia de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ‘Techo Propio 1’ por cada contaminante enlistado y después de esto se calculó la eficiencia total de la planta de tratamiento.

Con los distintos resultados que se obtuvieron en las muestras recolectadas se buscó dar una explicación del comportamiento y posibles hipótesis para mejorar la eficiencia de tratamiento de cada parámetro que forma parte del agua residual que es tratado y como obtener el mínimo permisible establecido por el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente) para la descarga segura al efluente de la quebrada del sector Viña Shina.

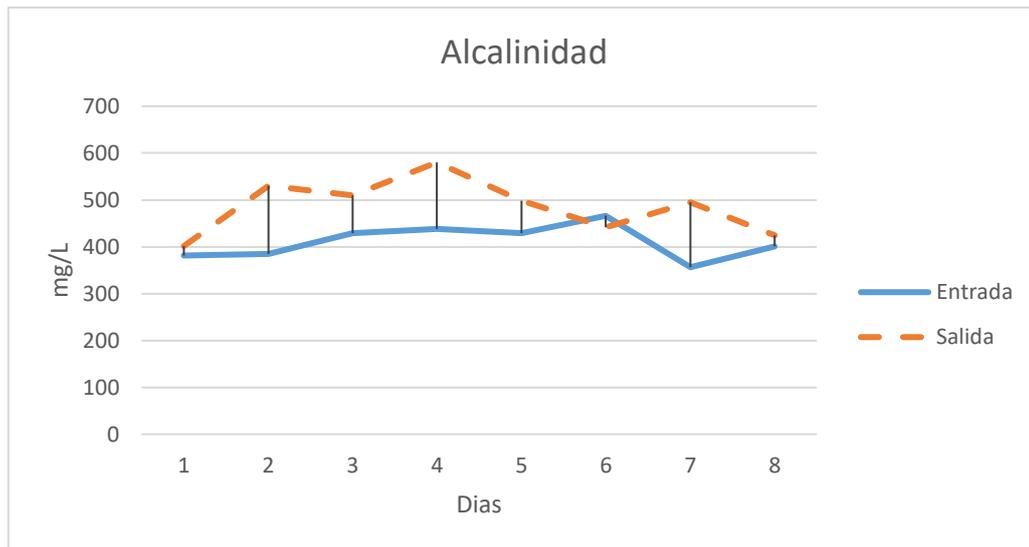
## Alcalinidad del Agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

**Tabla 12:** Tabla de datos Alcalinidad

<i>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</i>																	
Parámetro	Unidad	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
		Entrada	Salida														
Alcalinidad	mg/l	381,20	401,60	385,20	529,60	429,00	510,00	438,00	580,00	428,98	497,78	465,98	441,38	356,40	494,80	400,80	424,00
Diferencia de Entrada/Salida		-20,40		-144,40		-81,00		-142,00		-68,80		24,60		-138,40		-23,20	
Porcentaje de Remoción		-5%		-37%		-19%		-32%		-16%		5%		-39%		-6%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En los datos correspondientes a la alcalinidad que se pueden observar en la Tabla 12 se nota un incremento de este factor al momento de su paso por la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) por lo que se asume que, en la planta de tratamiento, se adquiere componentes para aumentar la neutralización de los ácidos de una mejor manera, pero una alta alcalinidad en el agua refiere a que es agua dura con grandes cantidades de carbonato de calcio que pueden ser perjudiciales para la utilización de esta agua en riego y la vida marina en la zona donde se descarga el efluente.



**Gráfico 2: Alcalinidad**

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Como se puede apreciar en el Grafico 2, la alcalinidad del agua ha ido aumentando en las muestras tomadas de las cuales el mayor grado de alcalinidad de entrada estuvo en un rango de valores entre un 465,98 mg/l y de 356,4 mg/l teniendo una media de entrada de alcalinidad en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” de 407,92 mg/l en el transcurso de los 8 días que se realizó la toma de muestras.

Por otro lado, el mayor grado de alcalinidad de salida es 580 mg/l y el menor grado de alcalinidad de salida es de 401,6 mg/l teniendo una media de descarga de agua con un 478,54 mg/l durante los días que se obtuvieron las muestras.

Hay que tener en cuenta que el agua que pasa por la planta de tratamiento gana un porcentaje de alcalinidad todos los días pero, en el día 7, hay un aumento de la alcalinidad del agua en 38,9 % lo cual indica un incremento importante que causa que el agua que ha sido tratada en la planta sea considerada como agua dura y, aunque en el día 6 hay un decrecimiento de alcalinidad del agua en 5,3 %, al estar entre un rango de salida del 401,38 mg/l el agua determinada como agua dura pasa a ser descargada en la quebrada del sector de Viña Shina y al contener grandes cantidades de carbonato de calcio que son de gran afección para la proliferación de vida acuática en el sector se observa que no existen especímenes animales habitando esta zona, descartando igualmente su uso para riego por problemas a la salud y daño a los cultivos que puede ocasionar este tipo de agua.

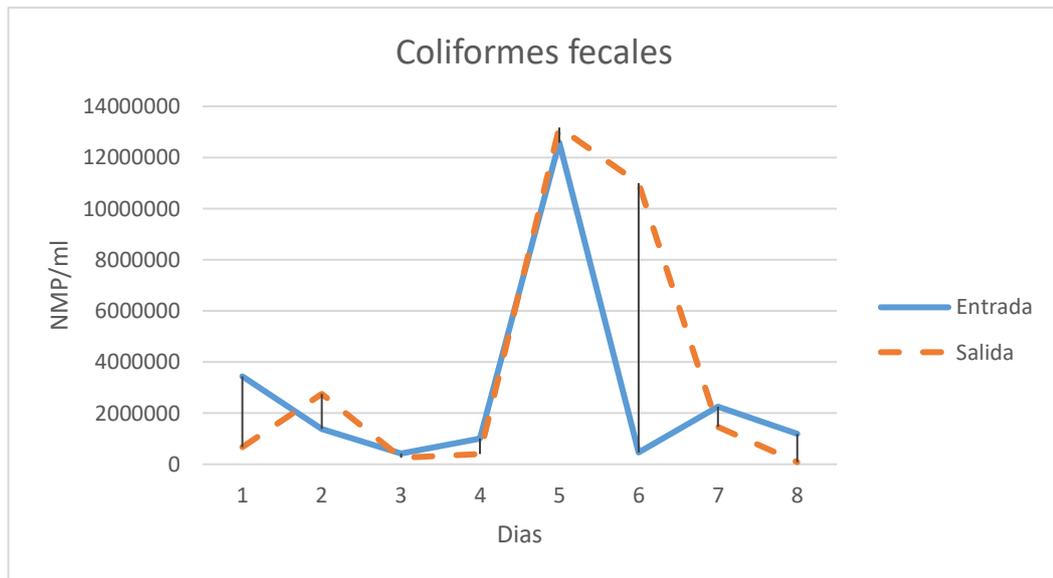
## Coliformes Fecales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

*Tabla 13: Tabla de datos Coliformes Fecales*

<i>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</i>																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Coliformes Fecales	NMP/ml	≤3000	3450000,00	680000,00	1380000,00	2760000,00	420000,00	264000,00	1000000,00	408000,00	12588000,00	13172000,00	460000,00	11000000,00	2244000,00	1456000,00	1200000,00	84000,00
Diferencia de Entrada/Salida			2770000,00	-1380000,00	156000,00	592000,00	-584000,00	-10540000,00	788000,00	1116000,00								
Porcentaje de Remoción			80%	-100%	37%	59%	-5%	-2291%	35%	93%								

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Los análisis de coliformes fecales muestran que el tratamiento no es eficiente según datos obtenidos en la Tabla 13, ya que no se cumple con el mínimo permisible para la descarga segura en la quebrada del sector viña Shina según el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA, al tener una gran cantidad de coliformes fecales que en su mayoría no son eliminados completamente por lo contrario aumentan su contaminación al pasar por el proceso de tratamiento de la PTAR, causando una gran cantidad de contaminación al medio ambiente donde es descargado.



**Gráfico 3:** *Coliformes Fecales*

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En cuanto a las coliformes fecales se puede observar en el Grafico 3 una gran variación en los datos registrados, muchos de los cuales se evidencia una mayor cantidad de contaminación después de pasar por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”, misma que tiene un promedio de tratamiento de coliformes fecales de entrada de 1’009.111,641 NMP/ml con una entrada máxima a la planta de coliformes fecales de 12’588.000 NMP/ml y un mínimo de entrada de coliformes fecales de 420.000 NMP/ml a la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1”.

Para la salida máxima de coliformes fecales se tiene un 13’172.000 NMP/ml tratando una salida mínima de 84.000 NMP/ml, una media de la cantidad de coliformes fecales que son tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” es de 384.058,3329 NMP/ml.

Observando la diferencia en los picos del Grafico 3 y tomando en cuenta que la planta de tratamiento en el día 8 tiene la mayor cantidad de tratamiento efectivo con un 93% de la contaminación tratada, pero por otro lado en el día 7 se registra que contamina el agua tratada en 2291,30 % lo cual es un dato alarmante refiriéndonos a la cantidad de

contaminación que es descargada ese día en la quebrada del sector de Viña Shina, al ser el requerimiento mínimo según el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA para descargar el efluente de <3000 NMP/ml.

Estos indicadores de contaminación muestran que en el proceso de tratamiento del agua residual tiene una deficiencia grave ya que en ningún día en el que se tomaron las muestras de aguas residuales, el efluente fue descargado bajo el límite permisible de la norma motivo por el cual la contaminación que se genera a la quebrada es muy alta y requiere de una mejora en el tratamiento de coliformes fecales de manera inmediata para minimizar el impacto ambiental ocasionado.

## Color de agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

*Tabla 14: Tabla de Datos de Color*

<i>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</i>																	
Parámetro	Límite Máximo Permissible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Color	Inapreciable en dilución 1:20	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Apreciable	Inapreciable	Inapreciable	Café	Amarillento	25(con dilucion1:20)	14(con dilucion 1:20)	26(con dilución 1:20)	28(con dilución 1:20)	10	15	Inapreciable	Inapreciable

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Según los resultados de la Tabla 14 se puede determinar el color de las muestras recolectadas durante el periodo de toma de muestras, se verifica que la mayoría de muestras tienen un color inapreciable y que se muestra una menor cantidad de contaminación en estas, por otro lado, las muestras que presentan coloración apreciable como son Amarillento o Café indican un grado de contaminación alto que es visible superficialmente.

En las muestras donde se aprecia de 10 a 26 (con dilución 1-20) hay una pequeña coloración de 10 en 20 veces el tamaño de la muestra.

Los parámetros para la descarga según la norma son cumplidos en la mayoría de los casos de manera que el requerimiento según la normativa vigente debe ser “inapreciable” para poder descargarlo en el medio ambiente.

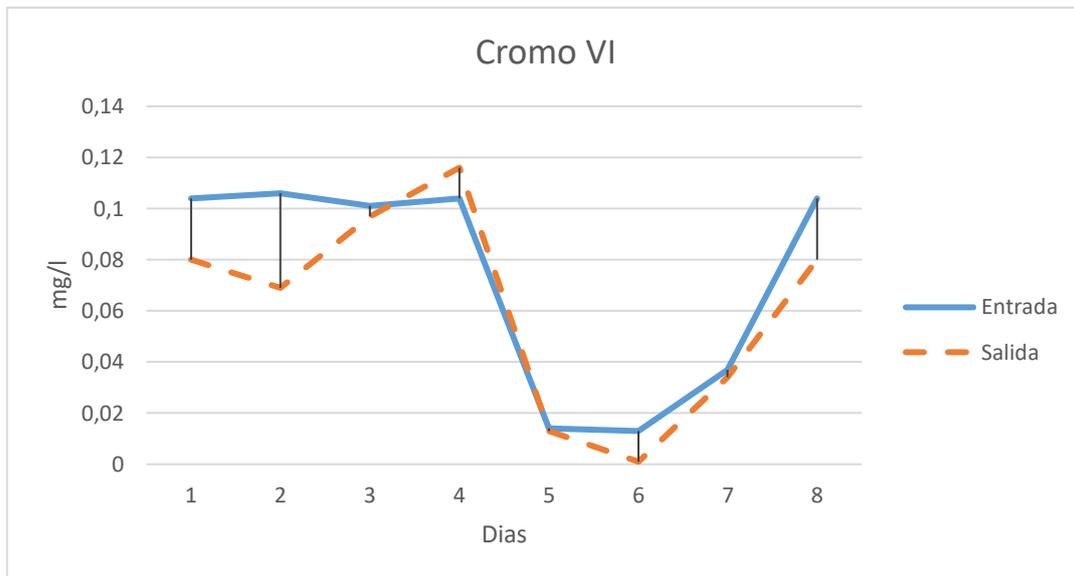
## Cromo VI de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

*Tabla 15: Tabla de Datos de Cromo VI*

<b>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</b>																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permisible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida														
Cromo VI	mg/l	0,5	0,10	0,08	0,11	0,07	0,10	0,10	0,10	0,12	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	0,03	0,10	0,08
Diferencia de Entrada/Salida			0,02		0,04		0,00		-0,01		0,00		0,01		0,00		0,02	
Porcentaje de Remoción			23%		35%		4%		-12%		7%		92%		8%		23%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

El cromo VI es un factor importante de contaminación debido a la cantidad de curtiembres q existe en la provincia y su descarga en cualquier efluente con este tipo de contaminante es perjudicial para el medio ambiente donde sea vertido, este contaminante es conocido por su carácter cancerígeno. Los valores que se registraron en la toma de muestras de aguas residuales tienen un cumplimiento optimo como se puede apreciar en la Tabla 15, debido a que en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” no hay una gran actividad industrial, la cual hace que el agua descargada al alcantarillado sea captada como materia prima la planta de tratamiento ya mencionada.



**Gráfico 4:** Cromo VI

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En los registros del contaminante Cromo VI como se muestra en el Grafico 4, hay un cumplimiento efectivo con los requerimientos de descarga del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA que es de  $\leq 0,5$  mg/l y en el registro diario que se realizó ningún dato fue mayor al establecido en la norma.

La mayor cantidad de Cromo VI de entrada que se registró durante los 8 días que se realizó la recolección de muestras es de 0,106 mg/l y con un mínimo de Cromo VI como factor de contaminación que ingresa a la planta es de 0,013 mg/l.

Por otro lado, en los registros de salida se tiene un máximo de Cromo VI de 0,116 mg/l y un mínimo del agua tratada de Cromo VI por la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” de 0,001 mg/l.

Cabe recalcar que en el día 4 (observar Grafico 4), se registra un incremento del contaminante Cromo VI de 0,104 mg/l a 0,116 mg/l el cual indica que hubo algún factor que ocasiono un ligero incremento en este parámetro, pero a pesar de esto todos los días

se cumple con el control eficiente del mínimo permisible para su descarga en la quebrada del sector de Viña Shina.

El máximo porcentaje de Cromo VI tratado en los días donde se registraron los datos es de 92,31 % este dato siendo del día 5.

También se logró registrar que el día 4 de la toma de muestras de Cromo VI existe una contaminación por parte de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” con un aumento del 11,54% en los grados de contaminación del Cromo VI.

## DBO<sub>5</sub> de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

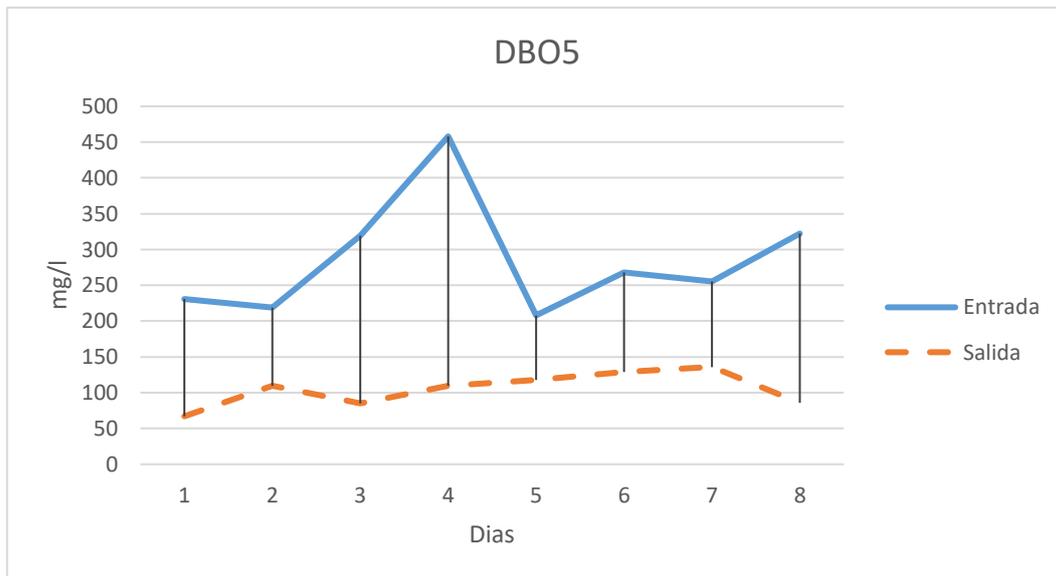
*Tabla 16: Tabla de Datos DBO<sub>5</sub>*

<b>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</b>																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida														
DBO <sub>5</sub>	mg/l	100	231,00	67,00	219,00	110,00	319,00	85,00	458,00	110,00	208,00	118,00	268,00	129,00	255,00	136,00	322,00	86,00
Diferencia de Entrada/Salida			164,00		109,00		234,00		348,00		90,00		139,00		119,00		236,00	
Porcentaje de Remoción			71%		50%		73%		76%		43%		52%		47%		73%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

El DBO<sub>5</sub> es un indicador que muestra la cantidad de dióxido consumido al degradar la materia orgánica de la muestra registrada y esta es susceptible a ser oxidada por medios biológicos que contiene la muestra.

Los límites permisibles según el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA son de 100 mg/l la cual solamente se cumple en 3 días según los datos registrados en la Tabla 16, donde se recolectaron las muestras de la planta de tratamiento de Aguas residuales “Techo Propio 1”



**Gráfico 5: DBO<sub>5</sub>**

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En las muestras recogidas durante los 8 días se puede observar que existe un máximo de entrada del parámetro DBO<sub>5</sub> de 458 mg/l como se muestra en el pico del día 4 en la Grafica 5, también se puede observar que el mínimo de entrada de DBO<sub>5</sub> que ingresa en la planta de tratamiento es de 208 mg/l, entre estos días se registró una entrada media de 276,16 mg/l de DBO<sub>5</sub> para ser tratado.

De igual manera se cuenta con el registro de salida de DBO<sub>5</sub> que descarga la planta de tratamiento “Techo Propio 1” el cual es un máximo de 136 mg/l de DBO<sub>5</sub> y un mínimo de salida de 67 mg/l de DBO<sub>5</sub> que se descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” a la quebrada del sector de Viña Shina, tratando en promedio una cantidad de 102,58 mg/l al día.

La cantidad máxima de contaminación que se eliminó en el transcurso de los 8 días de la toma de muestras de DBO<sub>5</sub> fue de un 75,99 % este dado fue recogido el día 4 y muestra la mayor cantidad de eliminación del contaminante.

En consecución con el día 5 se muestra una mayor deficiencia en la eliminación de DBO<sub>5</sub> siendo esta de 43,27 % de las partículas tratadas por la planta de tratamiento.

## DQO de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

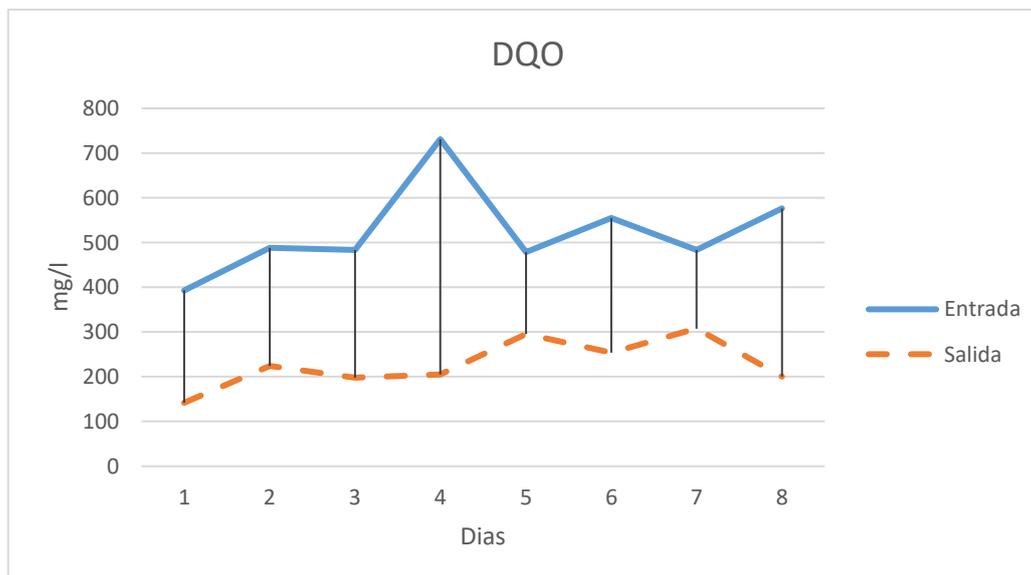
*Tabla 17: Tabla de Datos DQO*

<b>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</b>																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permisible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida														
DQO	mg/l	200	393,00	142,00	488,00	224,00	484,00	198,00	731,00	205,00	479,00	296,00	555,00	254,00	483,00	308,00	576,00	201,00
Diferencia de Entrada/Salida			251,00		264,00		286,00		526,00		183,00		301,00		175,00		375,00	
Porcentaje de Remoción			64%		54%		59%		72%		38%		54%		36%		65%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En los parámetros del DQO como se puede apreciar en la Tabla 17 se cumple únicamente 2 días un tratamiento óptimo según los estándares establecidos por el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA, lo cual muestra una baja eficiencia en el tratamiento de este factor por parte de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1”.

Con este parámetro se busca saber el grado de contaminación del agua y también se busca medir la presencia de sustancias inorgánicas que existen en las muestras tomadas. Los índices de porcentaje de eliminación de este contaminante no son muy eficaces por lo que se buscaría mejorar el proceso de eliminación.



**Gráfico 6: DQO**

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Conforme a la Gráfico 6 de las muestras registradas en los 8 días de recolección de datos se observa que solo existe remoción del factor contaminante.

Empezando por el máximo de factor contaminante DQO que ingresa en la PTAR de 731 mg/l y por el lado contrario el mínimo registrado de entrada del contaminante DQO es de 393 mg/l y la media del DQO tratado por la planta de tratamiento es de 515,91 mg/l.

En el registro de salida se obtiene un máximo de descarga de DQO de 308 mg/l que se vierte a la quebrada del sector Viña Shina y un mínimo de descarga de 142 mg/l de DQO, con un promedio de descarga del contaminante DQO de 222,51 mg/l.

El porcentaje de eficiencia de eliminación máximo del contaminante DQO está registrado como un 71,96% en el tratamiento, mientras que el porcentaje más bajo de eliminación del contaminante de DQO por parte de la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” es del 36,23% en la eficacia de la eliminación de DQO.

Siendo el día 4 cuando se registró la mayor cantidad de eliminación del contaminante de DQO con 731 mg/l hasta llegar a una descarga de 205 mg/l a la quebrada del sector Viña Shina por parte de la PTAR.

## Materia Flotante de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

*Tabla 18: Tabla de Datos de Materia Flotante*

<b>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</b>																	
Parámetro	Límite Máximo Permisible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
		Entrada	Salida														
Materia flotante	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Durante la toma de muestras referentes a la Materia flotante, existe el registro de las muestras tomadas durante los 8 días como es apreciable en la Tabla 18 en donde se registra en todas una Ausencia de la Materia Flotante, indicando así una eficiencia total al momento de eliminar toda clase de Materia Flotante que ingrese a la Planta de Tratamiento de Aguas residuales “Techo Propio 1” cumpliendo totalmente con lo indicado en el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente) .

## pH de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

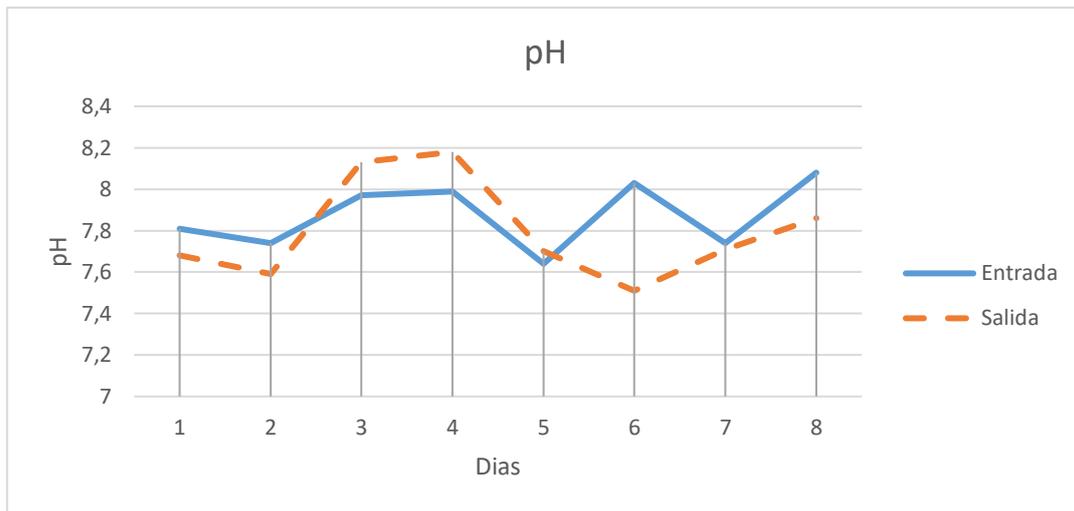
*Tabla 19: Tabla de Datos pH*

<i>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</i>																	
Parámetro	Límite Máximo Permisible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
		Entrada	Salida														
pH	6-9	7,81	7,68	7,74	7,59	7,97	8,13	7,99	8,18	7,64	7,70	8,03	7,51	7,74	7,71	8,08	7,86
Diferencia de Entrada/Salida		0,13		0,15		-0,16		-0,19		-0,06		0,52		0,03		0,22	
Porcentaje de Remoción		2%		2%		-2%		-2%		-1%		6%		0%		3%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Para el grado de pH del agua se dice que es un agua con pH neutro cuando se encuentra entre un rango de 6-7 y agua ligeramente alcalina cuando se encuentra entre los rangos de 7,5 a 9.

Según la norma para la descarga de efluentes el agua tratada por la PTAR “Techo Propio 1” debe estar entre los rangos 6 – 9 de pH motivo por el cual observando los datos de la Tabla 19 se puede verificar que todos los días registrados donde se tomaron las muestras cumplen con la normativa para poder ser descargados de manera segura a la quebrada del sector Viña Shina.



**Gráfico 7: pH**

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Los respectivos datos de pH registrados en los 8 días se muestran en el Gráfico 7 donde se aprecia que hay una regulación del pH por parte de la planta de aguas residuales para tener un cumplimiento con la Norma de descarga de efluentes siendo el grado máximo de pH de entrada registrada de 8,08 de pH en el agua sin tratar y un mínimo de entrada de 7,64 de pH en el agua sin tratar lo cual no se requiere de un tratamiento mayor, puesto que con esos rangos ya se da un cumplimiento para poder descargar el agua tratada, la media de pH de entrada a la planta de tratamiento es de 7,87 de pH en el agua captada.

La cantidad de pH de descarga máximo después del tratamiento es de un 8,18 de pH en el agua y un mínimo de descarga de un 7,51 de pH en el agua tratada, con una media de descarga 7,79 de pH en el agua que se descarga a la quebrada del sector Viña Shina.

Por otra parte, existe un día donde se aumentó el pH del agua un 2,38% esto es observable el día 4, donde el recurso ingresa con un grado de pH de 7,99 y se lo descarga con un grado de pH de 8,18, todos los rangos respectivos están dentro de la norma para la descarga por lo que no existe una contaminación respectiva al pH en el medio ambiente donde se lo descarga.

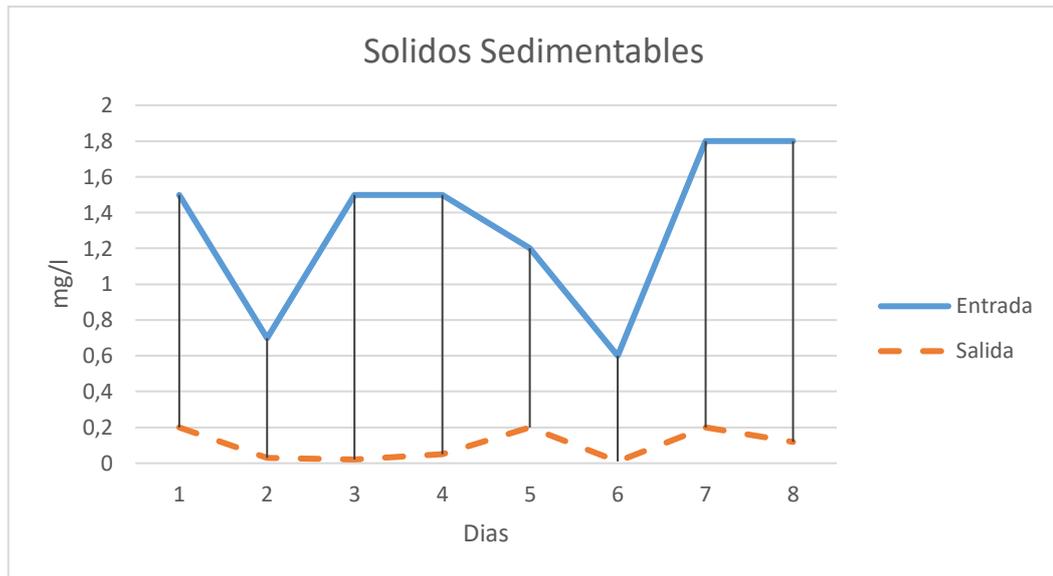
## Sólidos Sedimentables de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

*Tabla 20: Tabla de Datos Sólidos Sedimentables*

<b>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</b>																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permisible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida														
Sólidos Sedimentables	mg/l	<b>1,0</b>	1,50	0,20	0,70	0,03	1,50	0,02	1,50	0,05	1,20	0,20	0,60	0,01	1,80	0,20	1,80	0,12
Diferencia de Entrada/Salida			1,30		0,67		1,48		1,45		1,00		0,59		1,60		1,68	
Porcentaje de Remoción			87%		96%		99%		97%		83%		98%		89%		93%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Los sólidos sedimentables presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales al momento de su descarga cumplen con los mínimos permisibles para la descarga segura del efluente en la quebrada del sector Viña Shina como se aprecia en la Tabla 20 ya que según el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA se requiere descargarlo con un máximo de 1.0 mg/l lo cual refiere que la planta cumple con una alta eficiencia al momento de tratar los Sólidos Sedimentables durante el tratamiento de aguas residuales



**Gráfico 8:** *Sólidos Sedimentables*

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Los sólidos sedimentables que ingresan a la planta de tratamiento muestran una entrada máxima de 1,8 mg/l y un mínimo de 0,6 mg/l en la captación de las muestras, la planta tiene una media de entrada de 1,24 mg/l de Sólidos Sedimentables como se observa en el Gráfico 8.

Para el máximo de descarga que tiene la planta se registra un 0,2 mg/l en Sólidos Sedimentables y un mínimo de descarga de 0,01 mg/l y por otro lado la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” descarga una media de 0,06 % de Sólidos Sedimentables a la quebrada del sector Viña Shina.

En los registros se puede observar que el máximo porcentaje de eliminación de Sólidos Sedimentables se lo realiza el día 8 con un porcentaje de eliminación de este parámetro de contaminación en un 98,67 % eliminando de 1,8 mg/l hasta llegar a un 0,12 mg/l de presencia de Sólidos Sedimentables en las muestras.

Por el contrario, se observa que el mínimo porcentaje de eliminación del contaminante es de 83,33 % correspondiente al día 5 (observar Gráfico 8) donde se disminuye la contaminación de 1,2 mg/l hasta descargar un 0,2 mg/l de Sólidos Sedimentables.

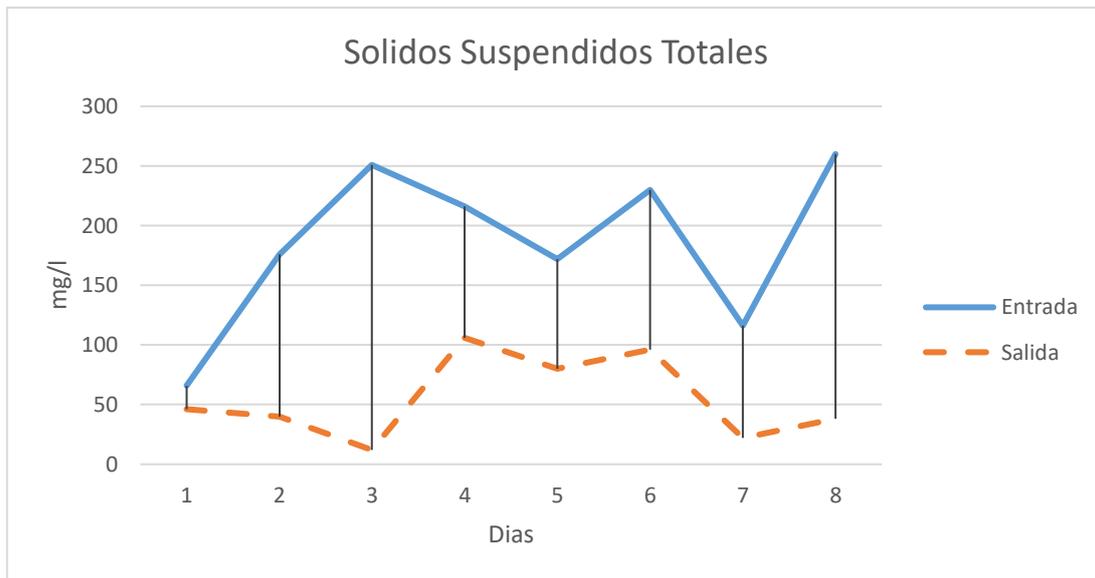
## Sólidos Suspendidos Totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

*Tabla 21: Tabla de Datos Sólidos Suspendidos Totales*

<b>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</b>																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permisible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida														
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	130	66,00	46,00	176,00	40,00	251,00	12,00	216,00	106,00	172,00	80,00	230,00	96,00	116,00	22,00	260,00	38,00
Diferencia de Entrada/Salida			20,00		136,00		239,00		110,00		92,00		134,00		94,00		222,00	
Porcentaje de Remoción			30%		77%		95%		51%		53%		58%		81%		85%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En los Sólidos Suspendidos Totales se observa que en todos los casos hay una correcta eliminación de partículas contaminantes según datos registrados en la Tabla 21, los cuales cumplen con el límite máximo permisible para la descarga segura al efluente aledaño, según el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA indica que el límite es de 130 mg/l.



**Gráfico 9:** *Sólidos Suspendidos Totales*

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Se puede observar en el Gráfico 9 que el máximo de ingreso de sólidos Suspendidos a la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” es de 260 mg/l y por el contrario el mínimo registrado de Sólidos Suspendidos Totales que ingresan a la planta de tratamiento es de 66 mg/l y una media de tratamiento que ingresa a la planta de 171,59 mg/l.

Por otra parte, se registró una salida de Sólidos Suspendidos Totales máximo de 106 mg/l y un mínimo de descarga 12 mg/l, la planta de tratamiento tiene una media de descarga de 44,37 mg/l siendo esto la cantidad de Sólidos Suspendidos Totales que se descargan a la quebrada del sector Viña Shina.

El porcentaje máximo que se produjo la eliminación de Sólidos Suspendidos Totales durante la toma de muestras es de 95,22% correspondiente al día 3 donde se observa un ingreso de 251 mg/l y después de pasar por los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales el contaminante se reduce a 12 mg/l.

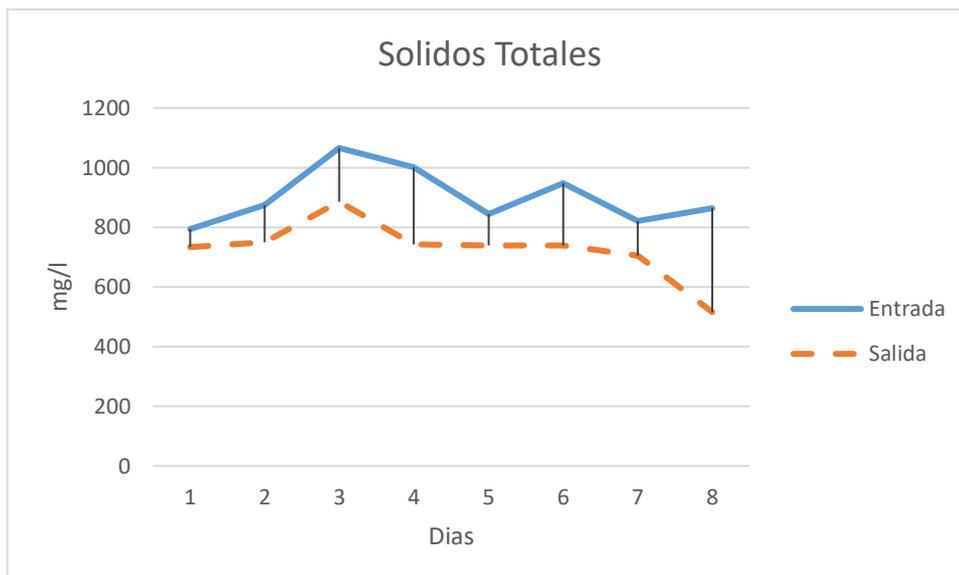
## Solidos Totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”

*Tabla 22: Tabla de Datos Solidos Totales*

<b>Matriz de datos de la Planta de Tratamiento "TECHO PROPIO 1" de la EP-EMAPA-A</b>																		
Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible*	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6		Día 7		Día 8	
			Entrada	Salida														
Sólidos Totales	mg/l	1600	794,00	734,00	874,00	750,00	1066,00	886,00	1002,00	742,00	845,00	740,00	947,00	740,00	822,00	706,00	864,00	516,00
Diferencia de Entrada/Salida			60,00		124,00		180,00		260,00		105,00		207,00		116,00		348,00	
Porcentaje de Remoción			8%		14%		17%		26%		12%		22%		14%		40%	

**Elaborado por:** Andrés Martínez

En lo correspondiente a Solidos Totales que se eliminan en la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” se observa una descarga del efluente bajo los límites permisibles (observar Tabla 22), según el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA que es de 1600 mg/l de solidos totales con lo cual se puede observar que la planta de tratamiento de aguas residuales “Techo Propio 1” es eficiente al momento de eliminar la contaminación de Solidos Totales y hacer la descarga a la quebrada del sector Viña Shina.



**Gráfico 10:** Solidos Totales

**Elaborado por:** Andrés Martínez

El máximo de Solidos Totales que ingresan a la Planta de Tratamiento “Techo Propio 1” según el Grafico 10 es de 1066 mg/l y el mínimo registrado al ingreso de la planta de tratamiento es de 794 mg/l, además de que la planta tiene una media de ingreso de Solidos Totales de 897,57 mg/l.

Por el contrario, el máximo de Solidos Totales que son descargados por parte de la planta de tratamiento es de 886 mg/l y un mínimo descargado de 516 mg/l, tomando en cuenta que la media de descarga que se realiza es de 719,97 mg/l.

Además, en los datos registrados se puede observar que el mayor porcentaje de eliminación es de 40,27 % dado en el día 8 con una eliminación de 864 mg/l a 516 mg/l.

El dato mínimo de porcentaje de eliminación de los Solidos Totales se da en el día 1 con tan solo 7,56% de eliminación del contaminante que a su ingreso tuvo un valor de 794 mg/l y a su descarga a la quebrada del sector Viña Shina de 734 mg/l.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Interpretación de resultados

La tabla 23 muestra un promedio calculado en base a los valores obtenidos de entrada y salida de cada contaminante al pasar por el proceso de tratamiento en la Planta de tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” los cuales se obtuvieron de la siguiente manera.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

#### Ecuación 2

**Fuente:** Lages Elon, y otros

Donde:

$\bar{X}$ : Parámetro Contaminante de Entrada/Salida

n= número de muestras obtenidas

Por ejemplo, para el dato de Alcalinidad de entrada:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\overline{Al}_0 = \frac{381,20 + 385,20 + 429 + 438 + 428,98 + 465,98 + 356,40 + 400,80}{8}$$

$$\overline{Al}_0 = \frac{3285,56}{8}$$

$$\overline{Al}_0 = 410,70$$

Con estos cálculos se obtiene el promedio de contaminante de Entrada y Salida respectivamente para lo cual para la Tabla 23 se lo realiza para cada contaminante obteniendo así los datos que se muestran.

Posteriormente se realiza el cálculo de la eficiencia de cada contaminante con los datos obtenidos de los cálculos anteriores los cuales se los realiza a partir de la ecuación 1 de la siguiente manera:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100 \%$$

### **Ecuación 1**

**Fuente:** Parra Rodrihuez, Lina M

Para la Alcalinidad obtenemos:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100 \%$$

$$Al = \frac{410,70 - 484,90}{410,70} * 100 \%$$

$$E = \frac{-74,2}{410,70} * 100 \%$$

$$E = (-0.18) * 100 \%$$

$$E = -18 \%$$

Obteniendo así el porcentaje de Eficiencia de remoción para cada parámetro enlistado en la Tabla 23.

**Tabla 23: Interpretación de Resultados**

PARAMETROS	Promedio		Parámetros		Porcentaje de Remoción de contaminantes
	Entrada	Salida	Unidad	Límite Máximo Permisible*	
Alcalinidad	410,70	484,90	mg/l	300	-18,07 %
Coliformes fecales	2842750,00	3728000,00	NMP/ml	≤3000	-31,14 %
Cromo VI	0,07	0,06	mg/l	0,5	15,95 %
DBO5	285,00	105,13	mg/l	100	63,11 %
DQO	523,63	228,50	mg/l	200	56,36 %
Materia Flotante	Ausencia	Ausencia		Ausencia	Ausencia
pH	7,88	7,80		6 -9	1,02 %
Solidos Sedimentables	1,33	0,10	mg/l	1,0	92,17 %
Solidos Suspendedos Totales	185,88	55,00	mg/l	130	70,41 %
Solidos Totales	901,75	726,75	mg/l	1600	19,41 %
					29,91 %

**Elaborado por:** Andrés Martínez

Para obtener el porcentaje total de eficiencia de la planta se utilizó la Ecuación 2 con los datos obtenidos de los porcentajes de eficiencia de cada parámetro obteniendo así:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

**Ecuación 2**

**Fuente:** Lages Elon, y otros

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{E} = \frac{(-18,07) + (-31,14) + 15,95 + 63,11 + 56,36 + 1,02 + 92,17 + 70,41 + 19,41}{9}$$

$$\bar{E} = \frac{269,22}{9}$$

$$\bar{E} = 29,91 \%$$

En comparación con los datos obtenidos de los estudios y los parámetros que se rigen en el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente) se aprecia que en promedio la Alcalinidad, Coliformes Fecales, DBO<sub>5</sub> y DQO nos son eficientemente tratados en la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), y en algunos casos llegando a contaminar más el agua residual que se vierte al efluente en comparación de como ingreso este recurso.

El mayor grado de Alcalinidad que se puede observar en la Tabla 23 donde se presenta un aumento al momento de pasar por el proceso de eliminación de contaminantes en la Planta de tratamiento “Techo Propio 1” llegando este a contaminar el agua un 18,07% más al medio ambiente. se puede dar debido a la falta de mantenimiento de las tuberías y alcantarillado que transportan el recurso hídrico, estas pueden encontrarse calcificadas motivo por el cual se puede observar un aumento en la dureza del agua.

Este factor se ve reflejado directamente en el pH del agua donde se puede notar un pH de 7.80 lo cual se refleja como agua ligeramente dura, como se asume que los mantenimientos que se dan a la planta no son los adecuados, el agua pudo haber calcificado las tuberías que transportan el líquido y esto sería el motivo principal de por qué el agua residual gana Alcalinidad en vez de perderla después del tratamiento realizado por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio”.

En el caso puntual de Coliformes fecales se nota que hay una contaminación mayor que la eliminación del contaminante el cual es de un 31,14% mayor que el nivel de contaminación que ingresa a la Planta de Tratamiento de aguas residuales lo cual se debe a la gran cantidad de Agua Residual que ingresa a la PTAR, ya que no se puede tratar el agua de una manera eficiente al sobrepasar la capacidad de la Planta de Tratamiento para eliminar los contaminantes, esto añade una mayor contaminación en este parámetro que afecta directamente a los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO.

En cuanto al DBO<sub>5</sub> y DQO , como se aprecia que las coliformes fecales aumenta en gran porcentaje la contaminación al momento de pasar por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “ Techo Propio 1”, también se ve afectado el DBO<sub>5</sub> de manera directa esto puede ser ocasionado por los grandes volúmenes de Agua Residual que ingresa a la PTAR los cuales, por su volumen, pueden estar produciendo que las coliformes fecales estén siendo transportadas totalmente en el agua y no exista una remoción de estas, otro factor que puede estar influenciado es que no existe una eficiente limpieza de los tanques de secado de lodos, por lo cual se adquiere una mayor contaminación de este parámetro al momento de su descarga al efluente del sector Viña Shina.

Por otra parte, se tiene que la planta de tratamiento de aguas residuales tiene una gran efectividad al momento del tratamiento de los Solidos Sedimentables, eliminando la contaminación en un 92,17 %, cumpliendo completamente con los parámetros impuestos en el TULSMA (Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.)

Cabe recalcar que los únicos parámetros de descarga que cumplen con el TULSMA (Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua) son:

Cromo VI: con un porcentaje de eliminación de 15.95%, pero al llegar con un grado bajo de contaminación a la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), este contaminante se encuentra dentro de los parámetros establecidos para su descarga segura en el sector de Viña Shina por lo q no hay potencial riesgo al descargar el efluente debido a este compuesto.

También en cuanto a la Materia Flotante se puede observar que cumple completamente y a satisfacción los límites impuestos por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, el cual es la ausencia total de materia flotante en el agua que va a ser descargada en el Efluente, uno de los factores determinantes para el cumplimiento de estos parámetros son los filtros y mallas que se encuentran al ingreso de la planta de tratamiento las cuales retienen de manera eficiente los contaminantes, cabe recalcar que de igual manera deben ser limpiados periódicamente y cambiados para que siga funcionando de la misma manera a un futuro.

Este factor también influye en la eficiencia de la planta al tratar parámetros como los sólidos sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales y Sólidos Totales, los cuales son eliminados de manera manual después de su proceso de sedimentación en los tanques.

Estos contaminantes cumplen con la normativa vigente al ser efectuar una eliminación manual de los lodos una vez secados, aunque se debe tomar en cuenta que se debe realizar limpieza de los tanques y mejor mantenimiento cada 3 días y no semanalmente como lo realiza la EP-EMAPA-A.

Como los resultados indican una baja eficiencia del sistema, independientemente de la temporada de monitoreo. La remoción de contaminantes en la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, no es muy eficaz debido a deficientes instalaciones y falta de mantenimiento de las mismas.

El porcentaje promedio de eliminación de todos los contaminantes indican un 29,91% de eficiencia el cual da a conocer una total ineficiencia de PTAR.

## Verificación de la hipótesis

El Programa utilizado para la verificación de la hipótesis es Minitab 18 el cual es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos.

## Notación

Término	Descripción
$\bar{y}_i$	la media de la muestra para el $i^{\text{ésimo}}$ nivel del factor
$\bar{y}_j$	la media de la muestra $j^{\text{ésimo}}$ nivel del factor
$n_i$	el número de observaciones en el nivel $i$
$r$	el número de niveles
$s$	la desviación estándar agrupada o raíz cuadrada (MSE)
$u$	los grados de libertad para el error
$\alpha$	la probabilidad simultánea de cometer un error de tipo I)
$\alpha^*$	la probabilidad individual de cometer un error de tipo I

Tukey:

$$\bar{y}_i - \bar{y}_j \pm \frac{Q(1 - \alpha; r, n_T - r)}{\sqrt{2}} s \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}$$

## Ecuacion 3

Fuente: Jason C. Hsu.

donde  $Q$  = percentil  $\alpha$  superior de la distribución de rango estudentizado con  $r$  y  $n_T - r$  grados de libertad.

Para la comprobación de hipótesis primero se realiza el planteamiento de la misma:

**H0:** La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **no cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es baja.

**H1:** La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es alta.

Se utilizo el Análisis Estadístico de Tukey para cada uno de los contaminantes de los cuales se realizó los cálculos para determinar cuál hipótesis es la correcta, en donde se puede notar por el cálculo de Tukey que las muestras no cumplen con los parámetros en ciertos contaminantes, llegando a obtener un resultado negativo en lo referente al cambio que debe presentar al pasar por la PTAR.

Los casos se pueden apreciar en las siguientes tablas donde se realizó el cálculo individual con el método de Tukey.

## ANOVA de un solo factor Alcalinidad: Normativa; Entrada; Salida

**Tabla 24:** Método para Alcalinidad

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.

De la Tabla 24 se obtiene las dos hipótesis para saber si la Alcalinidad tiene medias iguales y su nivel de significancia de un 5%.

**Tabla 25:** Análisis de Varianza Alcalinidad

Fuente	GL	SC Sec.	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	137459	80,39%	137459	68729	43,06	0,00000003
Error	21	33521	19,61%	33521	1596		
Total	23	170980	100,00%				

En los resultados de la Tabla 25, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de alcalinidad media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,00000003$  es menor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas de las muestras tienen medias diferentes.

**Tabla 26:** Resumen del modelo Alcalinidad

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
39,9529	80,39%	78,53%	74,39%

**Tabla 27: Medias Alcalinidad**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	300,675	0,925	(271,299; 330,051)
Entrada	8	410,7	35,9	(381,3; 440,1)
Salida	8	484,9	59,1	(455,5; 514,3)

*Desv.Est. agrupada = 39,9529*

En la Tabla 27 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente.

### **Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 28: Comparaciones en Pareja Alcalinidad**

Factor	N	Media	Agrupación
Salida	8	484,9	A
Entrada	8	410,7	B
Normativa	8	300,675	C

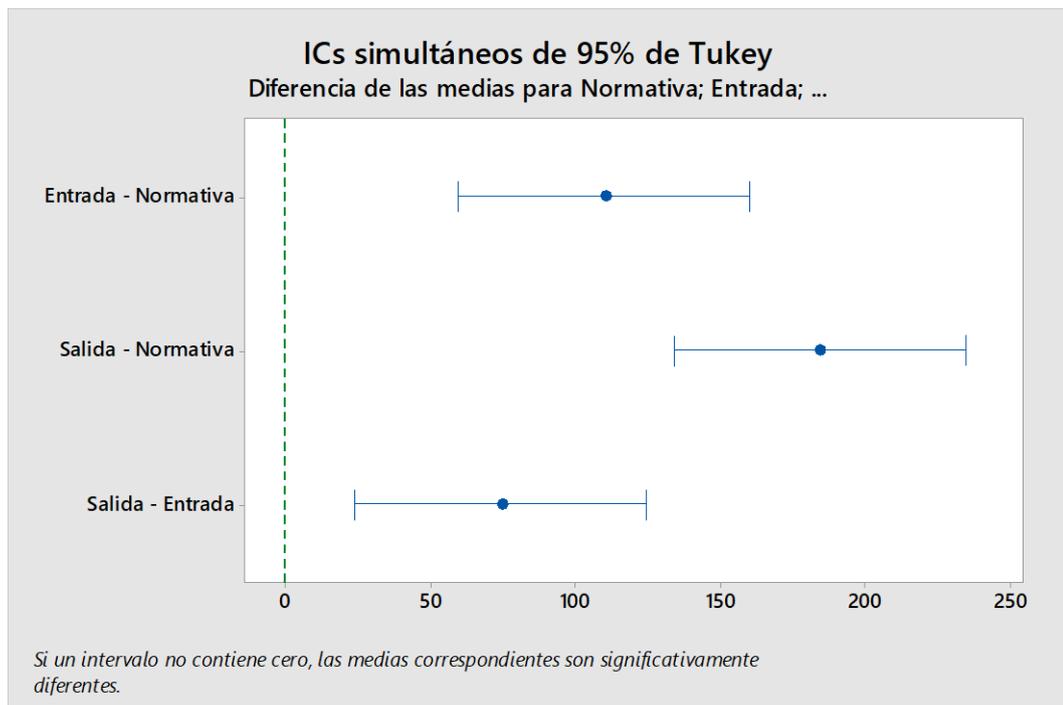
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 28 las medias de Entrada y Salida de Alcalinidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es ineficiente al tratar los parámetros de Alcalinidad.

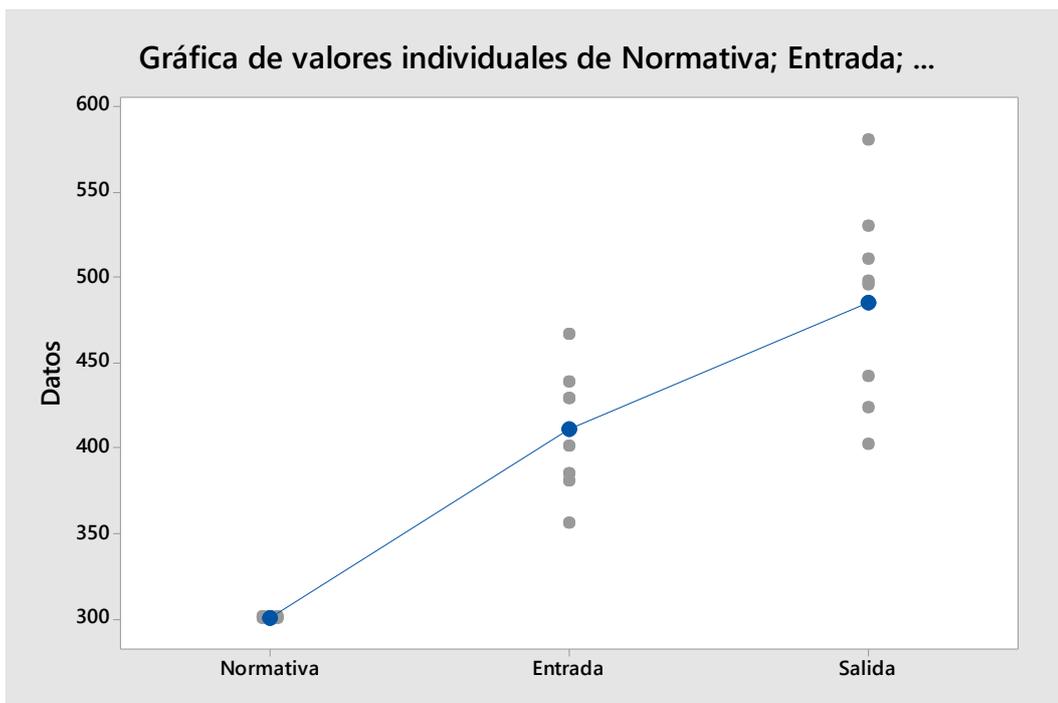
**Tabla 29:** Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias de Alcalinidad

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	110,0	(59,7; 160,3)	5,51	0,00001
Salida - Normativa	184,2	(133,9; 234,5)	9,22	0,00001
Salida - Entrada	74,2	(23,9; 124,5)	3,71	0,00425

Nivel de confianza individual = 98,00%

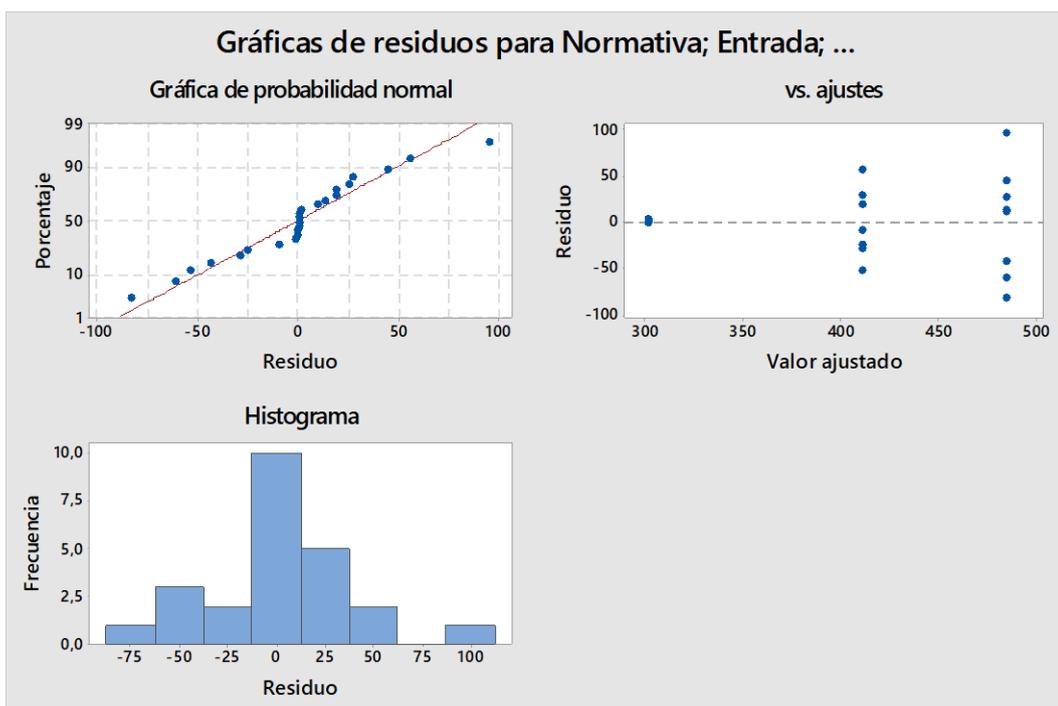


**Gráfico 11:** Intervalos de confianza Alcalinidad



*Gráfica 12: Valores Individuales Alcalinidad*

Con los intervalos presentados en el Grafico 12 se puede apreciar que las medias de tratamiento están fuera de los límites permitidos por la normativa.



*Gráfico 13: Grafica Triple Alcalinidad*

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de Alcalinidad se cumple la hipótesis **H0**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **no cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es baja.

### **ANOVA de un solo factor Coliformes Fecales: Normativa; Salida; Entrada**

*Tabla 30: Método para Coliformes Fecales*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 30 se obtiene las dos hipótesis para saber si las coliformes fecales tienen medias iguales y su nivel de significancia de un 5%.

*Tabla 31: Análisis de Varianza Coliformes Fecales*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	6,05959E+13	3,02980E+13	2,06	0,153
Error	21	3,09239E+14	1,47257E+13		
Total	23	3,69835E+14			

En los resultados de la Tabla 31, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de Coliformes Fecales media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,153$  es mayor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se concluye que las muestras tienen medias iguales.

**Tabla 32:** Resumen del modelo Coliformes fecales

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3837405	16,38%	8,42%	0,00%

**Tabla 33:** Medias Coliformes Fecales

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	3000,01	0,02	(-2818469,40; 2824469,42)
Salida	8	3728000	5261190	(906531; 6549469)
Entrada	8	2842750	4061639	(21281; 5664219)

*Desv.Est. agrupada = 3837405*

En la Tabla 33 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida de Coliformes Fecales, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente.

#### **Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 34:** Comparaciones en parejas Coliformes Fecales

Factor	N	Media	Agrupación
Salida	8	3728000	A
Entrada	8	2842750	A
Normativa	8	3000,01	B

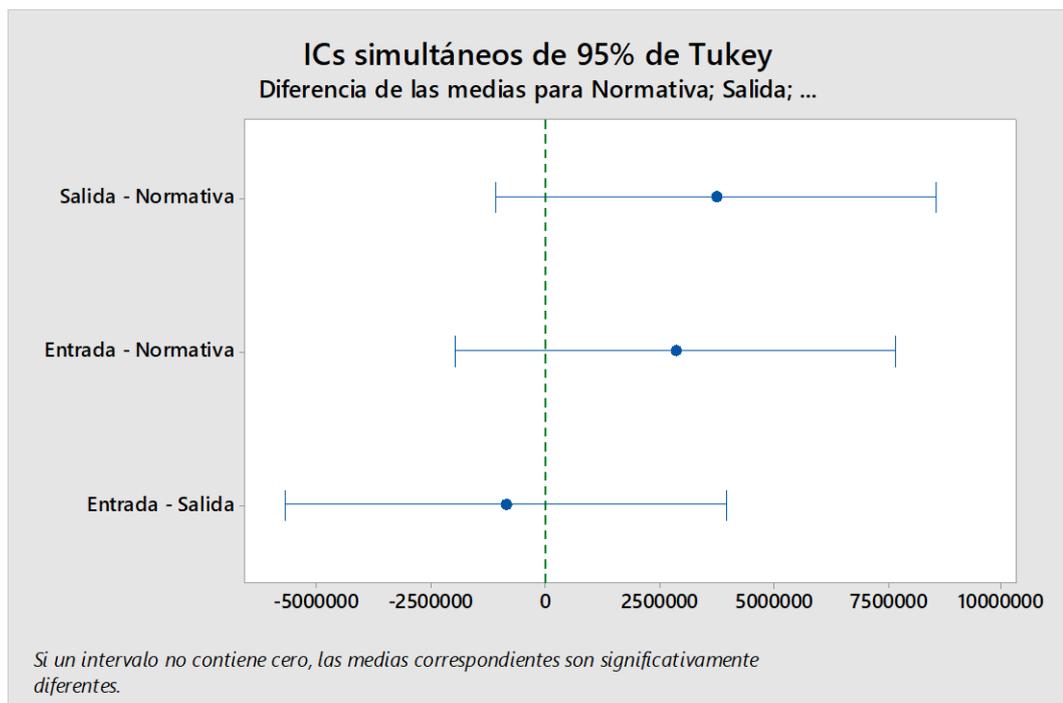
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 34 las medias de Entrada y Salida de Coliformes Fecales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es ineficiente al tratar los parámetros de Coliformes Fecales.

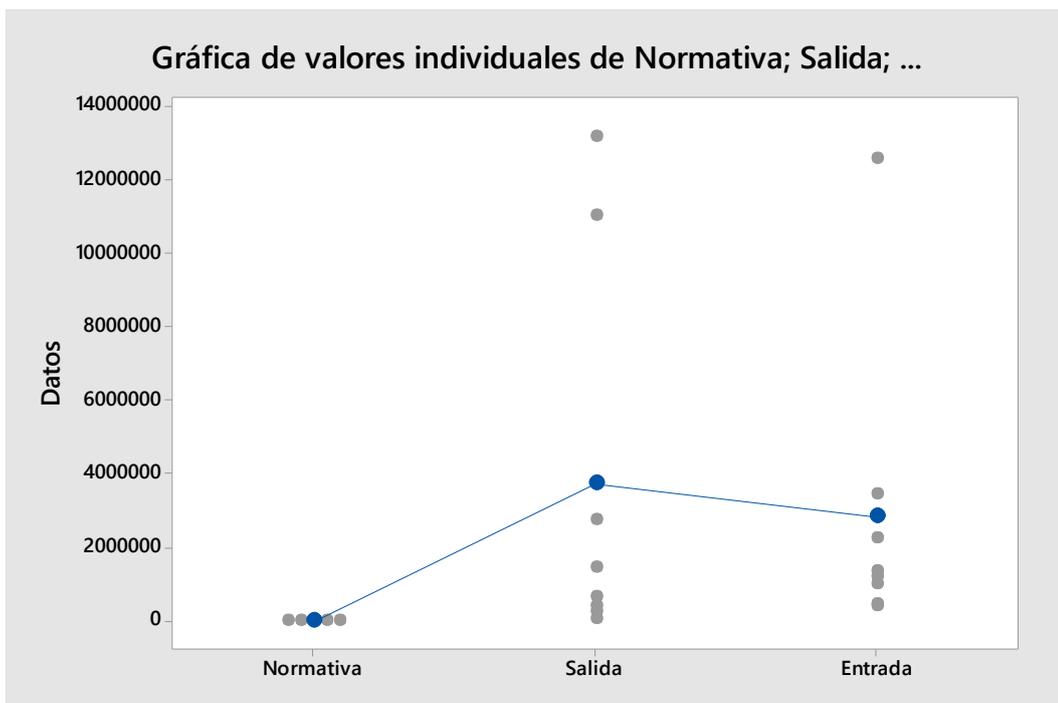
**Tabla 35: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias de Coliformes Fecales**

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Salida - Normativa	3725000	(-1104950; 8554950)	1,94	0,152
Entrada - Normativa	2839750	(-1990200; 7669700)	1,48	0,320
Entrada - Salida	-885250	(-5715200; 3944700)	-0,46	0,890

*Nivel de confianza individual = 98,00%*

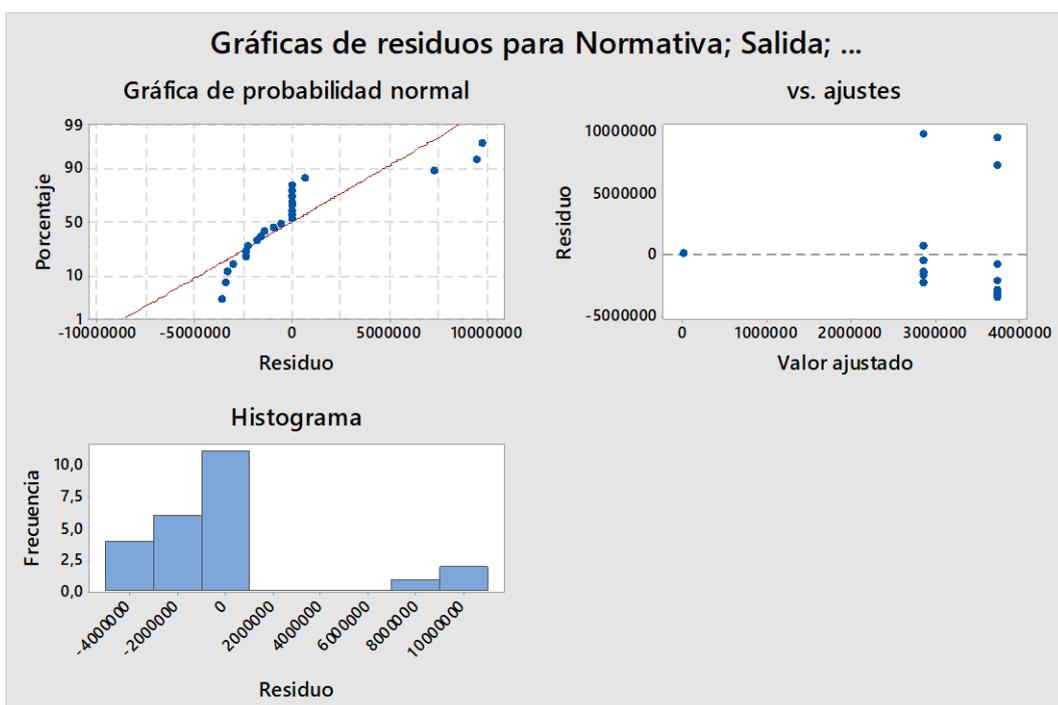


**Gráfico 14: Intervalos de confianza Coliformes Fecales**



**Gráfico 15:** *Valores Individuales Coliformes Fecales*

Con los intervalos presentados en el Grafico 15 se puede apreciar que las medias de tratamiento están fuera de los límites permitidos por la normativa en lo referente a Coliformes Fecales.



**Gráfico 16:** *Grafica triple Coliformes Fecales*

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de Coliformes Fecales se cumple la hipótesis **H0**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **no cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es baja.

**ANOVA de un solo factor Cromo VI: Normativa; Entrada; Salida**

**Tabla 36: Método Cromo VI**

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 36 se obtiene las dos hipótesis para saber si el Cromo VI tiene medias iguales y su nivel de significancia de un 5%

**Tabla 37: Análisis de Varianza Cromo VI**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0,98295	0,491475	411,85	0,0000052
Error	21	0,02506	0,001193		
Total	23	1,00801			

En estos resultados, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de Cromo VI media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,0000052$  es menor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas de las muestras tienen medias diferentes.

**Tabla 38: Resumen del modelo Cromo VI**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0345446	97,51%	97,28%	96,75%

**Tabla 39: Medias Cromo VI**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	0,49625	0,00518	(0,47085; 0,52165)
Entrada	8	0,0729	0,0433	(0,0475; 0,0983)
Salida	8	0,0613	0,0410	(0,0359; 0,0866)

*Desv.Est. agrupada = 0,0345446*

En la Tabla 39 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida de Cromo VI, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente

#### **Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 40: Comparaciones en parejas Cromo VI**

Factor	N	Media	Agrupación
Normativa	8	0,49625	A
Entrada	8	0,0729	B
Salida	8	0,0613	B

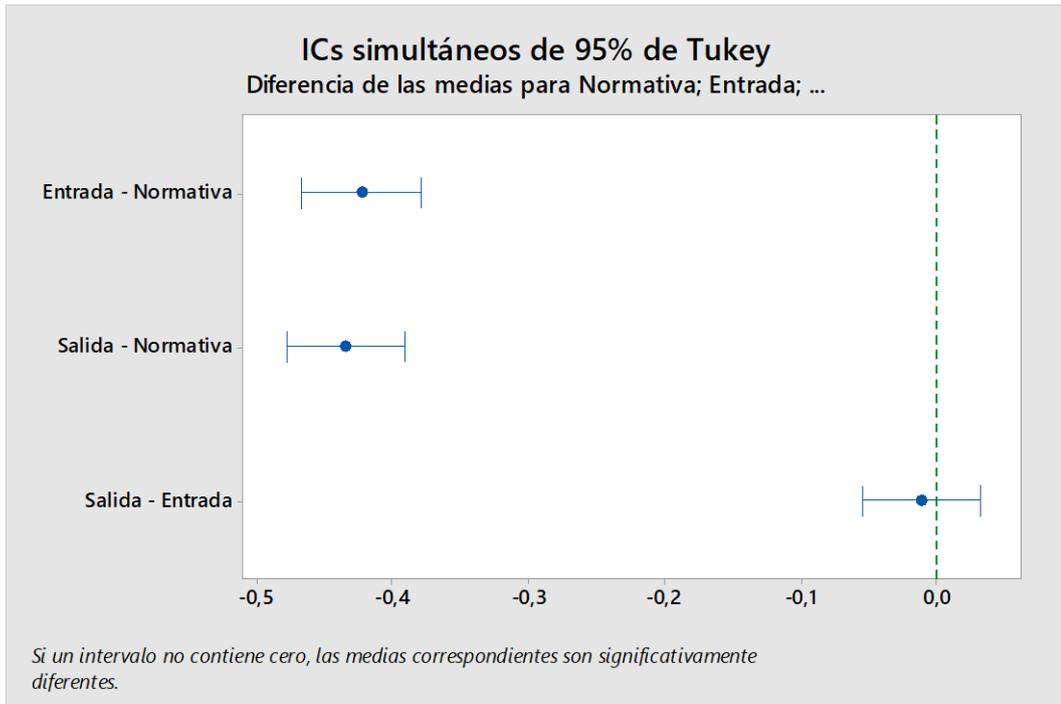
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 40 las medias de Entrada y Salida de Cromo VI de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” se encuentran dentro de lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es eficiente al tratar los parámetros de Cromo VI.

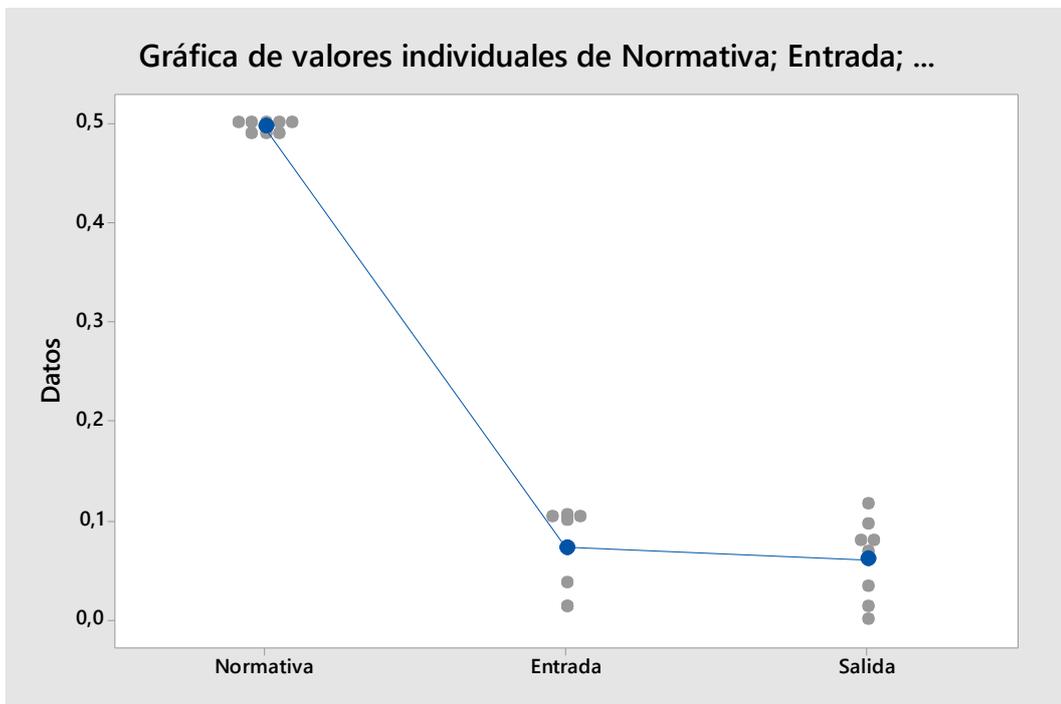
**Tabla 41: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias de Cromo VI**

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	-0,4234	(-0,4669; -0,3799)	-24,51	0,00001
Salida - Normativa	-0,4350	(-0,4785; -0,3915)	-25,18	0,00001
Salida - Entrada	-0,0116	(-0,0551; 0,0319)	-0,67	0,78148

*Nivel de confianza individual = 98,00%*

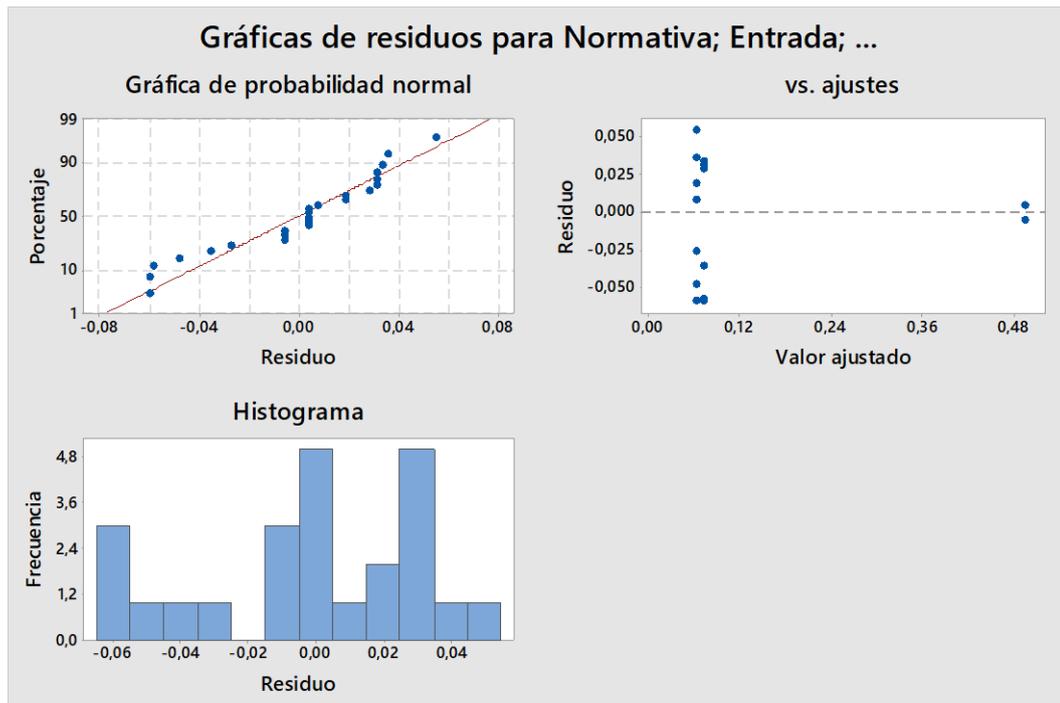


**Gráfico 17: Intervalos de Confianza Cromo VI**



**Gráfico 18: Valores Individuales Cromo VI**

Con los intervalos presentados en el Grafico 18 se puede apreciar que las medias de tratamiento del Cromo VI están dentro límites permitidos por la normativa.



*Gráfico 19: Grafica Triple Cromo VI*

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de Cromo VI se cumple la hipótesis **H1**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es alta.

#### **ANOVA de un solo factor DBO<sub>5</sub>: Normativa; Entrada; Salida**

*Tabla 42: Método DBO<sub>5</sub>*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 42 se obtiene las dos hipótesis para saber si el DBO<sub>5</sub> tiene medias iguales y su nivel de significancia de un 5%

**Tabla 43: Análisis de Varianza DBO<sub>5</sub>**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	177608	88804	36,71	0,00000014
Error	21	50805	2419		
Total	23	228413			

En estos resultados, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de DBO<sub>5</sub> media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,00000014$  es menor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas de las muestras tienen medias diferentes.

**Tabla 44: Resumen del modelo DBO<sub>5</sub>**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
49,1862	77,76%	75,64%	70,95%

**Tabla 45: Medias DBO<sub>5</sub>**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	100,009	0,008	(63,844; 136,173)
Entrada	8	285,0	81,8	(248,8; 321,2)
Salida	8	105,13	23,79	(68,96; 141,29)

*Desv.Est. agrupada = 49,1862*

En la Tabla 45 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida de DBO<sub>5</sub>, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente.

### **Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 46: comparación en parejas DBO<sub>5</sub>**

Factor	N	Media	Agrupación
Entrada	8	285,0	A
Salida	8	105,13	B
Normativa	8	100,009	B

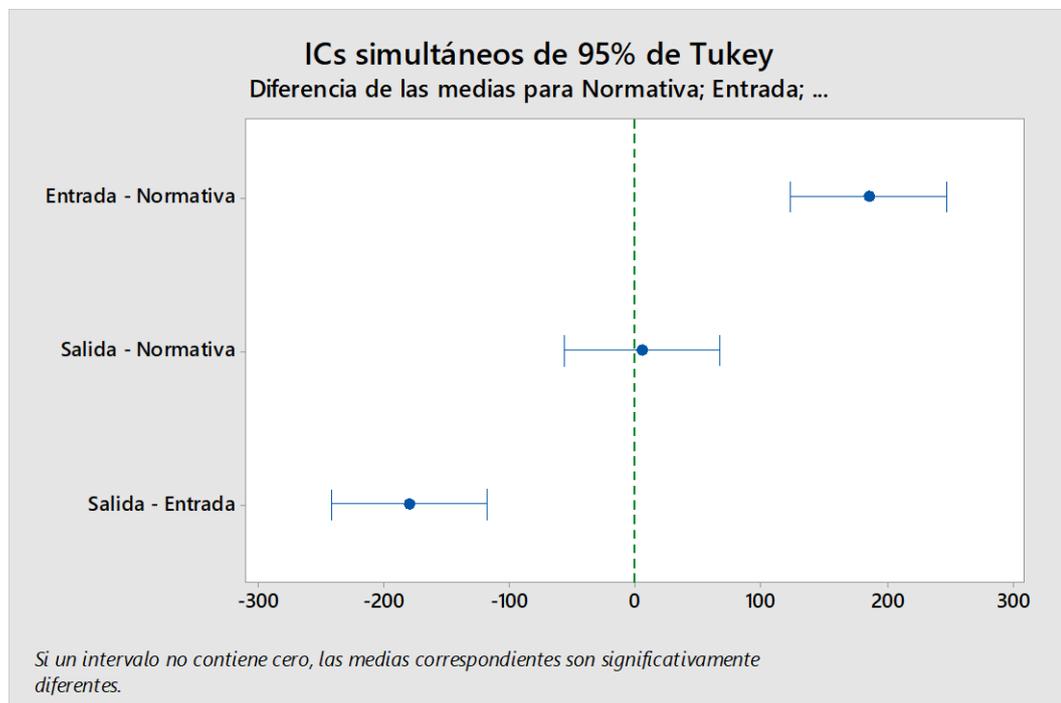
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 46 las medias de Salida de DBO<sub>5</sub> de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es ineficiente al tratar los parámetros de DBO<sub>5</sub>

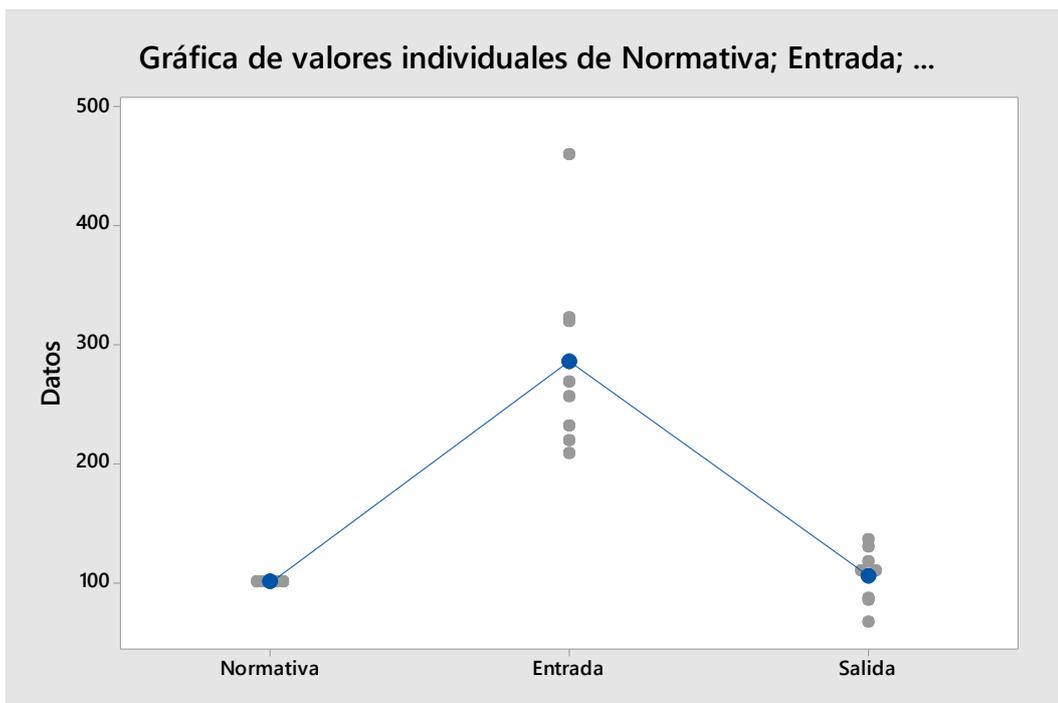
**Tabla 47:** Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias DBO<sub>5</sub>

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	185,0	(123,1; 246,9)	7,52	0,00001
Salida - Normativa	5,1	(-56,8; 67,0)	0,21	0,97645
Salida - Entrada	-179,9	(-241,8; -118,0)	-7,31	0,00001

Nivel de confianza individual = 98,00%

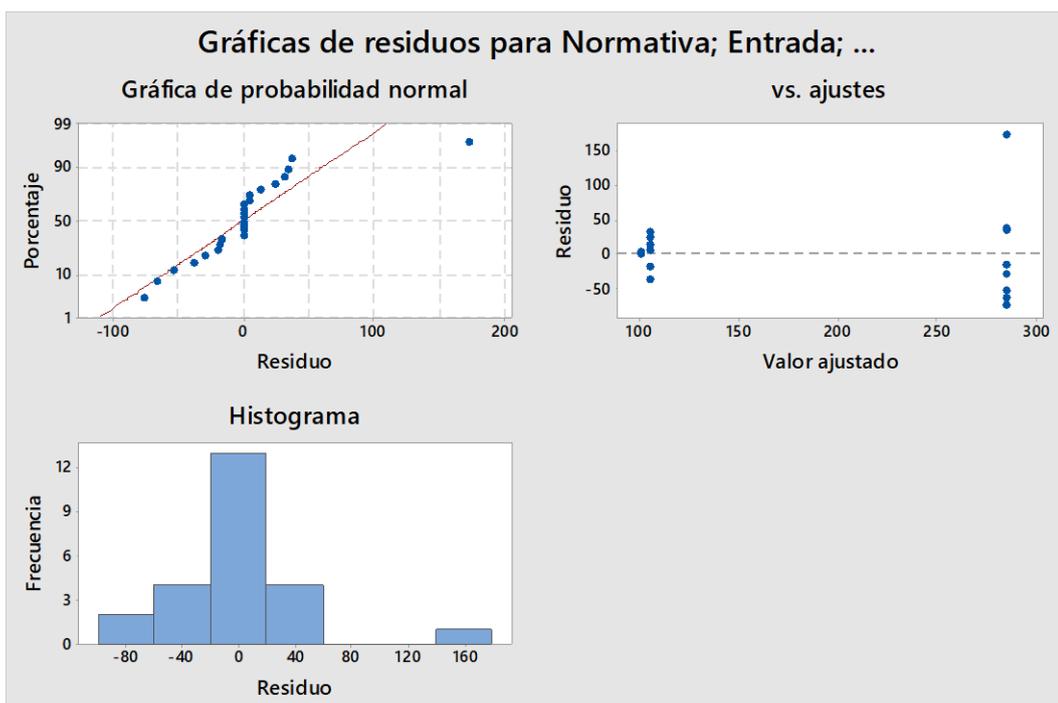


**Gráfico 20:** Intervalos de Confianza DBO<sub>5</sub>



**Gráfico 21:** Valores Individuales DBO<sub>5</sub>

Con los intervalos presentados en el Grafico 21 se puede apreciar que las medias de tratamiento de DBO<sub>5</sub> están fuera de los límites permitidos por la normativa.



**Gráfico 22:** Grafica Triple DBO<sub>5</sub>

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de  $DBO_5$  se cumple la hipótesis **H0**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **no cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es baja.

#### **ANOVA de un solo factor DQO: Normativa; Entrada; Salida**

**Tabla 48: Método DQO**

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 48 se obtiene las dos hipótesis para saber si el DQO tiene medias iguales y su nivel de significancia de un 5%

**Tabla 49: Análisis de Varianza DQO**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	513706	256853	58,92	0,00000024
Error	21	91544	4359		
Total	23	605250			

En estos resultados, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de alcalinidad media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,00000024$  es menor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas de las muestras tienen medias diferentes.

**Tabla 50: Resumen del modelo DQO**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
66,0245	84,88%	83,43%	80,24%

**Tabla 51: Medias DQO**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	200,006	0,007	(151,461; 248,551)
Entrada	8	523,6	100,2	(475,1; 572,2)
Salida	8	228,5	55,1	(180,0; 277,0)

*Desv.Est. agrupada = 66,0245*

En la Tabla 51 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida de DQO, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente

### **Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 52: Comparación DQO**

Factor	N	Media	Agrupación
Entrada	8	523,6	A
Salida	8	228,5	B
Normativa	8	200,006	C

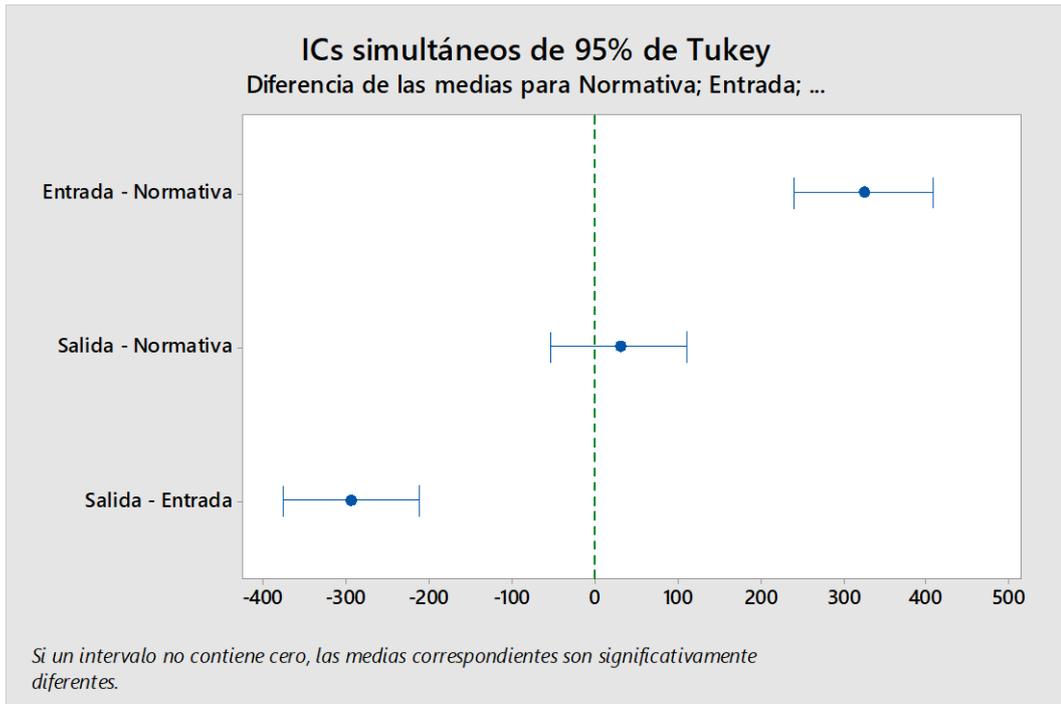
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 52 las medias de Entrada y Salida de DQO de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es ineficiente al tratar los parámetros de DQO.

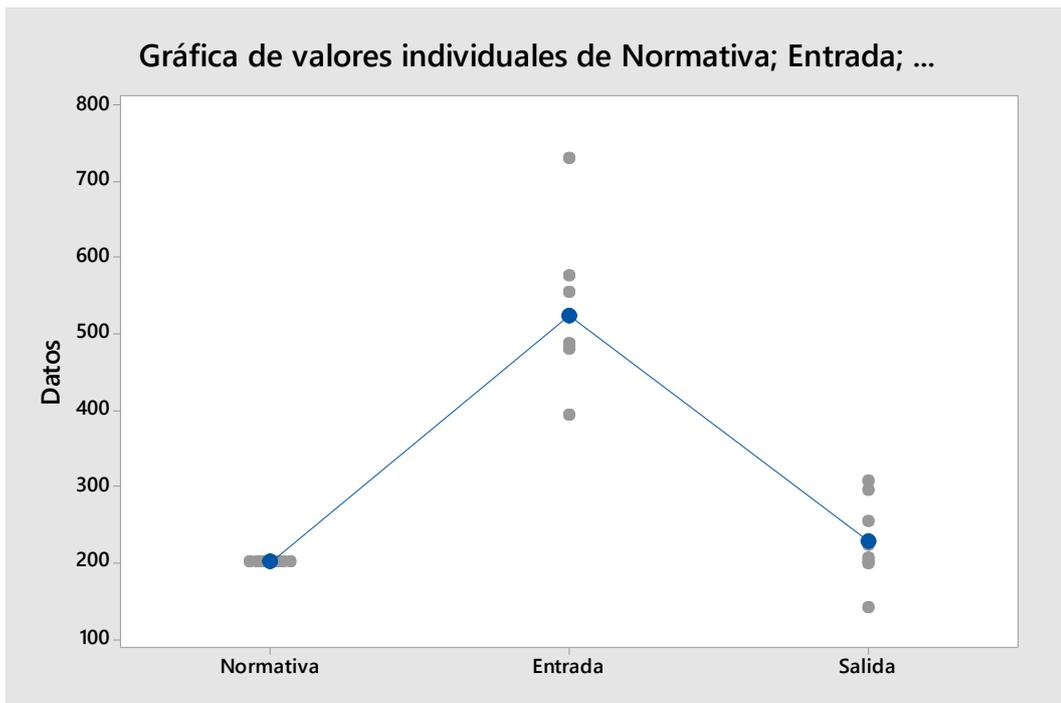
**Tabla 53: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias DQO**

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	323,6	(240,5; 406,7)	9,80	0,00001
Salida - Normativa	28,5	(-54,6; 111,6)	0,86	0,66881
Salida - Entrada	-295,1	(-378,2; -212,0)	-8,94	0,00001

*Nivel de confianza individual = 98,00%*

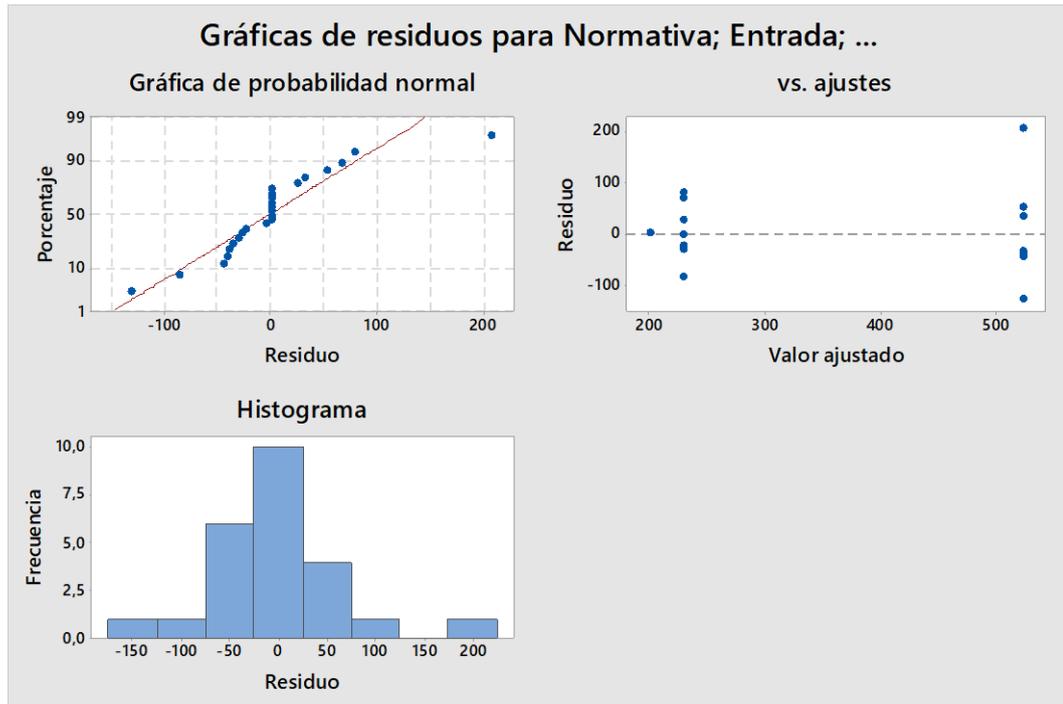


**Gráfico 23:** Intervalos de confianza DQO



**Gráfico 24:** Valores Individuales DQO

Con los intervalos presentados en el Grafico 24 se puede apreciar que las medias de tratamiento están fuera de los límites permitidos por la normativa.



*Gráfico 25: Grafica Triple DQO*

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de DQO se cumple la hipótesis **H0**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **no cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es baja.

**ANOVA de un solo factor pH: Normativa; Entrada; Salida**

*Tabla 54: Método pH*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 54 se obtiene las dos hipótesis para saber si el pH tiene medias iguales y su nivel de significancia de un 5%

**Tabla 55: Análisis de Varianza pH**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0,6241	0,3121	0,62	0,548
Error	21	10,6016	0,5048		
Total	23	11,2257			

En estos resultados, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de alcalinidad media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,548$  es mayor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se acepta la hipótesis nula y se concluye que las muestras no tienen medias diferentes.

**Tabla 56: Resumen del modelo pH**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,710520	5,56%	0,00%	0,00%

**Tabla 57: Medias pH**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	7,500	1,195	(6,978; 8,022)
Entrada	8	7,8750	0,1622	(7,3526; 8,3974)
Salida	8	7,7950	0,2442	(7,2726; 8,3174)

*Desv.Est. agrupada = 0,710520*

En la Tabla 57 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida del pH, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente.

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 58:** Comparaciones pH

Factor	N	Media	Agrupación
Entrada	8	7,8750	A
Salida	8	7,7950	A
Normativa	8	7,500	A

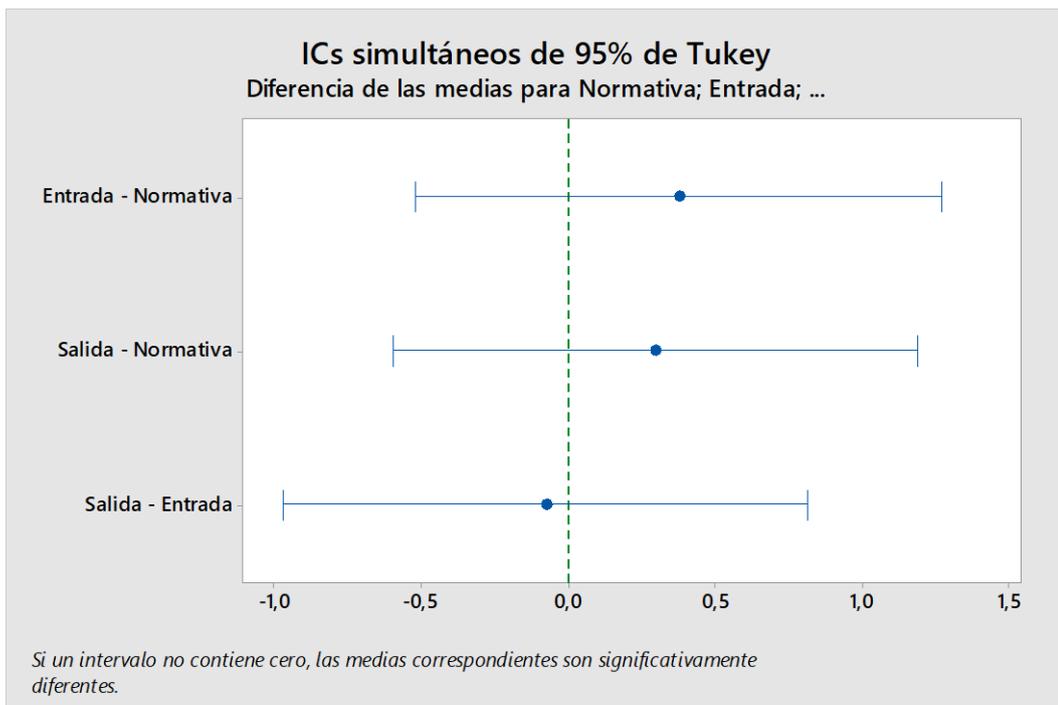
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 58 las medias de Entrada y Salida de pH de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” no son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es eficiente al tratar los parámetros de regulación del pH.

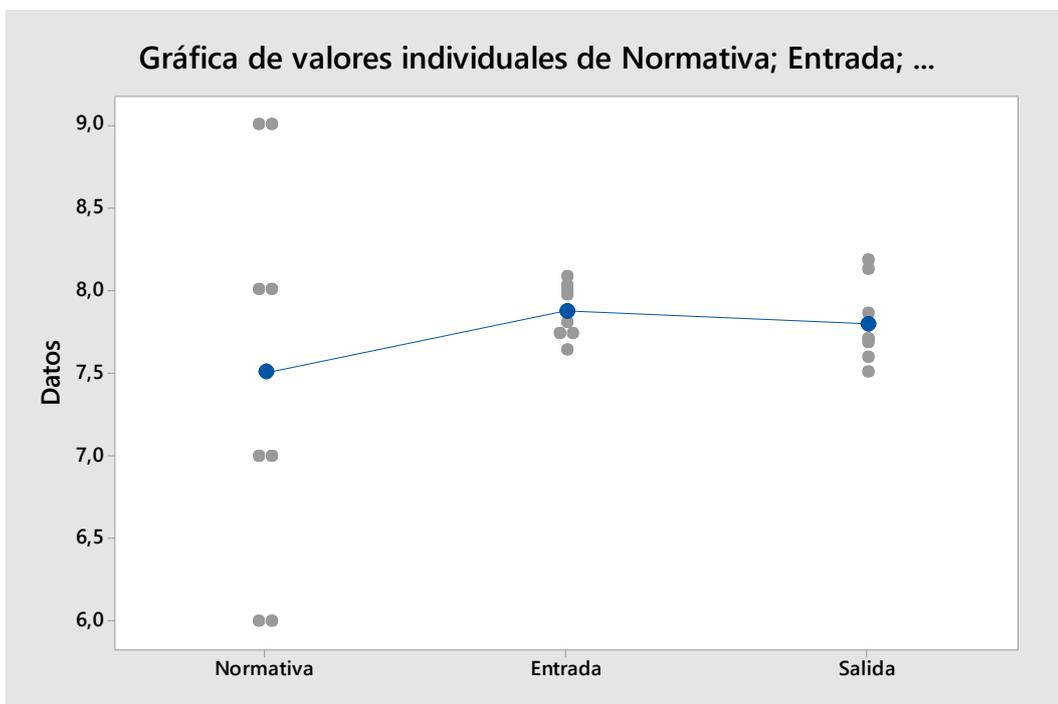
**Tabla 59:** Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias pH

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	0,375	(-0,519; 1,269)	1,06	0,551
Salida - Normativa	0,295	(-0,599; 1,189)	0,83	0,689
Salida - Entrada	-0,080	(-0,974; 0,814)	-0,23	0,972

*Nivel de confianza individual = 98,00%*

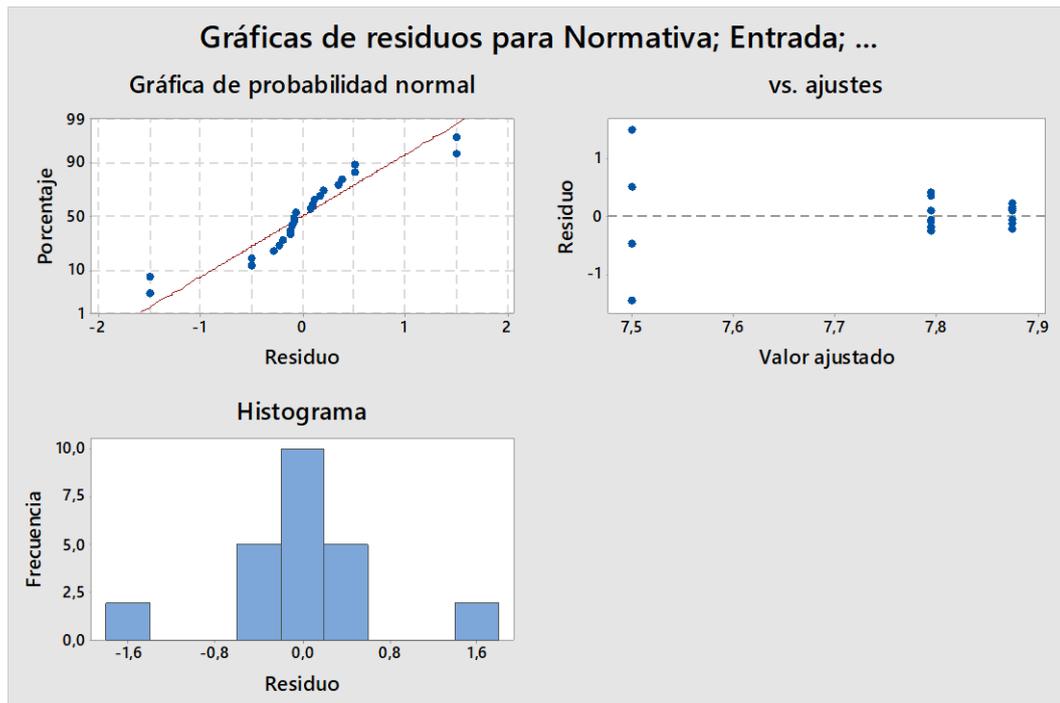


**Gráfico 26:** Intervalos de confianza pH:



**Gráfico 27:** Valores Individuales pH

Con los intervalos presentados en el Gráfico 27 se puede apreciar que las medias de tratamiento de pH están dentro de los límites permitidos por la normativa.



**Gráfico 28:** Grafica Triple pH

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de pH se cumple la hipótesis **H1**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es alta.

**ANOVA de un solo factor Solidos Sedimentables: Normativa; Entrada; Salida**

**Tabla 60:** Método Solidos Sedimentables

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales

Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 60 se obtiene las dos hipótesis para saber si los Solidos Sedimentables tienen medias iguales y su nivel de significancia de un 5%

**Tabla 61: Análisis de Varianza Solidos Sedimentables**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	6,424	3,21203	44,15	0,00000030
Error	21	1,528	0,07275		
Total	23	7,952			

En estos resultados, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de Solidos Sedimentables media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,00000030$  es menor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas de las muestras tienen medias diferentes.

**Tabla 62: Resumen del modelo Solidos Sedimentables**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,269721	80,79%	78,96%	74,91%

**Tabla 63: Medias Solidos Sedimentables**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	1,00750	0,00886	(0,80919; 1,20581)
Entrada	8	1,325	0,459	(1,127; 1,523)
Salida	8	0,1038	0,0863	(-0,0946; 0,3021)

*Desv.Est. agrupada = 0,269721*

En la Tabla 63 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida de Solidos Sedimentables, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 64: Comparaciones Solidos Sedimentables**

Factor	N	Media	Agrupación
Entrada	8	1,325	A
Normativa	8	1,00750	A
Salida	8	0,1038	B

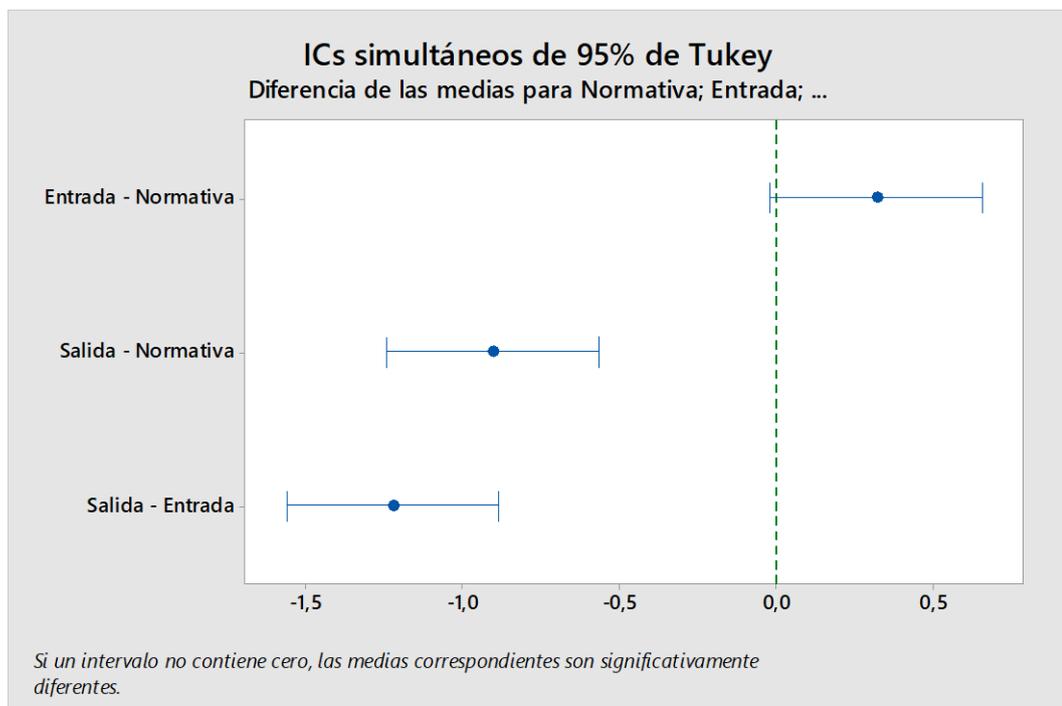
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 64 las medias de Entrada y Salida de Sólidos Sedimentables de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” no son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es eficiente al tratar los parámetros de Sólidos Sedimentables.

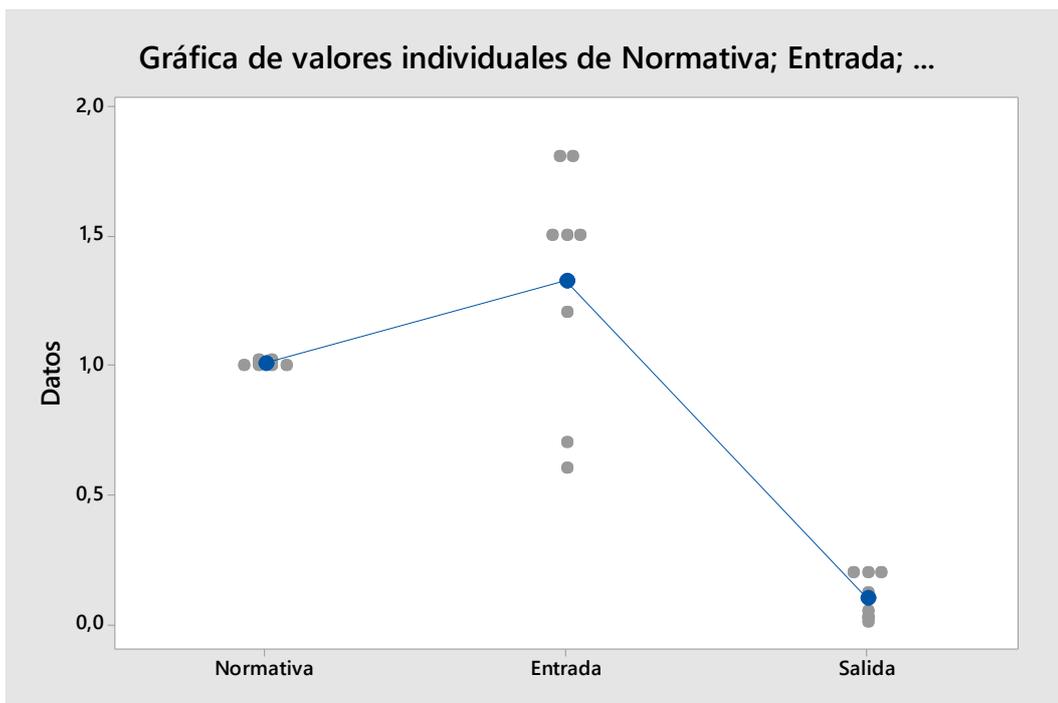
**Tabla 65: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias Sólidos Sedimentables**

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	0,318	(-0,022; 0,657)	2,35	0,07012
Salida - Normativa	-0,904	(-1,243; -0,564)	-6,70	0,00001
Salida - Entrada	-1,221	(-1,561; -0,882)	-9,06	0,00001

*Nivel de confianza individual = 98,00%*

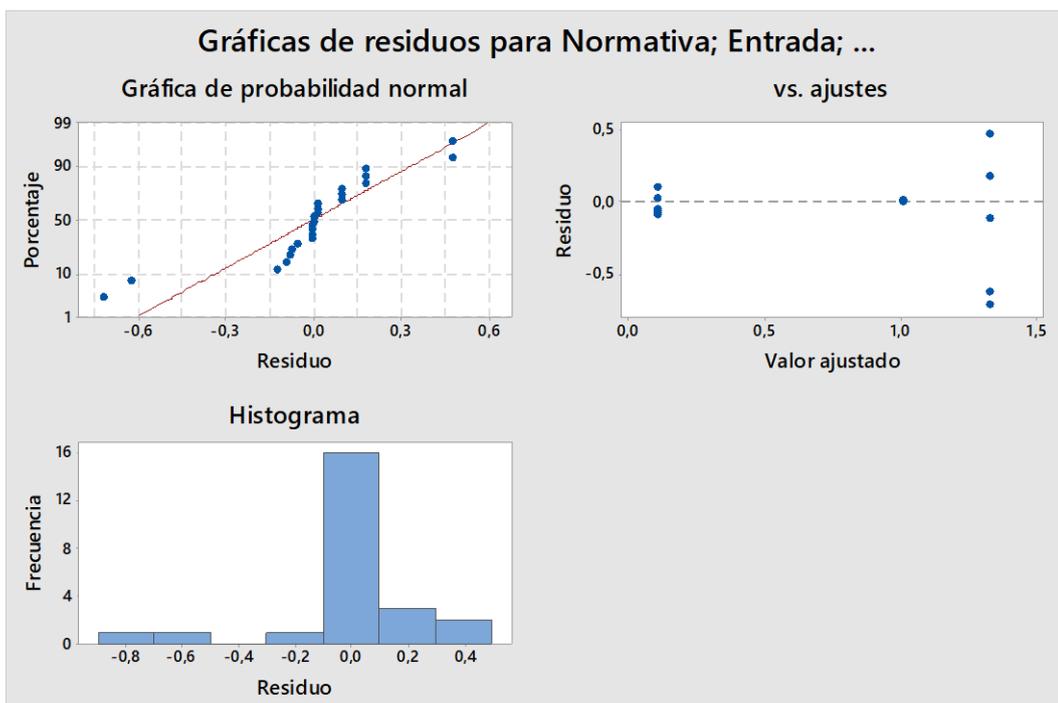


**Gráfico 29: Intervalos de confianza Sólidos Sedimentables**



**Gráfico 30:** Valores Individuales Solidos Sedimentables

Con los intervalos presentados en el Grafico 30 se puede apreciar que las medias de tratamiento de Solidos Sedimentables están fuera de los límites permitidos por la normativa.



**Gráfico 31:** Grafica Triple Solidos Sedimentables

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de Sólidos Sedimentables se cumple la hipótesis **H1**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es alta.

**ANOVA de un solo factor Sólidos Suspendidos Totales: Normativa; Entrada; Salida**

*Tabla 66: Método Sólidos Suspendidos Totales*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 66 se obtiene las dos hipótesis para saber si los Sólidos Suspendidos Totales tiene medias iguales y su nivel de significancia de un 5%

*Tabla 67: Análisis de Varianza Sólidos Suspendidos Totales*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	69002	34501	17,86	0,00003
Error	21	40573	1932		
Total	23	109574			

En estos resultados, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de Sólidos Suspendidos Totales media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,00003$  es menor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas de las muestras tienen medias diferentes.

**Tabla 68:** Resumen del modelo Solidos Suspendidos Totales

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
43,9550	62,97%	59,45%	51,64%

**Tabla 69:** Medias Solidos Suspendidos Totales

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	130,007	0,009	(97,689; 162,326)
Entrada	8	185,9	67,8	(153,6; 218,2)
Salida	8	55,0	34,7	(22,7; 87,3)

*Desv.Est. agrupada = 43,9550*

En la Tabla 69 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida de Solidos Suspendidos Totales, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente

### **Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 70:** Comparaciones Solidos Suspendidos Totales

Factor	N	Media	Agrupación
Entrada	8	185,9	A
Normativa	8	130,007	B
Salida	8	55,0	C

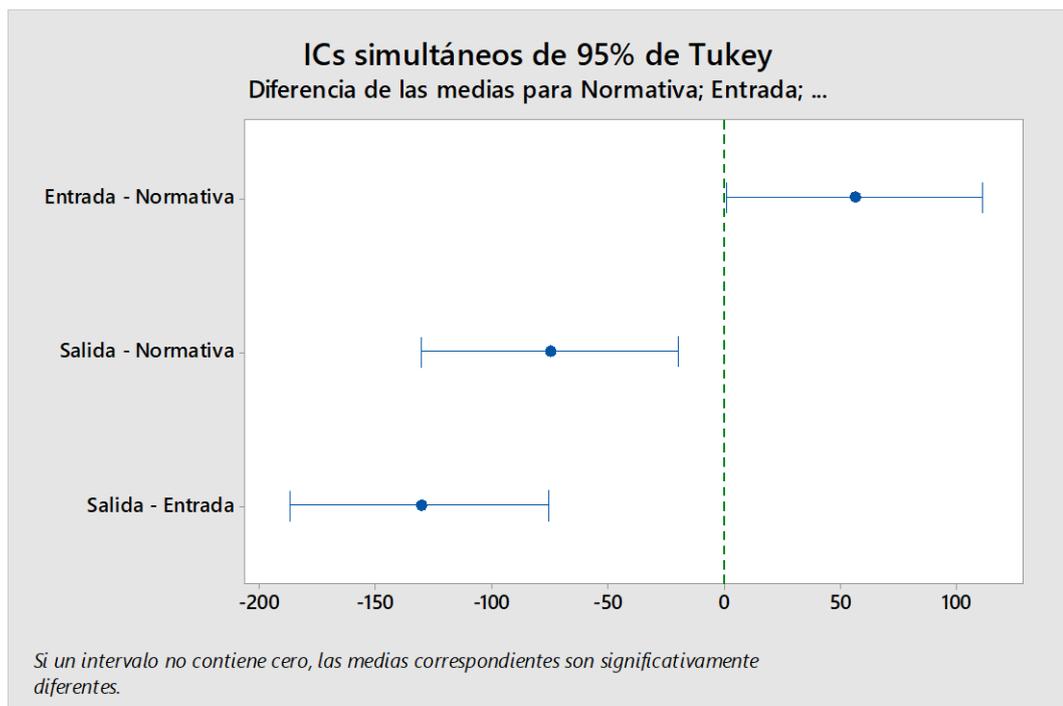
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 70 las medias de Entrada y Salida de Solidos Suspendidos Totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es eficiente al tratar los parámetros de Solidos Suspendidos Totales.

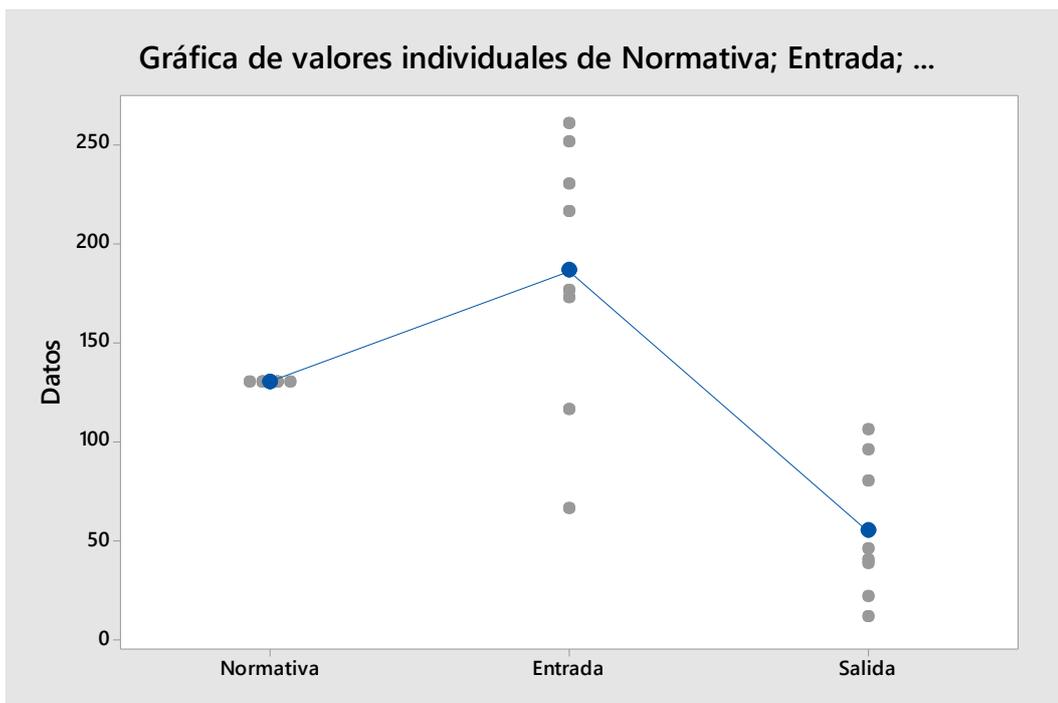
**Tabla 71:** Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias Sólidos Suspendidos Totales

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	55,9	(0,5; 111,2)	2,54	0,048
Salida - Normativa	-75,0	(-130,3; -19,7)	-3,41	0,007
Salida - Entrada	-130,9	(-186,2; -75,6)	-5,95	0,000

Nivel de confianza individual = 98,00%

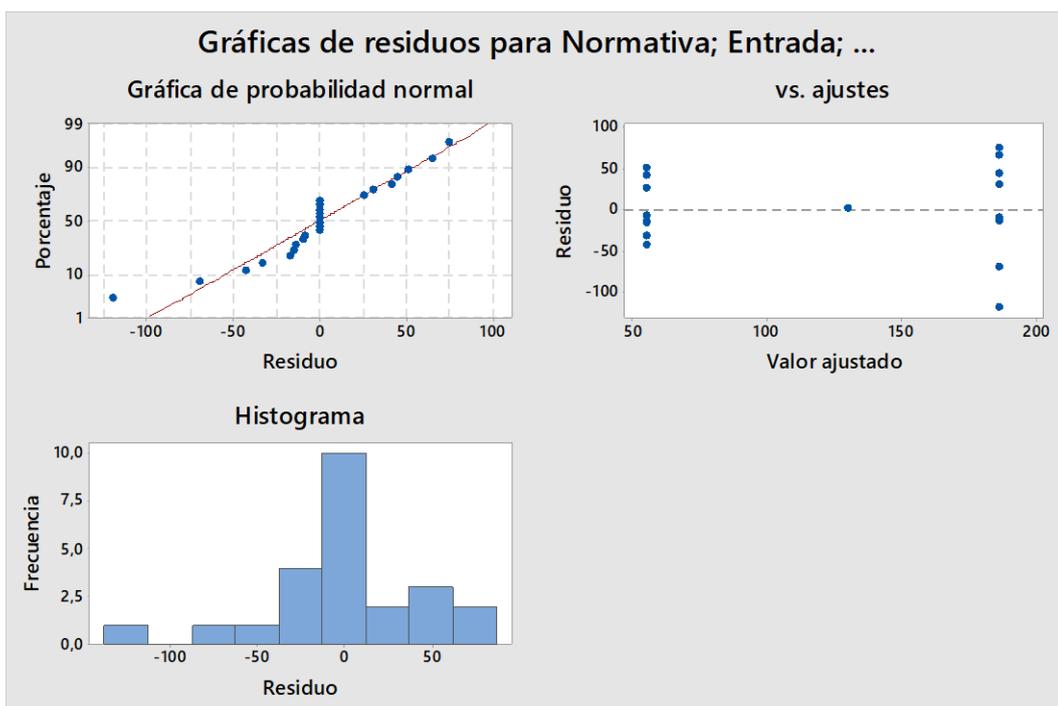


**Gráfico 32:** Intervalos de Confianza Sólidos Suspendidos Totales



**Gráfico 33:** *Valores Individuales Solidos Suspendidos Totales*

Con los intervalos presentados en el Grafico 33 se puede apreciar que las medias de tratamiento están dentro de los límites permitidos por la normativa.



**Gráfico 34:** *Grafica Triple Solidos Suspendidos Totales*

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de Sólidos Suspendidos Totales se cumple la hipótesis **H1**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es alta.

### **ANOVA de un solo factor Sólidos Totales: Normativa; Entrada; Salida**

**Tabla 72: Método Sólidos Totales**

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se supuso igualdad de varianzas para el análisis.*

De la Tabla 72 se obtiene las dos hipótesis para saber si los Sólidos Totales tienen medias iguales y su nivel de significancia de un 5%

**Tabla 73: Análisis de Varianza Sólidos Totales**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	3415379	1707690	267,93	0,0000011
Error	21	133845	6374		
Total	23	3549224			

En estos resultados, la hipótesis nula establece que los valores de las muestras de Sólidos Totales media son iguales. Puesto que el valor  $p = 0,0000011$  es menor que el nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula y se concluye que algunas de las muestras tienen medias diferentes.

**Tabla 74: Resumen del modelo Sólidos Suspendidos Totales**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
79,8347	96,23%	95,87%	95,07%

**Tabla 75: Medias Solidos Totales**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Normativa	8	1600,01	0,01	(1541,31; 1658,71)
Entrada	8	901,8	94,5	(843,1; 960,4)
Salida	8	726,8	101,0	(668,1; 785,4)

*Desv.Est. agrupada = 79,8347*

En la Tabla 75 se muestran las medias de los datos de Entrada y salida, también se aprecia la desviación estándar de estos valores con los intervalos de confianza respectivamente.

### **Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 76: Comparaciones Solidos Totales**

Factor	N	Media	Agrupación
Normativa	8	1600,01	A
Entrada	8	901,8	B
Salida	8	726,8	C

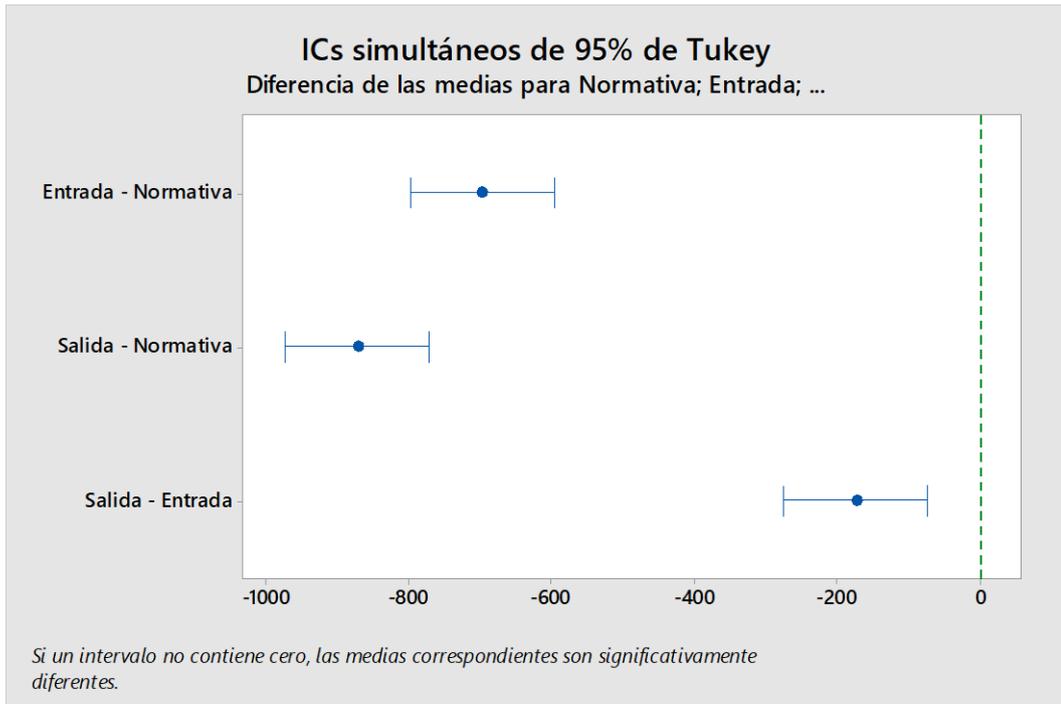
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Como se puede observar en la Tabla 76 las medias de Entrada y Salida de Solidos Totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” son significativamente diferentes a lo requerido por el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, por lo que se puede verificar que la PTAR “Techo Propio 1” es eficiente al tratar los parámetros de Solidos Totales.

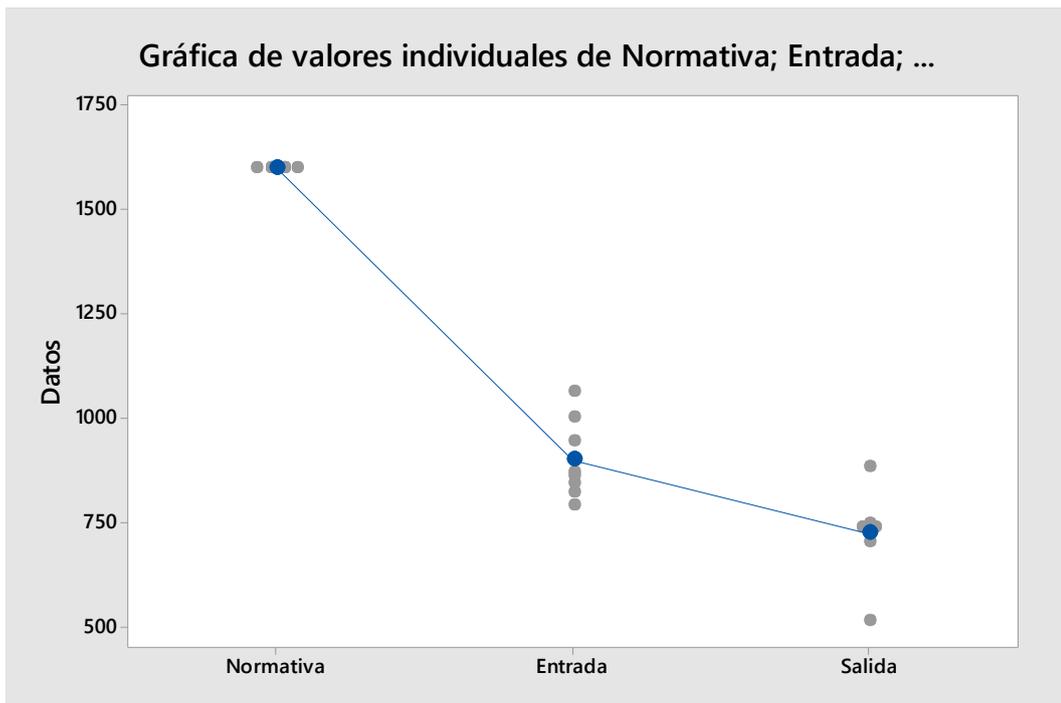
**Tabla 77: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias Solidos Totales**

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Entrada - Normativa	-698,3	(-798,7; -597,8)	-17,49	0,00001
Salida - Normativa	-873,3	(-973,7; -772,8)	-21,88	0,00001
Salida - Entrada	-175,0	(-275,5; -74,5)	-4,38	0,00121

*Nivel de confianza individual = 98,00%*

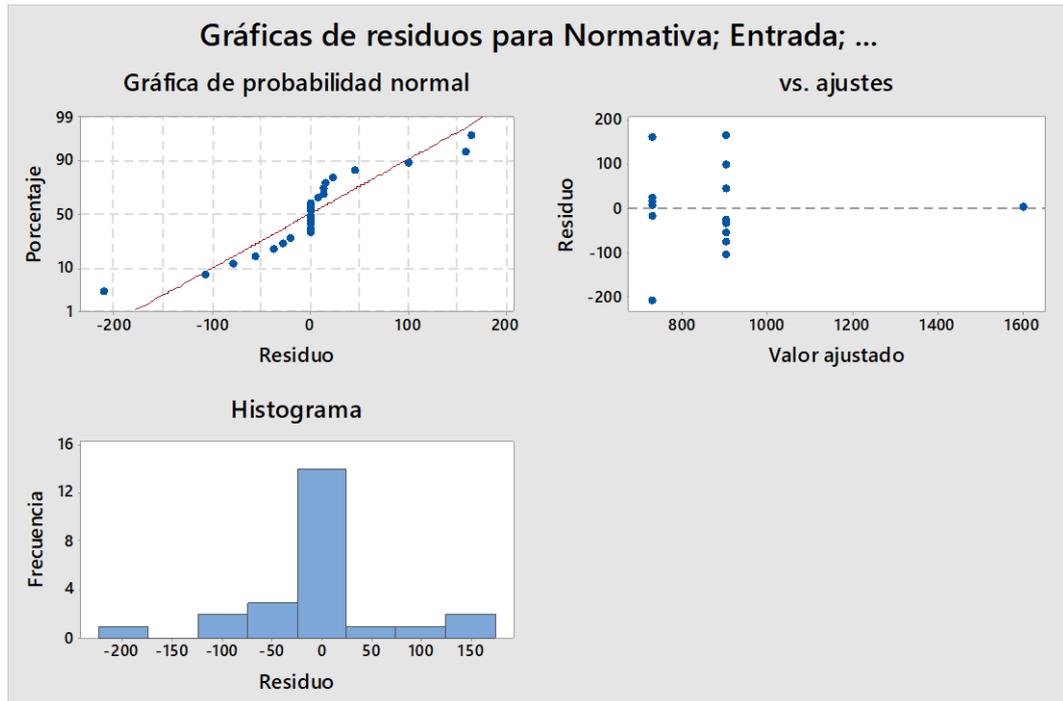


**Gráfico 35:** Intervalos de confianza Solidos Totales



**Gráfico 36:** Valores Individuales Solidos Totales

Con los intervalos presentados en el Grafico 36 se puede apreciar que las medias de tratamiento están dentro de los límites permitidos por la normativa.



***Gráfico 37: Grafica Triple Solidos Totales***

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que para el parámetro de Solidos Totales se cumple la hipótesis **H1**: La descarga del recurso hídrico realizado por la planta de tratamiento “Techo Propio 1” **cumple** con todos los requisitos expresados en “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA” por lo que la eficiencia de la planta de tratamiento es alta.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

- Se determinó la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” por medio del análisis de Aguas en el laboratorio de Control de Calidad “Casigana” dando como resultado una eficiencia de 29,91% en la remoción de contaminantes, valor que refleja el tratamiento ineficiente por parte de la PTAR “Techo Propio 1”.
  
- Se observó que la planta de tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1” cuenta con mantenimientos periódicos semanales y satura la capacidad de tratamiento de PTAR dejando así un agua, en su mayoría, sin un proceso de tratamiento óptimo para la posterior descarga en el sector de Viña Shina, incumpliendo de esta manera con la normativa oficial.
  
- La eficiencia de la PTAR no es la adecuada motivo por el cual los parámetros de Alcalinidad, Coliformes Fecales, DBO<sub>5</sub>, DQO y Sólidos Sedimentables no alcanzan valores de remoción aceptados por la normativa vigente, estos valores de remoción muestran incluso un efecto opuesto al deseado por la PTAR perjudicando de manera directa al medio ambiente.

- La concluyo que la administración y operación de la EP-EMAPA-A no es la adecuada debido a que desvía las aguas residuales destinadas a la PTAR “Techo propio 2” (actualmente inactiva) a la “PTAR Techo Propio 1” provocando una sobresaturación de la capacidad de tratamiento y produciendo una ineficiencia en la misma.
- Se concluyo que la hipótesis H0 es acertada debido a que los datos obtenidos en los Informes de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos se aprecia una diferencia negativa en ciertos contaminantes en cuanto a la eficiencia de la Planta de Tratamiento “Techo Propio 1”.

## Recomendaciones

- Realizar análisis mensuales de la planta de tratamiento “Techo Propio 1” para verificar la eficiencia de remoción de contaminantes tanto en época seca como lluviosa y determinar si por motivos climáticos hace que la eficiencia de la planta decaiga.
- Realizar un mantenimiento y limpieza de la PTAR con una mayor frecuencia para que no contamine más el agua que ingresa a esta y se realice un mejor tratamiento del Agua residual.
- Instalar un sistema de cloración al final de la unidad terciaria para mejorar la calidad de la descarga y así reducir también la cantidad de coliformes fecales y a su vez realizando un buen control de la cantidad y periodicidad de instalación de las pastillas de cloro en el sistema.
- Mejorar el proceso para la eliminación de Alcalinidad, Coliformes Fecales, DBO<sub>5</sub>, DQO y Sólidos Sedimentables que no cumple con la Norma de Descarga de Aguas Residuales habilitando la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 2” para disminuir la carga presente en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Techo Propio 1”.

## Literatura Citada

**APHA (American Public Health Association). 1992.** *Standar methods for the examination of water and wastewater.* Washington D.C : American Public Health Association, 1992.

**Benitez, G. 2013.** *Analisis y modelizacion de la inactivacion de Escherichia Coli en aguas residuales.* Madrid : Universidad Complutense de Madrid, 2013.

**Bol Mendoza, H. 2004.** *Impacto por Nutrientes de las Aguas Residuales Vertidas en la cuenca del Rio Dulce y Lago de Izabal.* Gutemala : s.n., 2004.

**Castro de Esparza, M.L. 1988.** *Parametros Fisico-Quimicos que Influyen en la Calidad y en el Tratamiento del Agua.* Lima : CEPIS, 1988.

**Cervantes - Carrillo F, Perez J y Gomez J. 2000.** *Avances en la Eliminacion Biologica del Nitrogeno de las Aguas Residuales.* Mexico : Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 2000.

*Curso Internacional "GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES".* **Ing Rojas, Ricardo. 2002.** s.l. : Organización Mundial de la Salud, 2002.

**Fenoglio, L. 2000.** *Bases de Diseño para la Construcción de un Reactor Biológico Experimental Basado en los Sistemas de Humedales de Flujo Vertical.* Mexico : Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2000.

**Glynn, H. J. 1999.** *Ingeniería Ambiental.* Mexico : Prentice Hall, 1999.

**Hillbeboe, H. E. 2005.** *Manual de Tratamiento de Aguas Negras .* Mexico : Limusa, 2005.

**Jimenez, E. B. 2002.** *La Contaminación Ambiental en Mexico.* Mexico : Limusa, Noriega Editores, 2002.

**Johnson, G. V. 1986.** *Evaluation of salt tolerance in Azolla. Technical Completion Report, project number 1423626. Water Resources Research Institute.* Mexico : Universidad de Mexico, 1986.

**Lara Borrego, J. A. 1999.** *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales.* España : Universidad Politecnica de Cataluña, 1999.

**Lara Villacis, Ligia Elena. 2011.** *Las aguas residuales del Camal Municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del Río Pastaza en la provincia de Tungurahua.* Ambato : Universidad Tecnica de Ambato, 2011.

*Manual para el Monitoreo de Aguas Residuales.* **MARN. 2005.** Guatemala : s.n., 2005.

**Massieu, B. S. 2008.** *Tratamiento de Agua Residual.* Mexico : s.n., 2008.

*Norma oficial mexicana nom-041-ssa1-1993, bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.* **Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. 1993.** Mexico D.F : s.n., 1993.

**Perry, C. 2002.** *Aspectos de la Calidad de Agua, Salud y Estetica.* Madrid, España : MCGraw-Hill/Interamericana de España, 2002.

**Rodie, E. Ingeniería Sanitaria. 1987.** Mexico D.F : Continental S.A de C.V, Ingeniería Sanitaria.

**Rojas, J. A. 1999.** *Calidad del Afua 2da. Edicion.* Mexico D.F : ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A de C.V, 1999.

**Sanchez de Leon, E. M. 2001.** *Sistema Integrado de Tratamiento y uso de Aguas Residuales en America Latina: Realidad y Potencial.* Solola, Guatemala : IDRC - OPS/HEP/CEPIS, 2001.

**Sans, R., & Ribas, J. 1989.** *Ingenieria Ambiental: Contaminacion y Tratamientos.* Barcelona, España : Marcombo S.A, 1989.

**TULSMA. 2012.** *Texto Unificado de Legislacion Secundaria de Medio Ambiente. Libro VI. Anexo1 .* Quito, Ecuador : s.n., 2012.

**Vymazal, J. 2002.** *The use of sub–surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic:.* Czech Republic : Ecol. Engin, 2002.

# ANEXOS

*Anexo 1: Laboratorio de Control de Calidad*



*Anexo 2: Pruebas de Control de Calidad*



*Anexo 3: Laboratorio de Calidad "Casigana"*



*Anexo 4: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*



*Anexo 5: Recopilación de Información*



### Anexo 6: límites de descarga a un cuerpo de Agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl <sup>-</sup>	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real <sup>1</sup>	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Fuente: TULSMA (TULSMA, 2012).

Anexo 7: Informe de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos

 <b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b> INFORME DE RESULTADOS ANALISIS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS 17025-RG-CC-71-04		Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con Acreditación N° OAE LE C 14-001	 EP - EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AMBATO	
Pág 1 de 1				
<b>DATOS DEL CLIENTE</b> DOM - EMAPA Antonio Calvo & Icaza Sánchez Ing. Giannina Sánchez (03) 2997700 ext. 142 Planta de Tratamiento de Agua Residual Sección Propia No.3 Entrada PTAR 09 de enero de 2018: 08:00 a 14:00 Tipo de Toma de Muestra: (Puntal/composta): Composta (Toma: cada 30 minutos)		<b>DATOS GENERALES</b> CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: 1801014 TIPO DE MUESTRA (MATRIZ): Agua Residual RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA: Sr. Luis Guamán, Edwin Salama FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 09 de enero de 2018: 15:06 FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 09 de enero de 2018 FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 17 de enero de 2018: 14:00 CONDICIONES AMBIENTALES: Humedad (%): 33 Temperatura (°C): 20.0		
<b>ANÁLISIS REALIZADOS</b>				
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Tabla 8. Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)**	RESULTADOS
pH	Uph	APHA-4500+H	8 a 9	7.91
ME*	mg/L	HACH-8306	1.0	0
HEXAVALENTE*	mg/L	HACH-8023	0.3	0.043
COLOURO TOTAL*	mg/L	HACH-8191	1.50	4.60
HIERRO*	mg/L	HACH-8008	25.0	0
SULFATOS	mg/L	HACH-8051	400.0	268
SULFUROS	mg/L	HACH-8131	1.0	0.307
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO)	mg/L	APHA-5210-B	250.0	157
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	HACH-8000	500.0	392
SÓLIDOS SEDIMENTABLES*	mg/L	APHA-2540-F	20.0	0.3
SÓLIDOS SUSPENSIVOS*	mg/L	HACH-8006	220.0	161
SÓLIDOS TOTALES*	mg/L	APHA-2540-B	1400.0	849
TEMPERATURA*	°C	APHA-2550-B	< 40.0	16.3
INDICATIVOS DESINFECTANTES*	mg/L	HACH 8028	2.0	11.913
COLIFORMES TOTALES*	nmp/100ml	APHA-9221-C	-	2 611 000

\* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE.  
 \*\* Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe están fuera del alcance de acreditación del SAE.

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
DBO	0 - 1500 mg/L	20%	17025-PR-CC-27-XX: Método de referencia Standard Methods, Ed. 22, 2012, 5210 D
DQO	20 - 20000 mg/L	1%	17025-PR-CC-28-XX: Método de referencia HACH 8000
pH	4 - 10 UppH	1%	17025-PR-CC-25-XX: Método de referencia Standard Methods, Ed. 22, 2012, 4500 H-9
Hexa	100 - 2300 mg/L	9%	17025-PR-CC-31-XX: Método de referencia HACH 8051
Sulfatos	500 - 80 mg/L	10%	17025-PR-CC-24-XX: Método de referencia HACH 8131

**NOTA:** ESTE INFORME SÓLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO; EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.  
 NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GAR 04)  
 NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.  
 PARA LOS PARÁMETROS BASADOS EN EL STANDARD MÉTODOS 1022 SE INDICA QUE LA EDICIÓN UTILIZADA NO CORRESPONDE A LA ÚLTIMA VERSIÓN PUBLICADA.

OBSERVACIONES: Ninguna

PROFESIONALES RESPONSABLES:

  
 Ing. Andrea Tirado  
 ANALISTA DE LABORATORIO



  
 Ing. Verónica Castañariba  
 RESPONSABLE TÉCNICO

Laboratorio de Control de Calidad, EP - EMAPA - A, Vía Ecológica o Santa Rosa - Ambato  
 Telf. 2585191 Ext. 101, 102, 103

Fuente: EP-EMAPA-A





**Anexo 10: Inventario PTAR EP-EMAPA-A**

**INVENTARIO PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL CANTON AMBATO (primer trimestre 2017)**

Año de inicio de Operación y Mantenimiento de PTAR					2010				
N°	NONBRE	UBICACIÓN	COORDENADAS		CONSTRUIDO POR	AREA	CAUDAL TRATADO	CAUDAL NO TRATADO	CAUDAL TOTAL
			LATITUD	LONGITUD			(lt/seg)	(lt/seg)	(lt/seg)
						m2			
1	TECHO PROPIO 1	Parroquia Pishilata Queb. s/n sector Viña Shina	9861987	768522	GADMA	697,53	4,81		4,81
2	TECHO PROPIO 2	Parroquia Pishilata Queb. s/n sector Viña Shina	9861950	768482	Consejo Provincial	519,57	0	0	0
3	TECHO PROPIO 3	Parroquia Pishilata Queb. s/n sector tras Iglesia de Techo Propio	9861431	769446	GADMA	4236,76	3,5		3,5
4	TIUGUA EL PARQUE	Parroquia Picaihua Queb. s/n sector Parque Tiugua	9860651	769712	Consejo Provincial	515,64	3,2	22	25,2
5	TIUGUA BAJO	Parroquia Pishilata Sector Techo Propio vía a las Viñas	9861361	770320	EP-EMAPA-A	398,12	0,55	0	0,55

6	PICAIHUA	Parroquia Picaihua Queb. Picaihua, sector Picaihua	9859657	769576	EP-EMAPA-A	1352,34	2,44	240	242,44
7	MOLLEPAMBA	Parroquia Picaihua Vía El Rosario de Salasaca, sector Mollepamba Río Pachanlica	9857155	769979	EP-EMAPA-A	347,14	2,34	1,38	3,72
8	CUNCHIBAMBA	Parroquia Cunchibamba Queb. Cenicero, sector San Vicente	9873628	769887	Consejo Provincial	1762,77	5	0	5
9	PUERTO ARTURO	Parroquia Unamuncho Quebrada Patulata sector Puerto Arturo	9868915	767952	Consejo Provincial	728,12	7,71		7,71
10	ZONA NORTE (Camal)	Parroquia Izamba Quebrada Seca sector Divino Niño	9867647	769015	EP-EMAPA-A	640,52	0,51	0	0,51
11	INDOAMERICA	Parroquia la Península Ribera del Río Ambato sector Catiglata	9863860	765939	GADMA	527,16	0,96	0	0,96
12	EL PERAL	Parroquia Atocha Ficoa Ribera del Río Ambato, sector la Delicia	9862597	763341	GADMA	1487,81	2,5		1,92
13	PILAHUIN	Parroquia Pilahuin Queb. s/n de Pilahuin	9857511	753424	Consejo Provincial	413,38	6,22		7,66
14	PARQUE INDUSTRIAL	Parroquia Izamba sector el Pisque PARQUE INDUSTRIAL	9867550	768508	PIA- EP- EMAPA-A	10685,21	0	26	26

15	PUCARA GRANDE	Parroquia Pilahuin sector Loma Redonda Pucará Grande	9854677	751956	EP-EMAPA-A	1117,18	0,3	-	0,3
16	CALHUASIG	Parroquia Quisapincha sector Calhuasig Quebrada s/n	9864165	7528772	EP-EMAPA-A	1260,86	-	-	-
17	CARMELITAS	Parroquia Santa Rosa Barrio Carmelitas Bajo	9859341	758110	EP-EMAPA-A	1500	1,3	-	1,3

**Fuente:** EP-EMAPA-A