



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

---

**“SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS  
DE LA EMPRESA MUEBLES LEÓN Y SU INCIDENCIA EN EL  
IMPACTO AMBIENTAL”**

---

---

**AUTOR:**

Egdo. Cristian Mauricio Quispe Ulloa

**TUTOR:**

Ing. M.Sc. Manolo Córdova Suárez

**AMBATO-ECUADOR**  
**2013**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, bajo el tema “SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA EMPRESA MUEBLES LEÓN Y SU INCIDENCIA EN EL IMPACTO AMBIENTAL”, desarrollado por el estudiante Cristian Mauricio Quispe Ulloa, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal Examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

## **EL TUTOR**

.....

Ing. M.Sc. Manolo Córdova Suárez

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

Declaro que los criterios expresados en la investigación denominada “SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA EMPRESA MUEBLES LEÓN Y SU INCIDENCIA EN EL IMPACTO AMBIENTAL”, así como también las ideas, análisis, conclusiones y propuesta son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor de la presente investigación de grado.

### **EL AUTOR**

.....  
Egdo. Cristian Mauricio Quispe Ulloa  
C.I. 210038251-0

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A la mujer que me dio la vida, la cual a pesar de haberla perdido a muy temprana edad, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

De igual forma, dedico esta tesis a mi padre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermano que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mí querida tía Elvia, mi segunda madre que con amor y sacrificio me ha ayudado a superarme.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

**Cristian Mauricio**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre que desde el cielo con amor y cariño me ha guiado por el buen camino. Agradezco también a mi Padre por ser un apoyo en mi carrera, en mis logros, en todo, lo llevo siempre en mi corazón y mente.

A mi hermano, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi hermanita Doménica y sobrinita Brittany quienes son mis más grandes inspiraciones y mi fuerza espiritual para lograr todas mis metas y anhelos.

A mis tíos y tías quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

A todos mis amigos por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ellos.

Al Ing. Manolo Córdova por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

**Gracias a todos**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### PÁGINAS PRELIMINARES

Página del título.....	I
Página de aprobación por el tutor.....	II
Página de autoría de la Tesis.....	III
Página de dedicatoria.....	IV
Página de agradecimiento.....	V
Índice de Contenidos.....	VI
Índice de gráficos y tablas.....	XI
Resumen Ejecutivo.....	XIX

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 Contextualización del problema.....	1
1.2.2 Análisis Crítico.....	3
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del problema.....	3
1.2.5 Preguntas Directrices.....	4
1.2.6 Delimitación.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	7
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	8

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	8
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	9
2.4.1 Factores que intervienen en la fluidización.....	10
2.4.1.1 Fluidización.....	10
2.4.1.2 Condiciones para la fluidización.....	10
2.4.2 Filtración.....	13
2.4.3 Tipos de filtros.....	16
2.4.4 Coagulación y Floculación.....	27
2.4.4.1 Coagulación.....	29
2.4.4.2 Floculación.....	32
2.4.4.3 Productos Químicos Coagulantes y Floculantes.....	33
2.4.4.4 Aplicaciones de la Coagulación y Floculación.....	39
2.4.5 Turbiedad.....	42
2.4.6 Sólidos Disueltos Totales.....	44
2.5 HIPÓTESIS.....	46
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	46
2.6.1 Variable Independiente.....	46
2.6.2 Variable Dependiente.....	46
2.6.3 Término de relación.....	46

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
3.3.1 Población o universo.....	48
3.3.2 Muestra.....	48
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	49
3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	51
3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	51
3.6.1 Plan que se empleó para procesar la información recogida.....	51

3.6.2 Plan de análisis e interpretación de resultados.....	52
--	----

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
4.1.1 Análisis de concentración optima de polímero clear para el tratamiento del agua del neutralizante.....	54
4.1.2 Análisis de concentración optima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua del neutralizante.....	55
4.1.3 Análisis de concentración optima de polímero quimpac para el tratamiento del agua del neutralizante.....	56
4.1.4 Análisis de concentración optima de polímero clear para el tratamiento del agua de niquelado.....	56
4.1.5 Análisis de concentración optima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua de niquelado.....	57
4.1.6 Análisis de concentración optima de polímero quimpac para el tratamiento del agua de niquelado .....	58
4.1.7 Análisis de concentración optima de polímero clear para el tratamiento del agua de cromado (A).....	59
4.1.8 Análisis de concentración optima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua de cromado (A).....	59
4.1.9 Análisis de concentración optima de polímero quimpac para el tratamiento del agua de cromado (A).....	60
4.1.10 Análisis de concentración optima de polímero clear para el tratamiento del agua de cromado (B).....	61
4.1.11 Análisis de concentración optima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua de cromado (B).....	62
4.1.12 Análisis de concentración optima de polímero quimpac para el tratamiento del agua de cromado (B).....	62
4.1.13 Análisis de variación de concentración de Ca (OH) <sub>2</sub> para controlar el pH adecuado del recipiente del neutralizante .....	63

4.1.14 Análisis de variación de concentración de Ca (OH) <sub>2</sub> para controlar el pH adecuado del recipiente de niquelado .....	64
4.1.15 Análisis de variación de concentración de Ca (OH) <sub>2</sub> para controlar el pH adecuado del recipiente de cromado (A) .....	64
4.1.16 Análisis de variación de concentración de Ca (OH) <sub>2</sub> para controlar el pH adecuado del recipiente de cromado (B) .....	65
4.1.17 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la calidad de filtración del agua del recipiente del neutralizante.....	66
4.1.18 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la Calidad de filtración del agua del recipiente de niquelado.....	66
4.1.19 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la calidad de filtración del agua del recipiente de cromado (A).....	67
4.1.20 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la Calidad de filtración del agua del recipiente de cromado (B).....	68
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	69
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	96

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES.....	109
5.2 RECOMENDACIONES.....	111

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1 DATOS INFORMATIVOS.....	112
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	113
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	113
6.4 OBJETIVOS.....	114
6.4.1 Objetivo General.....	114
6.4.2 Objetivos Específicos.....	114

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	114
6.5.1 Análisis económico.....	115
6.5.2 Análisis de costos.....	115
6.5.3 Análisis tecnológico.....	120
6.6 Fundamentación.....	120
6.6.1. Cálculo del volumen a tratar del recipiente del neutralizante.....	120
6.6.1.2 Cálculo del volumen a tratar del recipiente de niquelado.....	121
6.6.1.3 Cálculo del volumen a tratar del recipiente de cromado (A).....	121
6.6.1.4 Cálculo del volumen a tratar del recipiente de cromado (B).....	121
6.6.2 Dimensiones de la tolva.....	123
6.6.3 Selección del tiempo y velocidad de agitación.....	124
6.6.4 Descripción del agitador.....	124
6.6.5 Selección del tipo de floculante.....	125
6.6.6 Cálculo de la dosis de floculante.....	125
6.6.7. Selección del tipo y espesor de arena y gravilla.....	126
6.6.8 Cálculo de la porosidad de la arena y grava.....	127
6.6.9 Cálculo del área específica promedio y diámetro de la partícula.....	127
6.6.10 Cálculo de la velocidad y Reynolds.....	128
6.6.11 Cálculo del caudal de salida del agua filtrada.....	129
6.7 METODOLOGIA.....	129
6.7.1 Instalación hidráulica.....	129
6.7.2 Instalación eléctrica.....	133
6.7.3 Estructura.....	133
6.8 ADMINISTRACIÓN.....	136
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	137
6.9.1 Metodología utilizada para el proceso de floculación y filtración.....	137
6.9.2 Resultados de las pruebas.....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Categorías Fundamentales.....	9
<b>Figura. 2.2:</b> Caída de presión y altura de lecho frente a velocidad superficial para un lecho de solidos.....	11
<b>Figura. 2.3:</b> Mecanismos de filtración.....	16
<b>Figura. 2.4:</b> Filtro de cartucho.....	18
<b>Figura. 2.5:</b> Equipo automático de filtro prensa.....	20
<b>Figura. 2.6:</b> Filtro rotativo continuo de vacío.....	23
<b>Figura. 2.7:</b> Diagrama de flujo para filtración continua de vacío.....	24
<b>Figura 2.8:</b> Filtro de cinta horizontal.....	26
<b>Figura 2.9:</b> Coagulación y Floculación.....	28
<b>Figura 2.10:</b> Lector Zeta.....	31
<b>Figura 2.11:</b> Fotomicrografías que ilustran el proceso de coagulación.....	32
<b>Figura 2.12:</b> Efecto de la dosificación del coagulante sobre las limitaciones en el intervalo del pH.....	33
<b>Figura 2.13:</b> Diagrama general que muestra la pérdida de fuerza catiónica de las poliaminas terciarias a medida que aumenta el pH.....	36
<b>Figura 2.14:</b> Conos de sedimentación de partículas.....	39
<b>Figura 2.15:</b> JARTEST para ensayos de jarras .....	40
<b>Figura 2.16:</b> Proceso de floculación.....	41
<b>Figura 2.17:</b> Turbidímetro.....	42
<b>Figura 2.18:</b> Diseño óptico de un turbidímetro o nefelómetro.....	43
<b>Figura 2.19.</b> MRC de turbidez.....	43
<b>Figura 2.20.</b> Cinta medidora de pH.....	45
<b>Figura 4.1:</b> Puntos críticos del proceso de galvanoplastia.....	53
<b>Figura 4.2:</b> Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración Clear..	69
<b>Figura 4-3:</b> Color del recipiente del neutralizante vs Concentración Clear.....	69
<b>Figura 4-4:</b> Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$ .....	70
<b>Figura 4-5:</b> Color del recipiente del neutralizante vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$	70

<b>Figura 4-6:</b> Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración Quimpac.....	71
<b>Figura 4-7:</b> Color del recipiente del neutralizante vs Concentración Quimpac.	71
<b>Figura 4-8:</b> Turbiedad del recipiente de niquelado vs Concentración Clear...	72
<b>Figura 4-9:</b> Color del recipiente de niquelado vs Concentración Clear.....	72
<b>Figura 4-10:</b> Turbiedad del recipiente del niquelado vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$ .....	73
<b>Figura 4-11:</b> Color del recipiente de niquelado vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$ ..	73
<b>Figura 4-12:</b> Turbiedad del recipiente de niquelado vs Concentración Quimpac	74
<b>Figura 4-13:</b> Color del recipiente de niquelado vs Concentración Quimpac	74
<b>Figura 4-14:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración Clear	75
<b>Figura 4-15:</b> Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración Clear.....	75
<b>Figura 4-16:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$ .....	76
<b>Figura 4-17:</b> Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$ .....	76
<b>Figura 4-18:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración Quimpac.....	77
<b>Figura 4-19:</b> Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración Quimpac	77
<b>Figura 4-20:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración Clear	78
<b>Figura 4-21:</b> Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración Clear.	78
<b>Figura 4-22:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$ .....	79
<b>Figura 4-23:</b> Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración $Al_2(SO_4)_3$	79
<b>Figura 4-24:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración Quimpac.....	80
<b>Figura 4-25:</b> Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración Quimpac	80
<b>Figura 4-26:</b> pH del recipiente del neutralizante vs Concentración $Ca(OH)_2$	81
<b>Figura 4-27:</b> Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración $Ca(OH)_2$ .....	81
<b>Figura 4-28:</b> Color del recipiente del neutralizante vs Concentración $Ca(OH)_2$	82
<b>Figura 4-29:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente del neutralizante vs Concentración $Ca(OH)_2$ .....	82

<b>Figura 4-30:</b> pH del recipiente de niquelado vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub> .....	83
<b>Figura 4-31:</b> Turbiedad del recipiente de niquelado vs Concentración Ca(OH) <sub>2</sub>	83
<b>Figura 4-32:</b> Color del recipiente de niquelado vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub>	84
<b>Figura 4-33:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente de niquelado vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub> .....	84
<b>Figura 4-34:</b> pH del recipiente de cromado (A) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub>	85
<b>Figura 4-35:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub> .....	85
<b>Figura 4-36:</b> Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub>	86
<b>Figura 4-37:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (A) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub> .....	86
<b>Figura 4-38:</b> pH del recipiente del cromado (B) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub>	87
<b>Figura 4-39:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub> .....	87
<b>Figura 4-40:</b> Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub>	88
<b>Figura 4-41:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (B) vs Concentración Ca (OH) <sub>2</sub> .....	88
<b>Figura 4-42:</b> Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Espesor de la arena	89
<b>Figura 4-43:</b> Color del recipiente del neutralizante vs Espesor de la arena.....	89
<b>Figura 4-44:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente del neutralizante vs Espesor de la arena.....	90
<b>Figura 4-45:</b> Turbiedad del recipiente de niquelado vs Espesor de la arena.....	90
<b>Figura 4-46:</b> Color del recipiente de niquelado vs Espesor de la arena.....	91
<b>Figura 4-47:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente de niquelado vs Espesor de la arena .....	91
<b>Figura 4-48:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Espesor de la arena	92
<b>Figura 4-49:</b> Color del recipiente de cromado (A) vs Espesor de la arena.....	92
<b>Figura 4-50:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (A) vs Espesor de la arena.....	93
<b>Figura 4-51:</b> Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Espesor de la arena	93
<b>Figura 4-52:</b> Color del recipiente de cromado (B) vs Espesor de la arena.....	94
<b>Figura 4-53:</b> Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (B) vs Espesor de arena.....	94

<b>Figura 4-54:</b> % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada.....	97
<b>Figura 4-55:</b> % Color removido vs Color de entrada.....	98
<b>Figura 4-56:</b> % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales disueltos.....	99
<b>Figura 4-57:</b> % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada.....	100
<b>Figura 4-58:</b> % Color removido vs Color de entrada.....	101
<b>Figura 4-59:</b> % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales Disueltos.....	102
<b>Figura 4-60:</b> % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada.....	103
<b>Figura 4-61:</b> % Color removido vs Color de entrada.....	104
<b>Figura 4-62:</b> % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales disueltos .....	105
<b>Figura 4-63:</b> % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada.....	106
<b>Figura 4-64:</b> % Color removido vs Color de entrada.....	107
<b>Figura 4-65:</b> % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales disueltos.....	108
<b>Figura 6.1:</b> Parte cilíndrica de la tolva .....	123
<b>Figura 6.2:</b> Parte cónica de la tolva .....	123
<b>Figura 6.3:</b> Agitador de rejillas.....	124
<b>Figura 6.4:</b> Ca (OH) <sub>2</sub> .....	125
<b>Figura 6.5:</b> Granulometría de la grava y arena.....	126
<b>Figura 6.6:</b> Tolva principal aplicada la carga.....	133
<b>Figura 6.7:</b> Calidad de mallado en componentes.....	134
<b>Figura 6.8:</b> Desplazamiento (mm) deflexión de la tolva.....	134
<b>Figura 6.9:</b> Resultado de tensiones en la tolva principal.....	135
<b>Figura 6.10:</b> Resultado del factor de seguridad.....	135

## **TABLAS**

<b>Tabla 2.1:</b> Sedimentación de partículas pequeñas de sílice de densidad relativa 2.65.....	29
<b>Tabla 2.2:</b> Propiedades de los coagulantes comunes.....	34
<b>Tabla 2.3:</b> Algunas características de los polímeros orgánicos.....	37

<b>Tabla 3.1:</b> Operacionalización de la variable Independiente.....	49
<b>Tabla 3.2:</b> Operacionalización de la variable Dependiente.....	50
<b>Tabla 4.1:</b> Pruebas fisicoquímicas realizadas al recipiente del neutralizante.	54
<b>Tabla 4.2:</b> Resultados del recipiente del neutralizante con Polímero Clear.....	54
<b>Tabla 4.3:</b> Resultados del recipiente del neutralizante con Sulfato de Aluminio	55
<b>Tabla 4.4:</b> Resultados del recipiente del neutralizante con Polímero Quimpac	56
<b>Tabla 4.5:</b> Pruebas fisicoquímicas realizadas al recipiente de niquelado.....	56
<b>Tabla 4.6:</b> Resultados del recipiente de niquelado con Polímero Clear.....	57
<b>Tabla 4.7:</b> Resultados del recipiente de niquelado con Sulfato de Aluminio.....	57
<b>Tabla 4.8:</b> Resultados del recipiente de niquelado con Polímero Quimpac.....	58
<b>Tabla 4.9:</b> Pruebas fisicoquímicas realizadas al recipiente de cromado (A) .....	58
<b>Tabla 4.10:</b> Resultados del recipiente de cromado (A) con Polímero Clear.....	59
<b>Tabla 4.11:</b> Resultados del recipiente de cromado (A) con $Al_2(SO_4)_3$ .....	60
<b>Tabla 4.12:</b> Resultados del recipiente de cromado (A) con Polímero Quimpac	60
<b>Tabla 4.13:</b> Pruebas fisicoquímicas realizadas al recipiente de cromado (B) ....	61
<b>Tabla 4.14:</b> Resultados del recipiente de cromado (B) con Polímero Clear...	61
<b>Tabla 4.15:</b> Resultados del recipiente de cromado (B) con $Al_2(SO_4)_3$ .....	62
<b>Tabla 4.16:</b> : Resultados del recipiente de cromado (B) con Polímero Quimpac	63
<b>Tabla 4.17:</b> Resultados del recipiente del neutralizante con $Ca(OH)_2$ .....	63
<b>Tabla 4.18:</b> Resultados del recipiente de niquelado con $Ca(OH)_2$ .....	64
<b>Tabla 4.19:</b> Resultados del recipiente de cromado (A) con $Ca(OH)_2$ .....	65
<b>Tabla 4.20:</b> Resultados del recipiente de cromado (B) con $Ca(OH)_2$ .....	65
<b>Tabla 4.21:</b> Resultados del recipiente de neutralizante con variación de porcentaje de arena. ....	66
<b>Tabla 4.22</b> Resultados del recipiente de niquelado con variación de porcentaje de arena.....	67
<b>Tabla 4.23:</b> Resultados del recipiente de cromado (A) con variación de porcentaje de arena.....	67
<b>Tabla 4.24:</b> Resultados del recipiente de cromado (B) con variación de porcentaje de arena.....	68
<b>Tabla 4.25:</b> Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente del neutralizante.....	96
<b>Tabla 4.26:</b> Resultados del porcentaje de color removido del recipiente del	

neutralizante.....	97
<b>Tabla 4.27:</b> Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de neutralizante.....	98
<b>Tabla 4.28:</b> Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de niquelado.....	99
<b>Tabla 4.29:</b> Resultados del porcentaje de color removido del recipiente de niquelado. ....	100
<b>Tabla 4.30:</b> Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de neutralizante. ....	101
<b>Tabla 4.31:</b> Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de cromado (A).....	102
<b>Tabla 4.32:</b> Resultados del porcentaje de color removido del recipiente de cromado (A).....	103
<b>Tabla 4.33:</b> Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de cromado (A).....	104
<b>Tabla 4.34:</b> Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de cromado (B).....	105
<b>Tabla 4.35:</b> Resultados del porcentaje de color removido del recipiente de cromado (B).....	106
<b>Tabla 4.36:</b> Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de cromado (B).....	107
<b>Tabla 6.1:</b> Costo de materiales mecánicos.....	116
<b>Tabla 6.2:</b> Costo de materiales para la instalación hidráulica.....	116
<b>Tabla 6.3:</b> Costo de materiales varios.....	117
<b>Tabla 6.4:</b> Costo Directos.....	117
<b>Tabla 6.5:</b> Costo de maquinaria utilizada.....	118
<b>Tabla 6.6:</b> Costo de mano de Obra.....	118
<b>Tabla 6.7:</b> Costo Indirectos.....	119
<b>Tabla 6.8:</b> Costo Total para la construcción e instalación.....	119
<b>Tabla 6.9:</b> Costo Total para la construcción e instalación.....	120
<b>Tabla 6.10:</b> Características del tanque de alimentación.....	129
<b>Tabla 6.11:</b> Características de la bomba de impulsión.....	130
<b>Tabla 6.12:</b> Características de la tolva receptora de agua.....	130

<b>Tabla 6.13:</b> Características del motorreductor.....	131
<b>Tabla 6.14:</b> Agitador de rejillas.....	131
<b>Tabla 6.15:</b> Características del tanque de filtración.....	132
<b>Tabla 6.16:</b> Características de la tubería de descarga.....	132
<b>Tabla 6.17:</b> Características del Pulsador on/of.....	133
<b>Tabla 6.18:</b> Resultados del porcentaje removido del recipiente del neutralizante.....	136
<b>Tabla 6.19:</b> Resultados del porcentaje removido del recipiente de niquelado	136
<b>Tabla 6.20:</b> Resultados del porcentaje removido del recipiente de cromado (A)	137
<b>Tabla 4.21:</b> Resultados del porcentaje removido del recipiente de cromado (B)	137

## SIMBOLOGÍA

**$\epsilon$** : Porosidad

**$N_R$** : Número de Reynolds

**$V$** : Volumen ( $m^3$ )

**$\rho$** : Densidad ( $kg/m^3$ )

**$a_p$** : superficie específica ( $cm^2/cm^3$ )

**$a_m$** : Área específica promedio ( $cm^2/cm^3$ )

**$d_p$** : Diámetro de la partícula (m)

**$g$** : Gravedad ( $m/seg^2$ )

**$V_o$** : Velocidad de salida (m/seg)

**$L$** : Longitud del filtro ( $N/m^3$ )

**$D$** : Diámetro del filtro (m)

**$Q$** : Caudal de salida del agua del filtro [ $m^3/s$ ].

**$h$** : Altura [m].

**$R$** : Radio de la parte cilíndrica de la tolva [m]

**$r$** : radio de la parte cónica de la tolva [m]

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se realizó bajo el tema: Sistema de tratamiento de efluentes líquidos de la empresa Muebles León y su incidencia en el impacto ambiental, ya que en la ciudad no se han encontrado suficientes investigaciones referentes al tema propuesto, de hecho solo se cuenta con un trabajo sobre el Diseño de un sistema de neutralización de aguas residuales industriales en el proceso de galvanizado el cual sirvió de base para la ejecución de esta tesis.

En este trabajo se pasó por diferentes etapas iniciando por la bibliografía donde se buscaba la teoría que sustente lo que se hizo en el siguiente paso donde se probó con diferentes floculantes y arenas de diferentes granulometrías para ver cuál de estos nos da mejores resultados, posteriormente se realizó los diferentes análisis como son: Turbiedad, Sólidos Totales Disueltos, pH, los cuales son necesarios para comprobar el porcentaje de contaminante reducido. Todo esto se realizó en su totalidad en el Laboratorio de Control de Calidad EP – EMAPA - A.

Finalmente, se planteó la propuesta en la cual se determinó los siguientes parámetros: Realizar el proceso de floculación con cal con su respectivo volumen para los recipientes de, neutralizante, niquelado, cromado (A), cromado (B) agitar a 40 rpm durante 15 minutos y dejar en reposo 15 minutos, después de esto abrir la llave para permitir el paso del agua al filtro de arenas la cual está compuesta de las siguientes granulometrías: arena (1.5 – 3) mm y 40 cm de espesor, grava (3 - 6) mm y 20cm de espesor, el paso del agua va hacer controlada mediante una boya de nivel que esta colocada 10cm sobre el nivel del filtro, este nivel va a permitir una filtración por gravedad. Después de haber realizado la filtración de las aguas de los recipientes se deberá realizar su respectivo retrolavado para evitar que el filtro se obstruya.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

**“SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA EMPRESA MUEBLES LEÓN Y SU INCIDENCIA EL IMPACTO AMBIENTAL.”**

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 Contextualización del problema**

Un análisis de los efectos producidos por residuos sólidos peligrosos, necesariamente debe iniciar con el planteamiento de un escenario: “En América Latina se carece de instalaciones adecuadas y suficientes para el manejo de este tipo de residuos”. Por consiguiente, la exposición humana a los residuos se puede dar en cualquier lugar, ya que, ante la carencia de mecanismos adecuados.

Los residuos son depositados sin control alguno en: depósitos municipales, barrancos, minas abandonadas, terrenos baldíos en áreas industriales, ríos, lagos, costas, zonas desérticas, etc. De aquí surge entonces una primera definición: los sitios no controlados significan la principal fuente de contaminación de residuos peligrosos, constituyéndose en un riesgo para la salud las comunidades cercanas a ellos.

A fin de precisar los riesgos en salud, se requiere ante todo, conocer la localización de los sitios contaminados con residuos.

En América Latina algunas empresas utilizan tecnologías de baja producción de residuos por el alto costo que implica el cambio de instalaciones, la falta de presión gubernamental, la poca información disponible, por la recesión y la resistencia al cambio.

Esta problemática puede ser resuelta mediante la estrategia de minimización de residuos que, además de rendir dividendos a la empresa, reduzca el impacto negativo que la industria de galvanoplastia produce sobre el ambiente.

La industria de galvanoplastia es una de las que originan mayor deterioro al medio ambiente por los metales e insumos químicos que utiliza, los cuales se descargan al alcantarillado. Estos tóxicos como el cromo, níquel no biodegradables contaminan el agua, los suelos y alimentos, además algunos se consideran cancerígenos.

En México es de carácter obligatorio realizar el tratamiento de las aguas fundamentándose en el artículo 134 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

En el Ecuador la principal limitante para los estudios es la falta de información que existe sobre ellos; las mayorías de las empresas de galvanoplastia no tienen incluido un sistema de gestión ambiental adecuado para la correcta descarga de sus aguas hacia el medio ambiente.

Las autoridades, los grupos civiles y los colectivos académico carecen de datos sobre la localización, tipos, niveles, puntos de contaminación, etc. Esta escasez informativa impide la elaboración de políticas ambientales y dificulta el establecimiento de programas preventivos de salud. Al mismo tiempo los autoridades ambientales quedan supeditados a atender solo aquellos sitios contaminados por su peligrosidad.

En nuestra misma Provincia el del Río Ambato, que recibe la descarga diaria de desechos químicos provenientes de camales municipales y de los 213 locales: 65 curtiembres, 10 fábricas de alimentos, 3 empresas de cromado, 105 lubricadoras, 30 lavadoras de vehículos, a más de aguas servidas que producen más de 250.000 habitantes de la ciudad de Ambato .

El líquido de este río contiene: boro, cromo, cal, ácido fórmico, sulfato de amonio, aceites, grasas, fungicidas y pesticidas. Con esta agua, se riegan 300 hectáreas de cultivos.

La Empresa Muebles León del cantón Ambato ubicado en la Provincia de Tungurahua hasta el momento no ha implementado un sistema de tratamiento de efluentes líquidos, lo cual ha provocado que se produzcan problemas ambientales por

no tener donde tratar las aguas provenientes de los diferentes procesos de galvanoplastia.

Esta investigación pretende realizar un aporte sobre los conocimientos adquiridos en este tema que sera de gran utilidad para los estudiantes de Ingenieria Ambiental y que tengan una referencia o guía de como disminuir la contaminación ambiental provocada por las diferentes industrias de galvanoplastia.

### **1.2.2 Análisis Crítico**

En la Empresa Muebles León del cantón Ambato ubicado en la Provincia de Tungurahua no existe un sistema de tratamiento de efluentes líquidos debido a la falta de investigación sobre los efluentes líquidos producidos por la empresa, se pretende realizar estudios químicos de las muestras tomadas del proceso de galvanoplastia para determinar el porcentaje de contaminación y el contenido de sólidos en suspensión lo cual permitirá disminuir los grandes impactos ambientales en la humanidad y con ello disminuirá las enfermedades en la población.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

Al no realizar el proyecto de investigación de los efluentes líquidos se seguirá afectando al medio ambiente y a los pobladores del cantón Ambato lo que ocasionara un medio insalubre que irá aumentando según el crecimiento de las empresas de galvanoplastia, se producirá el contacto de los efluentes líquidos con las aguas de riego lo que afectara a los cultivos por ser una zona agrícola y de la misma manera ocasionara enfermedades cancerígenas.

Al realizar el presente estudio de los efluentes líquidos se logró que la empresa disminuya el porcentaje de contaminación hacia el medio ambiente ya que se determinó qué hacer con los sólidos en suspensión y los microorganismos y esto permitió tener una mejor calidad de vida de las personas, y la empresa evito pagar fuertes sanciones por contaminación, lo que conlleva a un ambiente limpio y la mejora de la economía de la empresa.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El sistema de tratamiento de efluentes líquidos de la Empresa Muebles León permitirá reducir el impacto ambiental?

### **1.2.5 Preguntas Directrices**

¿Qué método se utilizara para determinar el impacto ambiental en condiciones iniciales en la empresa Muebles León?

¿Cómo se caracterizara las descargas líquidas de los efluentes del proceso de baños electrolíticos?

¿Qué sistema de tratamiento se deberá emplear para mejorar la calidad del efluente líquido en la empresa Muebles León?

¿Cuál será el sistema de clarificación adecuado para disminuir el porcentaje de sólidos en suspensión?

### **1.2.6 DELIMITACIÓN**

#### **1.2.6.1 De contenido**

- ✓ Recursos Energéticos no Convencionales.
- ✓ Energías Alternativas.
- ✓ Ingeniería Mecánica.

#### **1.2.6.2 Espacial**

El presente estudio se realizó en la empresa Muebles León ubicada en la Provincia de Tungurahua Ciudad de Ambato en el sector Huachi, ubicado en las calles Febres Cordero y Av. Tres Carabelas.

#### **1.2.6.3 Temporal**

Esta investigación se realizó en los meses de Abril 2013 a Noviembre 2013.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La importancia de realizar este proyecto involucra una investigación profunda ya que en nuestro país antes la contaminación ambiental no tomaba un papel predominante en las industrias, hoy en día se debe cumplir con varias normalizaciones y parámetros establecidos según la ley de medio ambiente (Anexo 1 del texto unificado de Legislación Ambiental), tomando en cuenta esta situación se propone realizar este estudio para contribuir con el cuidado y la mejora de aguas residuales.

El interés de realizar esta investigación amerita que el investigador conjunto con la empresa desean reducir la contaminación ambiental, ya que esta es un problema que día a día trasciende causando daños a los seres vivos.

Los beneficiarios de la investigación es la empresa Muebles León que se basara en este estudio para disminuir desechos sólidos y microorganismos lo cual fomentara en la colaboración con el medio ambiente, además el estudio será una fuente de investigación para estudiantes de diferentes centros académicos, y otras empresas que requieran de este tipo de información.

Este tema de investigación acarrea tener una gran novedad ya que el medio ambiente cada vez se está destruyendo de una manera incontrolable, las industrias no cumplen con normas y reglamentos de medio ambiente, algunas de ellas se justifican con no tener recursos para implementar un sistema de control ambiental, en la actualidad el ministerio de medio ambiente lucha con estos inconvenientes.

Es un estudio factible de realizarlo, se cuenta con la bibliografía, laboratorios y equipos necesarios para el desarrollo del mismo, además cuenta con el personal calificado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General:**

- Analizar el sistema de tratamiento de efluentes líquidos en la empresa Muebles León y su incidencia en el Impacto Ambiental.

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar el impacto ambiental de la empresa Muebles León en condiciones iniciales usando flujograma de puntos críticos.
- Caracterizar las descargas líquidas de los efluentes del proceso de baños electrolíticos realizando exámenes químicos.
- Desarrollar un sistema de tratamiento de clarificación de descargas líquidas en la empresa Muebles León.

- Adecuar un sistema de clarificación de efluentes líquidos tomando en cuenta los puntos críticos del sistema de tratamiento existente y los parámetros de descargas líquidas a la alcantarilla.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Se ha investigado alguna referencia sobre el tema del trabajo de investigación en los proyectos y tesis de la FICM de la Universidad Técnica de Ambato, pero no se ha encontrado ninguna; por lo tanto, se ha ampliado la investigación a otras Universidades del País encontrándose las siguiente Tesis de la Universidad de la Sabana:

**Autores:** Luis Carlos Castañeda Galvis, Libardo Montealegre Murcia

**Año de publicación:** 2003

**Lugar:** Universidad De La Sabana

**Tema:** “Diseño de un sistema de neutralización de aguas residuales industriales en el proceso de galvanizado”

**Conclusiones:**

La empresa tiene la necesidad de mitigar el impacto causado al alcantarillado local con los vertimientos de las aguas industriales fuera de control, indica que se está creando una conciencia ambiental en el estamento directivo de la empresa, conciencia que no es gratuita pues en la medida que la empresa colabore en la solución al daño del alcantarillado, aleja la posibilidad de multas por incumplimiento de normas de vertimientos y en la medida que adopte como guía de empresa los parámetros identificados como estancares a cumplir para la presencia de zinc y de sulfatos en el vertimiento está entrando a controlar el otro aspecto significativo en este tipo de industria como es el uso de los químicos.

Pero lo importante de estas experiencias empírica es el de haber logrado que la empresa se apropie del concepto de producción más limpia con el soporte de un ahorro importante en sus costos de producción, tan importante que con solo este ahorro se podría financiar la solución de restitución del alcantarillado dañado por los

años de vertimiento sin cumplimientos de normas por parte de la Planta de Galvanizado.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

El avance científico cada vez va creciendo, la ingeniería de gestión de medio ambiente se ha desarrollado de una manera sorprendente por lo que el Ingeniero Mecánico debe investigar acerca de los impactos ambientales que provocan los efluentes líquidos, está orientado a la búsqueda de técnicas y normas para la disminución de la contaminación ambiental.

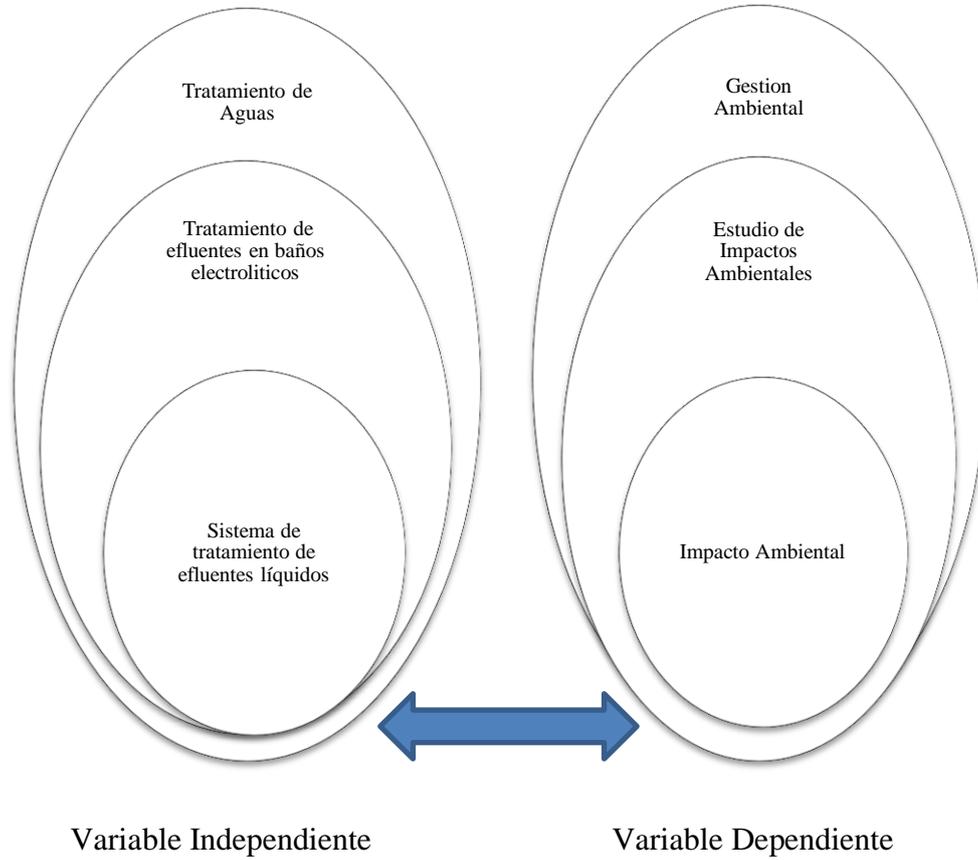
Con este tipo de estudio se hizo un aporte a la investigación en el área de Gestión Industrial, lo que ayudo al sector industrial a evitar sanciones por contaminación y disminuir el porcentaje de sólidos en suspensión hacia los alcantarillados.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

El presente trabajo se sustentó en lo enmarcado principalmente en las Normas:

- La norma internacional ISO 14001 especifica los requisitos para la certificación/registro y/o autoevaluación de un Sistema de Gestión Ambiental de una organización.
- Legislación sobre residuos: el Real Decreto 833/88, la ley 10/1998 y el Decreto 952/97 que regula los residuos peligrosos y establece una serie de requisitos que ciertas actividades, como generadoras de residuos peligrosos.

## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



**Figura 2.1:** Categorías Fundamentales

**Elaborado por:** Cristian Quispe

## 2.4.1. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FLUIDIZACIÓN

### 2.4.1.1. FLUIDIZACIÓN

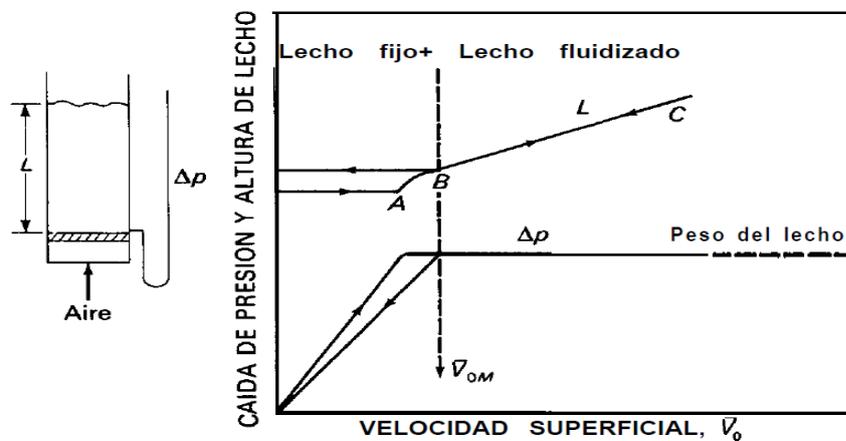
Cuando un líquido o un gas pasan a muy baja velocidad a través de un lecho de partículas sólidas, las partículas no se mueven y la caída de presión viene dada por la ecuación de Ergun (2.1). Si la velocidad del fluido se aumenta progresivamente, aumenta la caída de presión y el rozamiento sobre las partículas individuales y, eventualmente, las partículas comienzan a moverse y quedan suspendidas en el fluido. Las expresiones «fluidización» y «lecho fluidizado» se utilizan para describir la condición de las partículas completamente suspendidas, toda vez que la suspensión se comporta como un fluido denso. Si el lecho está inclinado la superficie superior permanece horizontal y los objetos grandes flotarán o descenderán en el lecho, dependiendo de su densidad relativa a la de la suspensión. Los sólidos fluidizados pueden descargarse del lecho a través de tuberías y válvulas como un líquido, y esta fluidez es la principal ventaja del uso de la fluidización para el tratamiento de sólidos.

$$\Delta z = \frac{150(1 - \epsilon)^2 V_o \mu L}{g \epsilon^3 d_{particula}^2 \rho_{liquido}} + \frac{1.75(1 - \epsilon) V_o^2 L}{g \epsilon^3 d_{particula}} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

**2.4.1.2. Condiciones para la fluidización.** Consideremos un tubo vertical parcialmente lleno con un tino material granular tal como un catalizador de craqueo como el que se muestra en la Figura 2.2. El tubo está abierto por la parte superior y tiene una placa porosa en el fondo para soportar el lecho de catalizador y para distribuir uniformemente el flujo en toda la sección transversal. El aire entra por debajo de la placa distribuidora con una baja velocidad de flujo y asciende a través del lecho sin dar lugar a ningún movimiento de las partículas. Si las partículas son muy pequeñas el flujo en los canalillos existentes entre ellas será laminar y la caída de presión a través del lecho será proporcional a la velocidad superficial  $V_o$  [Ec. (2.2)]. A medida que aumenta gradualmente la velocidad, aumenta la caída de presión, pero las partículas no se mueven y la altura del lecho permanece invariable. Para una cierta velocidad, la caída de presión a través del

$$\frac{\Delta z}{L} = \frac{150V_0 \mu(1 - \epsilon)^2}{g \epsilon^3 d_{particula}^2 \rho_{liquido}} \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

lecho equilibra la fuerza de gravedad sobre las partículas, o peso del lecho, y un posterior aumento de la velocidad provoca el movimiento de las partículas. Esto corresponde al punto A del gráfico. A veces el lecho se expansiona ligeramente manteniendo las partículas todavía en contacto, debido a que un ligero aumento de  $\epsilon$  puede contrarrestar el incremento de  $V_0$  en algunas unidades.



**Figura 2.2.** Caída de presión y altura de lecho frente a velocidad superficial para un lecho de sólidos.

**Fuente:** Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. 7<sup>ta</sup> Edición. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill.

Al aumentar más la velocidad, las partículas están suficientemente separadas entre sí como para moverse en el lecho y comienza la verdadera fluidización (punto B). Una vez que el lecho está fluidizado, la caída de presión a través del lecho permanece constante pero la altura del lecho continúa aumentando al aumentar el flujo. El lecho puede operar con grandes velocidades y con muy poca o ninguna pérdida de sólidos, toda vez que la velocidad superficial que se requiere para soportar el lecho de partículas es mucho menor que la velocidad límite para las partículas individuales, según se verá más adelante.

Si se reduce gradualmente la velocidad de flujo en el lecho fluidizado, la caída de presión permanece constante y la altura de lecho disminuye siguiendo la línea BC que se observaba al aumentar las velocidades. Sin embargo, la altura final del lecho puede ser mayor que la inicial para el lecho fijo, debido a que los sólidos

vertidos en un lecho tienden a empaquetarse mejor que los sólidos que sedimentan lentamente a partir de un estado fluidizado. La caída de presión para bajas velocidades es menor que en el lecho fijo original. Arrancando de nuevo, la caída de presión contrarresta el peso del lecho en un punto B, y este punto en vez del A deberá considerarse como el correspondiente a la velocidad mínima de fluidización  $\bar{v}_{0M}$ . Para determinar  $\bar{v}_{0M}$  deberá fluidizarse vigorosamente el lecho, dejarlo sedimentar disminuyendo el flujo de gas y aumentar después gradualmente el flujo hasta que el lecho comienza a expansionarse. A veces pueden obtenerse valores más reproducibles de  $\bar{v}_{0M}$  a partir de la intersección de las líneas de caída de presión en el lecho fijo y en el lecho fluidizado.

**2.4.1.3. Aplicaciones de la fluidización.** La utilización amplia de la fluidización comienza en la industria del petróleo con el desarrollo del cracking catalítico en lecho fluidizado. Aunque actualmente la industria utiliza reactores de transporte para el craqueo catalítico en vez de lechos fluidizados, la regeneración del catalizador todavía se realiza en reactores de lecho fluidizado que tienen hasta 30 ft de diámetro. La fluidización se utiliza en otros procesos catalíticos, tales como síntesis de acrilonitrilo, y para llevar a cabo reacciones gas-sólido. Existe mucho interés en la combustión de carbón en lecho fluidizado con el fin de reducir el coste de la caldera y disminuir la emisión de contaminantes. Los lechos fluidizados se utilizan también para la testación de minerales, secado de sólidos finos y adsorción de gases.

Las principales ventajas de la fluidización consisten en que el sólido está vigorosamente agitado por el fluido que circula a través del lecho, y la mezcla de los sólidos asegura que no existen prácticamente gradientes de temperatura en el lecho aun con reacciones fuertemente exotérmicas o endotérmicas. El movimiento violento de los sólidos también da lugar a elevadas velocidades de transmisión de calor hacia la pared o los tubos de refrigeración sumergidos en el lecho. Debido a la fluidez de los sólidos resulta sencillo pasarlos de un recipiente a otro.

La principal desventaja de la fluidización sólido-gas consiste en el desigual contacto del gas y el sólido. La mayor parte del gas pasa a través del lecho en forma de burbujas y sólo contacta directamente con una pequeña cantidad de

sólido en una delgada envoltura, conocida como nube de la burbuja, situada alrededor de la burbuja. Solamente una pequeña fracción de gas pasa a través de la fase densa que contiene casi todo el sólido. Existe algo de intercambio de gas entre las burbujas y la fase densa por difusión y por procesos turbulentos tales como escisión y coalescencia de burbujas, pero la conversión global de un reactante gaseoso es en general mucho menor que la que tiene lugar en el contacto uniforme a la misma temperatura, tal como ocurre en un reactor ideal con flujo de tapón. El alcance del intercambio entre las burbujas y la fase densa, así como la velocidad de mezcla axial, pueden variar con el diámetro del lecho debido a cambios en el tamaño de las burbujas, de forma que el cambio de escala en reactores fluidizados resulta con frecuencia incierto. Otras desventajas, que pueden resolverse más fácilmente mediante un diseño adecuado, son la erosión de las partes internas del recipiente y la trituración de los sólidos. La mayor parte de los lechos fluidizados tienen ciclones externos o internos para la recuperación de tinos. (Warren, Julián, Peter, 1991, p 997-998)

#### **2.4.2. FILTRACIÓN**

La filtración es el proceso mediante el cual el agua es separada de la materia en suspensión haciéndola pasar a través de una sustancia porosa. En la práctica este material poroso es generalmente arena.

Hay dos tipos de filtros de arena los de acción lenta y los de acción rápida.

En los filtros lentos, el agua pasa por gravedad a través de la arena a baja velocidad, la separación de los materiales sólidos se efectúa al pasar el agua por los poros de la capa filtrante y adherirse las partículas a los granos de arena. Filtros rápidos de arena, El principal carácter distintivo estos filtros, consiste en la eliminación de partículas en suspensión, relativamente grandes por procesos físicos, durante esta operación estos sólidos son acumulados en la parte superior del medio filtrante.

Es más, los filtros de arena de acción rápida requieren limpiarse mediante una operación de reflujo.

### **Mecanismos de filtración**

La filtración es usualmente considerada como el resultado de dos mecanismos distintos, pero complementarios: Transporte y adherencia.

Los mecanismos que pueden realizar transporte son los siguientes:

- Cernido
- Sedimentación
- Intercepción
- Difusión
- Impacto inercial
- Acción hidrodinámica

Los mecanismos de adherencia son los siguientes:

- Interacción de las Fuerzas Electrostáticas y de Van der Waals
- Enlace químico entre las partículas y la superficie de los granos

### **Factores que influyen la filtración**

- Tamaño de las partículas suspendida
- Densidad de las partículas suspendidas
- Resistencia y dureza de los de las partículas suspendidas (floculos)
- Temperatura del agua a filtrar
- Concentración de partículas suspendidas en el afluente
- Potencial zeta de la suspensión
- pH del afluente.

### **Características del medio filtrante**

- Tipo del medio filtrante

Un medio filtrante ideal es aquel de una determinada granulometría y granos de un cierto peso específico que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado específicamente y que es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, produciendo un efluente de buena calidad.

### **Características granulométricas del material filtrante**

- Tamaño efectivo

- Coeficiente de uniformidad
- Forma
- Peso específico
- El espesor de la capa filtrante

### **Características hidráulicas**

- Tasa de filtración
- Calidad del efluente
- Carga hidráulica disponible
- El método de control de los filtros

### **Ventajas de los filtros lentos**

La filtración lenta en arena tiene muchas ventajas

- Mejora simultánea en la calidad física, química y bacteriológica del agua, con un número de ventajas especiales para los países en desarrollo tales como el nuestro.
- La eficacia en la eliminación de bacterias totales es igual que en los filtros rápidos.
- No se necesitan compuestos químicos.
- La operación y mantenimiento pueden ser llevados a cabo por mano de obra semi especializada.
- El proceso de filtración es llevado a cabo por gravedad; no hay otras partes mecánicas que precisen de energía para funcionar.
- El manejo de lodos no causa problemas; las cantidades de lodos son pequeñas tiene muy alto contenido de materia . (Honorio, Jonny, Maribel, 2003, p 7-8)

### **2.4.3. TIPOS DE FILTROS**

Los filtros se dividen en dos grandes grupos: filtros clarificadores y filtros de torta. Los clarificadores retiran pequeñas cantidades de sólidos para producir un gas claro o líquidos transparentes, tales como bebidas. Los filtros de torta separan grandes cantidades de sólidos en forma de una torta de cristales o un lodo. Con frecuencia incluyen dispositivos para el lavado de los sólidos y para eliminar la mayor parte posible del líquido residual antes de su descarga.

### Filtros clarificadores

Los filtros clarificadores se denominan también «filtros de lecho profundo» ya que las partículas del sólido son atrapadas en el interior del medio filtrante, no observándose, en general, una capa de sólidos sobre la superficie del medio filtrante. La clarificación difiere del tamizado en que los poros del medio filtrante son de un diámetro mucho mayor que el de las partículas retenidas. Las partículas son captadas por las fuerzas superficiales e inmovilizadas dentro de los canales de flujo, tal como puede apreciarse en la Figura 2.3. Aun cuando reducen el diámetro efectivo de los canales, normalmente, no llegan a bloquearlo completamente.

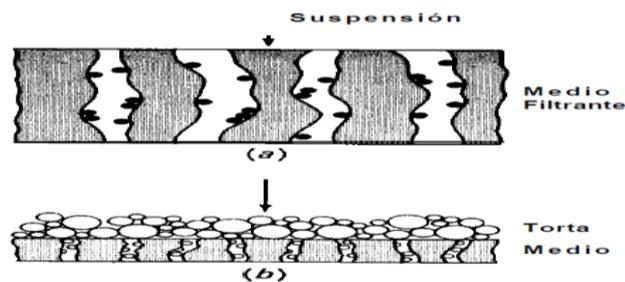


Figura 2.3. Mecanismos de filtración:

(a) clarificador; (b) filtro de torta.

Fuente: Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. 7<sup>ma</sup> Edición. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill.

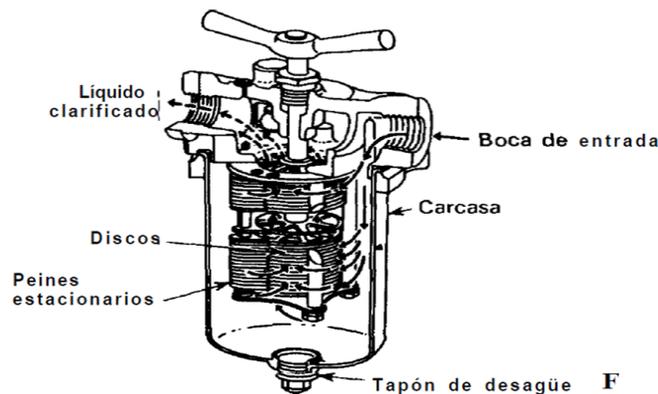
**Limpieza de gases.** Los filtros para la limpieza de gases comprenden filtros de barras para polvo atmosférico, lechos granulares y filtros de bolsas para el tratamiento de polvos. El aire se limpia haciéndolo pasar a través de masas de pulpa de celulosa, algodón, fibra de vidrio o tamices metálicos; el material filtrante puede estar seco o recubierto con un aceite viscoso para actuar como un retenedor de polvo. En ocasiones, el medio filtrante se desecha, pero en la limpieza de gases a gran escala con frecuencia se lavan y se vuelven a recubrir con aceite.

Los filtros de lecho granular contienen lechos estacionarios o móviles de gránulos cuyo tamaño oscila entre 30 y 9 mallas en algunos diseños, hasta de  $\frac{1}{2}$  y  $1\frac{1}{2}$  pulg en otros casos. En este tipo de filtros la separación se produce fundamentalmente por impacto, tal como se considera al final de este capítulo. Un filtro de bolsas

contiene una o más grandes bolsas de fieltro o de una tela tina instaladas en el interior de una carcasa metálica. El gas cargado de polvo generalmente entra en la bolsa por el fondo y asciende dejando detrás el polvo, si bien a veces el flujo es en sentido contrario. Las eficacias alcanzan el 99 por 100 aun con partículas extraordinariamente finas (mucho más finas que las aberturas del material de las bolsas). Periódicamente se interrumpe de forma automática el flujo invirtiéndose el de gas limpio, o bien se sacude la bolsa para retirar el polvo que puede recuperarse o desecharse. En la mayor parte de los casos los filtros de bolsas actúan como clarificadores, atrapando las partículas en el tejido de la bolsa. Cuando la carga de polvo es considerable se deja que se forme una torta de polvo antes de retirarlo.

**Clasificación de líquidos.** Los filtros clarificadores para líquidos comprenden los filtros de lecho por gravedad para el tratamiento de agua que se han mencionado anteriormente, así como una gran variedad de filtros de cartucho que contienen elementos filtrantes de diferentes diseños y materiales de construcción. Algunos de los filtros de torta descritos más adelante, especialmente los filtros de tanque y los filtros continuos, se utilizan ampliamente para clarificación. En las unidades discontinuas la velocidad de filtración y la eficacia de separación de sólidos se mantienen prácticamente constantes durante considerables períodos de tiempo; cuando el contenido de sólidos alcanza valores elevados se hace necesario un lavado de los elementos filtrantes.

En la Figura 2.4 se representa un filtro típico de cartucho, utilizado generalmente para separar pequeñas cantidades de sólidos de los fluidos de proceso. El cartucho filtrante consiste en una serie de delgados discos metálicos de 3 a 10 pulg de diámetro dispuestos en una bancada vertical dejando entre ellos estrechos espacios uniformes. Los discos están acoplados a un eje vertical hueco y encerrado dentro de una carcasa cilíndrica cerrada. El líquido penetra en la carcasa a presión, fluye hacia el interior entre los discos hasta las aberturas situadas en el eje central y salen por la parte superior de la carcasa. Los sólidos son atrapados entre los discos y retenidos por el filtro. Puesto que la mayor parte de los sólidos se separan en la



**Figura 2.4.** Filtro de cartucho.

**Fuente:** Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. 7<sup>ma</sup> Edición. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill.

periferia de los discos, este tipo de aparato se conoce con el nombre de filtro de bordes. Periódicamente es preciso retirar los sólidos acumulados en el cartucho. En el diseño que se representa en la Figura 2.4 esta operación se realiza haciendo girar media vuelta el cartucho. Los dientes estacionarios de un limpiador de peine pasa entre los discos provocando que los sólidos caigan al fondo de la carcasa, desde donde pueden retirarse periódicamente.

Un ultrafiltro es un tipo especial de filtro clarificador en el que las aberturas de la membrana filtrante son extremadamente pequeñas. Se utiliza la separación de grandes moléculas y partículas microscópicas ultrafinas. Tales unidades se utilizan para concentrar proteínas de los productos de quesería y para separar aceite emulsionado y sólidos casi coloidales de aguas residuales. Normalmente, la suspensión fluye con una velocidad relativamente elevada a través del medio filtrante bajo una presión de 5 a 10 atm; una pequeña cantidad pasa a través de la membrana como líquido claro, dejando detrás una suspensión ligeramente más concentrada. Es preciso utilizar flujo cruzado para evitar la acumulación de sólidos sobre la superficie de la membrana. Para obtener una velocidad elevada de flujo cruzado es preciso recircular muchas veces la suspensión. Los diseños de ultrafiltros comprenden unidades tubulares que parecen pequeños cambiadores de carcasa y tubos, sistemas de fibra hueca, así como filtros de espirales y filtros de hojas que utilizan dos placas de membranas separadas por una lámina porosa .

### **Filtros de torta**

El mecanismo de la filtración de torta se muestra en la Figura 2.3b. Aquí el medio filtrante es relativamente delgado en comparación con el filtro clarificador. Al comienzo de la filtración algunas partículas sólidas entran en los poros del medio filtrante y quedan inmobilizadas, pero rápidamente empiezan a ser recogidas sobre la superficie del medio filtrante. Después de este breve período inicial la torta de sólidos es la que realiza la filtración y no el medio filtrante. Sobre la superficie se forma una visible torta de espesor apreciable que es preciso retirar periódicamente.

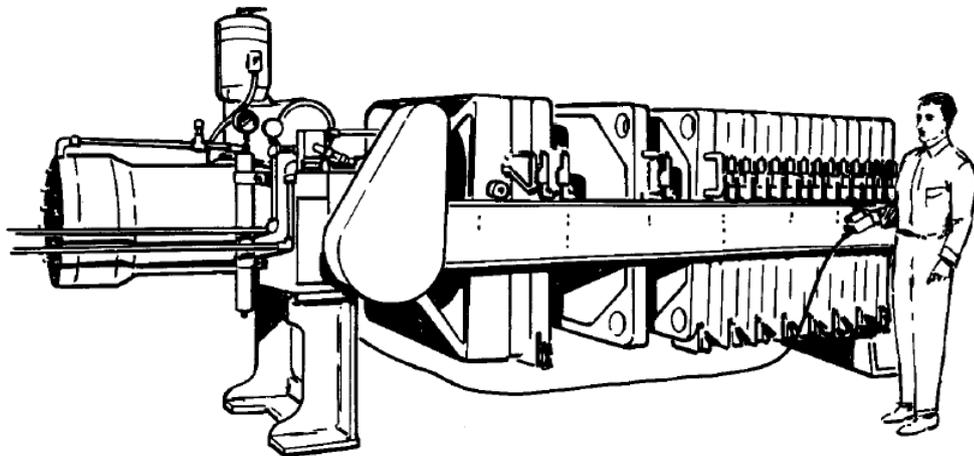
Los filtros de torta se utilizan casi siempre para separaciones sólido-líquido. Como en el caso de otros filtros, pueden operar con presión superior a la atmósfera aguas arriba del medio filtrante o con vacío aplicado aguas abajo.

**Filtros de prensa discontinuos.** Los filtros de presión pueden utilizar una gran presión diferencial a través del medio filtrante para lograr económicamente una filtración rápida con líquidos viscosos o con sólidos finos. Los tipos más comunes de filtros de presión son los filtros prensa y los filtros de carcasa y hojas.

**Filtro prensa.** Un filtro prensa contiene un conjunto de placas diseñadas para proporcionar una serie de cámaras o compartimentos en los que se pueden recoger los sólidos. Las placas se recubren con un medio filtrante tal como una lona. La suspensión se introduce en cada compartimento bajo presión; el líquido pasa a través de la lona y sale a través de una tubería dejando detrás una torta húmeda de sólidos.

Las placas de un filtro prensa pueden ser cuadradas o circulares, verticales u horizontales. Lo más frecuente es que los compartimentos para sólidos estén formados por huecos en las caras de placas de polipropileno moldeado. En otros diseños el filtro está formado por placas y marcos, como los de la Figura 2.5, donde placas cuadradas de 6 a 78 pulg de lado alternan marcos abiertos. Las placas tienen un espesor de 1/4 a 2 pulg mientras que el de los marcos es de 1/8 a 8 pulg. Las placas y los marcos se sitúan verticalmente en un bastidor metálico, con telas cubriendo las caras de cada marco, y se acoplan estrechamente entre sí

por medio de un tornillo o una prensa hidráulica. La suspensión entra por un extremo del ensamblaje de placas y marcos. Pasa a través de un canal que recorre longitudinalmente el ensamblaje por una de las esquinas de las placas y marcos. También existen canales auxiliares para llevar la suspensión desde el canal de entrada hasta cada una de las placas. Los sólidos se depositan sobre las lonas que recubren las caras de las placas. El líquido pasa a través de las telas, descende por las canaladuras de las caras de las placas y sale del filtro prensa.



**Figura 2.5.** Equipo automático de filtro prensa. (Shriver Filter, Eimco Process Equipment Company.)

**Fuente:** Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. 7<sup>ma</sup> Edición. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill.

Una vez instalado el filtro prensa, se introduce la suspensión por medio de una bomba a una presión de 3 a 10 atm. La filtración continúa hasta que ya no sale líquido por el tubo de descarga o bien aumenta bruscamente la presión de filtración, Esto ocurre cuando las placas se llenan de sólido y ya no puede entrar más suspensión. Se puede entonces pasar líquido de lavado para eliminar las impurezas solubles contenidas en los sólidos, y a continuación insuflar aire o vapor de agua para desplazar la mayor parte de líquido residual. Se abre entonces la prensa y se retira la torta de sólidos, pasándola a un transportador o a un depósito de almacenamiento. En muchos filtros prensa estas operaciones se realizan automáticamente, tal como ocurre en el equipo que se muestra en la Figura 2.5.

El lavado completo en un filtro prensa puede requerir varias horas, ya que el líquido de lavado tiende a seguir caminos preferenciales formando cortocircuitos sin acceso a determinadas partes de la torta. Si la torta es menos densa en unas partes que en otras, como ocurre habitualmente, la mayor parte del líquido de lavado no será efectivo. Si el lavado tiene que ser excepcionalmente bueno, puede resultar conveniente repulpar con un gran volumen de líquido de lavado la torta parcialmente lavada y volver a filtrar o bien utilizar un filtro de carcasa y hojas que permite un lavado más eficaz que el filtro de placas y marcos.

**Filtros continuos de presión.** Los filtros discontinuos requieren con frecuencia una mano de obra elevada, de forma que en los procesos a gran escala pueden no ser económicamente interesantes. Los filtros continuos de vacío que se describen más adelante se han desarrollado para reducir la mano de obra en la operación de filtración. Sin embargo, a veces la filtración a vacío no es viable o no resulta económica, como ocurre cuando los sólidos son muy finos y filtran muy lentamente, cuando el líquido tiene una elevada presión de vapor, tiene una viscosidad superior a 1 P o es una disolución saturada que cristaliza al enfriarse. Con suspensiones que filtran lentamente la presión diferencial a través del medio filtrante puede ser superior a la que se obtiene con un filtro de vacío; con líquidos que se evaporan o cristalizan a presión reducida, la presión aguas abajo del medio filtrante no puede ser inferior a la atmosférica. Por tanto, los filtros rotativos continuos que se describen después se adaptan a veces para presiones positivas de hasta 1,5 atm. Sin embargo, los problemas mecánicos para la descarga de los sólidos de estos filtros, su coste y complejidad, así como su pequeño tamaño, limitan su aplicación solamente a problemas especiales. Cuando no se puede utilizar un filtro de vacío, deberán considerarse otros métodos de separación, tales como filtros centrífugos continuos.

**Filtros discontinuos de vacío.** Los filtros prensa son normalmente discontinuos, mientras que los de vacío lo son continuos. Sin embargo, un filtro discontinuo de vacío resulta a veces muy útil. Una nutch es poco más que un embudo Büchner grande, de 3 a 10 pies de diámetro, en la que se forma una capa de sólidos de 4 a 12 pulg de espesor. Debido a su sencillez, una nutch puede construirse

fácilmente con materiales resistentes a la corrosión y resulta interesante cuando han de filtrarse cargas experimentales de una gran variedad de materiales corrosivos.

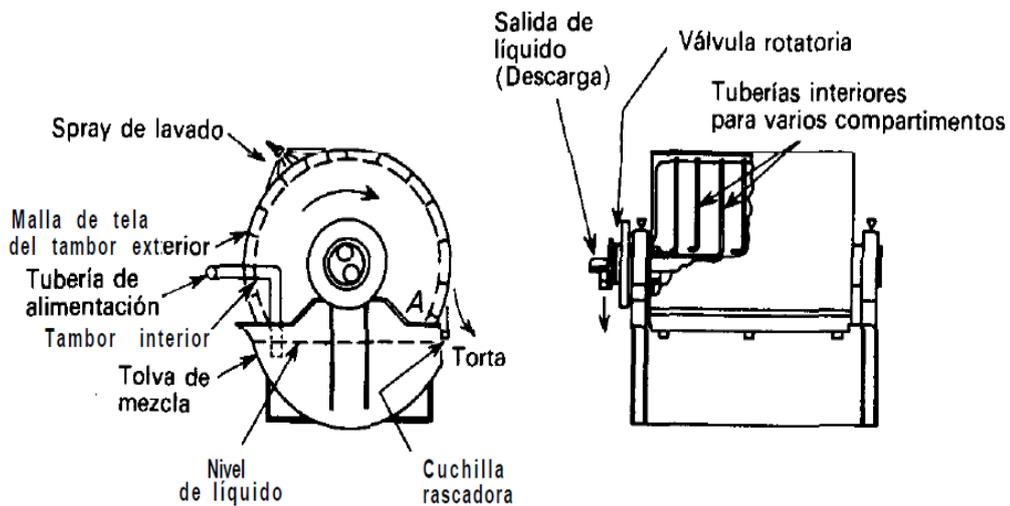
Estos tipos de filtros no son recomendables para operaciones de producción debido al elevado coste de mano de obra que supone su utilización.

**Filtros continuos de vacío.** En todos los filtros continuos de vacío el líquido es succionado a través de un medio filtrante sobre el que se deposita una torta de sólidos. La torta se aleja de la zona de filtración, se lava, se seca por aspiración y se descarga del medio filtrante para reiniciar el ciclo con la entrada de suspensión. En todo momento una parte del medio filtrante se encuentra en la zona de filtración, otra parte en la zona de lavado y otra en la etapa de descarga de sólidos, de forma que la salida de líquido y de sólido se realiza ininterrumpidamente. La presión diferencial a través del medio filtrante de un filtro de vacío continuo no es elevada y normalmente está comprendida entre 10 y 20 pulg Hg.

Los distintos diseños de filtros difieren en la forma en la que se introduce la suspensión, la forma de la superficie filtrante y la manera en la que se descargan los sólidos. Sin embargo, la mayor parte de ellos aplican vacío desde una fuente estacionaria para accionar las partes de la unidad por medio de una válvula rotatoria.

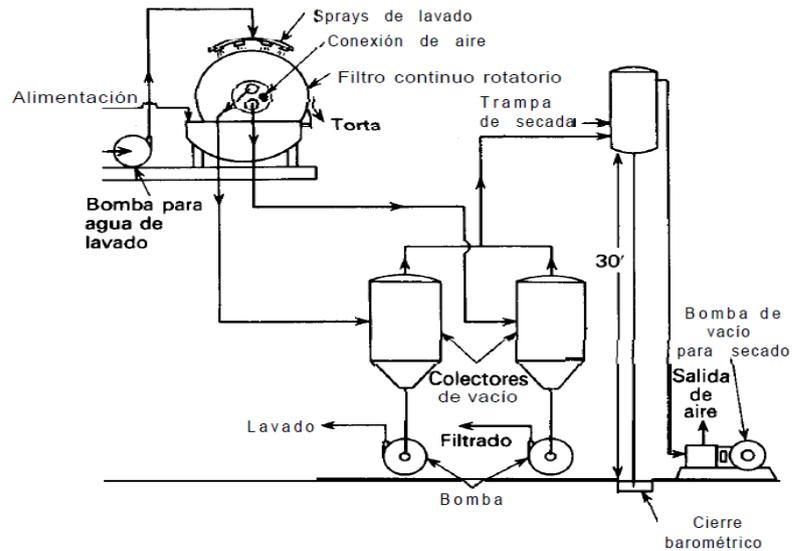
**Filtro de tambor rotatorio.** El tipo más frecuente de filtro continuo de vacío es el filtro de tambor rotatorio que se representa en la Figura 2.6. Un tambor horizontal, con una cara acanalada, gira con una velocidad de 0, 1 a 2 rpm en un depósito con la suspensión agitada. Un medio filtrante, tal como una lona, cubre la superficie del tambor, que está parcialmente sumergido en el líquido. Debajo de la superficie acanalada del tambor principal se encuentra un segundo tambor más pequeño. Entre los dos tambores existen tabiques radiales que dividen el espacio anular en compartimentos separados, cada uno de los cuales está conectado por medio de una tubería interna a un orificio situado en la placa de la válvula rotatoria. Una tira de tela filtrante cubre la cara expuesta de cada compartimento para formar una sucesión de paneles.

Considérese ahora el panel que se representa por .A en la Figura 2.6 que se encuentra justamente en el momento de introducirse en la suspensión. Cuando se sumerge debajo de la superficie del líquido, se aplica vacío por medio de la válvula rotatoria. Se forma una capa de sólidos sobre la cara del panel a medida que pasa líquido por la tela hacia el interior del compartimento, a través de la tubería interna y de la válvula hasta el tanque colector. Cuando el panel abandona la suspensión y entra en la zona de lavado y secado, se aplica vacío al panel desde un sistema exterior, succionando líquido de lavado y aire a través de la torta de sólidos (Fig. 2.7). Después que la torta de sólidos depositada sobre la caja del panel ha sido succionada para ser secada, el panel abandona la zona de secado, se corta el vacío y se retira la torta rascándola con una cuchilla horizontal o rasqueta. Se insufla algo de aire debajo de la torta con el fin de despegarla de la tela. De esta forma la torta se desprende de la tela haciendo innecesario que la cuchilla roce la superficie del tambor. Una vez que se ha desprendido la torta, el panel entra de nuevo en la suspensión y se repite el ciclo. Por tanto, la operación de cualquier panel es cíclica, pero como algunos paneles están en todo momento en cada parte del ciclo, la operación global del filtro es continua.



**Figura 2.6.** Filtro rotativo continuo de vacío.

**Fuente:** Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. 7<sup>ma</sup> Edición. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill.



**Figura 2.7.** Diagrama de flujo para filtración continua de vacío.

**Fuente:** Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. 7<sup>ma</sup> Edición. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill.

Existen numerosas variantes comerciales de filtros de tambor rotatorio. En algunos diseños no existen compartimentos en el tambor, y el vacío se aplica a toda la superficie interior del medio filtrante. El filtrado y el líquido de lavado se retiran conjuntamente a través de una tubería sumergida; los sólidos se descargan insuflando aire a través de la lona desde un sistema estacionario situado dentro del tambor, hinchando la tela filtrante, desprendiéndose la torta. En otros modelos la torta se desprende de la superficie filtrante por un conjunto de cuerdas paralelas muy juntas, o bien separando la tela filtrante de la superficie del tambor y haciéndola pasar alrededor de un rodillo de pequeño diámetro. El cambio brusco de dirección que provoca este rodillo da lugar a que se desprendan los sólidos. La tela puede lavarse a medida que retorna desde el rodillo hasta la cara inferior del tambor. El líquido de lavado puede pulverizarse directamente sobre la superficie de la torta, o bien, con tortas que se rajan cuando se pasa aire a su través, el rociado de líquido de lavado puede realizarse sobre tela que se desplaza con la torta a través de la zona de lavado y que presiona fuertemente sobre la superficie exterior.

El grado de inmersión también es variable. La mayor parte de los filtros alimentados por el fondo operan con aproximadamente el 30 por 100 de su

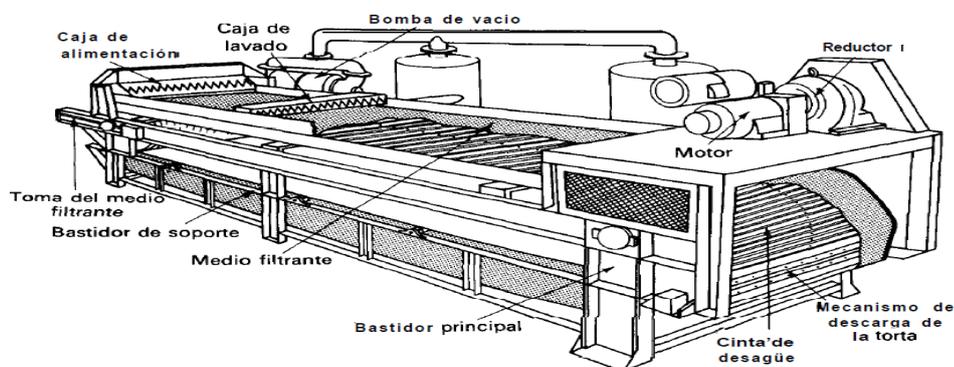
superficie filtrante sumergida en la suspensión. Cuando se desea una elevada capacidad de filtración sin lavado, se puede utilizar el filtro muy sumergido, con una inmersión de 60 a 70 por 100. La capacidad de cualquier filtro rotativo depende considerablemente de las características de la suspensión de alimentación y, sobre todo, del espesor de la torta que se puede depositar en la operación práctica. Las tortas formadas en filtros industriales rotativos de vacío tienen un espesor comprendido entre 1/8 y 1 1/2 pulg. Los tamaños normalizados de los tambores varían desde 1 pie de diámetro y 1 pie de longitud hasta 10 pies de diámetro y 14 pies de longitud.

Un ejemplo típico de los aparatos continuos o semicontinuos de clarificación lo constituye el filtro de recubrimiento previo, que es un filtro rotativo de tambor modificado para filtrar pequeñas cantidades de sólidos gelatinosos que generalmente obturan la tela filtrante. En la operación de este aparato se deposita en primer lugar sobre el medio filtrante una capa porosa de un coadyuvante de filtración, tal como tierra de diatomeas. El líquido a filtrar se succiona entonces a través de una capa del coadyuvante de filtración, depositándose una delgada capa de sólidos. Esta capa y algo del coadyuvante de filtración se desprenden entonces del tambor por medio de una cuchilla que avanza lentamente, lo que da lugar a que de forma continua exista una superficie fresca de material poroso para el líquido que ha de pasar a su través. Un filtro de tratamiento previo puede también operar a presión. En los aparatos de presión los sólidos descargados y el coadyuvante de filtración se recogen en una zona de filtración, para retirarlos periódicamente a la presión atmosférica, mientras el tambor se recubre con coadyuvante. Los filtros de tratamiento previo solamente se pueden utilizar cuando los sólidos se desechan o cuando su mezcla con grandes cantidades de coadyuvante no crea un serio problema. La inmersión habitual de un tambor de filtro con tratamiento previo es del 50 por 100.

**Filtro de cinta horizontal.** Cuando la alimentación contiene partículas sólidas gruesas que sedimentan rápidamente, un filtro de tambor rotatorio funciona mal o simplemente no puede funcionar. Las partículas gruesas no se pueden mantener bien en suspensión y la torta que se forma con frecuencia no se adhiere a la

superficie del tambor. En estos casos se puede utilizar un filtro horizontal alimentado por la parte superior. El filtro de cinta móvil que se muestra en la Figura 2.8 es uno de los diferentes tipos de filtros horizontales; se parece a un transportador de cinta, con un soporte transversal que lleva la tela filtrante que tiene también la forma de una cinta sin fin. Las aberturas centrales situadas en la cinta de drenaje se deslizan sobre una cámara longitudinal de vacío en la que se descarga el filtrado. La suspensión de alimentación fluye hasta la cinta desde un distribuidor situado en un extremo de la unidad, mientras que la torta filtrada y lavada descarga por el otro extremo.

Los filtros de cinta son especialmente útiles en el tratamiento de residuos debido a que los residuos con frecuencia contienen un intervalo de tamaño de las partículas muy amplio. Se construyen tamaños comprendidos entre 2 a 18 pies de ancho y 16 a 110 pies de largo, y con áreas de filtración de hasta 1200 pie<sup>2</sup>. En un filtro de cinta típico el vacío se aplica e interrumpe intermitentemente; la cinta avanza unas 20 pulg cuando se interrumpe el vacío y se detiene mientras el vacío se aplica. De esta forma, se evita la dificultad de mantener un buen cierre de vacío entre la cámara y la cinta móvil.



**Figura 2.8.** Filtro de cinta horizontal.

**Fuente:** Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott. 7<sup>ma</sup> Edición. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill.

**Medios filtrantes.** El medio filtrante de cualquier filtro ha de cumplir los siguientes requerimientos:

1. Ha de retener los sólidos a filtrar, dando lugar a un filtrado razonablemente claro.

2. No debe obstruirse o cegarse.
3. Ha de ser químicamente resistente y tener suficiente resistencia física para soportar las condiciones del proceso.
4. Ha de permitir que la torta formada se desprenda de una forma limpia y completa.
5. No ha de ser excesivamente caro.

En la filtración industrial un medio de filtración frecuente es la tela de lona de diferentes pesos y modelos de tejido, dependiendo del objetivo que se persiga. Los líquidos corrosivos requieren el empleo de otros medios filtrantes tales como telas de lana, o metal.

Por lo general, las fibras metálicas o las sintéticas lisas son menos eficaces que las fibras naturales para separar partículas muy finas. Sin embargo, esto solamente es una desventaja al comienzo de la filtración debido a que, excepto con partículas gruesas y duras que no contienen finos, el medio filtrante real lo constituye la primera capa de sólidos depositados. El filtrado puede ser inicialmente turbio pero luego se hace claro. El filtrado turbio se devuelve al tanque que contiene la suspensión para ser filtrado de nuevo. (Warren, Julián, Peter, 1991, p 998-1007)

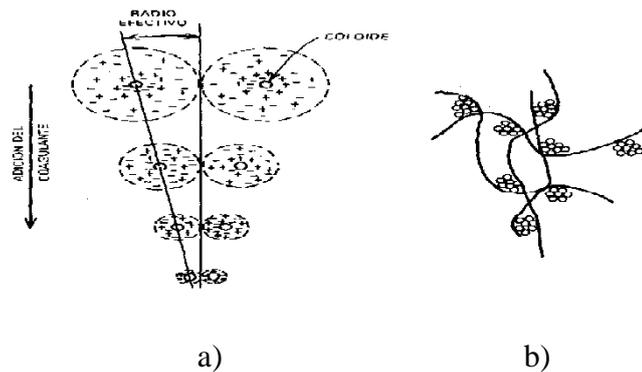
#### **2.4.4. COAGULACION Y FLOCULACION**

Los procesos de coagulación y de floculación se emplean para extraer del agua los sólidos que en ella se encuentran suspendidos siempre que su rapidez natural de asentamiento sea demasiado baja para proporcionar clarificación efectiva. La clarificación del agua, el ablandamiento con cal, el espesamiento de lodo y el desecamiento, dependen de una correcta aplicación de las teorías de la coagulación y la floculación para que puedan efectuarse con éxito.

Tomando como un ejemplo la clarificación de agua superficial, el agua cruda turbia contiene material suspendido, tanto sólidos que pueden asentarse como partículas lo bastante grandes que se asientan en reposo, o sólidos dispersados que no se asentarán con facilidad. Una parte considerable de estos sólidos que no se asientan pueden ser coloides. Cada partícula se encuentra estabilizada por cargas eléctricas negativas sobre su superficie, haciendo que repela las partículas vecinas,

como se repelen mutuamente dos polos magnéticos. Ya que esto impide el choque de las partículas y que formen así masas mayores, llamados flóculos, las partículas no se asientan. La coagulación desestabiliza estos coloides al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados. Esto se logra, por lo general, añadiendo coagulantes químicos y aplicando energía de mezclado. Las sustancias químicas de uso común son las sales de aluminio, las sales de hierro y los polielectrólitos.

La figura 2.9 muestra cómo estas sustancias químicas cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos. Estos flóculo, inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de asentarse. El proceso de desestabilización es la coagulación (neutralización de la carga); la etapa de formación de flóculos es la floculación.



**Figura 2.9** (a) Coagulación: La adición de un coagulante neutraliza las cargas, produciendo un colapso de la “nube” que rodea los coloides de modo que pueden aglomerarse. (b) Floculación: El producto químico floculante tiende un puente entre las partículas coloidales aglomeradas para formar flóculos más grandes fácilmente asentables.

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

Los términos coagulación y floculación son con frecuencia intercambiados; sin embargo, cuando se les considera como dos mecanismos distintos pueden conducir a un mejor entendimiento de la clarificación y la desecación.

#### 2.4.4.1. COAGULACION

Las especies coloidales halladas en agua cruda y en agua de desecho incluyen arcillas, sílice, hierro y otros metales pesados, color y sólidos orgánicos, como los

residuos de organismos muertos. Los coloides también pueden producirse en los procesos de precipitación, como el ablandamiento con cal. El aceite en agua de desecho es con frecuencia coloidal.

Entre la gran variedad de materiales coloidales en el agua, existe una distribución grande en el tamaño de las partículas. En la tabla 2.1 se muestra cómo el tamaño de la partícula afecta la tendencia al asentamiento en agua tranquila. Los coloides siempre necesitan coagularse para alcanzar un tamaño efectivo y una rapidez de asentamiento; pero aun partículas mayores, que no son realmente coloidales y que se asentarían si se les diera un tiempo suficiente, requieren de la coagulación para formar un flóculo mayor que se asiente con más rapidez.

**Tabla 2.1:** Sedimentación de partículas pequeñas de sílice de densidad relativa 2.65

Típico	mm	Micras	Área de la superficie (total)	Tiempo de asentamiento
Grava	10	10 000	3.14 cm <sup>2</sup>	1 seg
Arena gruesa	1	1 000	31.4 cm <sup>2</sup>	10 seg
Arena fina	0.1	1 00	314 cm <sup>2</sup>	125 seg
Limo	0.01	10	0.314 m <sup>2</sup>	108 min
Bacterias	0.001	1	3.14 m <sup>2</sup>	180 hr
Material coloidal	0.0001	0.1	31.4 m <sup>2</sup>	755 días

**NOTA:** Las partículas mayores de 100 micras pueden observarse a simple vista y son consideradas como sólidos asentables. En el intervalo de 10 a 100 micras se las considera turbidez. Por debajo de las 10 micras se las considera coloidales. Las partículas mayores de 0.1 micras son visibles con el microscopio óptico; para menores de 0.1 micras se usa el microscopio electrónico para detectarlas.

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

Cuando en una planta de tratamiento no se dispone de tiempo suficiente para extraer los sólidos suspendidos, la coagulación y la floculación puede provocar su crecimiento y asentarse con la suficiente rapidez para superar las limitaciones del diseño de la planta.

Los coloides se clasifican en hidrofóbicos (adversos al agua) e hidrofílicos (afines al agua). Los coloides hidrofóbicos no reaccionan con el agua; la mayor parte de las cerámicas naturales son hidrofóbicas. Los coloides hidrofílicos reaccionan con

el agua; las sustancias que producen el color son hidrofílicas. De importancia en el tratamiento del agua es que los coloides hidrofílicos pueden reaccionar químicamente con el coagulante usado en el proceso de tratamiento. Así, los coloides hidrofílicos requieren mayor cantidad de coagulante que los hidrofóbicos, que no reaccionan químicamente con el coagulante. Por ejemplo, para eliminar el color de un agua que tiene un color APHA de 50 se requieren dosis mayores de coagulante que las necesarias para eliminar una turbidez de 50 UTJ.

## **FUERZAS COLOIDALES**

Diversas teorías han sido formuladas para describir la partícula coloidal y las fuerzas que la rodean. Prácticamente, todo lo que se necesita para definir al sistema coloidal es la determinación de la naturaleza y la magnitud de la carga de la partícula. El potencial zeta es una medida de esta fuerza. Para coloides en fuentes de agua natural con un pH de 5 a 8, el potencial zeta se encuentra entre -14 y -30 milis volts; cuanto más negativo sea el número, tanto mayores será la carga de la partícula. A medida que disminuye el potencial zeta, las partículas pueden aproximarse cada vez más aumentando la posibilidad de una colisión. En un sistema convencional de clarificación con un pH de 6 a 8, los coagulantes proporcionan las cargas positivas para reducir la magnitud del potencial zeta. La coagulación se presenta de ordinario a un potencial zeta que es aun ligeramente negativo, de manera que por lo general no se requiere que la carga sea neutralizada por completo. Si se añade demasiado coagulante, la superficie de la partícula se cargará positivamente (un potencial zeta positivo), y la partícula volverá a dispersarse.

Pueden necesitarse coagulantes en sistemas de tratamiento de agua con pH alto, como es el caso del ablandamiento con cal. Las partículas de carbonato de calcio también portan una carga negativa y pueden ser útiles coagulantes catiónicos para reducir la dureza residual coloidal. El hidróxido de magnesio, por otro lado, porta una carga positiva hasta que el pH es mayor que 11; así, en los procesos de ablandamiento con cal y cal-carbonato, en los que se precipitan tanto  $\text{CaCO}_3$  como  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , se coprecipitan las partículas de carga opuesta. Esta coprecipitación

produjo, en periodos geológicos pasados, el mineral dolomita,  $\text{CaCO}_3 - \text{MgCO}_3$ . La coagulación y la floculación de materiales distintos al limo y al color, que son los objetivos comunes de un programa de clarificación del agua, se analizan en el capítulo sobre procesos de precipitación.

El potencial zeta se determina indirectamente de los datos obtenidos al observar en el microscopio los movimientos de las partículas. En la figura 2.9 se muestra un instrumento típico empleado en esta determinación. Las medidas del potencial zeta se han empleado con éxito para controlar las dosis de coagulantes en las plantas. Sin embargo, las lecturas del potencial zeta por sí solas no son confiables para seleccionar el mejor coagulante. Los resultados obtenidos en la prueba de la jarra continúan siendo los mejores para seleccionar al coagulante.



**Figura 2.10** El “Lector-Zeta” un instrumento para la observación continua de la movilidad de las partículas en el agua y la medida del potencial zeta. (Cortesía de Komline – Sanderson Engineering Corporation.)

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

Para complementar la adición del coagulante se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. El movimiento browniano, el movimiento caótico comunicado a las partículas pequeñas al ser bombardeadas por moléculas individuales de agua, está siempre presente como una fuerza mezcladora natural. Sin embargo, casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad, que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas, es de lo más efectivo. También son importantes en la coagulación la frecuencia y el número de colisiones entre las partículas. En agua de baja turbidez, puede requerirse la adición de sólidos, como la arcilla, o el

reciclado de sólidos previamente asentados, para aumentar el número de colisiones entre las partículas.

#### 2.4.4.2. FLOCULACION

Puede ser que el flóculo formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo bastante grande como para asentarse o desecarse con la rapidez deseada. Un floculante reúne partículas floculadas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando las partículas individuales en aglomerados, como se muestra en la figura 2.11. El alumbre, las sales de hierro y los polímeros de peso molecular alto son floculantes comunes. La floculación es estimulada por un mezclado lento que junta poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no sólo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también afecta su naturaleza física. Los lodos y las lechadas, cuando han sido floculados, se desecan con mayor rapidez sobre capas de arena y en el equipo mecánico de desecamiento, en virtud de la estructura menos gelatinosa del flóculo.



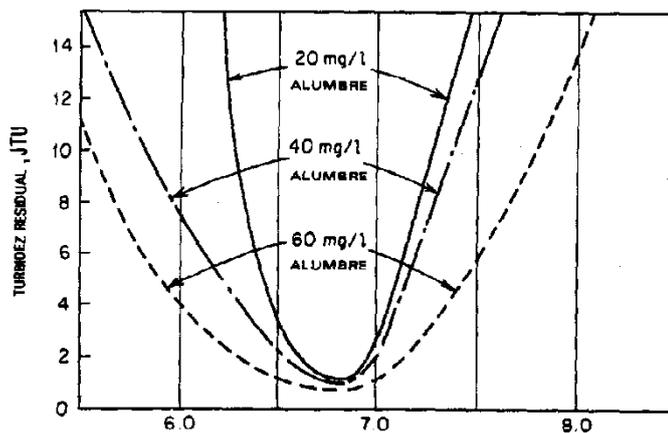
**Figura 2.11** Fotomicrografías que ilustran el proceso de coagulación. A la izquierda, agua turbia de río, que muestra la dispersión fina de partículas sólidas diminutas. A la derecha se muestra la misma agua tratada con coagulante. Las partículas están “recolectadas” en un flóculo. (130X).

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

### 2.4.4.3. PRODUCTOS QUIMICOS COAGULANTES Y FLOCULANTES

Históricamente, los coagulantes metálicos (el alumbre y las sales de hierro), han sido los más empleados en la clarificación del agua. Estos productos actúan como coagulantes y floculantes a la vez. Añadidos al agua, forman especies cargadas positivamente en el intervalo de pH típico para la clarificación, esto es, de 6 a 7. Esta reacción de hidrólisis produce aluminio gelatinoso insoluble o hidróxido férrico. Aun cuando inicialmente no haya sólidos suspendidos en el agua, los coagulantes metálicos forman flóculos que enredan a los coloides desestabilizados. Sin embargo, los lodos voluminosos producidos por la adición de coagulantes metálicos crean problemas de disposición, por lo que de ordinario sólo difícilmente pueden desecarse. Esta es la razón de por qué el alumbre y las sales de hierro no se usan frecuentemente para mejorar la eficiencia de las centrifugadoras, las prensas de filtrar y otros dispositivos desecadores.

Los coagulantes metálicos son muy sensibles al pH y a la alcalinidad. Si el pH no está dentro del intervalo adecuado, la clarificación es pobre y pueden solubilizarse el hierro o el aluminio y generar problemas al usuario del agua. Cuanto menor sea la dosis de coagulante, tanto mayor será la sensibilidad del flóculo a cambios en el pH (Fig. 2.12).



**Figura 2.12** Efecto de la dosificación del coagulante sobre las limitaciones en el intervalo del pH. El valor óptimo del pH permanece casi constante, pero el intervalo en el pH es menos limitante a medida que aumenta la dosificación del coagulante

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

La introducción de sílice activada en la década de 1940-1950 mejoró considerablemente el desempeño del alumbre y de las sales de hierro como coagulantes en la clarificación del agua. El desarrollo subsecuente de diversos polímeros orgánicos, denominados polielectrólitos, en la siguiente década, contribuyeron más espectacularmente a la tecnología del tratamiento de aguas.

**Tabla 2.2:** Propiedades de los coagulantes comunes

Nombre común	Fórmula	Peso equivalente	pH al 1%	Disponibilidad
Alumbre	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$	100	3.4	Terrón-17% $\text{Al}_2\text{O}_3$ Líquido- 8.5% $\text{Al}_2\text{O}_3$
Cal	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	40	12	Terrón-como CaO Polvo- 93-95% Lodo- 15-20%
Cloruro férrico	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	91	3-4	Terrón -20%Fe Líquido -20%Fe
Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	51.5	3-4	Granular-18.5%Fe
Caparrosa verde	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	139	3-4	Granular-20%Fe
Aluminio de sodio	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	100	11-12	Escama-46% $\text{Al}_2\text{O}_3$ Escama-2.6% $\text{Al}_2\text{O}_3$

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

Los polielectrólitos son grandes moléculas orgánicas solubles en agua, formadas por bloques denominados monómeros, repetidos en una cadena larga. De ordinario incorporan en su estructura sitios para intercambio iónico que dan a la molécula una carga iónica. Aquellas que tienen una carga positiva son catiónicas y las que tienen una carga negativa son aniónicas. Estas moléculas reaccionan con el material coloidal en el agua neutralizando la carga o enlazando partículas individuales para formar un precipitado visible e insoluble, esto es, un flóculo.

## **POLIELECTROLITOS A LA MEDIDA**

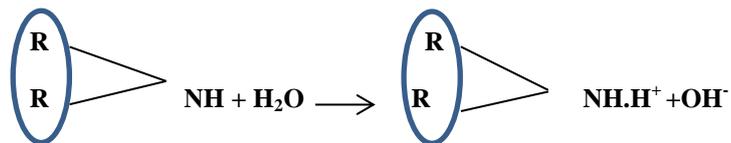
El desempeño de estos materiales puede modificarse para ajustarlo a la naturaleza de la materia coloidal que debe extraerse del agua. Estas modificaciones incluyen

variaciones tanto en el peso molecular como en la capacidad de intercambio jónico. También pueden producirse materiales exentos de carga iónica; a estos polímeros se les denomina no jónicos. Aunque estos no son polielectrólitos en sentido estricto, los polímeros no jónicos exhiben en solución muchas de las propiedades floculantes, y se les considera de ordinario como parte de los compuestos de la familia de los polielectrólitos.

Aun cuando la mayor parte de los electrolitos son materiales orgánicos sintéticos, la naturaleza también produce una infinita variedad de dichos materiales. Algunos de ellos son procesados químicamente para mejorar su desempeño y pueden obtenerse en el mercado.

Los polielectrólitos catiónicos son poliaminas o aminas cuaternarias.

Una poliamina hidroliza en agua como sigue:



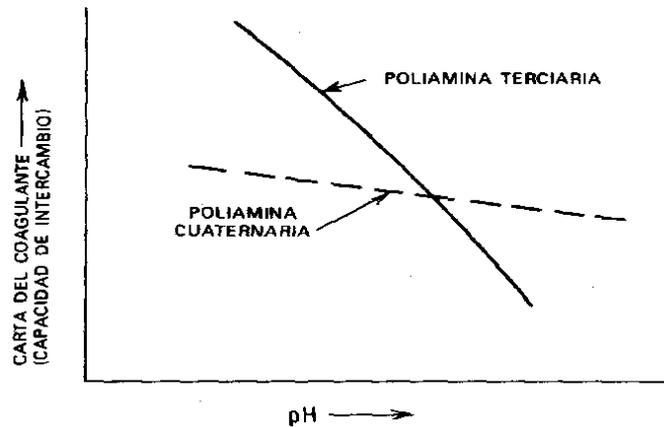
Puesto que la hidrólisis da OH<sup>-</sup>, cuando el pH es alto, la reacción es forzada hacia la izquierda y el polímero se vuelve no iónico. Esto se muestra en la figura 2.9, que señala la pérdida de la capacidad de intercambio de una poliamina específica cuando aumenta el pH.

Por contraste, a los polímeros cuaternarios apenas si les afecta el pH, permaneciendo cargados positivamente en un intervalo amplio de pH (Fig. 2.13).

Los polímeros aniónicos incorporan en su estructura a un grupo carboxilo (-COOH). Este se ioniza como sigue:



El ión hidrógeno fuerza la reacción hacia la izquierda, de modo que los polímeros aniónicos se vuelven no iónicos cuando el pH es bajo.



**Figura 2.13** Diagrama general que muestra la pérdida de fuerza catiónica de las poliaminas terciarias a medida que aumenta el pH y la independencia relativa al pH de la amina cuaternaria.

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

La naturaleza iónica de los polielectrólitos es sólo un factor que determina el desempeño de estos materiales como coagulantes y floculantes. Factores como la naturaleza polar de los enlaces no iónicos en la molécula, el tamaño y la geometría moleculares, tienen una función importante y, en muchos casos, dominan a los efectos de la carga y de la densidad de carga. Así, los polímeros no iónicos de alto peso molecular son floculantes efectivos en muchos sistemas en virtud de su capacidad de atraer y mantener partículas coloidales en sitios polares de la molécula. Además, por su tamaño molecular, pueden encajar muchas partículas pequeñas.

Así, como regla general, los polímeros catiónicos son diseñados para trabajar con valores bajos del pH, y los aniónicos con valores altos. Los no iónicos y los catiónicos sólo son influidos débilmente por el pH. La regla general no debe interpretarse como que los polímeros aniónicos no son efectivos cuando el pH es bajo; simplemente quiere decirse que, en este caso, ya no son iónicos. Pueden tener buenos resultados en la floculación de sólidos cuando el pH es bajo tan sólo a causa de sus enlaces no iónicos. Lo mismo se aplica a los catiónicos: aun cuando no están cargados cuando el pH es alto, pueden ser efectivos como coagulantes debido a sus grupos polares.

**Tabla 2.3:** Algunas características de los polímeros orgánicos

Clase	Intervalos PM	Forma y disponibilidad
1.Coagulantes catiónicos Poliaminas Policuaternarios Poli CDADMA Epi- DMA	Abajo de 100 000	Todos disponibles como soluciones acuosas
2.Floculantes catiónicos Copolímeros de: Acrilamida y DMAEM Acrilamida y CDADMA Aminas Mannich	Arriba de 1 000 000	Polvos o emulsiones
3.Floculantes no iónicos Poliacrilamidas	Arriba de 1 000 000	Polvos o emulsiones
4.Floculantes aniónicos Poliacrilatos Copolímeros de acrilamida y acrilato	Arriba de 1 000 000	Polvos o emulsiones

**NOTA:** CDADMA: cloruro de dialil - dimetil amonio  
Epi: epiclorhidrina  
DMA: dimetilamina  
DMAEM: dimetil- aminoetil-metacrilato

**Fuente:** NALCO, FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

Los polímeros orgánicos superan muchos de los problemas inherentes al uso del alumbre o de las sales de hierro. Estos polímeros son moléculas orgánicas de cadena larga formadas por bloques llamados monómeros, repetidos a lo largo de la cadena. En función de la selección de los monómeros y de los métodos de procesamiento, puede elaborarse una gran diversidad de polímeros de configuraciones y pesos moleculares diferentes. El peso molecular es proporcional a la longitud de la cadena del polímero; la amplia selección de estructuras y pesos moleculares permite diseñar un polímero que responda a un problema específico de coagulación o floculación, aunque rara vez esto sea práctico por razones económicas.

Los polímeros orgánicos empleados en el tratamiento del agua pertenecen a dos tipos principales: coagulantes y floculantes. Los coagulantes son moléculas positivamente cargadas de peso molecular relativamente bajo. Aunque muestran cierta tendencia a enlazar, no son particularmente efectivas como floculantes. Los polímeros floculantes tienen pesos moleculares mucho más altos, y proporcionan

largos puentes entre los pequeños flóculos para promover el crecimiento de la partícula. Los floculantes pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos. El floculante que trabaja en cualquier sistema sólo puede ser identificado mediante cribado en el laboratorio y por la prueba en planta. Los polímeros floculantes, a diferencia de los coagulantes, no son adecuados para la neutralización. En la tabla 2.3 se listan algunas características de los coagulantes y floculantes orgánicos empleados en el tratamiento del agua.

A diferencia de las sales inorgánicas, los polímeros no producen flóculos voluminosos, gelatinosos. En las aplicaciones donde la adición de sólidos mejora los resultados, pueden ser necesarios coagulantes inorgánicos o arcillas para complementar el uso de polímeros. A diferencia de los coagulantes metálicos, los polímeros no afectan al pH, ni su desempeño es sensible al pH del agua tratada.

### **SÍLICE ACTIVADA**

Algunos compuestos inorgánicos pueden ser polimerizados en agua para formar polímeros floculantes inorgánicos. La sílice activada (identificada algunas veces como  $\text{-SiO}_2\text{-}$ ) es un ejemplo. Cuando el silicato de sodio, que contiene un álcali es diluído a 1.5 - 2.0% y entonces parcialmente neutralizado (de ordinario con cloro o con bicarbonato de sodio) la sílice se vuelve coloidal y entonces comienza a polimerizar lentamente. Después de 15 a 30 minutos, la solución es diluída entre 0.5 y 1.0%  $\text{SiO}_2$  deteniendo la polimerización y produciendo sílice activada. Aunque este procedimiento de preparación es complicado, es un floculante muy efectivo para auxiliar el tratamiento mediante alumbre para eliminar el color y mejorar la blandura de las aguas que contienen materia orgánica, como algunas de las aguas coloreadas de los pozos de Florida.



**Figura 2.14** Las partículas sólidas en el cono izquierdo son un conglomerado de materiales con partículas de tamaño diferentes. Después de asentarse durante 30 minutos se obtienen dos fracciones (cono derecho): sólidos asentables, expresados en ml/l, y turbidez, expresada en unidades nefelométricas

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

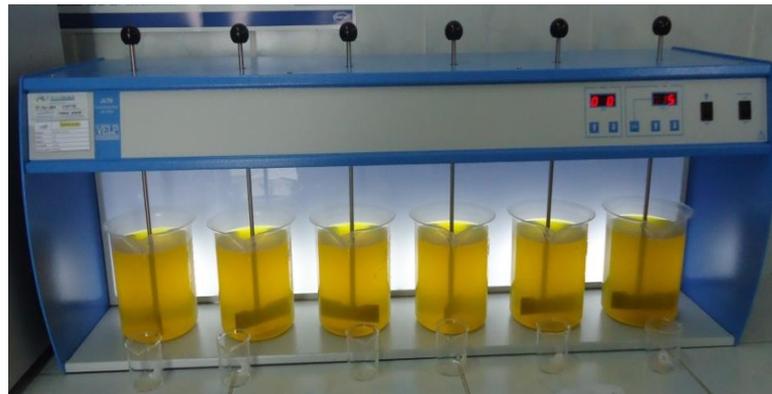
#### **2.4.4.4. APLICACIONES DE LA COAGULACION Y DE LA FLOCULACION**

Una muestra de agua turbia colocada en un cilindro graduado se separa en dos capas, la de los sólidos asentables y la de los sólidos coloidales (Fig. 2.15). En la clarificación del agua cruda casi siempre se usa un coagulante, ya que debe eliminarse la neblina coloidal para producir la baja turbidez requerida por la mayoría de los procesos que emplean agua. En la clarificación de las aguas de desecho sólo se necesita un coagulante cuando los sólidos suspendidos crean un problema para satisfacer los lineamientos respecto a los efluentes; aquí es necesario un floculante para acelerar la velocidad del asentamiento.

Se emplean dos tipos de pruebas de laboratorio para seleccionar el mejor producto químico y aproximarse a la dosis requerida para la clarificación: (1) la prueba de la jarra y (2) la prueba del cilindro. Se emplea la prueba de la jarra cuando el contenido de sólidos suspendidos en la corriente que deberá clarificarse es menor que 5000 mg/l aproximadamente. La clarificación del agua cruda, el asentamiento de sólidos biológicos y la mayor parte de las corrientes primarias de desecho se encuentran en esta categoría. Se emplea la prueba del cilindro en corrientes de lodo pesado donde los sólidos suspendidos exceden los 5000 mg/l. Los desechos provenientes del tratamiento del carbón y de los minerales, y el lodo resultante de

una clarificación primaria, son ejemplo de lechadas pesadas.

La prueba de la jarra simula los tipos de mezclado y las condiciones de asentamiento que se encuentran en una planta clarificadora. La unidad de laboratorio para efectuar estas pruebas (Fig. 2.15) permite que se corran simultáneamente hasta seis pruebas. El probador tiene un motor de velocidad variable que permite controlar la energía del mezclado en las jarras.



**Figura 2.15** Esta batería de agitadores es de uso frecuente en la prueba de la jarra como una herramienta de investigación y también como un dispositivo de control de planta.

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

Los resultados de la clarificación son sensibles a la dosificación del producto químico, a la energía y a la duración del mezclado. En la figura 2.16 se muestra una sucesión típica en la prueba de la jarra, donde se elimina una neblina coloidal. Se añade el coagulante con gran energía para dispersarlo en el agua y promover una mayor frecuencia en las colisiones. Puede ser de corta duración, menor de un minuto. Si es necesario, se añade un polímero floculante durante los últimos segundos del mezclado rápido. En el periodo de mezclado lento que sigue, se forman flóculos hasta que son tan grandes que los esfuerzos cortantes superan finalmente a las fuerzas de enlace, desintegrando el flóculo. Esto limita el tamaño del flóculo. Después de un mezclado lento durante un tiempo óptimo, el cual se encuentra después de repetidas pruebas (de ordinario de 5 a 20 minutos), se dejan asentar las jarras de 5 a 10 minutos.



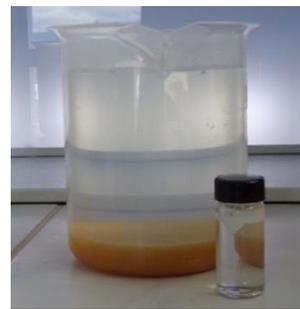
a)



b)



c)



d)

**Figura 2.16** (a) Una cantidad de coagulante se introduce con un alto grado de mezclado en una muestra de agua turbia. (b) Después de la adición del coagulante el crecimiento de la partícula se debe a la neutralización de la carga. Entonces puede añadirse más coagulante o un floculante de peso molecular elevado. (c) Después de la floculación, que debe llevarse a cabo con una velocidad baja de agitación—de 10 a 15 rpm, por ejemplo—, se examina la muestra después de un intervalo de tiempo establecido. Obsérvese el flóculo fino que escapó de ser capturado por el flóculo mayor. (d) Después de 5 a 10 minutos de asentamiento se examina y prueba el sobrenadante y puede registrarse la naturaleza y el volumen del flóculo. En algunos casos el flóculo es usado en la siguiente serie de pruebas de la jarra.

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

Se efectúan pruebas en jarras, una al lado de la otra; ellas contienen distintos productos químicos, o con diferentes dosis de la misma sustancia. Se compara entre ellas la velocidad de asentamiento de los flóculos, la claridad final o los sólidos suspendidos, y el volumen del lodo (cuando éste se puede medir). Aun cuando la claridad puede juzgarse a simple vista, la medida estándar más precisa se lleva al cabo con el turbidímetro (Figura 2.17). Otras pruebas de calidad, como el pH, el color y los metales solubles, se llevan al cabo en agua asentada para

establecer las normas de desempeño. (Frank, John, 1890, p 8-1,8-13)



**Figura 2.17** Turbidímetro empleado en el monitoreo continuo de una corriente de agua cruda para auxiliar en el control de la dosificación del coagulante. (Cortesía de HACH Chemical Company.)

**Fuente:** FRANK N. KEMMER, JOHN McCALLION. 1<sup>Ra</sup> Edición. MANUAL DEL AGUA; Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill

#### **2.4.5. TURBIEDAD**

Es el efecto óptico que se origina al dispersarse o interferirse el paso de los rayos de luz que atraviesan una muestra de agua, a causa de las partículas minerales u orgánicas que el líquido puede contener en forma de suspensión; tales como micro organismos, arcilla, precipitaciones de óxidos diversos, carbonato de calcio precipitado, compuestos de aluminio, etc.

La turbiedad nos es generalmente usada como forma de control de aguas residuales crudas pero puede ser medida para caracterizar la eficiencia del tratamiento secundario una vez que, puede ser relacionada con la concentración de sólidos en suspensión.

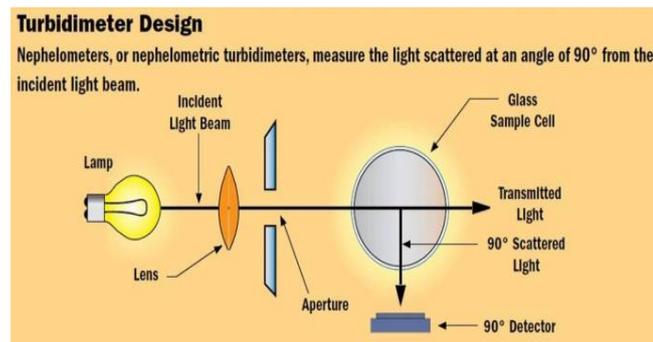
#### **INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TURBIDEZ**

Los instrumentos actual y comúnmente utilizados son el turbidímetro ó nefelómetro, que emplean un método cuantitativo y deben cumplir los siguientes criterios en el diseño óptico:

- La longitud de onda de la radiación incidente debe ser de 860 nm. La fuente de luz puede ser lámpara de tungsteno; diodos (leds) o láser.

- El ancho de banda espectral debe ser menor o igual a 60 nm.
- La convergencia de la radiación incidente no debe exceder  $\pm 1,5^\circ$  en turbidímetros de radiación difusa y  $\pm 2,5^\circ$  en turbidímetros de radiación atenuada.
- El ángulo de medición entre la radiación incidente y la radiación difusa debe ser de  $90^\circ \pm 2,5^\circ$  en turbidímetros de radiación difusa y  $0^\circ \pm 2,5^\circ$  en turbidímetros de radiación atenuada.
- La distancia recorrida por la luz incidente y dispersada dentro del tubo de muestra, no debe exceder 10 cm.

Los turbidímetros o nefelómetros deben estar diseñados con niveles muy pequeños de luz extraviada, con el objeto de no tener una deriva significativa en el periodo de estabilización del instrumento, y también para no interferir en mediciones de turbidez de baja concentración.



**Figura 2.18:** Diseño óptico de un turbidímetro o nefelómetro.

**Fuente:** Olsen, Eugene, (1986) Método ópticas de análisis.

### Materiales de referencia para calibración de turbidímetros



**Figura 2.19:** MRC de turbidez, materiales sellados de formazina.

**Fuente:** Olsen, Eugene, (1986) Método ópticas de análisis.

Como material de referencia primario para la calibración de turbidímetros se emplean suspensiones de formazina que son preparadas con agua destilada, hexametileno-tetramina y sulfato de hidrazina en diferentes concentraciones, que pueden ser:

0... 40 NTU Para turbidímetros de radiación difusa.

40... 4 000 NTU Para turbidímetros de radiación atenuada.

Es importante mencionar que para la preparación de la formazina se debe tener especial cuidado y la protección necesaria ya que el sulfato de hidrazina es cancerígena y altamente tóxica en caso de inhalación, ingestión y u o contacto con la piel; por lo que se debe contar con las hojas de seguridad (MSDS Material Safety Data Sheet) de cada reactivo.

Otro material de referencia alternativo utilizado es el polímero de estireno-divinilbenceno (SDVB) que ha demostrado tener mínima diferencia en relación a las suspensiones de formazina.

Se recomienda al hacer las mediciones de turbidez asegurar que los tubos estén perfectamente limpios por dentro y por fuera, sin huellas digitales ó ralladuras, se puede utilizar un poco de aceite de silicón para cubrir imperfecciones del vidrio para no afectar el resultado. (Olsen, Eugene, 1986, p 3-6)

#### **2.4.6. Sólidos Disueltos Totales (TDS)**

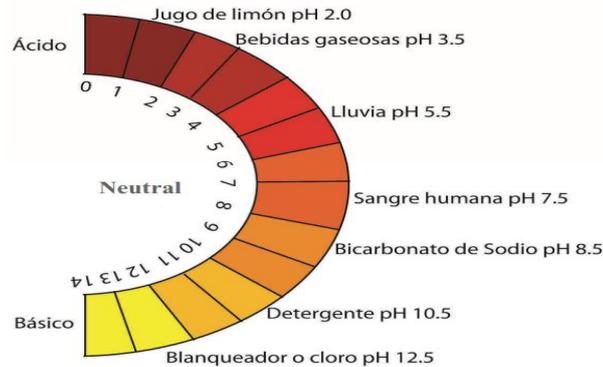
TDS es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micrones (2 millionésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua.

TDS es clasificado como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EU (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. Éste estándar secundario se establece porque TDS elevado proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en ésta. Personas no acostumbradas al agua con alto contenido de TDS pueden experimentar irritación gastrointestinal al beber ésta.

TDS también pueden interferir con equipos de tratamiento y es importante

considerarlo al instalar un sistema de tratamiento de agua. Tratamiento de agua por TDS puede lograrse por ósmosis reversa o destilación.

## Alcalinidad y pH



**Figura 2.20:** Cinta medidora de pH.

**Fuente:** Adam Sigler, Jim Bauder “Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales “Universidad Estatal de Montana.

Alcalinidad y pH están muy relacionados y a menudo son medidos conjuntamente. pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno o la acidez del agua. Alcalinidad es la capacidad del agua de neutralizar o regular cambios en acidez.

pH es clasificado como un contaminante secundario por la USEPA con un rango sugerido de 6.5 a 8.5. Como se puede ver en la gráfica, el pH en las bebidas gaseosas por fuera del rango sugerido no representa un riesgo directo en la salud. Sin embargo, valores de pH por debajo de 6.5 podría indicar agua corrosiva la cual puede movilizar metales en tuberías. Para valores de pH por debajo de 6.5, considere un análisis de corrosión y/o un análisis por metales (especialmente plomo y cobre).

Elevada alcalinidad no plantea un riesgo directo en la salud pero puede provocar obstrucción en las tuberías y calentadores de agua. Ésto puede acortar la vida útil de los calentadores de agua y causar problemas en accesorios y dispositivos en el hogar. Usar ablandadores de agua es un tratamiento común en los hogares para resolver este problema. (Adam, Jim, 1998, p 1)

## **2.5 HIPÓTESIS**

El sistema de tratamiento de efluentes líquidos disminuirá el impacto ambiental en la descarga de la alcantarilla de la empresa Muebles León.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

En la presente investigación se han identificado como variable independiente al Sistema de tratamiento de efluentes líquidos de la empresa Muebles León.

Se indica como variable dependiente la Incidencia en el Impacto ambiental.

### **2.6.1 Variable Independiente**

Sistema de tratamiento de efluentes líquidos de la empresa Muebles León.

### **2.6.2 Variable Dependiente**

Incidencia en el Impacto ambiental.

### **2.6.3 Término de relación**

Disminuirá

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

- **Investigación de campo:** Esta investigación se realizó con el apoyo del Laboratorio de Control de Calidad EP – EMAPA - A, donde se analizaran las muestras tomadas de los procesos de galvanoplastia.
- **Bibliográfica:** La información para la realización del estudio proviene tanto de fuentes primarias las cuales nos proporcionaron información importante, la misma que se recolecto en fuentes como libros, tesis, documentales e internet, mientras que la información secundaria son los resúmenes y listados de referencias que estén vigentes, así como personas entendidas en el tema que pudo ser de mucha ayuda .

#### 3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **Exploratorio:** El nivel seleccionado para la investigación es de tipo exploratorio, ya que nos permite reconocer variables de interés investigativo, ya que con esto nos permitió evaluar la calidad de los efluentes líquidos.
- **Explicativa:** Porque permitió dar una explicación del cambio de los efluentes líquidos en los diferentes procesos.
- **Descriptiva:** Ya que describió el problema mediante la observación de los diferentes procesos aplicadas a las muestras.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1. Población o universo**

La población o universo en la presente investigación está relacionada dentro de una población infinita, debido a los diferentes factores químicos que pueden variar dentro de la investigación.

El objeto de estudio en este caso específico fueron los factores químicos, los cuales fueron modificados para investigar el comportamiento de los efluentes líquidos.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra es de 4 ensayos por cada muestra, la cual se va a realizar el análisis de sólidos totales disueltos, turbiedad, pH, y color real, de calidad de agua de descarga a la alcantarilla según el Anexo 1 del texto unificado de Legislación Ambiental.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**3.4.1 Variable Independiente:** Sistema de tratamiento de efluentes líquidos de la empresa Muebles León.

**Tabla 3.1:** Operacionalización de la variable Independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los Efluentes líquido son residuos líquidos o residuos líquidos mezclados con sólidos.  Resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, más las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pudieran agregarse.	-Tipos de Sistemas de agua.  -Calidad de agua del alcantarillado	-Porcentaje de eficiencia del sistema existente.  -Parámetros físico, químico.	¿Será adecuado el sistema de tratamiento de agua?  ¿Funciona el sistema de tratamiento de agua?  ¿Estará dentro de la norma adecuado	-Observación directa.  -Hoja de verificación de campo.  -Ensayos físicos, químicos.

Elaborado por: Cristian Quispe

### 3.4.2 Variable Dependiente: Incidencia en el Impacto ambiental.

Tabla 3.2: Operacionalización de la variable Dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Se entiende por impacto ambiental el efecto que produce una acción sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base, debido a la acción antrópica o a eventos naturales.	-Factores Bióticos.	-Impacto Factores Bióticos.	-Serán bajos los impactos de los Factores Bióticos.	-Observación directa.
	-Factores Abióticos.	-Impacto Factores Abióticos.	-Serán bajos los impactos de los Factores Abióticos.	-Hoja de matriz Causa- Efecto.
	-Factores Antrópicos	-Impacto Factores Antrópicos.	-Serán bajos los impactos de los Factores Antrópicos.	-Observación directa.
	-Actividades Peligrosas.	-Actividades Peligrosas.	-Serán las actividades de alto riesgo.	-Hoja de registro de actividades.

Elaborado por: Cristian Quispe

### **3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

En la presente investigación se realizara estudios de tipo bibliográficos y experimentales se utilizan técnicas para la recolección de la información tales como la observación y analizar la información que sirve como guía en la investigación, recolección de información de libros e Internet, análisis y pruebas en el laboratorio.

Para lo cual se toma notas de todo lo que se considera necesario en un cuaderno, para describir los hechos de significación especial, que ayuda a registrar incidentes hasta tener una base informativa suficiente; se utiliza un cuaderno de notas para describir todo lo observado, además se anota fechas, cantidades y expresiones que se escuchan.

### **3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

#### **3.6.1 Plan que se empleó para procesar la información recogida:**

- Se revisó críticamente la información recogida es decir, se escogió la información clara, concisa y necesaria.
- Se analizó e interpreto los resultados obtenidos en el estudio.
- Analizar la hipótesis en relación con los resultados obtenidos para verificarla o rechazarla.

Una vez realizados las pruebas en el laboratorio, se procedió a la interpretación y análisis de los resultados, basándose en el marco teórico pertinente, además de resaltar la tendencia de los resultados de acuerdo a los objetivos y de la hipótesis, lo que nos permitió comprobar la validez de dicha hipótesis, para finalmente poder establecer las conclusiones y recomendaciones.

#### **3.6.2 Plan de análisis e interpretación de resultados**

Para el análisis de los resultados se recolectó los datos obtenidos durante los ensayos de jarras y filtración, los mismos que serán analizados mediante la implementación del sistema de tratamiento de efluentes líquidos.

Con la información recolectada se procedió a elaborar tablas para una mejor interpretación de los resultados obtenidos. Además se elaboró graficas de dispersión para observar de mejor manera los resultados obtenidos de los ensayos.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra los datos obtenidos de los ensayos de floculación y filtración realizados experimentalmente; se presenta la determinación de los puntos críticos de contaminación del agua del proceso de galvanoplastia.

En la figura 4.1 se ilustran los diferentes puntos críticos determinados del proceso de galvanoplastia.

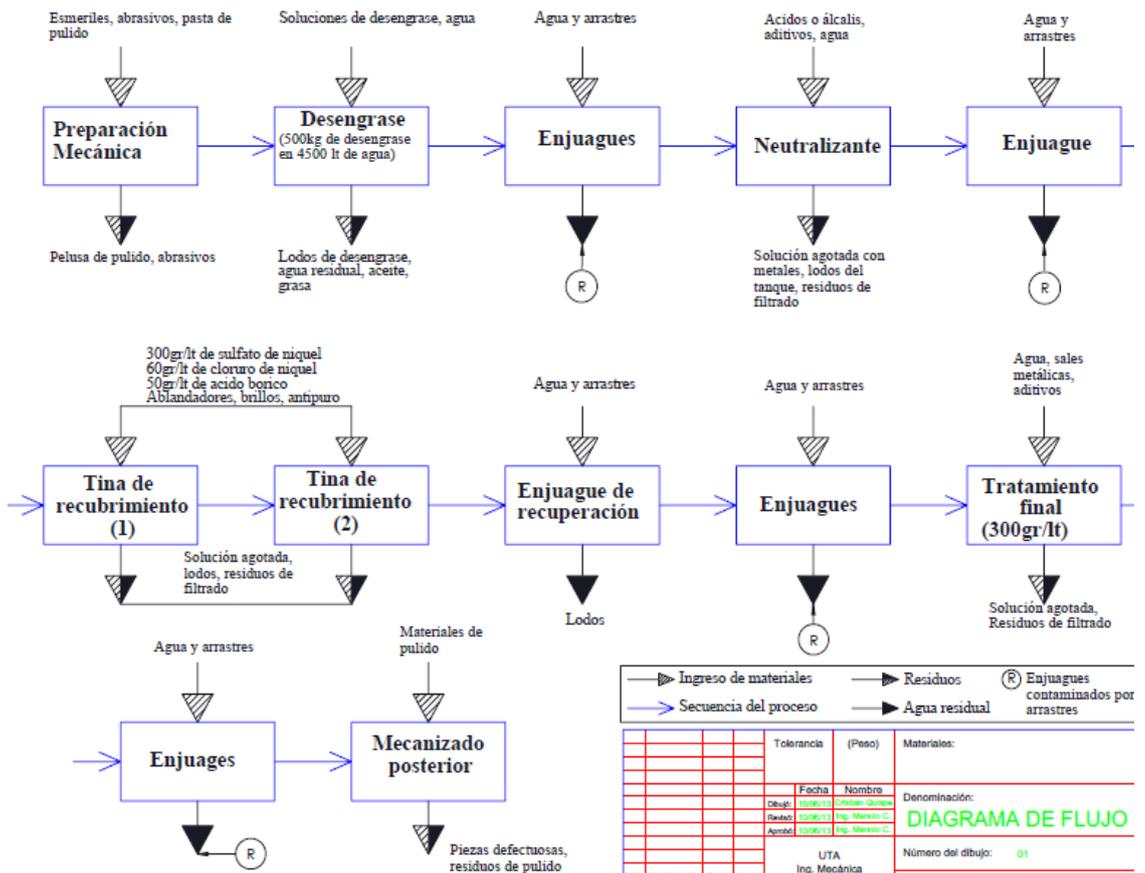


Figura 4.1: Puntos críticos del proceso de galvanoplastia

Elaborado por: Cristian Quispe

En la tabla 4.1 se indica los valores físico-químicos de los análisis realizados al recipiente del neutralizante.

**Tabla 4.1:** Pruebas físico-químicos realizadas al recipiente del neutralizante

<b>INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS</b>	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>	
<b>PRUEBA</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO</b>
Color Real	20 U Pt-Co
Turbiedad Inicial;	28 Ntu
pH	2
Sólidos Totales Disueltos	4110 mg/l

Elaborado por: Cristian Quispe

Las pruebas realizadas en el laboratorio se realizan con el espectrofotómetro marca HACH 2100 N, con el kit correspondiente a cada prueba. Cada prueba se realiza por duplicado. El resultado tabulado es el promedio de los dos valores obtenido.

#### **4.1.1 Análisis de la concentración óptima de polímero clear para el tratamiento del agua del neutralizante.**

Para la determinación de la concentración óptima del polímero clear se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero clear en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.2:** Resultados del recipiente del neutralizante con Polímero Clear

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	2	7	17	4110
2	7.5	2	6.6	12	4110
3	10	2	6.8	13	4110
4	12.5	2	5.9	10	4110
5	15	2	6	11	4110
6	17.5	2	6.9	14	4110

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.2 Análisis de la concentración óptima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua del neutralizante.

Para la determinación de la concentración óptima de sulfato de aluminio se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de sulfato de aluminio en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

Tabla 4.3: Resultados del recipiente del neutralizante con Sulfato de Aluminio

HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
JARRA (1000ml)	CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)	pH	TURBIEDAD (NTU )	COLOR (U Pt-Co)	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)
1	5	2	8.4	13	4110
2	7.5	2	9.6	17	4110
3	10	2	9.4	16	4110
4	12.5	2	10.1	19	4110
5	15	2	7.9	10	4110
6	17.5	2	8.5	14	4110

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.3 Análisis de la concentración óptima de polímero quimpac para el tratamiento del agua del neutralizante.

Para la determinación de la concentración óptima del polímero quimpac se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero quimpac en cada una de las jarras , vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.4:** Resultados del recipiente del neutralizante con Polímero Quimpac

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	2	11.7	15	4110
2	7.5	2	10.6	11	4110
3	10	2	11.1	14	4110
4	12.5	2	12.5	17	4110
5	15	2	12.1	16	4110
6	17.5	2	11.3	13	4110

**Elaborado por:** Cristian Quispe

En la tabla 4.5 se indica los valores físico-químicos de los análisis realizados al recipiente de niquelado.

**Tabla 4.5:** Pruebas físico-químicos realizadas al recipiente de niquelado

<b>INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS</b>	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>	
<b>PRUEBA</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO</b>
Color Real	20000 U Pt-Co
Turbiedad Inicial;	1670 Ntu
pH	6
Sólidos Totales Disueltos	1190 mg/l

**Elaborado por:** Cristian Quispe

#### **4.1.4 Análisis de la concentración óptima de polímero clear para el tratamiento del agua de niquelado.**

Para la determinación de la concentración óptima del polímero clear se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero clear en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.6:** Resultados del recipiente de niquelado con Polímero Clear

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	6	14.9	15000	1190
2	7.5	6	22.1	19000	1190
3	10	6	16.2	16000	1190
4	12.5	6	7.4	10000	1190
5	15	6	13.1	12000	1190
6	17.5	6	20	14000	1190

Elaborado por: Cristian Quispe

#### **4.1.5 Análisis de la concentración óptima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua de niquelado.**

Para la determinación de la concentración óptima de sulfato de aluminio se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de sulfato de aluminio en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.7:** Resultados del recipiente de niquelado con Sulfato de Aluminio

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	6	55.1	19000	1190
2	7.5	6	50.9	18000	1190
3	10	6	47.9	11000	1190
4	12.5	6	37.8	12000	1190
5	15	6	39.2	17000	1190
6	17.5	6	47.4	16000	1190

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.6 Análisis de la concentración óptima de polímero quimpac para el tratamiento del agua de niquelado.

Para la determinación de la concentración óptima del polímero quimpac se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero quimpac en cada una de las jarras ,vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.8:** Resultados del recipiente de niquelado con Polímero Quimpac

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	6	57.7	19000	1190
2	7.5	6	55.6	18000	1190
3	10	6	41.6	11000	1190
4	12.5	6	48.8	12000	1190
5	15	6	42.1	15000	1190
6	17.5	6	55.4	17000	1190

Elaborado por: Cristian Quispe

En la tabla 4.9 se indica los valores físico-químicos de los análisis realizados al recipiente de cromado (A).

**Tabla 4.9:** Pruebas físico-químicos realizadas al recipiente de cromado (A)

<b>INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS</b>	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>	
<b>PRUEBA</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO</b>
Color Real	5500 U Pt-Co
Turbiedad Inicial;	96 Ntu
pH	6
Sólidos Totales Disueltos	870 mg/l

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.7 Análisis de la concentración óptima de polímero clear para el tratamiento del agua de Cromado(A).

Para la determinación de la concentración óptima del polímero clear se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero clear en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

Tabla 4.10: Resultados del recipiente de cromado (A) con Polímero Clear

HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
JARRA (1000ml)	CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)	pH	TURBIEDAD (NTU )	COLOR (U Pt-Co)	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)
1	5	6	21.6	5000	870
2	7.5	6	14.1	3500	870
3	10	6	10.7	3000	870
4	12.5	6	10.2	2000	870
5	15	6	9.9	1500	870
6	17.5	6	12.4	2500	870

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.8 Análisis de la concentración óptima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua de Cromado(A).

Para la determinación de la concentración óptima de sulfato de aluminio se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de sulfato de aluminio en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.11:** Resultados del recipiente del cromado (A) con Sulfato de Aluminio

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	6	25	5300	870
2	7.5	6	22.8	4500	870
3	10	6	20	2400	870
4	12.5	6	19.5	2600	870
5	15	6	19.8	2800	870
6	17.5	6	21.8	4000	870

Elaborado por: Cristian Quispe

#### **4.1.9 Análisis de la concentración óptima de polímero quimpac para el tratamiento del agua de Cromado(A).**

Para la determinación de la concentración óptima del polímero quimpac se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero quimpac en cada una de las jarras ,vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.12:** Resultados del recipiente de cromado (A) con Polímero Quimpac

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	6	24.2	5100	870
2	7.5	6	22.2	4600	870
3	10	6	17.8	4100	870
4	12.5	6	18.5	2200	870
5	15	6	19.4	2800	870
6	17.5	6	20.8	3700	870

Elaborado por: Cristian Quispe

En la tabla 4.13 se indica los valores físico-químicos de los análisis realizados al recipiente de cromado (B).

**Tabla 4.13:** Pruebas físico-químicos realizadas al recipiente de cromado (B)

<b>INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS</b>	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>	
<b>PRUEBA</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO</b>
Color Real	1000 U Pt-Co
Turbiedad Inicial;	60 Ntu
pH	6
Sólidos Totales Disueltos	160 mg/l

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.10 Análisis de la concentración óptima de polímero clear para el tratamiento del agua de Cromado (B).

Para la determinación de la concentración óptima del polímero clear se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero clear en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.14:** Resultados del recipiente de cromado (B) con Polímero Clear

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	5	6	10.4	120	160
2	7.5	6	7.6	80	160
3	10	6	5.7	50	160
4	12.5	6	6.2	60	160
5	15	6	7.1	70	160
6	17.5	6	7.4	75	160

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.11 Análisis de la concentración óptima de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua de Cromado (B).

Para la determinación de la concentración óptima de sulfato de aluminio se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de sulfato de aluminio en cada una de las jarras, vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.15:** Resultados del recipiente de cromado (B) con Sulfato de Aluminio

HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
JARRA (1000ml)	CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)	pH	TURBIEDAD (NTU )	COLOR (U Pt-Co)	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)
1	5	6	33.9	250	160
2	7.5	6	32.2	200	160
3	10	6	31.5	180	160
4	12.5	6	27.2	90	160
5	15	6	31	150	160
6	17.5	6	31.2	170	160

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.12 Análisis de la concentración óptima de polímero quimpac para el tratamiento del agua de Cromado (B).

Para la determinación de la concentración óptima del polímero quimpac se realizó el ensayo de jarras la cual se fue variando el porcentaje de polímero quimpac en cada una de las jarras , vamos a empezar con 5ml en la primera jarra después vamos aumentando de 2.5ml en las otras, para posterior seleccionar la que nos haya dado mejores resultados.

**Tabla 4.16:** Resultados del recipiente de cromado (B) con Polímero Quimpac

HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
JARRA (1000ml)	CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (ml)	pH	TURBIEDAD (NTU )	COLOR (U Pt-Co)	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)
1	5	6	32.7	190	160
2	7.5	6	31.4	165	160
3	10	6	21.4	65	160
4	12.5	6	25.5	105	160
5	15	6	25.8	115	160
6	17.5	6	28.7	140	160

Elaborado por: Cristian Quispe

**4.1.13 Análisis de variación de concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para controlar el pH adecuado del recipiente del neutralizante para que el efluente no sea descargado al alcantarillado ni tan (ácida o básica).**

Para este análisis se tomaron 5g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  luego disolvemos con agua destilada en un balón de 100ml la cual se le llama concentración al 5%, sus características iniciales del agua es, pH 2, turbiedad 28 Ntu, color 20 U Pt-Co, sólidos totales disueltos 4110 mg/l.

**Tabla 4.17:** Resultados del recipiente del neutralizante con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
JARRA (1000ml)	CONCENTRACIÓN DE $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ml)	pH	TURBIEDAD (NTU )	COLOR (U Pt-Co)	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)
1	20	5	43.8	24	3800
2	25	6	34.6	13	3300
3	30	8	6.32	11	800
4	35	10	10.5	15	1400
5	40	11	17.5	21	1900
6	45	12	21.1	30	2500

Elaborado por: Cristian Quispe

**4.1.14 Análisis de variación de concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para controlar el pH adecuado del recipiente de niquelado para que el efluente no sea descargado al alcantarillado ni tan (ácida o básica).**

Para este análisis se tomaron 5g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  luego disolvemos con agua destilada en un balón de 100ml la cual se le llama concentración al 5%, sus características iniciales del agua es, pH 6, turbiedad 1670 Ntu, color 20000 U Pt-Co, sólidos totales disueltos 1190 mg/l.

**Tabla 4.18:** Resultados del recipiente de niquelado con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
JARRA (1000ml)	CONCENTRACIÓN DE $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ml)	pH	TURBIEDAD (NTU )	COLOR (U Pt-Co)	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)
1	20	8	78	14000	860
2	25	9	43.8	12500	820
3	30	10	30.5	10000	780
4	35	11	10.5	5400	450
5	40	12	17.5	6500	530
6	45	13	21.1	8000	640

Elaborado por: Cristian Quispe

**4.1.15 Análisis de variación de concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para controlar el pH adecuado del recipiente de cromado (A) para que el efluente no sea descargado al alcantarillado ni tan (ácida o básica).**

Para este análisis se tomaron 5g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  luego disolvemos con agua destilada en un balón de 100ml la cual se le llama concentración al 5%, sus características iniciales del agua es, pH 6, turbiedad 96 Ntu, color 5500 U Pt-Co, sólidos totales disueltos 870 mg/l.

**Tabla 4.19:** Resultados del recipiente de cromado (A) con Ca (OH)<sub>2</sub>.

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE Ca (OH)<sub>2</sub> (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	20	7	21.2	3500	640
2	25	8	17.5	2900	580
3	30	10	10.7	1400	250
4	35	12	12.4	1800	370
5	40	13	13	2000	460
6	45	14	14.1	2400	530

Elaborado por: Cristian Quispe

**4.1.16 Análisis de variación de concentración de Ca (OH)<sub>2</sub> para controlar el pH adecuado del recipiente de cromado (B) para que el efluente no sea descargado al alcantarillado ni tan (ácida o básica).**

Para este análisis se tomaron 5g de Ca (OH)<sub>2</sub> luego disolvemos con agua destilada en un balón de 100ml la cual se le llama concentración al 5%, sus características iniciales del agua es, pH 6, turbiedad 60 Ntu, color 1000 U Pt-Co, sólidos totales disueltos 160 mg/l.

**Tabla 4.20:** Resultados del recipiente de cromado (B) con Ca (OH)<sub>2</sub>.

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>JARRA (1000ml)</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE Ca (OH)<sub>2</sub> (ml)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	20	8	56.1	120	130
2	25	9	48	100	110
3	30	10	42.1	90	90
4	35	12	27.2	40	40
5	40	13	31.3	50	60
6	45	14	37.8	70	80

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.17 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la calidad de filtración del agua del recipiente del neutralizante.

En todos los ensayos se mantiene constante el espesor de la grava ya que este solo cumple la función de un soporte para la arena.

Los datos iniciales de la muestra son: pH 8, turbiedad 6.32, color 11, sólidos totales disueltos 800, diámetro de la grava 6-3 mm, diámetro de la arena 0,30 mm aquí mantenemos constante el espesor de la grava que es de 2cm.

**Tabla 4.21:** Resultados del recipiente del neutralizante con variación de porcentaje de arena.

HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE PORCENTAJE DE ARENA					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
ENSAYO	ESPESOR ARENA(cm)	pH	TURBIEDAD (NTU )	COLOR (U Pt-Co)	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)
1	2	8	5.93	10	795
2	3	8	5.62	10	793
3	4	8	4.97	9	790
4	5	8	4.95	9	789
5	6	8	4.94	9	788
6	7	8	4.91	9	788

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.18 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la calidad de filtración del agua del recipiente de niquelado.

En todos los ensayos se mantiene constante el espesor de la grava ya que este solo cumple la función de un soporte para la arena.

Los datos iniciales de la muestra son: pH 8, turbiedad 78, color 14000, sólidos totales disueltos 860, diámetro de la grava 6-3 mm, diámetro de la arena 0,30 mm aquí mantenemos constante el espesor de la grava que es de 2cm.

**Tabla 4.22** Resultados del recipiente de niquelado con variación de porcentaje de arena.

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE PORCENTAJE DE ARENA</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>ENSAYO</b>	<b>ESPESOR ARENA(cm)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	2	8	65	13985	848
2	3	8	63	13977	843
3	4	8	59	13956	832
4	5	8	58	13951	831
5	6	8	57	13950	829
6	7	8	57	13950	828

Elaborado por: Cristian Quispe

#### **4.1.19 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la calidad de filtración del agua del recipiente de cromado (A).**

En todos los ensayos se mantiene constante el espesor de la grava ya que este solo cumple la función de un soporte para la arena.

Los datos iniciales de la muestra son: pH 8, turbiedad 17.5 color 2900, sólidos totales disueltos 580, diámetro de la grava 6-3 mm, diámetro de la arena 0,30 mm aquí mantenemos constante el espesor de la grava que es de 2cm.

**Tabla 4.23:** Resultados del recipiente de cromado (A) con variación de porcentaje de arena.

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE PORCENTAJE DE ARENA</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>ENSAYO</b>	<b>ESPESOR ARENA(cm)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	2	8	13.6	2868	549
2	3	8	12.8	2859	538
3	4	8	12.6	2845	516
4	5	8	12.5	2845	513
5	6	8	12.3	2843	510
6	7	8	12.3	2841	509

Elaborado por: Cristian Quispe

#### 4.1.20 Análisis de variación de porcentaje de arena adecuada para mejorar la calidad de filtración del agua del recipiente de cromado (B).

En todos los ensayos se mantiene constante el espesor de la grava ya que este solo cumple la función de un soporte para la arena.

Los datos iniciales de la muestra son: pH 8, turbiedad 56.1, color 120, sólidos totales disueltos 130, diámetro de la grava 6-3 mm, diámetro de la arena 0,30 mm aquí mantenemos constante el espesor de la grava que es de 2cm.

**Tabla 4.24:** Resultados del recipiente de cromado (B) con variación de porcentaje de arena.

<b>HOJA DE ESTUDIO DE VARIACIÓN DE PORCENTAJE DE ARENA</b>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>ENSAYO</b>	<b>ESPESOR ARENA(cm)</b>	<b>pH</b>	<b>TURBIEDAD (NTU )</b>	<b>COLOR (U Pt-Co)</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>
1	2	8	48.1	113	108
2	3	8	46.7	110	104
3	4	8	40.5	102	92
4	5	8	39.7	99	91
5	6	8	39.5	99	90
6	7	8	38.9	98	90

Elaborado por: Cristian Quispe

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A partir de los datos obtenidos en los ensayos de pruebas de jarras de las diferentes muestras tomadas se pudo observar los diferentes valores que se puede ir obteniendo variando la concentración de floculante o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

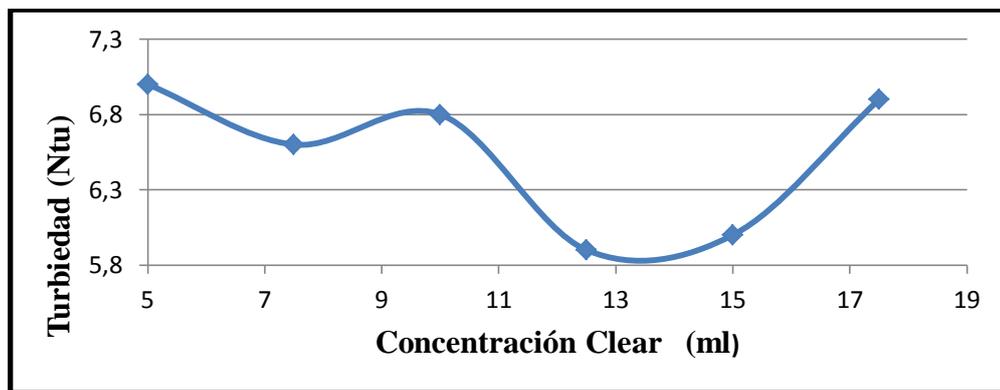


Figura 4-2: Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración Clear

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-2 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero clear, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero desde 12,5ml a 15ml se observa que en este rango obtenemos los valores de turbiedad más bajos, por lo tanto, para una concentración de 12,5ml se obtiene el valor de turbiedad más bajo de 5,9 Ntu.

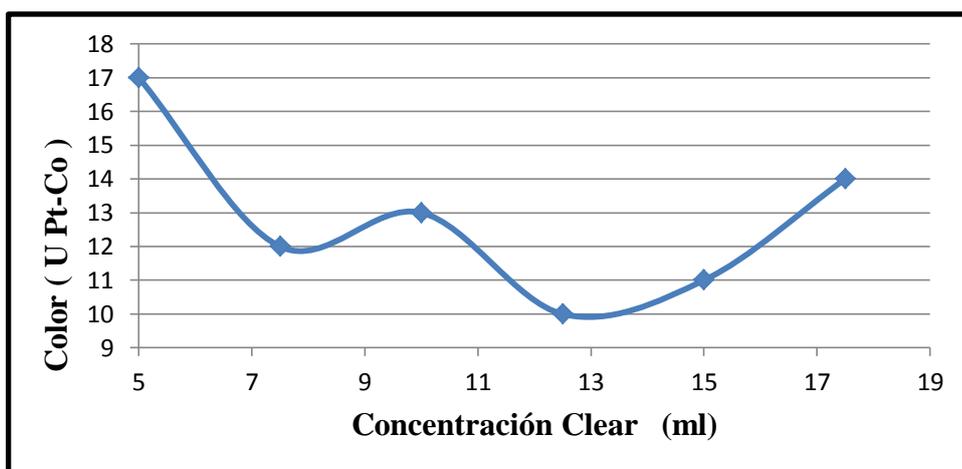


Figura 4-3: Color del recipiente del neutralizante vs Concentración Clear

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-3 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero clear, la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero desde 12,5ml a 15ml se observa que en este rango obtenemos los valores de color más bajos, por lo tanto, para una concentración de 12,5ml se obtiene el valor de color más bajo de 10 U Pt-Co.

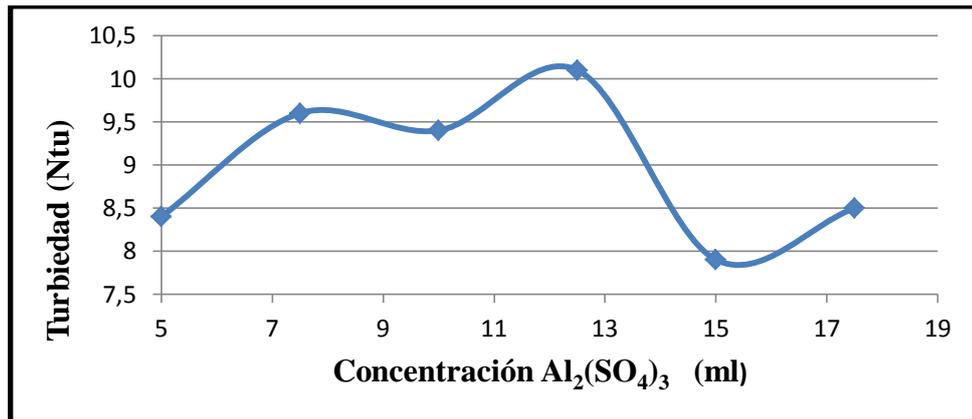


Figura 4-4: Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-4 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 15ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 7,9 Ntu.

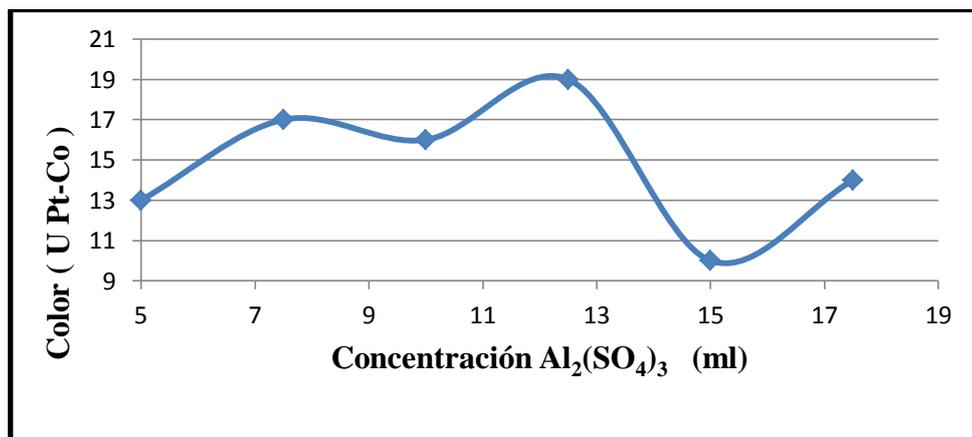


Figura 4-5: Color del recipiente del neutralizante vs Concentración  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-5 permite interpretar el color en función de la concentración del  $Al_2(SO_4)_3$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 15ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 10 U Pt-Co.

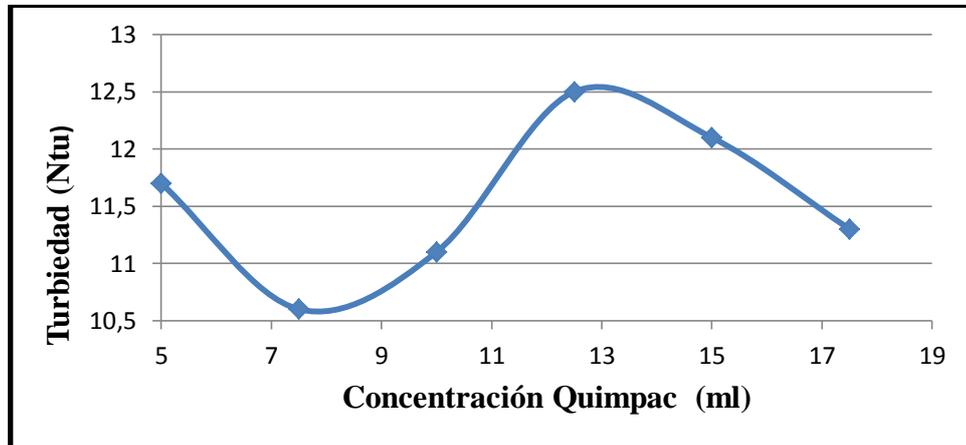


Figura 4-6: Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-6 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero quimpac, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 7,5ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 10,6 Ntu.

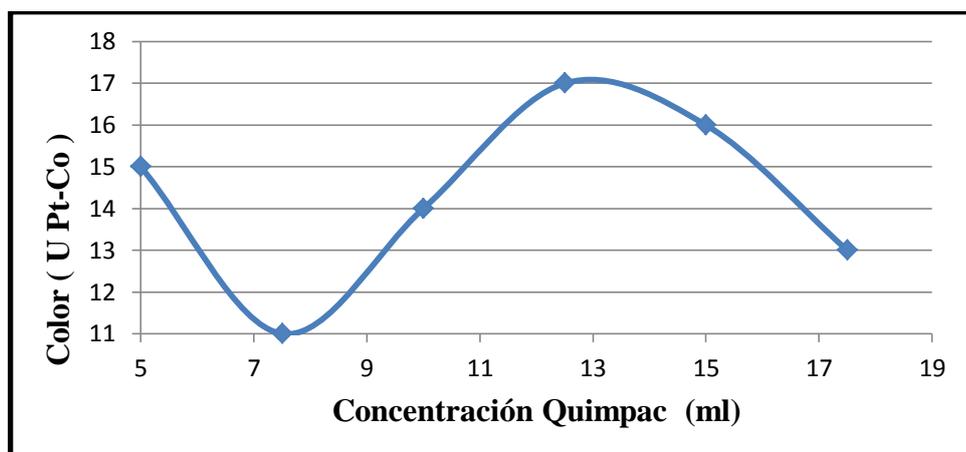
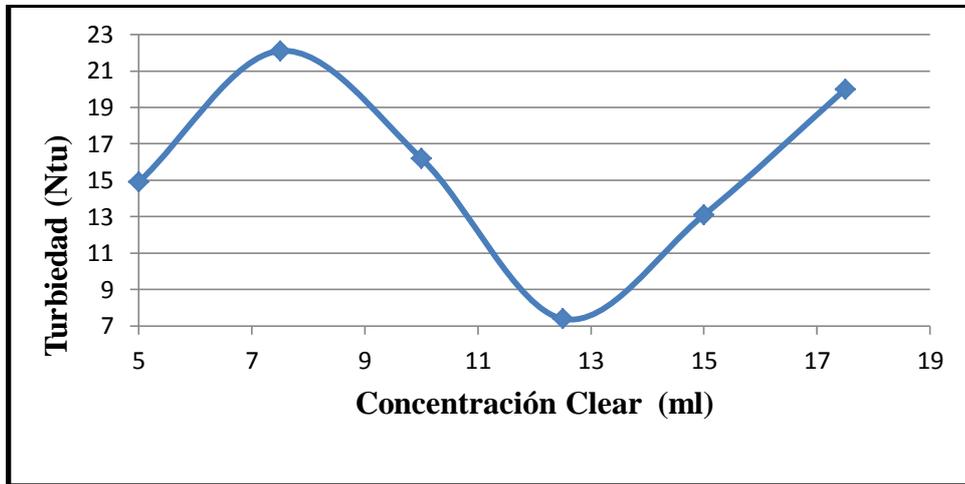


Figura 4-7: Color del recipiente del neutralizante vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

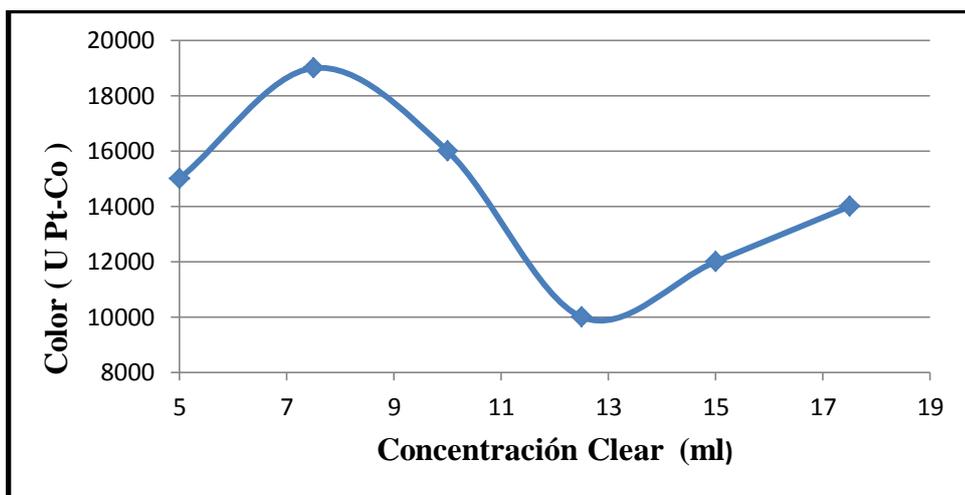
En la figura 4-7 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero quimpac , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 7,5ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 11 U Pt-Co.



**Figura 4-8:** Turbiedad del recipiente de niquelado vs Concentración Clear

**Elaborado por:** Cristian Quispe

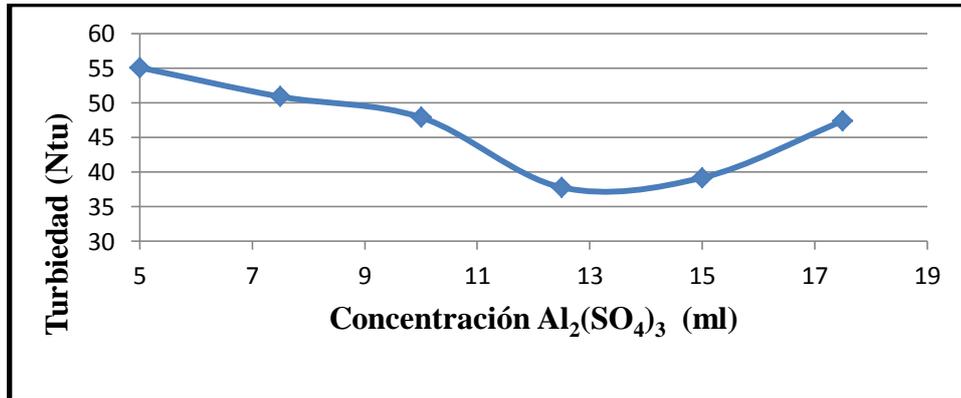
En la figura 4-8 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero clear, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 12,5ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 7,4 Ntu.



**Figura 4-9:** Color del recipiente de niquelado vs Concentración Clear

**Elaborado por:** Cristian Quispe

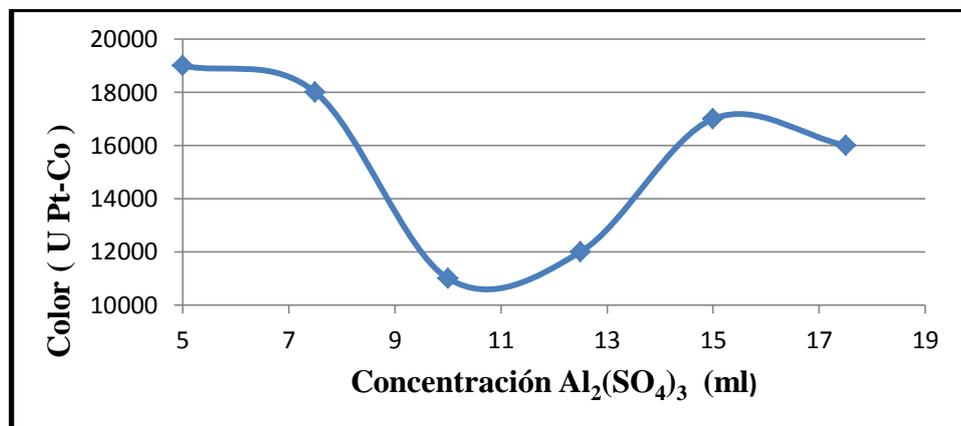
En la figura 4-9 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero clear , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 12,5ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 10000 U Pt-Co.



**Figura 4-10:** Turbiedad del recipiente de niquelado vs Concentración  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-10 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero desde 12,5ml a 15ml se observa que en este rango obtenemos los valores de turbiedad más bajos, por lo tanto, para una concentración de 12,5ml se obtiene el valor de turbiedad más bajo de 37,8 Ntu.



**Figura 4-11:** Color del recipiente de niquelado vs Concentración  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-11 permite interpretar el color en función de la concentración del  $Al_2(SO_4)_3$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 11000 U Pt-Co.

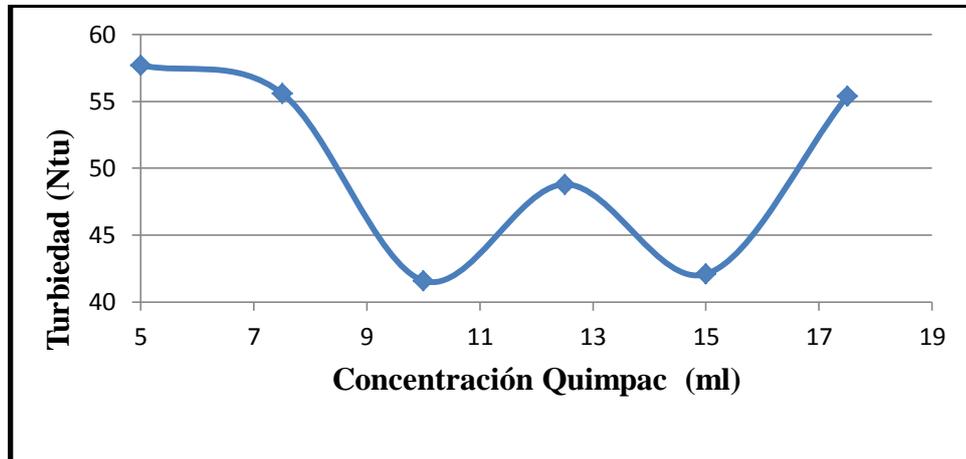


Figura 4-12: Turbiedad del recipiente de niquelado vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-12 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero quimpac, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml y 15ml se observa que en este rango obtenemos los valores de turbiedad más bajos, por lo tanto, para una concentración de 10ml se obtiene el valor de turbiedad más bajo de 41,6 Ntu.

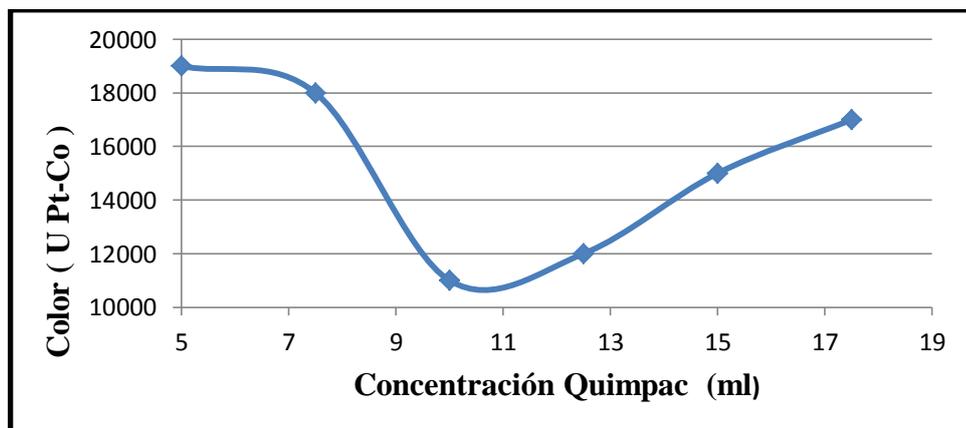


Figura 4-13: Color del recipiente de niquelado vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-13 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero quimpac, la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 11000 U Pt-Co.

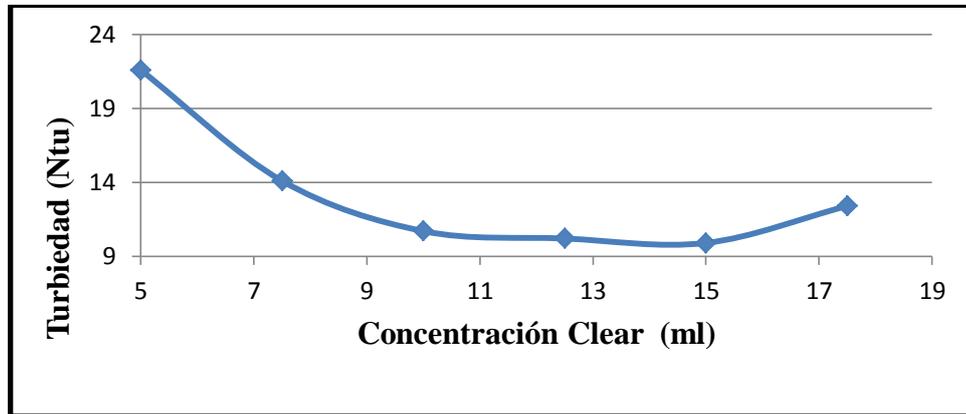


Figura 4-14: Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración Clear

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-14 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero clear, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml hasta 15ml se observa que en este rango obtenemos los valores de turbiedad más bajos, por lo tanto, para una concentración de 15ml se obtiene el valor de turbiedad más bajo de 9,9 Ntu.

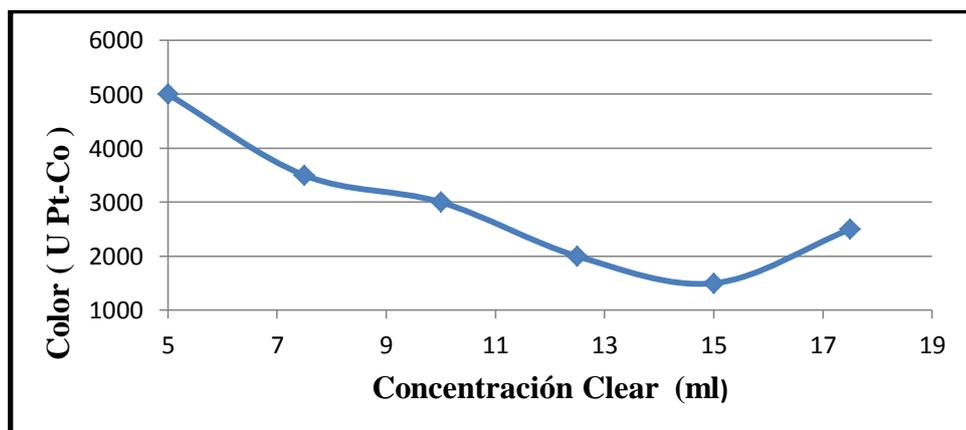
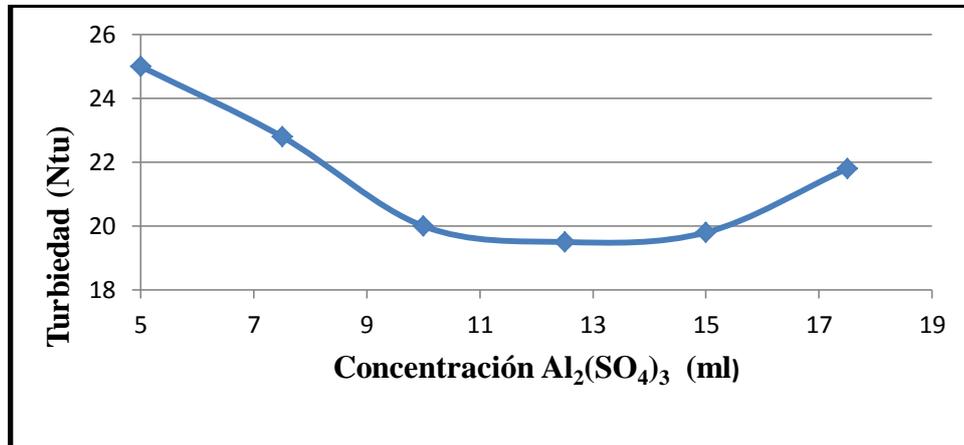


Figura 4-15: Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración Clear

Elaborado por: Cristian Quispe

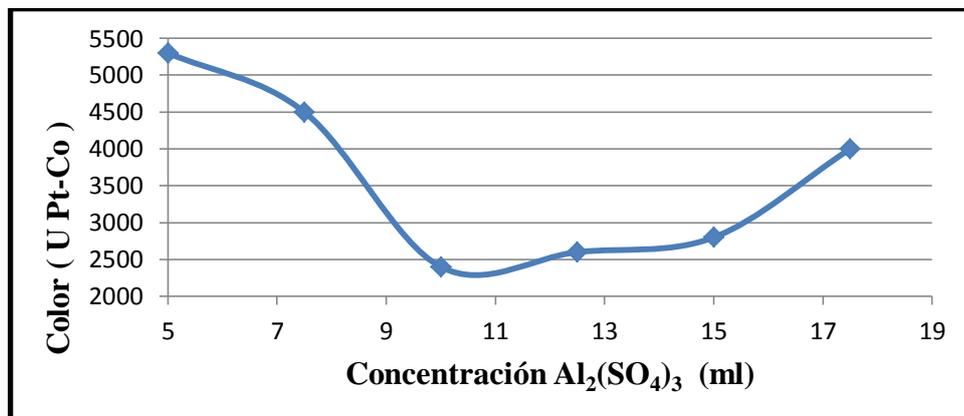
En la figura 4-15 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero clear, la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 15ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 1500 U Pt-Co.



**Figura 4-16:** Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración  $Al_2(SO_4)_3$

**Elaborado por:** Cristian Quispe

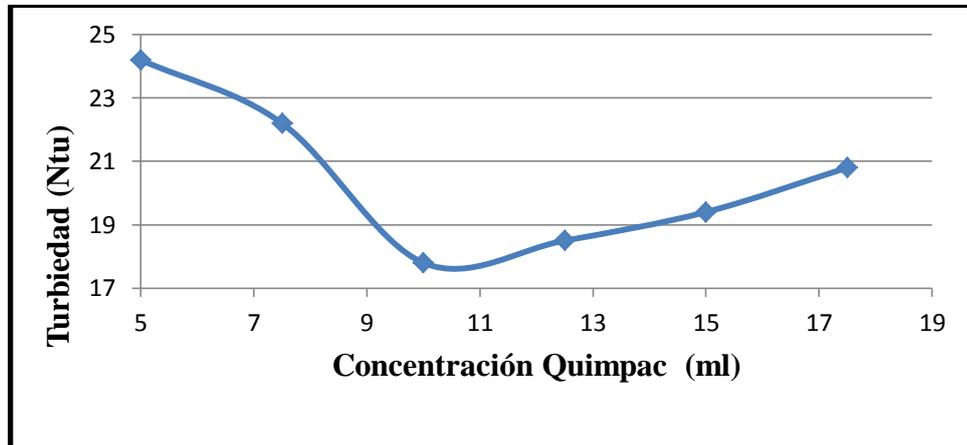
En la figura 4-16 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del  $Al_2(SO_4)_3$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml hasta 15ml se observa que en este rango obtenemos los valores de turbiedad más bajos, por lo tanto, para una concentración de 12,5ml se obtiene el valor de turbiedad más bajo de 19,5 Ntu.



**Figura 4-17:** Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración  $Al_2(SO_4)_3$

**Elaborado por:** Cristian Quispe

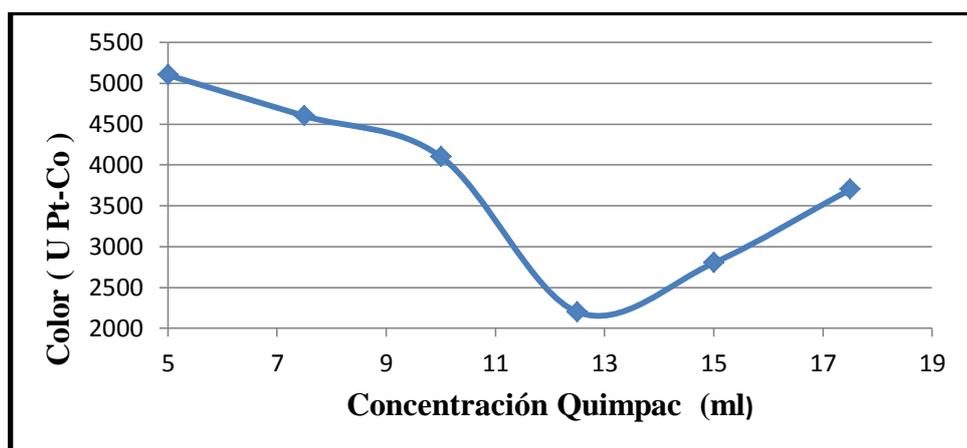
En la figura 4-17 permite interpretar el color en función de la concentración del  $Al_2(SO_4)_3$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 2400 U Pt-Co.



**Figura 4-18:** Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-18 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero quimpac, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 17,8 Ntu.



**Figura 4-19:** Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-19 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero quimpac, la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 12,5ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 2200 U Pt-Co.

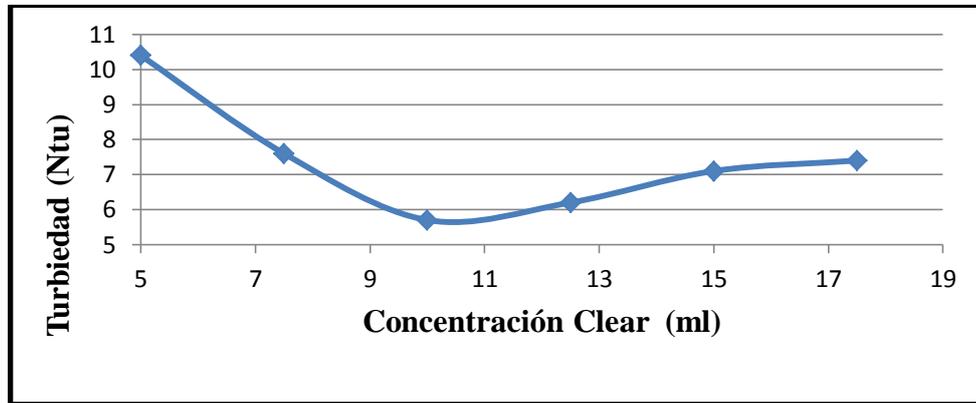


Figura 4-20: Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración Clear

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-20 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero clear, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml hasta 12,5ml se observa que en este rango obtenemos los valores de turbiedad más bajos, por lo tanto, para una concentración de 10ml se obtiene el valor de turbiedad más bajo de 5,7 Ntu.

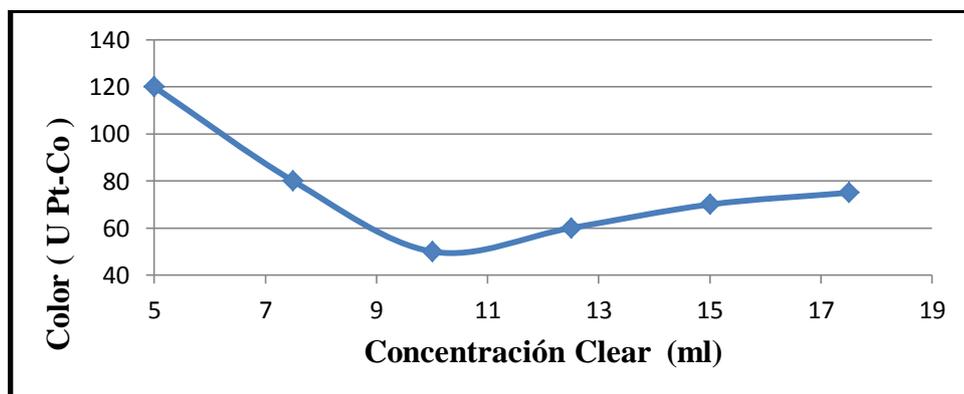
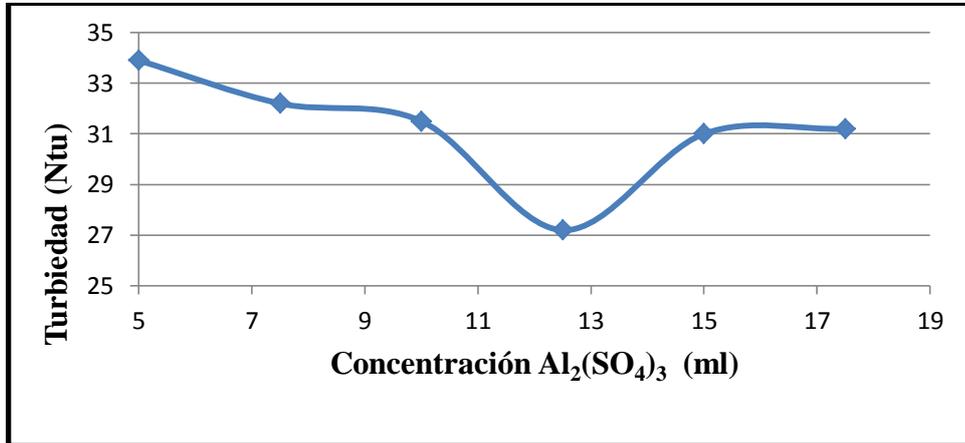


Figura 4-21: Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración Clear

Elaborado por: Cristian Quispe

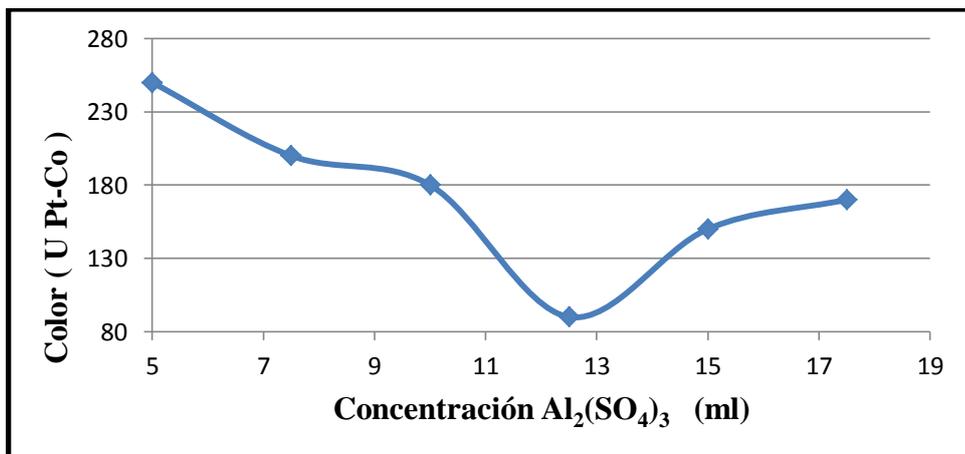
En la figura 4-21 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero clear, la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 50 U Pt-Co.



**Figura 4-22:** Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

**Elaborado por:** Cristian Quispe

En la figura 4-22 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 12,5ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 27,2 Ntu.



**Figura 4-23:** Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

**Elaborado por:** Cristian Quispe

En la figura 4-23 permite interpretar el color en función de la concentración del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 12,5ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 90 U Pt-Co

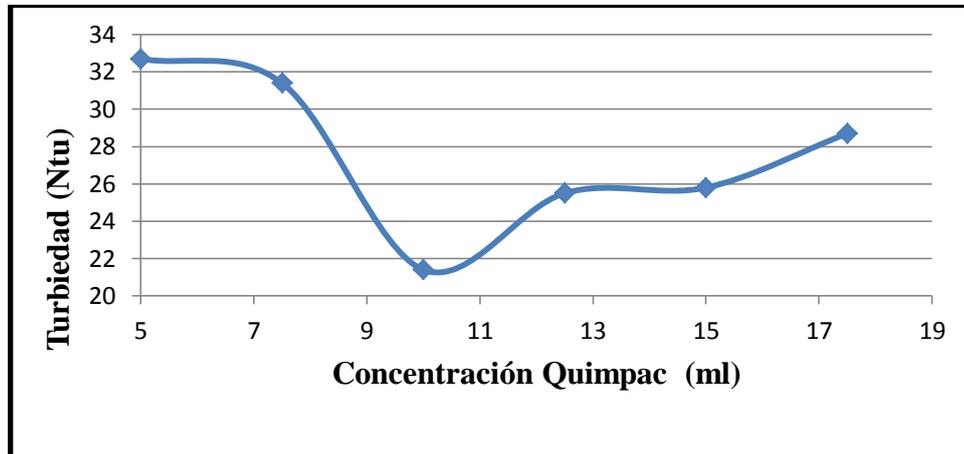


Figura 4-24: Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-24 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración del polímero quimpac, la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 21,4 Ntu.

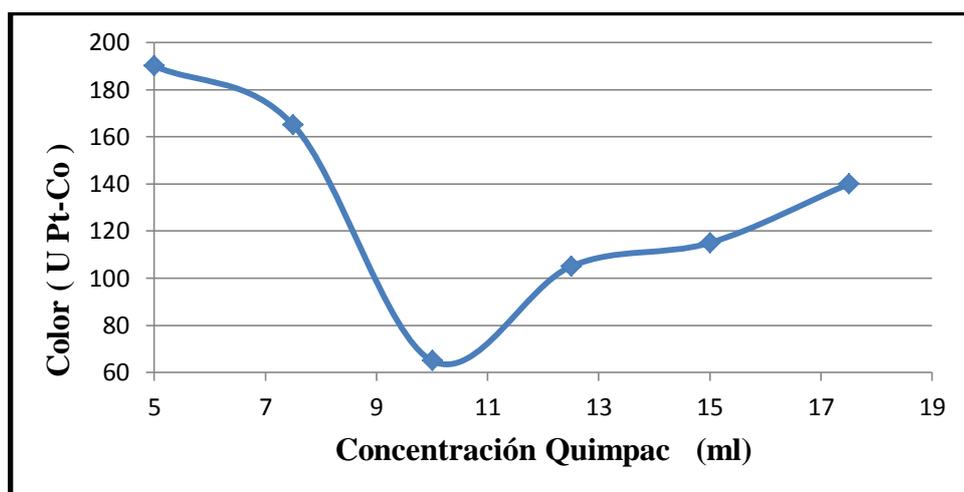


Figura 4-25: Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración Quimpac

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-25 permite interpretar el color en función de la concentración del polímero quimpac, la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de polímero de 10ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 65 U Pt-Co

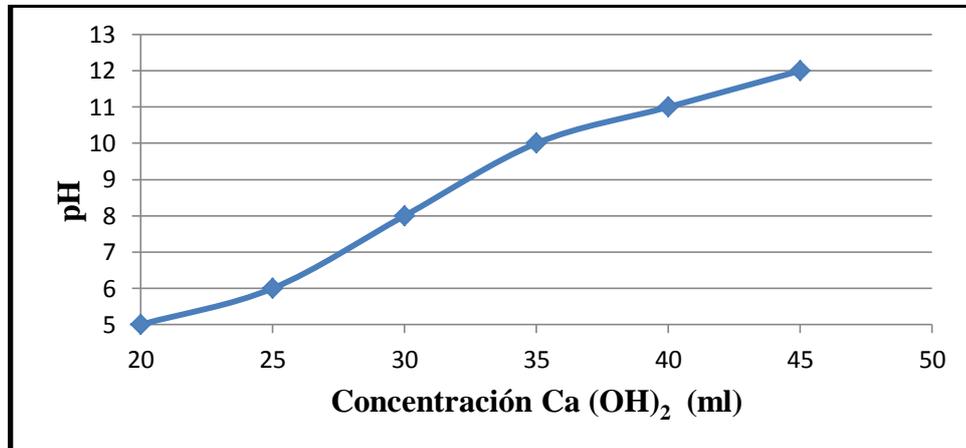


Figura 4-26: pH del recipiente del neutralizante vs Concentración Ca (OH)<sub>2</sub>

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-26 se observa la relación que existe entre el pH y la concentración de Ca (OH)<sub>2</sub>, esta relación es directamente proporcional, es decir, al aumentar la concentración de Ca (OH)<sub>2</sub> el pH también aumenta; aplicando una concentración de Ca (OH)<sub>2</sub> de 30ml se observa que obtenemos el valor del pH adecuado de 8 para que el agua no sea descargada al alcantarillado ni acida ni básica.

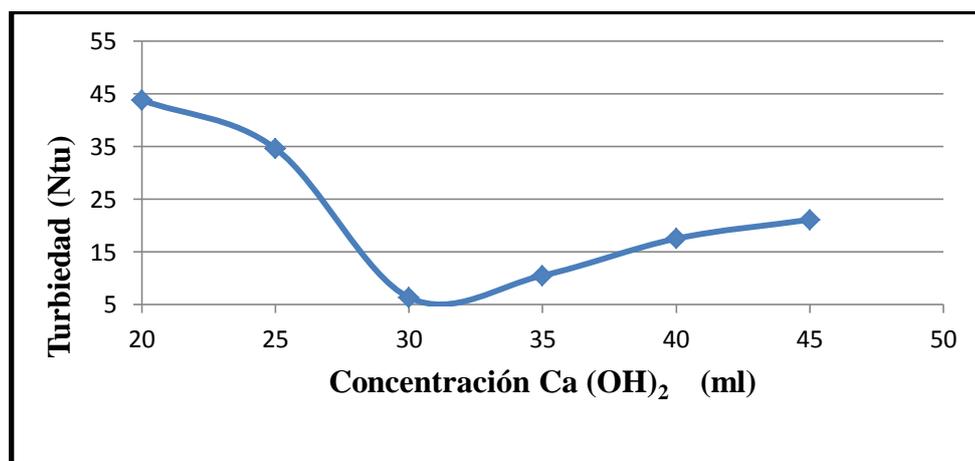


Figura 4-27: Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Concentración Ca (OH)<sub>2</sub>

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-27 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 30ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 6,32 Ntu.

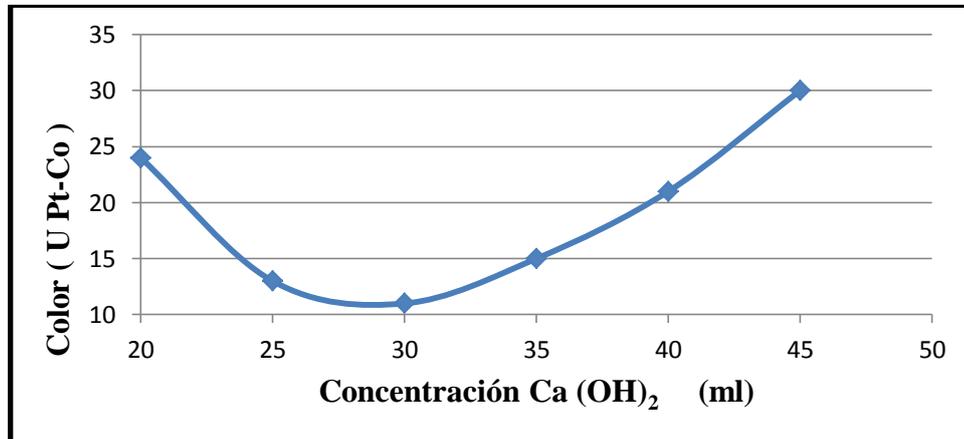


Figura 4-28: Color del recipiente del neutralizante vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-28 permite interpretar el color en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 30ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 11 U Pt-Co.

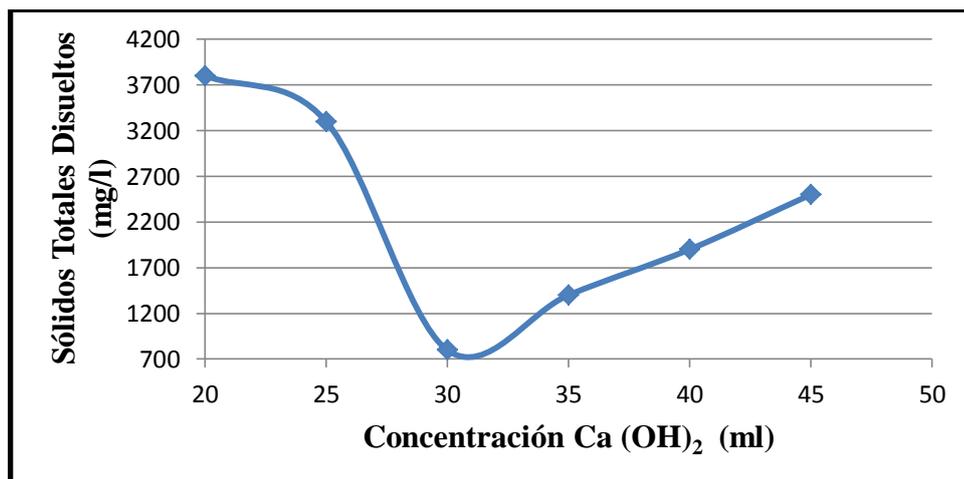


Figura 4-29: Sólidos Totales Disueltos del recipiente del neutralizante vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-29 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 30ml se observa que obtenemos el valor de sólidos totales disueltos más bajo de 800 mg/l.

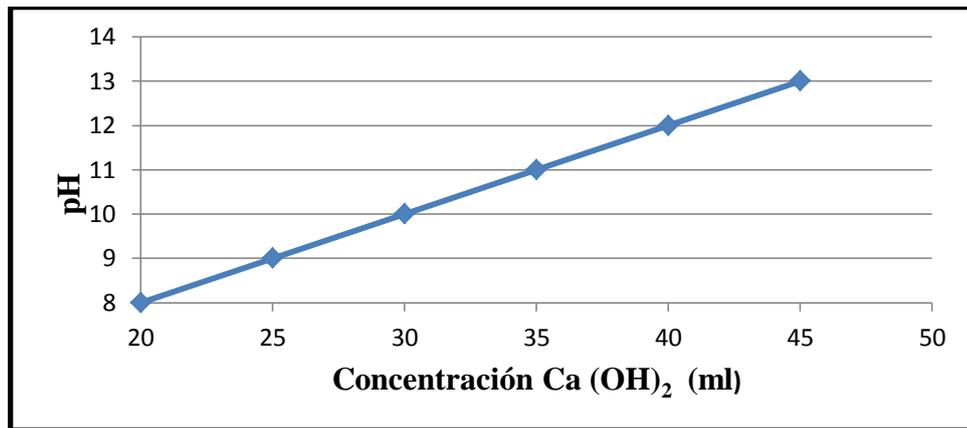


Figura 4-30: pH del recipiente de niquelado vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-30 se observa la relación que existe entre el pH y la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , esta relación es directamente proporcional, es decir, al aumentar la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  el pH también aumenta; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 20ml se observa que obtenemos el valor del pH adecuado de 8 para que el agua no sea descargada al alcantarillado ni acida ni básica.

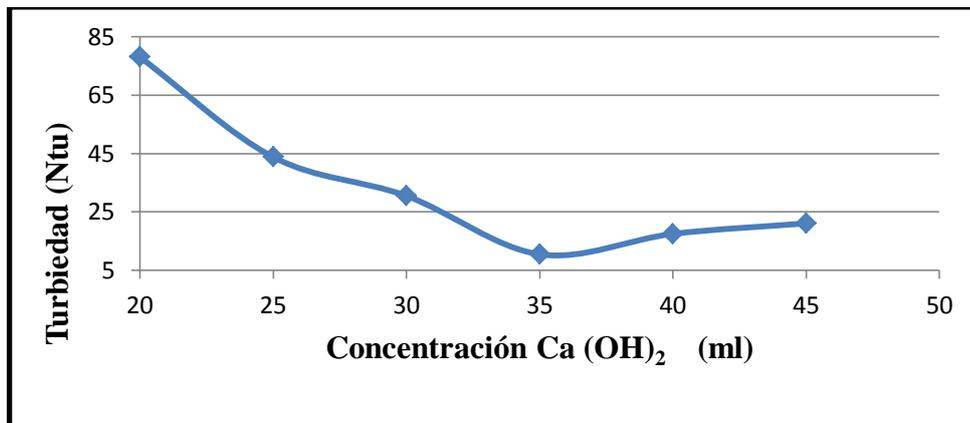


Figura 4-31: Turbiedad del recipiente de niquelado vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-30 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 35ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 10,5 Ntu.

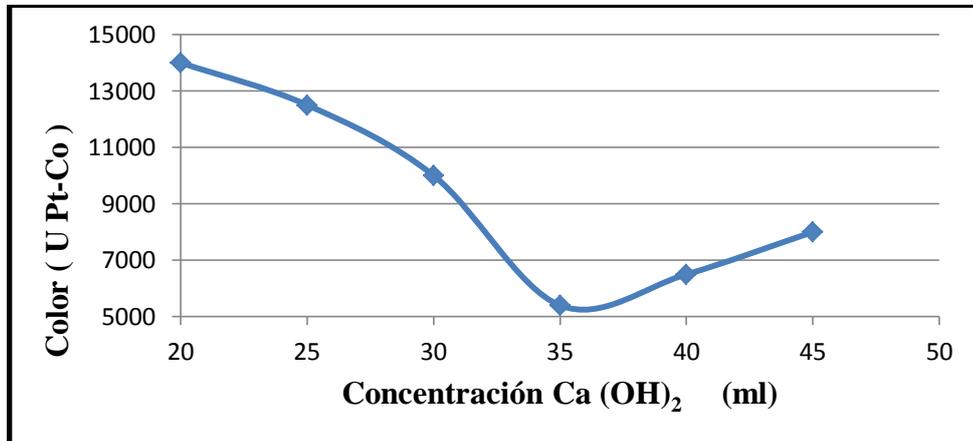


Figura 4-32: Color del recipiente de niquelado vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-32 permite interpretar el color en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 35ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 5400 U Pt-Co.

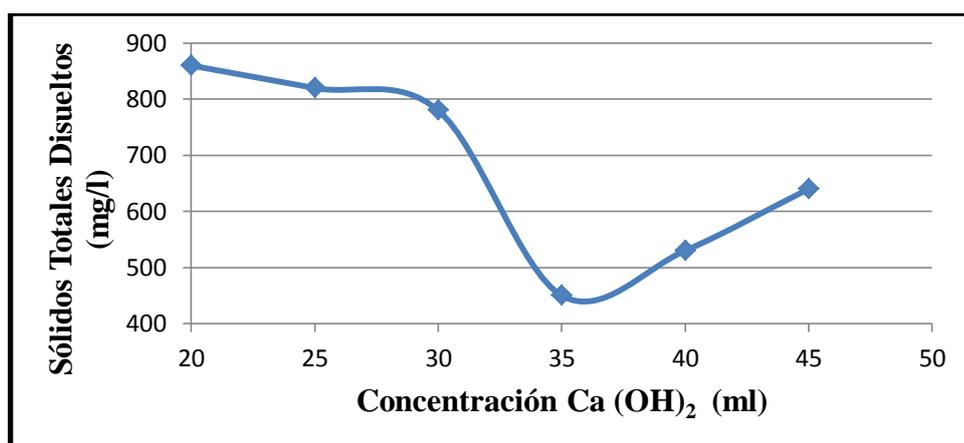


Figura 4-33: Sólidos Totales Disueltos del recipiente de niquelado vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-33 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 35ml se observa que obtenemos el valor de sólidos totales disueltos más bajo de 450 mg/l.

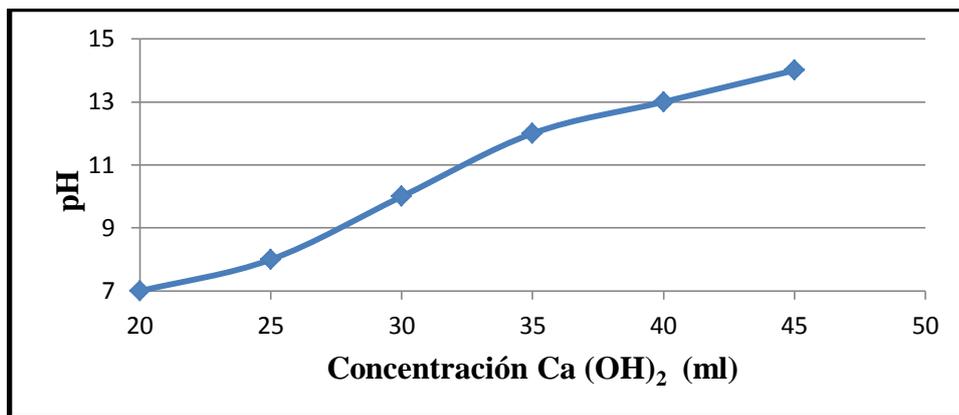


Figura 4-34: pH del recipiente de cromado (A) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-34 se observa la relación que existe entre el pH y la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , esta relación es directamente proporcional, es decir, al aumentar la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  el pH también aumenta; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 25ml se observa que obtenemos el valor del pH adecuado de 8 para que el agua no sea descargada al alcantarillado ni acida ni básica.

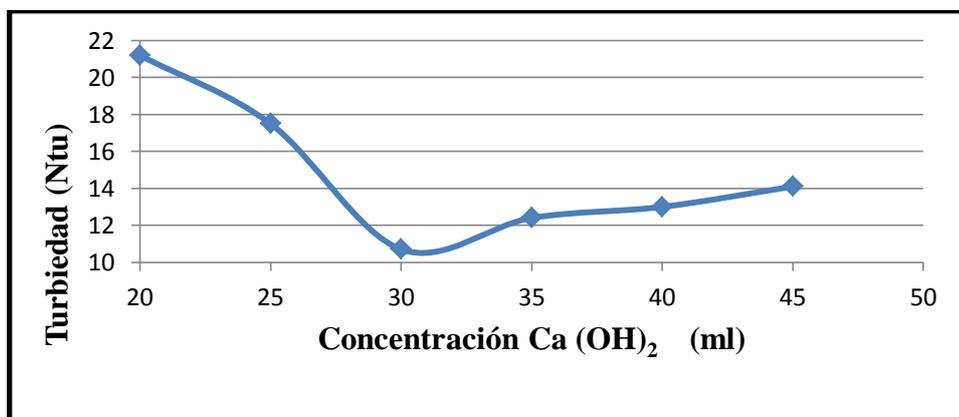


Figura 4-35: Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-35 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 30ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 10,7 Ntu.

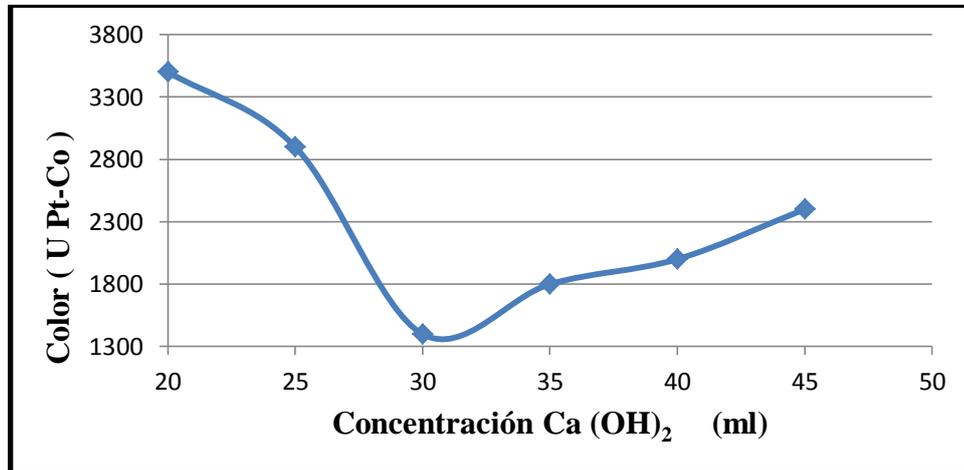


Figura 4-36: Color del recipiente de cromado (A) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-36 permite interpretar el color en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 30ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 1400 U Pt-Co.

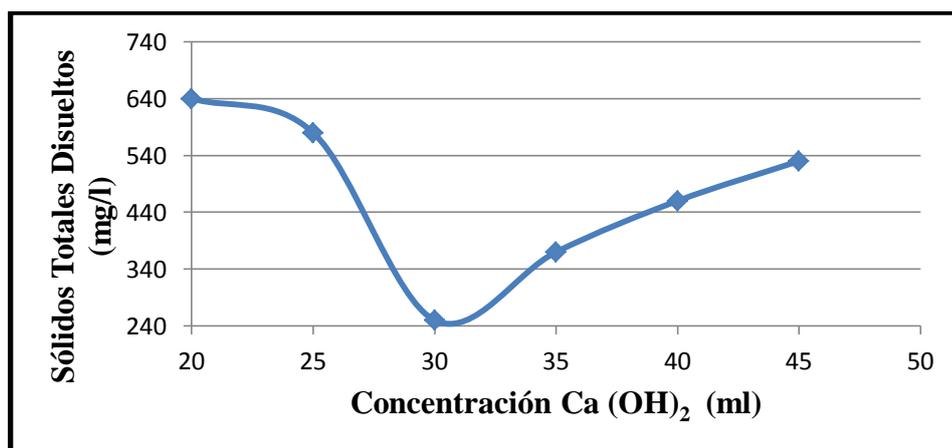


Figura 4-37: Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (A) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-37 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 30ml se observa que obtenemos el valor de sólidos totales disueltos más bajo de 250 mg/l.

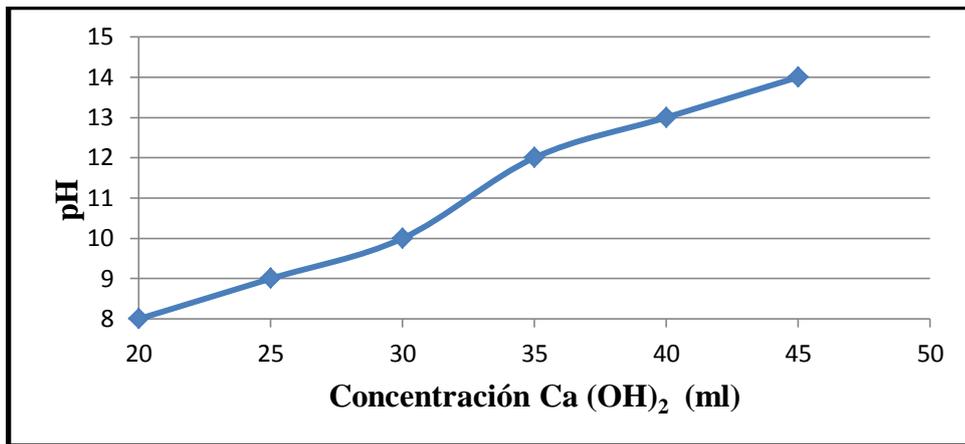


Figura 4-38: pH del recipiente de cromado (B) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-38 se observa la relación que existe entre el pH y la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , esta relación es directamente proporcional, es decir, al aumentar la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  el pH también aumenta; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 20ml se observa que obtenemos el valor del pH adecuado de 8 para que el agua no sea descargada al alcantarillado ni acida ni básica.

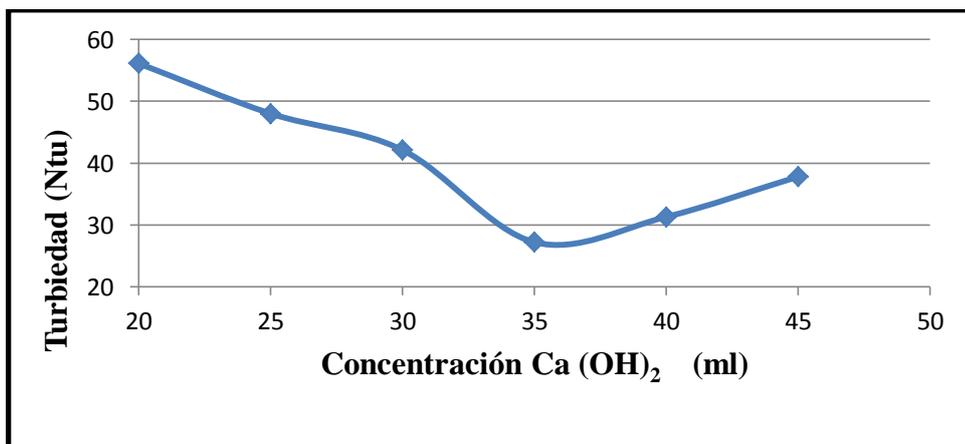


Figura 4-39: Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-39 permite interpretar la turbiedad en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de turbiedad depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 35ml se observa que obtenemos el valor de turbiedad más bajo de 27,2 Ntu.

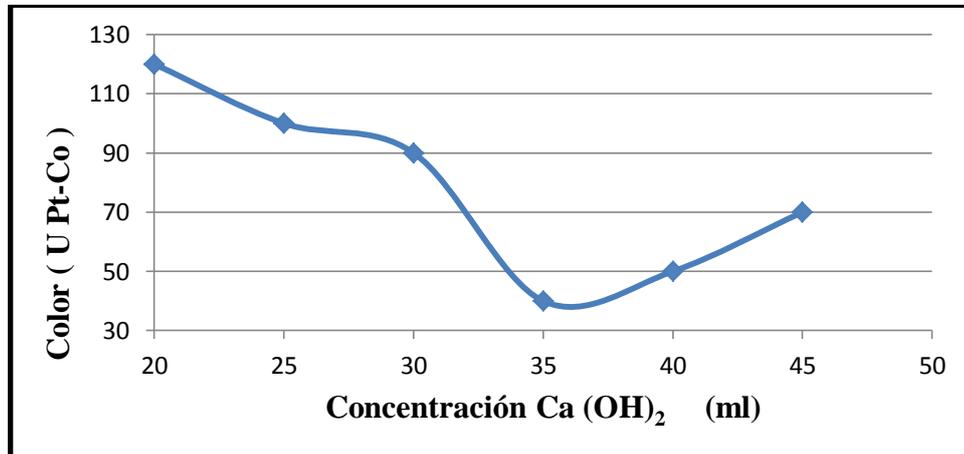


Figura 4-40: Color del recipiente de cromado (B) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-40 permite interpretar el color en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de color depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 35ml se observa que obtenemos el valor de color más bajo de 40 U Pt-Co.

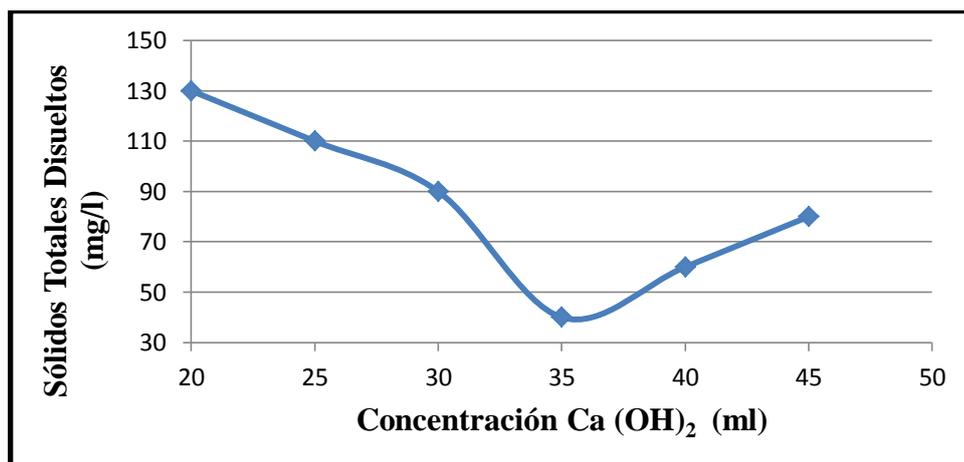


Figura 4-41: Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (B) vs Concentración  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-41 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto de la concentración como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 35ml se observa que obtenemos el valor de sólidos totales disueltos más bajo de 40 mg/l.

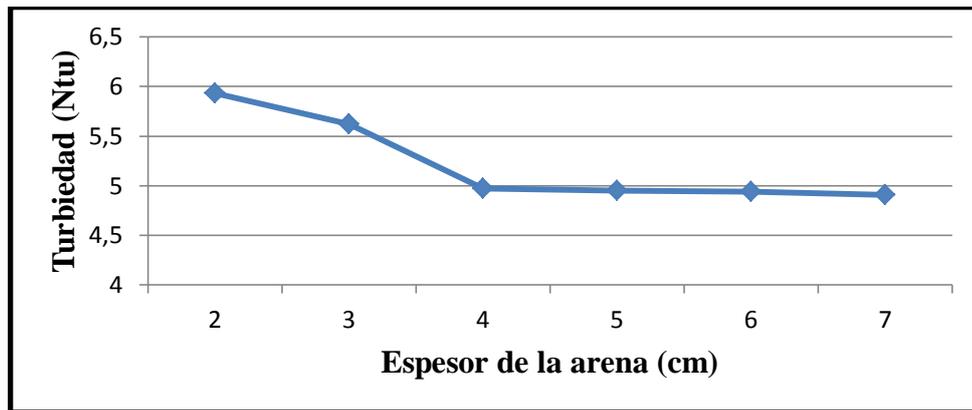


Figura 4-42: Turbiedad del recipiente del neutralizante vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-42 permite interpretar la turbiedad en función del espesor de la arena, la diferencia de turbiedad depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos una turbiedad de 4,97 Ntu, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena no es tanta la diferencia en la disminución de la turbiedad por lo que sería una pérdida de dinero.

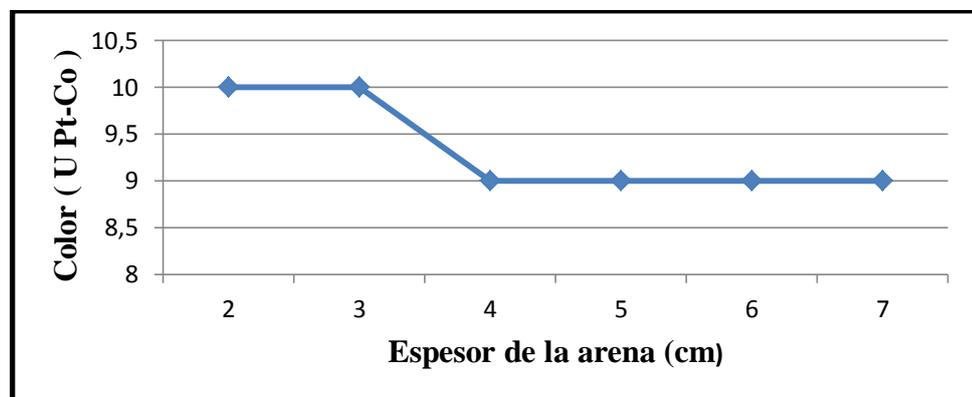
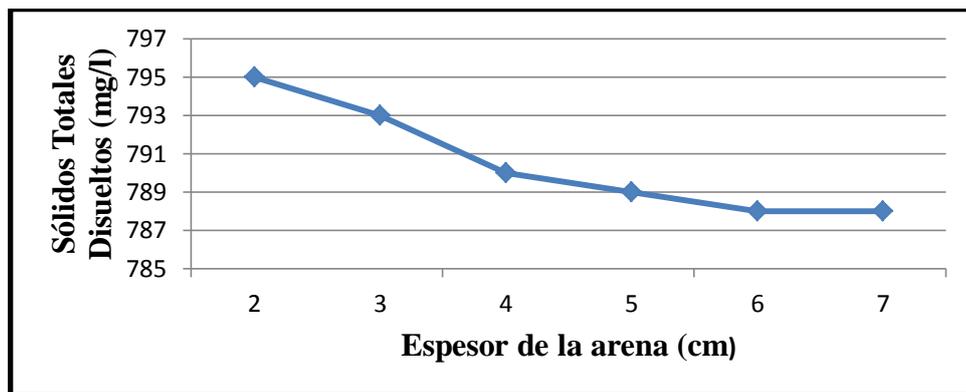


Figura 4-43: Color del recipiente del neutralizante vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

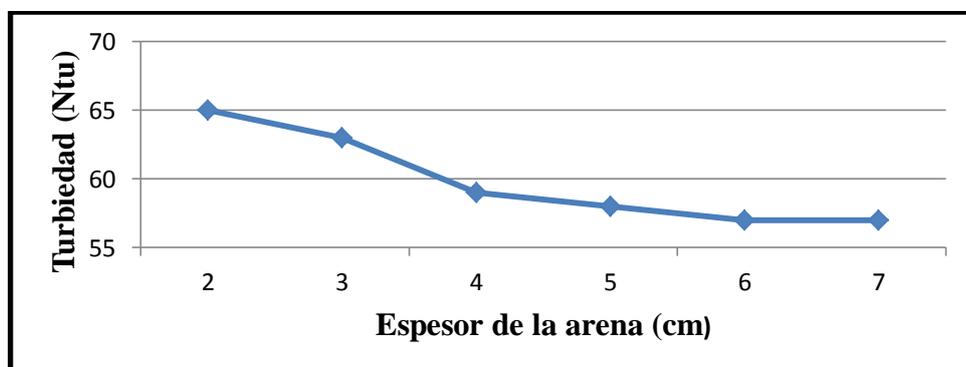
En la figura 4-43 permite interpretar el color en función del espesor de la arena, la diferencia de color depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos un color de 9 U Pt-Co, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena nos dará el mismo resultado.



**Figura 4-44:** Sólidos Totales Disueltos del recipiente del neutralizante vs Espesor de la arena

**Elaborado por:** Cristian Quispe

En la figura 4-44 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función del espesor de la arena, la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos 790 mg/l de sólidos totales disueltos, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena la diferencia de reducción es mínima.



**Figura 4-45:** Turbiedad del recipiente de niquelado vs Espesor de la arena

**Elaborado por:** Cristian Quispe

En la figura 4-45 permite interpretar la turbiedad en función del espesor de la arena, la diferencia de turbiedad depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos una turbiedad de 59 Ntu, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena no es tanta la diferencia en la disminución de la turbiedad por lo que sería una pérdida de dinero.

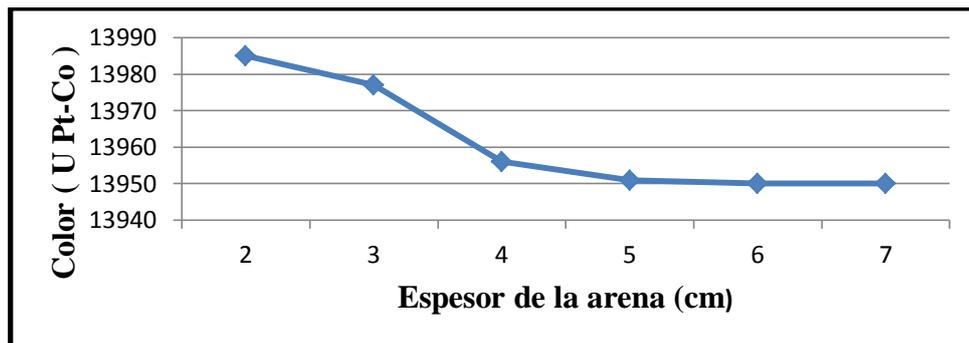


Figura 4-46: Color del recipiente de niquelado vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-46 permite interpretar el color en función del espesor de la arena, la diferencia de color depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos un color de 13956 U Pt-Co, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena no es tanta la diferencia en la disminución del color la por lo que sería una pérdida de dinero.

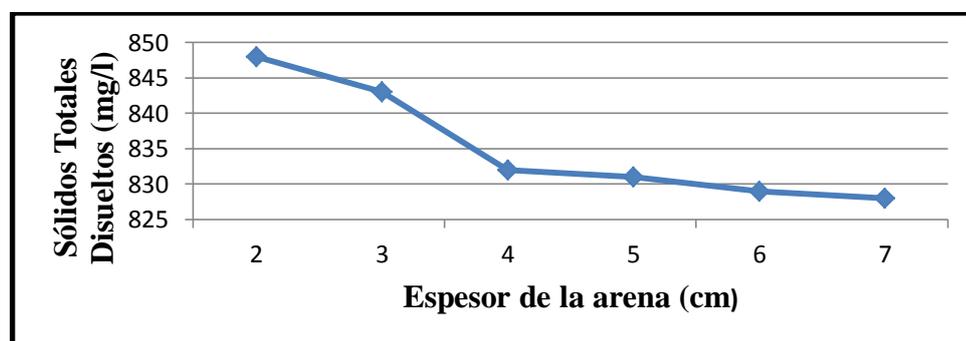


Figura 4-47: Sólidos Totales Disueltos del recipiente de niquelado vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-47 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función del espesor de la arena, la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos 832 mg/l de sólidos totales disueltos, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena la diferencia de reducción es mínima por lo que sería una pérdida de dinero.

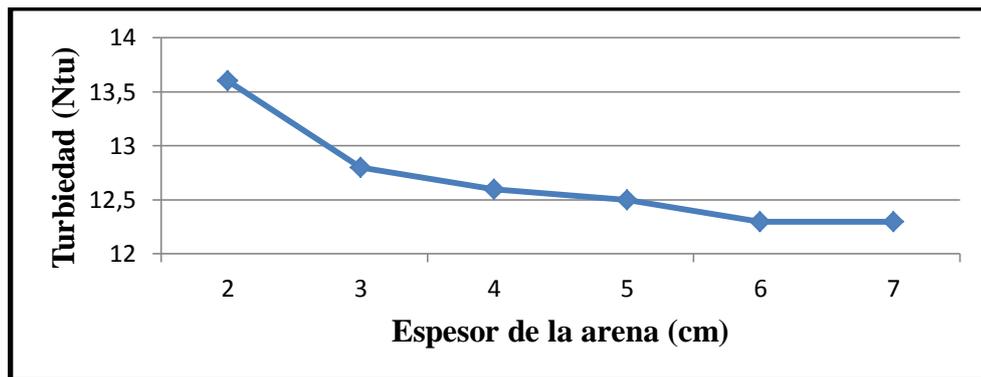


Figura 4-48: Turbiedad del recipiente de cromado (A) vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-48 permite interpretar la turbiedad en función del espesor de la arena, la diferencia de turbiedad depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos una turbiedad de 12,6 Ntu, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena no es tanta la diferencia en la disminución de la turbiedad por lo que sería una pérdida de dinero.

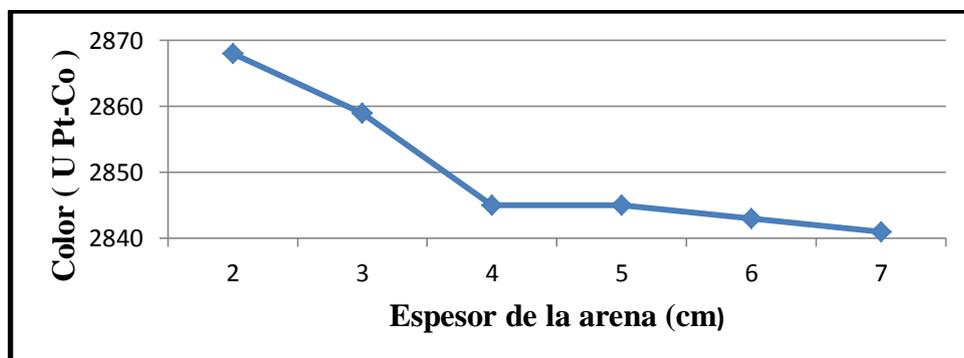


Figura 4-49: Color del recipiente de cromado (A) vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-49 permite interpretar el color en función del espesor de la arena, la diferencia de color depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos un color de 2845 U Pt-Co, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena no es tanta la diferencia en la disminución del color la por lo que sería una pérdida de dinero.

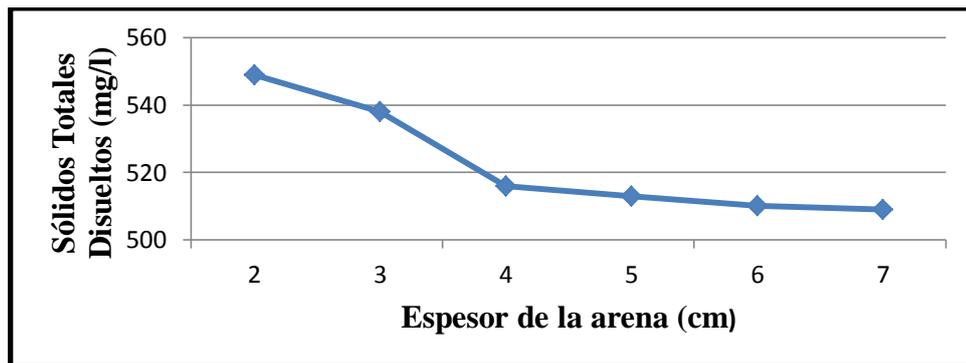


Figura 4-50: Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (A) vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-50 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función del espesor de la arena, la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos 516 mg/l de sólidos totales disueltos, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena la diferencia de reducción es mínima por lo que sería una pérdida de dinero.

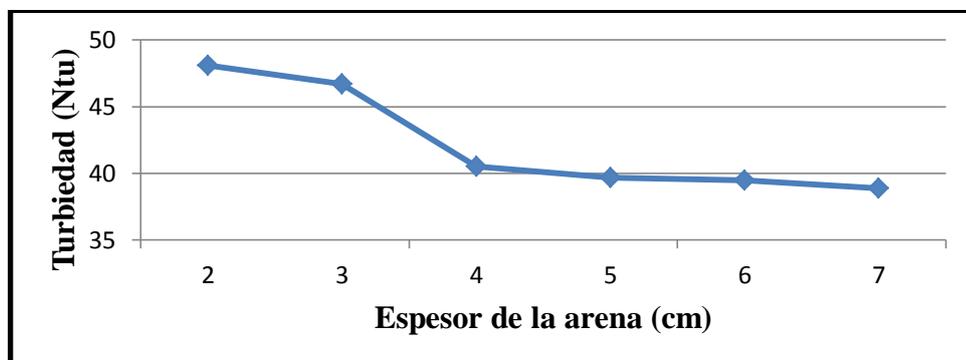


Figura 4-51: Turbiedad del recipiente de cromado (B) vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-51 permite interpretar la turbiedad en función del espesor de la arena, la diferencia de turbiedad depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos una turbiedad de 40,5 Ntu, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena no es tanta la diferencia en la disminución de la turbiedad por lo que sería una pérdida de dinero.

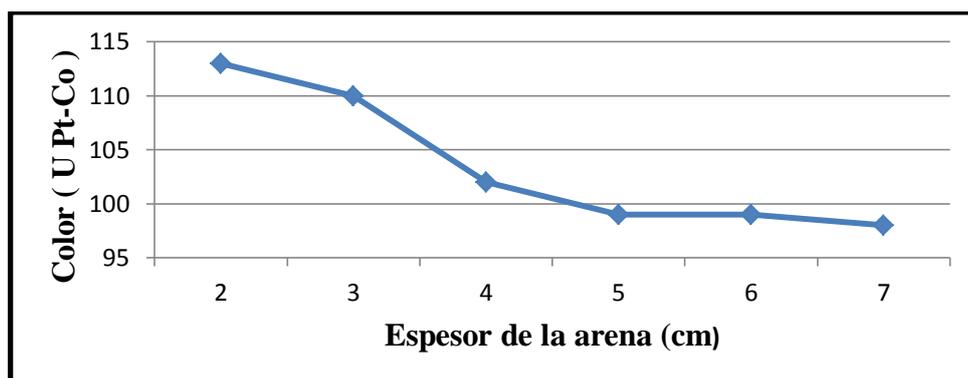


Figura 4-52: Color del recipiente de cromado (B) vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-52 permite interpretar el color en función del espesor de la arena, la diferencia de color depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos un color de 102 U Pt-Co, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena no es tanta la diferencia en la disminución del color la por lo que sería una pérdida de dinero.

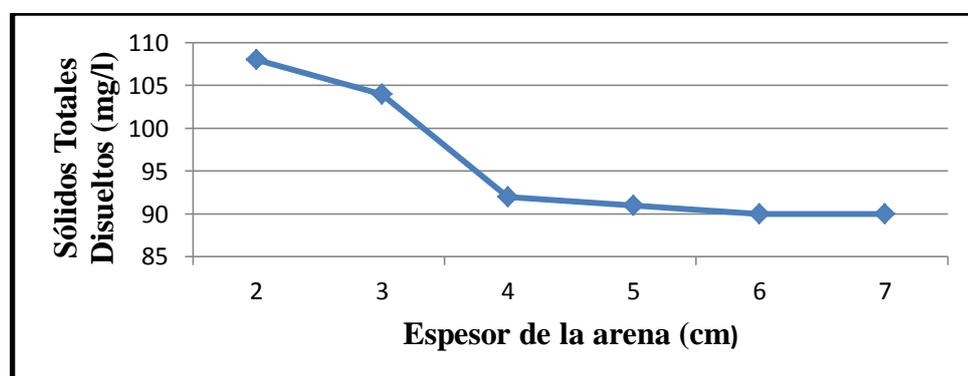


Figura 4-53: Sólidos Totales Disueltos del recipiente de cromado (B) vs Espesor de la arena

Elaborado por: Cristian Quispe

En la figura 4-53 permite interpretar los sólidos totales disueltos en función del espesor de la arena, la diferencia de sólidos totales disueltos depende tanto del espesor como del tipo de agua que se esté tratando; aplicando un espesor de 4 cm se observa que obtenemos 92 mg/l de sólidos totales disueltos, el cual es el óptimo ya que si seguimos aumentando el espesor de la arena la diferencia de reducción es mínima por lo que sería una pérdida de dinero.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.

**Hipótesis:** El sistema de tratamiento de efluentes líquidos disminuirá el impacto ambiental en la descarga de la alcantarilla de la empresa Muebles León.

**Comprobación:**

Por medio del estudio realizado al sistema de tratamiento de agua, se pudo determinar los factores que influyen directamente en la disminución del impacto ambiental dependiendo de la variación de las concentraciones y tipo de floculante, así como también, de la modificación de los espesores de arena para poder tener una buena filtración y con ello una buena calidad de agua para poder descargar al alcantarillado.

**✚ Verificación de la hipótesis del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de neutralizante, con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de turbiedad es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 30 ml diluidos en 1000 ml de muestra, el espesor de grava es de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

**Tabla 4.25:** Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de neutralizante.

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
TURBIEDAD DE ENTRADA (Ntu)	TURBIEDAD DE SALIDA (Ntu)	% TURBIEDAD REMOVIDA
28	4,97	82,25
28	4,98	82,21
28	4,97	82,25
28	4,99	82,18
28	4,97	82,25
28	4,99	82,18

Elaborado por: Cristian Quispe

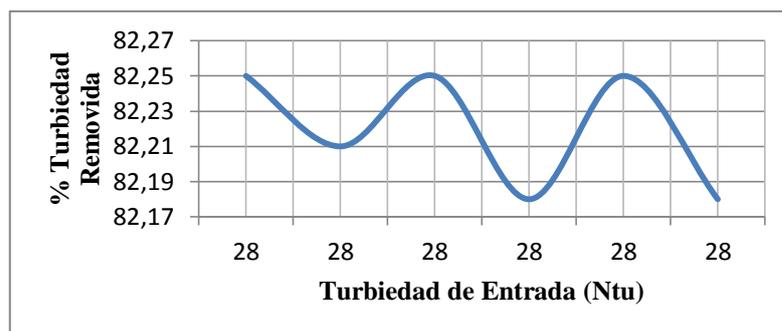


Figura 4-54: % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados anteriores obtenidos observamos que tenemos un porcentaje de turbiedad removida promedio del 82,22 %.

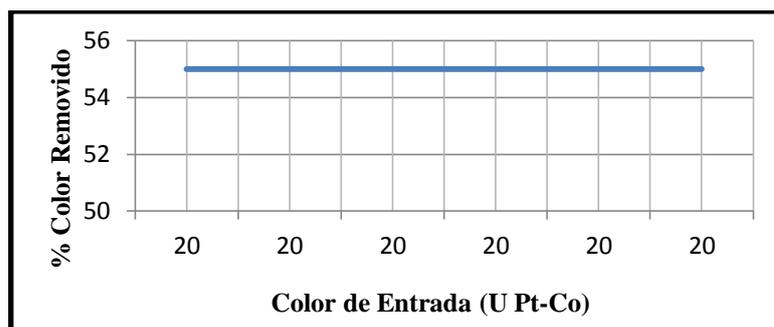
**Verificación de la hipótesis del porcentaje de color removido del recipiente de neutralizante, con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de color es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 30 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

Tabla 4.26: Resultados del porcentaje de color removido del recipiente de neutralizante.

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
COLOR DE ENTRADA (U Pt-Co)	COLOR DE SALIDA (U Pt-Co)	% COLOR REMOVIDO
20	9	55
20	9	55
20	9	55
20	9	55
20	9	55
20	9	55

Elaborado por: Cristian Quispe



**Figura 4-55:** % Color removido vs Color de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de color removido promedio del 55 %.

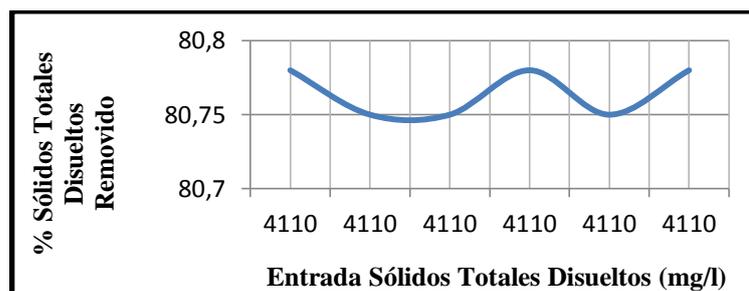
**Verificación de la hipótesis del porcentaje de sólidos totales disueltos removidos del recipiente de neutralizante, con respecto a la concentración óptima de Ca (OH)<sub>2</sub> y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de sólidos totales disueltos es necesario especificar la concentración óptima de Ca (OH)<sub>2</sub> que es de 30 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

**Tabla 4.27:** Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de neutralizante.

<b>HOJA DE RESULTADOS</b>		
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
<b>ENTRADA SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>	<b>SALIDA DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>	<b>% SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS REMOVIDO</b>
4110	790	80,78
4110	791	80,75
4110	791	80,75
4110	790	80,78
4110	791	80,75
4110	790	80,78

Elaborado por: Cristian Quispe



**Figura 4-56:** % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales disueltos

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de sólidos totales disueltos removido promedio del 80,76 %.

✚ **Verificación de la hipótesis del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de niquelado, con respecto a la concentración óptima de Ca (OH)<sub>2</sub> y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de turbiedad es necesario especificar la concentración óptima de Ca (OH)<sub>2</sub> que es de 20 ml diluidos en 1000 ml de muestra, el espesor de grava es de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

**Tabla 4.28:** Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de niquelado.

<b>HOJA DE RESULTADOS</b>		
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
<b>TURBIEDAD DE ENTRADA (Ntu)</b>	<b>TURBIEDAD DE SALIDA (Ntu)</b>	<b>% TURBIEDAD REMOVIDA</b>
1670	59	96,47
1670	59,3	96,45
1670	58,7	96,49
1670	59	96,47
1670	58,9	96,47
1670	59,2	96,45

Elaborado por: Cristian Quispe

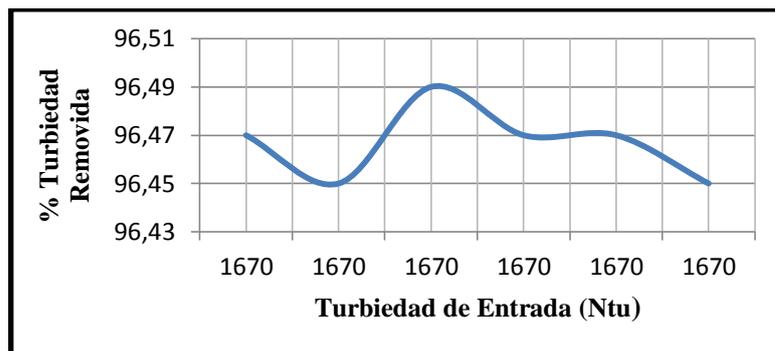


Figura 4-57: % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados anteriores obtenidos observamos que tenemos un porcentaje de turbiedad removida promedio del 96,47 %.

**Verificación de la hipótesis del porcentaje de color removido del recipiente de niquelado, con respecto a la concentración óptima de Ca (OH)<sub>2</sub> y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de color es necesario especificar la concentración óptima de Ca (OH)<sub>2</sub> que es de 20 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

Tabla 4.29: Resultados del porcentaje de color removido del recipiente de niquelado.

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
COLOR DE ENTRADA (U Pt-Co)	COLOR DE SALIDA (U Pt-Co)	% COLOR REMOVIDO
20000	13956	30,22
20000	13955	30,23
20000	13958	30,21
20000	13954	30,23
20000	13956	30,22
20000	13957	30,22

Elaborado por: Cristian Quispe

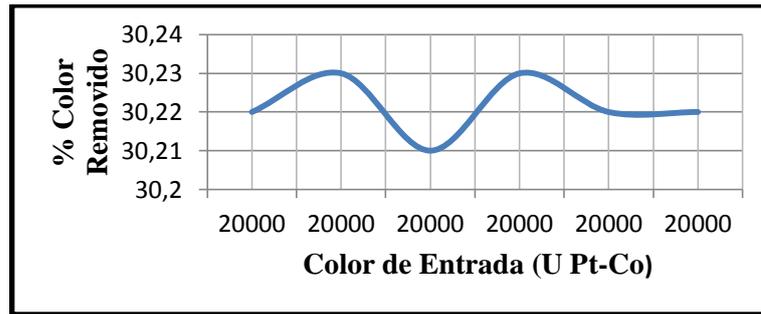


Figura 4-58: % Color removido vs Color de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de color removido promedio del 30,22 %.

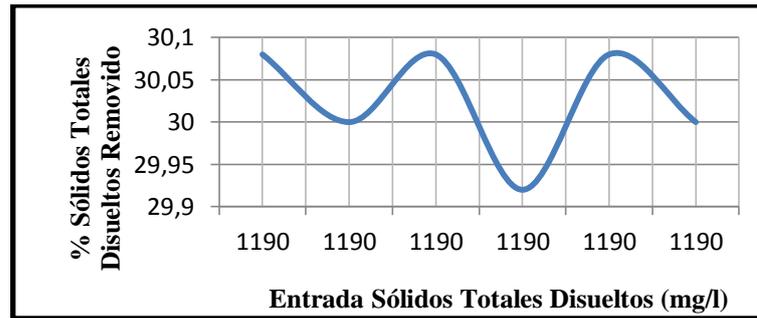
**Verificación de la hipótesis del porcentaje de sólidos totales disueltos removidos del recipiente de niquelado, con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de sólidos totales disueltos es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 20 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

Tabla 4.30: Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de neutralizante.

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
ENTRADA SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	SALIDA DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	% SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS REMOVIDO
1190	832	30,08
1190	833	30
1190	832	30,08
1190	834	29,92
1190	832	30,08
1190	833	30

Elaborado por: Cristian Quispe



**Figura 4-59:** % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales disueltos

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de sólidos totales disueltos removido promedio del 30,02 %.

**Verificación de la hipótesis del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de cromado (A), con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de turbiedad es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 25 ml diluidos en 1000 ml de muestra, el espesor de grava es de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

**Tabla 4.31:** Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de cromado (A).

<b>HOJA DE RESULTADOS</b>		
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
<b>TURBIEDAD DE ENTRADA (Ntu)</b>	<b>TURBIEDAD DE SALIDA (Ntu)</b>	<b>% TURBIEDAD REMOVIDA</b>
96	12,6	86,87
96	12,6	86,87
96	12,7	86,77
96	12,6	86,87
96	12,6	86,87
96	12,7	86,77

Elaborado por: Cristian Quispe

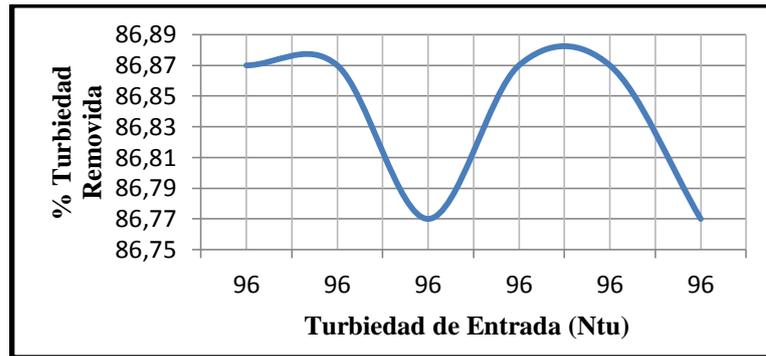


Figura 4-60: % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados anteriores obtenidos observamos que tenemos un porcentaje de turbiedad removida promedio del 86,84 %.

**Verificación de la hipótesis del porcentaje de color removido del recipiente de cromado (A), con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de color es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 25 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

Tabla 4.32: Resultados del porcentaje de color removido del recipiente de cromado (A).

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
COLOR DE ENTRADA (U Pt-Co)	COLOR DE SALIDA (U Pt-Co)	% COLOR REMOVIDO
5500	2845	48,27
5500	2845	48,27
5500	2847	48,24
5500	2846	48,25
5500	2847	48,24
5500	2845	48,27

Elaborado por: Cristian Quispe

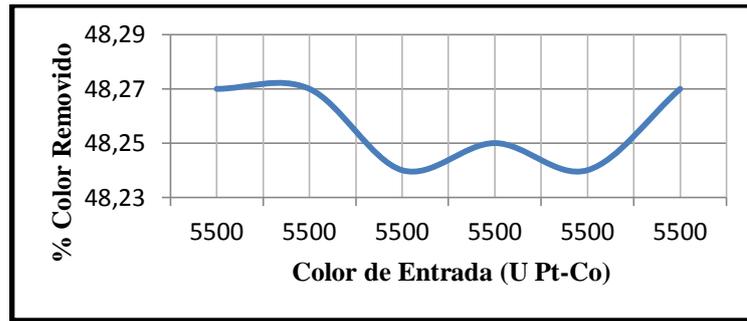


Figura 4-61: % Color removido vs Color de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de color removido promedio del 48,26 %.

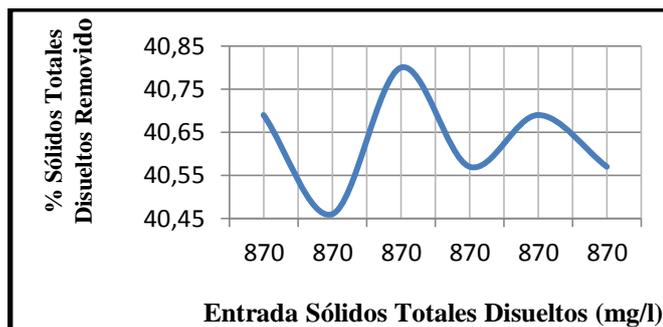
✚ **Verificación de la hipótesis del porcentaje de sólidos totales disueltos removidos del recipiente de cromado (A), con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de sólidos totales disueltos es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 25 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

Tabla 4.33: Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de cromado (A).

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
ENTRADA SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	SALIDA DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	% SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS REMOVIDO
870	516	40,69
870	518	40,46
870	515	40,80
870	517	40,57
870	516	40,69
870	517	40,57

Elaborado por: Cristian Quispe



**Figura 4-62:** % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales disueltos

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de sólidos totales disueltos removido promedio del 40,63 %.

**Verificación de la hipótesis del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de cromado (B), con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de turbiedad es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 20 ml diluidos en 1000 ml de muestra, el espesor de grava es de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

**Tabla 4.34:** Resultados del porcentaje de turbiedad removida del recipiente de cromado (B).

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
TURBIEDAD DE ENTRADA (Ntu)	TURBIEDAD DE SALIDA (Ntu)	% TURBIEDAD REMOVIDA
60	40,5	32,5
60	40	33,33
60	40,8	32
60	41	31,66
60	40,6	32,33
60	40,5	32,5

Elaborado por: Cristian Quispe

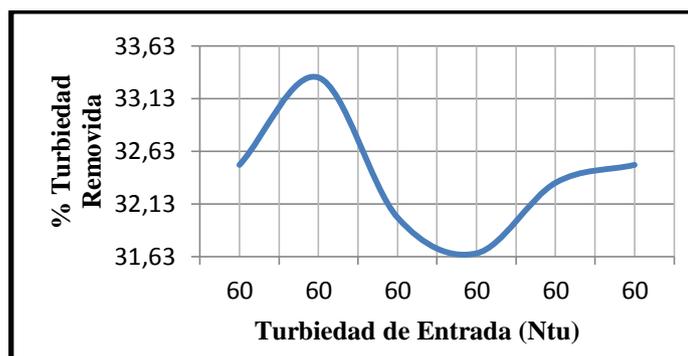


Figura 4-63: % Turbiedad removida vs Turbiedad de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados anteriores obtenidos observamos que tenemos un porcentaje de turbiedad removida promedio del 32,39 %.

**Verificación de la hipótesis del porcentaje de color removido del recipiente de cromado (B), con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de color es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 20 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

Tabla 4.35: Resultados del porcentaje de color removido del recipiente de cromado (B).

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
COLOR DE ENTRADA (U Pt-Co)	COLOR DE SALIDA (U Pt-Co)	% COLOR REMOVIDO
1000	102	89,8
1000	100	90
1000	103	89,7
1000	102	89,8
1000	101	89,9
1000	102	89,8

Elaborado por: Cristian Quispe

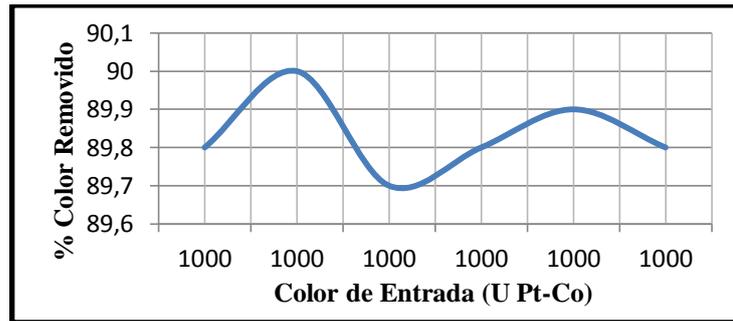


Figura 4-64: % Color removido vs Color de entrada

Elaborado por: Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de color removido promedio del 89,83 %.

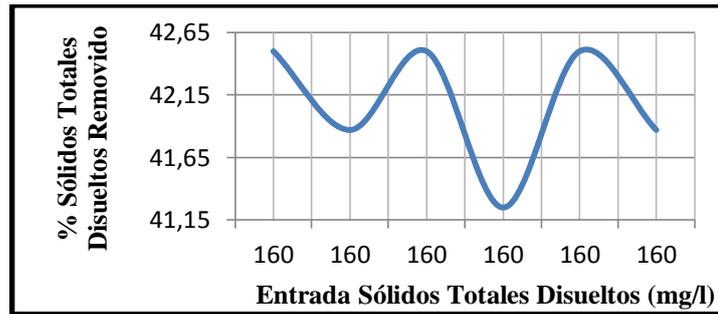
✚ **Verificación de la hipótesis del porcentaje de sólidos totales disueltos removidos del recipiente de cromado (B), con respecto a la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y espesor de arena adecuado.**

Para controlar el porcentaje de sólidos totales disueltos es necesario especificar la concentración óptima de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que es de 20 ml diluidos en 1000ml de muestra, el espesor de grava de 2cm y arena adecuada de 4cm para tener una mejor filtración de la muestra.

Tabla 4.36: Resultados del porcentaje de sólidos totales disueltos removido del recipiente de cromado (B).

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
ENTRADA SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	SALIDA DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	% SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS REMOVIDO
160	92	42,5
160	93	41,87
160	92	42,5
160	94	41,25
160	92	42,5
160	93	41,87

Elaborado por: Cristian Quispe



**Figura 4-65:** % Sólidos totales disueltos removido vs Entrada sólidos totales disueltos

**Elaborado por:** Cristian Quispe

Con los resultados obtenidos anteriormente observamos que tenemos un porcentaje de sólidos totales disueltos removido promedio del 42,1 %.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Después de haber realizado los ensayos de floculación y filtración, en la que se fue trabajando con diferentes polímeros variando su concentración, arenas con diferentes espesores se ha obtenido valores que satisfacen los objetivos planteados y se ha llegado a las siguientes conclusiones.

- ✓ Se pudo observar que la  $(Ca(OH)_2)$  controla el pH de las aguas acidas dejándolas en un estado neutro que es de 8 el recomendable.
- ✓ La  $(Ca(OH)_2)$  ayuda a controlar el color de las aguas mejor que los polímeros y es muy económica y es factible conseguirla.
- ✓ Para el recipiente del neutralizante la dosis de  $(Ca(OH)_2)$  es de 30 ml pero en una concentración al 5%, el cual controla de una forma correcta los parámetros de la tabla 4.17.
- ✓ Para el recipiente del niquelado la dosis óptima de  $(Ca(OH)_2)$  es de 20 ml pero en una concentración al 5%, el cual controla de una forma correcta los parámetros de la tabla 4.18.
- ✓ Para el recipiente del cromado (A) la dosis de  $(Ca(OH)_2)$  es de 25 ml pero en una concentración al 5%, el cual controla de una forma correcta los parámetros de la tabla 4.19.
- ✓ Para el recipiente del cromado (B) la dosis de  $(Ca(OH)_2)$  es de 20 ml pero en una concentración al 5%, el cual controla de una forma correcta los parámetros de la tabla 4.20.

- ✓ La granulometría adecuada de arena para la filtración de todos los recipientes a tratar es de 1.5mm de diámetro la cual nos brindó mejor calidad de filtración.
- ✓ La granulometría adecuada de grava para la filtración de todos los recipientes a tratar es de 6-3mm de diámetro la cual nos brinda un buen soporte para a arena de filtración.
- ✓ El espesor de arena y grava adecuada es de 2cm de grava y 4cm de arena ya que estas brindan mejores resultados de filtración.
- ✓ El sistema de filtración no influye en el pH del agua tratada como ocurre con los parámetros de turbiedad, color, sólidos totales disueltos.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Por los estudios realizados se formula las siguientes recomendaciones:

- ✓ Implementar un sistema de clarificación de aguas para disminuir la cantidad de sólidos totales disueltos, color y turbiedad.
- ✓ Realizar las concentraciones de  $(Ca(OH)_2)$  de una forma correcta para no tener inconvenientes en la aplicación de volúmenes grandes y obtener resultados lógicos que concuerden con lo experimentado anteriormente.
- ✓ Realizar la respectiva calibración del turbidímetro HACH para no tener resultados erróneos.
- ✓ Limpiar la celda de la muestra con un trapo limpio para que no queden impurezas en su alrededor, igualmente al momento de ingresar al turbidímetro no agitar la celda para evitar burbujas en su interior.
- ✓ De no implementar este sistema, el agua que va ser descargada al alcantarillado tendrá turbiedad, pH, color, sólidos totales disueltos que son nocivos para el ser humano y la naturaleza.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. PROPUESTA**

#### **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA EMPRESA MUEBLES LEÓN PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL”**

##### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

Los ensayos de jarras y de filtración se lo deben realizar tomando en cuenta los siguientes parámetros para obtener los mejores resultados.

La concentración de la cal debe estar bien diluida y agitada ya que se sedimenta muy rápida y colocarla en las respectivas jarras en sus dosis óptimas, y dejarlas por 15 min a 40 rpm y después dejarlas en reposo durante 15 min, en lo que respecta a la filtración siempre la arena fina que va arriba va el doble que la gruesa puesta en la parte de abajo.

Al desarrollar este tipo de estudio se pretende brindar información útil para realización de posteriores sistemas de tratamientos de efluentes líquidos de la misma naturaleza, incluso que sirvan como base para futuras investigaciones.

En cuanto a costos de la presente investigación, no son tan elevados sus costos ya que se contaron con los equipos suficientes para realizar todos y cada uno de los ensayos caso contrario resultaría en una gran inversión haber hecho este tipo de estudio.

Los laboratorios de la empresa EMAPA cuentan con los equipos necesarios para realizar este tipo de ensayos y estudio por el cual se utilizaron todos sus equipos e instalaciones necesarios para llevar a cabo el sistema de tratamiento de efluentes líquidos.

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Existen poca información sobre la realización de sistemas de tratamientos de aguas de procesos de galvanoplastia, por otro lado se cuenta con una base científica sobre la realización de este tipo de tratamiento de aguas de quebrada razón por el cual se ha partido de esos conocimientos para poder realizar el presente estudio.

Se pudo encontrar una tesis relacionado a la determinación de los parámetros de influencia en el proceso del agua enunciado de la siguiente manera:

“ DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS DE INFLUENCIA EN EL PROCESO DEL AGUA DE LA QUEBRADA EL GUAMAL PARA SU POTENCIAL USO INDUSTRIAL POR LA EMPRESA AMERICANA DE CURTIDOS LTDA Y CÍA C.S.A.” esta previa investigación ha sido de gran utilidad para seguir con el presente estudio.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio de investigación se lo realizo con el propósito de ofrecer información útil sobre el tratamiento de efluentes líquidos, pues al realizar el tratamiento de dichas aguas se consigue controlar el pH, turbiedad, color, sólidos totales disueltos, que es muy importante para disminuir el porcentaje de enfermedades al ser humano y muertes de diferentes especies existentes en el agua.

Este tema de investigación acarrea una gran novedad ya que el medio ambiente cada vez se está destruyendo de una manera incontrolable, las industrias no cumplen con normas y reglamentos de medio ambiente, algunas de ellas se justifican con no tener recursos para implementar un sistema de control ambiental, en la actualidad el ministerio de medio ambiente lucha con estos inconvenientes.

El tema de investigación se justifica también, porque en los laboratorios de la empresa EMAPA se cuenta con los instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo la investigación, por ejemplo se cuenta con la maquina adecuada para ensayos de jarras el cuales es de vital importancia ya que la realización de un

tratamiento de efluentes en un laboratorio particular tendría costos sumamente elevados y no sería viable la realización de la investigación. También se cuenta con equipos como el turbidímetro y demás equipos para la medición de los diferentes factores para la realización de los ensayos necesarios que ayuden a determinar las concentraciones y espesores óptimos para mejorar la calidad del agua.

## **6.4 OBJETIVOS**

Los objetivos propuestos en la siguiente tesis son:

### **6.4.1 Objetivo General**

Implementar el sistema de tratamiento de efluentes líquidos en la empresa muebles león para disminuir el impacto ambiental.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- ✚ Desarrollar un sistema de floculación en tanque agitado para el volumen a tratar durante 15 min a 40 rpm y 15 min en reposo.
- ✚ Realizar el sistema de filtración mecánica por lecho poroso utilizando las arenas respectivas.
- ✚ Realizar los análisis físicos-químicos de los resultados, para observar el porcentaje de disminución de los factores tratados.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La presente investigación de la pudo llevar acabo debido a que se contó tanto con los equipos necesarios facilitados por la EMAPA, se contó con el medidor de pH el cual nos permite verificar si el agua se encuentra acida o básica, turbímetro el cual mide la turbiedad del agua, conductivímetro mide el porcentaje de sólidos totales disueltos, medidor de color aqua- test mide el color, balanza analítica para pesar los polímeros, por estas razones fue muy factible realizar los ensayos.

### **6.5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO**

En lo que concierne al estudio de factibilidad desde el punto de vista técnico, se puede decir que es fundamental tener los conocimientos básicos de metalmecánica, así como contar con un taller metal mecánico adecuado, que conste con las siguientes herramientas y equipos: taladro, torno, cortadora de plasma, soldadora eléctrica, entenallas, compresor así como herramientas manuales básicas como: instrumentos de medición, tarrajas, llaves, limas, arco de sierra, es necesario alquilar estos equipos y maquinarias ya que los talleres de la facultad no cuentan con todos estos equipos mecánicos.

Para la implementación del sistema de tratamiento de efluentes líquidos es fundamental la aplicación de conocimientos de: mecánica de fluidos, diseño de elementos mecánicos, gestión de medio ambiente, procesos de manufactura.

### **6.5.2 ANÁLISIS DE COSTOS**

Para proceder a la implementación del sistema de tratamiento de efluentes líquidos se presentará toda la información de los costos de: maquinaria, mano de obra y materiales.

#### **6.5.2.1 Costos Directos (CD)**

##### Costos de Materiales(CTM)

Los costos de los materiales a utilizar en la implementación del sistema de tratamiento de efluentes líquidos se los detalla en la siguiente tabla 6.1:

**Tabla 6.1:** Costo de materiales mecánicos

<b>COSTO DE MATERIALES MECÁNICOS (CM)</b>				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Electrodo 6011	1 libra	3	3
1	Pintura	2 litros	25	25
1	Ángulo	1,5pulg* 3mm*3m	10	10
1	Platina	1pulg* 3mm*3m	7	7
<b>TOTAL (\$)</b>				<b>45</b>

**Elaborado por:** Cristian Quispe

**Tabla 6.2:** Costo de materiales para la instalación hidráulica

<b>COSTOS DE MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA (CMI)</b>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Tanque	70	70
1	Bomba de filtro	300	300
1	Tubo pvc (3/4 pulg)	13	13
2	Universales (3/4 pulg)	1,30	2,60
6	Te (3/4 pulg)	0,95	5,70
7	Tapones macho (3/4pulg)	0,45	3,15
5	Rollos de teflón	1	5
2	Acoples (3/4 pulg)	0,95	1,90
1	Válvula con flotador	13	13
1	Tubo pvc (1pulg)	19,60	19,60
1	Codo pvc (1pulg * 90°)	0,60	0,60
1	Universal pvc (1pulg)	1	1
1	Reducción (1 * 3/4pulg)	0,65	0,65
1	Reducción (3 *1/2 pulg)	0,75	0,75
1	Llave (1/2 pulg)	10,50	10,50
1	Acople (1 pulg)	1	1
1	Acople (1 1/2 pulg )	1,50	1,50
1	Llave compuerta(1pulg)	18	18

2	Tapón macho (1 pulg)	0,90	0,90
1	Tapón hembra (1 1/2 pulg)	1,20	1,20
3	Codos pvc (3/4 pulg)	1,20	1,20
<b>TOTAL (\$)</b>			471.25

Elaborado por: Cristian Quispe

Tabla 6.3: Costo de materiales varios

<b>COSTOS DE MATERIALES VARIOS (CMV)</b>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
3	Sacos de arena fina	20	60
2	Sacos de arena gruesa	15	30
3	Pliego de lija	50	1,50
1	Manguera	2	2
3	Polímeros	2	6
1	Cal	3	3
<b>TOTAL (\$)</b>			102,50

Elaborado por: Cristian Quispe

Para la obtención de los costos directos sumamos los subtotales:

$$CD = CM + CMI + CMV$$

Tabla 6.4: Costo Directos

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
CM	45
CMI	471,25
CMV	102,50
<b>TOTAL (\$)</b>	618,75

Elaborado por: Cristian Quispe

### 6.5.2.2 Costos Indirectos (CI)

#### ✚ Costo de maquinaria utilizada (CMU)

Los costos que giran por la utilización de máquinas y herramientas se la detalla en la siguiente tabla, estos valores están basados por la hora de ocupación de cada una de ellas.

**Tabla 6.5:** Costo de maquinaria utilizada

<b>COSTO DE MAQUINARIA UTILIZADA (CMU)</b>			
MÁQUINA	TIEMPO DE UTILIZACIÓN(h)	COSTO/HORA (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Suelda Eléctrica	20	2	40
Torno	10	1	10
Taladro	3	1	3
Compresor	2	4	8
Herramientas	8	5	40
<b>TOTAL (\$)</b>			<b>101</b>

Elaborado por: Cristian Quispe

#### ✚ Costo de mano de obra (CMO)

Para la elaboración de los ensayos e instalación del sistema de tratamiento es necesaria la ayuda de un Técnico y un maestro, los cuales laboran 5 días a la semana durante 8 horas diarias.

El tiempo en el cual se estima la culminación de los ensayos e instalación del sistema de tratamiento de efluentes es de 30 días.

**Tabla 6.6:** Costo de mano de Obra

<b>COSTO DE MANO DE OBRA (CMO)</b>				
DESCRIPCIÓN	COSTO HORA (\$)	COSTO DIARIO (\$)	Tiempo de Realización(días)	SALARIO OBRA
Técnico	2	16	30	480
Maestro	1,5	12	12	144
<b>TOTAL (\$)</b>				<b>624</b>

Elaborado por: Cristian Quispe

Para obtener el valor de los costos indirectos sumamos los subtotales.

$$CI = CMU + CMO$$

**Tabla 6.7:** Costo Indirectos

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
CMU	101
CMO	624
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>725</b>

Elaborado por: Cristian Quispe

### 6.5.2.3 Costo total (CT) para la construcción e instalación del sistema de tratamiento de efluentes líquidos

Para obtener el valor total sumamos los costos directos y los indirectos obtenidos anteriormente:

$$CT = CD + CI$$

**Tabla 6.8:** Costo Total para la construcción e instalación

<b>COSTOS TOTAL</b>	
DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
CD	618,75
CI	725
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>1343,75</b>

Elaborado por: Cristian Quispe

Previo al valor obtenido le aumentamos el 10% del valor total para imprevistos que pueden ocurrir mediante la elaboración.

**Tabla 6.9:** Costo Total para la construcción e instalación

<b>COSTOS TOTAL</b>	
DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
TOTAL	1343,75
10%	134,37
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>1478,12</b>

Elaborado por: Cristian Quispe

### 6.5.3 ANÁLISIS TECNOLÓGICO

Para la realización del sistema tratamiento de efluentes mencionado se debe utilizar equipos de última tecnología como son: Máquina de ensayos de jarras para efectuar los ensayos de floculación, turbidímetro, medidor de pH, medidor de color aqua-test, conductivímetro, balanza analítica, todos estos equipos deben estar adecuadamente calibrados con el fin de obtener resultados fiables.

## 6.6 FUNDAMENTACIÓN

Con la investigación realizada anteriormente y mediante los resultados obtenidos en el Capítulo IV, se determina que para disminuir el impacto ambiental es necesario la implementación de un sistema de tratamiento de efluentes líquidos, el cual constara de la selección de un floculante y concentración óptima del mismo y un sistema de filtrado para mejorar la calidad del agua que será descargada al alcantarillado.

### 6.6.1 Cálculo del volumen a tratar del recipiente del neutralizante

Ésta se determina aplicando la ecuación de:  $\text{Volumen} = \text{longitud} \times \text{anchura} \times \text{altura}$ .

Dónde:

Longitud: 3.15m

Anchura: 1.20m

Altura: 1.20m

Volumen = longitud x anchura x altura.

Volumen = (3.15m x 1.20m x 1.20m)

$$\text{Volumen} = 4.54 \text{ m}^3 \frac{1000 \text{ lt}}{1\text{m}^3}$$

Volumen = 4540 lt

#### **6.6.1.2 Cálculo del volumen a tratar del recipiente del niquelado**

Ésta se determina aplicando la ecuación de: Volumen = longitud x anchura x altura.

Dónde:

Longitud: 3.15m

Anchura: 1.15m

Altura: 1.15m

Volumen = longitud x anchura x altura.

Volumen = (3.15m x 1.15m x 1.15m)

$$\text{Volumen} = 4.17 \text{ m}^3 \frac{1000 \text{ lt}}{1\text{m}^3}$$

Volumen = 4170 lt

#### **6.6.1.3 Cálculo del volumen a tratar del recipiente del cromado (A)**

Ésta se determina aplicando la ecuación de: Volumen = longitud x anchura x altura.

Dónde:

Longitud: 3.08m

Anchura: 1.00m

Altura: 1.20m

Volumen = longitud x anchura x altura.

Volumen = (3.08m x 1.00m x 1.20m)

Volumen = 3.7 m<sup>3</sup>  $\frac{1000 \text{ lt}}{1\text{m}^3}$

Volumen =3700 lt

#### **6.6.1.4 Cálculo del volumen a tratar del recipiente del cromado (B)**

Ésta se determina aplicando la ecuación de: Volumen = longitud x anchura x altura.

Dónde:

Longitud: 3.12m

Anchura: 1.03m

Altura: 1.00m

Volumen = longitud x anchura x altura.

Volumen = (3.12m x 1.03m x 1.00m)

Volumen = 3.2 m<sup>3</sup>  $\frac{1000 \text{ lt}}{1\text{m}^3}$

Volumen =3200 lt

## 6.6.2. Dimensiones de la tolva

### 6.6.2.1 Cálculo del volumen de la parte cilíndrica de la tolva

Datos:

R: 0.99m

h: 1.5m

$$V = \pi * R^2 * h$$

$$V = 3.1416 * 0.99^2 * 1.5$$

$$V = 4.6 \text{ m}^3 \frac{1000 \text{ lt}}{1 \text{ m}^3}$$

$$V = 4600 \text{ lt}$$

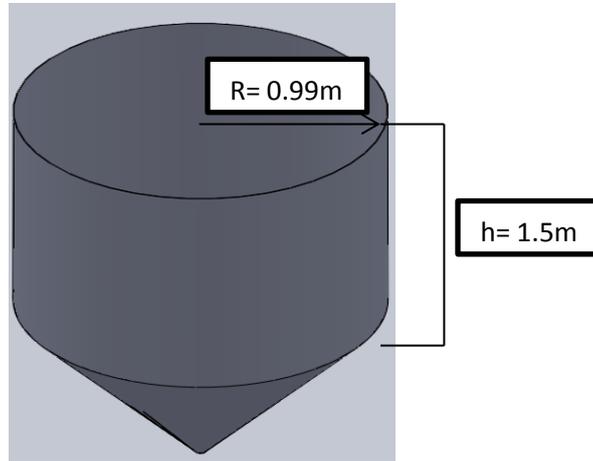


Figura 6.1: Parte cilíndrica de la tolva  
Elaborado por: Cristian Quispe

### 6.6.2.2 Cálculo del volumen de la parte cónica de la tolva

Datos:

R= 0.99m

r= 0.025m

h= 1.22m

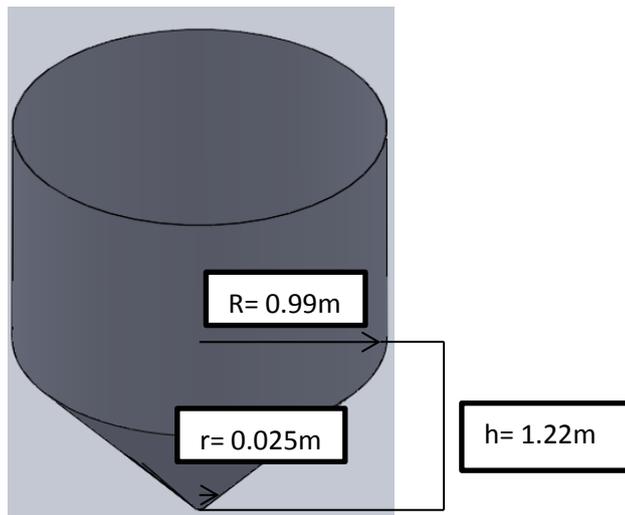


Figura 6.2: Parte cónica de la tolva  
Elaborado por: Cristian Quispe

$$V = \frac{1}{3} * \pi * h (R^2 + r^2 + R * r)$$

$$V = \frac{1}{3} \pi * 1.22m (0.99m^2 + 0.025m^2 + 0.99m * 0.025m)$$

$$V = 1.28m (0.98m^2 + 0.025m^2)$$

$$V = 1.28 m^3 \frac{1000 \text{ lt}}{1m^3}$$

$$V = 1280 \text{ lt}$$

### 6.6.2.3 Cálculo del volumen total de la tolva

$$V_{\text{total}} = V_{\text{cilíndrico}} + V_{\text{cónico}}$$

$$V_{\text{total}} = 4600 \text{ lt} + 1280 \text{ lt}$$

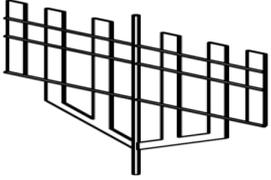
$$V_{\text{total}} = 5800 \text{ lt}$$

### 6.6.3 Selección del tiempo y velocidad de agitación

La norma ASTM D 2035-80 nos da a conocer la forma correcta de cómo realizar la práctica estándar de coagulación - floculación en el JARTEST que se utiliza para realizar ensayos de jarras.

### 6.6.4 Descripción del agitador

Es un agitador de 6 rejillas este va a trabajar a un rango de 40-60 rpm, su función principal es agitar de una forma correcta la muestra para que se pueda formar los floculos y así permita tener una buena sedimentación, está construido de hierro negro A-36, sus características se detallan el en anexo C2.

<b>Descripción</b>	estructura de malla	
<b>Régimen alcanzado</b>	laminar	
<b>Material</b>	Hierro negro A-36	
<b>Recubrimiento</b>	Fibra de vidrio y resina poliéster (3mm)	

**Figura 6.3:** Agitador de rejillas  
**Elaborado por:** Cristian Quispe

### 6.6.5 Selección del tipo de floculante

Durante los ensayos de floculación se trabajó con los siguientes polímeros: clear, quimpac, sulfato de aluminio, cal; mediante los resultados obtenidos se pudo observar que cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) nos permitió controlar el pH adecuado, color, turbiedad, sólidos totales disueltos del agua para poderla descargar al alcantarillado. Para poner la concentración en las jarras diluimos con agua destilada 5g de cal en un balón 100 ml o también llamada concentración al 5%.



**Figura 6.4:**  $\text{Ca}(\text{OH})_2$   
Elaborado por: Cristian Quispe

### 6.6.6. Cálculo de la dosis de floculante

Como trabajamos en jarras de volúmenes de 1lt en los ensayos, para otros volúmenes realizamos reglas de tres.

#### 6.6.6.1 Cálculo de la dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para el recipiente del neutralizante

1 lt  $\longleftrightarrow$  0,55g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

4540 lt  $\longleftrightarrow$  X

$$\% \text{ Concentración} = 2497\text{g } \text{Ca}(\text{OH})_2 \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}} = \boxed{2.5 \text{ kg } \text{Ca}(\text{OH})_2}$$

#### 6.6.6.2 Cálculo de la dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para el recipiente del niquelado

1 lt  $\longleftrightarrow$  1g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

4170 lt  $\longleftrightarrow$  X

$$\% \text{ Concentración} = 4170 \text{ g Ca (OH)}_2 \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = \boxed{4.17 \text{ kg Ca (OH)}_2}$$

### 6.6.6.3 Cálculo de la dosis de Ca (OH)<sub>2</sub> para el recipiente del cromado (A)

$$1 \text{ lt} \longleftrightarrow 35 \text{ g de Ca (OH)}_2$$

$$3700 \text{ lt} \longleftrightarrow X$$

$$\% \text{ Concentración} = 129500 \text{ g Ca (OH)}_2 \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = \boxed{129.5 \text{ kg Ca (OH)}_2}$$

### 6.6.6.4 Cálculo de la dosis de Ca (OH)<sub>2</sub> para el recipiente del cromado (B)

$$1 \text{ lt} \longleftrightarrow 25 \text{ g de Ca (OH)}_2$$

$$3200 \text{ lt} \longleftrightarrow X$$

$$\% \text{ Concentración} = 80000 \text{ g Ca (OH)}_2 \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = \boxed{80 \text{ kg Ca (OH)}_2}$$

### 6.6.7 Selección del tipo y espesor de arena y gravilla

En los ensayos realizados de filtración se seleccionó el espesor y diámetro correcto de la arena y gravilla los cuales se presentan en la figura 6.5.

MATERIAL		DIAMETRO(mm)	ESPESOR(cm)
Arena		3-1.5	40
Gravilla		6-3	20

Figura 6.5: Granulometría de grava y arena  
Elaborado por: Cristian Quispe

### 6.6.8 Cálculo de la porosidad de la arena y grava

$$\epsilon_{\text{arena}} = \frac{V_{\text{Liquido}} - V_{\text{Particula}}}{V_{\text{Particula}}} = 1 - \frac{V_{\text{Particula}}}{V_{\text{Liquido}}} = 1 - \frac{\frac{m_{\text{Particula}}}{\rho_{\text{Particula}}}}{\frac{m_{\text{Liquido}}}{\rho_{\text{Liquido}}}}$$

$$m_{\text{Liquido}} = m_{\text{Particula}}$$

$$\epsilon_{\text{arena}} = 1 - \frac{\rho_{\text{Liquido}}}{\rho_{\text{Particula}}}$$

$$\epsilon_{\text{arena}} = 1 - \frac{950 \text{ kg/m}^3}{1500 \text{ kg/m}^3}$$

$$\epsilon_{\text{arena}} = 0,36$$

$$\epsilon_{\text{grava}} = \frac{V_{\text{Liquido}} - V_{\text{Particula}}}{V_{\text{Particula}}} = 1 - \frac{V_{\text{Particula}}}{V_{\text{Liquido}}} = 1 - \frac{\frac{m_{\text{Particula}}}{\rho_{\text{Particula}}}}{\frac{m_{\text{Liquido}}}{\rho_{\text{Liquido}}}}$$

$$m_{\text{Liquido}} = m_{\text{Particula}}$$

$$\epsilon_{\text{grava}} = 1 - \frac{\rho_{\text{Liquido}}}{\rho_{\text{Particula}}}$$

$$\epsilon_{\text{grava}} = 1 - \frac{950 \text{ kg/m}^3}{1700 \text{ kg/m}^3}$$

$$\epsilon_{\text{grava}} = 0,44$$

$$\epsilon_T = \frac{\epsilon_{\text{arena}} + \epsilon_{\text{grava}}}{2} = \frac{0,36 + 0,44}{2}$$

$$\epsilon_T = 0,403$$

### 6.6.9 Cálculo del área específica promedio y diámetro de la partícula

Donde:

$$a_{p \text{ arena}} = 70 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$$

$$a_{p_{\text{grava}}} = 50 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$$

$$a_m = \bar{Z}x_i a_i$$

$$a_m = 0,33 * 50 + 0,66 * 70$$

$$a_m = 62.7 \text{ cm}^{-1}$$

$$d_{\text{particula}} = \frac{6}{a_m}$$

$$d_{\text{particula}} = \frac{6}{62.7 \text{ cm}^{-1}}$$

$$d_{\text{particula}} = 0,095 \text{ cm}$$

### 6.6.10 Cálculo de la velocidad y Reynolds

$$\Delta_z = \frac{150(1 - \epsilon)^2 V_o \mu L}{g \epsilon^3 d_{\text{particula}}^2 \rho_{\text{liquido}}} + \frac{1.75(1 - \epsilon) V_o^2 L}{g \epsilon^3 d_{\text{particula}}}$$

$$0.70 = \frac{150(1 - 0.403)^2 V_o (1 \times 10^{-3}) 0.6}{(9.8) (0.403)^3 (9.5 \times 10^{-4})^2 (950)} + \frac{1.75(1 - 0.403) V_o^2 0.6}{(9.8) (0.403)^3 (9.5 \times 10^{-4})}$$

$$0.70 = 58 V_o + 1028.72 V_o^2$$

$$V_o = 0.012 \text{ m/s} \dots\dots\dots V_o = 0.026 \text{ m/s}$$

Por seguridad escogemos la menor velocidad

$$V_o = 0.012 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{0,012\text{m}}{\text{s}} * 0.53\text{m}}{1 * 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}$$

$$R_e = 6042 \text{ turbulento} \dots\text{Del (Anexo C.1)}$$

### 6.6.11 Cálculo del caudal de salida del agua filtrada

$$Q = \frac{V_o \pi D^2}{4}$$

$$Q = \frac{0,012 * \pi * 0.53}{4}$$

$$Q = 4.99 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

## 6.7 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del sistema de tratamientos se requiere realizar una adecuada secuencia de procedimientos, los cuales se los ha enlistado de la siguiente manera:

### 6.7.1. Instalación hidráulica

#### Recipiente de alimentación del agua a tratar

El recipiente de alimentación es la parte principal del sistema por lo que es la que va hacer tratada, las características de ésta se describen en la tabla 6.10.

**Tabla 6.10:** Características del tanque de alimentación

Tanque de alimentación		
Gráfico	Datos técnicos	
	Cantidad	4
	Volúmenes	(4.54 - 4.17- 3.7- 3.2) m <sup>3</sup>
	Material	Hierro negro A-36 recubierto con Fibra de vidrio y resina poliéster

Elaborado por: Cristian Quispe

### Bomba de impulsión

La bomba es un factor muy importante ya que de ella depende el llenado de la tolva para su respectivo tratamiento las características de ésta se describen en la tabla 6.11.

**Tabla 6.11:** Características de la bomba de impulsión

Bomba de filtro		
Gráfico	Datos técnicos	
	Marca	MEFIAG
	Potencia	1 hp
	Voltaje	220 V
	Presión máxima	0.8 bar

Elaborado por: Cristian Quispe

### Tolva receptora de agua

Es la que recibe el agua que va a ser tratada la cual consta de una tubería de descarga al final de la parte cilíndrica de la tolva la cual está conectada en la parte superior del filtro, las características de ésta se describen en la tabla 6.12.

**Tabla 6.12:** Características de la tolva receptora de agua

Tolva receptora de agua		
Gráfico	Datos técnicos	
	Material	Hierro negro A-36 recubierto con fibra de vidrio y resina poliéster
	Volumen	5.8 m <sup>3</sup>
	Altura	2.72 m
	Espesor	4 mm

Elaborado por: Cristian Quispe

### Motorreductor

Este elemento cumple una función muy importante en la agitación ya que si no hay una correcta velocidad los flóculos no se aglomeran de una forma correcta y se pueden llegar a romper cuando existe velocidades muy altas.

Tabla 6.13: Características del motorreductor

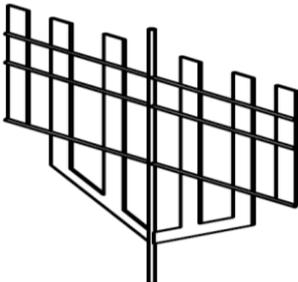
Motorreductor		
Gráfico	Datos técnicos	
	Marca	DEMAG
	Frecuencia	60 Hz
	Voltaje	220 V

Elaborado por: Cristian Quispe

### Agitador de rejillas

Este elemento cumple la función de agitar el agua a tratar y cubrir en su totalidad toda su área para que se sea una agitación uniforme está construido de hierro negro A-36 y recubierto con fibra de vidrio y resina poliéster para evitar la corrosión del material.

Tabla 6.14: Agitador de rejillas

Agitador de rejillas		
Gráfico	Datos técnicos	
	Régimen alcanzado	Laminar
	Velocidad tangencial	2-5 m/s
	Campo de flujo generado	Tangencial

Elaborado por: Cristian Quispe

### Tanque de filtración

En este van a ir colocados las capas de grava y arena que van a filtrar el agua proveniente del proceso de floculación.

Tabla 6.15: Características del tanque de filtración

Tanque de filtración		
Gráfico	Datos técnicos	
	Cantidad	1
	Volumen	0,2 m <sup>3</sup>
	Material	Polietileno

Elaborado por: Cristian Quispe

### Tubería de descarga al filtro

Esta tubería es la encargada de llevar el agua del proceso de floculación tratada con cal, al proceso de filtración, la cual se va a cerrar cuando llegue a su límite máximo de llenado mediante una boya.

Tabla 6.16: Características de la tubería de descarga

Tubería de descarga		
Gráfico	Datos técnicos	
	Material	PVC
	Diámetro	1 pulg
	Longitud	3 m
	Espesor	2.5 mm

Elaborado por: Cristian Quispe

## 6.7.2 Instalación eléctrica

### Pulsador on/off

Permite el paso y cierre de la energía mediante un pulsador, está colocado para accionar el motorreductor y la bomba de filtro.

Tabla 6.17: Características del Pulsador on/off

Pulsador on/off		
Gráfico	Datos técnicos	
	Potencia	55 W
	Voltaje	220v
	Amperaje	0,5 Amp
	Marca	Electric

Elaborado por: Cristian Quispe

## 6.7.3 Estructura

La estructura está construida de ángulo de 1.5 pulg \* 3 mm de espesor y platina de 1pulg \* 3 mm de espesor, la cual soporta el tanque de filtración del agua.

### 6.7.4 Resultado de la simulación de deformación de la tolva en software.

En las imágenes a continuación se muestran los parámetros principales de la simulación en el software y los resultados de la simulación de la tolva principal donde se va a realizar el tratamiento de los efluentes líquidos.

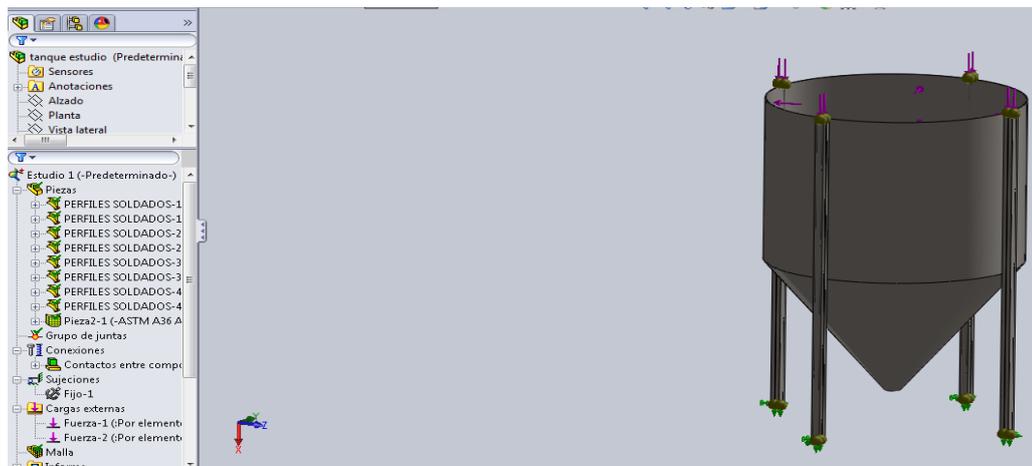
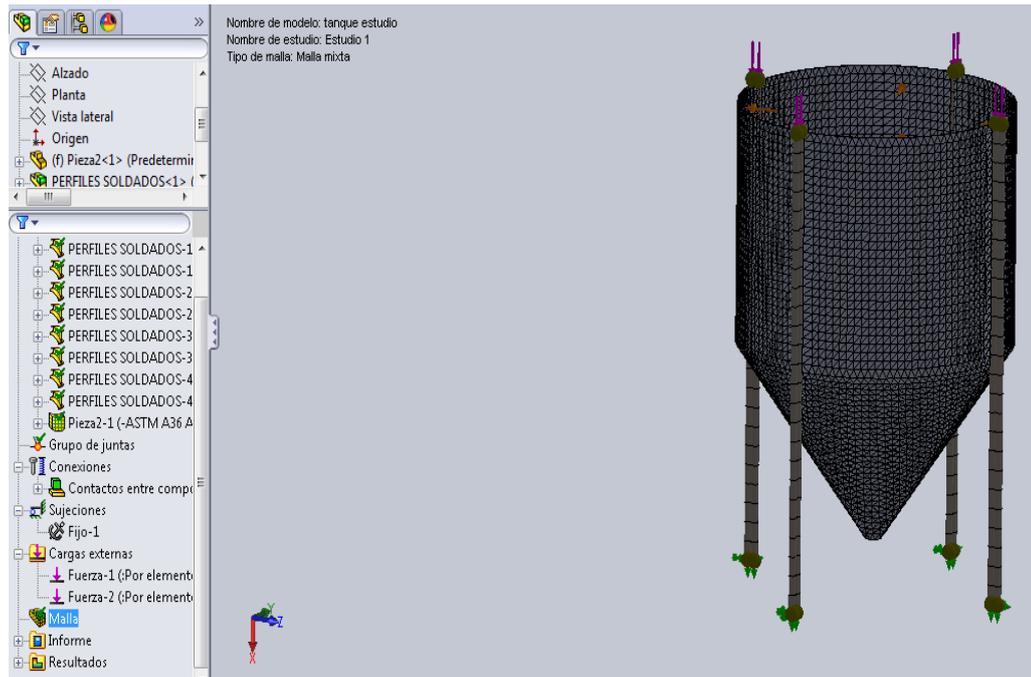
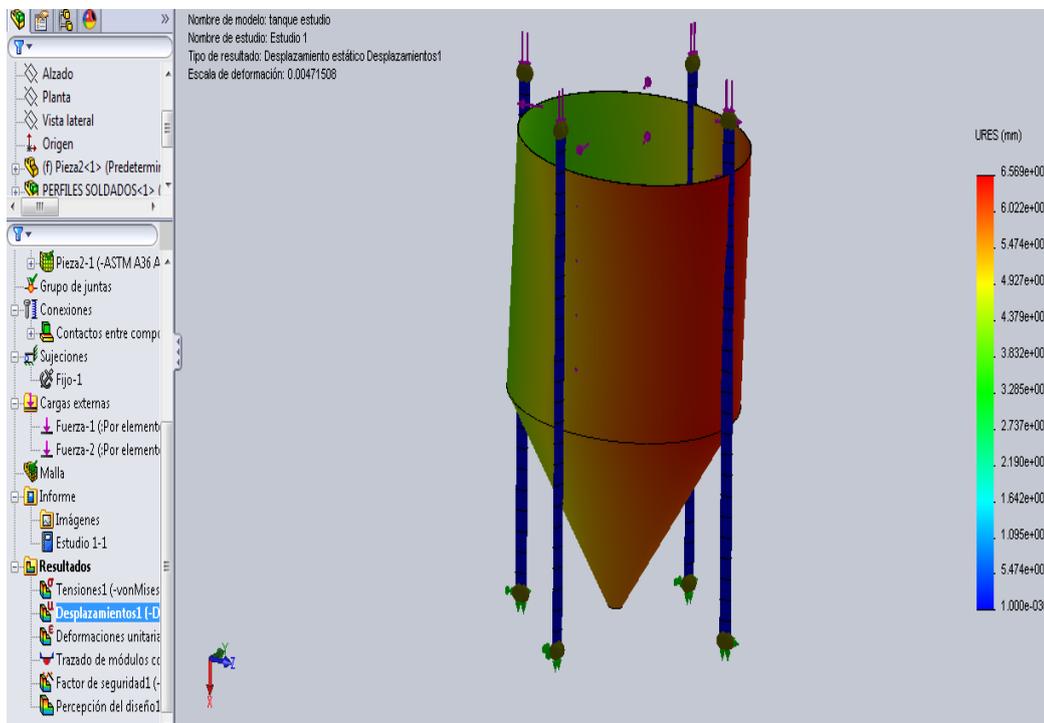


Figura 6.6: Tolva principal aplicada la carga

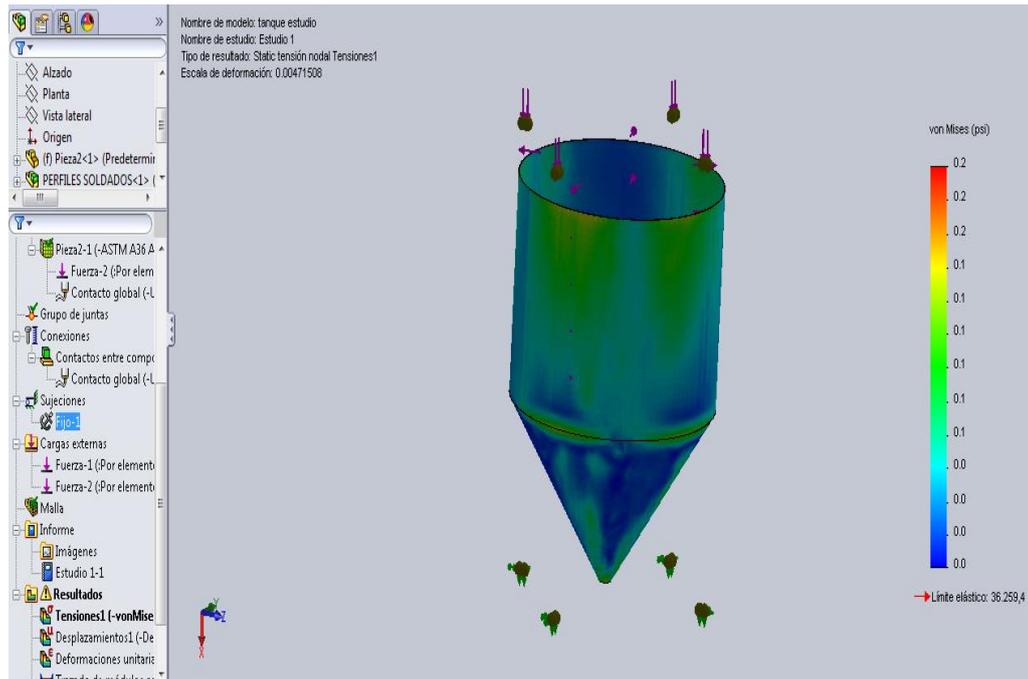
Elaborado por: Cristian Quispe



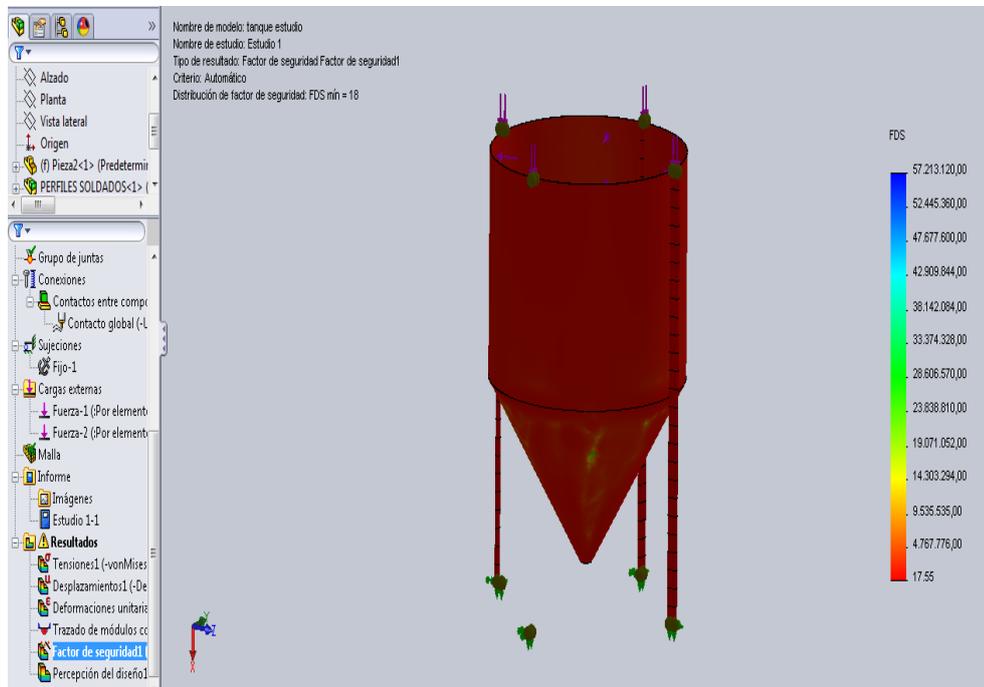
**Figura 6.7:** Calidad de mallado en compuestos  
**Elaborado por:** Cristian Quispe



**Figura 6.8:** Desplazamiento (mm) deflexión de la tolva  
**Elaborado por:** Cristian Quispe



**Figura 6.9:** Resultado de tensiones en la tolva principal  
 Elaborado por: Cristian Quispe



**Figura 6.10:** Resultado del factor de seguridad  
 Elaborado por: Cristian Quispe

## **6.8. Administración**

Con la finalidad de conservar en óptimas condiciones el funcionamiento del sistema de tratamiento de efluentes líquidos y evitar el deterioro del mismo es fundamental presentar un plan de mantenimiento.

### **6.8.1. Planeación**

#### **6.8.1.1. Manual de revisión para el sistema de tratamiento de efluentes líquidos:**

Con el objetivo de mantener en óptimas condiciones y una vida útil prolongada del filtro de arena y sus componentes se debe realizar las siguientes instrucciones. Se deberá realizar un mantenimiento continuo, esto quiere decir que después de cada filtración de los recipientes de cromado, niquelado, neutralizante, se procederá a realizar los siguientes pasos para el mantenimiento.

- 1.- Retirar el agua de la tolva receptora, esto se lo debe realizar ya que con el pasar del tiempo en el interior de los tanques se forman impurezas que pueden ocasionar obstáculos en las tuberías, accesorios y bombas.
- 2.- Verificar que no quede agua en el interior de la bomba, puesto que puede acelerar el proceso de corrosión en el interior de la misma.
- 3.- Observar que en las redes de tuberías no existan fisuras o averías por donde pueda escapar el fluido.
- 4.- Comprobar que los cables de las conexiones eléctricas no presenten desprendimiento del material aislante, ya que puede ocasionar un corto circuito el cual puede causar accidentes.
- 5.- Limpiar adecuadamente la bomba después de cada tratamiento para prolongar la vida útil de la máquina hidráulica.
- 6.- Realizar el retrolavado del filtro después de haber hecho la filtración de algún recipiente ya que esto nos ayudara a que el filtro no se obstruya y permita tener una mejor fluidez del agua.

### **6.8.2. Organización**

Para obtener resultados óptimos en las prácticas a realizar, se debe estar atento en lo que se refiere a las concentraciones óptimas a poner en el efluente, ya que si se pone mal esta concentración los resultados serán erróneos.

### **6.8.3 Dirección**

Para el tratamiento de efluentes líquidos, deberá ser dirigido y supervisado por una persona que conozca el funcionamiento del mismo, que para este caso puede ser el técnico responsable del proyecto.

### **6.8.4. Control**

Durante el funcionamiento del tratamiento de los efluentes líquidos, en caso de presentarse algún inconveniente el trabajador deberá informar al técnico encargado del proceso.

## **6.9 Previsión de la evaluación**

Con la finalidad de seguir repotenciando el sistema de tratamiento de agua, existen algunas alternativas para la disminución del impacto ambiental, dentro de éstas se puede mencionar las siguientes:

### **Variación en la granulometría de las arenas**

Con el fin de mejorar de cierta manera el estudio se recomienda el aumento de las capas de arena con granulometrías de diámetros menores a los utilizados, ya que con ello se lograra tener mejor calidad de filtración de las aguas, por el espacio que contamos en la empresa no se pudo realizar un cilindro de concreto para ir aumentando más capaz de filtración y espesores o alturas mucho mayores

### **6.9.1. Metodología utilizada para el proceso de floculación y filtración**

Después de haber presentado los resultados obtenidos al haber realizado el sistema de tratamiento de efluentes líquidos se ha determinado que hay que realizar el proceso de floculación con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a las concentraciones optimas antes ya

mencionadas a 40 rpm durante 15min y 15 min en reposo, mientras que el sistema de filtración está compuesta por granulometrías diferente como el de arena que es de (3 – 1.5) mm y el de grava de (6 - 3) mm.

El presente trabajo se realizó en su totalidad en el Laboratorio de Control de Calidad, EP – EMAPA - A, ya que se cuenta con los equipos suficientes para desarrollar los ensayos de la mejor manera, además se tiene una gran apertura por parte de las Autoridades para ocupar dichas instalaciones.

## 6.9.2. Resultado de las pruebas

Tabla 6.18: Resultados del porcentaje removido del recipiente del neutralizante.

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA
TURBIEDAD (Ntu)	28	6.4
COLOR U Pt-Co	20	10
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	4110	895
pH	8	8

Elaborado por: Cristian Quispe

En la tabla 6.18 se observa que la turbiedad disminuye en un 77.14%, color 50%, sólidos totales disueltos 78.22%, mientras que el pH se mantiene el mismo.

Tabla 6.19: Resultados del porcentaje removido del recipiente del niquelado.

HOJA DE RESULTADOS		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
PARÁMETROS	ENTRADA	SALIDA
TURBIEDAD (Ntu)	1670	64
COLOR U Pt-Co	20000	12590
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)	1190	780
pH	8	8

Elaborado por: Cristian Quispe

En la tabla 6.19 se observa que la turbiedad disminuye en un 96.16%, color 37.05%, sólidos totales disueltos 34.45% mientras que el pH se mantiene el mismo.

**Tabla 6.20:** Resultados del porcentaje removido del recipiente del cromado (A).

<b>HOJA DE RESULTADOS</b>		
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>
<b>TURBIEDAD (Ntu)</b>	96	18.7
<b>COLOR U Pt-Co</b>	5500	2453
<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>	870	456
<b>pH</b>	8	8

Elaborado por: Cristian Quispe

En la tabla 6.20 se observa que la turbiedad disminuye en un 80.52%, color 55.4%, sólidos totales disueltos 47.58% mientras que el pH se mantiene el mismo.

**Tabla 6.21:** Resultados del porcentaje removido del recipiente del cromado (B).

<b>HOJA DE RESULTADOS</b>		
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>
<b>TURBIEDAD (Ntu)</b>	60	35.3
<b>COLOR U Pt-Co</b>	1000	140
<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l)</b>	160	114
<b>pH</b>	8	8

Elaborado por: Cristian Quispe

En la tabla 6.21 se observa que la turbiedad disminuye en un 41.16%, color 86%, sólidos totales disueltos 28.75% mientras que el pH se mantiene el mismo.

### 4.3. BIBLIOGRAFÍA

#### 4.3.1 Fuentes Bibliográficas

##### Libros:

- BLANES, Senabre.Valero, Carolina. VELASCO, Sergio. 2011.”Diseño Mecánico con: Autodesk Inventor paso a paso”.ECU.Pag.5.Web site: <http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10467054&p00=inventor>
- CISILINO, Adrian Pablo, 2010.”Mecánica Computacional: fusión de arte, ciencia y técnica”. ANÍ, Academia Nacional de Ingeniería.Pag.128. Web site: <http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10431165&p00=mecanica%20fluidos%20computacional>
- DTU, Unidad de desarrollo de tecnología, Ram Pump Programme.
- FRANCISO, Sacristán Romero, 2005.”La tecnología al servicio del medio ambiente”. El Cid Editor.Pag.12. Web site: <http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10088659&p00=medio%20ambiente>
- GARCIA, Gregorio, 2008.”Energías del siglo XXI: de las energías fósiles a las alternativas”. Mundi Prensa.Pag.25. Web site: <http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10268752&p00=recursos%20energeticos>.
- GILES, Ranalt V, Mecánica de los Fluidos e Hidráulica.
- GOMEZ GONZALES, Sergio.2008.”Solidworks”.MArcombo.Pag.17.Web site:<http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10212354&p00=solidworks%20flow%20simulation>
- MATAIX, Claudio. (1986).Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. Ediciones del Castillo S.A. España. Madrid.
- MENDEZ, Manuel Vicente. 1994. “Tuberías a Presión en los Sistemas de Abastecimiento de Agua”. Caracas.
- MOTT, Robert L. 4<sup>ta</sup>edición. Mecánica de fluidos aplicada. Pearson Prentice Hall.

- RODRIGUEZ NUÑEZ, Yoissell, 2009.”Ecuaciones fundamentales de la dinámica de fluidos”. El Cid Editorial.Pag.3. Web site: <http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10337840&p00=mecanica%20fluidos>
- STREETER, Víctor L, WYLIE, E Benjamín. 8<sup>ta</sup> edición. Mecánica de los fluidos. McGraw-Hill.
- VARGAS, Watson. RIAÑO, Carlos. PINEDA, Lida.2010.”Ambientes virtuales para la enseñanza de la mecánica de fluidos: algunos ejemplos simplificados aplicando ANSYS”.Universidad Militar Nueva Granada.Pag.96. Website:<http://site.ebrary.com/lib/utasp/docDetail.action?docID=10345358&p00=elementos%20finitos>.

#### 4.3.2 Internet

- KROL, J., Automatic Hydraulic Pump, 1951. Web site: [http://www.cepeige.org/Documentos/2003\(78-98\).pdf](http://www.cepeige.org/Documentos/2003(78-98).pdf)
- Peace Corps. “A Training Manual in Conducting a Workshop in the Design, Construction, Operation, Maintenance and Repair of Hydram”. 1981.
- ORRERO, Santiago, 2009,”Simulacion de fluidos utilizando computadora”, Universidad EAFIT, Colombia, Medellín, Web site: [http://mecanica.eafit.edu.co/~sorrego/IntroCFD\\_Mecapl.pdf](http://mecanica.eafit.edu.co/~sorrego/IntroCFD_Mecapl.pdf)

# ANEXOS

# ANEXO A

## ANEXO A1

### EQUIPOS USADOS PARA REALIZAR LOS ENSAYOS DE FLOCULACIÓN Y FILTRACIÓN



JARTEST para ensayos de jarras



Balanza Analítica



Medidor de Color Aqua - Test



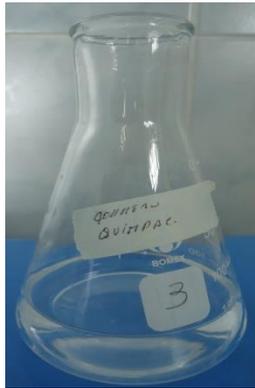
Espetrofotómetro HACH



Medidor de pH



Conductivímetro



Matraz con polímero



Turbidímetro HACH



Balón aforado



Celda para medición de turbiedad



Probeta



Pipeta con aspirador



Embudo con papel filtro



Agitador



Jarra de plástico de 1000 ml



Agua destilada

## ANEXO A2

### EMPRESA PÚBLICA-EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AMBATO DEPARTAMENTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

OF. DOM.2447-2013  
Ambato, 3 de julio de 2013

Ingeniero  
Francisco Pazmiño Gavilanes  
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
Ciudad

De mi consideración:

En atención a su comunicación FICM.D.358-13, mediante la cual solicita se le permita al Sr. Cristian Quispe la utilización del equipo de jarras en el Laboratorio de Aguas Residuales para efectuar cuatro ensayos; al respecto me permito autorizar lo requerido.

Cabe indicar que el equipo y la supervisión de estos trabajos queda a entera responsabilidad de la Dra. Jeaneth Díaz, Química del Laboratorio de Control de Calidad de la EP-EMAPA-A.

Atentamente,

  
**ING. LUIS CAICEDO P.**  
**Director de Operación y Mantenimiento**

2013-07-03  
Graciela F.  
c. Laboratorio de Calidad  
Interesado



ANEXO A3

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>	Página 1 de 1
17025-RG-SAP-05-01		
<b>DATOS DEL CLIENTE</b> SR. CRISTIAN QUISEP AMERICAN PARK SR. CRISTIAN QUISEP 997606850 CROMADORA CROMADORA 21 DE MAYO DEL 2013 / 11:00 HORAS	<b>DATOS GENERALES</b> CODIGO DE IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: TIPO DE MUESTRA: RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA: FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: FECHA DE EMISION DEL INFORME: CONDICIONES AMBIENTALES: Humedad (%) Temperatura (°C)	1305292-1305293-1305294 AGUA DE CROMADORA SR. CRISTIAN QUISEP 12:10 HORAS 21 DE MAYO DEL 2013 27 DE MAYO DEL 2013 56 19,5

PARAMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	NORMA INEN 1108 - 2011 PARA AGUA POTABLE	LIMITES MAXIMOS TULAS (para aguas que requieren ser sometidas a tratamiento)	LIMITES MAXIMOS TULAS (para aguas que unicamente requieren desinfeccion)	RESULTADOS		
						1.	2.	3.
COLOR REAL	U PtCo	APHA - 2120-C	Valor máximo permitido 15	100	20	10	15	>100
TURBIDIDAD	NTU	APHA - 2130-B	5	100	10	12,15	6,612	4,33
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	APHA - 2510-B		1000	500	7100	63330	4110
						144510	1190	870
								160

PARAMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACION	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL METODO
Cloro residual	0,25 - 2,0 mg/l	2%
Conductividad	50,0 - 2000	0,7%
Cromo Total	0,050 - 0,500 mg/l	6%
Manganeso Total	0,150 - 1,000	2%
pH	4,00 - 10,00	0,2%
Turbiedad	0,50 - 10,0	20%

PROFESIONALES RESPONSABLES:

  
 Ing. Jacqueline Ávila J.  
 ANALISTA DE LABORATORIO

  
 Dra. Jaquette Díaz S.  
 RESPONSABLE TÉCNICO



## ANEXO A4

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el Sr. Cristian Mauricio Quispe Ulloa, con CI 2100382510, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, realizó la parte técnica y experimental de la Tesis previa a la obtención de su título terminal con el nombre "SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA EMPRESA MUEBLES LEÓN Y SU INCIDENCIA EN EL IMPACTO AMBIENTAL".

El Sr. Quispe ha realizado su trabajo experimental en pruebas de Jarras, filtración, mediciones de color, turbiedad, conductividad etc, y ha utilizado los equipos de este Laboratorio con responsabilidad y con criterio profesional.

Lo cual certifico para que el presente certificado sea usado como el Sr. Quispe Creyere conveniente.

Atentamente:



DRA. JEANNETTE DIAZ SALTOS

ANALISTA QUÍMICO DE EPEMAPA-A



# ANEXO B

## ANEXO B

### MATERIALES UTILIZADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS



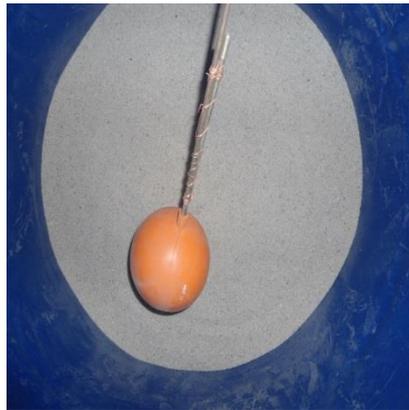
Base del filtro de arena



Agitador de regillas



Gravilla



Arena



Tubería de carga y descarga



Recipiente de agua contaminada



Tubería de retrolavado tipo espina de pescado



Flotador y manguera de alimentación de agua al filtro



Tapa de aireación del filtro de arena



Tolva



Tanque de filtración



Base del motor



Bomba de filtro



Motorreductor

# ANEXO C

## ANEXO C1

### ESPECIFICACIONES DE TIPOS DE FLUJOS DE ACUERDO AL NÚMERO DE REYNOLDS

Tipo de Flujo	Conducciones a	
	Presión (tuberías)	Superficie libre (canales)
Laminar	$Re < 2300$	$Re < 500$
Transicional	$2300 = Re = 4000$	$500 = Re = 12500$
Turbulento	$Re > 4000$	$Re > 12500$

## ANEXO C2

### ESPECIFICACIONES DEL HIERRO NEGRO A 36



CALIDAD  
**LAMINA  
HIERRO NEGRO  
A 36**

#### ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL MATERIAL

##### NORMAS APROXIMADAS

ASTM	A 36
BS (Ingl)	NO APLICA
DIN (Alem)	NO APLICA
JIS (Jap)	NO APLICA
UNI (Ital)	NO APLICA

##### RANGOS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

CARBONO	AZUFRE	FÓSFORO	MANGANESO	CROMO
C 0.10 - 0.26	S 0.05 (Max)	P 0.04 (Max)	Mn 0.80 - 1.20	Cr 0.20 (Max)
SILICIO				
Si 0.15 - 0.30				

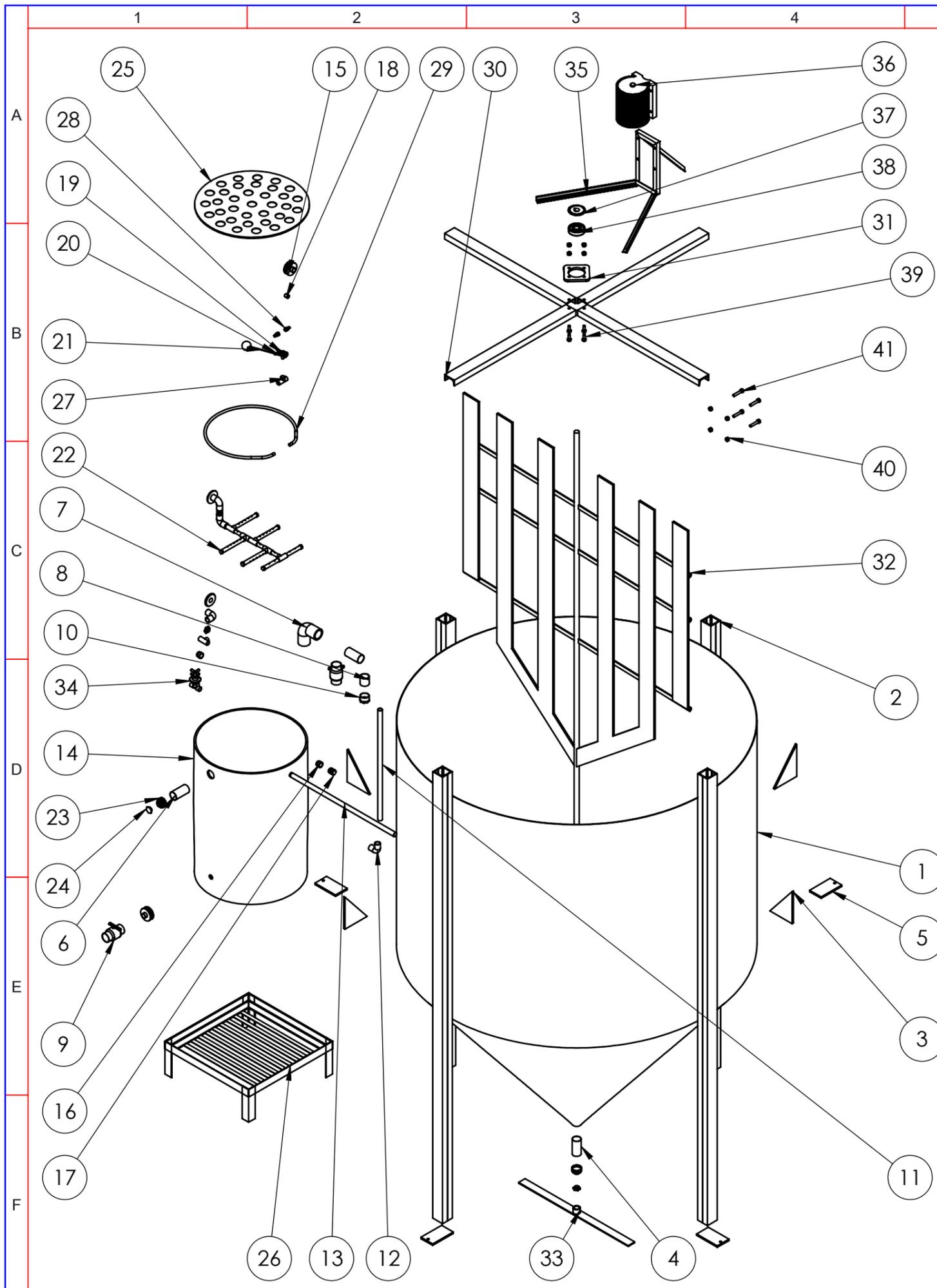
##### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Esta especificación cubre láminas al carbono de calidad estructural.

##### APLICACIONES

- Estas láminas pueden ser utilizadas para ser soldadas, remachadas o atornilladas en la construcción de puentes y edificios, y para propósitos estructurales en general.

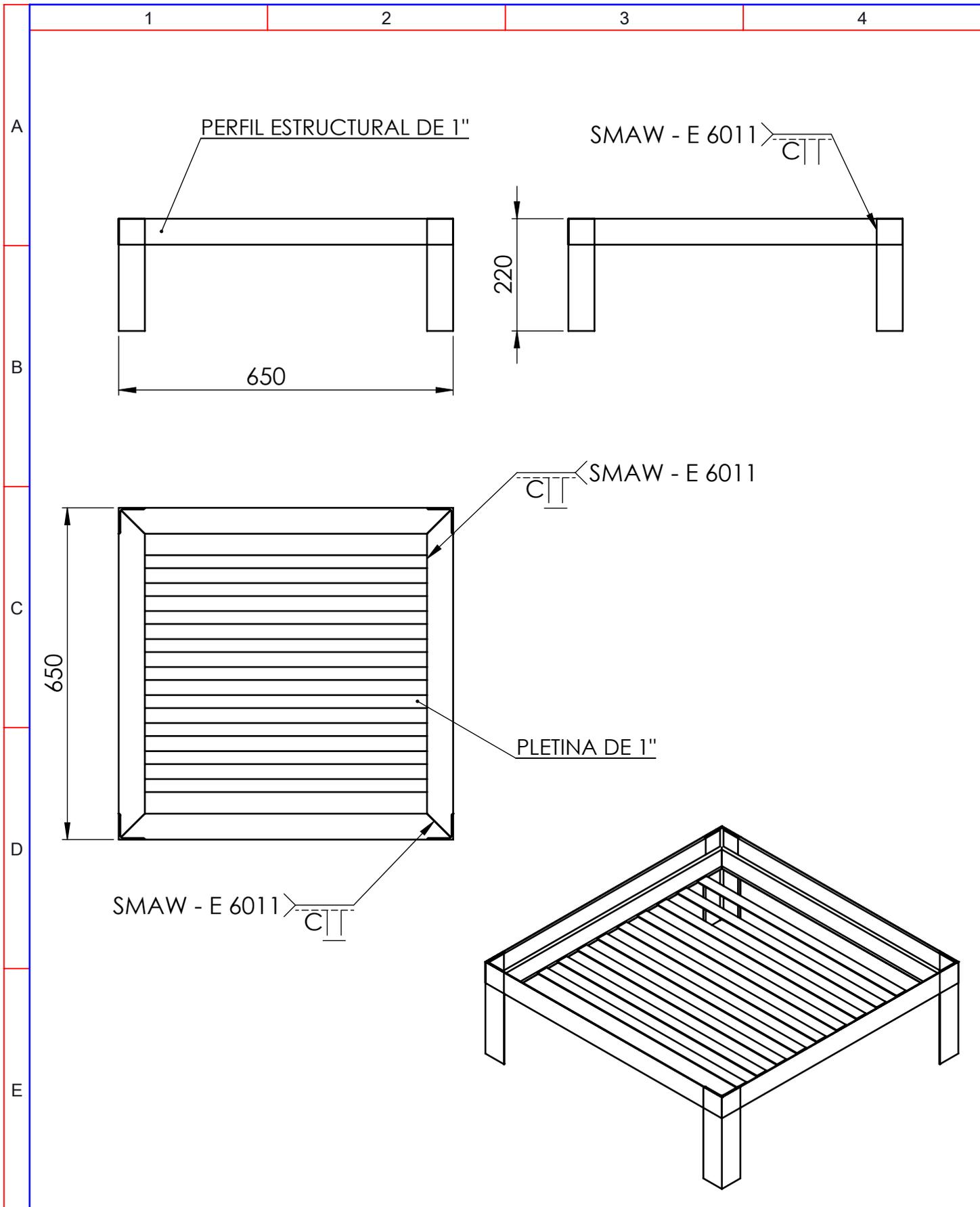
**PLANOS**



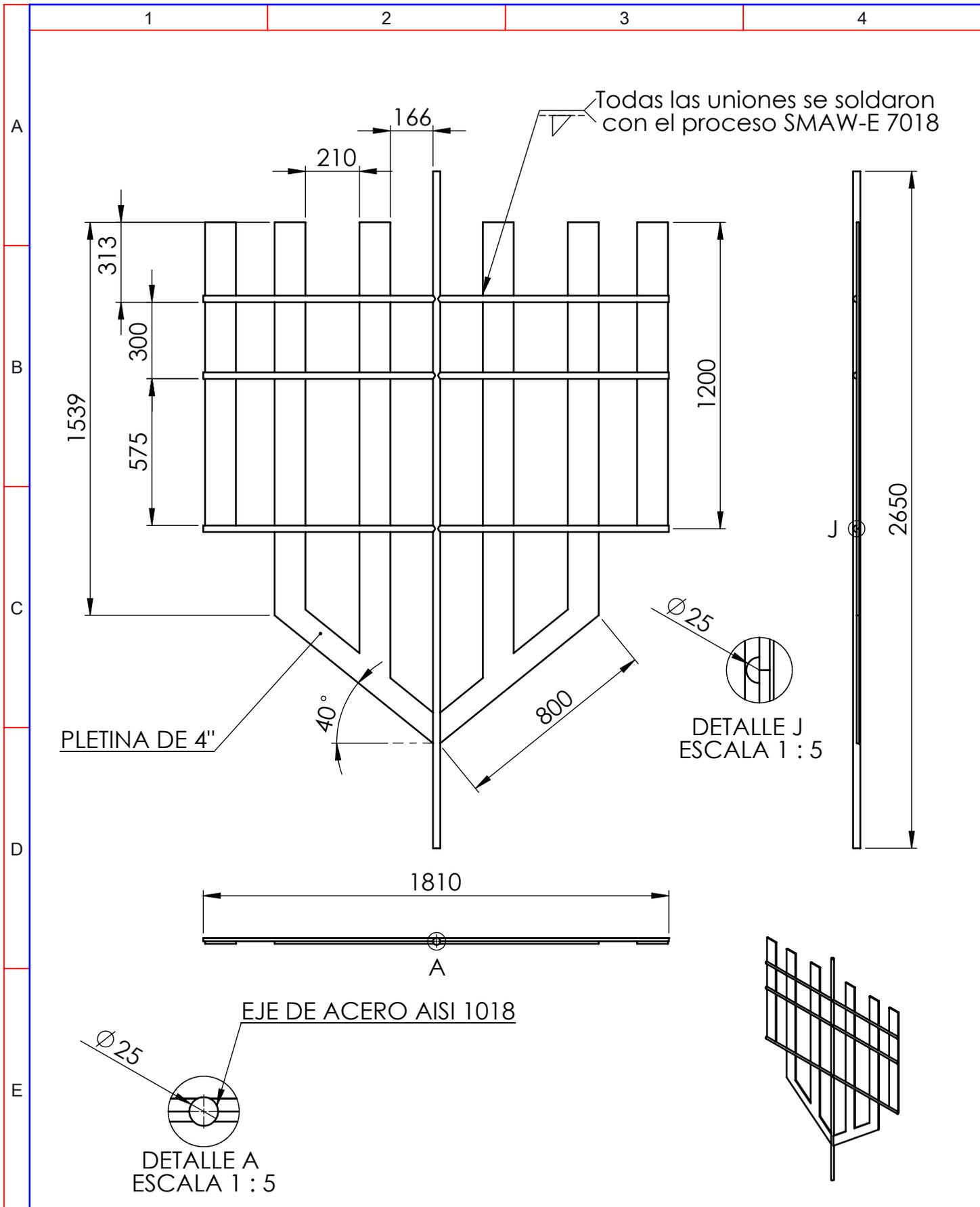
41	4	PERNO DE SUJECCIÓN	AISI 1020 - M16 x 30mm	ADQUIRIDO
40	8	TUERCA	AISI 1020	ADQUIRIDO
39	4	PERNO	AISI 1020 - M12 x 10mm	ADQUIRIDO
38	1	RODAMIENTO	De 90-Di 25mm(Bolas)	ADQUIRIDO
37	1	CATALINA	TIPO B - NK 60	ADQUIRIDO
36	1	MOTOR	P = 4 HP	ADQUIRIDO
35	1	BASE DE MOTOR	PERFIL ASTM A 36 -1plg	SOLDADO
34	1	LLAVE	CAÑERIA DE 1/2 plg	ADQUIRIDO
33	1	SOPORTE GUIA	ASTM A 36 - E 6 mm	SOLDADO
32	1	PALETAS	ASTM A 36 - E 6 mm	SOLDADO
31	1	ACOPLE RODAMIENTO	ASTM A 36 - E 6 mm	EMPERNADO
30	1	SOPORTE AGITADOR	PERFIL EN C - 2 plg - A 36	SOLDADO
29	1	MANGUERA PARA FILTRO	PVC - 1/2 plg	ADQUIRIDO
28	2	ADAPTADOR	PVC - 1/2 plg	ADQUIRIDO
27	2	TE	PVC - 3/4 plg	ADQUIRIDO
26	1	SOPORTE	PERFIL ASTM A 36 -1plg	SOLDADO
25	1	TAPA	POLIETILENO	ADQUIRIDO
24	3	TAPON HG	GALVANIZADO - 1 Pul	ADQUIRIDO
23	2	REDUCTOR HG	GALVANIZADO (2-1)plg	ADQUIRIDO
22	1	ESPIÑA DE PESCADO	PVC	ENSAMBLADO
21	1	BOYA	PVC	ADQUIRIDO
20	1	UNION DE FLOTADOR	BRONCE	ADQUIRIDO
19	1	VALVULA DE FLOTADOR	BRONCE	ADQUIRIDO
18	1	NEPLO PERDIDO	PVC - 3/4 plg	ADQUIRIDO
17	1	UNION	PVC - 3/4 plg	ADQUIRIDO
16	2	BUSHING	PVC - 3/4 plg	ADQUIRIDO
15	5	ACOPLE DE FILTRO	PVC - 3/4 plg	ADQUIRIDO
14	1	TANQUE DEL FILTRO	POLIETILENO - 52 Gl	ADQUIRIDO
13	1	TUBO DE FILTRACION	PVC ROSCABLE - 3/4 plg	ADQUIRIDO
12	2	CODO DE 1 PUL	PVC - 1plg	ADQUIRIDO
11	1	TUBO CONECTOR	PVC ROSCABLE - 3/4 plg	ADQUIRIDO
10	1	UNION UNIVERSAL	PVC - 3/4 plg	ADQUIRIDO
9	2	VALVULA DE PASO	PVC - 2 plg	ADQUIRIDO
8	1	NEPLO	GALVANIZADO - 2 x5 plg	SOLDADO
7	1	CODO	PVC - 2 plg	ADQUIRIDO
6	2	NEPLO	GALVANIZADO - 2 x 3 plg	SOLDADO
5	4	APOYO	ASTM A 36 - E 6 mm	SOLDADO
4	1	TUBO ROSCADO	GALVANIZADO - 2"	SOLDADO
3	4	NERVIO ESTRUCTURAL	ASTM A 36 - E 6 mm	SOLDADO
2	4	PERFILES SOLDADOS	PERFIL EN C - 2" - A 36	SOLDADO
1	1	TOLVA	HIERRO NEGRO - 3 mm	VAROLADO

N.º DE ORDEN	N.º DE PIEZAS	DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIÓN
--------------	---------------	--------------	-----------------	-------------

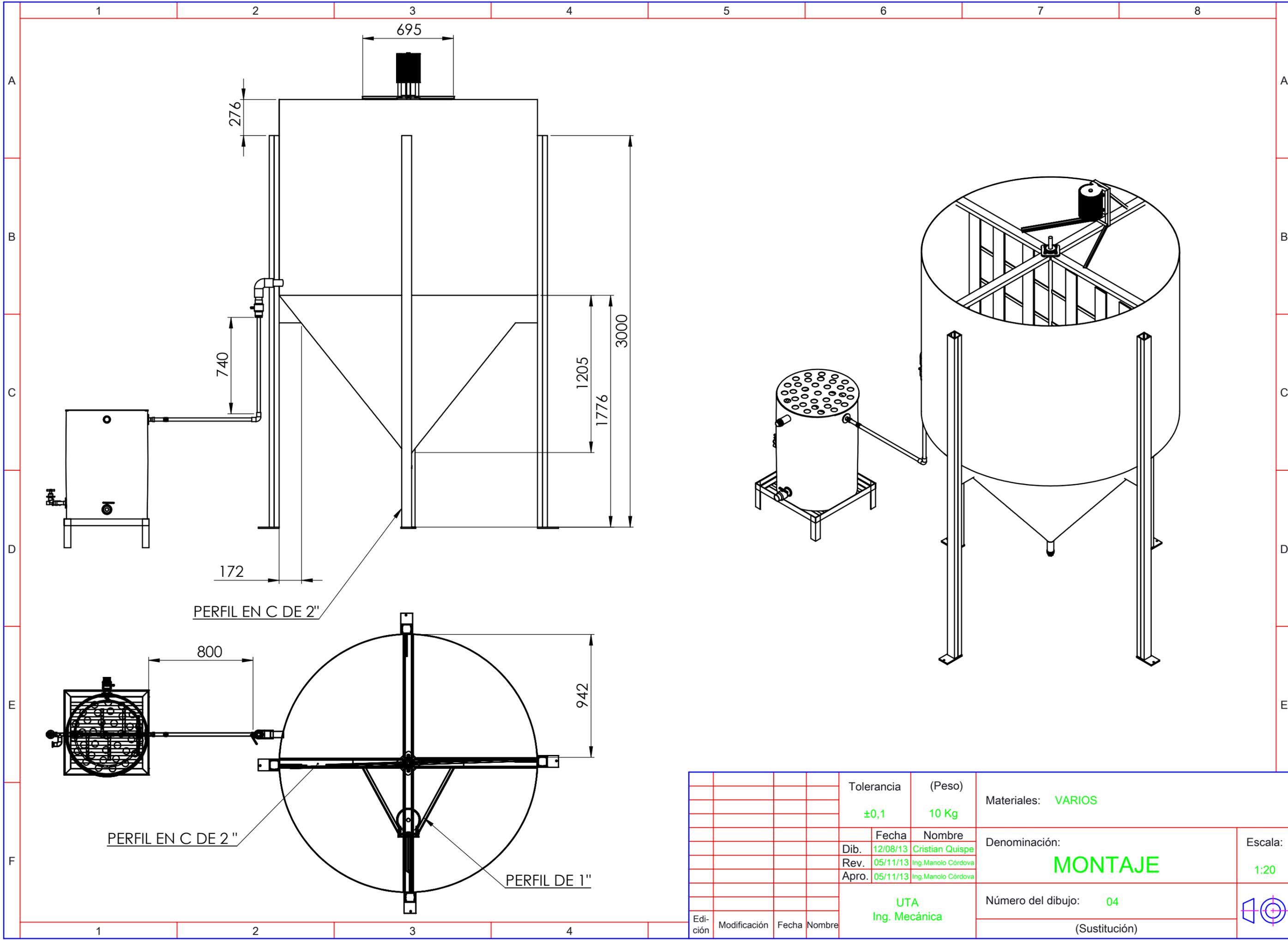
		Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>VARIOS</b>		
		±0,1	762.12 Kg			
		Fecha	Nombre	Denominación:		
		Dib. 12/08/13	Cristian Quispe	<b>DESPIECE DEL CONJUNTO</b>		
		Rev. 05/11/13	Ing.Manolo Córdova			Escala:
		Apro. 05/11/13	Ing.Manolo Córdova			1:20
		UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 01		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>ACERO ASTM A 36</b>	Escala:
				<b>±0,1</b>	<b>10.25 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>BASE</b>	1:10
			Dib.	12/08/13	Cristian Quispe		
			Rev.	05/11/13	Ing. Manolo Córdova		
				Apro.	05/11/13	Ing. Manolo Córdova	
				<b>UTA</b> Ing. Mecánica		Número del dibujo: <b>02</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>VARIOS</b>	Escala: <b>1:20</b>
				<b>±0,1</b>	<b>118.13 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	<b>PALETAS</b>	
			Dib.	<b>12/08/13</b>	<b>Cristian Quispe</b>		
			Rev.	<b>05/11/13</b>	<b>Ing. Manolo Córdova</b>		
			Apro.	<b>05/11/13</b>	<b>Ing. Manolo Córdova</b>	Número del dibujo: <b>03</b>	
				<b>UTA</b>		<b>(Sustitución)</b>	
				<b>Ing. Mecánica</b>			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: <b>VARIOS</b>	Escala: <b>1:20</b>
				<b>±0,1</b>	<b>10 Kg</b>		
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>MONTAJE</b>	
				Dib. 12/08/13	Cristian Quispe		
				Rev. 05/11/13	Ing. Manolo Córdova		
				Apro. 05/11/13	Ing. Manolo Córdova	Número del dibujo: <b>04</b>	
				<b>UTA</b> Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				