

**ADECUACIÓN DE CONDICIONES QUÍMICAS DEL AFLUENTE DE LA PLANTA
DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) COMO MEDIDA CORRECTIVA PARA
LOGRAR LA EFECTIVA DEGRADACIÓN DE DESECHOS
EN ALPINA S.A.**

PAOLA ANDREA CAJIAO RESTREPO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
POPAYÁN
2013**

**ADECUACIÓN DE CONDICIONES QUÍMICAS DEL AFLUENTE DE LA PLANTA
DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) COMO MEDIDA CORRECTIVA PARA
LOGRAR LA EFECTIVA DEGRADACIÓN DE DESECHOS
EN ALPINA S.A.**

**Trabajo de grado: Modalidad pasantía presentado como requisito parcial
para optar por el título de Químico**

PAOLA ANDREA CAJIAO RESTREPO

**DIRECTOR
M. Sc. ISABEL BRAVO REALPE
PROFESORA TITULAR DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**CODIRECTOR
CARLOS ZAPATA
SUPERVISOR PTAR ALPINA S.A. PLANTA POPAYÁN**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
POPAYÁN
2013**

Nota de Aceptación

Director
Msc. Isabel Bravo Realpe

Codirector
Supervisor PTAR Carlos Zapata

Jurado
Ing. Químico René Zuñiga

Jurado
Químico Diego Zuluaga

Fecha de sustentación: Popayán, 25 de junio de 2013

DEDICATORIA

A Dios, por ser la roca en la cual se construye mi vida.

A mi hija Manuela, por ser el motor de mi vida, por su alegría y cariño.

A mi querida abuelita Clara Elisa que descansa en la paz del Señor, quien dedicó parte de su vida en mi crecimiento personal, que con sus cuidados y consejos, me enseñó a ser una buena mujer.

A mi tía Luz Myriam, por ser la persona quien siempre me ha brindado su amor incondicional, sus consejos y comprensión.

A Andrés Velasco por su apoyo en los primeros años de carrera.

A mis padres, hermanos, tías y amigos por su apoyo y consejo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Padre Dios, por darme el don de la vida, por ser mi fortaleza y auxilio en cada momento de mi vida. Por regalarme las capacidades necesarias para cumplir con esta meta y por ser quien siempre me llevará de su mano en el presente y en el futuro.

A mi directora Msc. Isabel Bravo Realpe, por su dedicación, buenos consejos, por su cariño y apoyo, por enseñarme a enfrentar la vida con los conocimientos, el esmero y el trabajo duro. Por ser una modelo ejemplar como persona, docente y madre.

A mi codirector Carlos Zapata, supervisor de la PTAR Alpina S.A, por darme el apoyo e información necesaria para el desarrollo de este trabajo. Por brindarme su amistad y por compartir conmigo sus conocimientos relacionados al análisis de aguas.

Al personal de Alpina, Planta Popayán, al Gerente Omar Arias, por sus consejos, por su apoyo y por brindarme la oportunidad de hacer un aporte en beneficio de la empresa.

A mis jurados Ing. Químico René Zuñiga y Doctor en Química Diego Zuluaga, por sus sugerencias, dedicación e instrucciones.

Al personal docente del departamento de Química que fue parte fundamental en mi formación personal y profesional.

A mis compañeros de estudio.

A mi familia por su apoyo incondicional, paciencia y amor.

Gracias

CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN.....	20
1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
2	OBJETIVOS.....	22
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3	FUNDAMENTO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	23
3.1	PTAR.....	23
3.1.1	Tipos de Aguas Residuales.....	23
3.1.1.1	Industriales.....	23
3.1.1.2	Domésticas.....	25
3.2	PROCESO DE LIMPIEZA, SANITIZACIÓN Y DESINFECCIÓN.....	26
3.2.1	Limpieza.....	26
3.2.1.1	CIP (Cleaning in place).....	26
3.2.1.2	COP (Cleaning out of Place).....	26
3.2.1.3	Tipos de suciedades.....	27
3.2.2	Limpieza Manual.....	27
3.2.2.1	Utilización de Sustancias Químicas.....	27
3.2.3	Sanitización.....	28
3.2.4	Desinfección.....	29

3.3	PROCEDENCIA DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES EN ALPINA.....	30
3.3.1	La Leche.....	30
3.3.1.1	Calidad Composicional.....	31
3.3.1.2	Calidad Higiénico-Sanitaria (Inocuidad).....	31
3.3.1.3	Calidad Sensorial.....	32
3.3.1.4	Calidad Comercial.....	32
3.3.1.5	Calidad Ética.....	32
3.3.2	Microorganismos en Leche Cruda.....	32
3.3.3	Aguas Residuales procedentes del Área de Calidad.....	33
3.3.4	Aguas Residuales procedentes del Área de Producción.....	34
3.3.4.1	Ácidos.....	35
3.3.4.2	Bases.....	35
3.3.4.3	Desinfectantes.....	35
3.3.4.4	Sanitizantes.....	35
3.3.5	Aguas Residuales procedentes del Área de Calderas.....	35
3.3.6	Otros residuos líquidos de la industria láctea.....	36
3.4	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	37
3.4.1	Parámetros Físicos.....	37
3.4.1.1	Turbiedad.....	37
3.4.1.2	Color.....	37
3.4.1.3	Olor y Sabor.....	37
3.4.1.4	Temperatura.....	37
3.4.2	Parámetros Químicos.....	37
3.4.2.1	Acidez.....	37

3.4.2.2	Calcio y Magnesio.....	38
3.4.2.3	Cloruros.....	38
3.4.2.4	Compuestos Tóxicos.....	38
3.4.2.5	Detergentes.....	38
3.4.2.6	Fósforo.....	38
3.4.2.7	Grasas y Aceites.....	38
3.4.2.8	Metales Pesados.....	38
3.4.2.9	Oxígeno Disuelto.....	38
3.4.2.10	pH.....	38
3.4.2.11	Sólidos.....	38
3.4.3	Parámetros Biológicos.....	39
3.4.3.1	Las Bacterias.....	39
3.4.3.2	Tipos de Bacterias en Aguas Residuales.....	39
3.4.3.3	Requerimientos de las Bacterias para su Supervivencia.....	39
3.4.3.4	Tipos de Digestión de las Bacterias.....	40
3.5	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	42
3.5.1	Determinación Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	42
3.5.2	Determinación Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	43
3.5.3	Determinación pH y Temperatura.....	43
3.5.4	Determinación Sólidos Suspendedos Totales (SST).....	44
3.6	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	44
3.6.1	Tratamientos Previo y Primario.....	44
3.6.2	Tratamiento Secundario.....	45

3.6.3	Tratamiento Terciario y Cuaternario.....	45
3.7	ÁCIDOS UTILIZADOS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.....	45
3.7.1	Características del Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄).....	45
3.7.2	Características del Ácido Nítrico (HNO ₃).....	46
3.7.3	Características del Ácido Clorhídrico (HCl).....	46
3.7.4	Características del Peróxido de Hidrógeno (H ₂ O ₂).....	46
3.8	PROCEDIMIENTOS ESTÁNDAR OPERATIVOS (POE).....	46
3.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	47
3.9.1	Pruebas de Normalidad.....	47
3.9.1.1	Pruebas Paramétricas.....	47
3.9.1.2	Pruebas No Paramétricas.....	48
4	METODOLOGÍA.....	49
4.1	LOCALIZACIÓN.....	49
4.2	EVALUACIÓN DE LA PROCEDENCIA DEL CAMBIO EN LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE.....	49
4.2.1	Procedimiento para la Determinación de Ácido Peracético (APA).....	50
4.2.1.1	Principio.....	50
4.2.1.2	Valoración APA.....	51
4.2.1.3	Cálculos.....	51
4.2.1.4	Estandarización del Tiosulfato de Sodio.....	51
4.2.1.5	Procedimiento.....	51
4.2.1.6	Cálculos.....	52
4.2.2	Procedimiento para la Determinación de Hidróxido de Sodio (NaOH) en Aguas de Lavado.....	53

4.2.2.1	Principio.....	53
4.2.2.2	Valoración del NaOH.....	53
4.2.2.3	Preparación y Estandarización del HCl 0,5N.....	53
4.2.2.4	Cálculos.....	54
4.2.3	Valoración del Ácido Nítrico (HNO ₃) en Aguas de Lavados.....	54
4.2.3.1	Principio.....	55
4.2.3.2	Valoración del HNO ₃	55
4.2.3.3	Preparación y Estandarización del NaOH 0,2N.....	55
4.2.3.4	Cálculos.....	55
4.3	DIAGNÓSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AFLUENTE DE LA PTAR.....	56
4.3.1	Determinación Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	57
4.3.1.1	Principio.....	57
4.3.1.2	Procedimiento.....	57
4.3.2	Determinación Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO ₅).....	57
4.3.2.1	Principio.....	58
4.3.2.2	Procedimiento.....	58
4.3.3	Determinación Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	58
4.3.3.1	Principio.....	58
4.3.3.2	Procedimiento.....	59
4.3.4	Determinación pH y Temperatura.....	59
4.3.4.1	Principio.....	59
4.3.4.2	Procedimiento.....	60
4.4	DISEÑO ESTADÍSTICO DEL MUESTREO.....	60

4.5	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	61
4.6	ADECUACIÓN CONDICIONES QUÍMICAS DEL AFLUENTE.....	61
4.7	PROPUESTA DE SOLUCIONES REALES CON BASE EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	61
4.8	ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO POE EN EL QUE SE CONSIGNAN LAS RECOMENDACIONES RESPECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE DE LA PTAR.....	61
4.9	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DEL MANEJO DE RESIDUOS.....	62
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	63
5.1	EVALUACIÓN DE LA PROCEDENCIA DEL CAMBIO EN LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE.....	64
5.1.1	Evaluación Residuos Líquidos Dependencia de Calidad.....	64
5.1.2	Evaluación Residuos Líquidos Dependencia de Calderas.....	79
5.1.3	Evaluación Residuos Líquidos Dependencia Producción.....	81
5.2	EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AFLUENTE DE LA PTAR MEDIANTE LAS DETERMINACIONES DE DQO, DBO ₅ , SST, pH Y TEMPERATURA....	86
5.2.1	Determinación DQO en Afluente.....	87
5.2.2	Determinación DBO ₅ en Afluente.....	88
5.2.3	Determinación SST en Afluente.....	90
5.2.4	Determinación pH y Temperatura en Afluente.....	90
5.2.4.1	El pH.....	90
5.2.4.2	La Temperatura.....	93

5.3	ADECUACIÓN DE LAS CONDICIONES QUÍMICAS DEL AFLUENTE PARA LOGRAR SU EFICAZ TRTAMIENTO EN LA PTAR.....	95
5.4	PROPUESTA DE SOLUCIONES REALES CON BASE EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	101
5.5	ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO POE EN EL QUE SE CONSIGNAN LAS RECOMENDACIONES RESPECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES QUÍMICAS DEL AFLUENTE DE LA PTAR.....	102
5.6	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS.....	103
6.	CONCLUSIONES.....	104
	BIBLIOGRAFÍA.....	105
	ANEXO A. Concentraciones de Residuos de Lavados y Estandarización de Reactivos.....	110
	ANEXO B. Pruebas de Normalidad de Datos de Residuos de Lavados.....	116
	ANEXO C. Datos Efluente PTAR.....	120
	ANEXO D. POE: RECOMENDACIONES MEJORAMIENTO CONDICIONES DEL AFLUENTE DE LA PTAR (Pre-tratamiento con ajuste de pH).....	121

ACRÓNIMOS

- ANOVA:** Análisis de varianza
- APA:** Ácido peracético
- BPM:** Buenas Prácticas de Manufactura
- CFR:** Code of Federal Regulations (Código de Regulaciones Federales)
- CIP:** Clean-in-place
- COP:** Limpieza fuera de posición
- CV:** Coeficiente de variación
- CO₂:** Dióxido de Carbono
- DBO₅:** Demanda Bioquímica de Oxígeno después de 5 días
- DQO:** Demanda Química de Oxígeno
- F:** Estadístico F, de la prueba F de Fisher
- gl:** Grados de Libertad en estadística
- H₀:** Hipótesis nula
- H_a:** Hipótesis alternativa
- H₂SO₄:** Ácido Sulfúrico
- HCl:** Ácido Clorhídrico
- HNO₃:** Ácido Nítrico
- H₂O₂:** Peróxido de Hidrógeno
- PM:** Peso molecular
- POE:** Procedimiento Operativo Estándar
- PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- R.A:** Reactivo Analítico
- S:** Desviación estándar
- Sig.:** Significancia
- SST:** Sólidos Suspendidos Totales
- t:** estadístico t, de la prueba t de Student.

LISTA DE TABLAS

		Pág
Tabla 1.	Sustancias químicas utilizadas en Plantas de Alimentos.....	28
Tabla 2.	Composición físico-química del Oxonia.....	29
Tabla 3.	Composición y estructura físico-química de la leche.....	31
Tabla 4.	Parámetros fisicoquímicas de la leche cruda.....	33
Tabla 5.	Composición química desinfectantes, sanitizantes y detergentes.....	35
Tabla 6.	Contaminantes en aguas residuales, parámetros de medida e impacto ambiental.....	42
Tabla 7.	Muestras a tomar en las diferentes dependencias de la planta	60
Tabla 8.	Datos de pH de los residuos del Laboratorio de Calidad semanas 1-3	64
Tabla 9.	Datos de pH de los residuos del Laboratorio de Calidad semanas 4-6.....	65
Tabla 10.	Prueba de Kruskal-Wallis Día-Semanas en laboratorio de calidad...	66
Tabla 11.	Prueba de Mann-Whitney en función del día laboratorio de calidad...	66
Tabla 12.	Informe de Medias pH por días laboratorio de calidad.....	66
Tabla 13.	Prueba de Mann-Whitney en función de la semana en laboratorio de calidad.....	67
Tabla 14.	Informe de Medias pH por Semana en laboratorio de calidad.....	67
Tabla 15.	Datos de pH de los residuos de lavados de carrotanques semanas 1-3.....	68
Tabla 16.	Datos de pH de los residuos de lavado de los carrotanques semanas 4-6.....	69
Tabla 17.	Prueba de Kruskal-Wallis Día-Semanas carrotanques.....	69
Tabla 18.	Prueba de Mann-Whitney en función del día residuos de lavados de carrotanques.....	69

Tabla 19.	Informe de Medias pH por Días residuos de lavados de carrotanques.....	70
Tabla 20.	Prueba de Mann-Whitney en función de la semana de residuos de lavados de carrotanques.....	70
Tabla 21.	Informe de Medias pH por Semanas-residos de lavados carrotanques.....	71
Tabla 22.	Datos de pH de los residuos de lavado de la batidora semanas 1-6.....	72
Tabla 23.	Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas- residuos de lavado batidora.....	72
Tabla 24.	Prueba de Mann-Whitney en función del día-residuos de lavado con NaOH.....	73
Tabla 25.	Prueba de Mann-Whitney en función del día- residuos de lavados con Oxonia.....	73
Tabla 26.	Informe de Medias pH por Días- residuos de lavados con Progress, NaOH y Oxonia.....	74
Tabla 27.	Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos de lavados con Progress.....	74
Tabla 28.	Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos de lavado con NaOH.....	75
Tabla 29.	Informe de Medias pH por Días-residuos de lavados con Progress, NaOH y Oxonia.....	75
Tabla 30.	Datos residuos de lavados en Pasterizador con NaOH y HNO ₃	76
Tabla 31.	Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas-residuos lavados en pasterizador.....	76
Tabla 32.	Prueba de Mann-Whitney en función del día-residuos lavados con HNO ₃ en Pasterizador.....	77
Tabla 33.	Informe de Medias pH por Días-residuos lavados con NaOH y HNO ₃ en Pasterizador.....	77
Tabla 34.	Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos de lavados con NaOH.....	77

Tabla 35.	Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos lavados con HNO ₃ en Pasterizador.....	78
Tabla 36.	Informe de Medias pH por Semanas-residuos lavados con NaOH y HNO ₃ en Pasterizador.....	78
Tabla 37.	Datos residuos de lavados en Calderas.....	79
Tabla 38.	Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas-residuos lavados en Calderas.....	80
Tabla 39.	Prueba de Mann-Whitney en función de la semana-residuos lavados en Calderas.....	80
Tabla 40.	Informe de medias en función de las semanas-residuos lavados en Calderas.....	80
Tabla 41.	Datos residuos de lavados en CIP - Producción con NaOH y HNO ₃	81
Tabla 42.	Prueba de Kruskal-Wallis Semanas-residuos lavados CIP-Producción con NaOH y HNO ₃	82
Tabla 43.	Informe de medias en función de la Semana-residuos lavados CIP-Producción con NaOH.....	82
Tabla 44.	Informe de medias en función de la Semana-residuos lavados CIP-Producción con NaOH.....	82
Tabla 45.	Datos residuos de lavados de Instrumentación-Producción con Oxonia Semanas 1-3.....	83
Tabla 46.	Datos residuos de lavados Instrumentación-Producción con Oxonia semanas 4-6.....	84
Tabla 47.	Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.....	84
Tabla 48.	Prueba de Mann-Whitney en función del día-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.....	85
Tabla 49.	Informe de medias en función de los días-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.....	85
Tabla 50.	Prueba de Mann-Whitney en función de la semana-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.....	85
Tabla 51.	Informe de medias en función de las Semanas-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.....	86

Tabla 52.	Resumen de residuos provenientes de lavados de Calidad y Producción.....	86
Tabla 53.	Parámetros de vertimientos a cuerpos receptores y alcantarillado público según Decreto 3930/20120.....	87
Tabla 54.	pH y temperatura de vertimientos según Decreto 3930/20120.....	87
Tabla 55.	Datos Demanda Química de Oxígeno PTAR planta Alpina Popayán.....	88
Tabla 56.	Datos Demanda Bioquímica de Oxígeno en afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	89
Tabla 57.	Relación DBO/DQO en afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	89
Tabla 58.	Sólidos Suspendidos Totales en afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	90
Tabla 59.	Promedios de pH en afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	91
Tabla 60.	Pruebas de normalidad por Semanas-pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	92
Tabla 61.	Pruebas de normalidad por días - pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	92
Tabla 62.	Kruskal-Wallis por días-semanas - pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	92
Tabla 63.	Informe de medias en función de la semana y los días-pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	92
Tabla 64.	Datos Temperatura en afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	94
Tabla 65.	Prueba de normalidad datos Temperatura en afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	94
Tabla 66.	Kruskal-Wallis Días-Semanas Temperatura afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	94
Tabla 67.	Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana - Temperatura afluente PTAR planta Alpina Popayán.....	94
Tabla 68.	Informe de medias en función de Semana - Temperatura Afluente PTAR.....	95
Tabla 69.	Datos Neutralización con Acido Sulfúrico.....	95

Tabla 70.	Datos Neutralización con Acido Clorhídrico.....	96
Tabla 71.	Datos Neutralización con Acido Nítrico.....	96
Tabla 72.	Prueba de normalidad para valores de pH con los diferentes tratamientos.....	97
Tabla 73.	Prueba de ANOVA del pH con Ácidos en función de la Semana.....	97
Tabla 74.	Prueba de ANOVA pH con volúmenes de Ácidos en función de la Semana.....	98
Tabla 75.	Prueba de Tukey volúmenes con Acido Clorhídrico.....	98
Tabla 76.	Prueba de Tukey volúmenes con Acido Nítrico.....	98
Tabla 77.	Informe de Medias de Volúmenes de tres ácidos en función de la Semana.....	99
Tabla 78.	Prueba T de comparación entre volúmenes de Acido Sulfúrico, Clorhídrico y Nítrico.....	99
Tabla 79.	Neutralización con Peróxido de Hidrógeno.....	100
Tabla 80.	Pruebas de normalidad para Peróxido de Hidrógeno.....	100
Tabla 81.	ANOVA para valores de pH obtenidos con Peróxido de Hidrógeno....	100
Tabla 82.	ANOVA para volúmenes de Peróxido de Hidrogeno en función de la semana.....	101
Tabla 83.	Prueba Duncan para volúmenes de Peróxido de Hidrógeno en función de la Semana.....	101
Tabla 84.	Costo-beneficio generado por los agentes químicos.....	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Clasificación de Residuos Industriales.....	24
Figura 2. Diagrama de flujo lavados en Alpina.....	34
Figura 3. Ruta aerobia y anaerobia en la degradación material orgánico por microorganismos.....	41
Figura 4. Ubicación de la Planta PTAR de Alpina S.A en Popayán.....	49
Figura 5. Diagrama de Flujo Determinación ácido Peracético.....	51
Figura 6. Diagrama de flujo estandarización Tiosulfato de Sodio.....	52
Figura 7. Diagrama de Flujo valoración del NaOH en Aguas de lavados....	53
Figura 8. Diagrama de Flujo Preparación y Estandarización de HCl 0,5N...	53
Figura 9. Diagrama de Flujo valoración del HCl en Aguas de lavados.....	55
Figura 10. Diagrama de Flujo preparación y estandarización NaOH 0,2N....	55
Figura 11. Diagrama de Flujo Determinación DQO.....	57
Figura 12. Diagrama de Flujo Determinación DBO ₅	58
Figura 13. Diagrama de Flujo Determinación SST.....	59
Figura 14. Diagrama de Flujo Determinación pH y Temperatura.....	60
Figura 15. Diagrama de Flujo Aguas Residuales Alpina S.A.....	63

RESUMEN

La PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lodos Activados) de ALPINA S.A empresa dedicada a la producción de lácteos y derivados, ha presentado serios inconvenientes relacionados con el tratamiento de residuos, debido a los procesos de desinfección y sanitización, que generan condiciones químicas inadecuadas en el desarrollo microbial requerido en la degradación. En este trabajo, modalidad de pasantía, se evaluó la procedencia de los cambios en las condiciones químicas del afluente, encontrándose amplia variabilidad en los enjuagues correspondientes a los lavados realizados en las dependencias de calidad y producción, con un aporte significativo de alcalinidad en este.

Posteriormente se efectuó un diagnóstico de las características químicas del afluente, a partir de ensayos experimentales apoyados en los protocolos de la empresa, revelando que se generan residuos fácilmente degradables y otros tóxicos, que necesitan de microorganismos aclimatados para conseguir una biodegradación óptima. La evaluación de las condiciones y el diagnóstico se hicieron en un periodo de seis semanas.

Se realizaron pruebas de neutralización en la zona de desbaste (trampa de grasas) por un periodo de cuatro semanas, con diferentes ácidos que contribuyen en la disminución del pH. De los ácidos ensayados, el ácido sulfúrico resultó el más adecuado, porque además aporta azufre, nutriente requerido por los microorganismos para la biodegradación de residuos en la PTAR.

Las recomendaciones del uso de este ácido y las cantidades necesarias, según el volumen de aguas residuales industriales generadas en la planta fueron consignadas en un Manual de **Procedimientos Operativos Estandar (POE)**, que servirá como apoyo a los operarios en los procesos de lavado y encargados del buen funcionamiento de la PTAR.

A los resultados obtenidos se les aplicó un tratamiento estadístico mediante el paquete SPSS versión 11.5, sometiendo los datos inicialmente a pruebas de normalidad, luego se aplicaron pruebas no paramétricas y en algunos casos paramétricas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el primer semestre del año 2012 la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lodos Activados), de ALPINA S.A. Popayán, ha estado presentando serias deficiencias en la transformación de sus residuos, debido a que los desechos provenientes del lavado de equipos, instrumentación y móviles, en el proceso productivo, generan extrema basicidad, condición químicas inadecuadas para el desarrollo de la actividad microbiana necesaria para su óptima degradación.

Procesos como la desinfección y sanitización de los diferentes equipos, tanques, silos entre otros, son necesarios antes del procesamiento de la leche para evitar contaminación y asegurar la calidad del producto. Para llevar a cabo este propósito se utilizan ácidos y bases fuertes, provenientes de desinfectantes y sanitizantes. Esta sobrecarga de sustancias químicas y condiciones no adecuadas en infraestructura, han generado cambios marcados en las aguas residuales, afectando la vida microbiana y por ende disminuyendo los procesos de degradación química y biológica dentro de la PTAR. Como consecuencia de ello, se genera una serie de inconvenientes de insalubridad, cambios que se ven reflejados en el mal olor y en posibles problemas de salud para las personas que laboran en la planta y sus alrededores.

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas, se evaluaron las condiciones químicas del afluente de la PTAR, igualmente se hizo una caracterización de las aguas residuales industriales para hacer un diagnóstico y una propuesta de mejoramiento con base en tratamientos de disminución del pH con diferentes ácidos, buscando el más eficiente y que no afecte a las bacterias encargadas de la biodegradación y estabilización de la materia orgánica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Adecuar las condiciones químicas del afluente de la planta de aguas residuales (PTAR) para lograr la efectiva degradación de desechos en la Planta de Alpina S.A. Popayán.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Evaluar la procedencia del cambio en las condiciones del afluente
- ❖ Diagnosticar las características químicas del Afluente de la PTAR mediante las determinaciones de pH, DQO, DBO₅, SST y Temperatura
- ❖ Adecuar condiciones químicas del afluente para lograr su eficaz tratamiento en la PTAR
- ❖ Proponer soluciones reales con base en los resultados obtenidos
- ❖ Elaborar el documento POE en el que se consignent las recomendaciones respectivas para el mejoramiento de las condiciones del afluente de la PTAR
- ❖ Capacitar al personal encargado sobre el manejo de residuos

3. FUNDAMENTO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

3.1 LA PTAR

La PTAR, Planta de Aguas Residuales de Lodos Activados, comprende las instalaciones y equipos necesarios en la descontaminación de las aguas residuales que pueden ser citadas por su origen como hospitalario, domiciliario e industriales. En el caso de Alpina S.A los residuos que se generan son de dos tipos: domésticos, procedentes de las oficinas y edificio, e industriales que resultan de diferentes procesos de análisis, transformación y limpieza, implicados en la producción de la leche.^[1] Un residuo sólido, líquido o gaseoso, puede ser definido como material generado en un proceso de índole productivo o de consumo y se caracteriza porque es un elemento no reutilizable. Estos pueden llegar a representar altos valores económicos para terceros, en materia de reciclaje, por este motivo se les denomina residuos valorizables y otros cuyo ultimo propósito es el relleno sanitario y/o de seguridad se designan como desechos.^[2]

3.1.1 Tipos de Aguas Residuales

3.1.1.1 Industriales. Son las aguas correspondientes a los diferentes procesos de producción, transformación, fabricación, utilización, consumo y limpieza de envases, depósitos, canastas, vehiculos de transporte, limpieza de las diferentes líneas de produccion y partes de maquinaria empleada.^[3]

✓ **Residuos industriales líquidos.** Son todas las corrientes líquidas generadas en la industria descargadas al alcantarillado o a un cuerpo receptor. En esta categoría se encuentran las aguas residuales de procesos resultantes de todas aquellas operaciones que utilizan las corrientes de agua como transporte de materiales, es el caso de los procesos químicos, biológicos y térmicos, realizados en medio acuoso, derrames, fugas, aguas de lavados provenientes de procesos de limpieza de instalaciones y equipos, aguas de enfriamiento, condensados de vapor y residuos de naturaleza doméstica. La naturaleza química de este tipo de residuos depende de los materiales que se utilizan en los procesos productivos.^[4, 5,6]

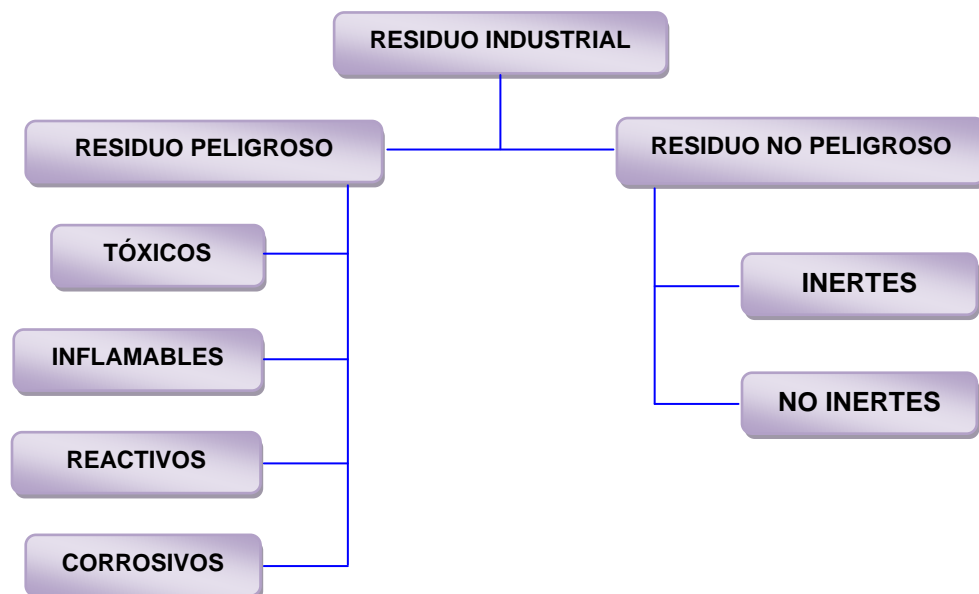
✓ **Residuos Industriales sólidos.** Son aquellos residuos de naturaleza sólida o semisólida resultantes de procesos productivos y que no serán reutilizados. También se citan dentro de este tipo, los desechos líquidos o gaseosos almacenados y transportados en contenedores. Este tipo de residuos resultan de sistemas de tratamientos de lodos de sedimentación, cenizas y polvos de

filtros. Por otro lado los generados en procesos de calidad, cuando un producto es rechazado por no cumplir con los parámetros exigidos. También todos los envases, productos, contenedores descartados y que han cumplido cierto tiempo de vida útil, se encuentran dentro de esta clasificación.^[2-6]

✓ **Emisiones Atmosféricas.** Gases o partículas descargadas directa o indirectamente a la atmósfera, procedentes de contaminantes de fuentes móviles como automóviles, camiones, buses, maquinaria pesada. O fuentes estacionarias como las chimeneas industriales y domésticas, calderas, hornos y aguas residuales estancadas. Emisiones fugitivas que no han sido controladas, tales como la evaporación de solventes de estanques de almacenamiento y tuberías de transporte, gases provenientes del metabolismo bacteriano como los inorgánicos (H_2S , NH_3), ácidos(acético, láctico, butírico), altamente tóxicos (índole, skatole, fenoles y mercaptanos) y aminas(cadaverina y putrescina).^[6-7]

Clasificación de los residuos industriales. Los residuos industriales pueden ser clasificados de diferentes maneras según la densidad, humedad, valor calorífico naturaleza química y/o física según Isabel Gaspar y Renato Leyton en su Manual de Producción Limpia 2003.^[8]

Figura 1. Clasificación de Residuos Industriales



Fuente Manual de Producción Limpia 2003.

Residuos No peligrosos. Son aquellos que no presentan ningún tipo de peligro para la salud humana, el medio ambiente o el entorno público. Se clasifican en inertes tales como sobrantes de construcción y No Inertes como desechos alimenticios.^[8]

Residuos Peligrosos. Según el Decreto 4741 de 2005, son los desechos que puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente.^[9] Tienen las siguientes características:

- ❖ Toxicidad. Es la capacidad de una sustancia para producir enfermedades por ingestión, absorción o inhalación. La exposición puede generar efectos tóxicos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos.
- ❖ Inflamabilidad. Los combustibles líquidos, son sustancias que pueden inflamarse espontáneamente bajo ciertas condiciones en diferentes operaciones de manipulación, transporte o almacenamiento.
- ❖ Reactividad. Las sustancias químicas pueden tener reacciones que impliquen liberación de calor o energía y/o compuestos nocivos por procesos de descomposición o por combinación con otras sustancias.
- ❖ Corrosividad. Capacidad de dañar o romper tejidos de naturaleza orgánica u otros materiales por acción química.^[9]

Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos, pues presentan un riesgo tanto para el ser humano como para el medio ambiente.^[9]

3.1.1.2 Domésticas. Desechos de la población de trabajadores que forman parte de la empresa y sus procesos. Los residuos provenientes de aseos, duchas, lavabos, comedores, contienen altas concentraciones de materia orgánica y compuestos nitrogenados. Estas aguas deben ser sometidas a un tratamiento biológico para su acondicionamiento y hacer un vertido en la PTAR de manera controlada. La participación del agua en los procesos industriales es imprescindible; parte de la misma se pierde en procesos de evaporación y un porcentaje significativo es generado como agua residual.^[3,10]

Muchos de los residuos originados en la planta proceden de procesos de limpieza, sanitización y desinfección, bajo el cumplimiento de los parámetros necesarios para un producto confiable y de buena calidad.

3.2 PROCESOS DE LIMPIEZA, SANITIZACIÓN Y DESINFECCIÓN

Los niveles elevados de higiene en las instalaciones y equipos en una industria como Alpina, se deben a las características de la leche cruda y de los subproductos que se obtienen a partir de esta. Por esta razón los procesos de limpieza y desinfección se deben realizar de manera minuciosa, consciente y frecuente, para cumplir con los parámetros de calidad exigidos a las plantas de alimentos. La eliminación de residuos orgánicos e inorgánicos así como de los microorganismos patógenos, constituye una tarea primordial en las empresas de alimentos, debido a que estos agentes facilitan la descomposición y producción de sustancias tóxicas que pueden ser nocivas para el organismo, y que en algunos casos pueden provocar hasta la muerte. Para que el producto final sea inocuo, y esté en buenas condiciones, la empresa debe tener un diseño apropiado de las instalaciones donde se realizan los procesos de transporte, filtración, envasado y almacenamiento de los productos lácteos, para su adecuada limpieza y desinfección. Las impurezas y los microorganismos como las bacterias, se erradican con una limpieza exhaustiva en superficies de equipos y silos, que son utilizados comúnmente en la producción. La efectividad del proceso de limpieza está relacionada con la calidad del producto final. Una superficie que ha sido limpiada previamente, puede ser esterilizada fácilmente, la efectividad de este proceso dependerá de la resistencia de los microorganismos presentes en dichos lugares e incluso ocluidos dentro de las impurezas, lo cual hace que sean de difícil destrucción.^[10, 11]

3.2.1 Limpieza

Los métodos más utilizados de limpieza en las empresas de alimentos son:

3.2.1.1 CIP (Cleaning in place - limpieza in situ o limpieza sin desmontar).

Es la limpieza de las tuberías sin necesidad de desmontar ninguna pieza, y no se requiere normalmente, la intervención manual de un operario. En una empresa de lácteos como Alpina, este procedimiento involucra factores como la concentración de soluciones de limpieza y desinfección, manejo de temperaturas y tiempos específicos, donde los productos químicos están en contacto con los equipos.^[12]

3.2.1.2 COP (Cleaning out of place - limpieza fuera de posición).

Los artículos a limpiar se colocan en una máquina lavadora, o se dejan "en posición" y se bombean detergentes y agentes de limpieza a través de los mismos. Los procesos de limpieza mencionados anteriormente, utilizan detergentes muy corrosivos causando la descomposición de materiales como el plástico y gomas.

La verificación de la efectividad de los procesos de limpieza puede realizarse de tres formas: por comprobación visual, inspección bacteriológica, y ensayos de hisopado directos. Las superficies deben estar físicamente limpias, no se deben observar impurezas visibles; deben estar libres de trazas de residuos químicos y libres de microorganismos.^[13]

3.2.1.3 Tipos de suciedades. Hay varios residuos que deben ser removidos entre estos se encuentran:

- ❖ **Carbohidratos.** Solubles en agua y fácil de remover siempre y cuando estén a temperaturas bajas. Se produce el efecto de caramelización a altas temperaturas.^[10-13]
- ❖ **Proteínas.** Insolubles en agua. Solubles en álcalis y medianamente solubles en ácidos. Estas moléculas son de difícil eliminación y se produce desnaturalización por calentamiento de las mismas. En la mayoría de los casos es un proceso irreversible.^[10-13]
- ❖ **Grasas.** Son insolubles en agua. Solubles en álcalis. Son de difícil remoción cuando se presenta el proceso de polimerización por calentamiento.^[10-13]
- ❖ **Sales y minerales.** Las sales de cationes como el calcio, potasio, sodio y magnesio son las más importantes y fáciles de remover con soluciones ácidas y aplicando calor. Los minerales contenidos en la leche son menores al 1%, estos están en solución en el suero de la leche o en compuestos de la caseína.^[10-13]

3.2.2 Limpieza manual

Algunas partes que son desmontables, como codos, tuercas y tuberías necesitan de una limpieza manual. Es necesario identificar y distinguir el equipamiento usado para limpiar pisos y tanques, de manera separada para evitar las contaminaciones cruzadas.^[12,13]

3.2.2.1 Utilización de sustancias químicas. Las sustancias químicas que se utilizan comúnmente para la remoción de diferentes tipos de suciedad se relacionan en la tabla 1. Estos productos químicos vienen comúnmente en forma líquida; en espuma o gel. La espuma no es recomendable para los procesos CIP/COP aunque visto desde el punto de vista químico, es más eficiente porque hay desintegración desde el interior de las partículas y siempre hay reactivo fresco

actuando sobre la superficie contaminada. Para lograr la máxima efectividad en la limpieza cada producto, debe estar a una temperatura óptima.^[10-14]

Tabla 1. Sustancias Químicas utilizadas en Plantas de Alimentos.

Sustancia Química	Características	Función
Básica	Disuelve moléculas proteicas, moléculas lipídicas son convertidas en moléculas más sencillas para ser disueltas con mayor facilidad	Bactericida
Ácidos	Facilitan la remoción de sedimentos minerales y agua dura	Sanitizantes, desinfectante
Fosfatos	Inhibidores de la corrosión, se utiliza como agente complejante.	Complejantes
Agentes complejantes	Evita precipitación de aguas duras; disuelve depósitos de sales de Ca y Mg.	Detergente
Tensioactivos	Reducen tensión superficial, facilitan el contacto entre la superficie, el detergente y la suciedad	Humectante

En cualquier caso en donde se realiza las operaciones de limpieza y desinfección es necesario el aporte de:

- ❖ Agua, que ayuda a reblandecer y/o disolver la suciedad que esta adherida a las diferentes superficies, para preparar soluciones detergentes y para enjuagar restos de soluciones limpiadoras.
- ❖ Energía térmica para alcanzar la temperatura óptima del proceso.
- ❖ Energía eléctrica se requiere para el correcto funcionamiento del sistema CIP.
- ❖ Productos químicos (detergentes, desinfectantes, sanitizantes).
- ❖ Personal para llevar a cabo las operaciones de limpieza.

Las soluciones deben ser evaluadas de manera eficaz y rápida, a través de la determinación de la concentración y la medición del pH, todo debe quedar consignado en registro manual y en medio magnético.^[10-14]

3.2.3 Sanitización

La sanitización es un proceso que asegura la reducción de microorganismos de forma segura no requiere lavado y es utilizado en superficies que están en contacto con alimentos.^[15]

El producto que utiliza la empresa como sanitizante es el Oxonia, (tabla 2) que puede ser alternado con otros productos de condiciones similares para lograr el

mismo efecto. Este producto es eficaz microbiológicamente, altamente biodegradable, libre de fósforo y cloro. Se usa en bajas concentraciones (0,05% - 3,0%); Tiene efecto bactericida, esporicida y virucida, no necesita ser enjuagado, además funciona como desinfectante.^[16]

Tabla 2. Composición físico-química del Oxonia.

Composición	Oxonia Active
Peróxido de Hidrógeno (%)	50 – 60
Ácido acético (%)	10 - 20
Ácido Peroxiacético (%)	6 - 8
Estado Físico	Líquido
Color	Incoloro
Olor	Acre
Contenido de P (%)	0,2
Tiempo de contacto efectivo mínimo	4 minutos

***Los valores pueden variar según las especificaciones de la empresa.**

Fuente: (ECOLAB, 2009)

El oxonia es un producto químico conformado por Ácido Peracético y Peróxido de Hidrógeno principalmente, estos compuestos tienen propiedades oxidantes, que los convierten en una efectiva solución para erradicar bacterias vegetativas, esporas bacterianas, hongos y virus. El alto poder oxidante altera la permeabilidad de la membrana citoplasmática de las bacterias, afecta el metabolismo y crecimiento de microorganismos y facilita el rompimiento de la membrana celular hasta causar la muerte.^[16]

3.2.4 Desinfección

Se le denomina al proceso físico o químico que elimina microorganismos como virus, hongos, protozoos y algunas bacterias en fase vegetativa. Algunos agentes químicos se utilizan para tal fin de acuerdo a la intensidad de acción de los microorganismos que puede ser alta, media y baja.^[16-19]

- ❖ Desinfectantes de alto nivel (D.A.N): destruyen bacterias vegetativas, hongos, virus lipídicos y no lipídicos, bacilos de tuberculosis y esporas bacterianas en muy baja cantidad. Se utilizan sustancias como el formaldehído, glutaraldehído, peróxido de hidrógeno, ácido Peracético.
- ❖ Desinfectantes de nivel intermedio (D.N.I): destruyen la mayoría de los virus, algunas bacterias vegetativas, bacilo de tuberculosis y algunos hongos. Las sustancias que se encuentran en esta categoría son los alcoholes, compuestos del cloro, y compuestos que contienen yodo.

- ❖ Desinfectantes de bajo nivel (D.B.N): eliminan bacterias vegetativas, algunos virus y hongos. No tiene ningún efecto sobre el bacilo de tuberculosis y menos sobre las esporas bacterianas. (Compuestos de amonio cuaternario).

Los procesos de limpieza, sanitización y desinfección, generan agua residual con alta contaminación en materia orgánica conformada por lactosa y proteínas. Concentraciones entre el 1% y 2% en suero, produce fermentaciones ácidas en un medio aerobio afectando la actividad biológica y esto se debe a un alto valor de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno), esto se ve reflejado en tratamientos de alto valor para la PTAR y un mejoramiento constante enfocado en la optimización de residuos industriales para la protección del medio ambiente.^[10-19]

3.3 PROCEDENCIA DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES EN ALPINA

En las industrias lácteas, se generan alrededor de 10 litros de aguas residuales por litro de leche tratada, pero se pueden presentar variaciones dependiendo del tipo de planta y los diferentes productos utilizados.^[20] Alpina S.A es una empresa láctea procesa, transforma, desarrolla, distribuye productos lácteos y sus derivados La materia prima es la leche cruda que es transportada a condiciones especiales de temperatura, desde varios lugares del sur y centro de Colombia. La planta de Popayán se encarga de la transformación y proceso de la leche, para ofrecer productos pasteurizados y ultrapasteurizados. Las aguas residuales tienen características muy variables debido a los métodos de producción y procesamiento de los diferentes productos.

3.3.1 La Leche

La leche se encuentra entre los alimentos más completos que existen en la naturaleza, por aspectos importantes como: la nutrición, protección inmunológica y suministro de sustancias activas tanto en neonatos como en adultos. En la tabla 3 se describe la composición de la leche.^[21]

La calidad de la leche comercial y sus derivados, depende de las condiciones de la zona de producción de la materia prima, transporte, manipulación, conservación y todos los controles requeridos hasta que el producto llegue al consumidor. La calidad está directamente relacionada con pruebas de índole física, química y microbiológica, debido a que la leche puede ser un medio favorable para agentes

microbianos y contaminantes químicos, afectando la salud y economía de los consumidores.^[10, 16-19, 20]

El proceso de producción, transformación y comercialización de la leche tiene como propósito satisfacer las necesidades del consumidor, a partir del aseguramiento de la calidad en términos de composición química, aporte nutricional y protección del medio ambiente. La normativa medioambiental cada día es más estricta y el coste por vertido aumenta vertiginosamente, por esto nace la necesidad de optimizar los procesos industriales, tratamiento y aprovechamiento de subproductos, protegiendo los recursos naturales.^[20,22]

Tabla 3. Composición y estructura físico-química de la leche.

Componente	X (100mL)		
	Humano	Vaca	Cabra
Agua (%)	87.00	86.90	87.00
Energía (kCal)	69.00	66.00	0.00
Proteínas (g)	1.00	4.0-5,6	2,9-5,6
Grasa (g)	3.80	3,6-5,2	2,4-7,8
Carbohidratos (g)	7.10	4,7-5,1	4-6,3
Lactosa (g)	7.00	4,8-5,0	4,0-6,3
Calcio (mg)	28.00	120.00	130.00
Fósforo (mg)	14.00	100.00	110.00
Hierro (mg)	0,07	0,05	0,04
Vitamina A (mg)	60.00	35.00	40.00
Vitamina B2 (mg)	0,03	0,15	0,00
Ácido Nicotínico (mg)	0,22	0,08	0,19
Vitamina C (mg)	3,70	1,50	1,50
Vitamina D (mg)	0,02	0,03	0,06

Fuente: RIEL, R. 1991. Composición y estructura físico-química de la leche. Citado por Tetrapack.

La calidad según las normas ISO (International Organization for Standardization), tiene en cuenta la totalidad de características, y requerimientos de un producto y estos a su vez se relacionan con la capacidad de satisfacción de las necesidades del consumidor. En la industria láctea, la pérdida de la calidad tiene implicaciones muy importantes debido a los cambios físicos, químicos y microbiológicos, ratificando la presencia de microorganismos que pueden ser banales o patógenos y hacen del producto un alimento con alto riesgo para el consumo humano.^[18,19]

La calidad de los productos alimenticios se puede evaluar desde varios puntos de vista:^[23, 24]

3.3.1.1 Calidad Composicional. Relacionada con el valor nutritivo desde el punto de vista composicional de la leche que varía en función de aspectos de tipo genético, fisiológico y ambiental.

3.3.1.2 Calidad Higiénico-Sanitaria (Inocuidad). La sanidad de los animales debe ser garantizada para minimizar el impacto producido por enfermedades de origen lácteo tales como Colibacilosis, Salmonelosis y la incidencia de Zoonosis (Brucelosis, Tuberculosis, Listeriosis, etc.). La implementación de Buenas Prácticas en el manejo del ganado, empleo de medicación veterinaria, manufactura y control de puntos críticos en las plantas dedicadas a la pasteurización y procesos, garantizarán la calidad higiénico-sanitaria de la leche bovina y sus respectivos derivados.

3.3.1.3 Calidad Sensorial. En este aspecto es muy importante la percepción de los consumidores del sabor, aroma, color y textura de los productos lácteos. El aroma y el sabor están relacionados con procesos proteolíticos, fermentativos y lipolíticos. El color es afín con la capacidad de transformación del caroteno en vitamina A por parte de las diferentes razas bovinas y con el uso de colorantes de grado alimenticio. La textura depende de la velocidad de acidificación, la fermentación y el uso de aditivos alimentarios. Este atributo evalúa dureza, fragilidad, elasticidad, masticabilidad, principalmente en derivados de la leche como el queso.

3.3.1.4 Calidad Comercial. Se refiere al grado de cumplimiento de los requerimientos, necesidades y expectativas del consumidor. Es obligatorio mantener la red en frío desde el sitio de recolección de la materia prima hasta el momento de la comercialización.

3.3.1.5 Calidad Ética. El bienestar animal y la protección del medio ambiente, son las consecuencias de procedimientos apropiados y oportunos, relacionados con la alimentación de los bovinos, las condiciones de convivencia, el tratamiento de enfermedades y minimización del estrés en estos. Con respecto al medio ambiente se busca una producción y transformación de la leche ambientalmente sostenibles y esto se consigue con la implementación de programas enfocados a la recolección de residuos sólidos, optimización y mejor manejo de las fuentes hídricas así como del tratamiento de aguas residuales.

3.3.2 Microorganismos en la leche cruda

La leche es un medio rico en nutrientes, por este motivo es una matriz que en condiciones no apropiadas facilita la reproducción de microorganismos, como las bacterias gram-positivas (gram(+)): o gram-negativas (gram(-)). Estos organismos unicelulares, generan rompimiento de las proteínas, causan resistencia a procesos que involucren cambios de temperatura drásticos, producen toxinas que favorecen la acidificación y coagulación de la leche. Por eso en una planta de alimentos, la limpieza y desinfección juega un papel esencial.^[25-28]

3.3.3 Aguas Residuales procedentes del Área de Calidad

El lugar que se denomina recibo de leche, es la primera instancia en el proceso productivo de la industria láctea en mención, se genera agua residual con leche, detergentes y agentes químicos. Esta contaminación proviene del lavado de cantinas, vehículos y cisternas, partes desmontables, lavado de canastas y limpieza de salas de tratamiento. En el laboratorio de calidad que se encuentra ubicado al lado de recibo, genera residuos líquidos provenientes de la titulación de la leche con hidróxido de sodio y otros originados por las pruebas diarias que se realizan para analizar la calidad de la leche.^[29] A continuación se mencionan algunos parámetros que son analizados en el laboratorio de calidad, tabla 4.

Tabla 4. Parámetros Físicoquímicas de la Leche Cruda.

Parámetro	Leche cruda		Método
Grasa mínimo (%p/v)	3,00		Gerber
Extracto seco total mínimo (%p/p)	11,30		Evaporación y diferencia de pesos
Extracto seco desengrasado mínimo (%p/p)	8,30		
Densidad 15/15°C (g/mL)	Min. 1,030	Máx. 1,033	Lactómetro y Ekomilk
Acidez expresada como ácido láctico (%p/v)	0,13	0,17	Titulación con NaOH 0,1N
Índice crioscópico (°H)	-0,550	-0,530	Crioscopia

Fuente: Ministerio de la Protección Social, Decreto 616 de 2006.

En el laboratorio de calidad se emplean diariamente sustancias como yoduro de potasio, oxalato de potasio, cromato de potasio, nitrato de plata, alizarina, bilis de buey, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, pentóxido de vanadio, almidón, tiosulfato de cerio, todos estos compuestos son utilizados en la determinación de anomalías en la leche cruda, aportando más carga química a los sumideros; para economizar agentes químicos se realiza recirculación de ácidos y álcalis, esto consiste inicialmente en la circulación de las soluciones que vuelven al mismo silo,

posteriormente se verifica las concentraciones apropiadas y se realiza la recirculación por segunda vez, generándose residuos líquidos. Estas aguas residuales llegan directamente a la canaleta que conduce a la PTAR.

3.3.4 Aguas Residuales procedentes del Área de Producción

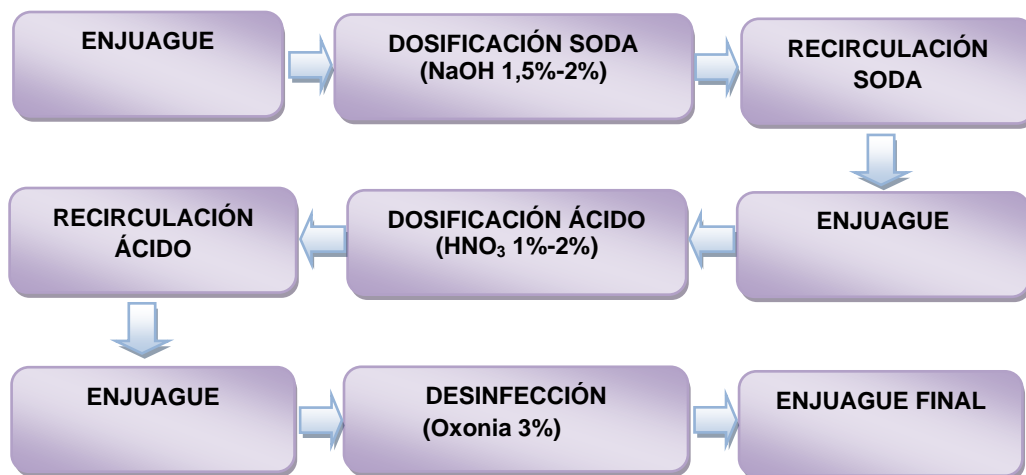
Después de recibida la leche, a la cual se le han realizado las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, se procede al proceso de clarificación, eliminación y filtración, de partículas extrañas y de suciedad en general.^[30]

Posteriormente la leche es sometida al proceso de pasteurización (Temperatura de 72°C), enfriamiento (temperatura de 4°C), luego se almacena conservando la cadena en frío; el paso siguiente es la ultra pasteurización y homogenización donde dependiendo de la leche se adicionan algunas sustancias como fibra y vitaminas, en el caso de los productos especializados, y por último el envase y sellamiento de empaques.^[30,31]

Después de este proceso se realizan lavados parciales o totales con ácido nítrico y soda, (Figura 2) para la completa desinfección y limpieza de equipos, tuberías, codos y pisos; también se usan detergentes y sanitizantes para evitar contaminación del producto lácteo.^[32]

La mayoría de residuos producidos en esta etapa son dirigidos a un tanque de neutralización. Otros residuos en menor cantidad son producidos, van al alcantarillado y posteriormente a la PTAR. Vale la pena destacar que en todas las empresas de alimentos, las medidas higiénicas deben cumplir con ciertos parámetros estándar, proceso que se debe realizar obligatoriamente debido a la presencia de contaminantes.

Figura 2. Diagrama de flujo lavados en Alpina



Fuente: Productos Alimenticios Alpina.

Para erradicar la contaminación se recurre a la utilización de sustancias químicas como:

3.3.4.1 Ácidos. Dentro de los ácidos más utilizados está el ácido nítrico (HNO_3) con concentraciones alrededor del 1-2% y a una temperatura de 60°C , empleado como disolvente de la materia orgánica, remueve de manera efectiva los depósitos de sales como fosfatos de calcio y magnesio.^[14-19]

3.3.4.2 Bases. La más utilizada es el hidróxido de sodio (NaOH) con una concentración aproximada a 1,5-2% y a una temperatura de 80°C . Este álcali a través de la saponificación, elimina las grasas presentes en las tuberías y sitios de tratamiento por arrastre; también sirve como emulsionante y bactericida.^[14-19]

3.3.4.3 Desinfectantes. La función de estos compuestos es la erradicación de virus y hongos. En la empresa se utiliza el Progress y el Whisper cuya composición química se muestra en la tabla 5.^[14-19]

3.3.4.4 Sanitizantes. Reducen de manera considerable las bacterias presentes en los alimentos. Se utiliza en este momento el Oxonia composición relacionada en la tabla 5.^[14-19]

Tabla 5. Composición química desinfectantes, sanitizantes y detergentes.

Nombre	Composición química	%	Uso	pH
Oxonia	Ácido peroxiacético	6.0-8.0	Sanitizante	Acido
	Peróxido	50.0-60.0		
	Ácido acético	10.0-20.0		
Progress	Hidróxido de Sodio	5.0-10.0	Detergente	Básico
	Hipoclorito de Sodio	25.0-35.0		
	Ox. Alkildimetilamina	4.0-10.0		
Whisper	Amonio Cuaternario		Desinfectantes	Neutro
Ácido	Acido Nítrico	1.0-2.0	Desinfectante	Acido
Base	Hidróxido de Sodio	2.0-3.0	Desinfectante	Básico

3.3.5 Aguas Residuales procedentes de Calderas

El vapor generado por las calderas es utilizado en una variedad de procesos para generar cambios físicos y químicos en la leche, y para mantener los subproductos

como la leche pasteurizada y ultra pasteurizada, bajo ciertas condiciones de limpieza y esterilidad. Se utiliza el vapor porque es un eficiente portador de calor que es distribuido a toda la planta procesadora por un sistema de tuberías. En cada proceso hay transferencia de calor y una posterior condensación. El manejo y control de una caldera se debe realizar bajo supervisión técnica, porque implica manejo de reactivos químicos, altas temperaturas y manejo de presiones. La generación de vapores son utilizados para procesos de calentamiento indirecto, calentamiento directo y esterilización de tuberías e instalaciones en general.^[32,33]

Dentro de los problemas que se presentan en las calderas se pueden mencionar los siguientes:

- ❖ Incrustaciones por sales de calcio
- ❖ Alto consumo de combustible por incremento de calor para generar vapor
- ❖ Refrigeración ineficiente de los tubos y posterior ruptura de los mismos
- ❖ Corrosión por presencia de oxígeno y retorno de los condensados

Estos problemas son controlados con inhibidores especiales al agua, eliminadores de oxígeno y neutralizantes, suministrados a la caldera para su apropiado funcionamiento. En Alpina se utiliza una mezcla de policratos antiincrustantes de sodio y potasio, hidróxido de sodio en baja cantidad, para control de pH. El agua residual producto de la condensación en las calderas tiene un rango de pH de 6,5-6,7 aproximadamente.

3.3.6 Otros residuos líquidos de la industria láctea

Igualmente, se originan otros residuos provenientes de:

- ❖ Aguas de enfriamiento, calentamiento y refrigeración: son aguas limpias que en algunos casos se contaminan por el manejo de altas temperaturas. Esta agua circula por el sistema de tuberías y equipos, no entra en contacto directo con los productos, por esta razón es mínima su contaminación y se reutilizan para ahorrar tanto en consumo de agua como en consumo de energía.
- ❖ Aguas de proceso: contaminadas por restos de leche y sus componentes. El recibimiento de la empresa de los no conformes o productos en mal estado, produce contaminación por restos de leche coagulada y productos en descomposición. Las canastas a donde llegan estos productos son lavadas con agua a presión y utilizan como detergente el hipoclorito de sodio.
- ❖ Residuos sanitarios y de limpieza doméstica dentro de la planta.

Toda industria genera residuos líquidos, sólidos y gaseosos. Los residuos líquidos son aguas contaminadas por los diferentes usos; con respecto a la acumulación de desechos y el mal funcionamiento del campo de oxidación, se generan gases malolientes a partir de la descomposición de la materia orgánica y la proliferación de microorganismos patógenos, causantes de enfermedades intestinales. Otra implicación ambiental es la estimulación del crecimiento de plantas acuáticas incluyendo compuestos de alta toxicidad en los cuerpos receptores.^[30, 31, 34]

3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

3.4.1 Parámetros Físicos ^[35-37]

3.4.1.1 Turbiedad. Altas turbiedades dificultan el proceso de filtración de las aguas, disminuye los tiempos de filtración de los filtros de arena y aumentan los costos de operación.

3.4.1.2 Color. Es un indicativo de la edad de las aguas residuales, el color grisáceo corresponde a aguas recientes, a medida que los compuestos orgánicos son desdoblados por las bacterias cambian a color negro debido a que el oxígeno disuelto se reduce a cero y pasa de condiciones aerobias a anaerobias.

3.4.1.3 Olor y sabor. Con el avance de la descomposición de las aguas residuales, se presentan procesos de reducción de los sulfatos a sulfuros por acción de microorganismos anaerobios, produciendo olores desagradables.

3.4.1.4 Temperatura. Es importante tener en cuenta este parámetro, por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y velocidades de reacción. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Un cambio drástico en la temperatura del medio acuático puede provocar mortandad.

3.4.2 Parámetros Químicos ^[35-37]

Los parámetros químicos más comúnmente analizados son los siguientes:

3.4.2.1 Acidez. Las aguas ácidas poseen propiedades corrosivas en tuberías.

3.4.2.2 Calcio y Magnesio. Los problemas de dureza en agua, se atribuyen a estos iones, los cuales forman depósitos de sales en tuberías, encargadas de contención y conducción del agua caliente.

3.4.2.3 Cloruros. Altas concentraciones de cloro acelera el proceso de corrosión en las calderas.

3.4.2.4 Compuestos tóxicos. Iones como el boro, cromo y plata, se encuentran entre los más comunes y tóxicos en distintos grados para los microorganismos.

3.4.2.5 Detergentes. Los agentes tensioactivos, se acumulan en la interface entre el aire y el agua, de esta manera se imposibilita el intercambio de oxígeno con el agua, también impide el paso de la luz, necesaria para la actividad biológica.

3.4.2.6 Fósforo. Es un nutrimento esencial para el crecimiento de algas y otros organismos, causando problemas de eutrofización disminuyendo los niveles de oxígeno.

3.4.2.7 Grasas y aceites. Todos los lípidos de origen animal, aceites y ceras; compuestos muy estables de difícil degradación, provocando obstrucciones en el alcantarillado.

3.4.2.8 Metales pesados. Como el cromo y el plomo, producen toxicidad y efectos cancerígenos.

3.4.2.9 Oxígeno Disuelto. Es necesario para la subsistencia de los microorganismos aerobios. Evita la formación de malos olores.

3.4.2.10 pH. Es un parámetro que indica la calidad de las aguas residuales. A pH extremo el agua residual es difícil de tratar por medios biológicos.

3.4.2.11 Sólidos. Dan una idea de la eficiencia de los tratamientos para el control de la calidad del agua residual.

3.4.3 Parámetros Biológicos

3.4.3.1 Las Bacterias. Estos seres son protistas unicelulares que se encuentran en diferentes ambientes donde exista alimento disponible como la materia orgánica disuelta. Se reproducen por fisión binaria, sexualmente o por germinación, dependiendo del tipo. Las bacterias están compuestas en un 80% por agua y un 20% que corresponde al material seco. De este último el 90% es material orgánico y el restante es material de naturaleza inorgánica, constituido por fósforo, sodio, azufre, calcio, hierro y magnesio. En ausencia de alguno de estos elementos el crecimiento y desarrollo de estos microorganismos es limitado o no sobreviven.^[38-41]

3.4.3.2 Tipos de Bacterias en Aguas Residuales. Las bacterias tales como los cocos, bacilos, curvados o vibriones, espirales y filamentosas, son los organismos más importantes en los procesos de descomposición y estabilización del material orgánico. La reproducción es por fisión binaria (división ADN seguida de citocinesis dando origen dos células hijas), poseen pared celular, citoplasma con suspensiones coloidales de proteínas, carbohidratos y otros compuestos orgánicos. En la mayoría de los casos las excretas humanas, están acompañadas de organismos bacteriales patógenos dando origen a graves problemas sanitarios.^[38-41]

El crecimiento óptimo de bacterias esta en un intervalo de pH de 6,5 a 7,5, generalmente no toleran pHs mayores a 9,5 y menores a 4,0.^[36,42] Estos microorganismos presentes en el agua debido a su composición y requerimientos, en los procesos de desinfección, mueren o se inactivan temporalmente. Cuando pasa el efecto desinfectante se crean nuevas condiciones que favorecen el crecimiento y desarrollo de los mismos.^[43]

3.4.3.3 Requerimientos de las Bacterias para su Supervivencia. Las bacterias necesitan de fuentes de energía para crecer, vivir y desarrollarse como la energía solar, la producida en reacciones químicas o la producida por celulosa, grasas, proteínas y vitaminas. Sin energía la vida no puede existir y si los microorganismos no disponen de ella, mueren o se conservan inactivos en estado latente. Para la supervivencia los microorganismos:^[38-43]

❖ Requieren de nitrógeno que lo obtienen de diferentes fuentes como la atmósfera y el encontrado en forma inorgánica: amoniaco, nitritos, nitratos, o también la fuente puede ser el nitrógeno orgánico proveniente de proteínas o ácidos nucleicos.

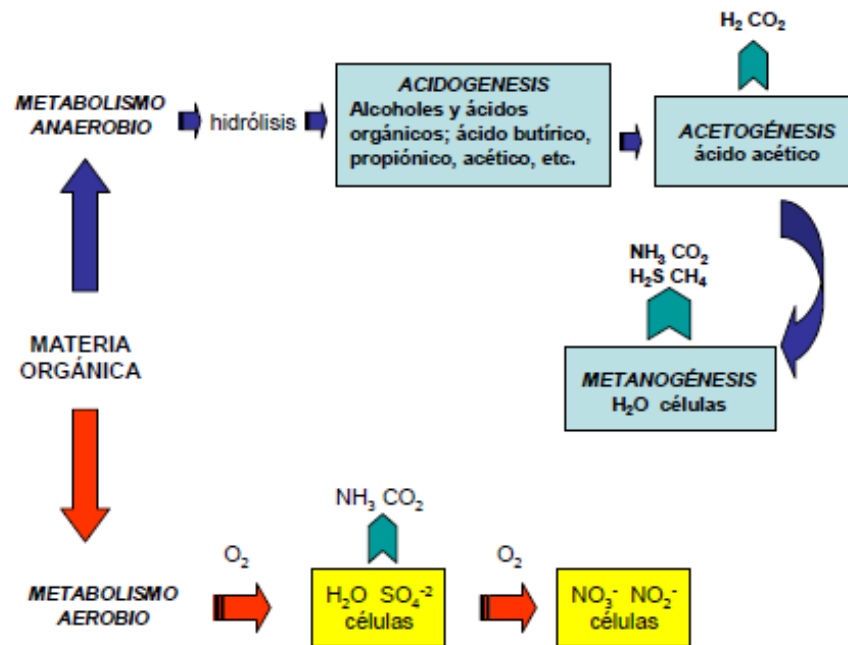
- ❖ Fuentes de carbono, que puede ser suministrado por el bióxido de carbono, el metano o por cadenas orgánicas de mayor complejidad que tienen en su estructura átomos de carbono, como por ejemplo los carbohidratos.
- ❖ Fuente de oxígeno, si los microorganismos son aerobios o ausencia de oxígeno si son anaerobios.
- ❖ Requieren de algunos nutrientes: calcio, sodio, potasio, fósforo, magnesio y azufre.
- ❖ Requieren de agua y no pueden sobrevivir sin ella, sin embargo algunos microorganismos como los que se reproducen por esporas, pueden estar en estado latente, inactivos durante largos periodos, para nuevamente regresar a su actividad cuando las condiciones les son favorables.
- ❖ Algunos minerales son esenciales para ciertos tipos de bacterias. Hierro, zinc, cobalto, y otros metales en cantidades traza son necesarios para los microorganismos.

3.4.3.4 Tipos de Digestión de las Bacterias. En los tratamientos de aguas residuales se pueden presentar dos tipos de digestión: aerobia y anaerobia. (Figura 3).

- ❖ En la digestión aerobia en presencia de oxígeno, los microorganismos descomponen la materia orgánica obteniendo energía. Los procesos metabólicos implican la oxidación de moléculas como las proteínas, carbohidratos y lípidos, cuyos productos finales son el agua, bióxido de carbono, sulfatos y amoníaco. Este último puede llegar bajo condiciones oxidantes a generar nitritos y posteriormente nitratos. La estabilización de la materia orgánica se hace en un corto periodo y no produce compuestos agresivos al medio ambiente.^[38-44]
- ❖ La digestión anaerobia requiere de microorganismos que subsisten en ausencia de oxígeno. La descomposición de la materia orgánica se da en tres etapas:^[38-44]
 - Hidrólisis: Las bacterias hidrolíticas son las que empiezan el proceso de descomposición, preparando y procesando el material para el siguiente paso. Estos microorganismos segregan enzimas que hidrolizan polímeros como la celulosa, carbohidratos, grasas y proteínas. Estos son convertidos en moléculas más sencillas.

- Acidogénesis o fermentación: Después de la hidrólisis viene la degradación de las moléculas más sencillas, produciendo ácidos como el butírico, acético y propiónico y gases como el CO_2 , H_2 y amoníaco.
- Acetogénesis: Los ácidos y alcoholes que son producto de la segunda etapa, son convertidos a hidrógeno, bióxido de carbono y ácido acético.
- Metanogénesis: En esta etapa los microorganismos metanogénicos catabolizan el ácido acético para transformarlo en metano. El resultado neto de la digestión anaerobia el CO_2 y CH_4 .

Figura 3. Ruta aerobia y anaerobia en la degradación material orgánico por microorganismos



Fuente: Microbiología en los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

La digestión en presencia de oxígeno requiere de periodos de tiempo más cortos en la degradación del material orgánico biodegradable, pero es menos eficiente cuando se habla de aprovechamiento de energía que proviene del sustrato, produciendo más células o biomasa a partir de la DBO presente en aguas residuales. Los residuos de origen industrial contienen sustancias que ocasionan toxicidad en la vida microbiana encargada de la estabilización de la materia orgánica, es por esto que se deben realizar pre-tratamientos previos de las aguas de desecho para remover dichas sustancias tóxicas.^[38-44]

3.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Para hacer la respectiva caracterización es necesario tener una idea de los principales contaminantes de las aguas residuales y su importancia, que se muestra en la tabla 6.^[3,38]

Tabla 6. Contaminantes en Aguas Residuales, parámetros de medida e impacto ambiental.

Contaminantes	Parámetro de medida	Impacto ambiental
Sólidos Suspendidos	SST, SSV	Facilitan el desarrollo de depósitos de barro. Favorece un medio anaerobio. Aumenta la turbiedad
Materia orgánica biodegradable	DQO, DBO	Conformada por lípidos, carbohidratos y proteínas. Si no hay un tratamiento previo, se eleva el consumo de oxígeno natural hasta su respectiva estabilización creando condiciones sépticas como malos olores.
Microorganismos Patógenos	CF	Transmisión de enfermedades.
Nutrientes	NH ₄ , N, Ortofosfatos	El nitrógeno, fósforo y carbono son considerados como nutrientes incluso en vida acuática indeseable, fomentando el crecimiento y proliferación de la misma.
Materiales tóxicos	Según material tóxico	Se constituye en un peligro para la flora y fauna.
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales. Contribuye a la eutrofización del agua.
Energía Térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno. También acelera el crecimiento de organismos acuáticos
Iones de Hidrógeno	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.

Fuente: ROMERO, J.A. Tratamiento De Aguas Residuales Teoría y Principios De Diseño. Pág 24-25.

La caracterización de las aguas residuales en Alpina se hace teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

3.5.1 Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

El oxígeno consumido químicamente, presente en aguas residuales, puede ser medido experimentalmente por un agente oxidante como es el caso del permanganato de potasio (KMnO₄) o dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) en un medio

ácido que favorece la rapidez de la reacción, todo esto con el propósito de oxidar químicamente la materia orgánica (Biodegradable + No Biodegradable). Para este tratamiento se necesita de ácido sulfúrico (H_2SO_4), dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) con iones de plata como catalizador. Bajo estas condiciones, por un período de dos horas de digestión aproximadamente y con una temperatura de $160^\circ C$ el ion de Cr (VI) se reduce a Cr (III), oxidándose de esta manera la materia orgánica presente. La determinación se hace midiendo fotométricamente a $620nm$ el Cr^{3+} , el cual depende de la cantidad de materia orgánica presente en la solución de análisis.^[45-47]

3.5.2 Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

La DBO_5 es un parámetro de suma importancia en la caracterización de aguas residuales, indica la presencia y facilidad de biodegradación del material orgánico en un periodo de 5 días, es una manera de obtener un valor aproximado en mg/L de oxígeno necesario para que se pueda llevar a cabo la estabilización del carbono orgánico y a su vez, la rapidez con que este puede ser tomado por las bacterias presentes. El método respirométrico mide directamente el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos del aire o ambiente. Los ensayos se realizan en recipientes cerrados, donde se enriquece con oxígeno, bajo condiciones de temperatura constante y acompañada de agitación. El método se fundamenta en la disolución del oxígeno en una muestra líquida gracias a la agitación. Los microorganismos consumen el oxígeno durante el proceso de degradación de la materia orgánica, produciendo CO_2 y H_2O .^[45-48]

3.5.3 Determinación del pH y Temperatura

El método potenciométrico es el utilizado para la determinación del pH y la temperatura. Este método se basa en la medida de un potencial eléctrico generado en la membrana de un electrodo de vidrio donde se mide la actividad de los iones de hidrógeno que pasan de un lado a otro a través de la membrana; las mediciones de pH se ven afectadas por efectos mecánicos debido a cambios en los electrodos y por efectos químicos que producen alteración en constantes de equilibrio de las diferentes soluciones a analizar.^[48, 49]

3.5.4 Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

La materia en suspensión es de diferentes tamaños y procedencia. Partículas densas, de varios centímetros como las inorgánicas y suspensiones coloidales muy estables y con tamaños de partícula del orden de los nanómetros de naturaleza orgánica. La eliminación de este tipo de contaminación se realiza por medios mecánicos y en algunos casos se utilizan agentes químicos. Los sólidos suspendidos se determinan como la cantidad de material que puede ser retenido después de realizar el proceso de filtración de un volumen de muestra. Este parámetro da una idea de la calidad del agua residual en una industria.^[50-52]

3.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El propósito de tratar las aguas residuales radica principalmente en la protección de la salud, velando por el bienestar no solo de los trabajadores sino de la sociedad y minimizar los daños al medio ambiente. Según las características de las aguas residuales, niveles de contaminación, lugar de descarga, infraestructura cuerpos receptores, operaciones y procesos disponibles para su tratamiento, se utilizan diferentes sistemas acorde con las exigencias legales y de la empresa. Este sistema de procesos está conformado por un tratamiento previo, primario, secundario, terciario y cuaternario.^[3, 46, 53-55]

3.6.1 Tratamientos Previo y Primario

Tienen como función remover constituyentes que puedan causar dificultades de operación y mantenimiento. Se lleva a cabo la eliminación, por medios físicos de elementos como sólidos suspendidos, materia orgánica y organismos patógenos, que puedan causar daño en los sistemas de tuberías, equipos e instalaciones; estabilización del caudal y ajuste del pH, acondicionando de esta manera el efluente para tratamientos posteriores.

Equipos como los decantadores, tamices, desengrasadores, sedimentadores primarios y tanques de estabilización, funcionan eliminando sólidos de naturaleza inorgánica y parte de la materia orgánica. Procesos como la floculación y coagulación forman parte de este tipo de tratamiento.

3.6.2 Tratamientos Secundarios

Involucra procesos biológicos con el fin de dar un manejo adecuado a los lodos o barros activados, sistemas de lecho fluidizado, lagunas de aireación, filtros biológicos, humedales y tratamientos anaerobios. El control adecuado de las condiciones ambientales como la presencia o ausencia de oxígeno, el pH óptimo, temperatura y mezclas químicas efectivas, favorecen el desarrollo de una biomasa capaz de depurar el agua residual hasta alcanzar el grado de tratamiento deseado.

3.6.3 Tratamientos Terciario y Cuaternario

Estos tratamientos son procesos de refinación a partir de la filtración, desinfección con cloro u ozono, precipitación de sustancias químicas como el fósforo. Esto con el fin de remover nutrientes y otro tipo de contaminantes, que no pudieron ser reducidos o eliminados con los tratamientos mencionados anteriormente.

3.7 ACIDOS UTILIZADOS EN TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

Dentro de los procesos involucrados en el pre-tratamiento de las aguas residuales industriales, se encuentra la neutralización, los principales agentes químicos que se utilizan para este fin son el ácido Sulfúrico, Nítrico y Clorhídrico para aguas residuales con alta alcalinidad. El Peróxido de Hidrógeno es una alternativa de oxidación eficaz, que está en estudio, por sus buenos resultados.

3.7.1 Características del Ácido Sulfúrico (H₂SO₄)

Este compuesto es estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Se descompone a 340°C en trióxido de azufre y agua. Incompatible con carburos, cloratos, fulminatos, metales en polvo, sodio, fósforo, acetona, nitratos entre otros. Debe ser utilizado en soluciones a bajas concentraciones para evitar reacciones violentas y liberación de calor. En procesos de neutralización aplica para todos los residuos salvo para los cianuros. Tiene como desventaja que cuando reacciona con residuos alcalinos que contienen calcio, genera grandes cantidades de lodos de yeso; es el reactivo más económico y competitivo ante otros agentes neutralizantes, es de fácil manipulación.^[56]

3.7.2 Características del Ácido Nítrico (HNO₃)

Es un agente oxidante que en condiciones normales es estable. Se descompone lentamente con la luz y el calor por lo que se recomienda evitar temperaturas elevadas >70°C. Reacciona violentamente con compuestos orgánicos tales como la acetona, ácido acético, anhídrido acético. En caso de incendios se generan gases tóxicos de NO_x. Existe riesgo de explosión por la formación de hidrógeno molecular, en contacto con metales. Favorece la eutrofización en ríos y acuíferos, presenta efectos ecotóxicos por la variación del pH.^[57]

3.7.3 Características del Ácido Clorhídrico (HCl)

Es muy estable térmicamente. Forma gases peligrosos por descomposición. Las soluciones acuosas son estables siempre y cuando no sean afectadas por efecto de la luz, calor y/o catalizadores. Se puede aplicar a todos los residuos alcalinos, es más reactivo que el ácido sulfúrico y más costoso.^[58]

3.7.4 Características del Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂)

El peróxido de hidrógeno es uno de los compuestos químicos con más usos, confiable y compatible con el medio ambiente. Por varios años se ha utilizado en el tratamiento de efluentes industriales con el propósito de remover material orgánico. El peróxido de hidrógeno tiene un alto poder oxidante para convertir compuestos orgánicos complejos en compuestos más sencillos y más biodegradables. Es recomendable combinarlo con otros oxidantes (O₃ y/o UV) para favorecer la degradación de compuestos; genera muy poco lodo, es amigable con el ambiente.^[59,60]

3.8 PROCEDIMIENTOS ESTÁNDAR OPERATIVOS (POE)

Se denomina POE a un documento escrito donde se encuentran instrucciones detalladas sobre una actividad repetitiva, dentro de una organización o empresa. Estos documentos tienen como principio facilitar el correcto cumplimiento de los procedimientos y procesos. Asegurando de esta manera la calidad e inocuidad de los productos.^[61, 62]

Un POE incluye:

✓ Contenidos de forma: Institución a la que pertenece, Título del procedimiento, Codificación del procedimiento, Número de modificación, Número de página, Nombre de la persona que elaboró y fecha, Nombre de la persona que revisa y aprueba.

✓ Contenidos de fondo: Objetivo (qué se persigue con el procedimiento), Alcance (define la operación, el proceso, el sistema, la instalación ó área de aplicación del POE), Definiciones, Materiales, Responsables (jefes, supervisores, directores), Consideraciones previas a la operación (medidas preventivas), Procedimiento, Anexos (tablas de sustancias, gráficas, fotografías, etc.)

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los métodos estadísticos se utilizan con fines descriptivos, partiendo desde la tabulación de datos, hasta la presentación de los mismos en forma gráfica y/o ilustrativa. Uno de los paquetes estadísticos más utilizados es el programa SPSS (Statistical Product and Service Solutions) que comprende las herramientas para realizar diferentes tipos de análisis: descriptivos, exploratorios y comparativos. ^[63,64]

Las pruebas más utilizadas aplicadas para el análisis de datos son:

3.9.1 Pruebas de Normalidad

Se utilizan dos pruebas la de Shapiro-Wilk para un tamaño de muestra menor o igual a 50, y para valores mayores a 50, se utiliza la de Kolmorov-Smirnov. Esta prueba permite contrastar una hipótesis nula que trata de la procedencia de los datos de una población normal (significancia $> 0,05$). Y una hipótesis alternativa donde los datos no siguen una distribución normal (significancia $< 0,05$). Cuando los valores presentan una distribución normal, se acepta la hipótesis nula y se aplican pruebas paramétricas. Cuando pasa lo contrario, se aplican pruebas no paramétricas.

3.9.1.1 Pruebas Paramétricas. Son aplicadas cuando los datos pertenecen a una muestra aleatoria de una distribución que tiene un comportamiento normal o de Gauss, simétrica alrededor de la media. Esta prueba está determinada por la media y la desviación típica.

➤ **ANOVA.** Es una técnica que permite separar y estimar diferentes causas de variación. Cuenta con una variable independiente la cual define los grupos que se desean comparar y una variable dependiente que corresponde a los valores de las comparaciones de los grupos objeto comparación. Esta prueba está basada en la varianza global que puede ser observada en los grupos de datos numéricos a comparar. En este análisis la asociación de una probabilidad a la conclusión de la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones. Con estas pruebas se puede verificar si hay diferencias grandes entre las medias muestrales para explicarlas por causa de errores aleatorios.

➤ **Prueba de Duncan.** El rechazo de la hipótesis del ANOVA, parte de la desigualdad en las medias poblacionales comparadas, pero no específicamente donde se encuentran dichas diferencias, es por esto que se utiliza la prueba del rango múltiple de Duncan, que permite la comparación paso por paso, basado en la distribución del rango estudentizado. Hay un control de la tasa de error cuando se efectúan varios contrastes utilizando las mismas medias.

➤ **Prueba T.** Esta Prueba permite contrastar hipótesis con base a una media poblacional, ajustándose a un modelo de distribución de probabilidad t de student cuando la población muestreada es normal. La realización de esta prueba con el paquete estadístico SPSS permite contrastar dos muestras independientes o relacionadas según sea el caso.

3.9.1.2 Pruebas No Paramétricas. Son pruebas libres de distribución para los datos. Los resultados estadísticos se obtienen de procedimientos de ordenación o en otros casos de recuento, donde el parámetro de centralización es la mediana que se define como un punto donde el valor de X está el 50% de las veces por debajo y el 50% por encima.

➤ **Prueba de Kruskal Wallis.** El análisis de varianza de Kruskal-Wallis es una prueba para escalas ordinales donde la población no sigue una distribución normal. Esta prueba de K-W permite comparar las sumas de los rangos de los sujetos correspondientes a cada uno de los grupos. Para determinar las diferencias significativas se aplica la prueba de Mann-Whitney.

➤ **Prueba de U de Mann Whitney.** Esta prueba sirve para analizar datos provenientes de diseños con una variable categórica es decir dos niveles que definen dos grupos o muestras y una variable dependiente cuantitativa para la respectiva comparación de las muestras. Esta puede ser una alternativa muy útil de la prueba t sobre diferencia de medias cuando no hay un cumplimiento de los supuestos sobre los que se basa esta prueba.

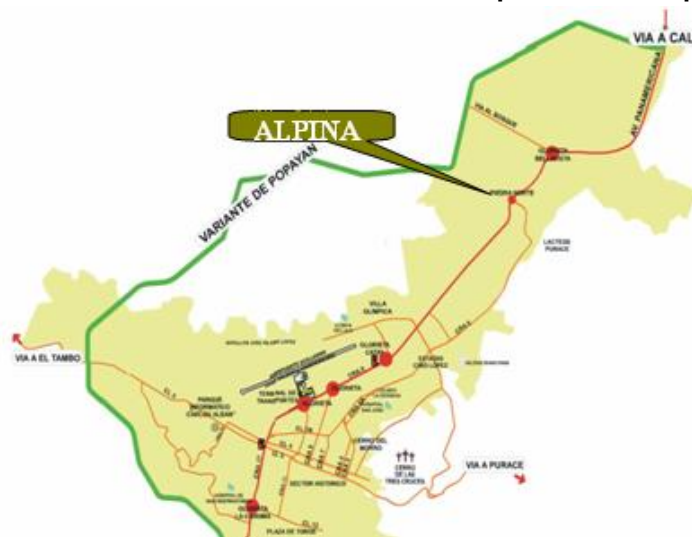
4. METODOLOGÍA

Los métodos utilizados en la evaluación de las características químicas del afluente son pruebas de valoración realizadas en las dependencias de Calidad y Producción. Medidas potenciométricas de las muestras recolectadas en las áreas mencionadas y en calderas. En el afluente de la PTAR se determinaron DQO, DBO, pH, temperatura y SST, para su respectivo diagnóstico.

4.1 LOCALIZACION

El estudio se realizó en los laboratorios de calidad y de la PTAR de Alpina Productos Alimenticios S.A. planta Popayán, cuya ubicación se muestra en la figura 4.

Figura 4. Ubicación de la Planta PTAR de Alpina S.A en Popayán.



Fuente: Alpina Planta Popayán.

4.2 EVALUACIÓN DE LA PROCEDENCIA DEL CAMBIO EN LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE

Para la evaluación de la procedencia del cambio en las condiciones del afluente se realizaron valoraciones del pH en muestras de aguas de lavados de las diferentes áreas.

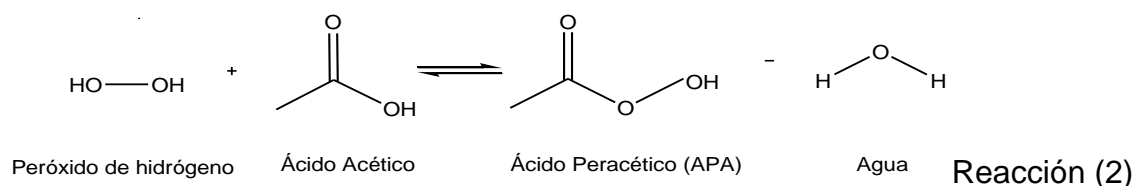
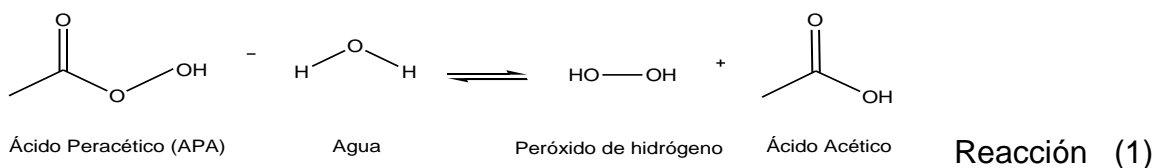
4.2.1 Procedimiento para la Determinación de Acido Peracético (APA)

El Ácido Peracético y el Peróxido de Hidrógeno, son los componentes activos del oxonia utilizado en la empresa como sanitizante, desinfectante y esterilizante; fue valorado mediante titulación con tiosulfato de sodio 0,1N; debidamente estandarizado, usando como indicador almidón, previo tratamiento con yoduro de potasio, ácido fosfórico en presencia de molibdato de amonio.

Este sanitizante se utiliza para desinfectar la instrumentación en la dependencia de Producción y en el lavado de la Batidora en el área de Calidad. La concentración utilizada para los lavados de instrumentación es de $5,52 \times 10^{-3} N$ y para los lavados en la batidora de 0,055N.

4.2.1.1 Principio. El método volumétrico indirecto utilizado es la yodometría, como técnica de determinación de oxidantes fuertes que generan yodo estequioméricamente, con un agente reductor como el Tiosulfato de sodio.^[65]

El Acido Peracético está en equilibrio con el Peróxido de Hidrógeno de acuerdo a las reacciones:^[66-68]



Fuente: ZHAO 2008; FMC Peracetic Acid; COPENHAFFER 2009.

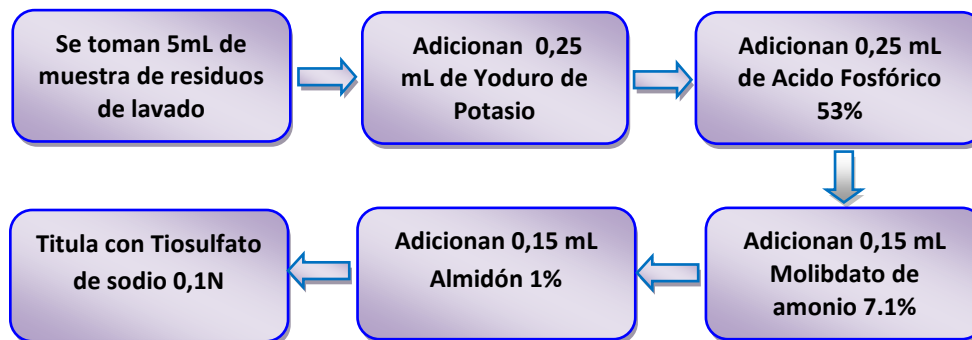
El Peróxido de Hidrógeno contenido en el oxonia favorecido por la adición del ácido fosfórico, reacciona con el yoduro de potasio libera yodo el cual se titula con tiosulfato de sodio. De acuerdo a las reacciones descritas:





4.2.1.2 Valoración APA. La figura 5, muestra la valoración del APA.^[29]

Figura 5. Diagrama de Flujo Determinación Ácido Peracético.



4.2.1.3 Cálculos. La concentración del ácido Peracético en Normalidad se obtiene con la ecuación 1.

Ecuación (1)

Donde:

$NNa_2S_2O_3$: Normalidad del Tiosulfato de Sodio

VM: Volumen de la muestra

VT: Volumen gastado en la titulación

Los resultados se muestran en el Anexo A (Tabla 1 y 2).

4.2.1.4 Estandarización del Tiosulfato de Sodio. El ión Tiosulfato es un agente reductor de naturaleza moderada a fuerte, muy utilizado en la determinación de agentes oxidantes. Es estable al aire y actúa mejor en un medio acuoso con pH ligeramente ácido a neutro. La estandarización del tiosulfato de sodio, puede hacerse en presencia de dicromato, bromato o yodato de potasio, al igual que con hexacianoferrato III de potasio y cobre metálico. Estos compuestos tienen tendencia a liberar yodo, cuando está en exceso.^[29, 65]

4.2.1.5 Procedimiento. El procedimiento para la estandarización del Tiosulfato de Sodio se describe en la figura 6.^[29]

Figura 6. Diagrama de Flujo Estandarización Tiosulfato de Sodio.



4.2.1.6 Cálculos. La obtención de la normalidad real del tiosulfato se hace de la siguiente manera:

$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times 1000}{p_{\text{eq dicromato de potasio}} \times \text{mL}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times 1000}{49.031 \times \text{mL}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

$\text{N}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$: Normalidad del Tiosulfato de Sodio en Equivalentes-gramo/L

$E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$ Peso en gramos del $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

$P_{\text{eq K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$: Peso equivalentes gramos del Dicromato de Potasio (49,031 g/Equivalentes)

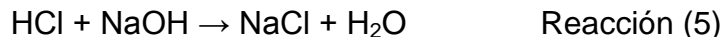
$\text{mL}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$: Volumen gastado en la titulación en mL.

Los resultados se muestran en el Anexo A (Tabla 3).

4.2.2 Procedimiento para la Determinación de Hidróxido de Sodio (NaOH) en Aguas de Lavado

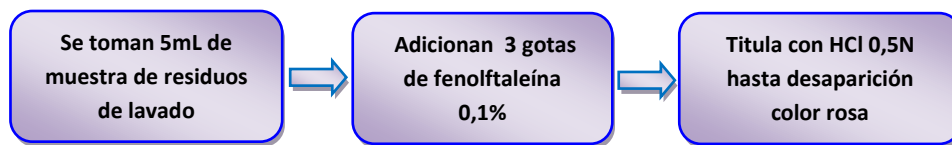
Se valoró mediante determinación volumétrica del Hidróxido de Sodio, con ácido clorhídrico 0,5N debidamente estandarizado. Este componente activo se encuentra en aguas de lavado de los carrotanques, en producción en el CIP, en el lavado de la batidora y como principal componente activo en el desinfectante Progress. Las concentraciones de lavados para los carrotanques están en un rango 0,168N-0,204N; en producción-CIP 0,18N-0,24N; batidora a 0,24N y en el desinfectante Progress 0,9N.

4.2.2.1 Principio. Las volumetrías tienen como propósito determinar cuantitativamente una sustancia, midiendo el volumen de una disolución cuya concentración es conocida que reacciona con la sustancia a determinar. Las volumetrías ácido-base se denominan reacciones de neutralización implican la eliminación de los iones H^+ y OH^- .^[65, 69, 70] Se describe en la reacción (5).



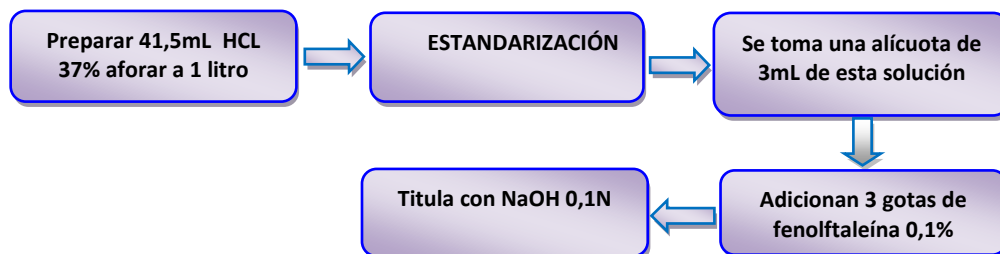
4.2.2.2 Valoración NaOH. Procedimiento en la figura 7.^[29]

Figura 7. Diagrama de Flujo valoración del NaOH en Aguas de lavados



4.2.2.3 Preparación y Estandarización del HCl 0,5N. En la figura 8 se describe el procedimiento respectivo.

Figura 8. Diagrama de Flujo Preparación y Estandarización de HCl 0,5N.



4.2.2.4 Cálculos. La concentración de los residuos de los lavados realizados con NaOH en Normalidad, se deducen de la ecuación (4). Los valores de la estandarización del HCl se obtienen con la ecuación (5).

❖ **Concentración de residuos de lavados con NaOH:**

$$N = \frac{VT \times N_{HCl}}{V_M} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

N_{HCl} : Normalidad del HCl

VT: Volumen gastado en la titulación en mL

V_m : Volumen de la muestra en mL

Los resultados se muestran en el Anexo A (Tablas 4-8).

❖ **Normalidad real del HCl:**

$$N_{HCl} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH}}{V_{alícuota}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

V_{NaOH} es el volumen de hidróxido gastado en la titulación en mL

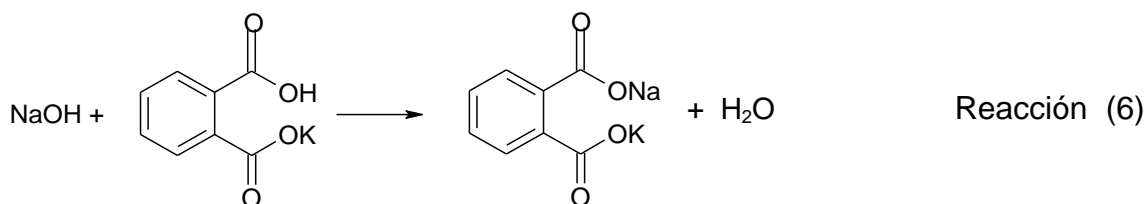
N_{NaOH} es la normalidad de la solución de NaOH

$V_{alícuota}$ es el volumen de la alícuota de HCl en mL

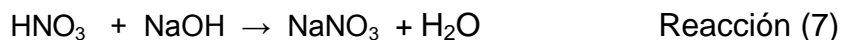
Los resultados se muestran en el Anexo A (Tablas 4-9).

4.2.3 Valoración del Ácido Nítrico (HNO₃) en Aguas de Lavado

Para la neutralización del ácido nítrico se utilizó hidróxido de sodio 0,2N debidamente estandarizado con biftalato de potasio de acuerdo a la reacción descrita. Los lavados que se efectúan en el CIP-Producción y en el Pasterizador están en un rango de 0,084N-0,126N.

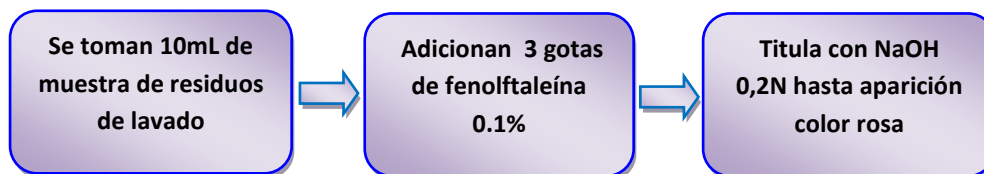


4.2.3.1 Principio. (Ver ítem 4.2.2.1). La valoración del ácido nítrico y el hidróxido de sodio se resumen en la reacción (7).



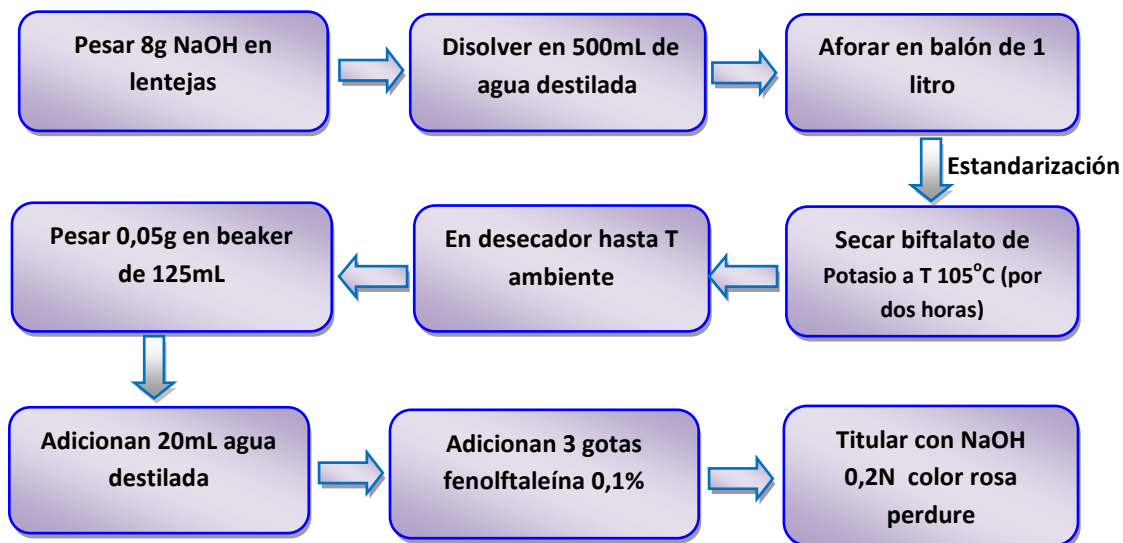
4.2.3.2 Valoración del HNO₃ (Ver Figura 9).^[65, 69, 70]

Figura 9. Diagrama de Flujo valoración del HNO₃ en Aguas de lavados.



4.2.3.3 Preparación y Estandarización del NaOH 0,2N. (Figura 10)

Figura 10. Diagrama de flujo preparación y estandarización NaOH 0,2N.



4.2.3.4 Cálculos. La concentración de los residuos de los lavados realizados con HCl en Normalidad, se deducen de la ecuación (6). Los valores de la estandarización del NaOH se obtienen de la ecuación (7).

❖ **Concentración de residuos de lavados con HNO₃:**

$$N = \frac{VT \times N_{NaOH}}{V_M} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

N_{NaOH}: Normalidad del NaOH Equivalentes-gramo/L

VT: Volumen gastado en la titulación en mL

V_m: Volumen de la muestra en mL

Los resultados se muestran en el Anexo A (Tablas 10 y 11).

❖ **Normalidad real del NaOH:**

$$N_{NaOH} = \frac{w \times 1000}{204,23 \times V} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

W es el peso de biftalato de potasio en g

V es el volumen de titulación gastado en mL

204,23 Es el peso del biftalato de potasio en g/Equivalentes

Los resultados se muestran en el Anexo A (Tabla 12).

NOTA:

Todos los valores de los residuos de lavados son verificados midiendo el pH potenciométricamente.

4.3 DIAGNÓSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AFLUENTE DE LA PTAR

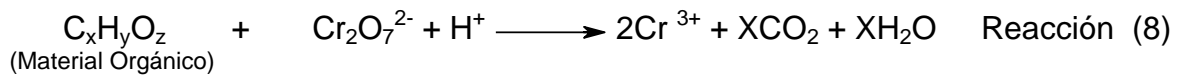
El diagnóstico se hizo mediante las determinaciones de pH, DQO, DBO₅, SST y temperatura.

4.3.1 Determinación Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, oxidables en condiciones operatorias definidas.

En esta prueba todo el material orgánico biodegradable o no es químicamente oxidado.^[71]

4.3.1.1 Principio. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, de origen orgánico o inorgánico. Las materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata o de sulfato de mercurio. En estas condiciones por un periodo de dos horas de digestión el Cromo (IV) pasa a Cromo (III) oxidando la materia orgánica.^[71-77] Según la reacción 8.



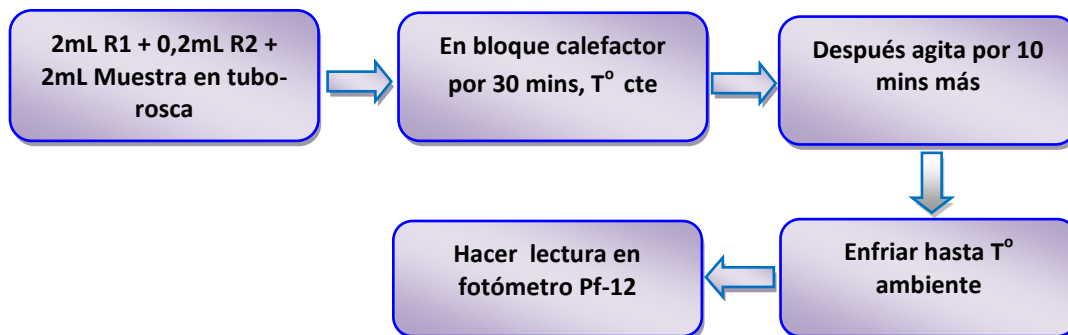
4.3.1.2 Procedimiento. Se describe en la figura 11. Se utiliza el Kit NANOCONTROL DQO 15000 (REF 925- 28) que consta de:^[71]

Tubo Test DQO 1500: H₂SO₄ 63%, sulfato de mercurio <0,5%, dicromato potásico <0,2% de cromo.

Reactivo DQO (R1) contiene H₂SO₄ 95% y dicromato potásico <0,2%

Reactivo DQO (R2) H₂SO₄ <15% y sulfato de mercurio <10%

Figura 11. Diagrama de Flujo Determinación DQO.



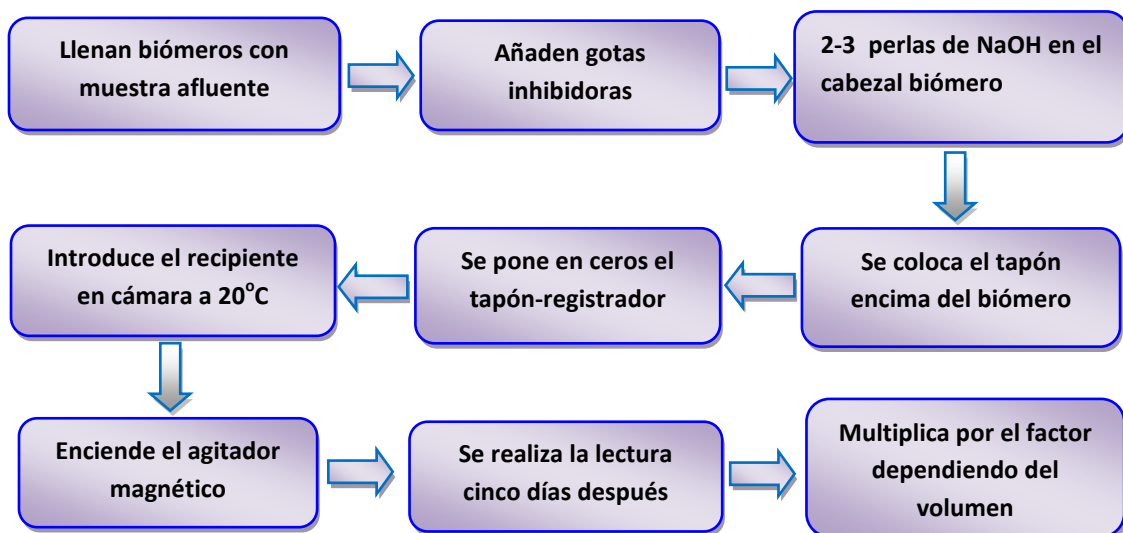
4.3.2 Determinación Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada.^[71]

4.3.2.1 Principio. Se mide la concentración de oxígeno disuelto antes y después del proceso. El agua residual contiene una cierta flora bacteriana, que tras un tiempo de incubación (cinco días) y una temperatura de 20°C, actúa degradando el material orgánico. Se utiliza un sistema cerrado herméticamente (oscuridad) donde el oxígeno es consumido por los microorganismos al degradar la materia orgánica liberando anhídrido carbónico. Perlas de hidróxido de sodio se utilizan como absorbente del CO₂. La agitación de los recipientes cerrados facilitan la rápida absorción de dicho gas.^[71-77]

4.3.2.2 Procedimiento. Se describe en el diagrama de la figura 12.

Figura 12. Diagrama de Flujo Determinación DBO₅.



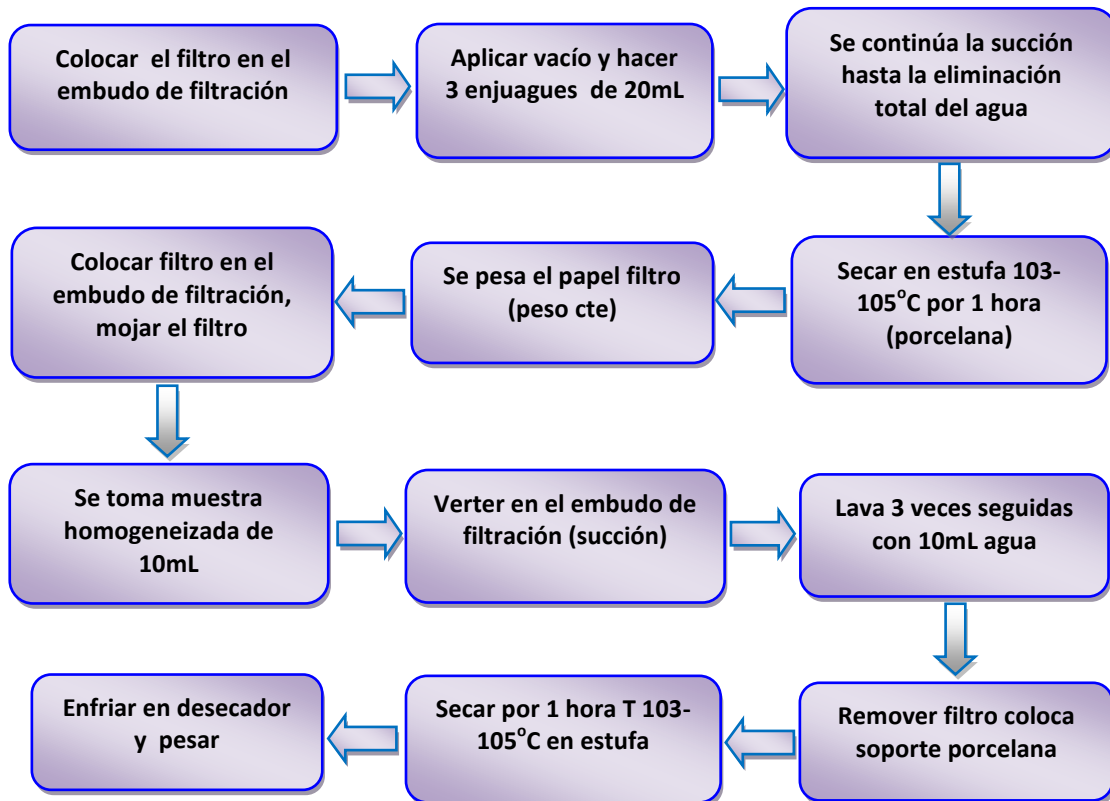
4.3.3 Determinación SST

Los sólidos suspendidos totales son los materiales retenidos por un filtro estándar de fibra de vidrio y secado 103-105 °C.^[71]

4.3.3.1 Principio. Los sólidos suspendidos totales corresponden a un valor estimado de materiales suspendidos en las aguas residuales y pueden afectar la calidad del agua, dichos residuos son influenciados por la temperatura y el tiempo de desecación. Este parámetro se determina filtrando el agua a través de tamaño de poro de 2µm y sometiendo este residuo a una temperatura de 105°C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión.^[71-77]

4.3.3.2 Procedimiento. La preparación del papel filtro, y filtración de los sólidos se resumen en la figura 13.

Figura 13. Diagrama de Flujo Determinación SST.



4.3.4 Determinación pH y Temperatura

El método potenciométrico es el utilizado para la determinación del pH y la temperatura.^[71]

4.3.4.1 Principio. El pH, actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua. El pH se define como el logaritmo de la inversa de la actividad de los iones hidrógeno,

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

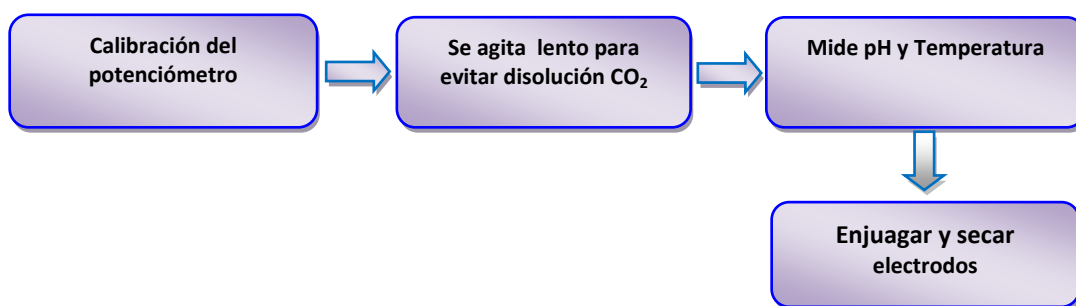
$[\text{H}^+]$ = actividad de los iones hidrógeno en mol/L.

El método consiste en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno por medidas potenciométricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia.^[71-77]

4.3.4.2 Procedimiento. Primero se realiza la calibración del potenciómetro y posteriormente se hacen las respectivas medidas. (Figura 14)

Calibración del instrumento: En la calibración se usan como mínimo dos de las soluciones buffer, cuyos valores de pH deben cubrir el rango de pH esperado por la muestra a medir. Se lleva los buffers y la muestra a la misma temperatura.

Figura 14. Diagrama de Flujo Determinación pH y Temperatura.



4.4 DISEÑO ESTADÍSTICO DEL MUESTREO

Se tomó una muestra representativa de las aguas de lavado en las dependencias de: Producción, Calderas y Calidad. El número de muestras tomadas fueron de 1-4 diariamente en cada dependencia durante un mes y medio, para un total de 642 muestras durante el período mencionado (ver Tabla 7).

Tabla 7. Muestras a tomar en las diferentes dependencias de la planta.

Área		Vol/muestra (mL)	Número de muestras/semana
Calidad	Laboratorio	100	20
	Pasterizador	200	10
	Carrotanques	200	20
	Batidora	200	15
Producción	CIP	200	2
	Instrumentación	200	20
Calderas	Tanque recibo	200	20
Total Muestras Semanales:			107

4.5 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Con el propósito de obtener confiabilidad en los resultados se aplicaron pruebas estadísticas consistentes en el ajuste de normalidad, aplicación de pruebas paramétricas como ANOVA y Pruebas T y no paramétricas como Kruskal-Wallis. Para ello se utilizó el paquete estadístico S.P.S.S. Versión 11.5.

4.6 ADECUACIÓN CONDICIONES QUÍMICAS DEL AFLUENTE

Con el propósito de lograr su eficaz tratamiento en la PTAR, y con base en los resultados de las determinaciones anteriores, se tomaron muestras representativas del Afluente y se realizaron tratamientos con diferentes ácidos valorando potenciométricamente la neutralización de dichas muestras.

4.7 PROPUESTA DE SOLUCIONES REALES CON BASE EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Se propone la realización de un pre-tratamiento con el ácido seleccionado estadísticamente con base en los resultados de neutralización y además que presente condiciones de utilidad nutricional para los microorganismos de la PTAR.

4.8 ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO POE EN EL QUE SE CONSIGNAN LAS RECOMENDACIONES RESPECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE DE LA PTAR

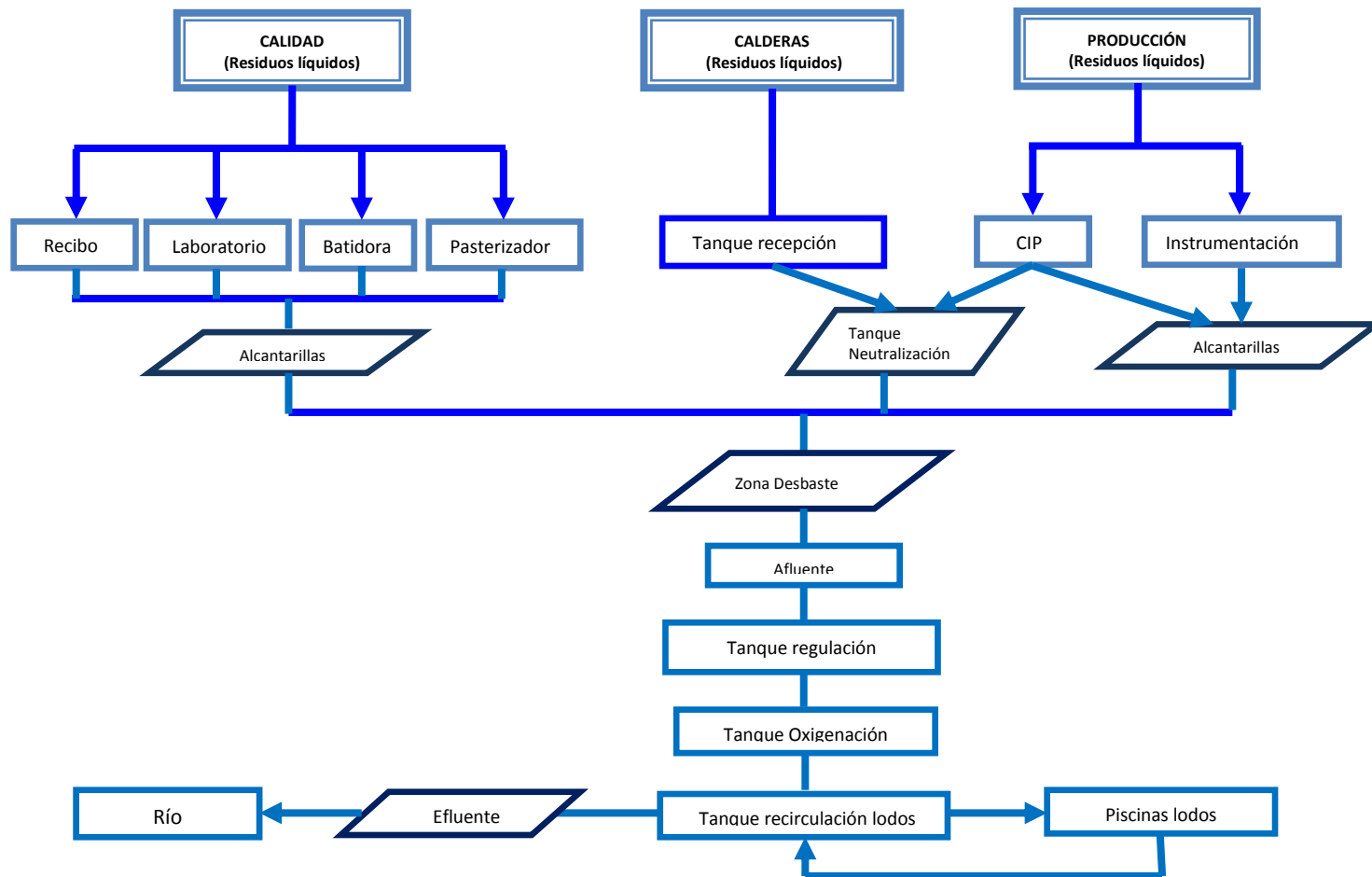
Se elaboró un manual de instrucciones o manual POE (Procedimientos Operativos Estándar) donde se sugiere la verificación de las concentraciones de los lavados de los implementos de cada sección, y donde estén consignadas las recomendaciones de adecuación del afluente de la PTAR de Alpina planta Popayán. Se tuvo en cuenta los requerimientos y protocolos utilizados en la empresa. (Ver Anexo D)

4.9 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS

Se realizó la capacitación de dos operarios de producción, un operario de calidad y un operario de la PTAR, para la respectiva verificación mediante valoración de las concentraciones de los lavados y sus respectivos enjuagues. La socialización de la información se realizó en dos reuniones teórico-prácticas donde se hace alusión a los cuidados del manejo de sustancias químicas, utilización de protección (gafas, guantes, máscaras) y las consecuencias del inapropiado manejo de desechos líquidos no solo en el afluente de la PTAR, sino en la salud y en el medio ambiente.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Figura 15. Diagrama de flujo aguas residuales Alpina S.A Popayán



5.1 EVALUACIÓN DE LA PROCEDENCIA DEL CAMBIO EN LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE.

En el diagrama mostrado en la Figura 15 se describe el proceso de producción de aguas residuales en la PTAR, y en el Anexo C, los valores de caudales y datos del efluente de la PTAR. A continuación se describen los parámetros determinados en tres dependencias: Calidad, Calderas y Producción

5.1.1 Evaluación de Residuos Líquidos Dependencia de Calidad

Esta dependencia comprende: Laboratorio, recibo de leche, lavado de pasterizador y batidora.

➤ Laboratorio de calidad

Los análisis efectuados en esta área, están relacionados con la calidad de la leche cruda, alimento perecedero que necesita condiciones especiales de manipulación, conservación y transporte. La determinación de acidez es realizada por valoración con NaOH 0,1N y los residuos de esta valoración son dirigidos hacia la PTAR; por lo tanto con el propósito de comprobar la homogeneidad en los residuos generados en esta determinación, se realizó la medida del pH diaria y semanalmente durante seis semanas, Los datos se reportan en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Datos de pH de los residuos del Laboratorio de Calidad semanas 1-3.

pH por semanas y días																
		M1	M2	M3			M1	M2	M3			M1	M2	M3		
Semana 1	15/05/12	8,29	8,30	8,29	Semana 2	23/05/12	8,29	8,30	8,31	Semana 3	30/05/12	8,30	8,31	8,32		
		8,28	8,29	8,29			8,30	8,30	8,31			8,32	8,31	8,31		
		8,30	8,29	8,29			8,29	8,30	8,30			8,30	8,31	8,32	8,31	
		8,28	8,30	8,29			8,30	8,30	8,30			8,32	8,31	8,31		
	16/05/12	8,29	8,30	8,29		24/05/12	8,31	8,31	8,30		31/05/12	8,31	8,31	8,32	8,31	8,31
		8,31	8,30	8,31			8,30	8,30	8,31			8,32	8,31	8,31		
		8,30	8,30	8,30			8,31	8,31	8,30			8,32	8,30	8,31		
		8,30	8,29	8,31			8,30	8,31	8,30			8,32	8,31	8,32		
	17/05/12	8,31	8,30	8,31		25/05/12	8,29	8,30	8,29		01/06/12	8,32	8,31	8,30	8,31	8,31
		8,29	8,30	8,30			8,31	8,30	8,30			8,31	8,30	8,31		
		8,32	8,31	8,31			8,32	8,31	8,31			8,31	8,30	8,31		
		8,29	8,30	8,30			8,33	8,32	8,33			8,32	8,30	8,31		
18/05/12	8,29	8,29	8,30	28/05/12	8,31	8,31	8,31	04/06/12	8,31	8,30	8,31	8,31	8,31			
	8,31	8,30	8,31		8,32	8,32	8,32		8,29	8,30	8,31					
	8,32	8,31	8,31		8,30	8,31	8,31		8,31	8,30	8,31					
	8,31	8,30	8,30		8,29	8,29	8,30		8,30	8,31	8,31					
22/05/12	8,31	8,31	8,30	29/05/12	8,31	8,30	8,30	05/06/12	8,32	8,32	8,31	8,31	8,31			
	8,30	8,30	8,31		8,32	8,31	8,31		8,32	8,31	8,31					
	8,29	8,30	8,31		8,30	8,30	8,31		8,31	8,30	8,31					
	8,30	8,30	8,31		8,32	8,31	8,31		8,32	8,31	8,31					

Tabla 9. Datos de pH de los residuos del Laboratorio de Calidad semanas 4-6.

pH por semanas y días																	
		M1	M2	M3			M1	M2	M3			M1	M2	M3			
Semana 4	07/06/12	8,31	8,31	8,32	Semana 5	15/06/12	8,32	8,31	8,31	Semana 6	22/06/12	8,32	8,32	8,31			
		8,32	8,32	8,31			8,31	8,31	8,32			8,32	8,31				
		8,31	8,30	8,30			8,32	8,32	8,31			8,29	8,30	8,30			
		8,33	8,31	8,30			8,32	8,32	8,31			8,31	8,30	8,30			
	08/06/12	8,31	8,31	8,32		16/06/12	8,31	8,32	8,31		25/06/12	8,30	8,30	8,30	8,31	8,32	8,32
		8,33	8,31	8,32			8,29	8,31	8,30			8,31	8,31	8,32			
		8,31	8,32	8,31			8,30	8,31	8,30			8,30	8,31	8,30			
		8,32	8,31	8,32			8,29	8,29	8,31			8,31	8,31	8,30			
	12/06/12	8,31	8,31	8,32		19/06/12	8,31	8,30	8,31		26/06/12	8,29	8,30	8,30	8,31	8,32	8,32
		8,28	8,29	8,29			8,32	8,31	8,31			8,30	8,30	8,31			
		8,29	8,30	8,29			8,33	8,32	8,33			8,31	8,31	8,32			
		8,30	8,30	8,31			8,32	8,31	8,32			8,32	8,32	8,32			
13/06/12	8,34	8,33	8,33	20/06/12	8,31	8,31	8,32	27/06/12	8,31	8,31	8,30	8,31	8,32	8,32			
	8,30	8,32	8,32		8,32	8,31	8,32		8,32	8,31	8,32						
	8,31	8,31	8,30		8,31	8,31	8,32		8,32	8,31	8,32						
	8,32	8,31	8,32		8,32	8,32	8,31		8,31	8,31	8,32						
14/05/12	8,33	8,31	8,31	21/06/12	8,32	8,32	8,31	28/06/12	8,32	8,31	8,32	8,31	8,32	8,32			
	8,31	8,32	8,32		8,31	8,31	8,31		8,31	8,31	8,30						
	8,31	8,31	8,32		8,31	8,32	8,32		8,32	8,31	8,30						
	8,32	8,32	8,32		8,32	8,32	8,31		8,30	8,31	8,32						

Para saber si existe diferencia significativa entre las medidas de pH durante el tiempo del análisis, se realiza un tratamiento estadístico. Inicialmente se someten los datos a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para seleccionar el tipo de pruebas a aplicar: pruebas paramétricas o no paramétricas, planteando dos hipótesis:

Ho: hipótesis nula. Los datos provienen de una distribución normal en cuyo caso el valor de la significancia es mayor a 0,05.

Ha: Hipótesis alternativa. Los datos no se ajustan a la normalidad en este caso el valor de la significancia es inferior a 0,05.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (Anexo B, Tablas 1 y 2) señala que los datos no se ajustan a la normalidad ($\text{sig} < 0,05$). Por esta razón se deben aplicar pruebas no paramétricas. Se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis, considerando como variable de agrupación o variable independiente el día y la semana; y como variable dependiente el valor de pH.

Los resultados muestran que existe diferencia significativa entre los valores de pH en los diferentes días y en las diferentes semanas. (Ver tabla 10).

Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis Día-Semanas en laboratorio de calidad.

Estadísticos de Contraste (a,b)		
Variable de Agrupación	Día	Semanas
Chi-cuadrado	10,467	34,173
Gl	4	5
Sig. asintót	0,033	0,000

Se aplica por lo tanto la prueba de Mann-Whitney para saber entre cuáles días y semanas están la diferencia de la medida y sus resultados se relacionan en la tabla 11 y tabla 13.

Tabla 11. Prueba de Mann-Whitney en función del día laboratorio de calidad.

Días	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	2556,000	0,879
1 y 3	1224,500	0,001
1 y 4	1177,500	0,001
1 y 5	2022,000	0,016
2 y 3	2548,500	0,855
2 y 4	2149,500	0,059
2 y 5	1914,500	0,004
3 y 4	2284,500	0,200
3 y 5	2100,500	0,039
4 y 5	2411,000	0,437

De igual forma se muestra en la Tabla 12 las medias de los pH por días:

Tabla 12. Informe de Medias pH por días laboratorio de calidad.

Día	Media	N	Desv. típ.
1	8,3092	72	0,01340
2	8,3081	72	0,00816
3	8,3083	72	0,01187
4	8,3107	72	0,00983
5	8,3119	72	0,00725
Total	8,3096	360	0,01040

En la mayoría de los días existe homogeneidad en la calidad de los residuos, sin embargo, se aprecia que los valores de pH de los días 1 y 3 son significativamente inferiores al del día 5, aún cuando los valores son muy cercanos.

Los valores obtenidos de las pruebas de Mann-Whitney en función de las semanas, se encuentran en la Tabla 13.

Tabla 13. Prueba de Mann-Whitney en función de la semana en laboratorio de calidad.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	1800,000	1,000
1 y 3	1224,500	0,001
1 y 4	1177,500	0,001
1 y 5	1029,500	0,000
1 y 6	1455,000	0,056
2 y 3	1224,500	0,001
2 y 4	1177,500	0,001
2 y 5	1029,500	0,000
2 y 6	1455,000	0,056
3 y 4	1612,500	0,293
3 y 5	1502,000	0,087
3 y 6	1595,500	0,250
4 y 5	1746,500	0,765
4 y 6	1461,500	0,063
5 y 6	1350,500	0,012

El informe de medias de los pH, se indican en la tabla 14.

Tabla 14. Informe de Medias pH por Semana en laboratorio de calidad.

Semanas	Media	N	Desv. típ.
1	8,3060	60	0,00942
2	8,3060	60	0,00942
3	8,3118	60	0,01242
4	8,3122	60	0,01151
5	8,3128	60	0,00846
6	8,3090	60	0,00858
Total	8,3096	360	0,01040

El promedio de pH de las semana 1 y 2 es significativamente inferior al de las semanas 3, 4 y 5. Además la semana 6 presenta un promedio de pH significativamente inferior al de la semana 5. Se aprecia mayor variabilidad entre semana que entre días.

Las diferencias encontradas se pueden atribuir al cambio de operario en forma semanal, sin embargo en el protocolo establecido en el método estándar considera un rango apropiado comprendido entre 8,29-8,31, de tal manera que la variabilidad encontrada no afectaría las condiciones de la PTAR.

Aún cuando no existe homogeneidad en el valor de pH de estos residuos, los valores de todas las medidas están dentro del rango óptimo para su biodegradación en la PTAR.

➤ **Evaluación de Lavados de carrotanques (recibo de leche)**

Los carrotanques o mulas que transportan la leche cruda a una temperatura adecuada (3-7)°C, llegan a diferente horas del día, son aproximadamente 7 carros, que son descargados e inmediatamente lavados con una solución de NaOH en un rango de concentración de 0,168N-0,204N. La leche es descargada en los silos para su posterior clarificación y eliminación de partículas. La verificación de las concentraciones de lavado se hacen por valoración con HCl 0,5N. Estos valores deben ser registrados en los documentos correspondientes para el control de manejo de concentraciones.

Con el fin de tener una idea de la uniformidad de los lavados, las medidas de pH se realizaron diariamente y semanalmente por un periodo de 6 semanas. Los resultados se presentan en las tablas 15 y 16.

Tabla 15. Datos de pH de los residuos de lavados de carrotanques semanas 1-3.

pH de residuos de lavados con NaOH 0,168N-0,204N														
		M1	M2	M3			M1	M2	M3			M1	M2	M3
Semana 1	15/05/12	10,12	10,15	10,06	Semana 2	23/05/12	9,67	9,80	9,76	Semana 3	30/05/12	10,88	10,91	10,93
		10,25	10,27	10,28			10,10	10,38	10,25			10,52	10,48	10,41
		10,50	10,53	10,61			10,25	10,32	10,41			9,97	9,95	9,91
		10,51	10,34	10,35			10,31	10,27	10,33			10,78	10,68	10,64
	16/05/12	10,22	10,25	10,30		24/05/12	10,21	10,26	10,30		31/05/12	10,75	10,71	10,70
		10,95	10,91	10,94			10,30	10,27	10,23			10,53	10,51	10,47
		9,07	9,10	9,08			9,87	9,76	9,80			10,50	10,48	10,44
		10,11	10,21	10,20			10,12	10,15	10,20			10,51	10,56	10,50
	17/05/12	10,25	10,26	10,27		25/05/12	10,51	10,45	10,48		01/06/12	10,01	10,15	10,17
		10,30	10,29	10,34			10,39	10,45	10,42			9,95	9,99	9,88
		10,90	10,95	10,92			10,28	10,32	10,40			9,87	9,76	9,78
		10,45	10,43	10,47			10,15	10,25	10,22			9,51	9,60	9,66
	18/05/12	10,11	10,23	10,18		28/05/12	9,86	9,76	9,80		04/06/12	9,91	9,87	9,84
		10,26	10,29	10,30			9,95	9,91	9,90			8,90	8,50	8,62
		9,87	9,84	9,83			10,01	10,08	10,05			8,97	8,84	8,63
		10,35	10,32	10,40			10,05	10,06	10,00			10,03	10,07	10,11
	22/05/12	9,87	9,88	9,82		29/05/12	10,21	10,26	10,28		05/06/12	10,28	10,32	10,31
		10,04	10,07	10,10			10,30	10,28	10,27			10,11	10,15	10,20
		9,98	9,90	9,94			10,23	10,25	10,28			10,21	10,19	10,25
		9,98	9,97	9,95			10,31	10,36	10,36			10,28	10,30	10,34

Los resultados del tratamiento estadístico muestran que no se ajustan a la normalidad (Anexo B, Tablas 3 y 4) y por lo tanto se aplican pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis para determinar las diferencias significativas con respecto a la homogeneidad en los residuos de los lavados que se descargan a la PTAR.

Tabla 16. Datos de pH de los residuos de lavado de los carrotanques semanas 4-6.

pH de residuos de lavados con NaOH 0,168N-0,204N														
		M1	M2	M3			M1	M2	M3			M1	M2	M3
Semana 4	06/06/12	10,87	10,92	10,84	Semana 5	14/06/12	11,15	11,20	11,22	Semana 6	21/06/12	10,64	10,61	10,69
		10,52	10,60	10,57			10,95	10,87	10,90			10,52	10,58	10,51
		10,63	10,59	10,67			10,56	10,51	10,49			10,26	10,28	10,31
		10,48	10,52	10,49			10,32	10,41	10,46			10,18	10,21	10,14
	07/06/12	10,52	10,45	10,31		15/06/12	10,91	10,87	10,83		22/06/12	10,41	10,42	10,47
		10,35	10,42	10,57			10,85	10,88	10,81			10,38	10,41	10,47
		9,87	9,92	9,95			10,15	10,18	10,21			10,26	10,31	10,29
		10,22	10,29	10,34			10,36	10,43	10,40			10,27	10,34	10,31
	08/06/12	9,95	9,86	9,90		16/06/12	10,25	10,32	10,28		25/06/12	10,52	10,56	10,55
		8,92	8,95	8,91			9,98	9,94	9,92			10,62	10,64	10,69
		8,94	8,98	9,01			10,23	10,27	10,31			10,27	10,31	10,29
		9,16	9,22	9,26			10,34	10,38	10,31			10,42	10,47	10,49
	12/06/12	10,23	10,31	10,28		19/06/12	10,53	10,52	10,58		26/06/12	10,15	10,21	10,18
		10,31	10,35	10,29			10,62	10,69	10,71			10,29	10,32	10,36
		10,26	10,31	10,29			10,57	10,52	10,59			10,28	10,24	10,21
		10,52	10,48	10,45			10,46	10,38	10,49			10,16	10,22	10,26
	13/05/12	10,46	10,41	10,48		20/06/12	9,74	9,69	9,61		27/06/12	10,36	10,41	10,37
		10,47	10,41	10,39			9,80	9,78	9,72			10,27	10,21	10,20
		10,08	10,11	10,15			10,01	10,11	10,06			9,94	9,96	9,99
		10,21	10,19	10,30			10,12	10,17	10,18			9,52	9,57	9,59

Los resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis se encuentran en la tabla 17.

Tabla 17. Prueba de Kruskal-Wallis Día-Semanas- residuos de lavados carrotanques.

Estadísticos de Contraste (a,b)		
Variable de Agrupación	pH Día	pH semana
Chi-cuadrado	56,474	34,173
Gl	4	5
Sig. asintót	0,000	0,000

Esta prueba indica diferencia significativa entre las medidas del pH considerando el día y la semana, como variables independientes. Al aplicar la prueba de Mann-Whitney, se puede evaluar si existe diferencia significativa entre los días y las semanas exponiendo los resultados en la Tabla 18.

Tabla 18. Prueba de Mann-Whitney en función del día-residuos de lavados de carrotanques.

Días	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	2030,000	0,025
1 y 3	1448,000	0,000
1 y 4	1298,500	0,000
1 y 5	958,500	0,000
2 y 3	1957,000	0,011
2 y 4	1752,000	0,001
2 y 5	1372,000	0,000
3 y 4	2465,000	0,612
3 y 5	2194,000	0,112
4 y 5	2298,000	0,240

Los valores de las medias de pH en función de los días están consignados en la Tabla 19.

Tabla 19. Informe de Medias pH por Días - residuos de lavados de carrotanques.

Días	Media	N	Desv. típ.
1	10,4660	72	0,32203
2	10,3319	72	0,37572
3	10,1097	72	0,49749
4	10,1017	72	0,47368
5	10,1232	72	0,23379
Total	10,2265	360	0,41748

Con la prueba efectuada se demuestra que existe una amplia variabilidad en los valores de pH medidos en los diferentes días, no existe diferencia significativa entre las medias de los valores de pH de los días 3, 4, y 5 puesto que 3 y 4 son significativamente inferiores a 5 pero 3 es significativamente superior a 4.

La prueba de Mann-Whitney en función de la semana se expone en la tabla 20.

Tabla 20. Prueba de Mann-Whitney en función de la semana- residuos de lavados de carrotanques.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	1678,000	0,522
1 y 3	1705,000	0,618
1 y 4	1581,500	0,251
1 y 5	1290,000	0,007
1 y 6	1374,000	0,025
2 y 3	1743,500	0,767
2 y 4	1358,500	0,020
2 y 5	1079,000	0,000
2 y 6	1174,000	0,001
3 y 4	1616,500	0,335
3 y 5	1271,000	0,005
3 y 6	1440,500	0,059
4 y 5	1431,000	0,053
4 y 6	1719,500	0,673
5 y 6	1523,500	0,147

Considerando la semana como variable de agrupación (Tabla 21) se encuentra que el valor de pH de la semana 1 es significativamente inferior al del promedio de la semanas 5 y 6. Además la media de pH de la semana 2 es significativamente inferior al de la semanas 5 y 6, pero significativamente superior al de la semana 4.

Tabla 21. Informe de Medias pH por Semanas-residos de lavados carrotanques.

Semanas	Media	N	Desv. típ.
1	10,2103	60	0,39028
2	10,1743	60	0,21198
3	10,1047	60	0,56731
4	10,1618	60	0,52775
5	10,4017	60	0,38032
6	10,3062	60	0,24125
Total	10,2265	360	0,41748

No hay homogeneidad en los lavados de los carrotanques, incidiendo en el incremento en algunos días y semanas del valor del pH; las diferencias no son tan altas, pero si son significativas y en todos los casos los valores de pH están alrededor de 10, valor muy superior al adecuado para la descarga en la PTAR, para su debida y adecuada Biotransformación dentro de ésta.

La variabilidad obedece a la rotación de los operarios diaria y semanalmente, sin control de ninguna clase. En ocasiones los operarios hacen la inspección en forma visual.

➤ **Evaluación de residuos de lavados de Batidora**

La mantequilla industrial es un subproducto de la leche, que se produce de manera diaria, debido a requerimientos de la sucursal de Sopó ubicada en el departamento de Cundinamarca. El manejo del lavado de la batidora se debe realizar con tres soluciones: Oxonia conformado por ácido Peracético que brinda una limpieza bacteriana; el hidróxido de sodio que por arrastre favorece la eliminación de grasas y el Progress que es un saneador clorado de alta alcalinidad que actúa eliminando microorganismos, además de su alta capacidad surfactante que corta y limpia residuos proteínicos y grasosos.

De la misma manera que en los casos anteriores se toman las medidas de pH diaria y semanalmente y se verifica la homogeneidad de los lavados con el tratamiento estadístico ya mencionado.

Los resultados se encuentran consignados en la Tabla 22.

Tabla 22. Datos de pH de los residuos de lavado de la batidora semanas 1-6.

	Fecha	Progress NaOH 0,9N			NaOH 0,24N			Oxonia APA 0,05N		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Semana 1	15/05/12	10,10	10,09	10,08	9,98	9,96	9,95	4,61	4,64	4,66
	16/05/12	10,00	10,02	10,03	9,58	9,56	9,57	3,36	3,31	3,35
	17/05/12	9,98	9,97	9,96	9,78	9,79	9,75	4,72	4,75	4,71
	18/05/12	9,87	9,86	9,84	10,15	10,17	10,18	4,55	4,58	4,60
	22/05/12	9,50	9,53	9,55	9,95	9,94	9,92	3,31	3,30	3,34
Semana 2	23/05/12	9,88	9,86	9,85	9,20	9,22	9,25	3,30	3,35	3,34
	24/05/12	9,62	9,63	9,65	9,43	9,46	9,45	4,41	4,46	4,48
	25/05/12	9,76	9,77	9,74	9,48	9,50	9,47	4,40	4,39	4,43
	28/05/12	9,80	9,79	9,81	10,22	10,20	10,19	4,69	4,73	4,71
	29/05/12	9,99	9,97	9,96	10,18	10,16	10,15	3,21	3,23	3,24
Semana 3	30/05/12	10,00	10,03	10,05	10,02	10,06	10,04	3,29	3,28	3,27
	31/05/12	9,88	9,86	9,89	9,67	9,69	9,65	4,70	4,72	4,78
	01/06/12	10,03	10,05	10,06	10,01	10,04	10,06	4,49	4,46	4,50
	04/06/12	9,97	9,96	9,95	9,68	9,69	9,63	3,34	3,32	3,33
	05/06/12	9,35	9,36	9,37	9,95	9,94	9,91	3,24	3,27	3,22
Semana 4	06/06/12	8,87	8,84	8,86	9,10	9,14	9,13	3,30	3,29	3,31
	07/06/12	9,00	9,01	9,03	9,35	9,37	9,33	4,53	4,55	4,51
	08/06/12	9,10	9,11	9,15	9,30	9,31	9,33	4,72	4,70	4,75
	12/06/12	9,97	9,99	9,95	10,15	10,17	10,12	3,29	3,27	3,31
	13/06/12	10,04	10,08	10,06	9,95	9,93	9,99	4,48	4,45	4,41
Semana 5	14/06/12	10,12	10,15	10,17	9,90	9,92	9,94	3,20	3,28	3,21
	15/06/12	9,90	9,92	9,94	9,78	9,74	9,75	4,49	4,51	4,48
	16/06/12	9,07	9,06	9,08	9,46	9,43	9,41	4,74	4,79	4,72
	19/06/12	9,10	9,12	9,14	9,53	9,51	9,52	3,28	3,29	3,31
	20/06/12	10,10	10,11	10,14	9,87	9,95	9,94	3,19	3,20	3,22
Semana 6	21/06/12	9,05	9,06	9,08	9,90	9,89	9,90	4,48	4,50	4,51
	22/06/12	9,99	9,96	9,98	9,99	9,96	9,98	4,68	4,64	4,61
	25/06/12	9,58	9,59	9,57	10,01	10,04	10,06	3,36	3,37	3,35
	26/06/12	9,50	9,53	9,51	10,00	9,99	10,01	3,11	3,15	3,13
	27/05/12	9,45	9,47	9,48	9,85	9,84	9,89	3,31	3,35	3,30

Los datos no se ajustan a la normalidad ($\text{sig} < 0,05$) y por esta razón se aplican pruebas no paramétricas como se mencionó en las dependencias anteriores (Anexo B, Tabla 5 y 6).

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis (para los residuos de los lavados de cada solución se muestran en la Tabla 23) considerando el día y la semana como variable independiente.

Tabla 23. Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas- residuos de lavado batidora.

Estadísticos de Contraste (a,b)						
Variable de Agrupación	Día			Semanas		
	Progress	NaOH	Oxonia	Progress	NaOH	Oxonia
Chi-cuadrado	2,652	19,617	34,178	14,674	12,316	6,334
Gl	4	4	4	5	5	5
Sig. asintót	0,618	0,001	0,000	0,012	0,031	0,275

Se observa que en función del día existe diferencia significativa para la media del pH de los residuos del lavado con NaOH y con Oxonia. En función de la semana existe diferencia en los valores de la media del pH de los residuos del Progress y del NaOH.

Los datos tomados diariamente de los residuos de los lavados con solución alcalina se exponen en la tabla 24.

Tabla 24. Prueba de Mann-Whitney en función del día-residuos de lavado con NaOH.

Días	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	133,000	0,359
1 y 3	154,000	0,800
1 y 4	81,000	0,010
1 y 5	114,500	0,132
2 y 3	142,500	0,537
2 y 4	59,000	0,001
2 y 5	42,500	0,000
3 y 4	71,000	0,004
3 y 5	90,000	0,023
4 y 5	128,000	0,281

La prueba de Mann-Whitney para el pH de los residuos del lavado con NaOH muestra que existe amplia variabilidad en dichas medidas en función del día con valores comprendidos entre 9,63 y 9,96, valores fuertemente alcalinos que no son apropiados para su biodegradación en la PTAR.

Los datos tomados semanalmente de los residuos de los lavados con solución ácida se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Prueba de Mann-Whitney en función del día- residuos de lavados con Oxonia.

Días	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	66,000	0,002
1 y 3	52,000	0,000
1 y 4	157,000	0,874
1 y 5	108,000	0,087
2 y 3	137,000	0,428
2 y 4	87,500	0,018
2 y 5	17,000	0,000
3 y 4	60,500	0,001
3 y 5	18,500	0,000
4 y 5	117,000	0,154

Igualmente existe amplia variabilidad en las medidas de los valores de pH de los residuos de lavados con oxonia en función del día con valores comprendidos entre 3,46 y 4,41, fuertemente ácido, no apropiado para su biodegradación, sin

embargo, estos residuos podrían neutralizar la fuerte alcalinidad de los residuos del lavado con NaOH. (Ver Tabla 26).

Tabla 26. Informe de Medias pH por Días- residuos de lavados con Progress, NaOH y Oxonia.

Día		pH Progress	pH NaOH	pH Oxonia	N
1	Media	9,6744	9,6944	3,7122	18
	Desv. típ.	0,5312	0,3834	0,6241	
2	Media	9,7394	9,6283	4,3650	18
	Desv. típ.	0,3574	0,2119	0,4823	
3	Media	9,5906	9,6794	4,4083	18
	Desv. típ.	0,3925	0,2967	0,5013	
4	Media	9,7033	9,9506	3,7217	18
	Desv. típ.	0,3107	0,2719	0,6750	
5	Media	9,7506	9,9617	3,4594	18
	Desv. típ.	0,3154	0,1004	0,4569	
Total	Media	9,6917	9,7829	3,9333	90
	Desv. típ.	0,3853	0,3004	0,6644	

La prueba de Mann-Whitney en función de la semana donde se analizan los residuos de los lavados con Progress se exhibe en la Tabla 27.

Tabla 27. Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos de lavados con Progress.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	64,500	0,046
1 y 3	105,000	0,755
1 y 4	59,000	0,026
1 y 5	107,500	0,836
1 y 6	36,000	0,002
2 y 3	63,000	0,040
2 y 4	85,000	0,254
2 y 5	99,000	0,576
2 y 6	41,000	0,003
3 y 4	65,500	0,051
3 y 5	108,000	0,852
3 y 6	52,500	0,013
4 y 5	67,500	0,062
4 y 6	93,500	0,431
5 y 6	84,000	0,237

Si se consideran las medidas de los valores de pH en función de la semana para cada uno de los lavados de la batidora (Tabla 27), la prueba de Mann-Whitney demuestra que los residuos de los lavados con Progress varían amplia y significativamente en función de la semana con promedios de pH comprendidos en un rango de 9,40-9,89, fuertemente alcalinos no aptos para su biodegradación en la PTAR.

Tabla 28. Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos de lavado con NaOH.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	85,000	0,254
1 y 3	112,500	1,000
1 y 4	66,000	0,054
1 y 5	53,500	0,014
1 y 6	83,000	0,221
2 y 3	90,000	0,351
2 y 4	74,500	0,115
2 y 5	105,000	0,756
2 y 6	90,000	0,350
3 y 4	69,500	0,074
3 y 5	60,500	0,031
3 y 6	99,000	0,575
4 y 5	86,500	0,281
4 y 6	66,000	0,054
5 y 6	31,000	0,001

Los residuos de los lavados con NaOH no presentan tanta variabilidad en función de la semana, pero el rango comprendido entre 9,58 y 9,95 es más fuertemente alcalino y no apto para su biodegradación en la PTAR.

El informe de medias de los valores de pH en función de los días para los residuos de lavados con Progress, NaOH y Oxonia se denota en la Tabla 29.

Tabla 29. Informe de Medias pH por Días-residuos de lavados con Progress, NaOH y Oxonia.

Semanas		pH Progress	pH NaOH	pH Oxonia	N
1	Media	9,8920	9,8820	4,1193	15
	Desv. típ.	0,2051	0,2073	0,6706	
2	Media	9,8053	9,7040	4,0247	15
	Desv. típ.	0,1173	0,4159	0,6410	
3	Media	9,8540	9,8693	3,8140	15
	Desv. típ.	0,2633	0,1756	0,6772	
4	Media	9,4040	9,5780	4,0580	15
	Desv. típ.	0,5247	0,4133	0,6518	
5	Media	9,6747	9,7100	3,7940	15
	Desv. típ.	0,4970	0,2097	0,7055	
6	Media	9,5200	9,9540	3,7900	15
	Desv. típ.	0,3015	0,0697	0,6661	
Total	Media	9,6917	9,7829	3,9333	90
	Desv. típ.	0,3853	0,3004	0,6644	

Del anterior análisis se deduce que en la dependencia de calidad los residuos de los lavados de carrotanques y batidora no son aptos para su gestión en la PTAR.

➤ **Evaluación de la medida de pH de los residuos del Pasterizador**

El pasterizador tiene como función principal reducir los agentes patógenos contenidos en la leche cruda que ha pasado previamente por el laboratorio de calidad, sin alterar su composición química y sus características físicas. Después del proceso quedan residuos de leche, grasas y sales, que deben ser tratadas con una solución básica seguida de una solución ácida. Se verifica la homogeneidad de los lavados con el tratamiento estadístico utilizado anteriormente, de manera diaria y semanal. Los datos se presentan en la Tabla 30.

Tabla 30. Datos residuos de lavados en Pasterizador con NaOH y HNO₃.

	Fecha	NaOH 0,24N			HNO ₃ 0,13N-0,17N				FECHA	NaOH 0,24N			HNO ₃ 0,13N-0,17N		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3			M1	M2	M3	M1	M2	M3
Semana 1	15/05/12	9,79	9,81	9,86	2,26	2,28	2,29	Semana 4	06/06/12	9,33	9,37	9,39	3,01	3,04	3,00
	16/05/12	9,89	9,92	9,91	2,31	2,35	2,33		07/06/12	9,27	9,29	9,34	2,47	2,45	2,43
	17/05/12	10,01	10,14	10,11	2,21	2,19	2,22		08/06/12	9,03	9,02	8,99	4,12	4,15	4,16
	18/05/12	9,98	9,92	9,93	2,80	2,82	2,85		12/06/12	8,36	8,42	8,40	3,98	3,91	3,94
	22/05/12	9,95	9,91	9,98	2,76	2,72	2,77		13/06/12	9,20	9,26	9,23	2,79	2,81	2,83
Semana 2	23/05/12	8,90	8,87	8,89	3,02	3,00	3,04	Semana 5	14/06/12	8,53	8,50	8,48	2,88	2,83	2,86
	24/05/12	8,65	8,59	8,60	3,00	3,01	3,03		15/06/12	8,35	8,39	8,40	3,10	3,14	3,17
	25/05/12	8,17	8,20	8,22	2,81	2,86	2,83		16/06/12	7,87	7,92	7,90	3,11	3,15	3,16
	28/05/12	9,01	9,06	9,08	3,10	3,14	3,16		19/06/12	7,77	7,79	7,81	2,97	2,95	2,95
	29/05/12	10,11	10,15	10,16	3,08	3,11	3,12		20/06/12	8,15	8,21	8,18	2,87	2,84	2,80
Semana 3	30/05/12	10,04	10,08	10,10	3,31	3,29	3,27	Semana 6	21/06/12	9,04	9,10	9,07	3,01	3,05	3,07
	31/05/12	9,91	9,94	9,90	2,98	2,94	2,93		22/06/12	9,00	8,98	8,95	2,98	2,95	2,91
	01/06/12	9,76	9,71	9,70	2,79	2,77	2,76		25/06/12	9,48	9,45	9,42	3,15	3,20	3,17
	04/06/12	9,78	9,82	9,85	3,31	3,27	3,25		26/06/12	8,53	8,57	8,55	3,47	3,41	3,49
	05/06/12	9,55	9,59	9,60	3,28	3,30	3,31		27/06/12	7,84	7,80	7,82	4,11	4,16	4,19

Los datos obtenidos no se ajustan a la normalidad (Anexo B, Tablas 7 y 8), por lo tanto se emplea la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, obteniéndose diferencias significativas en el lavado con ácido respecto al día y diferencias significativas en los dos lavados teniendo en cuenta la semana (Tabla 31).

Tabla 31. Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas-residuos lavados en Pasterizador.

Estadísticos de Contraste (a,b)				
Variable de Agrupación	Día		Semanas	
	NaOH	HNO ₃	NaOH	HNO ₃
Chi-cuadrado	2,072	9,553	60,690	37,310
Gl	4	4	5	5
Sig. asintót	0,723	0,049	0,000	0,000

La prueba de Mann-Whitney en función del día y el informe de medias se encuentran en las tablas 32 y 33.

Tabla 32. Prueba de Mann-Whitney en función del día-residuos lavados con HNO₃ en Pasterizador.

Días	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	126,000	0,254
1 y 3	160,000	0,950
1 y 4	95,000	0,034
1 y 5	144,000	0,569
2 y 3	131,500	0,334
2 y 4	66,000	0,002
2 y 5	115,000	0,137
3 y 4	109,500	0,097
3 y 5	146,500	0,624
4 y 5	116,000	0,145

Tabla 33. Informe de Medias pH por Días-residuos lavados con NaOH y HNO₃ en Pasterizador.

Día		pH (NaOH)	pH (HNO ₃)	N
1	Media	9,2861	2,9172	18
	Desv. típ.	0,5530	0,3230	
2	Media	9,1822	2,8044	18
	Desv. típ.	0,6073	0,3112	
3	Media	9,0611	3,0450	18
	Desv. típ.	0,8137	0,6022	
4	Media	8,9239	3,2650	18
	Desv. típ.	0,7929	0,3776	
5	Media	9,1494	3,1583	18
	Desv. típ.	0,8930	0,4982	
Total	Media	9,1206	3,0380	90
	Desv. típ.	0,7367	0,4579	

Existe homogeneidad en los residuos de los lavados en general, el rango de pH está de 2,80-3,27, no apropiado para la PTAR.

Tabla 34. Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos de lavados con NaOH en Pasterizador.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	43,500	0,004
1 y 3	61,000	0,033
1 y 4	0,000	0,000
1 y 5	0,000	0,000
1 y 6	0,000	0,000
2 y 3	45,000	0,005
2 y 4	79,000	0,165
2 y 5	21,000	0,000
2 y 6	105,000	0,756
3 y 4	0,000	0,000
3 y 5	0,000	0,000
3 y 6	0,000	0,000
4 y 5	11,500	0,000
4 y 6	82,000	0,206
5 y 6	37,500	0,002

No hay uniformidad en los lavados en este dispositivo, con NaOH, se ve reflejado en la mayoría de los datos con una significancia $<0,05$. La recirculación es efectuada, generando residuos líquidos en baja cantidad, no apropiados para la PTAR.

Tabla 35. Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos lavados con HNO_3 en Pasterizador.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	3,000	0,000
1 y 3	11,000	0,000
1 y 4	24,000	0,000
1 y 5	4,500	0,000
1 y 6	0,000	0,000
2 y 3	81,000	0,191
2 y 4	110,000	0,917
2 y 5	100,000	0,604
2 y 6	58,500	0,025
3 y 4	108,500	0,868
3 y 5	69,000	0,071
3 y 6	85,500	0,262
4 y 5	105,500	0,772
4 y 6	86,000	0,272
5 y 6	44,000	0,004

No hay homogeneidad en los lavados. Las razones ya mencionadas inciden en el pH de la PTAR, afectando la biodegradación de las partículas sólidas presentes.

Tabla 36. Informe de Medias pH por Semanas-residuos lavados con NaOH y HNO_3 en Pasterizador.

Semanas		pH primer lavado (NaOH)	pH segundo lavado (HNO_3)	N
1	Media	9,9407	2,4773	15
	Desv. típ.	0,0956	0,2662	
2	Media	8,9773	3,0207	15
	Desv. típ.	0,6723	0,1099	
3	Media	9,8220	3,1173	15
	Desv. típ.	0,1752	0,2245	
4	Media	9,0600	3,2727	15
	Desv. típ.	0,3668	0,6813	
5	Media	8,1500	2,9853	15
	Desv. típ.	0,2833	0,1380	
6	Media	8,7733	3,3547	15
	Desv. típ.	0,5759	0,4508	
Total	Media	9,1206	3,0380	90
	Desv. típ.	0,7367	0,4579	

Teniendo en cuenta el NaOH, el promedio de pH de las semanas 1 y 3, son significativamente superiores a las demás. Los valores de los promedios de pH de la 5 y 6 semanas, se encuentran dentro del rango óptimo para que puedan ser enviadas a la PTAR. Y con respecto al HNO_3 los promedios de pH de las semanas 1 y 5, son significativamente inferiores a las demás semanas. Se cuenta con el

proceso de recirculación, al intercambiar mangueras que transportan las diferentes sustancias, hay derrames que van directamente a la alcantarilla.

5.1.2 Evaluación de los Residuos Líquidos Dependencia de Calderas

En Alpina, las calderas son empleadas como un medio eficaz de limpieza y mantenimiento de equipos que involucra transferencia de calor, generando vapores y líquidos de condensación. Las purgas se hacen con soluciones diluidas de hidróxido de sodio, como desincrustantes de sedimentos sólidos de sulfatos, carbonatos o silicatos.

Tabla 37. Datos residuos de lavados en Calderas.

		pH					pH					pH		
		M1	M2	M3			M1	M2	M3			M1	M2	M3
Semana 1	15/05/12	6,15	6,16	6,15	Semana 2	23/05/12	6,50	6,52	6,53	Semana 3	30/05/12	6,68	6,70	6,65
		6,18	6,20	6,18			6,49	6,47	6,48			6,64	6,61	6,67
		6,20	6,21	6,23			6,53	6,53	6,54			6,53	6,50	6,57
		6,65	6,64	6,63			6,67	6,65	6,66			6,48	6,49	6,41
	16/05/12	6,60	6,58	6,61		24/05/12	6,65	6,67	6,67		31/05/12	6,50	6,47	6,52
		6,65	6,67	6,65			6,61	6,64	6,60			6,71	6,68	6,66
		6,62	6,63	6,62			6,62	6,67	6,61			6,69	6,65	6,65
		6,45	6,48	6,44			6,60	6,59	6,61			6,63	6,60	6,59
	17/05/12	6,60	6,61	6,60		25/05/12	6,65	6,63	6,63		01/06/12	7,01	6,97	6,94
		6,59	6,57	6,56			6,68	6,62	6,65			7,04	6,94	6,92
		6,53	6,51	6,51			6,70	6,71	6,72			7,10	6,98	6,95
		6,67	6,68	6,69			6,34	6,35	6,36			7,00	6,99	6,94
18/05/12	6,60	6,59	6,60	28/05/12	6,43	6,49	6,42	04/06/12	6,69	6,70	6,67			
	6,59	6,58	6,59		6,38	6,40	6,42		6,64	6,61	6,63			
	6,52	6,51	6,50		6,46	6,41	6,47		6,63	6,59	6,60			
	6,45	6,43	6,42		6,59	6,58	6,53		6,62	6,60	6,63			
22/05/12	6,47	6,46	6,46	29/05/12	6,58	6,52	6,58	05/06/12	6,60	6,58	6,59			
	6,48	6,47	6,48		6,51	6,53	6,51		6,61	6,57	6,60			
	6,50	6,49	6,48		6,50	6,53	6,57		6,50	6,59	6,54			
	6,51	6,50	6,52		6,58	6,57	6,52		6,53	6,50	6,49			
Semana 4	07/06/12	6,51	6,46	6,48	Semana 5	15/06/12	6,70	6,75	6,76	Semana 6	22/06/12	6,70	6,73	6,75
		6,53	6,50	6,53			6,87	6,85	6,84			6,69	6,68	6,64
		6,57	6,52	6,53			6,80	6,79	6,82			6,57	6,59	6,60
		6,59	6,57	6,56			6,79	6,77	6,71			6,50	6,54	6,57
	08/06/12	6,50	6,49	6,53		16/06/12	6,71	6,73	6,70		25/06/12	6,49	6,48	6,43
		6,48	6,45	6,50			6,69	6,68	6,67			6,51	6,50	6,56
		6,46	6,41	6,44			6,59	6,58	6,57			6,48	6,49	6,43
		6,48	6,40	6,42			6,53	6,51	6,50			6,41	6,45	6,48
	12/06/12	6,40	6,47	6,41		19/06/12	6,51	6,50	6,57		26/06/12	6,40	6,41	6,48
		6,47	6,42	6,43			6,49	6,47	6,46			6,77	6,74	6,73
		6,50	6,47	6,49			6,47	6,48	6,50			6,70	6,71	6,69
		6,59	6,56	6,52			6,75	6,73	6,71			6,70	6,74	6,79
13/06/12	6,60	6,58	6,56	20/06/12	6,70	6,73	6,75	27/06/12	6,75	6,78	6,80			
	6,46	6,43	6,40		6,68	6,67	6,64		6,70	6,72	6,74			
	6,53	6,57	6,60		6,65	6,64	6,69		6,69	6,67	6,62			
	6,50	6,54	6,58		6,61	6,60	6,59		6,58	6,56	6,60			
14/05/12	6,61	6,64	6,68	21/06/12	6,72	6,74	6,76	28/06/12	6,61	6,63	6,67			
	6,60	6,68	6,65		6,74	6,79	6,80		6,60	6,63	6,68			
	6,60	6,63	6,64		6,71	6,79	6,76		6,71	6,73	6,76			
	6,61	6,60	6,63		6,74	6,75	6,71		6,80	6,83	6,79			

Se confirma la homogeneidad de los lavados con el mismo tratamiento estadístico utilizado, de manera diaria y semanal. El resumen de datos se muestra en la Tabla 37.

A los datos obtenidos anteriormente se aplica la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Ver Anexo B, Tablas 9 y 10), indicando que los valores de pH no se ajustan a la normalidad, por lo tanto se aplican pruebas no paramétricas.

Tabla 38. Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas-residuos lavados en Calderas.

Estadísticos de Contraste (a,b)		
Variable de Agrupación	pH Día	pH semana
Chi-cuadrado	7,812	86,336
Gl	4	5
Sig. asintót	0,099	0,000

La prueba de Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas en los residuos de los lavados recolectados de manera semanal únicamente. Ver Tabla 39.

Tabla 39. Prueba de Mann-Whitney en función de la semana-residuos lavados en Calderas.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	1464,500	0,078
1 y 3	835,000	0,000
1 y 4	1762,500	0,844
1 y 5	583,500	0,000
1 y 6	922,500	0,000
2 y 3	1088,500	0,000
2 y 4	1424,000	0,048
2 y 5	748,000	0,000
2 y 6	1122,500	0,000
3 y 4	724,500	0,000
3 y 5	1479,000	0,092
3 y 6	1754,500	0,811
4 y 5	538,000	0,000
4 y 6	883,500	0,000
5 y 6	1395,000	0,033

Tabla 40. Informe de medias en función de las semanas-residuos lavados en Calderas

Semanas	Media	N	Desv. típ.
1	6,4983	60	0,15041
2	6,5538	60	0,09590
3	6,6728	60	0,16985
4	6,5260	60	0,07583
5	6,6752	60	0,11008
6	6,6297	60	0,11894
Total	6,5926	360	0,14197

Los valores de pH en función de la semana para los residuos de las purgas de las calderas se relacionan en la tabla 40, la prueba de Mann-Whitney (Tabla 39) muestran variabilidad significativa en los promedios de pH en algunas semanas, sin embargo el rango está comprendido entre 6,50-6,67, apropiados para su biodegradación en la PTAR.

5.1.3 Evaluación de Residuos Líquidos Dependencia de Producción

Procesos como la pasteurización, enfriamiento, ultrapasteurización y adición de fibra y vitaminas, se realizan en esta dependencia. Posteriormente se llevan a cabo los lavados parciales o totales, con el fin de obtener una completa desinfección y limpieza de equipos, instrumentación y pisos, con soluciones de ácido nítrico e hidróxido de sodio. Aún cuando se efectúa la recirculación de soluciones, se presentan derrames de desechos líquidos generando residuos de lavados en baja cantidad.

Se realizan las medidas de pH en los residuos de los lavados de esta dependencia dos veces por semana. Los resultados se relacionan en la tabla 41.

Tabla 41. Datos residuos de lavados CIP - Producción con NaOH y HNO₃.

Fechas		CIP					
		NaOH 0,18N-0,24N			HNO ₃ 0,84N-0,13N		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3
Semana 1	15/05/12	10,15	10,12	10,11	3,31	3,35	3,35
	17/05/12	9,98	9,99	9,97	4,31	4,32	4,30
Semana 2	22/05/12	10,01	10,00	10,03	4,11	4,13	4,14
	30/05/12	10,31	10,33	10,33	3,35	3,36	3,37
Semana 3	05/06/12	10,21	10,24	10,22	4,01	4,00	4,03
	07/06/12	10,20	10,21	10,20	3,58	3,59	3,54
Semana 4	12/06/12	10,20	10,23	10,21	3,33	3,35	3,36
	14/06/12	9,98	9,96	9,97	4,43	4,41	4,40
Semana 5	19/06/12	9,99	9,98	10,00	4,21	4,22	4,25
	21/06/12	9,79	9,77	9,76	3,78	3,79	3,75
Semana 6	26/06/12	10,03	10,05	10,01	4,46	4,47	4,45
	28/06/12	9,98	9,96	9,95	3,56	3,58	3,55

Con el propósito de evaluar la homogeneidad de los valores de pH en los residuos de lavados se aplican pruebas inicialmente de normalidad para saber si se ajustan a la normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk, encontrándose que no se ajustan a la normalidad. (Anexo B, Tabla 11). Por esta razón se aplican pruebas no paramétricas: Kruskal-Wallis (Tabla 42).

Tabla 42. Prueba de Kruskal-Wallis Semanas-residuos lavados CIP-Producción con NaOH y HNO₃.

Estadísticos de Contraste (a,b)		
	NaOH	HNO ₃
Chi-cuadrado	17,505	3,081
Gl	5	5
Sig. asintót	0,004	0,688

La prueba Kruskal-Wallis revela que los valores de pH del primer lavado alcalino difieren significativamente si se considera la semana de evaluación, mientras que los valores de pH del segundo lavado no presentan diferencias significativas entre sí. Se utiliza la prueba de Mann-Whitney para determinar las semanas en que existen diferencias significativas.

Tabla 43. Prueba de Mann-Whitney en función de la Semana-residuos lavados CIP-Producción con NaOH.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	9,000	0,149
1 y 3	0,000	0,004
1 y 4	16,000	0,748
1 y 5	7,000	0,077
1 y 6	10,500	0,229
2 y 3	18,000	1,000
2 y 4	9,000	0,149
2 y 5	0,500	0,005
2 y 6	7,000	0,077
3 y 4	9,000	0,144
3 y 5	0,000	0,004
3 y 6	0,000	0,004
4 y 5	8,500	0,128
4 y 6	12,000	0,335
5 y 6	8,500	0,128

Se muestra el informe de medias en función de la semana en la Tabla 44.

Tabla 44. Informe de medias en función de la Semana-residuos lavados CIP-Producción con NaOH.

Semanas	Media	N	Desv. típ.
1	10,0533	6	0,08165
2	10,1683	6	0,17023
3	10,2133	6	0,01506
4	10,0917	6	0,13378
5	9,8817	6	0,11923
6	9,9967	6	0,03983
Total	10,0675	36	0,14914

Los residuos generados en esta dependencia presentan poca variabilidad de pH en un rango de 9,88-10,21, valores no aptos para su biodegradación en la PTAR.

➤ **Evaluación de la medida de pH de los residuos de la instrumentación utilizada en Producción**

Los codos, tubos, tuercas de ajuste, y demás partes que conforman los silos y mangueras, son limpiados y desinfectados con Oxonia. El ácido Peracético y el peróxido de hidrógeno sustancias activas en este sanitizante, actúan con un alto poder oxidante, proporcionando además de limpieza, superficies desinfectadas y libres de bacterias de acuerdo a las exigencias de calidad.

Se evalúan los residuos de los lavados con Oxonia, en función del día y la semana. Los datos recolectados en un periodo de seis semanas se muestran en las Tablas 45 y 46.

Tabla 45. Datos residuos de lavados de Instrumentación-Producción con Oxonia Semanas 1-3

Oxonia - APA 5,52x10 ⁻³ N																	
			pH						pH								
			M1	M2	M3				M1	M2	M3						
Semana 1	15/05/12		4,31	4,34	4,31	Semana 2	23/05/12		3,37	3,35	3,38	Semana 3	30/05/12		3,89	3,86	3,86
			4,33	4,35	4,36				3,28	3,29	3,27				3,85	3,84	3,87
			4,29	4,28	4,27				3,35	3,37	3,38				3,81	3,80	3,83
			4,30	4,31	4,29				3,33	3,31	3,34				3,77	3,75	3,78
	16/05/12		4,55	4,52	4,51		24/05/12		4,69	4,69	4,67		31/05/12		4,31	4,34	4,33
			4,54	4,56	4,57				4,59	4,58	4,57				4,30	4,33	4,31
			4,51	4,54	4,51				4,61	4,62	4,63				4,29	4,28	4,27
			4,48	4,50	4,49				4,58	4,59	4,58				4,25	4,27	4,26
	17/05/12		3,51	3,52	3,53		25/05/12		3,89	3,87	3,86		01/06/12		3,45	3,47	3,48
			3,42	3,47	3,45				3,78	3,76	3,75				3,40	3,41	3,42
			3,59	3,60	3,62				3,73	3,75	3,75				3,46	3,47	3,48
			3,50	3,52	3,53				3,69	3,68	3,69				3,46	3,47	3,48
	18/05/12		4,40	4,39	4,41		28/05/12		4,01	4,03	4,00		04/06/12		3,28	3,27	3,26
			4,45	4,40	4,41				4,12	4,13	4,15				3,26	3,27	3,25
			4,41	4,40	4,43				4,15	4,17	4,14				3,26	3,25	3,23
			4,42	4,41	4,42				4,16	4,17	4,18				3,22	3,21	3,24
	22/05/12		3,35	3,31	3,33		29/05/12		4,23	4,22	4,26		05/06/12		4,45	4,42	4,46
			3,36	3,37	3,38				4,26	4,27	4,25				4,40	4,41	4,42
			3,31	3,34	3,36				4,23	4,21	4,24				4,39	4,40	4,38
			3,40	3,39	3,36				4,24	4,25	4,24				4,37	4,38	4,38

Tabla 46. Datos residuos de lavados Instrumentación-Producción con Oxonia semanas 4-6.

Oxonia – APA 5,52x10 ⁻³ N														
	pH				pH				pH					
	M1	M2	M3		M1	M2	M3		M1	M2	M3			
Semana 4	07/06/12	4,32	4,31	4,35	Semana 5	15/06/12	4,26	4,27	4,25	Semana 6	22/06/12	4,20	4,21	4,22
		4,30	4,31	4,31			4,24	4,25	4,23			4,19	4,19	4,20
		4,35	4,36	4,37			4,21	4,24	4,23			4,21	4,22	4,20
		4,37	4,36	4,38			4,20	4,21	4,22			4,23	4,23	4,24
	08/06/12	4,37	4,31	4,32		16/06/12	4,31	4,32	4,31		25/06/12	3,39	3,38	3,39
		4,35	4,36	4,32			4,30	4,32	4,30			3,37	3,36	3,36
		4,33	4,36	4,31			4,31	4,32	4,32			3,35	3,36	3,37
		4,30	4,31	4,32			4,31	4,32	4,31			3,30	3,31	3,33
	12/06/12	4,50	4,52	4,51		19/06/12	4,49	4,48	4,47		26/06/12	4,49	4,48	4,48
		4,49	4,47	4,49			4,47	4,46	4,43			4,45	4,46	4,46
		4,47	4,48	4,47			4,45	4,42	4,46			4,43	4,42	4,43
		4,46	4,45	4,45			4,43	4,42	4,45			4,42	4,45	4,42
	13/06/12	4,39	4,37	4,37		20/06/12	4,25	4,26	4,27		27/06/12	3,52	3,54	3,53
		4,37	4,32	4,37			4,20	4,21	4,22			3,49	3,47	3,48
		4,36	4,38	4,35			4,21	4,22	4,23			3,47	3,48	3,49
		4,35	4,36	4,35			4,20	4,21	4,22			3,48	3,48	3,47
	14/05/12	4,33	4,32	4,31		21/06/12	4,19	4,18	4,17		28/06/12	3,30	3,33	3,31
		4,31	4,31	4,32			4,18	4,18	4,19			3,29	3,28	3,29
		4,30	4,31	4,30			4,17	4,18	4,19			3,28	3,27	3,25
		4,36	4,37	4,35			4,18	4,18	4,16			3,26	3,27	3,28

Las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, (Anexo B, Tablas 12 y 13), para los valores de pH en función del día y la semana indican una distribución no normal y por tanto se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Tabla 47) señalando que hay diferencias significativas, diaria y semanalmente.

Tabla 47. Prueba de Kruskal-Wallis Días-Semanas-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.

Estadísticos de Contraste (a,b)		
Variable de Agrupación	pH Día	pH semana
Chi-cuadrado	41,603	71,174
Gl	4	5
Sig. asintót	0,000	0,000

Para determinar si existe homogeneidad en los residuos de los lavados de todo lo correspondiente a la instrumentación que se utiliza en la dependencia de producción, se aplica la prueba de Mann-Whitney (Tabla 48). Los promedios se expresan en la Tabla 49.

Tabla 48. Prueba de Mann-Whitney en función del día-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.

Días	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	1482,500	0,000
1 y 3	2460,000	0,185
1 y 4	2729,000	0,754
1 y 5	1766,500	0,032
2 y 3	2200,500	0,021
2 y 4	1653,500	0,000
2 y 5	943,500	0,000
3 y 4	2333,000	0,071
3 y 5	1468,500	0,001
4 y 5	2003,000	0,274

Tabla 49. Informe de medias en función de los días-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.

Días	Media	N	Desv. típ.
1	4,0620	75	0,36739
2	4,2485	75	0,41053
3	4,0164	75	0,43524
4	3,9933	75	0,44736
5	3,8930	60	0,47899
Total	4,0489	360	0,44029

Teniendo en cuenta el día, se observa una amplia variabilidad con rangos entre 3,89-4,24, no apropiado para su biodegradación en la PTAR. Considerando la semana, la prueba de Mann-Whitney (Tabla 50) igualmente muestra amplia variabilidad en los datos de pH. Los promedios se muestran en la Tabla 51.

Tabla 50. Prueba de Mann-Whitney en función de la semana-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	1636,000	0,389
1 y 3	1273,000	0,006
1 y 4	1427,500	0,050
1 y 5	1795,000	0,979
1 y 6	1124,500	0,000
2 y 3	1543,500	0,178
2 y 4	720,000	0,000
2 y 5	1067,000	0,000
2 y 6	1284,000	0,007
3 y 4	653,000	0,000
3 y 5	1057,500	0,000
3 y 6	1674,500	0,510
4 y 5	743,000	0,000
4 y 6	604,000	0,000
5 y 6	861,000	0,000

Tabla 51. Informe de medias en función de las Semanas-residuos lavados Instrumentación-Producción con Oxonia.

Semanas	Media	N	Desv. típ.
1	4,0253	60	0,49200
2	4,0155	60	0,44189
3	3,8460	60	0,45719
4	4,3673	60	0,06254
5	4,2807	60	0,09844
6	3,7585	60	0,48222
Total	4,0489	360	0,44029

El pH promedio de las semanas 4 y 5, son significativamente superiores a todos los demás. El rango de los valores de pH, obtenidos oscila entre 3,75-4,36 fuertemente ácido, no apropiado para la biotransformación del material en la PTAR. No hay homogeneidad en los lavados con Oxonia tanto semanal como diariamente, esto se debe a que no hay una verificación real de las concentraciones a utilizar en el lavado de la instrumentación, el material utilizado para realizar las medidas no es apropiado..

Del análisis anterior se infiere que existen problemas en los residuos provenientes de las Áreas de Calidad y Producción por presentar valores de pH extremos de acidez y basicidad como se resume en la Tabla 52 valores que influyen definitivamente en los correspondientes a la PTAR.

Tabla 52. Resumen de residuos provenientes de lavados de Calidad y Producción.

Área	Sección	Residuos de lavados	Valores de pH	
Calidad	Batidora	Con NaOH	9,63-9,96	
		Con Oxonia	3,46-4,41	
		Con Progress	9,40-9,89	
	Carrotanques	Con NaOH	10,10-10,47	
Producción	Pasterizador	Con HNO ₃	2,48-3,27	
		Con NaOH	8,15-9,94	
	Producción	Con NaOH	9,88-10,21	
		Instrumentación	Con Oxonia	3,75-4,28

Nota: el volumen utilizado en la determinación es representativo con el diseño estadístico empleado (Tabla7).

5.2 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AFLUENTE DE LA PTAR MEDIANTE LAS DETERMINACIONES DE DQO, DBO₅, SST, pH Y TEMPERATURA

Según el Decreto 3930 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fijar los parámetros y límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillados público y al suelo asociado a un acuífero, dependiendo del tipo

de empresa. En el caso de una empresa Sección D manufacturera clase 1530 dedicada a la elaboración de productos lácteos expresa en el artículo 37 los parámetros descritos en la tabla 53: [78]

Tabla 53. Parámetros de vertimientos a cuerpos receptores y alcantarillado público según Decreto 3930/2010.

Parámetro	Unidades	Valores límites máximos permisibles	
		Cuerpo agua superficial	Alcantarillado público
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	400,0	800,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	200,0	400,0
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	200,0	300,0

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 2010. <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>>

En el artículo 18 de este mismo decreto se mencionan los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales de pH y temperatura relacionados en la tabla 54: [78]

Tabla 54. pH y temperatura de vertimientos según Norma Colombiana.

Parámetro	Unidades	Valor límite máximo permisible
pH	Unidades de pH	5.0-9.0
Temperatura	°C	<40,0 °C

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 2010. <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>>

5.2.1 Determinación DQO en Afluente

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una prueba utilizada para determinar material Biodegradable + No Biodegradable. En residuos industriales a partir de su oxidación, obteniéndose como subproductos agua y dióxido de carbono. Para tal efecto se realiza con un agente oxidante como el permanganato de potasio (KMnO₄) o el dicromato de potasio (Cr₂O₇K₂) y en un medio ácido. La principal ventaja de la medición de este parámetro es el corto periodo en que se obtienen los resultados; la desventaja es que no ofrece información sobre la proporción de agua residual oxidada por bacterias. [71, 72]

En Alpina se utiliza el kit NANOCNTROL DQO 15000 (REF 925-28) que permite realizar esta prueba en un periodo de dos horas. Los datos se presentan en la Tabla 55. [71]

Tabla 55. Datos Demanda Química de Oxígeno en afluente PTAR planta Alpina Popayán.

FECHA	DQO(mg/L)	FECHA	DQO(mg/L)
15/5/12	2400	5/6/12	3600
16/5/12	1700	6/6/12	4000
17/5/12	1600	7/6/12	2100
18/5/12	1600	14/6/12	2500
19/5/12	1400	15/6/12	2300
22/5/12	2300	16/6/12	3600
23/5/12	2200	19/6/12	2315
24/5/12	1400	20/6/12	1800
25/5/12	1700	21/6/12	1751,4
26/5/12	1900	22/6/12	2200
28/5/12	1600	23/6/12	440
29/5/12	1700	25/6/12	520
30/5/12	1900	26/6/12	2365
31/5/12	2100	27/6/12	500
1/6/12	2200	28/6/12	270
2/6/12	2400	29/6/12	1635
4/6/12	2300		

Según el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, los residuos generados como afluente de la PTAR no se podrían descargar directamente a las aguas superficiales ni en el alcantarillado. Es necesario descargarlo en la PTAR para su respectivo tratamiento y disminución de DQO a un valor máximo de 400 y /ó 800 mg/L respectivamente.^[78]

5.2.2 Determinación DBO₅ en Afluente

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, es una manera de obtener un valor aproximado de oxígeno necesario para que se pueda llevar a cabo la estabilización del carbono orgánico y a su vez, la rapidez con que este puede ser tomado por las bacterias presentes. En la empresa se utiliza el método respirométrico donde se mide el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos del aire o ambiente, se fundamenta en el oxígeno disuelto en una muestra líquida a partir de una agitación constante que favorece el desarrollo microbiano, inhibiendo los procesos fotosintéticos. La demanda de Oxígeno de las aguas residuales se debe a tres clases de materiales: Materia orgánica Carbonosa usada como fuente de alimentación por organismos aerobios; nitrógeno oxidable derivado de nitritos, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico y nitratos; compuestos reductores químicos, como sulfitos, sulfuros y el ión ferroso que son oxidados por Oxígeno disuelto.^[71, 72]

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

Los datos se mencionan en la Tabla 56.

Tabla 56. Datos Demanda Bioquímica de Oxígeno en afluente PTAR planta Alpina Popayán.

FECHA	DBO ₅ (mg/L)	FECHA	DBO ₅ (mg/L)
16/5/12	1357	15/6/12	937
17/5/12	1192	19/6/12	796,1
18/5/12	680	21/6/12	555,4
24/5/12	403	22/6/12	760
1/6/12	460	29/6/12	576,9
8/6/12	630	7/6/12	812

Los valores de DBO son superiores a 200mg/L valor máximo permitido para efluentes de una empresa de lácteos, por lo tanto es necesario su tratamiento en la PTAR antes de su descargue al cuerpo receptor (río). Si la $DBO/DQO = 0,5$ se considera que los residuos son fácilmente tratables mediante procesos biológicos.^[79] Si la $DBO/DQO < 0,3$ los residuos pueden contener sustancias tóxicas o se requieren microorganismos aclimatados para su estabilización.^[46, 49]

Los cocientes de estos factores (Tabla 57) dan una idea de la capacidad del agua para ser degradada biológicamente, observándose que se encuentran en su mayoría $< 0,5$ indicando que los residuos no son adecuados para la biodegradación.

Los valores correspondientes al 01 y 29 de junio que son inferiores a 0,3 revelan la presencia de sustancias inorgánicas disueltas y/o tóxicas que impiden la biodegradación de las aguas residuales y en ese caso se necesitaría adaptar algunas cepas de microorganismos para obtener el propósito de la PTAR. Este resultado muestra la necesidad de estar determinando estos parámetros en forma frecuente para que la PTAR cumpla su objetivo.

Tabla 57. Relación DBO/DQO en afluente PTAR planta Alpina Popayán.

Fecha	DBO ₅ (mg/L)	DQO(mg/L)	DBO/DQO
17/5/12	1192	1600	0,745
1/6/12	460	2200	0,209
7/6/12	812	2100	0,387
15/6/12	937	2300	0,407
19/6/12	796,1	2315	0,344
21/6/12	555,4	1751,4	0,317
22/6/12	760	2200	0,345
29/6/12	576,9	4200	0,137

5.2.3 Determinación SST en Afluente

Los sólidos suspendidos totales se determinan evaporando un volumen determinado de muestra y pesando el residuo remanente. Los resultados de SST se expresan en mg/L. La determinación de residuos sólidos de naturaleza orgánica o inorgánica afecta considerablemente la calidad de las aguas residuales debido a que se producen lodos. Estas partículas están conformadas en un 67% por material orgánico y un 33% por material inorgánico.^[46]

Los datos de este parámetro se presentan en la Tabla 58.

Tabla 58. Sólidos Suspendidos Totales en afluente PTAR planta Alpina Popayán.

FECHA	SST (mg/L)	FECHA	SST(mg/L)
15/5/12	460	8/6/12	300
16/5/12	325	9/6/12	485
17/5/12	315	12/6/12	1105
18/5/12	380	13/6/12	560
19/5/12	360	14/6/12	620
22/5/12	950	15/6/12	560
23/5/12	780	16/6/12	695
24/5/12	515	19/6/12	760
25/5/12	370	20/6/12	565
26/5/12	515	21/6/12	585
28/5/12	385	22/6/12	735
29/5/12	475	23/6/12	440
30/5/12	550	25/6/12	520
31/5/12	430	26/6/12	2365
1/6/12	395	27/6/12	500
2/6/12	490	28/6/12	270
4/6/12	495	29/6/12	1635
5/6/12	1080		
6/6/12	1150		
7/6/12	445		

Igualmente en este parámetro los residuos deben ser llevados a un valor máximo de 200mg/L ^[78] para su descargue a las aguas superficiales. Es necesario que en el proceso de biodegradación en la PTAR se disminuyan considerablemente; con el ajuste del pH en el afluente de la PTAR, se garantizará un mejoramiento en la actividad de los microorganismos.

5.2.4 Determinación pH y Temperatura del Afluente

5.2.4.1 El pH. La medida de este parámetro es de suma importancia porque define las características químicas necesarias para el óptimo desarrollo y funcionamiento de los microorganismos descomponedores de la MO.

Tabla 59. Promedios de pH en afluente PTAR planta Alpina Popayán.

	Fecha	pH		Fecha	pH		Fecha	pH	
Semana 1	15/05/2012	10	Semana 3	30/05/2012	11,3	Semana 5	15/06/2012	11,8	
		11,2			10,2			12,4	
		9,8			12			12	
	16/05/2012	9,7		11,6	31/05/2012		11,5	16/06/2012	11,7
		9,4		11,4			11,2		
		11		12			11,4		
	17/05/2012	11,5		12	01/06/2012		10,6	19/06/2012	10,2
		9,9		12			11		
		8,7		7,6			11,2		
	18/05/2012	11,4		11,2	04/06/2012		11,2	20/06/2012	10,82
		11,2		11,1			11,4		
		11,7		11,4			9,4		
	22/05/2012	11,2		10	05/06/2012		10	21/06/2012	6,7
		10		10,4			11,2		
		10,2		9,2			11,8		
	Semana 2	23/05/2012		10,9	Semana 4		07/06/2012	6,7	22/06/2012
11,8			11,8	11,2					
11,8			11,5	11,2					
24/05/2012		11	08/06/2012	11,5		25/06/2012	10,81		
		10,6		9			10,7		
		9,4		11,6			9,8		
25/05/2012	9,7	12/06/2012	10,28	26/06/2012	10,7				
	10,7		10,9		10,85				
	11,9		11,8		10,29				
28/05/2012	11,2	13/06/2012	10,7	27/06/2012	11				
	10,7		10,1		10,1				
	11,6		10,8		10,29				
29/05/2012	11,1	14/06/2012	10,8	28/06/2012	11				
	11,7		11,9		11,3				
	10,7		11,5		10,94				
Semana 2	29/05/2012	8,8	Semana 6	14/06/2012	11,8	28/06/2012	11,3		
		9,7			11,1		11,3		
		7,9			11,5		11,4		
		10,3			10,9		11,28		
		11,9			11,1				
		12			11,9		10,4		

La medida del pH y la temperatura en el afluente, se hace con un potenciómetro cuatro veces al día. Los valores y sus respectivos promedios se encuentran en la Tabla 59. En ella se observa que los valores de pH son superiores al rango óptimo del afluente.

Con el propósito de saber si existen diferencias significativas en el valor del pH del afluente, en función del día y la semana, inicialmente se someten los datos a la prueba de Shapiro-Wilk revela que estos datos no se ajustan a la normalidad (Tabla 60 y 61). Por tanto se aplican pruebas no paramétricas de Kruskal- Wallis (Tabla 62).

Tabla 60. Pruebas de normalidad por Semanas-pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.

Semana		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,937	20	0,208
	2	0,917	20	0,085
	3	0,775	20	0,000
	4	0,873	20	0,013
	5	0,811	20	0,001
	6	0,980	20	0,937

Tabla 61. Pruebas de normalidad por días- pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.

Día		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,948	24	0,241
	2	0,938	24	0,146
	3	0,807	24	0,000
	4	0,867	24	0,005
	5	0,714	24	0,000

Tabla 62. Kruskal-Wallis por días-semanas - pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.

Estadísticos de Contraste (a,b)		
Variable de Agrupación	pH Día	pH semana
Chi-cuadrado	6,066	5,617
Gl	4	5
Sig. asintót	0,194	0,345

En la Tabla 63 se resumen los valores de las medias para cada día y cada semana. No existe diferencia significativa entre los valores de pH del afluente mostrando uniformidad en la alta alcalinidad. Por esta razón es necesario disminuir estos valores de pH a un rango comprendido entre 6.5 y 8,5 óptimo para ser vertido en la PTAR y lograr así su biodegradación adecuada.

Tabla 63. Informe de medias en función de la semana y los días-pH afluente PTAR planta Alpina Popayán.

Semana	Media	N	Desv. típ.	Día	Media	N	Desv. típ.
1	10,6500	20	0,88407	1	11,0796	24	0,80093
2	10,6550	20	1,10190	2	10,8137	24	0,89851
3	10,7500	20	1,44021	3	10,7542	24	0,95280
4	11,1240	20	0,71785	4	10,5392	24	1,17597
5	10,9310	20	1,28835	5	10,9742	24	1,26787
6	10,8830	20	0,51886	Total	10,8322	120	1,03367
Total	10,8322	120	1,03367				

5.2.4.2 La Temperatura. La medida de este parámetro está relacionada con la solubilidad del oxígeno y los ecosistemas acuáticos. Altas temperaturas favorecen el decaimiento bacteriano debido a un incremento de la actividad metabólica dando origen a sustancias tóxicas.^[36, 37]

Los datos de las medidas de la temperatura del afluente de la PTAR de Alpina se encuentran consignados en la Tabla 64.

Tabla 64. Datos Temperatura en afluente PTAR planta Alpina Popayán.

	FECHA	T (°C)		FECHA	T (°C)		FECHA	T (°C)		
Semana 1	15/05/2012	24	Semana 3	30/05/2012	23	Semana 5	15/06/2012	25		
		25			24			29		
		27			25			29		
		26			25			29		
	16/05/2012	26		31/05/2012	26		16/06/2012	25	26	26
		25			26			26		
		26			28			26		
		22			28			27		
	17/05/2012	24		01/06/2012	25		19/06/2012	28	29	27
		26			35			27		
		24			29			25		
		24			28			28		
18/05/2012	24	04/06/2012	26	20/06/2012	29	29	29			
	25		25		29					
	26		24		29					
	26		23		28					
22/05/2012	22	05/06/2012	25	21/06/2012	30	28	28			
	25		26		28					
	24		27		28					
	24		27		26					
Semana 2	23/05/2012	24	Semana 4	07/06/2012	25	Semana 6	22/06/2012	25		
		26			28			29		
		29			27			27		
		24			25			28		
	24/05/2012	25		08/06/2012	25		25/06/2012	22	26	26
		25			27			26		
		28			26			26		
		26			25			26		
	25/05/2012	24		12/06/2012	26		26/06/2012	26	27	26
		26			24			27		
		24			24			26		
		25			24			27		
28/05/2012	25	13/06/2012	26	27/06/2012	25	29	26			
	25		28		26					
	24		29		25					
	24		29		29					
29/05/2012	22	14/06/2012	27	28/06/2012	28	29	28			
	25		28		27					
	25		28		29					
	25		28		29					

El rango de temperaturas oscila entre los 17- 35°C, en cumplimiento con la norma establecida en el decreto 3930/2010 que revela como límite máximo una temperatura de 40°C.

Tabla 65. Prueba de normalidad datos Temperatura en afluente PTAR planta Alpina Popayán.

	Semanas	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura Afluente	1	0,897	20	0,037
	2	0,867	20	0,010
	3	0,833	20	0,003
	4	0,915	20	0,081
	5	0,895	20	0,033
	6	0,908	20	0,058

Los datos no tienen una distribución normal se aplican pruebas no paramétricas.

Se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis para determinar las diferencias significativas semanales y diariamente se expone en la Tabla 66.

Tabla 66. Kruskal-Wallis Días-Semanas Temperatura afluente PTAR planta Alpina Popayán.

Estadísticos de Contraste (a,b)		
Variable de Agrupación	T Día	T Semana
Chi-cuadrado	1,543	32,587
Gl	4	5
Sig. asintót	0,819	0,000

Hay diferencias significativas semanalmente. Se aplica la prueba de Mann-Whitney para establecer entre qué semanas se presentan ciertas diferencias (Tabla 67).

Tabla 67. Prueba de Mann-Whitney en función de la semana- Temperatura afluente PTAR planta Alpina Popayán.

Semanas	U Mann-Whitney	Sig. Asintót. (bilateral)
1 y 2	190,000	0,779
1 y 3	127,000	0,044
1 y 4	93,000	0,003
1 y 5	40,000	0,000
1 y 6	72,000	0,000
2 y 3	138,000	0,086
2 y 4	109,000	0,012
2 y 5	52,000	0,000
2 y 6	80,500	0,001
3 y 4	170,500	0,418
3 y 5	107,000	0,011
3 y 6	151,500	0,183
4 y 5	125,000	0,039
4 y 6	181,000	0,602
5 y 6	144,500	0,126

Tabla 68. Informe de medias en función de Semana- Temperatura Afluyente PTAR.

Semana	Media	N	Desv. típ.
1	24,7500	20	1,33278
2	25,0500	20	1,50350
3	26,2500	20	2,65320
4	26,4500	20	1,66938
5	27,5500	20	1,57196
6	26,6500	20	1,75544
Total	26,1167	120	2,00497

La temperatura promedio de la semana 5 es significativamente superior a los valores de las demás semanas. Existe una amplia variabilidad con un rango de 24,75 °C - 27,55°C, sin embargo, los datos se encuentra dentro de los valores permitidos, para el afluyente de la PTAR.

5.3 ADECUACION DE LAS CONDICIONES QUÍMICAS DEL AFLUENTE PARA LOGRAR SU EFICAZ TRATAMIENTO EN LA PTAR

Como no es posible cambiar el sistema de lavados con las soluciones por políticas de la Empresa, se decidió hacer el proceso de neutralización en la zona de desbaste, a donde llegan todos los residuos para convertirse en Afluyente de la PTAR. Para ello se utilizaron varias soluciones: de ácido Sulfúrico, Nítrico, Clorhídrico debido a que la alcalinidad de los residuos es muy alta. Estos ácidos neutralizan acidez pero además serían fuente de nutrientes N y S necesarios para el metabolismo de los microorganismos y así aumentar la eficiencia en dicha planta. Se hizo el ensayo de neutralización durante 4 semanas con frecuencia de dos días, los resultados se presentan en las Tablas 69, 70 y 71.

Tabla 69. Datos Neutralización con Acido Sulfúrico.

Neutralización en 10 mL de afluyente con H ₂ SO ₄ 1,71N						
Fecha	pH inicial	Promedio Volumen Neutralización (mL)	pH final			
Semana 1	13/07/2012	10,05	0,05	8,19	8,18	8,20
	03/07/2012	10,40	0,05	8,20	8,19	8,18
Semana 2	10/07/2012	10,58	0,05	8,21	8,19	8,20
	06/07/2012	10,60	0,05	8,22	8,19	8,21
Semana 3	17/07/2012	10,67	0,05	8,21	8,22	8,19
	27/07/2012	10,70	0,05	8,22	8,21	8,20
Semana 4	19/07/2012	10,73	0,05	8,22	8,21	8,20
	24/07/2012	10,80	0,05	8,22	8,21	8,20

Tabla 70. Datos Neutralización con Acido Clorhídrico.

Neutralización en 10 mL de afluente con HCl 0,5N						
Fecha	pH Inicial	Promedio Volumen Neutralización (mL)	pH final			
Semana 1	13/07/2012	10,05	0,11	8,20	8,19	8,19
	03/07/2012	10,40	0,11	8,20	8,20	8,21
Semana 2	10/07/2012	10,58	0,13	8,19	8,20	8,19
	06/07/2012	10,60	0,13	8,18	8,19	8,18
Semana 3	17/07/2012	10,67	0,13	8,18	8,19	8,19
	27/07/2012	10,70	0,15	8,20	8,21	8,20
Semana 4	19/07/2012	10,73	0,15	8,19	8,18	8,19
	24/07/2012	10,80	0,15	8,20	8,19	8,18

Tabla 71. Datos Neutralización con Acido Nítrico.

Neutralización en 10 mL de afluente con HNO ₃ 0,56N						
Fecha	pH inicial	Promedio Volumen Neutralización (mL)	pH final			
Semana 1	13/07/2012	10,05	0,18	8,20	8,21	8,21
	03/07/2012	10,40	0,18	8,21	8,20	8,19
Semana 2	10/07/2012	10,58	0,18	8,20	8,18	8,19
	06/07/2012	10,60	0,23	8,18	8,19	8,18
Semana 3	17/07/2012	10,67	0,25	8,19	8,18	8,19
	27/07/2012	10,70	0,25	8,19	8,20	8,19
Semana 4	19/07/2012	10,73	0,25	8,21	8,20	8,22
	24/07/2012	10,80	0,30	8,20	8,22	8,21

En todos los casos se necesitan volúmenes pequeños para lograr el descenso del pH a un valor óptimo, siendo inferior el requerimiento con H₂SO₄.

Para saber si la diferencia de volúmenes y de valores de pH es significativa entre los tres ácidos se hace un tratamiento estadístico. Sometiendo primeramente los datos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para seleccionar el tipo de pruebas a aplicar: pruebas paramétricas o no paramétricas, planteando dos hipótesis como se explica anteriormente.

Ho: hipótesis nula: los datos provienen de una distribución normal en cuyo caso el valor de la significancia es >0.05

Ha: Hipótesis alternativa, los datos no se ajustan a la normalidad en este caso el valor de la significancia es inferior a 0,05

La prueba de Shapiro –Wilk (Tabla 72) muestra que los datos tienen una distribución normal (sig>0,05). Por esta razón se deben aplicar pruebas paramétricas.

Tabla 72. Prueba de Normalidad para valores de pH con los diferentes tratamientos.

	Semana	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH con Ácido sulfúrico	1	0,908	6	0,421
	2	0,960	6	0,820
	3	0,908	6	0,421
	4	0,853	6	0,167
pH con Ácido Clorhídrico	1	0,866	6	0,212
	2	0,866	6	0,212
	3	0,960	6	0,820
	4	0,866	6	0,212
pH con Ácido Nítrico	1	0,908	6	0,421
	2	0,908	6	0,421
	3	0,958	6	0,804
	4	0,908	6	0,421

Se utiliza la prueba de ANOVA considerando como variable de agrupación la semana y como variable dependiente el valor de pH. Los resultados muestran que no existe diferencia significativa entre los valores de pH en un periodo de cuatro semanas. (Ver Tabla 73).

Tabla 73. Prueba de ANOVA del pH con Ácidos en función de la Semana

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH con Ácido Sulfúrico	Inter-grupos	0,001	3	0,000	2,818	0,065
	Intra-grupos	0,002	20	0,000		
	Total	0,003	23			
pH con Ácido Clorhídrico	Inter-grupos	0,000	3	0,000	2,143	0,127
	Intra-grupos	0,001	20	0,000		
	Total	0,002	23			
pH con Ácido Nítrico	Inter-grupos	0,000	3	0,000	0,674	0,578
	Intra-grupos	0,003	20	0,000		
	Total	0,003	23			

Esta prueba muestra que no hay diferencias significativas en los valores de pH de los tratamientos realizados con H_2SO_4 , HCl y HNO_3 , por lo tanto los tres ácidos se pueden considerar adecuados para disminuir el valor de pH.

Para saber si existe diferencia significativa entre los volúmenes de cada uno de los ácidos utilizados en función de la semana se aplica ANOVA.

Tabla 74. Prueba de ANOVA con volúmenes de Ácidos en función de la semana

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Volumen con Ácido Sulfúrico	Inter-grupos	0,000	3	0,000	2,327	0,105
	Intra-grupos	0,000	20	0,000		
	Total	0,000	23			
Volumen con Ácido Clorhídrico	Inter-grupos	0,007	3	0,002	572,592	0,000
	Intra-grupos	0,000	20	0,000		
	Total	0,007	23			
Volumen con Ácido Nítrico	Inter-grupos	0,034	3	0,011	28,789	0,000
	Intra-grupos	0,008	20	0,000		
	Total	0,042	23			

La tabla muestra que entre los volúmenes de ácido sulfúrico no existe diferencia significativa por lo tanto se puede seleccionar el más bajo para hacer el tratamiento respectivo. Existe diferencia entre los volúmenes de ácido clorhídrico y nítrico en función de la semana. Se aplica la prueba de Tukey (Tablas 75 y 76).

Tabla 75. Prueba de Tukey volúmenes con Acido Clorhídrico.

	Semana	N	Subconjunto para alfa = .05		
			1	2	3
HSD de Tukey	1	6	0,10883		
	2	6		0,12983	
	4	6			0,15083
	3	6			0,15133
	Sig.			1,000	1,000

Tabla 76. Prueba de Tukey volúmenes con Acido Nítrico.

	Semana	N	Subconjunto para alfa = .05	
			1	2
HSD de Tukey	1	6	0,18067	
	2	6	0,20583	
	3	6		0,25100
	4	6		0,27717
	Sig.			0,1590

Aunque las diferencias no son grandes, estadísticamente si presenta diferencia significativa. En el volumen de HCl se destaca que el volumen de la semana 1 es significativamente inferior y los volúmenes de las semanas 3 y 4 son significativamente superiores.

Se observa que con ácido nítrico hay más homogeneidad sin embargo también se presentan diferencias significativas. De este análisis también se puede inferir que

se puede seleccionar el volumen más bajo de cada ácido para obtener el mismo valor de pH adecuado para estos residuos.

Este análisis indica que los residuos no llegan a la zona de desgaste en uniformidad de condiciones de pH como se había manifestado anteriormente y por esta razón se requieren cantidades variables de estos dos ácidos para obtener valores similares de pH. Mientras que con el ácido sulfúrico por ser más concentrado tiene mayor capacidad para disminuir el valor de pH.

Por lo tanto es necesario saber con cuál de los ácidos se requiere menor volumen para obtener los mismos valores de pH, teniendo en cuenta las medias para el volumen de los tres ácidos (Tabla 77) para ello se aplica la Prueba T.

Tabla 77. Informe de Medias de Volúmenes de tres ácidos en función de la Semana.

Semana		Volumen con Ácido Sulfúrico	Volumen con Ácido Clorhídrico	Volumen con Ácido Nítrico	N
1	Media	0,05183	0,10883	0,18067	6
	Desv. típ.	0,00116	0,00386	0,00081	
2	Media	0,05117	0,12983	0,20583	6
	Desv. típ.	0,00116	0,00075	0,02721	
3	Media	0,05233	0,15133	0,25100	6
	Desv. típ.	0,00081	0,00103	0,00089	
4	Media	0,05250	0,15083	0,27717	6
	Desv. típ.	0,00054	0,00075	0,02890	
Total	Media	0,05196	0,13521	0,22867	24
	Desv. típ.	0,00104	0,01800	0,04270	

Tabla 78. Prueba T de comparación entre volúmenes de Acido Sulfúrico, Clorhídrico y Nítrico.

Volumen con:		H ₂ SO ₄		HCl
t		-390,533	-832,602	4349,984
gl		23	23	23
Sig(bilateral)		0,000	0,000	0,000
Diferencia de medias		-0,08304	-0,17704	7,9635
Comparado con		HCl	HNO₃	HNO₃
Valor de la Prueba		= 0.135	=0.229	= 0.229
95% Intervalo de Confianza para la diferencia	Inferior	-0,08348	-0,17748	7,9597
	Superior	-0,08260	-0,17660	7,9673

Se presenta diferencia significativa entre los volúmenes de ácido Sulfúrico (0,052) y Clorhídrico (0,135) y con ácido nítrico (0,229) para obtener los mismos valores de pH, siendo menor el valor de sulfúrico.

Comparando los volúmenes de ácido clorhídrico y nítrico la Prueba T muestra que también existe diferencia significativa siendo menor el volumen del ácido clorhídrico.

Tratamiento con peróxido:

Tabla 79. Neutralización con Peróxido de Hidrógeno.

Neutralización de 10 mL de Afluente con H ₂ O ₂ 6,8N						
Fecha	pH inicial	Promedio Volumen Neutralización (mL)	pH final			
Semana 1	13/07/2012	10,05	1,03	8,20	8,20	8,19
	03/07/2012	10,40	1,40	8,18	8,19	8,18
Semana 2	10/07/2012	10,58	1,48	8,21	8,20	8,21
	06/07/2012	10,60	1,63	8,17	8,17	8,18
Semana 3	17/07/2012	10,67	1,65	8,19	8,18	8,19
	27/07/2012	10,70	1,73	8,20	8,19	8,20
Semana 4	19/07/2012	10,73	1,82	8,18	8,19	8,18
	24/07/2012	10,80	1,83	8,19	8,19	8,20

La prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 80) indica una distribución normal de los datos.

Tabla 80. Pruebas de normalidad para Peróxido de Hidrógeno.

	Semana	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
H ₂ O ₂	1	0,853	6	0,167
	2	0,833	6	0,113
	3	0,866	6	0,212
	4	0,866	6	0,212

Se utiliza la prueba de ANOVA para la determinación de diferencias significativas (Tabla 81).

Tabla 81. ANOVA para valores de pH obtenidos con Peróxido de Hidrógeno.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,000	3	0,000	0,080	0,970
Intra-grupos	0,003	20	0,000		
Total	0,003	23			

El ANOVA (Tabla 81) indica que hay homogeneidad en los valores de pH obtenidos con Peróxido de Hidrógeno en los diferentes volúmenes aplicados.

Tabla 82. ANOVA para volúmenes de Peróxido de Hidrógeno en función de la semana.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1,254	3	0,418	31,231	0,000
Intra-grupos	0,268	20	0,013		
Total	1,521	23			

La prueba ANOVA (Tabla 82) señala que existe diferencia significativa entre los volúmenes de peróxido en función del tiempo. Las diferencias significativas se determinan con la prueba de Duncan semanalmente (Tabla 83).

La prueba de Duncan muestra que el volumen de la semana 1 es significativamente inferior y el de la semana 4 significativamente superior.

Tabla 83. Prueba Duncan para volúmenes de Peróxido de Hidrógeno en función de la Semana.

	Semana	N	Subconjunto para alfa = .05		
			1	2	3
Duncan	1	6	1,2117		
	2	6		1,5550	
	3	6		1,6867	
	4	6			1,8283
	Sig.		1,000	0,063	1,000

Con las dos pruebas anteriores se puede inferir que la selección del mínimo valor de peróxido de hidrógeno para disminuir el valor de pH a un rango adecuado. La diferencia en volúmenes de peróxido se podría atribuir a un contenido de Materia Orgánica variable en los residuos de las diferentes semanas.

5.4 PROPUESTA DE SOLUCIONES REALES CON BASE EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Un pre-tratamiento de aguas residuales industriales reduce considerablemente posibles daños en el sistema de alcantarillado, evita riesgos en la salud de los trabajadores y mejora la actividad microbiana en la PTAR. La neutralización es uno de los procesos que forman parte del pre-tratamiento, puede ser llevado a cabo en tanques de neutralización y/o por medio de neutralización con agentes químicos. La zona de desbaste es un lugar que alberga un volumen de 4000L de aguas residuales provenientes de las dependencias de producción y calidad. Se realiza un mantenimiento manual 2 o 3 veces a la semana, para retirar capas de grasa dependiendo de la producción.

Con base en el estudio estadístico, y en las características de los agentes químicos, se genera un cuadro costo-beneficio que da una idea de los costos y gastos, considerando los valores promedios de volúmenes de cada ácido.

Tabla 84. Costo-beneficio generado por los agentes químicos

Solución	Costo L (\$)	Volumen de ácido diluido	Cantidad en L de ácido puro	Costo (\$)
H ₂ SO ₄ (1,71 N)	43000	21	1	43000
HCl (0,5 N)	46400	54	2.24	104000
HNO ₃ (0,56N)	44000	92	4.11	180000
H ₂ O ₂ (6,8N)	32000	428	128	4096000

Se propone realizar el pre-tratamiento de neutralización en la zona de desbaste con 1 litro de ácido sulfúrico en 4000 litros de aguas residuales en la zona de desbaste para disminuir el pH, el cual además podría servir como fuente de S necesario para el metabolismo en la síntesis de las proteínas.

En este trabajo se tuvo en cuenta la adecuación del pH y no de otras variables químicas, porque este parámetro regula todas las propiedades de las aguas residuales, es recomendable continuar estudiando la adecuación de las otras variables para lograr un afluente en óptimas condiciones, el propósito de esta pasantía limitó el trabajo a la adecuación únicamente del pH

Se propone conjuntamente, obtener cepas de microorganismos de las PTAR, incubarlas en medios de cultivo adecuados para reproducirlas y retornarlas al mismo sitio para aumentar la biodegradación en dicha planta, con lo cual se podría mitigar los malos olores existentes

Además se propone adecuar la relación DBO/DQO para llevarla a un valor de 0.5 con tratamientos fisicoquímicos que permitan formar flóculos de la materia orgánica presente en las aguas residuales y posterior sedimentación, tratamiento que conllevaría a disminuir los sólidos suspendidos totales.

Se recomienda considerar los residuos de laboratorio como peligrosos, por este motivo deben ser gestionados de acuerdo a lo establecido en el decreto 4741/2005.

Se sugiere implementar un sistema de medición de pH en línea con el afluente de la PTAR, para su respectivo monitoreo y control.

5.5 ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO POE EN EL QUE SE CONSIGNAN LAS RECOMENDACIONES RESPECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE DE LA PTAR

Para la realización del POE, se tuvo en cuenta los requerimientos de la empresa y lo recomendado según la bibliografía. Ver anexo D.

5.6 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS

La capacitación del personal es un método muy práctico que tienen las empresas, en especial las de alimentos para indicar como se deben realizar los diferentes procedimientos y procesos, porque el mercado es exigente, se debe cumplir con parámetros de calidad, y se debe cuidar igualmente el medio ambiente. Una empresa láctea genera residuos de todo tipo, que deben ser manejados con agentes químicos, por este motivo es necesario y de suma importancia que todos los trabajadores de una planta conozcan los peligros, los manejos y el cumplimiento de los procesos con Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Las personas que forman parte de una empresa de alimentos, a raíz de los procedimientos de producción, transporte, almacenamiento, generan, manejan o disponen de desechos, por tal motivo deben estar entrenados previamente para prevenir la generación de residuos o manejar de una manera adecuada los mismos, deben además conocer los beneficios que trae el conocimiento de estas prácticas.

Es por esto que se capacitaron a dos operarios de producción, a uno de calidad y otro de la PTAR, para realizar la adecuada verificación de las concentraciones no solo de manera visual sino por medio de la titulación. Se recomienda además una verificación de los enjuagues de los lavados para evitar el derramamiento de soluciones altamente ácidas o alcalinas a la PTAR. La utilización de protección como guantes, gafas y máscaras, en el momento de preparar las soluciones. Y el conocimiento de las consecuencias de un mal manejo de una sustancia química para el ser humano y para el medio ambiente.

6. CONCLUSIONES

- Se encontró fuerte alcalinidad en el afluente de la PTAR, con diferencias significativas en los residuos de los lavados, provenientes de la dependencia de Calidad (Batidora, Carrotanques y Pasterizador), y fuerte acidez en Producción (Instrumentación) no apropiadas. Por esta razón es necesario adecuar los valores de pH a un rango comprendido entre 6.5 y 8,5 para lograr su adecuada biodegradación.
- En el diagnóstico de las características de la PTAR la relación DBO/DQO es inferior a la establecida para este tipo de aguas residuales, mientras que los SST son superiores siendo necesario su adecuación.
- Con respecto a la temperatura existe una amplia variabilidad en los datos encontrándose en un rango (24,75 °C - 27,55 °C).
- El proceso de neutralización en la zona de desbaste se realizó con ácido Sulfúrico, Nítrico y Clorhídrico (por políticas de la Empresa). Se requieren volúmenes bajos de los ácidos utilizados para hacer la neutralización, sin embargo, el volumen de ácido Sulfúrico es significativamente inferior al de los otros dos ácidos.
- Es necesario realizar la neutralización de los residuos en el Afluente de la PTAR con ácido sulfúrico 1L en 4000 L de aguas residuales.
- Es recomendable obtener cepas de la misma PTAR, incubarlas, reproducirlas y colocarlas nuevamente en dicho sitio, para un mejor trabajo de los microorganismos en la degradación y estabilización del material orgánico.
- Se elaboró el manual POE, donde quedan consignadas las debidas recomendaciones para hacer la neutralización como pre-tratamiento del afluente en la PTAR.
- Se capacitaron cuatro personas en manejo de sustancias químicas y la verificación mediante titulación de las concentraciones adecuadas de los enjuagues.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **RODRÍGUEZ, A.** (2006). *Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales*. Informe de vigilancia tecnológica. Universidad de Alcalá del círculo de innovación en tecnologías medioambientales y energía. Elecé Industria gráfica. Madrid.
- [2] **MALONDA, I; OLIVA, M.** (2012). *Manual de Buenas Prácticas en Gestión de Residuos en Institutos de Secundaria y Formación Profesional*. MEETEL, S.L. Diseño y Comunicación. 58p.
- [3] **ROMERO, J.A.** (2004). *Tratamiento De Aguas Residuales Teoría y Principios De Diseño*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1254p.
- [4] **ARANGO, A; GARCÉS, L.** (2007). Artículo: *Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Láctea*. Producción + Limpia - Julio - Diciembre 2007 - Vol. 2 No. 2. 28p
- [5] **AYMERICH, S.** (2000). *Conceptos para Tratamiento de Residuos Lácteos*. Costa Rica. p.12
- [6] **CALPA, J; LOPEZ, D.** (2008). Trabajo de Grado: *Formulación del Plan de Manejo Ambiental para la Planta de Acopio Alimentos del Valle "ALIVAL S.A"*. Universidad Tecnológica de Pereira facultad de ciencias ambientales especialización en Gestión ambiental local. Pasto. 226p
- [7] **MORGAN, J; REVAH, S; NOYOLA, A.** (2000). *Malos Olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: su control a través de procesos biotecnológicos*. Coordinación de Bioprocesos Ambientales, Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacan, México D.F.
- [8] **GASPAR, I; LEYTON, R.** (2003). *Producción Limpia: Principios y Herramientas*. Consejo Nacional de Producción Limpia y Asociación Chilena de Seguridad.168p.
- [9] **MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** (2005). Decreto 4741/2005. Citado el 15 de mayo de 2013. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>
- [10] **RODRÍGUEZ, A.** (2006). *Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales*. Informe de vigilancia tecnológica. Universidad de Alcalá del círculo de innovación en tecnologías medioambientales y energía. Elecé Industria gráfica. Madrid.
- [11] **ALFA LAVAL.** (1990). *Manual de Industrias Lácteas*. Madrid .17p.
- [12] **GOSTA, B.** (2003). *Manual de Industrias Lácteas*. Tercera Edición. Madrid. 436p.
- [13] **GUTIERREZ, P.** *Plan de limpieza y desinfección*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Valladolid. Curso: APPCC en la Industria Agroalimentaria. Capítulo 7. p 1-14.
- [14] **SENASA** (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). (1998). Resolución 233/98, Anexos 1 y 2. [s.l.] : Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.
- [15] **RUTALA, W.** (1996). *Directrices de la APIC para la selección y uso de desinfectantes*.

- [16] **LIMPIEZA, DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN.** *Antisépticos y Desinfectantes.* Disponible en Internet. Citado el 20 de enero de 2013. <http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Departamentos/Samp/Microbiologia/Limpieza_desinfeccion_y_esterilizacion.pdf>
- [17] **HIDALGO, H.** (2002). *Políticas para la selección y uso de antisépticos y desinfectantes.* Clínica J.N. Corpas.
- [18] **PANEL ON BIOLOGICAL HAZARDS, SCIENTIFIC OPINION OF THE.** (2008). *Assessment of the Possible Effect of the Four Antimicrobial Treatment Substances on the Emergence of Antimicrobial Resistance.* Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards. En : The EFSA Journal, Vol. 659. p. 1-26
- [19] **FAO Y MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO DE ESPAÑA.** (2002). Capítulo 2: Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos. Sistemas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos. Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC).
- [20] **CÁMARA NACIONAL DE INDUSTRIALES DE LA LECHE.** (2011). *El Libro Blanco de la Leche y los Productos Lácteos.* Primera edición. México. 157p.
- [21] **LLAMOSAS, J.** (2010). *Principios Bioactivos de la Leche.* División Alimentos. CORPORACIÓN GLORIA. VII CURSO INTERNACIONAL DE ACTUALIZACIÓN EN NUTRICIÓN. 41p
- [22] **CONSEJERÍA DE SALUD Y SERVICIOS SANITARIOS.** (2007). *Guía de Ayuda para el autocontrol en pequeñas industrias lácteas.* Gobierno del Principado de Asturias. 110p.
- [23] **PIÑEROS, G; TELLEZ, G.** (2005). *La Calidad como Factor de Competitividad en la Cadena Láctea.* Universidad Nacional de Colombia Facultad de medicina Veterinaria y de zootecnia, Grupo de Investigación en Gestión de Empresas Pecuarias (GIGEP). Bogotá. 98p
- [24] **UNIVERSIDAD DEL ZULIA.** (2003). *Introducción al Control de Calidad de la Leche Cruda.* Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracaibo. 24p.
- [25] **NEIJSEL, R.** (1987). *Proceedings 4th European Congress on Biotechnology.* Vol. 4.
- [26] **PÉREZ J.** (1984). *Bioquímica y Microbiología de la Leche.* Editorial Limusa S.A. Primera edición. México D.F. 202 p.
- [27] **ROBINSON, R.** (1987). *Microbiología Lactológica.* Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. Vol Nro 1:227p.
- [28] **VEISSEYRE R.** (1994). *Lactología Técnica: composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche.* Editorial Acribia S.A. Segunda Edición. Zaragoza (España). 629 p.
- [29] **ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A.** (2010). *Manual de Procedimientos Operativos Estándares (POE).* Laboratorio de Calidad. Popayán.
- [30] **GALVAN, M.** (2005). *Proceso Básico de la Leche y el Queso.* Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM. Revista Digital Universitaria Volumen 6 Número 9. Citado 3 marzo 2013. Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.6/num9/art87/int87.htm>>
- [31] **ZAMORÁN D.** (2005). *Manual de Procesamiento Lácteo.* Proyecto de cooperación de seguimiento para el mejoramiento de la Producción láctea en las micros y pequeñas empresas.

Instituto Nicaragüense de Apoyo a la Agencia de Cooperación Pequeña y Mediana Empresa (INPYME). 57p.

[31] **SPX CORPORATION.** (2010). *CIP and Sanitation of Process Plant. SPX Flow Technology*

[32] **JIMENEZ, R.** (2008). Seminario: "Uso eficiente de la energía en calderas y sistemas de refrigeración". Comisión nacional para el ahorro de energía. Irapuato. 26p.

[33] **SECRETARÍA ENERGÍA.** (2009). *Tratamiento de Agua para su Utilización en Calderas.* CONUEE Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. México. 27p.

[34] **SABAENA, G.** (2009). Producción Láctea. p. 3-20.

[35] **MARIN, R.** (1995). *Análisis de Aguas y Ensayos de Tratamiento.* GPE (Gestión y Promoción Editorial) S.A. 719 p.

[36] **AYAZ, S; AKCA, L.** (2001). *Treatment of Wastewater by Natural Systems.* Environment International, vol. 26, No. 3 p 189-195.

[37] **BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO ANDI.** (1997). *Manual de Caracterización de Aguas Residuales Industriales.* Segunda Edición. Ideas Gráficas. Medellín. 43p.

[38] **BARBA HO, L.** (2002). *Conceptos Básicos de la Contaminación del Agua y Parámetros de Medición.* Universidad del Valle. Santiago de Cali.

[39] *Microbiología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.* [En línea], [s.l.]. Citado 20 febrero de 2013. Disponible en Internet <<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>>

[40] **MARA, D. HORAN, N.** (2003). *Water and Wastewater Microbiology (The Handbook of).* Academic Press, London.

[41] **BITTON, G.** (2005). *Wastewater Microbiology.* 3th ed. Wiley Series in Ecological and Applied Microbiology.

[42] **KADLEC, R. KNIGHT, R.** (1996). *Treatment wet lands.* CRC Press, Florida, 893 p.

[43] **GONZALES, G.** (2012). *Microbiología del agua: Conceptos y Aplicaciones.* Editorial: Escuela Colombiana de Ingeniería (Bogotá, Colombia). ISBN: 9789588726038. 412 p.

[44] **MERLI, G. RICCUTI, N.** (2009). *Microbiología de las aguas residuales – aplicación de biosólidos en suelo.* Procesos fundamentales fisicoquímicos y microbiológicos. 24p

[45] **RODRIGUEZ, R.** (2010). *Caracterización y Tratamiento de Efluentes Líquidos en la Industria Láctea.* Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI. Ingeniería ambiental. Argentina. 48p.

[46] **ROJAS, R.** (2002). Curso Internacional: "GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES" 25 al 27 de setiembre de 2002 Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. División de Salud y Ambiente. CEPIS/OPS-OMS. 19p.

[47] **MOSCOSO, J; LEÓN SUEMATSU, G; GIL MERINO, E.** (1992). *Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan.* Sección II: Tratamiento de las aguas residuales y aspectos sanitarios. Lima: CEPIS.

- [48] **RUIZ, A; GARCES, L.** (2007). *Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Láctea*. Revista Producción Limpia - Julio - Diciembre Vol. 2 No. 2.
- [49] **VALENCIA, G.** *Características de Aguas Residuales y Lodos*. División de Ingeniería Universidad del Valle. Citado 10 enero 2013. Disponible en Internet: < <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan2/05862/05862-01.pdf>>
- [50] **GONZÁLEZ, Y; FALCON, J.** (2005). Caracterización y Tratamiento de Residuales Lácteos utilizando floculantes. Universidad de Oriente. Tecnología Química vol. XXV, no. 1.
- [51] **CUARTAS, B.** (2005). *Estudio del Proceso de Nanofiltración para la Desmineralización de Lactosuero Dulce*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear. 308p.
- [52] **METCALF & EDDY INC.** (1991). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 3rd ed. New Delhi: Tata. McGraw-Hill.
- [53] **SUEMATSU, G.** (1995). *Tratamiento de Aguas Residuales; Objetivos y Selección de Tecnologías en Función al Tipo de Reuso*. CEPIS/OPS. 25p.
- [54] **YÁNEZ, F.** (1986). Seminario: *Reducción de Organismos Patógenos y Diseño de Lagunas de Estabilización en Países en Desarrollo*.
- [55] **RODRIGUEZ, T. BOTELHO, D. CLETO, E.** (2008). *Tratamiento de Efluentes Industriales de Naturaleza Recalcitrante usando Ozono, Peróxido de Hidrógeno y Radiación Ultravioleta*. Universidad Militar Nueva Granada. Antioquia p. 24-38.
- [56] ____Ácido Sulfúrico [En línea]. [s.l.], citado el: 15 de febrero de 2013. Disponible en Internet: <<http://www.minambiente.gov.co/documentos/Guia4.pdf>>
- [57] ____Ácido Nítrico [En línea]. [s.l.], citado el: 15 de febrero de 2013. Disponible en Internet: <<http://www.analytyka.com.mx/spanish/FDS/A/121737.htm>>
- [58] ____Ácido Clorhídrico [En línea]. [s.l.], citado el: 15 de febrero de 2013. Disponible en Internet: <http://www.cisproquim.org.co/HOJAS_SEGURIDAD/Acido_clorhidrico.pdf>
- [59] ____Peróxido de Hidrógeno [En línea]. [s.l.], citado el: 15 de febrero de 2013. Disponible en Internet: <<http://69.167.133.98/~dqisaco/pdf/PEROXIDO%20DE%20HIDROGENO%20GRADO%20ALIMENTICIO.pdf>>
- [60] **HOUTMEYERS, J.** (1977). *Hydrogen Peroxide as a Supplemental Oxygen Source for Activated Sludge: Microbiological Investigations*. European. J. Appl. Microbiol. 4:295-305.
- [61] **FERREIRA, L.** (2007). *Manual de Procedimientos Operativos Estándar para la Gerencia de Aseguramiento de la Calidad*. p 7-24.
- [62] **FAO.** (1996). *Manuales para el control de calidad de los alimentos*. La garantía de la calidad en el laboratorio químico de control de los alimentos. ISBN 92-5-303403-3. Roma, Italia.
- [63] **LUNA, J; REQUENA, F; FEMIA, P; MARTÍN, A; MIRANDA, M.** (2007). *Introducción al Manejo del Programa SPSS 12.0*. 65p

- [64] **RUIZ, D.** (2004). *Manual de Estadística*. Editado por Eumed.net.
- [65] **SKOOG, D; HOLLER, F; NIEMAN T.** (2005). *Principios de Análisis Instrumental*. Octava Edición. McGraw-Hill. Interamericana de España S.A. p 373-383; 435-442; 538; 572-574.
- [66] **ZHAO, X; CHENG, K; HAO, J; LUI, D.** (2008). *Preparation of Peracetic Acid from Hydrogen Peroxide, Part II: Kinetics for Spontaneous Decomposition of Peracetic Acid in the Liquid Phase*. En: *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. Vol. 284. p. 58-68.
- [67] **FMC PERACETIC ACID.** *General Safety*. Citado 13 marzo de 2013. Disponible en Internet: <http://www.microbialcontrol.fmc.com/Portals/Microbial/Content/Docs/15%20paa_sfty.pdf>
- [68] **COPENHAFFER, W. NICHOLSON, C; PFEFFER, H.** (2009). *Dilute Stabilized Peracetic Acid Production and Treatment Process*. [s.l.], Patente Internacional no. WO 2009/023492 A2. PCT/US2008/072341.
- [69] **HARVEY, D.** (2000). *Modern Analytical Chemistry*. 1S edition. Mac Graw Hill. United States. p 274-294.
- [70] **HARRIS, D.** (1992). *Análisis Químico Cuantitativo*. 3ed. México. Grupo Editorial Iberoamérica. p. 224-227.
- [71] **ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A.** (2010). *Manual de Procedimientos Operativos Estándares (POE)*. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR. Popayán.
- [72] **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.** (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th Edition. Washington, APHA, 1992. p 2-43.
- [74] **AGUINAGA, S; LUCAS, R.** (1996). *Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes*. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente. 174p.
- [75] **ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.** (1983). *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*. 2th Edition. Cincinnati, EPA. 120p.
- [76] **RODIER, J.** (1990). *Análisis de las Aguas*. Ediciones Omega, Barcelona. 1.059 p
- [77] **RUMP, H; KRIST, H.** (1992). *Laboratory Manual for the examination of water, waste water and soil*. VCH.Weinheim. 190 p.
- [78] **MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** (2010). Decreto 3930 de 2010. Citado el 10 de Enero de 2013. Disponible en Internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>>
- [79] **RESTREPO, J. M.** (1997). *Guía para la apreciación de la contaminación hídrica*. p 25-26.

ANEXO A. Concentraciones de residuos de lavados y estandarización de reactivos

Tabla 1. Residuos de lavados en Batidora con Oxonia.

	Fecha	V.P	N		Fecha	V.P	N		Fecha	V.P	N
Semana 1	15/05/2012	0,10	0,0010	Semana 3	30/05/2012	0,15	0,0015	Semana 5	14/06/2012	0,20	0,0020
	16/05/2012	0,15	0,0015		31/05/2012	0,05	0,0005		15/06/2012	0,10	0,0010
	17/05/2012	0,05	0,0005		01/06/2012	0,10	0,0010		16/06/2012	0,05	0,0005
	18/05/2012	0,10	0,0010		04/06/2012	0,15	0,0015		19/06/2012	0,15	0,0015
	22/05/2012	0,15	0,0015		05/06/2012	0,20	0,0020		20/06/2012	0,20	0,0020
Semana 2	23/05/2012	0,15	0,0015	Semana 4	06/06/2012	0,15	0,0015	Semana 6	21/06/2012	0,10	0,0010
	24/05/2012	0,10	0,0010		07/06/2012	0,10	0,0010		22/06/2012	0,05	0,0005
	25/05/2012	0,10	0,0010		08/06/2012	0,05	0,0005		25/06/2012	0,15	0,0015
	28/05/2012	0,05	0,0005		12/06/2012	0,15	0,0015		26/06/2012	0,25	0,0025
	29/05/2012	0,20	0,0020		13/06/2012	0,10	0,0010		27/05/2012	0,15	0,0015

Tabla 2. Residuos de lavados Instrumentación- Producción con Oxonia.

	Fecha	V.P	N		Fecha	V.P	N		Fecha	V.P	N
Semana 1	15/05/2012	0,10	0,0010	Semana 3	30/05/2012	0,15	0,0015	Semana 5	15/06/2012	0,10	0,0010
		0,10	0,0010			0,15	0,0015			0,10	0,0010
		0,10	0,0010			0,15	0,0015			0,10	0,0010
		0,10	0,0010			0,15	0,0015			0,10	0,0010
	16/05/2012	0,10	0,0010		31/05/2012	0,10	0,0010		16/06/2012	0,10	0,0010
		0,10	0,0010			0,10	0,0010			0,10	0,0010
		0,10	0,0010			0,10	0,0010			0,10	0,0010
		0,10	0,0010			0,10	0,0010			0,10	0,0010
	17/05/2012	0,15	0,0015		01/06/2012	0,15	0,0015		19/06/2012	0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,15	0,0015			0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,15	0,0015			0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,15	0,0015			0,10	0,0010
18/05/2012	0,10	0,0010	04/06/2012	0,20	0,0020	20/06/2012	0,10	0,0010			
	0,10	0,0010		0,20	0,0020		0,10	0,0010			
	0,10	0,0010		0,20	0,0020		0,10	0,0010			
	0,10	0,0010		0,20	0,0020		0,10	0,0010			
22/05/2012	0,15	0,0015	05/06/2012	0,10	0,0010	21/06/2012	0,10	0,0010			
	0,15	0,0015		0,10	0,0010		0,10	0,0010			
	0,15	0,0015		0,10	0,0010		0,10	0,0010			
	0,15	0,0015		0,10	0,0010		0,10	0,0010			
Semana 2	23/05/2012	0,15	0,0015	Semana 4	07/06/2012	0,10	0,0010	Semana 6	22/06/2012	0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,10	0,0010			0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,10	0,0010			0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,10	0,0010			0,10	0,0010
	24/05/2012	0,05	0,0005		08/06/2012	0,10	0,0010		25/06/2012	0,15	0,0015
		0,10	0,0010			0,10	0,0010			0,15	0,0015
		0,10	0,0010			0,10	0,0010			0,15	0,0015
		0,10	0,0010			0,10	0,0010			0,15	0,0015
	25/05/2012	0,15	0,0015		12/06/2012	0,10	0,0010		26/06/2012	0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,10	0,0010			0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,10	0,0010			0,10	0,0010
		0,15	0,0015			0,10	0,0010			0,10	0,0010
28/05/2012	0,10	0,0010	13/06/2012	0,10	0,0010	27/06/2012	0,15	0,0015			
	0,10	0,0010		0,10	0,0010		0,15	0,0015			
	0,10	0,0010		0,10	0,0010		0,15	0,0015			
	0,10	0,0010		0,10	0,0010		0,15	0,0015			
29/05/2012	0,10	0,0010	14/05/2012	0,10	0,0010	28/06/2012	0,15	0,0015			
	0,10	0,0010		0,10	0,0010		0,15	0,0015			
	0,10	0,0010		0,10	0,0010		0,15	0,0015			
	0,10	0,0010		0,10	0,0010		0,15	0,0015			

Donde: VP: Volumen promedio gastado en titulación; N: Normalidad en Equivalentes-gramo/Litro

Tabla 3. Datos Estandarización Tiosulfato de Sodio por semanas.

Semana 1				Semana 4			
Rep	K ₂ Cr ₂ O ₇ (g)	Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Na ₂ S ₂ O ₃ (N)	Rep	K ₂ Cr ₂ O ₇ (g)	Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Na ₂ S ₂ O ₃ (N)
1	0,0503	10,18	0,1008	1	0,0508	10,25	0,1011
2	0,0502	10,17	0,1007	2	0,0508	10,25	0,1011
3	0,0503	10,18	0,1008	3	0,0507	10,24	0,1010
Promedio			0,1007	Promedio			0,1010
S			0,0001	S			0,0001
CV			0,0006	CV			0,0006
Semana 2				Semana 5			
Rep	K ₂ Cr ₂ O ₇ (g)	Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Na ₂ S ₂ O ₃ (N)	Rep	K ₂ Cr ₂ O ₇ (g)	Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Na ₂ S ₂ O ₃ (N)
1	0,0512	10,27	0,1017	1	0,0503	10,18	0,1008
2	0,0511	10,27	0,1015	2	0,0500	10,16	0,1004
3	0,0512	10,27	0,1017	3	0,0502	10,17	0,1007
Promedio			0,1016	Promedio			0,1006
S			0,0001	S			0,0002
CV			0,0011	CV			0,0021
Semana 3				Semana 6			
Rep	K ₂ Cr ₂ O ₇ (g)	Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Na ₂ S ₂ O ₃ (N)	Rep	K ₂ Cr ₂ O ₇ (g)	Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Na ₂ S ₂ O ₃ (N)
1	0,0510	10,24	0,1016	1	0,0507	10,16	0,1018
2	0,0510	10,24	0,1016	2	0,0506	10,16	0,1016
3	0,0509	10,23	0,1015	3	0,0506	10,16	0,1016
Promedio			0,1015	Promedio			0,1016
S			0,0001	S			0,0001
CV			0,0006	CV			0,0011

Donde:

Rep: Réplica

K₂Cr₂O₇: Dicromato de Potasio

Na₂S₂O₃: Tiosulfato de Sodio

Vol Alic: Volumen de alícuota

Vol Tit: Volumen gastado en titulación

S: Desviación Estándar

CV: Coeficiente de Variación

Tabla 4. Residuos lavados con NaOH en carrotanques semanas 1-3.

		VP	N			VP	N			VP	N
Semana 1	15/05/2012	0,35	0,0350	Semana 2	23/05/2012	0,20	0,0200	Semana 3	30/05/2012	0,80	0,0800
		0,35	0,0350			0,35	0,0350			0,44	0,0440
		0,45	0,0450			0,36	0,0360			0,20	0,0200
		0,44	0,0440			0,35	0,0350			0,51	0,0510
	16/05/2012	0,35	0,0350		24/05/2012	0,35	0,0350		31/05/2012	0,51	0,0510
		0,80	0,0800			0,35	0,0350			0,45	0,0450
		0,05	0,0050			0,20	0,0200			0,45	0,0450
		0,34	0,0340			0,35	0,0350			0,45	0,0450
	17/05/2012	0,35	0,0350		25/05/2012	0,44	0,0440		01/06/2012	0,34	0,0340
		0,35	0,0350			0,35	0,0350			0,23	0,0230
		0,80	0,0800			0,36	0,0360			0,20	0,0200
		0,45	0,0450			0,35	0,0350			0,15	0,0150
18/05/2012	0,35	0,0350	28/05/2012	0,20	0,0200	04/06/2012	0,20	0,0200			
	0,35	0,0350		0,20	0,0200		0,02	0,0020			
	0,20	0,0200		0,35	0,0350		0,02	0,0020			
	0,36	0,0360		0,34	0,0340		0,36	0,0360			
22/05/2012	0,21	0,0210	29/05/2012	0,35	0,0350	05/06/2012	0,40	0,0400			
	0,34	0,0340		0,36	0,0360		0,36	0,0360			
	0,20	0,0200		0,34	0,0340		0,36	0,0360			
	0,20	0,0200		0,36	0,0360		0,36	0,0360			

Tabla 5. Residuos lavados con NaOH en carrotaques semanas 4-6.

		VP	N			VP	N			VP	N		
Semana 4	06/06/2012	0,51	0,0510	Semana 5	14/06/2012	1,23	0,1230	Semana 6	21/06/2012	0,50	0,0500		
		0,45	0,0450			1,00	0,1000			0,45	0,0450		
		0,50	0,0500			0,45	0,0450			0,34	0,0340		
		0,45	0,0450			0,41	0,0410			0,34	0,0340		
	07/06/2012	0,42	0,0420		15/06/2012	0,81	0,0810		22/06/2012	0,45	0,0450	0,45	0,0450
		0,39	0,0390			0,80	0,0800			0,45	0,0450		
		0,21	0,0210			0,35	0,0350			0,35	0,0350		
		0,35	0,0350			0,41	0,0410			0,35	0,0350		
	08/06/2012	0,23	0,0230		16/06/2012	0,35	0,0350		25/06/2012	0,51	0,0510	0,50	0,0500
		0,02	0,0020			0,23	0,0230			0,36	0,0360		
		0,02	0,0020			0,35	0,0350			0,44	0,0440		
		0,10	0,0100			0,39	0,0390			0,34	0,0340		
	12/06/2012	0,36	0,0360		19/06/2012	0,50	0,0500		26/06/2012	0,34	0,0340	0,35	0,0350
		0,40	0,0400			0,50	0,0500			0,34	0,0340		
		0,36	0,0360			0,50	0,0500			0,34	0,0340		
		0,45	0,0450			0,50	0,0500			0,34	0,0340		
	13/05/2012	0,41	0,0410		20/06/2012	0,20	0,0200		27/06/2012	0,42	0,0420	0,42	0,0420
		0,42	0,0420			0,20	0,0200			0,35	0,0350		
		0,35	0,0350			0,35	0,0350			0,22	0,0220		
		0,35	0,0350			0,34	0,0340			0,20	0,0200		

Tabla 6. Residuos lavados con NaOH en Pasterizador CIP.

	Fecha	VP	N		Fecha	VP	N
Semana 1	15/05/2012	0,20	0,0200	Semana 4	06/06/2012	0,2000	0,0200
	16/05/2012	0,20	0,0200		07/06/2012	0,0200	0,0020
	17/05/2012	0,31	0,0307		08/06/2012	0,0200	0,0020
	18/05/2012	0,20	0,0200		12/06/2012	0,0000	0,0000
	22/05/2012	0,20	0,0200		13/06/2012	0,1000	0,0100
Semana 2	23/05/2012	0,02	0,0020	Semana 5	14/06/2012	0,0000	0,0000
	24/05/2012	0,00	0,0000		15/06/2012	0,0000	0,0000
	25/05/2012	0,00	0,0000		16/06/2012	0,0000	0,0000
	28/05/2012	0,02	0,0020		19/06/2012	0,0000	0,0000
	29/05/2012	0,34	0,0340		20/06/2012	0,0000	0,0000
Semana 3	30/05/2012	0,34	0,0343	Semana 6	21/06/2012	0,0200	0,0020
	31/05/2012	0,19	0,0187		22/06/2012	0,0200	0,0020
	01/06/2012	0,20	0,0200		25/06/2012	0,0200	0,0020
	04/06/2012	0,20	0,0200		26/06/2012	0,0000	0,0000
	05/06/2012	0,20	0,0200		27/05/2012	0,0000	0,0000

Tabla 7. Residuos lavados con Progress en Batidora.

	Fecha	VP	N		Fecha	VP	N
Semana 1	15/05/2012	0,20	0,0200	Semana 4	06/06/2012	0,20	0,0200
	16/05/2012	0,20	0,0200		07/06/2012	0,02	0,0020
	17/05/2012	0,31	0,0310		08/06/2012	0,02	0,0020
	18/05/2012	0,20	0,0200		12/06/2012	0,00	0,0000
	22/05/2012	0,20	0,0200		13/06/2012	0,10	0,0100
Semana 2	23/05/2012	0,02	0,0020	Semana 5	14/06/2012	0,00	0,0000
	24/05/2012	0,00	0,0000		15/06/2012	0,00	0,0000
	25/05/2012	0,00	0,0000		16/06/2012	0,00	0,0000
	28/05/2012	0,02	0,0020		19/06/2012	0,00	0,0000
	29/05/2012	0,34	0,0340		20/06/2012	0,00	0,0000
Semana 3	30/05/2012	0,34	0,0340	Semana 6	21/06/2012	0,02	0,0020
	31/05/2012	0,19	0,0190		22/06/2012	0,02	0,0020
	01/06/2012	0,20	0,0200		25/06/2012	0,02	0,0020
	04/06/2012	0,20	0,0200		26/06/2012	0,00	0,0000
	05/06/2012	0,20	0,0200		27/05/2012	0,00	0,0000

Tabla 8. Residuos lavados con NaOH en Batidora.

	Fecha	VP	N		Fecha	VP	N
Semana 1	15/05/2012	0,20	0,0200	Semana 4	06/06/2012	0,02	0,0020
	16/05/2012	0,20	0,0200		07/06/2012	0,20	0,0200
	17/05/2012	0,20	0,0200		08/06/2012	0,10	0,0100
	18/05/2012	0,34	0,0340		12/06/2012	0,34	0,0340
	22/05/2012	0,20	0,0200		13/06/2012	0,21	0,0210
Semana 2	23/05/2012	0,10	0,0100	Semana 5	14/06/2012	0,20	0,0200
	24/05/2012	0,20	0,0200		15/06/2012	0,20	0,0200
	25/05/2012	0,20	0,0200		16/06/2012	0,20	0,0200
	28/05/2012	0,34	0,0340		19/06/2012	0,20	0,0200
	29/05/2012	0,34	0,0340		20/06/2012	0,21	0,0210
Semana 3	30/05/2012	0,33	0,0330	Semana 6	21/06/2012	0,21	0,0210
	31/05/2012	0,20	0,0200		22/06/2012	0,22	0,0220
	01/06/2012	0,33	0,0330		25/06/2012	0,33	0,0330
	04/06/2012	0,20	0,0200		26/06/2012	0,20	0,0200
	05/06/2012	0,20	0,0200		27/05/2012	0,20	0,0200

Tabla 9. Estandarización del HCl 0,5N.

Semana 1				Semana 4			
Rep	Vol Alic (mL)	Vol Tit (mL)	HCl (N)	Rep	Vol Alic	Vol Tit (mL)	HCl (N)
1	5	24,98	0,4996	1	5	25,15	0,5030
2	5	25,00	0,5000	2	5	25,16	0,5032
3	5	25,00	0,5000	3	5	25,16	0,5032
		Promedio	0,4999			Promedio	0,5031
		S	0,0002			S	0,0001
		CV	0,0005			CV	0,0002
Semana 2				Semana 5			
Rep	Vol Alic (mL)	Vol Tit (mL)	HCl (N)	Rep	Vol Alic	Vol Tit (mL)	HCl (N)
1	5	25,12	0,5024	1	5	25,12	0,5024
2	5	25,10	0,5020	2	5	25,14	0,5028
3	5	25,10	0,5020	3	5	25,15	0,503
		Promedio	0,5021			Promedio	0,5027
		S	0,0002			S	0,0003
		CV	0,0005			CV	0,0006
Semana 3				Semana 6			
Rep	Vol Alic(mL)	Vol Tit (mL)	HCl (N)	Rep	Vol Alic	Vol Tit (mL)	HCl (N)
1	5	25,05	0,5010	1	5	25,22	0,5044
2	5	25,06	0,5012	2	5	25,21	0,5042
3	5	25,05	0,5010	3	5	25,22	0,5044
		Promedio	0,5011			Promedio	0,5043
		S	0,0001			S	0,0001
		CV	0,0002			CV	0,0002

Donde

Rep: Réplica

Vol Alic: Volumen de alícuota

Vol Tit: Volumen gastado en titulación

S: Desviación Estándar

CV: Coeficiente de Variación

Tabla 10. Residuos lavados con HNO₃ en Pasterizador.

	Fecha	VP	N		Fecha	VP	N
Semana 1	15/05/2012	2,74	0,0548	Semana 4	06/06/2012	1,97	0,0394
	16/05/2012	2,66	0,0532		07/06/2012	2,56	0,0512
	17/05/2012	2,80	0,0560		08/06/2012	0,85	0,0170
	18/05/2012	2,17	0,0434		12/06/2012	1,05	0,0210
	22/05/2012	2,24	0,0448		13/06/2012	2,18	0,0436
Semana 2	23/05/2012	1,98	0,0396	Semana 5	14/06/2012	2,14	0,0428
	24/05/2012	1,99	0,0398		15/06/2012	1,85	0,0370
	25/05/2012	2,17	0,0434		16/06/2012	1,85	0,0370
	28/05/2012	1,86	0,0372		19/06/2012	2,03	0,0406
	29/05/2012	1,80	0,0360		20/06/2012	2,16	0,0432
Semana 3	30/05/2012	1,70	0,0340	Semana 6	21/06/2012	1,95	0,0390
	31/05/2012	2,04	0,0408		22/06/2012	2,03	0,0406
	01/06/2012	2,24	0,0448		25/06/2012	1,82	0,0364
	04/06/2012	1,73	0,0346		26/06/2012	1,53	0,0306
	05/06/2012	1,70	0,0340		27/06/2012	0,84	0,0168

Tabla 11. Residuos lavados con HNO₃ CIP-Producción.

Fecha		VP	N
Semana 1	15/05/2012	0,20	0,0040
	17/05/2012	0,18	0,0036
Semana 2	22/05/2012	0,18	0,0036
	30/05/2012	0,20	0,0040
Semana 3	05/06/2012	0,19	0,0038
	07/06/2012	0,20	0,0040
Semana4	12/06/2012	0,20	0,0040
	14/06/2012	0,18	0,0036
Semana 5	19/06/2012	0,19	0,0038
	21/06/2012	0,19	0,0038
Semana6	26/06/2012	0,18	0,0036
	28/06/2012	0,20	0,0040

Tabla 12. Estandarización de NaOH por semanas.

Semana 1				Semana 4			
Rep	KHC ₈ H ₄ O ₄ (g)	NaOH(mL)	NaOH (N)	Rep	KHC ₈ H ₄ O ₄ (g)	NaOH(mL)	NaOH (N)
1	0,0504	1,23	0,2006	1	0,0501	1,22	0,2011
2	0,0503	1,22	0,2019	2	0,0502	1,22	0,2015
3	0,0503	1,22	0,2020	3	0,0501	1,22	0,2011
		Promedio	0,2015			Promedio	0,2012
		S	0,0008			S	0,0002
		CV	0,0037			CV	0,0012
Semana 2				Semana 5			
Rep	KHC ₈ H ₄ O ₄ (g)	NaOH(mL)	NaOH (N)	Rep	KHC ₈ H ₄ O ₄ (g)	NaOH(mL)	NaOH (N)
1	0,0507	1,23	0,2018	1	0,0500	1,22	0,2007
2	0,0508	1,24	0,2006	2	0,0501	1,22	0,2011
3	0,0508	1,24	0,2006	3	0,0500	1,22	0,2007
		Promedio	0,2010			Promedio	0,2008
		S	0,0007			S	0,0002
		CV	0,0035			CV	0,0012
Semana 3				Semana 6			
Rep	KHC ₈ H ₄ O ₄ (g)	NaOH(mL)	NaOH (N)	Rep	KHC ₈ H ₄ O ₄ (g)	NaOH(mL)	NaOH (N)
1	0,0506	1,23	0,2014	1	0,0505	1,23	0,2010
2	0,0506	1,23	0,2014	2	0,0506	1,23	0,2014
3	0,0507	1,25	0,1986	3	0,0504	1,23	0,2006
		Promedio	0,2005			Promedio	0,2010
		S	0,0016			S	0,0004
		CV	0,0082			CV	0,0020

Donde

Rep: Réplica

KHC₈H₄O₄: Biftalato de Potasio

Vol Alic: Volumen de alícuota

Vol Tit: Volumen gastado en titulación

S: Desviación Estándar

CV: Coeficiente de Variación

ANEXO B. Pruebas de Normalidad de los Residuos de lavados

Tabla 1. Prueba de Normalidad por Día-Laboratorio Calidad.

	Días	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,211	72	0,000
	2	0,247	72	0,000
	3	0,167	72	0,000
	4	0,236	72	0,000
	5	0,259	72	0,000

Tabla 2. Prueba de Normalidad por Semana-Laboratorio Calidad.

	Semanas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,221	60	0,000
	2	0,221	60	0,000
	3	0,292	60	0,000
	4	0,209	60	0,000
	5	0,252	60	0,000
	6	0,203	60	0,000

Tabla 3. Prueba de Normalidad por Día-carrotanques.

	Días	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,072	72	0,200
	2	0,168	72	0,000
	3	0,199	72	0,000
	4	0,172	72	0,000
	5	0,126	72	0,006

Tabla 4. Prueba de Normalidad por Semana-Carrotanques

	Semana	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,127	60	0,018
	2	0,183	60	0,000
	3	0,140	60	0,005
	4	0,221	60	0,000
	5	0,060	60	0,200
	6	0,151	60	0,002

Tabla 5. Prueba de Normalidad por Día- Batidora

	Día	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH Progress	1	0,762	18	0,000
	2	0,726	18	0,000
	3	0,847	18	0,008
	4	0,801	18	0,002
	5	0,815	18	0,002
pH NaOH	1	0,734	18	0,000
	2	0,939	18	0,281
	3	0,850	18	0,008
	4	0,805	18	0,002
	5	0,802	18	0,002
pH Oxonia	1	0,674	18	0,000
	2	0,657	18	0,000
	3	0,676	18	0,000
	4	0,701	18	0,000
	5	0,558	18	0,000

Tabla 6. Prueba de Normalidad por Semana-Batidora.

	Semana	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH Progress	1	0,822	15	0,007
	2	0,950	15	0,529
	3	0,703	15	0,000
	4	0,773	15	0,002
	5	0,745	15	0,001
	6	0,880	15	0,047
pH NaOH	1	0,917	15	0,171
	2	0,790	15	0,003
	3	0,810	15	0,005
	4	0,824	15	0,008
	5	0,857	15	0,022
	6	0,927	15	0,247
pH Oxonia	1	0,698	15	0,000
	2	0,769	15	0,001
	3	0,719	15	0,000
	4	0,738	15	0,001
	5	0,717	15	0,000
	6	0,752	15	0,001

Tabla 7. Prueba de Normalidad por Día-pasterizador.

	Día	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH primer lavado (NaOH)	1	0,924	18	0,153
	2	0,869	18	0,017
	3	0,892	18	0,042
	4	0,889	18	0,038
	5	0,854	18	0,010
pH segundo lavado (HNO ₃)	1	0,803	18	0,002
	2	0,814	18	0,002
	3	0,876	18	0,022
	4	0,905	18	0,071
	5	0,766	18	0,001

Tabla 8. Prueba de Normalidad por Semanas-pasterizador.

	Semanas	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH primer lavado (NaOH)	1	0,941	15	0,397
	1	0,941	15	0,397
	2	0,856	15	0,021
	3	0,960	15	0,691
	4	0,770	15	0,002
	5	0,889	15	0,065
	6	0,878	15	0,044
pH segundo lavado (HNO ₃)	1	0,792	15	0,003
	2	0,893	15	0,074
	3	0,766	15	0,001
	4	0,841	15	0,013
	5	0,872	15	0,036
	6	0,812	15	0,005

Tabla 9. Prueba de Normalidad por Días- Calderas.

	Días	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,157	72	0,000
	2	0,132	72	0,003
	3	0,102	72	0,060
	4	0,135	72	0,002
	5	0,106	72	0,042

Tabla 10. Prueba de Normalidad por Semanas-calderas.

	Semanas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,174	60	0,000
	2	0,091	60	0,200
	3	0,220	60	0,000
	4	0,084	60	0,200
	5	0,139	60	0,006
	6	0,133	60	0,010

Tabla 11. Prueba de Normalidad por Semanas CIP- Producción

Semanas	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
pH primer lavado (NaOH)	1	0,823	6	0,094
	2	0,737	6	0,015
	3	0,866	6	0,212
	4	0,758	6	0,024
	5	0,763	6	0,026
	6	0,945	6	0,701
pH segundo lavado (HNO ₃)	1	0,707	6	0,007
	2	0,706	6	0,007
	3	0,751	6	0,020
	4	0,704	6	0,007
	5	0,750	6	0,020
	6	0,703	6	0,007

Tabla 12. Prueba de Normalidad por Días instrumentación Oxonia.

	Días	Kolmogorov-Smirnov(a)		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,316	75	0,000
	2	0,341	75	0,000
	3	0,263	75	0,000
	4	0,251	75	0,000
	5	0,311	60	0,000


Tabla 13. Prueba de Normalidad por Semanas instrumentación Oxonia.

	Semanas	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	1	0,291	60	0,000
	2	0,143	60	0,004
	3	0,212	60	0,000
	4	0,233	60	0,000
	5	0,156	60	0,001
	6	0,275	60	0,000

ANEXO C. Datos Efluente PTAR

FECHA	CAUDAL		EFLUENTE					FECHA	CAUDAL		EFLUENTE				
	SST	DQO	DBO ₅	Grasas & Aceites	pH	SST	DQO		DBO ₅	Grasas & Aceites	pH				
	m3/dia	m3/hora (<=24)	<200mg/l	<400ml/L	<200 mg/L	<20 mg/L	m3/dia		m3/hora (<=24)	<200mg/l	<400ml/L	<200 mg/L	<20 mg/L		
1/5/12	245	10,21	535	1162			7,13	1/6/12	220	9,17	535	1162			7,98
2/5/12	211	8,79	210	799	117		7,3	2/6/12	166	6,92	210	799	117		7,58
3/5/12	158	6,58	135	566			7,48	3/6/12	193	8,04	95	358	58		
4/5/12	228	9,50	100	425			7,35	4/6/12	209	8,71	15	526			7,55
5/5/12	241	10,04	75	350			7,35	5/6/12	234	9,75					7,58
6/5/12	187	7,79						6/6/12	237	9,88	30	369			7,53
7/5/12	224	9,33	135	326			7,38	7/6/12	240	10,00	25	512			7,68
8/5/12	218	9,08	65	273			7,05	8/6/12	265	11,04	135	726			7,83
9/5/12	243	10,13	45	299	62		7,3	9/6/12		0,00	55	423	131,8	51,3	7,80
10/5/12	257	10,71	40	233			7,98	10/6/12		0,00	65	322	78		
11/5/12	254	10,58	20	169	32,3	9,5	7,6	11/6/12	203	8,46	45	332			7,95
12/5/12	211	8,79	50	185			8,33	12/6/12	204	8,50					7,93
13/5/12	134	5,58						13/6/12	169	7,04					8,15
14/5/12	227	9,46	120	392			7,8	14/6/12	159	6,63	95	412			7,78
15/5/12	244	10,17	65	256			7,88	15/6/12	157	6,54	85	433			7,70
16/5/12	228	9,50	110	221	48		7,38	16/6/12	135	5,63	95	78,7			7,50
17/5/12	234	9,75	40	212	36,7	100,4	7,35	17/6/12	147	6,13	95	84,6	114		
18/5/12	271	11,29	60	191	58		7,58	18/6/12	187	7,79	170	531			7,70
19/5/12	200	8,33	15	178			7,3	19/6/12	166	6,92					7,88
20/5/12	174	7,25						20/6/12	191	7,96					7,78
21/5/12	207	8,63					7,1	21/6/12	152	6,33	60	87,6	35,7	25,7	7,90
22/5/12	226	9,42	30	149			7,53	22/6/12	155	6,46	100	41,8			8,38
23/5/12	254	10,58	55	115			7,65	23/6/12	120	5,00	80	61,1	19,9	11,2	7,77
24/5/12	198	8,25	25	121	25		7,3	24/6/12	108	4,50	85	41,9	96		
25/5/12	125	5,21	60	151			7,4	25/6/12	192	8,00	110	49,3			8,05
26/5/12	206	8,58	80	310			7,78	26/6/12	170	7,08					7,97
27/5/12	138	5,75						27/6/12	157	6,54	100	231			7,45
28/5/12	209	8,71	75	310			7,45	28/6/12	166	6,92	60	385			7,60
29/5/12	221	9,21	90	334			7,6	29/6/12	132	5,50	110	412			
30/5/12	219	9,13	100	332			8,13	30/6/12	169	7,04	115	489			
31/5/12	217	9,04	70	409			8,07								

ANEXO D. POE RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DEL AFLUENTE DE LA PTAR (Pre-tratamiento Ajuste pH)

	ALPINA, PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A. Planta Popayán	
	Manejo de desechos para adecuación afluente de la PTAR	Código: Vigente desde: Versión: Páginas:

1. INTRODUCCIÓN

En una planta procesadora de alimentos, se generan diferentes tipos de residuos que necesitan tener un manejo adecuado para evitar contaminación de los cuerpos de agua, suelo y aire. Este manual busca disminuir en lo posible el impacto que la empresa puede generar sobre la calidad del aire y la calidad del agua teniendo en cuenta el manejo apropiado de residuos líquidos y sólidos generados a partir de la limpieza, desinfección y sanitización de equipos y líneas de proceso. La verificación de las concentraciones no solo por inspección visual sino por titulación, proveerán más seguridad en el manejo de los procesos implicados y disminución de costos en el momento de un pre-tratamiento.

La caracterización de la PTAR, da una idea de la carga de materia orgánica e inorgánica que se está generando a partir de los procesos de producción. Es por ello que se deben realizar tratamientos para asegurar una adecuada biodegradación del material orgánico que en este caso se produce en mayor cantidad debido al manejo y transformación de materia prima rica en compuestos como carbohidratos, proteínas y lípidos.

Los costos por vertido son menores siempre y cuando se realice un pre-tratamiento de los residuos antes de empezar con el tratamiento primario y secundario que se aplica en esta planta de aguas residuales. El cumplimiento de los actuales requerimientos ambientales hace necesario que las aguas residuales industriales alcalinas, deban ser tratadas para reducir su pH a niveles tolerables en los distintos puntos de disposición final.

La neutralización en la etapa del pre-tratamiento favorece una mejor biodegradación del material orgánico y un efectivo tratamiento biológico.

En este caso se mide el pH en esta zona, se añade ácido para alcanzar la neutralización y se vuelve a medir el pH hasta que se logre el valor en un rango óptimo (6,5-8,5) para su posterior descarga a la PTAR.

2. OBJETIVO

Asegurar la adecuada operación y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas a través de la descripción clara de las actividades a realizar, el orden de su ejecución, el equipo a utilizar, materia prima y personal involucrado para que el agua residual que se vierte en la PTAR, sea apropiada para su tratamiento.

3. ALCANCE

Se aplicará al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la Planta de Alimentos Alpina S.A. Popayán.

4. RESPONSABLES

Departamento de Control de Calidad y Área de Producción. Operarios de las áreas de: recibo, proceso, empaque y PTAR.

5. MATERIALES

MATERIAL	CANTIDAD
Beaker plástico de 250 mL	1
Beaker plástico de 100mL	1
Pipeta aforada de 10 mL	1
Propipeta	1

6. REACTIVOS

SUSTANCIAS*	CANTIDAD
Acido sulfúrico	1L
Agua destilada	100mL
Solución fenolftaleína 1%	100mL

*Remitir al manual de protocolo de riesgo/seguridad y fichas técnicas de seguridad.

7. PROCEDIMIENTO

- Realizar el mantenimiento manual retirando las partículas de grasa y de otro tipo, que se encuentren superficialmente en la zona de desbaste
- Se toma una muestra en un volumen de 100mL
- Se toma el pH con el potenciómetro.
- Si el pH se encuentra en un rango 10-11se procede a realizar la titulación con ácido sulfúrico 1,71N o 5% con una pureza del 91%
- Registrar el valor gastado en la titulación (aproximadamente 0,05mL)

8. CÁLCULOS Y RESULTADOS

El H_2SO_4 tiene una Normalidad de 34,14 se determina a partir de la densidad (1,84g/mL) y el porcentaje de pureza (91%) de la siguiente manera:

$$N_{\text{Solución } 91\%} = \frac{1,84g}{mL_{\text{Solución}}} \times \frac{91g}{100g_{\text{Solución}}} \times \frac{1\text{Equiv} - \text{gramo}_{H_2SO_4}}{49,04g_{H_2SO_4}} \times \frac{1000mL}{1L}$$

$$N_{\text{Inicial}} = 34,14$$

La solución al 5% corresponde a una Normalidad de 1,17.

$$N_{\text{Solución } 5\%} = \frac{34,14N \times 5mL}{100mL}$$

$$N_{\text{Solución } 5\%} = 1,71$$

Cuando se realiza la titulación el valor gastado aproximado es de 0,05mL para un pH de 10-11. Se determinan inicialmente los miliequivalentes gramo

$$\text{mequivalentes} = \frac{0,05mL_{\text{Titulación}} \times 1,71N}{10mL_{\text{Muestra}}}$$

$$\text{mequivalentes}_{H_2SO_4} = 0,086$$

Son 0,086miliequivalentes-gramo en una solución al 5% o 1,71N. Con este valor se calcula en un volumen de 4000L que corresponde al volumen de la zona de desbaste:

$$\text{mequivalentes} = \frac{0,086\text{mequivalentes} \times 4000L}{0,01L}$$

$$\text{mequivalentes} = 34400$$

Se calcula el volumen requerido de H₂SO₄ al 5% o 1,71N.

$$\text{mequivalentes} = V \times N$$

$$V = \frac{\text{mequivalentes}}{N}$$

$$V = \frac{34400 \text{ mequivalentes}}{1,71N}$$

$$V = 20,1L$$

Para neutralizar el pH de los residuos líquidos en la zona de desbaste con H₂SO₄ al 91% o 34,14N se calcula:

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_2 (91\%) = \frac{20,1L \times 1,71N}{34,14N}$$

$$V_2 = 1L$$

9. BIBLIOGRAFÍA

HARVEY, David. 2000. Modern Analytical Chemistry. Estados Unidos de América : Mc Graw – Hill, 2000. págs. 331 – 350.

_____. Hoja de Datos de Seguridad del ácido Sulfúrico [s.l.]: [s.n.], 25 de febrero de 2013. Disponible en Internet <http://chemstarworks.com/wp-content/uploads/2009/09/MSDSMANDATEPLUSSPANISH.pdf>

SPX Corporation. 2010. SPX Flow Technology. CIP and sanitation of process plant. 2010.

RODRÍGUEZ, R. 2010. Caracterización y Tratamiento De Efluentes Líquidos En La Industria Láctea. Ingeniería Ambiental Instituto Nacional de Tecnología industrial. Argentina.

RAND, M. 2005. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21st edition.

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Paola A. Cajiao R.	Carlos Zapata	Omar Arias