

Flumen 6 (2): 3-12 (2013)  
Revista de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
Chiclayo - Perú

## Hidróxido Cálcico para tratamiento de Efluentes de la industria de aceite esencial de limón

### Calcium Hydroxide for treatment Industry effluents lemon essential oil

Ing. Mgtr. Martha E. Tesen A.<sup>1</sup>  
Ing. Pablo A. Molinero D.<sup>2</sup>

#### Resumen

El agua en el Perú se encuentra protegida por leyes que evitan su uso indebido y contaminación. La costa norte del Perú alberga industrias dedicadas a la extracción de aceite esencial de limón, los principales problemas que se presentan es el vertimiento de efluentes a los cuerpos de agua con niveles de acidez y temperatura que exceden los límites permisibles para uso humano y conservación ambiental. Esto evidencia la presencia de grandes pozas de almacenamiento desde donde se infiltra el efluente al subsuelo, los cursos de agua, además de la generación de malos olores por su elevada DQO – DBO y efectos sobre la fauna y flora circundante. El tratamiento de estos efluentes utilizando hidróxido cálcico permite de forma efectiva alcanzar niveles adecuados de pH y disminuir la carga orgánica de los mismos con beneficios añadidos para la reutilización de subproductos resultantes de precipitación de sólidos durante el tratamiento.

**Palabras clave:** *contaminación, efluentes, vertido, lechada de cal, hidróxido cálcico, aceite esencial, limón.*

#### Abstract

Water in Peru is protected by laws that prevent their abuse and pollution. The north coast of Peru is home to industries engaged in the extraction of essential oil of lemon, the main problems encountered are the dumping of effluent into bodies of water with acidity and temperature levels that exceed the permissible limits for human and environmental conservation. This evidences the presence of large storage pools where the effluent infiltrates into the ground, water courses, plus odor generation by high DQO - DBO and effects on surrounding wildlife. The effluent treatment using calcium hydroxide can effectively achieve adequate levels of pH and reduce the organic load of the same with added benefits to reuse products resulting from precipitation of solids during the treatment.

**Keywords:** *pollution, effluent discharge, calcium hydroxide, essential oil, lemon*

---

<sup>1</sup> Docente Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.  
<sup>1</sup> mtesen@usat.edu.pe, <sup>2</sup> pamolinerod@hotmail.com

---

## Introducción

Toda agua residual antes de ser vertida al sistema de alcantarillado o cursos de agua debe ser tratada. (1,2)

El agua residual ácida antes de ser vertida debe ser neutralizada, puesto que estos se ven afectados de manera perjudicial por valores extremos de pH. Así por ejemplo la Norma Peruana establece como rango de pH óptimo para la vida acuática un rango de 6. a 9,0. (3)

El neutralizado de las aguas se puede realizar de diversas formas, y los métodos comúnmente usados son: pasar residuos ácidos sobre un lecho de cal, añadir cantidades adecuadas de compuestos básicos concentrados, burbujear gases de combustión en los vertidos ácidos (4,5)

La costa Norte Peruana, caracterizada por condiciones propicias para la siembra de limón, ha servido para establecer empresas agroindustriales dedicadas a su explotación para la obtención de aceite esencial de limón y cáscara para exportación. Los efluentes de estas empresas se caracterizan por su elevada acidez y carga orgánica que perjudican el ambiente.

Un análisis exploratorio inicial comprobó la que existe desconocimiento de las características de estos efluentes, falta de un método para el tratamiento de estos. Como consecuencia de la cual se viene produciendo problemas de fetidez, aparición de especies microbiológicas agresivas y destrucción de la vegetación en el medio circundante a las pozas de vertido final.

Ante esta evidencia se planteó la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la lechada de hidróxido cálcico en las características de

los efluentes industriales de la industria del aceite esencial de limón?, formulándose la siguiente hipótesis: La lechada de hidróxido cálcico influye significativamente en las características de los efluentes industriales de la industria del aceite esencial de limón. Para demostrar esta hipótesis y dar solución al problema existente se plantea como objetivo general determinar la influencia de la lechada de cal en las características de los efluentes industriales de la industria del aceite esencial de limón. Para ello se plantearon los siguientes objetivos: Caracterizar los efluentes industriales; determinar la dosificación para neutralizar los efluentes industriales y finalmente caracterizar los efluentes industriales, para las diferentes concentraciones de lechada de hidróxido cálcico, para un pH máximo exigido por legislaciones de vertidos industriales.

Mediante esta investigación se conoce las características de los efluentes industriales de la industria del aceite esencial de limón, así como indicadores que servirán en la toma de decisiones en este tipo de industria para la instalación de una planta de tratamiento de estos efluentes para poder ajustarse a la reglamentación de aguas y ambiental (6) así mismo permitirá aliviar las condiciones contaminantes existentes por parte de la industria hacia su entorno inmediato, entre las que destacan, los malos olores originados por la putrefacción en condiciones ácidas, además se obtendrá un residuo líquido en condiciones tales que minimicen los impactos ambientales y puedan ser vertidos a alcantarillados o causes de agua o pozas, además se obtendrán residuos sólidos que servirá como forraje y un lodo de contenido orgánico utilizable por los suelos agrícolas.

## Materiales y Métodos

**Muestra:** Se tomaron 8 litros de cada efluente por periodo, los cuales fueron usados para caracterizar y realizar el tratamiento de los efluentes. El método de muestreo se ajusta a las recomendaciones de la norma para cursos y cuerpos de agua. (7,8)

### Materiales:

- pH metro marca Hanna Instruments serie HI 2883 con electrodo de vidrio uso regular de laboratorio serie HI 28643 y termosensor bimetálico de temperatura.
- Estufa Memmet graduada de 50 – 200

- Tamiz Malla N° 25
- Densímetro 1,0– 1,1 g/cm<sup>3</sup>
- Termómetro 0–200°C
- Refractómetro. Atago de 0 a 32 %
- Balanza analítica
- Turbidímetro
- Cocina eléctrica
- Agitador magnético con elemento agitador de porcelana inerte
- Equipo de Filtración al vacío
- Desecador
- Envases de Polietileno, herméticos, para la recolección de la muestra 1 y 2 l;
- Materia de vidrio

### Reactivos

- Acido oxálico 0.1N; 0.0125N
- KMnO<sub>4</sub> 0.0125 N
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M
- NaOH 1N
- Cal 85,5 % de CaO aprovechable
- Agua destilada

Recolección de la Muestra. Las muestras se tomaron de los cinco efluentes existentes en fábrica. Lavado de materia prima (Limón); Lavado de cáscara; Efluente de los alambiques; Efluente de los vasos florentinos; Lavado de equipos. Estas muestras deben refrigerarse para su conservación.

### Puntos de Muestreo

Para recolectar la muestra procedente de la zona de lavado de materia prima se seleccionó el punto inicial de la canaleta de descarga

Para la muestra de la zona de lavado de cáscara el punto de muestreo se localiza en la canaleta a 12 m de trayectoria desde la descarga del tercer lavador y antes de la poza de recepción.

Para recolectar la muestra procedente de la

zona de destilado se seleccionó el punto donde se reúnen los vertidos de todos los alambiques, situado a 5 m del alambique en el extremo Noreste. Sin embargo dado que no se descargan todos los alambiques en simultáneo se tomó una muestra de la descarga de cada alambique y vaso florentino para mezclarlos de manera proporcional a las cantidades evacuadas.

Para recolectar la muestra de lavado de equipos, esta se tomó a un metro de la unión de las canaletas de lavado de todos los alambiques y de igual manera se hizo con el lavado de equipos del área del lavado cáscara.

### Procedimiento Experimental

Las muestras fueron colectadas en envases de polietileno; estas fueron obtenidas de una industria dedicada a la obtención del aceite esencial de limón ubicada en el Distrito de Olmos. A estas muestras se midieron algunas de sus propiedades in situ, como la temperatura y pH; el transporte de los envases se realizó en un cooler con la finalidad de conservarlas a una temperatura de 4 °C durante el tiempo de almacenamiento. (7)

Las muestras fueron refrigeradas, y luego se llevó a cabo la caracterizaron los efluentes; paralelamente se realizó una filtración gruesa a los siguientes efluentes: área de alambique y lavado de equipos en un tamiz de 2 mm, debido a que estos presentan sólidos gruesos. Después del tamizado estos efluentes también fueron caracterizados.

El tamizado fue realizado con la finalidad de acondicionar a los efluentes para luego neutralizarlos. Para ello se tomaron 200 ml de los efluentes antes mencionados en un vaso de precipitación de 500 ml, luego se procedió a medir la temperatura y el pH inicial con que se inicia la prueba.

Luego se colocó el vaso de precipitación sobre el agitador magnético.

Teniendo instalado el equipo de agitación y el pH metro, se agregó lechada de hidróxido cálcico o llamado también lechada de cal, la cantidad suficiente hasta llegar al pH máximo establecido por la normatividad. (2)

Por cada volumen adicionado de lechada cal y por 2 minutos de agitación se tomó el pH dado.

Después de llegar al pH deseado se dejó reposar la muestra por 2 días, para que se produzca la decantación, pasado este tiempo

se separó el lodo del agua tratada y se tomaron las características finales del agua tratada.

Cada ensayo se repitió por 4 veces para las diferentes concentraciones para asegurar la confiabilidad de los datos.

## Resultados y Discusiones

### Caracterización de los Efluentes

La caracterización de los efluentes industriales es realizada durante cuatro meses a fin de evaluar si existe una variación estacional estable que pudiese afectar las pruebas finales.

Durante el monitoreo se analizaron las características del efluente, las cuales se presentan en la tabla 1, 2, 3, 4, 5, 6. Como se puede observar en dichas tablas los efluentes contienen una gran cantidad de sólidos, una elevada acidez, así como una alta carga orgánica.

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL EFLUENTE DEL LAVADO DE MATERIA PRIMA**

CARACTERÍSTICAS	MESES			
	MARZO	MAYO	JULIO	SETIEMBRE
PH	7,50	7,45	7,70	7,84
Temperatura °C	26	26	25	24
Densidad g/ml	1,00	1,00	1,00	1,00
Sólidos Totales mg/L	270.9	244.5	266.3	244.9
Sólidos Sedimentables ml/L	5	4.5	5	3.5
Sólidos Gruesos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	24,9	23,5	23,8	19,9
Sólidos Disueltos mg/L	246	221	242,5	225
Conductividad $\mu$ .S	492	442	485	450
Turbidez UNT	12	14	10	11
Aceite y Grasas mg/L	0	0	0	0
DBO <sub>5</sub> ppm	*	*	0	0
DQO ppm	*	*	0	0
Olor	inodoro	inodoro	inodoro	inodoro
Color U.C	inoloro	inoloro	inoloro	inoloro

\* : No se realizó

**TABLA 2. CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL EFLUENTE DEL AREA DE LAVADO DE CASCARA**

CARACTERÍSTICAS	MESES			
	MARZO	MAYO	JULIO	SETIEMBRE
PH	3,45	3,22	3,36	3,30
Temperatura °C	26,9	26	25,3	24,4
Densidad g/ml	1,01	1,01	1,01	1,01
Sólidos Totales mg/L	5262	5570	5397	5607
Sólidos Sedimentables ml/L	30,6	37,5	34,7	38,6
Sólidos Gruesos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	4720	4950	4810	4980
Sólidos Disueltos mg/L	542	620	587	627
Conductividad $\mu$ .S	1084	1240	1174	1254
Turbidez UNT	242	245,7	237,1	248,3
Aceite y Grasas mg/L	**	**	**	15
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	1000	933	974	957
DBO <sub>5</sub> ppm	*	*	44,0	63,4
DQO ppm	159,8	173,8	146,8	189,8
Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
Color U.C	438	450	465	453

\* : No se realizó

\*\* : No se encontró.

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL EFLUENTE DEL VASO FLORENTINO

CARACTERÍSTICAS	MESES			
	MARZO	MAYO	JULIO	SETIEMBRE
PH	3,25	3,17	3,22	3,19
Temperatura °C	29	29,3	29	29
Densidad g/ml	1,0	1,0	1,0	1,0
Sólidos Totales mg/L	68,4	74	139	71
Sólidos Sedimentables ml/L	0	0	0	0
Sólidos Gruesos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Disueltos mg/L	68,4	74	69,5	71
Conductividad $\mu$ .S	136,8	148	139	142,6
Turbidez UNT	19	23	21	24
Aceite y Grasas mg/L	**	**	**	indicios
Acidez Total (ppm CaCO <sub>3</sub> )	440	429	436	432
DBO <sub>5</sub> ppm	*	*	3,2	5,2
DQO ppm	12,8	10,0	7,0	9,0
Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
Color U.C	180,5	176,9	182,5	180,3

\* : No se realizó

\*\* : No se encontró.

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL EFLUENTE DEL AREA DE DESTILACIÓN

CARACTERÍSTICAS	MESES			
	MARZO	MAYO	JULIO	SETIEMBRE
PH <sup>25°C</sup>	2,36	2,32	2,37	2,34
Temperatura °C	102,5	103	102	102
Densidad g/ml	1,04	1,04	1,04	1,04
Sólidos Totales mg/L	40675	40348,5	41110	40958
Sólidos Sedimentables, ml/L	700	630	644	656
Sólidos Gruesos mg/L	8000	7600	7900	8200
Sólidos Suspendidos mg/L	37600	37300	38010	37900
Sólidos Disueltos mg/L	3075	3048,5	3100	3058
Conductividad $\mu$ .S	6150	6097	6200	6116
Turbidez, UNT	475,5	456	465	469
Aceite y Grasas mg/L	**	**	**	indicios
Acidez Total (ppm CaCO <sub>3</sub> )	30000	29740	29872	30000
DBO <sub>5</sub> ppm	*	*	1475,8	1500
DQO ppm	4719,8	4129,8	4599,8	5009,8
Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
Color U.C.	2655	2500	2700	2685

\* : No se realizó

\*\* : No se encontró.

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS INICIALES DEL EFLUENTE DEL LAVADO DE EQUIPOS

CARACTERÍSTICAS	MESES			
	MARZO	MAYO	JULIO	SETIEMBRE
PH	6,43	6,34	6,36	6,41
Temperatura °C	39	39,8	40,2	40
Densidad g/ml	1,01	1,01	1,01	1,01
Sólidos Totales mg/L	13159,3	11913,5	12162,5	12299,5
Sólidos Sedimentables ml/L	360	310	337	349
Sólidos Gruesos mg/L	9300	7200	8100	8900
Sólidos Suspendidos mg/L	12200	1100	11280	11350
Sólidos Disueltos mg/L	959,3	913,15	882,55	949,5
Conductividad $\mu$ .S	1918,6	1826,3	1765,1	1899
Turbidez UNT	110,4	103,8	101,4	106,6
Aceite y Grasas mg/L	**	**	**	indicios
Acidez Total (ppm CaCO <sub>3</sub> )	670	665	688	700
DBO <sub>5</sub> ppm	*	*	44,9	46,8
DQO ppm	137,8	105,8	114,8	121,8
Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
Color U.C	110	115,8	115	105

\* : No se realizó.

\*\* : No se encontró.

TABLA 6. CARACTERISTICAS INICIALES DE LA MEZCLA DE LOS EFLUENTES

CARACTERISTICAS	MESES			
	MARZO	MAYO	JULIO	SETIEMBRE
PH	3,29	3,24	3,22	3,21
Temperatura °C	37,6	38,4	37,6	37,4
Densidad g/ml	1,01	1,01	1,01	1,01
Sólidos Totales mg/L	70055	67701	68964,5	69888,5
Sólidos Sedimentables ml/L	696	672	681	689
Sólidos Gruesos mg/L	37300	35100	36100	36900
Sólidos Suspendidos mg/L	67580	65320	66538	67410
Sólidos Disueltos mg/L	2475	2381	2426,5	2478,5
Conductividad $\mu$ .S	4950	4762	4853	4957
Turbidez UNT	362	310	335	351
Aceite y Grasas mg/L	**	**	**	20
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	23000	22650	22500	22500
DBO <sub>5</sub> ppm	*	*	2117,6	2052,1
DQO ppm	514 9,8	5009,8	5119,8	5059,8
Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
Color U.C	1735	1680	1705	1753

\* : No se realizó.

\*\* : No se encontró.

### Resultados del tratamiento de los efluentes industriales con lechada para un pH máximo de tratamiento.

Después de haber caracterizado los efluentes industriales de la empresa, se ha encontrado que algunos presentan gran cantidad de sólidos gruesos (efluente de alambiques y lavado de equipos) por la cual se realizó un pre tratamiento que consistió en un tamizado.

A los efluentes tal cual fueron obtenidos y además a los que fueron tamizados (del área de destilado (alambique), lavado de equipos) se les trató con lechada de hidróxido cálcico al 5°Be, 10°Be, 15°Be, para analizar como varían sus características de estos después de haber sido tamizados.

En la tabla 7,8 se muestran las cantidades de CaO y la cantidad de hidróxido cálcico empleada para el tratamiento.

TABLA 7. TRATAMIENTO DE EFLUENTES TRATADOS CON LECHADA DE CAL DE 5,10,15°Be.PARA UN VOLUMEN 200ml DE MUESTRA

EFLUENTES	ml de lechada de cal para llegar al pH final						
	pH Inicial	5Be°		10°Be		15°Be	
		ml	pH <sub>F</sub>	ml	pH <sub>F</sub>	ml	pH <sub>F</sub>
Efluente destilado (alambique)	2,34	150	9,52	80	9,12	50	9,22
Efluente destilado (alambique) tamiza	2,34	140	9,62	70	9,62	40	9,44
Efluente de lavado cáscara	3,34	80	9,27	40	9,69	25	9,19
Efluente del vaso florentino	3,19	5	9,73	1	9,05	0,5	9,82
Efluente de lavado de equipos	6,40	4	9,97	1,5	9,90	1	9,85
Efluente de lavado de equipos tamiza	6,42	3	9,18	1	9,93	0,5	9,97
Mezclado de todos los efluentes	3,20	50	9,51	30	9,35	20	9,93
Mezclado de todos los efluente tamiz	3,22	40	9,14	20	9,89	10	9,85

**TABLA 8. CANTIDAD DE CaO UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES CON LECHADA DE CAL DE 5,10,15°Be PARA UN VOLUMEN DE 200 ml DE MUESTRA**

EFLUENTES	5°Be		10°Be		15°Be	
	ml	g Cao	ml	g CaO	ml	g CaO
Efluente destilado (alambique)	150	6,9	80	7,52	50	6,85
Efluente destilado (alambique) filtrado	140	6,44	70	6,58	40	5,48
Efluente de lavado cáscara	80	3,68	40	3,76	25	3,425
Efluente del vaso florentino	5	0,23	1	0,094	0,5	0,0685
Efluente de lavado de equipos	4	0,18	1,5	0,14	1	0,148
Efluente de lavado de equipos filtrado	3	0,14	1	0,094	0,5	0,074
Mezclado de todos los efluentes	50	2,3	30	2,82	20	2,74
Mezclado de todos los efluentes filtra.	40	1,84	20	1,88	10	1,37

### Resultados finales de las características de los efluentes tratados.

Los efluentes industriales después de ser neutralizados, son llevados a un proceso de decantación por espacio de 2 días lo cual permite que exista una sedimentación del lodo, pasado este tiempo se caracterizaron los efluentes.

Después de haber caracterizados estos efluentes se puede observar que la DBO ha disminuido considerablemente como se muestran en las tablas 9,10,11,12, en estas se muestra que el pH se mantiene en el rango de los límites permisibles para vertidos de aguas industriales.

**TABLA 9. CARACTERÍSTICAS FINALES DEL EFLUENTE DEL AREA DE DESTILACION (ALAMBIQUE) TRATADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LECHADA DE CAL**

CARACTERÍSTICAS	Características Iniciales		Características Finales	
		5°Be	10°Be	15°Be
PH	2,34	9,22	9,05	9,14
Temperatura °C	102	23	23	23
Densidad g/ml	1,04	1,01	1,01	1,01
Sólidos Totales mg/L	40958	2945	2790	2517,5
Sólidos Sedimentables ml/L	656	0	0	0
Sólidos Gruesos mg/L	8200	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	37900	0	0	0
Sólidos Disueltos mg/L	3058	2945	2790	2517,5
Conductividad $\mu$ .S	6116	5890	5580	5035
Turbidez UNT	469	235	220	206
Aceite y Grasas mg/L	indicios	0	0	0
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	30000	0	0	0
DBO <sub>5</sub> ppm	1500	100	105,6	97,1
DQO ppm	5009,8	250	272,8	261
Olor	Aromático	lig Aromát	lig Aromát.	lig Aromát.
Color U.C	2685	637	658	684

**TABLA 10. CARACTERISTICAS FINALES DEL EFLUENTE DEL AREA DE DESTILACION (VASO FLORENTINO) TRATADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LECHADA DE CAL**

CARACTERISTICAS	Características Iniciales	Características Finales		
		5°Be	10°Be	15°Be
PH	3,19	9,18	9,0	9,43
Temperatura °C	29	23	23	23
Densidad g/ml	1,0	0,99	0,99	0,99
Sólidos Totales mg/L	71	52	55	50
Sólidos Sedimentables ml/L	0	0	0	0
Sólidos Gruesos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Disueltos mg/L	71	52	55	50
Conductividad µ.S	142,6	104	110	100
Turbidez UNT	24	50	53	52
Aceite y Grasas mg/L	indicios	0	0	0
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	432	0	0	0
DBO <sub>5</sub> ppm	5,2	0	0	0
DQO ppm	9,0	0	0	0
Olor	Aromático	lig aromát.	lig aromát	lig aromát
Color U.C	180,3	212	215,4	220,5

**TABLA 11. CARACTERISTICAS FINALES DEL EFLUENTE DEL AREA DE LAVADO DE CASCARA TRATADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LECHADA DE CAL**

CARACTERISTICAS	Características Iniciales	Características Finales		
		5°Be	10°Be	15°Be
PH	3,30	9,20	9,32	9,42
Temperatura °C	24,4	23,2	23,8	23,4
Densidad g/ml	1,01	1,0	0,97	1,0
Sólidos Totales mg/L	5607	893	894	890
Sólidos Sedimentables ml/L	38,6	0	0	0
Sólidos Gruesos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	4980	0	0	0
Sólidos Disueltos mg/L	627	893	894	890
Conductividad µ.S	1254	1786	1788	1780
Turbidez UNT	248,3	32	38	35
Aceite y Grasas mg/L	15	0	0	0
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	957	0	0	0
DBO <sub>5</sub> ppm	63,4	0	0	0
DQO ppm	189,8	19	23	20
Olor	Aromático	lig aromát.	lig aromát	lig aromát
Color U.C.	453	315	320	323

**TABLA 12. CARACTERISTICAS FINALES DEL EFLUENTE DE LAVADO DE EQUIPOS TRATADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LECHADA DE CAL**

CARACTERISTICAS	Características Iniciales	Características Finales		
		5°Be	10°Be	15°Be
PH	6,41	9,86	9,79	9,75
Temperatura °C	40	22,7	23	22,9
Densidad g/ml	1,01	1	1	1
Sólidos Totales mg/L	12299,5	779,5	730,5	755
Sólidos Sedimentables ml/L	349	0	0	0
Sólidos Gruesos mg/L	8900	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	11350	0	0	0
Sólidos Disueltos mg/L	949,5	779,5	730,5	755
Conductividad µ.S	1899	1559	1461	1636,48
Turbidez UNT	106,6	50,22	51,4	52,85
Aceite y Grasas mg/L	0	0	0	0
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	700	0	0	0
DBO <sub>5</sub> ppm	46,8	0	0	0
DQO ppm	121,8	26,9	27,4	26,8
Olor	Aromático	lig aromát	lig aromát	lig aromát.
Color U.C.	105	75	80	70

**TABLA 13. CARACTERISTICAS FINALES DE LA MEZCLA DE LOS EFLUENTES TRATADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LECHADA DE CAL .**

CARACTERISTICAS	Características Iniciales	Características Finales		
		5°Be	10°Be	15°Be
PH	3,21	9,40	9,30	9,72
Temperatura °C	37,4	23,0	23,4	23,5
Densidad g/ml	1,01	1,0	1,0	1,0
Sólidos Totales mg/L	69888,5	2570	2575	2573
Sólidos Sedimentables ml/L	689	0	0	0
Sólidos Gruesos mg/L	36900	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	67410	0	0	0
Sólidos Disueltos mg/L	2478,5	2570	2575	2573
Conductividad µ.S	4957	5140	5150	5146
Turbidez UNT	351	51,9	52,3	52,8
Aceite y Grasas mg/L	35	0	0	0
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	22500	0	0	0
DBO <sub>5</sub> ppm	2052,1	74,9	76,6	75,9
DQO ppm	5059,8	252,8	249,8	255,8
Olor	Aromático	lig.aromátic	lig aromát.	lig aromát.
Color U.C	1753	463	469,5	470,2

**TABLA 14. CARACTERISTICAS FINALES DE LA MEZCLA DE LOS EFLUENTES TAMIZADOS TRATADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LECHADA DE CAL**

CARACTERISTICAS	Características Iniciales	Características Finales		
		5°Be	10°Be	15°Be
PH	3,21	9,05	9,66	9,42
Temperatura °C	37,4	23,2	23,6	23,2
Densidad g/ml	1,01	1,0	1,0	1,0
Sólidos Totales mg/L	59400	2478	2480	2475
Sólidos Sedimentables ml/L	510	0	0	0
Sólidos Gruesos mg/L	0	0	0	0
Sólidos Suspendidos mg/L	57300	0	0	0
Sólidos Disueltos mg/L	2100	2478	2480	2475
Conductividad µ.S	4210	4956	4960	4950
Turbidez UNT	310,5	61,9	62,3	59,1
Aceite y Grasas mg/L	indicios	0	0	0
Acidez Total (ppmCaCO <sub>3</sub> )	22500	0	0	0
DBO <sub>5</sub> ppm	1745	63,7	66,8	64,1
DQO ppm	4300	159,8	165	157
Olor	Aromático	lig aromát.	lig aromát.	lig aromát.
Color U.C	1643	450	460,2	460

En las tablas 13, 14, se presentan las características iniciales después del tamizado y también se presentan las características después de ser tratados.

Las características finales de los efluentes al ser tratados tal como salen y las

características de los que fueron tamizados varían significativamente, la diferencia radica en la cantidad de lodo en la decantación, el efluente que no fue tamizado presenta mayor cantidad de lodo siendo también el tiempo de sedimentación mayor referido a los efluentes que si fueron tamizados.

## Conclusiones

Si bien es cierto para la fecha de la presente investigación se tuvieron limitaciones de método y materiales se puede concluir beneficios de aplicar un insumo de procedencia local como cal preparada en forma de lechada y que influye en las características de los efluentes al momento del tratamiento, originando en los efluentes tamizados una reducciones superiores al 80% en el caso de la Demanda Química de Oxígeno y superiores al 90% para el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, tanto para las corrientes tratadas individualmente como para el tratamiento conjunto de las mismas.

Los efluentes tal cual salen del proceso, a excepción del efluente de lavado de materia prima, se encuentran fuera de los límites exigidos por las diferentes legislaciones ambientales que han podido ser detalladas, siendo características más resaltantes la elevada acidez, pH menor a 3 para el caso del efluente de alambique.

Con las pruebas realizadas para la neutralización con lechada de cal a concentraciones de 5°, 10°, 15°Be se determinó que es posible el uso de hasta

0,75 ml de lechada de cal a 5°Be /ml para tratar el efluente de alambique con mínimos de 0,03 ml de lechada de cal a 5°Be /ml para de efluente de baja acidez como el del vaso florentino. Y un óptimo de 0,05 ml de lechada de cal a 15°Be/ ml de mezcla de los efluentes tamizado que correspondería a una concentración manejable técnicamente con un mínimo uso de agua.

Con la caracterización de los efluentes tratados se concluye que la lechada de cal si influye en el tratamiento de los efluentes industriales de la empresa PROFRUSA, incrementando el pH, precipitando los sólidos y como consecuencia la disminución de la carga orgánica. De aquí que es posible reducir el impacto ambiental de los efluentes utilizando el tratamiento con lechada de cal y usar los sólidos precipitados como material de aporte para suelos.

Para el posible sistema de tratamiento de los efluentes industriales de la industria del aceite esencial de limón, es preferible tratarlos en conjunto, debido al mejor rendimiento en la disminución de la carga orgánica y menor consumo de lechada de cal.

## Referencias Bibliográficas

1. Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos. Lima 2009.
2. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. Lima 2010.
3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para el Agua. Decreto Supremo N° 002-2008 MINAM.
4. Metcalf, L., Eddy P., H., "Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales". España. Editorial Labor. S.A. 1997.
5. Sans Fonfria, R., Pablo Rivas, J., "Ingeniería Ambiental: Contaminación y Tratamientos". España. Edit. Marcobo S.A. 1989.
6. Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. Editado por la Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente. Primera Edición 2011.
7. Romero Rojas Jairo." *Tratamiento de Aguas Residuales*". Escuela Colombiana. 2000.
8. Dirección de Saneamiento del Medio Ambiente. *Manual de Tratamientos de Aguas*. Editorial Limusa S.A., Décima sexta reimpresión. México 1996.