

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

INFORMÉ DE MATERIA INTEGRADORA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
PARA EL ESTERO SABANILLA PARA LA REUTILIZACIÓN
EN ACTIVIDADES AGRÍCOLAS”**

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

Autores:

**THALÍA GERALDINE MORALES GAMARRA
YANDRI JAVIER SÁNCHEZ GUERRERO**

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO 2017

RESUMEN

El presente proyecto de materia integradora tiene como propósito fundamental brindar una solución al sector agrícola de la zona rural del cantón Daule, específicamente al recinto San Enrique, en donde los agricultores utilizan el agua del estero mayormente para sus actividades agrícolas y el desarrollo de sus actividades diarias, las cuales se han visto afectadas por los grados de contaminación existentes según los análisis previos desarrollados al inicio de este proyecto.

La solución que propone este proyecto es mejorar la calidad del agua del Estero Sabanilla mediante el diseño de un sistema de tratamiento, el cual se basa en la desmineralización de algunas muestras de aguas del estero utilizando un sistema de intercambio iónico, obteniendo como producto un efluente que cumpla con los requerimientos para agua de riego según la tabla 4 del Anexo 6 del Acuerdo Ministerial (ACUERDOS 097-A ANEXO 1). Además, aporte con cierto nivel de nutrientes para el arroz, principal y único cultivo sembrado en el recinto San Enrique.

Palabras claves: San Enrique, agricultores, riego, cultivos, agua, calidad.

ABSTRACT

The main purpose of this project is to provide a solution to the agricultural sector of rural area of Daule canton, specifically to the San Enrique enclosure, the farmers of this sector use the water of the estuary mainly for their agricultural activities and development of their daily activities, which have been affected by the existing pollution levels in the water according to the previous analyzes developed at the beginning of this project.

The solution proposed by this project is to improve the water quality of the Sabanilla estuary by designing a water treatment system, which is based on the demineralization of the water of the estuary using an ion exchange system, obtaining as a product water that complies with the requirements for irrigation water according to Annex 6 of ministerial agreement (ACUERDOS 097-A ANEXO 1), and at the same time contribute with some level of nutrients for the rice, main and only crop planted in the San Enrique enclosure.

Key words: San Enrique, farmers, irrigation, crops, water, quality.

DEDICATORIA

Este trabajo de materia integradora se lo dedico a Dios por darme la vida y la sabiduría necesaria para desarrollar este proyecto, además de guiarme en todas las decisiones tomadas a diario, para poder lograr con cumplir con este objetivo de manera correcta según sus planes.

A mis familiares quienes son mi fuente de apoyo, en especial a mis padres y hermanos, ya que sin ellos no hubiese sido posible cada paso dado en mi carrera y son quienes estarán a mi lado hasta realizarme como profesional.

A mis amigos, por toda su ayuda, además de brindarme sonrisas y buen humor, facilitando mi estadía en el camino hacia mis metas.

Finalmente una dedicatoria de manera especial para la persona más influyente en mi vida, el amor de vida, mi madre. Por ser mi fuerza motriz para superar cada uno de los obstáculos que se presentaban a lo largo de mi vida como estudiante y como persona.

Yandri Javier Sánchez Guerrero

DEDICATORIA

La concepción de este proyecto de tesis está dedicada a mis padres, quienes con mucho amor y cariño han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento. Es por ello, que soy lo que soy ahora.

Thalía Geraldine Morales Gamarra

AGRADECIMIENTO

Al culminar una etapa más de mi vida tengo que relucir las acciones de quienes hicieron posible cumplir esta meta. En primer lugar agradezco a Dios que siempre estuvo a mi lado ya que no me abandono cuando se me presentaron dificultades, iluminándome y dándome fuerza de voluntad para resolver cualquier obstáculo.

A mis padres que fueron mi pilar fundamental, los cuales no dudaron en brindarme su apoyo moral y económico para realizar este trabajo, mostrando interés en el desarrollo del proyecto y alentándome a pesar de las dificultades que encontré en el camino. Un agradecimiento especial a mi madre, quien es la responsable principal de la culminación de esta etapa en mi vida.

A mi tutora, Msc. Alby Aguilar Pesantes, quien brindó su tiempo enseñándome las bases fundamentales de este proyecto, permitiendo que el trabajo de investigación se realice con eficacia.

Yandri Javier Sánchez Guerrero

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida con éxito.

A mis padres y familia por ser siempre mi apoyo incondicional.

A mi tutora, Msc. Alby Aguilar Pesantes, por brindarnos su tiempo y guiarnos en el proceso y culminación de nuestro proyecto de tesis.

Por último, a mi mejor amigo y compañero de tesis por su paciencia, dedicación y apoyo desde el inicio hasta el término de este proyecto.

Thalía Geraldine Morales Gamarra

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Msc. Alby Del Pilar Aguilar Pesantes.
Tutora del proyecto.

Ph.D. Guillermo Francisco Torres Andrade.
Vocal principal del tribunal.

Msc. Nadia Magaly Flores Manrique.
Presidenta del tribunal.

DECLARACIÓN EXPRESADA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Thalía Geraldine Morales Gamarra

Yandri Javier Sánchez Guerrero

Y el patrimonio intelectual de la mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

Thalía Geraldine Morales Gamarra

Yandri Javier Sánchez Guerrero

ACRÓNIMOS

INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.
ACUERDOS 097-A ANEXO 1	Acuerdo Ministerial
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
UNESCO	La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
RAS	Relación de Adsorción de Sodio.
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
pH	Potencial de Hidrógeno.
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO	Demanda Química de Oxígeno.
PSI	Porcentaje de Sodio Intercambiable.
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
TABLA DE CONTENIDO	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXI
1 CAPÍTULO	1
Introducción	1
Antecedentes.....	2
Ubicación geográfica	4
Demografía de la zona	5
Climatología de la región.....	5
Topografía del área	6
Riesgos por causas naturales	6
Planteamiento del Problema.....	6
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.....	8
Justificación.	8
Hipótesis.....	9
2 CAPÍTULO	10
2.1. Características de las aguas residuales.....	10
2.1.1. Características físicas de las aguas residuales	11
2.1.1.1. Turbidez	12
2.1.1.2. Temperatura.....	12
2.1.1.3. Potencial Hidrogeno (pH).....	12
2.1.2. Características químicas de aguas residuales.	13

2.1.2.1.	Oxígeno Disuelto.....	13
2.1.2.2.	Demanda Biológica de Oxígeno.....	14
2.1.2.3.	Solidos Disueltos Totales	14
2.1.2.4.	Demanda Química de Oxígeno.....	15
2.1.2.5.	Dureza.....	15
2.1.2.6.	Cloruro	15
2.1.2.7.	Fosfato	16
2.1.2.8.	Nitrógeno.....	16
2.1.2.9.	Cobre	17
2.1.2.10.	Cromo	17
2.1.2.11.	Plomo	18
2.1.2.12.	Presencia de cloruros en agua de riego.....	18
2.1.3.	Características biológicas.....	20
2.1.3.1.	Coliformes Fecales	20
2.2.	Sistemas de tratamiento de aguas residuales	21
2.2.1.	Procesos físicos	22
2.2.1.1.	Sedimentación	22
2.2.1.1.1.	Zona de entrada.....	22
2.2.1.1.2.	Zona de sedimentación.....	23
2.2.1.1.3.	Zona de lodos	23
2.2.1.1.4.	Zona de salida	23
2.2.2.	Procesos químicos	23
2.2.2.1.	Intercambio iónico	24
2.2.2.2.	Resinas intercambiadoras de iones	24
2.2.2.3.	Características principales de las resinas	25
2.2.2.4.	Principales tipos de resinas.....	26
2.2.2.4.1.	Resinas catiónicas fuertes	27

2.2.2.4.2.	Resinas catiónicas débiles.....	27
2.2.2.4.3.	Resinas aniónicas fuertes.....	27
2.2.2.4.4.	Resinas aniónicas débiles.....	28
2.2.2.5.	Propiedades a tener en cuenta en la utilización de las resinas.....	28
2.2.2.5.1.	Tamaño de la partícula.....	28
2.2.2.5.2.	Solubilidad.....	28
2.2.2.5.3.	Forma.....	29
2.2.2.5.4.	Densidad.....	29
2.2.2.5.5.	Caída de presión.....	29
2.2.2.5.6.	Resistencia a la fractura.....	29
2.2.2.5.7.	Estabilidad.....	30
2.2.2.5.8.	Selectividad.....	30
2.2.2.6.	Intercambio iónico en columna.....	31
2.2.2.7.	Regeneración en co-corriente (CFR).....	32
2.2.2.8.	Regeneración en contra-corriente (RFR).....	34
2.2.2.9.	Desmineralización.....	35
2.2.2.10.	Regeneración.....	37
2.2.2.11.	Procesos biológicos.....	37
2.2.3.	Reutilización de las aguas residuales.....	39
2.2.3.1.	Reutilización de forma directa.....	40
2.2.3.2.	Reutilización de forma indirecta.....	40
2.2.3.3.	Áreas de Reutilización de aguas residuales.....	42
2.2.3.4.	Aprovechamiento de aguas residuales tratadas para actividades agrícolas y sus limitaciones.....	43
2.2.4.	Caracterización de aguas para riego.....	45
2.2.4.1.	Agua de riego en el Ecuador.....	46
2.2.4.2.	Efectos del agua de riego contaminada.....	46

2.2.4.3.	Calidad del agua para riego	48
2.2.4.4.	Evapotranspiración	49
2.2.4.5.	Tipo de cultivo	49
2.2.4.6.	Tipo de suelo.....	49
2.2.4.7.	El verdadero riesgo del agua para riego	49
2.2.4.8.	Criterio de salinidad	50
2.2.4.9.	Criterio de sodicidad	51
2.2.4.10.	Presencia de sodio en agua de riego	51
2.2.4.11.	Índice de RAS	54
2.2.4.11.1.	Corrección o ajuste del Índice e RAS	54
2.2.4.12.	Criterio de la toxicidad.....	55
2.2.4.13.	Normativa ambiental ecuatoriana para aguas de riego	55
3	CAPÍTULO	59
3.1	Levantamiento de la información	59
3.1.1	Datos de la población	60
3.1.2	Muestreo del agua del Estero Sabanilla	61
3.2	Cálculo del caudal del agua del Estero Sabanilla	63
3.3	Caracterización del agua del Estero Sabanilla.....	68
3.3.1	Materiales.....	69
3.3.2	Técnicas de muestreo	70
3.3.3	Acondicionamiento y conservación	70
3.3.4	Análisis de cloruros	75
3.3.5	Análisis de sodio y de dureza.....	75
3.3.6	Cálculo del índice de RAS.....	78
3.4	Proceso para la experimentación del método de tratamiento de aguas del Estero Sabanilla.....	79

3.5	Sistema de tratamiento de agua para adecuar el agua del Estero Sabanilla para riego	82
3.6	Consideraciones de diseño para el sistema de tratamiento de aguas propuesto	85
3.6.1	Caudal de uso del agua del Estero Sabanilla para actividades agrícolas	85
3.6.2	Cálculo agua del estero usado para actividades agrícolas.....	86
3.6.3	Diseño del sedimentador	87
3.6.4	Cálculos para el dimensionamiento del sedimentador	88
3.6.4.2.	Cálculos para el diseño de la pantalla difusora	89
3.6.5	Diseño del desmineralizador	90
3.6.5.1.	Cálculo para el dimensionamiento de la columna de intercambio catiónico	91
3.6.5.2.	Volumen de la resina catiónica fuerte (VCF)	92
3.6.5.3.	Cálculos para el dimensionamiento de la columna de intercambio aniónico	92
3.6.5.4.	Volumen de la resina aniónica (V_{af})	92
3.6.5.5.	Cálculos para la determinación de flujos y tiempos para la unidad de intercambio iónico.....	93
3.6.5.6.	Cálculos para la estimación del caudal del proceso.....	93
3.6.5.7.	Cálculo para el tiempo de regeneración.....	94
3.6.6	Cálculos de consumo de agua de lavados	94
3.6.6.1.	Cálculo para el consumo de agua de lavados de la resina catiónica.	95
3.6.6.2.	Cálculo para el consumo de agua de lavados de la resina aniónica	95
3.6.6.3.	Cálculos del caudal y tiempo de lavado lento para la resina catiónica	95

3.6.6.4.	Cálculos del caudal y tiempo de lavado rápido para la resina catiónica	96
3.6.6.5.	Cálculos del caudal y tiempo de retrolavado para la resina catiónica	97
3.6.6.6.	Cálculos del caudal y tiempo de lavado lento para la resina aniónica	97
3.6.6.7.	Cálculos del caudal y tiempo de lavado rápido para la resina aniónica	98
3.6.6.8.	Cálculos del caudal y tiempo de retrolavado para la resina aniónica	98
4	CAPÍTULO	101
4.1.	Análisis del agua antes del tratamiento propuesto.....	101
4.1.1.	Análisis de cloruros	101
4.1.2.	Análisis de dureza	102
4.1.3.	Análisis de sodio.....	103
4.1.4.	Resultados del índice de RAS.....	104
4.1.5.	Cálculo del índice de RAS ajustado	104
4.1.6.	Análisis del índice de RAS	105
4.2.	Análisis del agua después del tratamiento propuesto.....	107
4.2.1.	Análisis de cloruros	107
4.2.2.	Análisis de dureza	107
4.2.3.	Análisis de sodio.....	108
4.2.4.	Resultado del índice de RAS y del índice de RAS ajustado después del tratamiento.....	108
4.2.5.	Análisis de nitratos y fosfatos	109
4.2.6.	Resultados de los parámetros calculados para el dimensionamiento de los equipos.....	109
4.2.7.	Resultados de la determinación de Flujos y tiempos del sistema de tratamiento.....	111

4.3. Resultado de la encuesta realizada a la asociación de agricultores del recinto san enrique	111
4.4. Evaluación económica del sistema de tratamiento propuesto	115
4.4.1. Inversión fija del proyecto	115
4.4.2. Costos de operación y mantenimiento	116
5 CAPÍTULO	118
5.1. Análisis de los resultados preliminares de los parámetros del agua del Estero Sabanilla.....	118
5.2. Análisis de los resultados preliminares para la concentración de cloruros (marea baja y marea alta).....	118
5.3. Análisis de los resultados preliminares para la concentración de sodio	121
5.4. Análisis de los resultados después del sistema de tratamiento propuesto en este proyecto para el agua del Estero Sabanilla.....	122
5.5. Análisis de los resultados después del tratamiento para la concentración de cloruros	123
5.6. Análisis de los resultados después del tratamiento para la concentración de sodio	125
5.7. Análisis de los resultados después del tratamiento para la concentración de nitratos y fosfatos.....	126
5.8. Análisis del área de muestreo para la localización del sistema de tratamiento.....	127
5.9. Análisis de la encuesta realizada a los agricultores del recinto San Enrique	128
6 CAPÍTULO	133
6.1 Conclusiones	133
6.2 Recomendaciones	135
REFERENCIAS.....	138
SIMBOLOGÍA	141
GLOSARIO	143

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 5.1 Concentración de cloruros en marea baja frente al límite dispuesto en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1	120
Grafica 5.2 Concentración de cloruros en marea alta frente al límite dispuesto en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1	120
Grafica 5.3 Concentración de sodio en marea baja frente al límite dispuesto en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1	122
Grafica 5.4 Comparación de las diferentes mezclas frente al ACUERDOS 097-A ANEXO 1, respecto a la concentración de cloruros	124
Grafica 5.5 Comparación de las diferentes mezclas frente al ACUERDOS 097-A ANEXO 1, respecto a la concentración de cloruros	126
Grafica 5.6 Representación porcentual área cultivada frente al número de agricultores.....	128
Grafica 5.7 Representación porcentual sobre la apreciación de los agricultores respecto a la calidad actual del agua del Estero Sabanilla	129
Grafica 5.8 Representación porcentual sobre algunos de los factores negativos evidenciados como consecuencia de la calidad del agua del Estero Sabanilla ..	129
Grafica 5.9 Representación porcentual respecto al grado de producción de los últimos años	130
Grafica 5.10 Representación porcentual respecto al grado de aceptación respecto a la implementación de un sistema de tratamiento de aguas	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Visualización aérea para la ubicación del sistema de tratamientos de agua en el Recinto San Enrique.....	5
Figura 2.1 Planta de tratamientos de aguas residuales	21
Figura 2.2 Métodos principales de regeneración de las resinas	32
Figura 2.3. Ilustración del método de regeneración en co-corriente	33
Figura 2.4 Ilustración de una resina agotada frente a otra resina regenerada	33
Figura 2.5 Ilustración del método de regeneración en contracorriente	34
Figura 2.6 Ilustración de otro método de regeneración en contracorriente	35
Figura 2.7 Cadena de desmineralización.....	36
Figura 2.8 Regeneración de la cadena de desmineralización.....	37
Figura 3.1 Toma de muestras durante el proyecto de vinculación de pasantías comunitarias.....	62
Figura 3.2 Toma de muestras del agua del Estero Sabanilla.....	63
Figura 3.3 Método para medir ancho, profundidad y velocidad del Estero Sabanilla	64
Figura 3.4 Lavado de botellas para el muestreo	69
Figura 3.5 Lavado y etiquetado de botellas previo al muestreo	70
Figura 3.6 Dilución del agua del Estero Sabanilla.....	76
Figura 3.7 Análisis de sodio de las muestras realizado en el espectrofotómetro mediante el método de la llama.	76
Figura 3.8 Método de la llama en el espectrofotómetro para la determinación sodio	77
Figura 3.9 Determinación de la dureza	77
Figura 3.10 Sistema de intercambio iónico	80
Figura 3.11 Tratamiento del agua con el sistema de intercambio iónico.....	80
Figura 3.12 Comprobación de la remoción de iones con (AgNO ₃) 0.1 N	81
Figura 3.13 Desmineralización del agua a mayor escala.....	82
Figura 3.14 Muestras de aguas con AgNO ₃ 0.1 N antes y después del tratamiento	82
Figura 3.15 Mezclas con diferentes porcentajes de agua tratada y agua no tratada	84

Figura 3.16 Esquema de un sedimentador rectangular con pantalla difusora a la entrada del flujo.....	88
Figura 3.17 Esquema de un desmineralizador de agua.....	91
Figura 3.18 Esquema del sistema de tratamiento propuesto	100
Figura 4.1 Encuesta realizada a los agricultores de San Enrique para la evaluación del Estero Sabanilla respecto a los cultivos	112
Figura 4.2 Toma de datos a los agricultores del recinto San Enrique	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenada geográfica de la ubicación del sistema de tratamiento de aguas	4
Tabla 1.2 Climatología del Recinto San Enrique.....	5
Tabla 2.1 Características principales de las resinas de intercambio iónico	26
Tabla 2.2 Formas de deterioro más frecuente de las resinas	30
Tabla 2.3 Etapas que comprendidos en el proceso de intercambio iónico	31
Tabla 2.4 Etapas que comprendidos en el proceso de intercambio iónico	38
Tabla 2.5 Principales contaminantes de las aguas residuales y sus respectivos sistemas de tratamiento.	39
Tabla 2.6 Principales actividades en las que se reutiliza las aguas residuales.....	42
Tabla 2.7 Tolerancia relativa de ciertos cultivos a la saturación de sodio intercambiable en el suelo.	53
Tabla 2.8 Criterios de calidad para el agua de uso agrícola.	56
Tabla 3.1 Datos de parámetros para determinar el caudal del Estero Sabanilla (marea baja).....	64
Tabla 3.2. Datos de parámetros para determinar el caudal del Estero Sabanilla (marea alta).....	65
Tabla 3.3. Valores de caudales del Estero Sabanilla calculados tanto para marea baja como para marea alta	67
Tabla 3.4. Valores de caudales promedios del Estero Sabanilla calculados para las dos mareas (alta y baja)	68
Tabla 3.5 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (verano).....	71
Tabla 3.6 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (verano).....	72
Tabla 3.7 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (invierno)	73
Tabla 3.8 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (invierno)	74
Tabla 3.9 Comparación de los puntos muestreados en el proyecto de vinculación frente a los puntos muestreados durante el desarrollo de este proyecto	78
Tabla 3.10 Diferentes porcentajes de mezcla de agua tratada y agua no tratada	85
Tabla 3.11 Datos para la estimación del caudal de agua del Estero Sabanilla utilizado para el riego del arroz	86
Tabla 3.12 Datos para el diseño del sedimentador	88

Tabla 3.13 Datos para la estimación del dimensionamiento de intercambio catiónico	91
Tabla 3.14. Datos para la estimación del dimensionamiento de intercambio aniónico.....	92
Tabla 3.15 Datos para la estimación del caudal del proceso	94
Tabla 4.1 Datos de niveles de cloruros del agua del Estero Sabanilla en marea baja y marea alta, frente a los límites permisibles dispuesto por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1	101
Tabla 4.2 Datos del análisis de dureza expresado de dos formas diferentes	102
Tabla 4.3 Datos del análisis de sodio expresado de dos formas diferentes.....	103
Tabla 4.4 Datos de niveles de sodio del agua del Estero Sabanilla en marea baja frente a los límites permisibles dispuesto por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1	103
Tabla 4.5 Datos del índice de RAS del agua del Estero Sabanilla en marea baja	104
Tabla 4.6 Comparación del RAS calculado con el RAS ajustado (RAS real).....	104
Tabla 4.7 Niveles de índice de RAS permisibles de acuerdo al tipo de suelo.....	105
Tabla 4.8 Componentes porcentuales en la mayoría de suelos del cantón Daule	106
Tabla 4.9 Concentración de cloruros después del tratamiento, expresados en dos unidades diferentes.....	107
Tabla 4.10 Dureza después del tratamiento, expresados en dos unidades diferentes	108
Tabla 4.11 Concentración de sodio después del tratamiento, expresados en dos unidades diferentes.....	108
Tabla 4.12 Índice de RAS frente al índice de RAS ajustado del agua después del tratamiento	109
Tabla 4.13 Concentración de nitratos y fosfatos después del tratamiento	109
Tabla 4.14 Datos del dimensionamiento del sedimentador.....	109
Tabla 4.15. Datos del dimensionamiento de la pantalla difusora	110
Tabla 4.16 Parámetros calculados sobre el tratamiento de intercambio iónico ..	110
Tabla 4.17 Parámetros calculados sobre la determinación de flujos y tiempos para el sistema de intercambio iónico	111
Tabla 4.18 Cuantificación respecto al tipo de cultivo que siembran.....	112

Tabla 4.19 Cuantificación respecto al área de cultivo aproximado	113
Tabla 4.20. Cuantificación respecto al origen del agua que utilizan para riego ..	113
Tabla 4.21 Cuantificación respecto a la frecuencia de utilización de parte de los agricultores al agua del Estero Sabanilla	113
Tabla 4.22 Cuantificación de la apreciación de los agricultores respecto a la calidad actual del agua del Estero Sabanilla.....	113
Tabla 4.23 Factores negativos presenciados en los cultivos a causa de la mala calidad del agua del Estero Sabanilla	114
Tabla 4.24 Cuantificación de la apreciación de los agricultores respecto al nivel de producción de los últimos años	114
Tabla 4.25 Cuantificación sobre la opinión de los agricultores referente a la propuesta de la implementación de un sistema de tratamiento de aguas.....	114
Tabla 4.26 Inversiones fijas del proyecto	115
Tabla 4.27 Mano de obra operante	117
Tabla 5.1 Interpolaciones para aproximar los valores de los resultados del tratamiento de cada una de las mezclas (cloruros)	123
Tabla 5.2 Interpolaciones para aproximar los valores de los resultados del tratamiento de cada una de las mezclas (sodio)	125

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Introducción

El tratamiento de aguas ya sea de tipo industrial, residual, doméstica, etc; se ha convertido en la actualidad en una exigencia legal para las industrias, para los proyectos habitacionales, para las instituciones públicas o privadas, entre otras, generalmente, luego de su tratamiento estas aguas desembocan en el sistema de alcantarillado o en pequeñas quebradas. Sin embargo, la reutilización de aguas residuales después del tratamiento se presenta como una buena alternativa, sobre todo en lugares donde la escasez de este recurso es significativa.

Precisamente las actividades agrícolas es la utilización más frecuente que se le da al agua residual posterior a su tratamiento, específicamente para el riego de cultivos. Cada día es más repetitiva la utilización del agua regenerada o depurada, en especial en zonas áridas o poblaciones urbanas con crecimiento exponencial, las mismas que presentan una alta demanda en el tema de aguas de riego (Asano, 1998). Sin duda que la reutilización de aguas residuales depuradas es una gran iniciativa, sin embargo, en muchas ocasiones los efectos para los cultivos que receptan estas aguas no son positivos.

Asegurar que las aguas que se destinarán para sembríos tengan efectos positivos, requiere un análisis físico, químico y biológico, de tal forma que las condiciones en las que se reutilizan estas aguas garanticen un adecuado aprovechamiento por parte de los cultivos y por ende una mejoría en la producción de todos los sembríos que se benefician de las aguas depuradas.

La mayoría de personas dedicadas a la agricultura en nuestro país, no hacen una evaluación del agua que utilizan para las diferentes actividades, y es que podemos decir con seguridad que el sector agrícola en nuestro medio puede obtener muy

buenos resultados con el simple hecho de evaluar y mejorar el agua que se utiliza para el riego de cultivos; de manera que la utilización de esta aumente la productividad en todas sus cosechas.

Este trabajo tiene como finalidad construir un sistema de tratamiento para el agua del Estero Sabanilla, el mismo que atraviesa el recinto San Enrique. De la misma forma este trabajo se presenta como una alternativa para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comuna antes mencionada, así mismo se busca dejar un precedente en el sector agrícola con el propósito de que sea aplicado en otros sectores de nuestro país.

Antecedentes

La reutilización de aguas depuradas es una alternativa ecológica positiva que se está implementando desde hace cientos de años, siendo esta implementación de forma espontánea, ya sea directa o indirectamente. En la actualidad son más los países que se suman a la propuesta de la reutilización de aguas residuales, incluso han hecho de esta actividad un elemento sustancial en sus políticas hídricas. Entre los países que con mayor intensidad están implementando dentro de sus políticas el tema de la reutilización de aguas depuradas tenemos a Estados Unidos, Israel y Japón. (U.S. EPA, 1992).

La utilización de agua depurada es una variante que se está evaluando con mayor frecuencia en zonas donde la escasez del agua es significativa. Son cada vez más las regiones en el mundo en donde se presenta déficit de agua, sobre todo en el continente africano (OMS, 1989). El motivo principal es el aumento exponencial de la demanda frente a fuentes hídricas sin movimiento y con tendencia a disminuir, además, de impacto negativo por los cambios climáticos (OMS, 1989).

La instalación del primer sistema de reutilización de aguas residuales ocurrió precisamente en el año 1926 en los Estados Unidos, específicamente en Grand Canyon Village (Arizona), donde la escasa agua potable disponible debía bombearse desde un manantial situado en el fondo del Gran Cañón, salvando un

desnivel de 1.000 m (U.S. EPA, 1992). El agua regenerada así distribuida, se emplea en la mayoría de los usos urbanos no potables, incluyendo riego de parques, extinción de incendios y uso en cisternas de servicios sanitarios (Asano, 1998).

Justamente en Estados Unidos también se encuentra en operación el mayor sistema de distribución de aguas depuradas del planeta, el mismo que se instaló el año 1977 en la ciudad de St. Petersburg (Florida). Su desarrollo fue motivado por las elevadas exigencias impuestas por las autoridades para el vertido de efluentes a la Bahía de Tampa y la fuerte sobreexplotación sufrida por los acuíferos regionales. El establecimiento de un programa eficaz de reutilización, es hoy en Florida un requisito obligatorio para el otorgamiento de concesiones de gestión de aguas residuales (U.S. EPA, 1992).

En la actualidad, la información y experiencia internacional respecto a la regeneración y reutilización de aguas residuales es muy amplia; existiendo más de veinte países en la actualidad que ponen práctica esta actividad, precisamente esta veintena de países que consideran la reutilización de aguas residuales son muy desarrollados (ONU, 2010).

En países en vías de desarrollo como el nuestro existen muy pocos proyectos hídricos que implementen sistemas de distribución de aguas residuales. Sin embargo en el Ecuador a pesar de que no existan muchos proyectos, hay casos en los que se realiza la reutilización de aguas depuradas; un ejemplo claro es en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), en donde se reutiliza el agua después de su tratamiento para el riego de las canchas de fútbol de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Ciencias Computacionales (FIEC), otra utilidad que se le da a esta agua depurada es el riego de la jardinería ubicada en la misma planta de tratamiento de aguas residuales del bloque de ingenierías. Así mismo en la planta de tratamientos de aguas residuales de los edificios del pre universitario y de Centro de Tecnología de Información (CTI), también se le da la misma utilidad al agua tratada, es decir que en ambos casos la utilizan para el riego de las jardinerías ubicadas aledañas a las mismas plantas de tratamientos de los centros antes

mencionados. Otro ejemplo de aprovechamiento de aguas residuales depuradas en nuestro país es el de la empresa Cridesa, la cual se dedica a la fabricación de vasos y otros artículos domésticos de vidrio o de cristal como botellas, copas, platos, jarrones y otros recipientes de vidrio o cristal, esta empresa al igual que la ESPOL, hace la reutilización de aguas depuradas para el riego de canchas, las mismas que se encuentran ubicadas en la parte posterior de dicha organización.

En el contexto general en la actualidad, la reutilización de aguas residuales juega un papel fundamental para el desarrollo sustentable de nuestro país, debido a que esta actividad surge como una buena propuesta para la disminución de la contaminación, además de permitir mejorar la disponibilidad del agua.

Ubicación geográfica

El recinto San Enrique se encuentra ubicado al sur del cantón Daule. El Estero Sabanilla cubre alrededor de 5 km de la zona, es decir las diecisiete hectáreas que conforman el recinto San Enrique, de las cuales diez hectáreas conforman la parte productiva del recinto. Las coordenadas geográficas del lugar donde se ubicará el sistema de tratamiento se presentan a continuación:

Tabla 1.1 Coordenada geográfica de la ubicación del sistema de tratamiento de aguas

Coordenadas	X	Y
Punto 6	2°02'26.3"	79°53'10.9"

Elaborado por: Y. Sánchez, T. Morales



Figura 1.1 Visualización aérea para la ubicación del sistema de tratamientos de agua en el Recinto San Enrique.

Fuente: Google Maps, 2017

Demografía de la zona

Según los datos presentados por el INEC en el Censo Poblacional 2010, la población el Recinto San Enrique consta de setenta y tres familias. (INEC, 2010)

Climatología de la región

Con relación a la temperatura, información proporcionada por el INAMHI, el promedio anual del Recinto San Enrique es de 25°C, el recinto posee una temperatura cálida durante casi todo el año y dos períodos climáticos bien diferenciados: húmedo y lluvioso. Un periodo con calor típico del trópico que va desde diciembre hasta abril (conocido también como verano austral) y el segundo período seco y un poco más fresco que va desde mayo hasta diciembre (conocido también como invierno austral). (INAMHI, 2012)

Tabla 1.2 Climatología del Recinto San Enrique

Humedad relativa (%)	88
Precipitación (mm/año)	1.210
Nubosidad media (octas)	7/8
Velocidad media del viento (m/s)	6.24

Fuente: INAMH

Topografía del área

La topografía del Recinto San Enrique es relativamente plana, con muy pocas elevaciones. Éste se encuentra en el lado sur de la cuenca del Río Guayas. (INAMHI, 2012)

Riesgos por causas naturales

Existen factores que afectan la distribución de las lluvias en el cantón Daule, éstas a su vez afectan directamente las condiciones del Recinto San Enrique, entre estos factores se encuentran: la corriente cálida de El Niño, que va desde enero hasta abril originando la estación lluviosa, en esta estación los vientos son muy variables, las direcciones de los vientos predominantes son entre noreste y sureste. La corriente fría de Humboldt que origina la estación seca y el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical. (INOCAR, 2014).

No han ocurrido terremotos en el cantón Daule y los ocurridos en el territorio ecuatoriano no han tenido afectaciones directas en el recinto San Enrique. (INOCAR, 2014).

Planteamiento del Problema

El crecimiento de la población, la demanda de conjuntos habitacionales y el crecimiento industrial ocasionaron que aumentara el consumo del agua por el ser humano. La utilización de agua en nuestro planeta ha crecido hasta un 350% desde el año 1950, creciendo a un ritmo superior a la población. Y, a pesar de que este recurso natural es de mayor porcentaje en la superficie de la tierra, una mínima parte es utilizada para beneficio del hombre (Ayres & Mara O.M.S., 1996).

El crecimiento poblacional, las economías en crecimiento, entre otros factores presionan de manera negativa los sistemas ambientales, hasta llegar a la desestabilización en los límites de los mismos. Sorpresivamente, es el mismo ser

humano el principal culpable en la contaminación del agua. (ONU, Informe GEO 5: "Perspectivas del medio ambiente").

En el Ecuador de cada cien litros de agua que se consumen el 81,1% que se utiliza es para la agricultura (riego), 12,3% en el uso doméstico, el 6.3% es la industria, y el 0.3% en otros. Toda la cantidad de agua que se usa en las actividades agrícolas, la industria y la casa, es lo que se conoce como huella hídrica, lo cual nos indica que cantidad de agua dulce se utiliza para la producción de bienes y servicios. (Secretaría Nacional del Agua "SENAGUA").

Hoy en día, se considera que el agua en ciertas zonas del planeta es escasa, a esto se une el desperdicio y aumento de demanda, la contaminación de ríos, lagos y otros manantiales, en tal grado, que impide su utilización para el consumo humano, industrial o agrícola (U.S. EPA, 1992).

El desarrollo de este proyecto propone la reutilización del agua residual depurada para la agricultura, ya que uno de los problemas más significativos para las personas que se dedican a las actividades agrícolas, sin duda es la mala calidad que presenta el agua que ellos utilizan para la realización de cada uno de los oficios que a diario desempeñan, en especial para el riego de sus cultivos.

Entre los parámetros más influyentes en el deterioro de la calidad del agua, especialmente del agua destinada para el riego de sembríos se encuentran: sodio, calcio, magnesio, entre otros metales; los mismos que se encuentran disueltos en el agua en forma de sales, estas sales impiden las infiltraciones en el suelo, de tal manera que los cultivos no aprovechan de la mejor manera todos los minerales que provee el suelo para el mejor aprovechamiento de los sembríos (Asano, 1998).

Objetivo General

Diseñar un sistema de tratamiento de agua para el Estero Sabanilla, para su reutilización en actividades agrícolas.

Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros físico-químicos del agua del Estero Sabanilla con la legislación actual para agua de riego.
- Analizar los diferentes métodos de tratamiento de aguas, para beneficio del recinto San Enrique.
- Valorar la viabilidad del método seleccionado, con la finalidad de la reutilización del agua del Estero Sabanilla para actividades agrícolas.

Justificación.

Con el fin de mejorar la calidad del agua del Estero Sabanilla para su reutilización en actividades agrícolas, se plantea evaluar un sistema de tratamiento de aguas de dicho estero, donde se procurará que dicho sistema sea el más viable social y económicamente, además de esto se plantea realizar un diseño de una planta de tratamiento de aguas, de tal forma que el agua después de ser tratada cuente con las características óptimas para su posterior uso en sistemas de riego.

Unos de los motivos de mayor prioridad para llevar a cabo este proyecto es mejorar la calidad de vida de las personas que se ven afectadas por el grado de contaminación que se presenta en el agua del Estero Sabanilla. Precisamente debido a la mala calidad del agua del estero, en los últimos años hay un decrecimiento de la producción agrícola en recintos como San Enrique, además de una afectación a la calidad de las cosechas de arroz, que es precisamente uno de los cultivos de mayor porcentaje que se genera en este recinto, perteneciente al cantón Daule (Proyecto de Vinculación con la Comunidad “Análisis de la calidad del agua del Estero Sabanilla” Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas).

Lo que se pretende lograr con este proyecto es darle un tratamiento adecuado al agua del Estero Sabanilla, con la finalidad de que sea reutilizada en las actividades agrícolas que desempeñan los moradores del recinto San Enrique.

Hipótesis

Con el desarrollo del sistema de tratamiento de aguas propuesto, el agua tratada cumplirá con las normativas vigentes para aguas de riego.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Características de las aguas residuales.

Se define como agua residual al líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original (ACUERDOS 097-A ANEXO 1-Norma de la calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua).

Las aguas residuales poseen una serie de características tanto físicas, químicas y biológicas que marcan una diferencia importante si la comparamos con los otros tipos de aguas. El conocimiento de todas estas características tanto físicas, químicas y biológicas respecto a las aguas residuales juegan un papel fundamental en el desarrollo y funcionamiento de un proyecto sobre un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Por este motivo es necesario comprender todas las características de las aguas residuales, de manera que podamos optimizar las etapas del manejo de la misma, tales como: recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Además, se busca minimizar los efectos ambientales negativos debido a su vertimiento en aguas naturales o al suelo, de tal forma que se logre un desarrollo sostenible para el planeta.

Cabe recalcar que las características de las aguas residuales domésticas son diferentes a las características de las aguas residuales industriales, de manera que no resulta posible utilizar sistemas de tratamientos de aguas residuales similares para estos casos, aunque existen ciertas

excepciones donde las industrias generan aguas residuales con un comportamiento similar a las aguas residuales domésticas.

Las aguas residuales domésticas poseen una composición con tendencia uniforme (Seoánez, 1995), lo que facilita los diferentes procesos para su tratamiento, además la diferencia de manera considerable de las aguas residuales industriales, las cuales en muchas ocasiones poseen composiciones indescriptibles. Sin embargo, a pesar de ser aguas residuales domésticas, la composición del agua residual se ve afectada por algunos factores tales como: uso de productos de limpieza, uso de productos de pintura, varios hábitos alimentarios, entre otros.

Así mismo la composición de las aguas residuales domésticas también se ve influenciada por varios factores, entre ellos las diferentes condiciones climatológicas a las que estas se encuentran expuestas. A continuación, se detallarán cada una de las características de las aguas residuales que mencionamos anteriormente.

2.1.1. Características físicas de las aguas residuales

Las características físicas de las aguas residuales son las que responden a los sentidos de la vista, del tacto, del gusto y del olfato; estas pueden ser los sólidos suspendidos, la turbidez, el olor, el color, el sabor, la temperatura, pH, entre otros. (Martínez, 2010). A continuación, se describirán cada uno de los parámetros físicos más relevantes, sobre todo en la reutilización para riego de las aguas residuales tratadas:

2.1.1.1. Turbidez

La turbidez es un parámetro físico que tiene una relación directa con los sólidos en suspensión. La medición de este se la realiza en cuerpos de aguas que contienen materia en suspensión, de tal forma que impide el paso de la luz a través del agua. Se puede deducir que, a mayor penetración de la luz solar en una columna de agua, menor será la cantidad de sólidos o partículas en suspensión y viceversa. Este parámetro también presenta una relación con el uso del suelo, tipos de suelos predominantes, cobertura vegetal, etc. (Apollin, 1998).

2.1.1.2. Temperatura

La temperatura tiene una relación directa con la conductividad y con el pH. Este parámetro es muy importante para los efectos de la solubilidad, ya que influye directamente con las tasas de actividad química y microbiológica. El incremento de la temperatura provoca que la solubilidad del oxígeno disuelto disminuya (Asano, 1998).

Además, el incremento de la temperatura provoca la transferencia de gases, y por ende la sensación de malos olores. Esto también provoca la reproducción de ciertas especies vegetales y animales de manera que acelera los procesos metabólicos que pueden llegar a cambiar las especies de un río, esto se debe a la poca adaptación que presentan ciertas especies acuáticas a los cambios bruscos de temperatura. (Apollin, 1998).

2.1.1.3. Potencial Hidrogeno (pH)

El pH es un parámetro vital respecto a la calidad que puede presentar un cuerpo de agua, tanto así es que puede causar la pérdida de biota nativa. Los cambios de pH en el agua perjudican

a las funciones fisiológicas (enzimas, procesos de membrana) de la biota, además esto conlleva a efectos tóxicos de la misma por medio de variaciones de la toxicidad de distintos contaminantes. Un ejemplo claro es, que a un pH bajo se incrementa la toxicidad del cianuro o del aluminio, esto en un cuerpo de agua provocaría daños irreversibles para las especies acuíferas, incluso en muchos casos les ocasiona la muerte. En sentido inverso un aumento brusco de pH, aumenta la toxicidad del amonio, lo cual también origina efectos adversos. (Mitchell, Griggs, & Benson, 1996).

2.1.2. Características químicas de aguas residuales.

El agua es uno de los más agresivos solventes en la naturaleza, y hasta cierto grado disuelve virtualmente todo lo que es expuesto a esta. Sin embargo, los parámetros químicos guardan una relación directa con la capacidad del agua para disolver algunas sustancias, tales como: fluoruros, dureza, alcalinidad, materias orgánicas, nutrientes, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, entre otras (Martínez, 2010). De la misma forma se detallarán a los parámetros químicos más significantes respecto a la reutilización para riego de las aguas residuales tratadas.

2.1.2.1. Oxígeno Disuelto.

El Oxígeno Disuelto tiene mucha relación con la calidad del agua, debido a que se asocia a la contaminación orgánica. Además, este parámetro también está inversamente relacionado con la salinidad y temperatura del agua, de modo que, a una baja temperatura y una baja concentración de salinidad en un cuerpo de agua, aumenta la concentración de oxígeno disuelto (Asano, 1998).

Bajo condiciones aeróbicas se origina una mineralización, el cual consume el oxígeno disuelto y produce compuestos químicos

como: gas carbónico, nitratos y fosfatos. Después de la eliminación de todo el oxígeno disuelto, empieza la descomposición aeróbica, la misma que produce ciertos gases como: metano, amonio, sulfuro de hidrogeno, entre otros (Apollin, 1998).

2.1.2.2. Demanda Biológica de Oxígeno

También llamado (DBO_5) debido a que representa la cantidad de materia que se biodegrada en cinco días. Este parámetro representa la medida de la cantidad de carbono que se puede oxidar biológicamente (por acción de microorganismos). Este es uno de los parámetros más utilizados para aguas residuales como para aguas superficiales para conocer el nivel de contaminación orgánica del agua (Mitchell, Griggs, & Benson, 1996).

Este parámetro es utilizado para hallar la eficiencia de los tratamientos aplicados a los líquidos residuales. Este se presenta cuando hay una captación de oxígeno presente en las sustancias químicas reductoras, estando estas sustancias presentes en las aguas residuales. Entre los compuestos químicos más oxidantes presentes en el agua residual tenemos: hierro, amoniaco, nitrito, cloruro, entre otros (Apollin, 1998).

2.1.2.3. Solidos Disueltos Totales

Los Solidos Disueltos Totales representan las sales disueltas en un cuerpo de agua, luego de la remoción de los sólidos suspendidos. A este parámetro también se lo define como el total de cantidad de residuos remanentes luego de efectuar la evaporación del agua. Es muy frecuente la determinación de este indicador en terrenos que han sufrido procesos fuertes de escorrentía, comúnmente en terrenos agrícolas (Apollin, 1998).

2.1.2.4. Demanda Química de Oxígeno

También llamado DQO, este indicador nos indica la medida de la cantidad de oxígeno presente en un cuerpo de agua que se requiere para oxidar al carbono químicamente, transformándolo en dióxido de carbono. Este parámetro nos da la estimación de la materia orgánica disponible tanto biológica como inerte. Un valor alto del DQO en un análisis del agua, refleja una disminución de oxígeno disponible para los organismos, y por ende una alta probabilidad de mortalidad de especies bióticas presentes en el agua (Apollin, 1998).

2.1.2.5. Dureza

La dureza es también considerada un parámetro muy importante respecto a la calidad del agua, esta indica la presencia de iones metálicos polivalentes disueltos en el agua, en especial el Magnesio y el Calcio. Este indicador perjudica la osmoregulación de vidas acuáticas como los peces. Este parámetro al igual que los anteriores también guarda una relación con la toxicidad, es así que, en cuerpos de agua dulce a mayor dureza, se produce una disminución de la toxicidad en los metales pesados (Apollin, 1998).

2.1.2.6. Cloruro

Considerado un indicador crítico para la biota, debido a que en cuerpos de aguas que poseen altas concentraciones de cloruro se hace muy poco probable la existencia de vida acuática. Altas concentraciones de cloruro provocan una toxicidad aguda, esto repercute con más incidencia en los invertebrados, ya que estos son más sensibles que los vertebrados (Asano, 1998).

Desde el punto de vista de agua para usos agrícolas, es importante conocer que el ion cloruro no es absorbido ni tampoco atrapado por plantas (sembríos), al contrario, este se acumula en las hojas de las plantas. Lo que ocasiona tener un nivel de cloruro más alto del límite permisible en el agua de riego, es que las plantas presentes síntomas negativos como hojas quemadas, o tejidos de las hojas muy secos (Apollin, 1998).

2.1.2.7. Fosfato

Este compuesto químico forma parte de la flora y la fauna que se adhieren a la materia orgánica. Este indicador es el responsable principal de la existencia de las algas y plantas acuáticas de gran tamaño. Sin embargo, el exceso de fosfato origina un proceso donde se produce un enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema conocido como eutrofización. La remoción de tierras cultivadas a base de fosforo, así como también los vertidos de aguas servidas domésticas son la fuente principal de fosfato en los cuerpos de aguas (Apollin, 1998).

2.1.2.8. Nitrógeno

Este parámetro químico se presenta en el agua en forma de nitritos y nitratos, son muchos los medios por los que el nitrógeno llega al agua, entre los que se destacan: aguas residuales domésticas, aguas residuales agrícolas, escorrentías, precipitación, por afluentes de industrias alimenticias, etc. Las fuentes principales de nitrógeno presentado en forma de nitrato se dan en sistemas sépticos con un mal funcionamiento, además también se da por aguas de desechos con un mal tratamiento. Cabe anotar que una alta concentración de nitrógeno en un cuerpo de agua puede producir una modificación en el desarrollo normal de las plantas (Apollin, 1998).

2.1.2.9. Cobre

Indicador que juega un rol importante en la vida acuática, siempre y cuando la concentración en que se presenta en el agua sea adecuada. El cobre en el agua es acumulado por las plantas y bioconcentrado por organismos, tales como: macroinvertebrados, peces, fitoplancton, zooplancton, micrófitas, entre otros. Sin embargo, concentraciones altas de cobre en el agua no es propicio, para citar un ejemplo, cuando el agua presenta baja salinidad el nivel de toxicidad incrementa para algas, invertebrados y peces; esto debido a la presencia del cobre (Asano, 1998).

El transporte del oxígeno y el metabolismo de la energía también se ven afectados en cuerpos de aguas donde existe una alta concentración de cobre. La existencia de este metal en el agua produce una acumulación del mismo dentro de los organismos acuáticos, aunque existen especies acuíferas que tienen la capacidad de mantener regulado el nivel de cobre dentro de sus organismos (Apollin, 1998).

2.1.2.10. Cromo

La presencia de este metal en el agua tiene una influencia directa en el aumento de toxicidad sobre especies acuáticas, específicamente la presencia de cromo III y el cromo VI, que es el más tóxico. Es importante mencionar que el cromo llega a convertirse en el metal más tóxico en condiciones altas de temperaturas en el agua, además la toxicidad de este disminuye siempre que aumente la dureza en el agua. Este metal puede bioconcentrarse hasta cierto límite en plantas acuáticas, sin embargo, no es bioacumulable en invertebrados o peces. Además, concentraciones considerables de este metal en el agua,

alteran el material genético de los organismos, incluso causando cáncer (Apollin, 1998).

2.1.2.11. Plomo

La presencia de este metal en el agua puede ser muy peligrosa para las especies acuáticas. Sin embargo, la toxicidad del plomo en un cuerpo de agua está relacionada con otros parámetros tales como: pH, dureza y la salinidad. Es así que; un aumento en la dureza del agua disminuye la toxicidad ocasionada por el plomo, una disminución en el pH del cuerpo de agua aumenta la toxicidad a causa del plomo, un aumento en la salinidad en el agua reduce la toxicidad causada por el plomo (Asano, 1998).

La presencia en altas concentraciones de este metal en el agua, origina efectos adversos en organismos acuáticos, tales como deformidades en la espina dorsal y daños en la reproducción animal. Por otro lado, el plomo es bioacumulable en la mayoría de las especies acuáticas. También es importante mencionar que este metal puede ser retenido o absorbido por sistemas húmicos, arcilla y otros materiales suspendidos (Apollin, 1998).

Debido que el agua del Estero Sabanilla presenta un alto contenido de cloruros, se va a realizar una descripción más detallada de este ion y su incidencia en el agua de riego, y de cómo afecta al desarrollo de los cultivos.

2.1.2.12. Presencia de cloruros en agua de riego

Uno de los elementos que trae consigo repercusiones importantes en cuanto a cultivos se refiere, es el cloro. El límite máximo permitido de cloruros en aguas de riego es de 200ppm, pequeñas cantidades de éste elemento hace que las hojas posean una

calidad óptima e incluso el cloro brinda un desarrollo adecuado al cultivo; sin embargo, el exceso del mismo causa el efecto contrario, es decir, pérdida de calidad de las hojas, sobre todo en cuanto a combustibilidad. Es de vital importancia que los abonos no aporten cloro a los cultivos, evitando así la acumulación y abundancia de cloruros tanto en el suelo como en el agua de riego (BORGES O., SAÍZ J; 2004).

El cloro es un elemento de fácil detección y fitotóxico por excelencia. Su escasa capacidad de fijación al suelo hace que este elemento se acumule en las hojas de las plantas por medio de la corriente transpiratoria o se fije a éstas directamente en el regadío por aspersión, esto también implica que sea absorbido por las raíces de las mismas (DELIS I., GEL P. y GALANO E. 1985).

La presencia de este elemento en altas concentraciones en agua de riego provoca clorosis, si estas concentraciones sobrepasan los niveles de tolerancia de la planta produce necrosis, quemaduras en las hojas, defoliación temprana, etc. En casos de plantas muy sensibles, los síntomas aparecen cuando las hojas acumulan entre 0.3 y 1.0% de cloruros en base seca. La sensibilidad de las plantas a los cloruros varía entre especies, es decir, los síntomas aparecen a diversas concentraciones en el tejido (Ayers, R.S., and D.W. Westcost. 1985).

Las aguas utilizadas en agricultura con un contenido de cloruro inferior a 140 mg/L no presentan problema alguno, de 140 a 350 mg/L los problemas incrementan, y superiores a 350 mg/L pueden ocasionar graves problemas de toxicidad. Estos valores son orientativos y, en un caso similar a la salinidad, éste se puede tratar impidiendo la acumulación de cloruro en el suelo manteniendo una fracción de lavado del suelo adecuado. Para

evitar problemas como fitotoxicidad y corrosión en los sistemas de riego, el contenido de cloruros debe ser inferior a 100 mg/l (BORGES O., SAÍZ J; 2004).

2.1.3. Características biológicas

Uno de los medios donde más habitan y se desarrollan las especies microbiológicas es precisamente el agua. El tamaño de estos organismos es microscópico, así mismo estos organismos en complejidad pueden ser unicelulares. Las personas que se dedican al estudio microbiológico con frecuencia usan las distintas especies como indicador cualitativo en ríos y lagos (Martínez, 2010).

2.1.3.1. Coliformes Fecales

Los coliformes fecales son los microorganismos responsables de la fermentación de la lactosa a una temperatura aproximada de 45°C (Asano, 1998). Este parámetro está enfocado específicamente para coliformes fecales, sin embargo, el origen de estos organismos no solamente es fecal, en ocasiones estos organismos también provienen de aguas enriquecidas, efluentes industriales, materia vegetal y suelo en descomposición, debido a esto el termino coliformes fecales no siempre es acertado, por eso se recomienda el término coliformes termorresistentes (OMS, 2010).

Uno de los objetivos primarios del tratamiento de aguas residuales es evitar que se conviertan en focos de enfermedades infecciosas, es por eso que es interés disminuir los coliformes, de manera que puedan ser eliminados en la naturaleza. Con referencia a los coliformes totales, son bacterias Gram-negativas, bastante heterogéneas. Incluye las bacterias fermentadoras de la lactosa como *Citrobacter freundii* y *Enterbacter cloacae*, que pueden permanecer en heces (suelo, material vegetativo en

descomposición, aguas con alta cantidad de nutrientes) (Apollin, 1998).

2.2. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales permiten mitigar los contaminantes presentes en las aguas, esto gracias a los diferentes procesos (depende del tipo de agua residual a tratarse). Sin embargo, como todo proceso después del respectivo tratamiento se va a generar un residuo, el mismo que también deberá recibir un tratamiento adecuado (Asano, 1998). En la figura 2.1 se muestra una planta de tratamiento de aguas residuales, la misma que está compuesta de varias etapas.



Figura 2.1 Planta de tratamientos de aguas residuales

Fuente: Secretaría Nacional del Agua "SENAGUA", 2013

Para llevar en marcha un proyecto que tenga como objetivo principal el tratamiento de aguas residuales, es necesario conocer los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes. De esta manera se van a comparar los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de seleccionar el más adecuado (Ulloa, 1996).

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales tienen un lineamiento básico que se cumple en casi todo tipo de sistema de tratamiento. Para

empezar, está el tratamiento primario, que son todos los tratamientos físicos tales como: flotación, cribado, filtración, sedimentación. En los tratamientos secundarios aparecen las reacciones químicas y/o biológicas tales como: lodos activados, coagulación, floculación, carbón activado, flotación, aireación (Ravina, Paz, Sagi, & Schischa, 1995, Acuerdo Ministerial (ACUERDOS 097-A ANEXO 1).

Los diferentes sistemas utilizados para el tratamiento de aguas residuales, se los puede clasificar según (Ulloa, 1996) de la siguiente forma: Procesos físicos, procesos químicos y procesos biológicos.

2.2.1. Procesos físicos

Los procesos físicos son los métodos de tratamiento en los que prevalecen los fenómenos físicos tales como: centrifugas, retención física, aplicación de fuerzas gravitatorias, entre otras. En esta clasificación podemos incluir las siguientes fases: desengrasado, desarenado, flotación, sedimentación, desbaste de sólidos, evaporación, absorción y desinfección (Asano, 1998).

2.2.1.1. Sedimentación

La sedimentación es el proceso de depósito o asentamiento de gravedad de la materia en suspensión en el agua. El proceso de sedimentación consta de cuatro etapas o zonas independientes: entrada de agua a tratar, sedimentación, retención de las partículas sedimentadas y la salida del agua tratada. A continuación, se detallará cada una de estas etapas.

2.2.1.1.1. Zona de entrada

Esta zona permitirá una distribución uniforme de las partículas a través de toda la altura del sedimentador. En esta zona se

permitirá una apropiada distribución del flujo en el interior del sedimentador.

2.2.1.1.2. Zona de sedimentación

Esta zona estará compuesta por un canal de forma rectangular (de aquí el nombre del sedimentador rectangular), con parámetros de dimensiones apropiados para que las partículas sedimenten de la mejor manera. La dirección del flujo dentro de esta zona es horizontal, además, la velocidad dentro de esta zona es similar en todos los puntos.

2.2.1.1.3. Zona de lodos

En esta zona se depositarán todos los lodos formados en la zona de sedimentación. Generalmente se constituyen de un tanque donde se alojan los lodos, además de una tubería conectada entre el sedimentador y el tanque, de forma que se puedan evacuar los lodos que se forman.

2.2.1.1.4. Zona de salida

En esta zona se producirá la salida del agua clarificada, se compone de un vertedero y canaletas, los mismo que evitan la perturbación de las partículas sedimentadas.

2.2.2. Procesos químicos

Los procesos químicos son los métodos de tratamiento de eliminación de contaminantes, el cual consiste en adicionar productos químicos o en donde intervienen reacciones químicas. En esta clasificación están incluidos: coagulación, floculación, reducción, oxidación, desinfección (cloro, ozono), intercambio iónico y absorción (Asano, 1998).

Entre los procesos químicos utilizados se encuentran las resinas de intercambio iónico, se hará un hincapié en este tipo de tratamiento, debido a que, en este proyecto se va a utilizar justamente este tipo de tratamiento.

2.2.2.1. Intercambio iónico

El intercambio iónico es una operación unitaria de separación, que se basa principalmente en la transferencia de masa, siendo esta transferencia fluido-sólido (Nevárez 2009). Durante el proceso de intercambio ocurre iónico se produce una reacción química, en la cual iones en movimiento y a su vez hidratados que se encuentran en un sólido, son intercambiados con otros iones de igual carga que se encuentran en un fluido (Choi, 2002).

El desarrollo de este proceso se trata de pasar el fluido a tratar sobre un intercambiador catiónico y/o aniónico sólido, siendo estos reemplazados por los cationes y/o aniones H^+ y OH^- respectivamente (Manahan, 2007).

La eficiencia de esta operación unitaria depende de muchos factores, tales como: afinidad de la resina por uno o más iones en particular, el pH del fluido, la difusión y temperatura del fluido, la concentración de iones presentes en el fluido, estructura de la resina, tamaño del lecho donde se aloja la resina, tiempo de residencia del fluido dentro del lecho, entre otros (Grágeda y Grágeda ,2006).

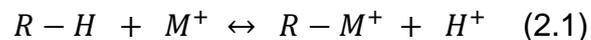
2.2.2.2. Resinas intercambiadoras de iones

Por lo general, las resinas de intercambio iónico están formadas por productos polímeros de alto peso molecular, insolubles, que

contienen grupos funcionales tanto positivos como negativos, capaces de intercambiar iones con una solución. Entre los grupos funcionales de resinas más elementales intercambian H^+ y OH^- , los mismos que están presentes en la solución, dependiendo del tipo de intercambiadores (Nevárez 2009; Pérez et al, 2006).

Haciendo un enfoque general, podemos considerar a las resinas intercambiadoras de iones como ácidos o bases orgánicas, de estructura R-H y R-OH, en donde R, representa una estructura molecular orgánica, causada por polimerización o condensación que contienen cadenas largas (Choi, 2002).

Básicamente si el ion a intercambiar es positivo se permutará con otro positivo, de la misma manera si el ion a canjear es negativo se intercambiará con otro negativo. Esto se representa en las siguientes ecuaciones, siendo la primera de estas un intercambio catiónico, y la segunda un intercambia aniónico (Manahan, 2007).



De esta forma podemos dar dos definiciones generales para las resinas, las cuales son:

- Resinas catiónicas o acidas.
- Resinas aniónicas o básicas.

2.2.2.3. Características principales de las resinas

Las resinas de intercambio iónico tienen un sinnúmero de características, las cuales resultan ser una ventaja en el tratamiento de aguas.

Tabla 2.1 Características principales de las resinas de intercambio iónico

Características	Explicación
Adaptación	Se adaptan fácilmente a las prioridades de las aguas, esto es a las necesidades que poseen las aguas cuando presentan un alto contenido de iones presentes en ellas.
Capacidad	Poseen alta capacidad para intercambiar los iones presentes en el agua, de tal forma que reduce la concentración de estos y permite la adecuación del agua, dependiendo el uso en que se requiera.
Estabilidad	Las resinas en su mayoría son estables químicamente, de largo tiempo de duración y una alta facilidad de regeneración.
Facilidad de instalación	Las instalaciones para instalar un sistema de tratamiento con resinas pueden ser automáticas o manuales, además de gran facilidad para adaptarse a las condiciones climatológicas del lugar.

Fuente: Grágeda y Grágeda, 2006

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

2.2.2.4. Principales tipos de resinas

En la actualidad la mayoría de las resinas utilizadas son de origen sintético, basadas específicamente en copolímeros, tratado de manera oportuna para los grupos funcionales. La sulfonación conlleva a las resinas catiónicas y a la animación de resinas aniónicas (CIDI, 1999).

Básicamente existen cuatro tipos principales de resinas, tales como:

- Catiónica fuerte (CF)
- Catiónica débil (CD)
- Aniónica fuerte (AF)
- Aniónica débil (AD)

La diferencia principal entre estas, es que las resinas fuertes pueden trabajar a cualquier valor de pH, pero tienen una capacidad más alta que las débiles y deben regenerarse con más frecuencia. La regeneración de las resinas débiles es muy poco eficiente, además implica altos costos de mantenimiento y operación.

Además, de que las resinas débiles no captan todos los iones presentes y operan a un pH limitado (FECYT, 2001).

2.2.2.4.1. Resinas catiónicas fuertes

Tienen la capacidad de eliminar todos los cationes presentes en el agua. Presentan mayor selectividad para los cationes de mayor valencia, esto es mayor selectividad para los cationes trivalentes, divalentes y por ultimo para los monovalentes. Son resinas muy estables y pueden durar hasta veinte años o más. La velocidad con la que se lleva el intercambio es rápida y presentan poca fuga iónica (Nevárez, 2009).

2.2.2.4.2. Resinas catiónicas débiles

Principalmente se utilizan para la captación de la dureza del agua (iones de calcio y magnesio). Entre las principales limitaciones que están presentan es que no operan a pH menores a siete. Entre las ventajas más destacadas es que la capacidad de retención de iones es muy buena, superando incluso hasta el doble de la resina catiónica fuerte (CIDI, 1999).

2.2.2.4.3. Resinas aniónicas fuertes

Son capaces de eliminar todos los aniones presentes en el agua. Entre las ventajas principales es que operan a cualquier pH. Su selectividad es mayor para los iones bivalentes. El tiempo de duración de estas es un poco bajo en comparación con las resinas catiónicas fuertes (cinco años). Entre las desventajas más importantes es que estas operan a temperaturas bajas, siendo la temperatura máxima de operación hasta 50°C (Nevárez, 2009).

2.2.2.4.4. Resinas aniónicas débiles

Eliminan los aniones de los ácidos fuertes como sulfatos, cloruros, nitratos, etc. La limitación de estas es que no operan a pH superiores a seis. Su capacidad es alta, el doble de las resinas aniónicas fuertes. Se trata de una resina muy eficiente, requiere menos sosa para su regeneración. No se puede utilizar a pH altos. Pueden sufrir problemas de oxidación o ensuciamiento (Nevárez, 2009).

2.2.2.5. Propiedades a tener en cuenta en la utilización de las resinas

La selección de las resinas que se van a utilizar en cualquier proceso de tratamiento de agua es muy importante, ya que de esta selección depende la efectividad con la que se lleve a cabo la operación unitaria. Entre las propiedades más importantes a tener en cuenta en la selección de las resinas tenemos:

2.2.2.5.1. Tamaño de la partícula

Por lo general se tiene un tamaño estándar de las resinas que varían entre 0.3 y 1.2mm, sin embargo, se pueden hacer variaciones en cuanto al tamaño de las resinas dependiendo el uso que se le va a dar (CIDI, 1999; Nevárez, 2009).

2.2.2.5.2. Solubilidad

La capacidad de intercambio iónico se ve muy influenciada por la solubilidad del flujo, sobre todo cuando se opera a condiciones de presión diferentes a la normal. En la actualidad la mayoría de las resinas son poliácidas o polibases, las cuales son parcialmente insolubles, sin embargo, después de ciertas temperaturas se solubilizan (CIDI, 1999; Nevárez, 2009).

2.2.2.5.3. Forma

Las contexturas de los gránulos esféricos deben ser los más homogéneo posible, además de dimensiones uniformes; de tal forma que la filtración sea aceptable (CIDI, 1999; Nevárez, 2009).

2.2.2.5.4. Densidad

Es una propiedad muy influyente en las resinas, siendo la densidad más representativa la densidad húmeda, la misma que varía de 1.02 a 1.38 (gr/cm^3) (CIDI, 1999; Nevárez, 2009).

2.2.2.5.5. Caída de presión

Esta propiedad es una de las más importantes en el diseño de los equipos para intercambio iónico. Esta propiedad se relaciona de manera directa con otras variables como: forma, uniformidad, temperatura, tasa de flujo utilizada, entre otras (CIDI, 1999; Nevárez, 2009).

2.2.2.5.6. Resistencia a la fractura

En el diseño de los lechos de intercambio iónico, se deben considerar la expansión de las resinas, de tal forma que se evite la excesiva tensión o abrasión mecánica de la resina. Para la obtención del agua desionizada se debe tener en cuenta que el agua que ingrese como materia prima debe estar libre de materia coloidal y material suspendido. Esto se lo debe tomar en cuenta para prevenir: la obstrucción, disminución del flujo de intercambio, tiempo de vida útil dela resina, entre otros (Grágeda y Grágeda ,2006).

2.2.2.5.7. Estabilidad

La estabilidad de la resina se ve afectada cuando se produce el deterioro de la misma. El deterioro a su vez puede ser de naturaleza química, de tal forma que afecta a la capacidad de intercambio de la resina, de forma que ocurre una pérdida gradual. Entre las formas de deterioro más frecuentes tenemos:

Tabla 2.2 Formas de deterioro más frecuente de las resinas

Formas de deterioro	Consecuencias
Ruptura	Ruptura de las partículas de la resina.
Hinchamiento	Despolimerización de la resina y consecuentemente hinchamiento.
Desgaste	Disminución de la total.
Afectación	Daño de los grupos funcionales.
Obstrucción	Ensuciamiento por precipitación de elementos extraños sobre la partícula del intercambiador.

Fuente: FECYT, 2001

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

2.2.2.5.8. Selectividad

Sin duda la propiedad más importante para un buen intercambio iónico dentro de un lecho empacado es la selección de la resina. Esto se debe a la similitud entre las cargas de los iones que se están intercambiando. (Nevárez, 2009).

En la actualidad se ha estudiado más a fondo, llegándose a la conclusión de que la selectividad de la resina está en función de la carga y tamaño de los iones. Siendo entre estas dos la influencia más importante la magnitud de carga del ion, debido a que, una resina prefiere contraiones de elevada valencia (Weber, 2003).

2.2.2.6. Intercambio iónico en columna

Este tipo de sistema es seguramente el más utilizado en los procesos de intercambio iónico. En este tipo de sistemas el intercambiador se coloca en el interior de una columna vertical, mediante el cual fluye la solución que se desea tratar (FECYT, 2001). El proceso en general consta de varias etapas, las mismas que se van a describir de manera secuencial a continuación.

Tabla 2.3 Etapas que comprendidos en el proceso de intercambio iónico

Orden secuencial de las etapas del intercambio iónico	Mención y detalles de las distintas etapas
1	Empaquetamiento de la columna. En esta etapa se introduce la resina en la parte interior de la columna, de manera que se evite en lo posible que se formen bolsas de aire entre las partículas de las resinas, con el propósito de que se tenga un lecho uniforme. Por lo general se debe lavar el intercambiador con agua destilada para la eliminación de impurezas.
2	Acondicionamiento del Intercambiador. En esta etapa se procede a cambiar el contraion de la resina, de forma que se pone en contacto con una disolución concentrada del ion que se pretende obtener. Después de lograr obtener la disolución de forma iónica debe eliminarse el exceso de la disolución con agua destilada.
3	Etapa de Carga. Durante esta etapa ocurre el intercambio de iones entre la resina y la disolución a tratar. La disolución a tratar fluye gradualmente por el lecho empacado y atraviesa la empaquetadura. Es muy importante optimizar ciertos parámetros, tales como: velocidad del flujo, concentración, pH de la disolución, entre otros; de manera que se obtenga un buen rendimiento en función de la capacidad y selectividad.
4	Etapa de regeneración de una columna de intercambio iónico. Esta etapa consiste en convertir la resina saturada (sin capacidad para realizar intercambio de iones), a su forma original (apta para intercambiar iones). Para la regeneración se emplea una disolución concentrada en el ion que originariamente está asociado a la resina.

Orden secuencial de las etapas del intercambio iónico	Mención y detalles de las distintas etapas
	La eficacia en el buen desempeño de la resina está en función de la regeneración de la misma.

Fuente: FECYT, 2001; Grágeda y Grágeda, 2006

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Hay dos métodos principales de regeneración:

- En la regeneración dicha en co-corriente, los líquidos pasan de arriba abajo durante la etapa de agotamiento y también durante la etapa de regeneración.
- En la regeneración de flujo inverso (dicha en contra-corriente), los fluidos pasan alternativamente de arriba abajo y de abajo arriba en las fases de agotamiento y de regeneración.

En la figura 2.2 se muestran los dos escenarios antes expuestos, en cuanto a la regeneración de las resinas.

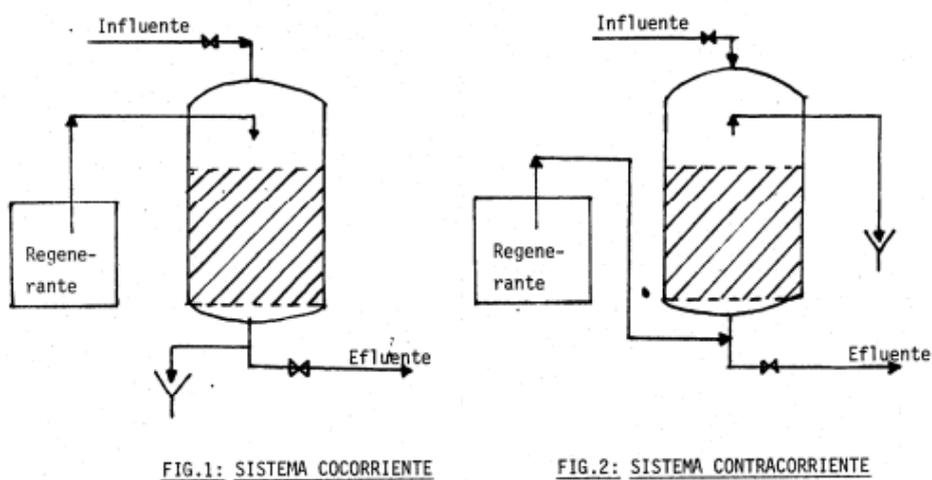


Figura 2.2 Métodos principales de regeneración de las resinas

Fuente. FECYT, 2001

2.2.2.7. Regeneración en co-corriente (CFR)

Este tipo de regeneración no es tan eficiente, debido a que, las resinas fuertemente acidas y básicas no se encuentran

transformadas totalmente en H^+ y OH^- a la final de la regeneración. Este tipo de regeneración necesita grandes cantidades de regenerante. En este tipo de regeneración no hay un buen equilibrio, ya que, mientras que las resinas de la parte inferior del lecho no son bien regeneradas e la parte superior de las resinas sucede en caso contrario (FECYT, 2001). En la figura 2.3 se muestra gráficamente la regeneración de las resinas de forma co-corriente.

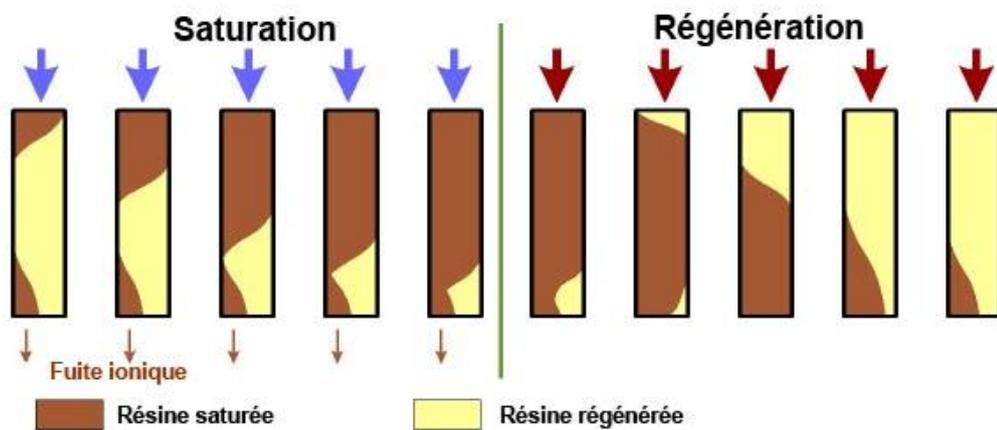


Figura 2.3. Ilustración del método de regeneración en co-corriente

Fuente. CIDI, 1999.

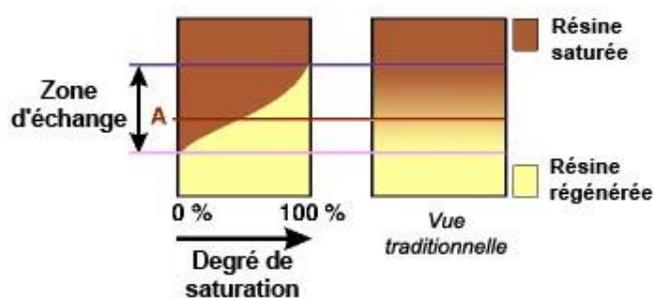


Figura 2.4 Ilustración de una resina agotada frente a otra resina regenerada

Fuente. CIDI, 1999.

Como se nota en la figura anterior existen dos zonas, la zona amarilla y la zona oscura. La zona oscura representa la resina agotada, mientras que la zona amarilla representa la resina regenerada.

2.2.2.8. Regeneración en contra-corriente (RFR)

También llamado flujo inverso, debido a que, la resina permanece inmóvil. En este caso la solución regenerante pasa a través del lecho empacado opuesta a la disolución a tratar. En todos los casos de regeneración de este tipo no es necesario que el regenerante empuje los iones cargados en la resina a través de toda la columna, lo único que ocurre es que los iones son desplazados de donde provienen. En la figura 2.5 se muestra como es el proceso de la regeneración en contracorriente (FECYT, 2001).

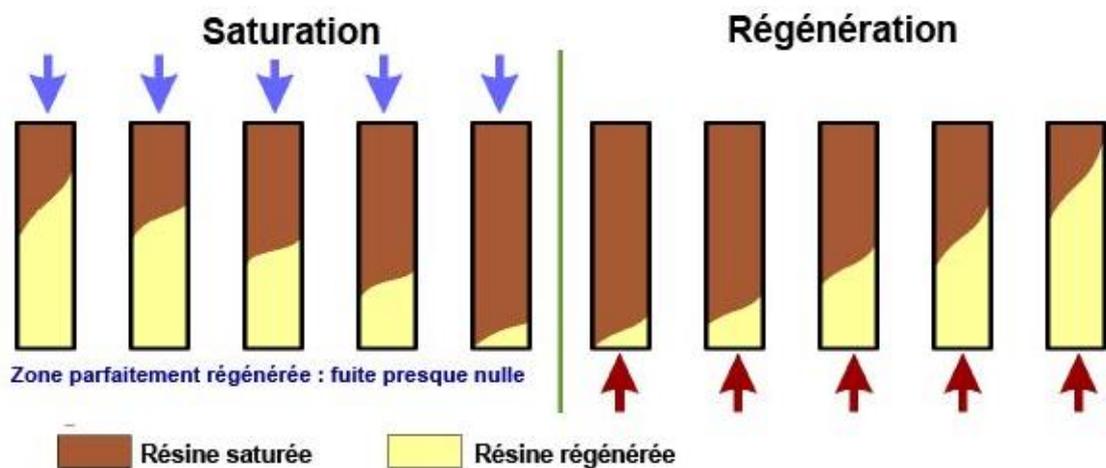


Figura 2.5 Ilustración del método de regeneración en contracorriente

Fuente. CIDI, 1999.

Lo mismo en el caso de agotamiento de abajo arriba y regeneración de arriba abajo (lechos flotantes):

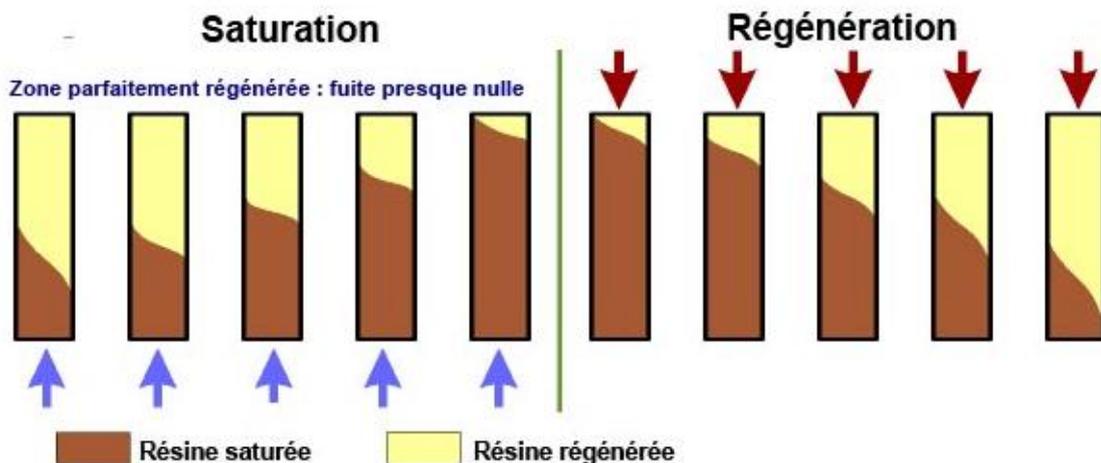


Figura 2.6 Ilustración de otro método de regeneración en contracorriente

Fuente. CIDI, 1999.

La regeneración en contra-corriente proporciona dos ventajas decisivas:

- La disolución a tratar tiene una mejor calidad que el sistema co-corriente.
- Se requiere una menor cantidad de regenerante, esto debido a que, los iones contaminantes no tienen que ser desplazados a través de la columna, además la cantidad de agua a tratar es independiente de la cantidad del regenerante.

2.2.2.9. Desmineralización

También llamada deionización, consiste en quitar todos los iones presentes en un cuerpo de agua. Este método es muy utilizado en aplicaciones industriales, en donde se necesita un agua de alta calidad. Este método es muy utilizado en las industrias donde existen calderas, ya que, un agua con alta impureza puede causar incrustaciones en las paredes de las tuberías que transportan los vapores (Weber, 2003).

Un método para realizar la desmineralización del agua muy utilizada es precisamente un sistema de resinas de intercambio

iónico, esto es: un intercambiador de cationes y un intercambiador de aniones, esta operación en conjunto produce un agua pura (Weber, 2003).

La resina catiónica desprende iones de H^+ , y la resina aniónica desprende iones OH^- . El dióxido de carbono se elimina en una torre desgasificadora, esto solo ocurre cuando el agua tiene una concentración alta de bicarbonatos (CIDI, 1999).

En la figura 2.7 se muestra una cadena completa de desmineralización, incluyendo una columna de intercambio catiónico de dos cámaras (WAC y SAC), una torre de desgasificación, una columna de intercambio aniónico de dos cámaras (WBA y SBA), y un lecho mezclado como pulido final (CIDI, 1999). El uso de la resina débilmente ácida (WAC) y de la torre de desgasificación depende de la concentración de dureza y de alcalinidad en el agua bruta, siendo:

WAC: intercambiadores de cationes débilmente ácidos

SAC: intercambiadores de cationes fuertemente ácidos

WBA: intercambiadores de aniones débilmente básicos

SBA: intercambiadores de aniones fuertemente básicos

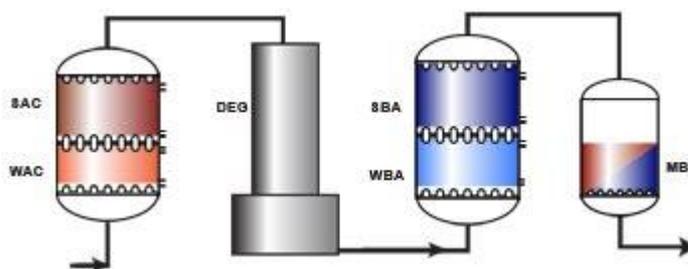


Figura 2.7 Cadena de desmineralización

Fuente. CIDI, 1999.

2.2.2.10. Regeneración

La regeneración de una columna de intercambio iónico utilizada para la desmineralización del agua se la realiza en serie, esto es; el regenerante pasa primero por la resina fuerte y después por la resina débil. Las resinas intercambiadoras de cationes se regeneran con un ácido fuerte, preferentemente HCl o H_2SO_4 .

Las resinas intercambiadoras de aniones se regeneran con sosa cáustica ($NaOH$) (CIDI, 1999). En la figura 2.8 se muestra un esquema de la cadena de regeneración durante el proceso de desmineralización.

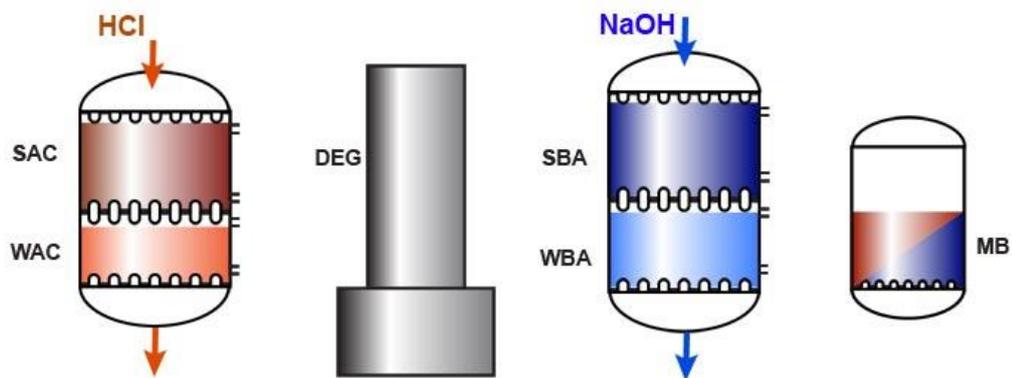


Figura 2.8 Regeneración de la cadena de desmineralización

Fuente. CIDI, 1999.

2.2.2.11. Procesos biológicos

Los procesos biológicos son los métodos de tratamiento de eliminación de contaminantes, a causa de una actividad biológica (tratamiento con bacterias). Este tipo de procesos es más utilizado para la eliminación de sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas), las mismas que se encuentran presentes en las aguas residuales. Dentro de la fase de tratamiento las sustancias biodegradadas se transforman en gases, el cual se va a la atmósfera. Además, dentro de este proceso también se

produce tejido celular biológico, el cual se puede eliminar posteriormente por sedimentación. En esta clasificación están incluidos: lagunaje, fangos activos, biodiscos, lechos bacterianos, sistemas de aplicación al suelo y lechos de turba (Asano, 1998).

Tabla 2.4 Etapas que comprendidos en el proceso de intercambio iónico

Tipo de tratamiento	Explicación del tratamiento
Primario	También denominado “Pretratamiento”, este tipo de tratamiento es común en todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Técnicamente no es considerado un tratamiento, sin embargo, es de mucha importancia en los procesos de depuración de aguas residuales. La instalación de un sistema de “pretratamiento” ayuda a que no ingresen al proceso objetos que podrían afectar el funcionamiento posterior del sistema de tratamiento de aguas, tales como arenas, grasas, sólidos flotantes, aceites, etc. En esta clasificación están incluidos: desarenador, desengrasador o “atrapa grasas”, desbaste de sólidos, decantación primaria y lagunaje anaerobio.
Secundario	Por lo general es de tipo biológico, adhiriéndose normalmente a la línea de depuración luego del tratamiento primario. Dentro de esta clasificación se pueden nombrar: lagunas aireadas, lechos de turba, fangos activos, biodiscos y lagunaje facultativo. La clasificación mencionada corresponde al tratamiento secundario, sin embargo, como se lo mencionó anteriormente, por lo general se le da el nombre a los sistemas de tratamiento completos.
Terciario	El tratamiento terciario es de naturaleza físico-química o biológica, consta de una serie de instalaciones de tratamiento que están incorporadas luego del tratamiento secundario. En esta clasificación están incluidos: lagunaje de maduración, lagunas de macrófitas, filtros verdes y sistemas de aplicación al suelo en general, procesos de nitrificación y desnitrificación, procesos de eliminación de fósforo, biodiscos y lechos bacterianos, ozonización y radiación ultravioleta, filtros y ultrafiltración.

Fuente: Asano, 1998

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En la tabla 2.5 muestra un resumen de los contaminantes más comunes presentes en las aguas residuales, así mismo se muestra los distintos sistemas de tratamiento utilizados para la depuración.

Tabla 2.5 Principales contaminantes de las aguas residuales y sus respectivos sistemas de tratamiento.

Contaminantes	Sistemas de tratamiento
Sólidos en suspensión	Sedimentación, Desbaste, Filtración, Flotación, Adición de polímeros o reactivos químicos, Coagulación- Sedimentación, Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno.
Materia orgánica biodegradable	Fangos activados, Película fija: filtros percoladores, Película fija: discos biológicos, Variaciones de lagunaje, Filtración intermitente de arena, Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno, Sistemas físicos químicos.
Patógenos	Cloración, Hipocloración, Ozonización, Radiación UV, Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno.
Nitrógeno	Variaciones de sistemas de cultivo suspendido (nitrificación-desnitrificación), Variaciones de sistemas de película fija (nitrificación-desnitrificación), Arrastre de amoníaco (stripping), Intercambio de iones, Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno.
Fósforo	Adición de sales metálicas, Coagulación y sedimentación con sal, Eliminación biológica de fosforo, Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno.
Materia orgánica refractaria	Absorción en carbón, Ozonización terciaria, Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno.
Metales pesados	Precipitación química, Intercambio de iones.
Sólidos inorgánicos disueltos	Intercambio de iones, Osmosis inversa, Electrodiálisis.

Fuente: Ulloa, 1996

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

2.2.3. Reutilización de las aguas residuales.

Se le denomina reutilización de las aguas residuales al tratamiento o proceso que experimentan las aguas residuales con el fin de dar una nueva utilización (reutilización) para algún tipo de fin beneficioso. Dicho en otras palabras, el agua regenerada o “agua residual tratada” o conocida también como “agua depurada”, es el efluente tratado para que cumpla los criterios para poder ser utilizada nuevamente. La reutilización del agua puede darse de dos formas distintas, las cuales son: Reutilización de forma directa y Reutilización de forma indirecta

(T Asano, 1996). A continuación, detallaremos más a fondo estos dos métodos.

2.2.3.1. Reutilización de forma directa

Consiste en darle algunos usos al agua residual tratada, antes de ser vertidas al cauce público. Dicho en otras palabras, es el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas con algunos fines beneficiosos. La reutilización de esta forma requiere algunos accesorios para su distribución, tales como: tuberías, medios de conducción, codos, etc. (Asano, 1998).

2.2.3.2. Reutilización de forma indirecta

Consiste por lo general en darle un solo uso, además de que los efluentes en esta forma de reutilización se receptan con la finalidad de ser regresados al mismo plan de utilización. Este método de reutilización de aguas residuales requiere de un espacio físico considerable para su recepción, con el fin de ser integrado a un proceso de reutilización controlado (Asano, 1998).

Cabe acotar que, dentro del proceso del ciclo natural del agua, está comprendida la reutilización de efluentes depurados. La reutilización de aguas depuradas es una actividad realizada desde hace muchas décadas, incluso en algunas ocasiones sin caer en cuenta, como es el caso en que se vierten efluentes y se produce una dilución con los cursos de agua (ríos, lagos, etc.). En la actualidad la reutilización del agua depurada se la realiza a gran escala y planificada, mediante el transporte de la misma hasta la zona de aprovechamiento, por medio de una conducción específica; es decir que no es necesario la dilución con aguas naturales (Catalinas y Ortega, 1999).

La reutilización de las aguas residuales tratadas, no solo dan solución a la escasez de agua en zonas áridas del planeta, sino que también solucionan un perjuicio ambiental (Oron y col., 1999). Incluso es algunos el agua residual depurada presenta mejor calidad que el agua del sector donde se la va a reutilizar, presentando de esta manera el agua residual depurada una total adecuación para su utilización en actividades agrícolas (Segura y col., 2000).

En los últimos años el interés de muchos países por el aprovechamiento de las aguas residuales depuradas ha crecido de forma exponencial. La concientización de autoridades por la sostenibilidad del planeta, además de la confianza generada por los excelentes resultados que presentan sistemas de tratamiento de aguas sofisticados, generan un entorno optimista para tomar muy en cuenta la reutilización de aguas depuradas (Shelef, 1996).

El uso de aguas residuales recuperadas es una práctica habitual sobre todo en diversas áreas del planeta que presentan la problemática de la escasez del agua, tales como: países del Medio Oriente, países africanos, Suroeste y Centro de Asia, Suroeste de los Estados Unidos, cierta parte de México, entre otras. Incluso la reutilización de aguas depuradas se realiza en áreas con abundancia de precipitaciones como Japón, en donde se las reutiliza en servicios higiénicos. En Japón además se las reutiliza cuando las fuentes de agua se encuentran muy distantes, también donde el coste de transportación es elevado (Shelef, 1996).

Para llevar a cabo el desarrollo de un buen proyecto de reutilización del agua, es necesario un estudio profundo sobre la planificación, sobre los recursos, sobre la infraestructura, sobre la factibilidad del proyecto, sobre la factibilidad del sistema de tratamiento, sobre el emplazamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales,

sobre el análisis económico y financiero y sobre el estudio de impacto ambiental del proyecto (Catalinas y Ortega, 1999). En la actualidad existen sistemas de tratamiento comprobados desde el punto de vista técnico, o a su vez existen procesos de saneamiento que tienen la capacidad de recuperar agua residual a la calidad que se pretende llegar. De esta manera la reutilización de aguas residuales depuradas a esta fecha tiene su propio espacio ya ganado, además que desempeñan un papel fundamental a la hora de realizar la planificación y gestión respecto a los usos más rentables de los recursos hídricos en diversas áreas del planeta (Crook, 1991).

2.2.3.3. Áreas de Reutilización de aguas residuales

La reutilización de aguas residuales conlleva a riesgos sanitarios significativos, sin embargo, estas aguas residuales debidamente depuradas y controladas pueden ser aprovechados de muy buena forma en actividades como: actividades urbanas o municipales, actividades agrícolas, actividades industriales, actividades que involucran el uso recreativo y medioambiental, entre otras (Shelef, 1996). A continuación, hablaremos la incidencia de la utilización de las aguas residuales depuradas en cada una de las actividades señaladas.

Tabla 2.6 Principales actividades en las que se reutiliza las aguas residuales.

Tipo de actividad	Descripción del uso dado
Actividades Urbanas o Municipales	La reutilización de aguas depuradas en estas actividades abarca un sinnúmero de aplicaciones, en las mismas que no es necesaria agua de gran calidad o agua potable. Entre las actividades más importantes aquí tenemos: limpieza de calles, riego de parques y jardines, limpieza de camiones recolectores de basuras, sistemas contraincendios, etc.
	Sin duda esta actividad representa el mayor porcentaje de utilización de las aguas residuales tratadas. Es así que la demanda del volumen de agua contemplado en esta actividad se estima que es

Actividades Agrícolas	10 veces mayor a la demanda mundial existente en otro tipo de uso. Además, la utilización de las aguas residuales depuradas para esta actividad conlleva al ahorro de recursos, todo esto hace que la mayoría de los proyectos de reutilización de aguas depuradas tengan de objetivo a las actividades agrícolas.
Actividades Industriales	La utilidad que se le da al agua residual depurada en actividades industriales, representa un rubro económico importante, debido al mercado potencial contemplado en este tipo de oficios. Cada día son más las industrias que se unen a la reutilización de aguas depuradas, sobre todo las que no exigen aguas de alta de calidad y también aquellas industrias que se encuentren ubicadas cercanas a poblaciones con alta capacidad de generación de agua residual. Un ejemplo claro es la utilización de aguas depuradas para las industrias involucradas en actividades de refrigeración
Actividades que involucran el uso recreativo y medioambiental	Dentro de la reutilización de aguas depuradas en esta actividad se encuentran comprendidos, por ejemplo: riegos de campo de golf, estanques artificiales, riegos de canchas de futbol, etc. Los mismos que pasan por una serie de actividades como: producción de nieve artificial, fuentes ornamentales, entre

Fuente: Catalinas y Ortega, 1999

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

2.2.3.4. Aprovechamiento de aguas residuales tratadas para actividades agrícolas y sus limitaciones

Una de las actividades realizadas desde la antigüedad por romanos y griegos es justamente la aplicación a terrenos para riegos agrícolas de las aguas residuales, esto se lo hace para aprovechar su valor fertilizante, o también para su disposición final con el fin de evitar la contaminación de ríos. Para ser preciso en el dato desde el siglo XVI se empezó a utilizar el agua residual para un fin agrícola. Durante el siglo XX la reutilización de aguas residuales con fines agrícolas adquirió un nuevo enfoque como sistema alternativo de depuración, además como un método eficaz para la regulación de los recursos hídricos en zonas secas, y por último para evitar la intrusión marina con la creación de barreras hidráulicas (Asano y Mill, 1990).

La importancia de la agricultura en zonas áridas o semiáridas se ve reflejada casi en su totalidad por el riego, más aún cuando existen zonas tan secas donde el porcentaje del agua de riego supera el 80% de la demanda total de agua de la zona. La importancia de agua para riego ocupa en la actualidad el tercer lugar de prioridades, detrás únicamente del uso urbano y el uso ecológico. Por esto el aprovechamiento de agua para riego es crucial en la búsqueda de la sostenibilidad de nuestro planeta (OMS, 1989).

Sin embargo, para reutilizar el agua residual depurada debe cumplir con ciertos parámetros, con el fin de asegurar la conservación de la fertilidad que presenta el suelo (características hidrogeológicas, características orgánicas y minerales), como también para la obtención de cultivos que satisfagan las calidades higiénicas y sanitarias exigidas en las normativas de salud. Por esto es necesario que la reutilización de las aguas depuradas se la realice de manera controlada (Shelef, 1996).

En áreas donde existe un límite de recursos hídricos, el agua residual urbana se la reutiliza en actividades agrícolas, además en menor porcentaje se la reutiliza en la industria y la recarga de acuíferos (Bouwer, 1989). Lo más relevante es que el agua residual tratada con fines agrícolas, reducen el volumen de agua receptada desde embalses acuíferos, así como también los problemas medioambientales provenientes desde su vertido, de tal forma que se reduce la presencia de contaminantes a los cursos naturales de agua (Catalinas y Ortega, 1999).

El uso de aguas residuales depuradas para actividades agrícolas afecta a parámetros agronómicos, principalmente al riego, así mismo afecta también a abonado y materiales en suspensión provenientes del efluente tratado. Además, afecta a aspectos

económicos y sanitarios. Las consecuencias que puede ocasionar el riego de cultivos con aguas residuales depuradas van a depender directamente de las características del efluente tratado. A su vez las características que presenten las aguas depuradas dependerán del tipo de sistema de tratamiento implementado, así mismo dependerá del método de riego aplicado, y también de un adecuado drenaje que no permita saturar al terreno del agua residual depurada (Sala y Millet, 1997).

El agua residual depurada por lo general presenta características peculiares, por ende, para su utilización debe someterse a normas vigentes sobre la calidad físico-química o agronómicas de estas, así como también debe cumplir con los parámetros sanitarios o microbiológicos. Cabe recalcar que los parámetros agronómicos que se exigen para la utilización de las aguas residuales depuradas son los mismos que se exigen para cualquier tipo de agua utilizada en el riego agrícola (Crook, 1991).

La calidad que presente el agua residual tratada está relacionada con el origen del agua, además también está relacionada con el manejo del sistema de distribución. Entre los parámetros más importantes a tener en cuenta para el agua de riego están: salinidad, metales pesados, materia orgánica biodegradable, materia orgánica no biodegradable, pH, macronutrientes, sólidos en suspensión, micronutrientes, cloro residual, patógenos, entre otros (Crook, 1991; Ayers y Wescot, 1985).

2.2.4. Caracterización de aguas para riego

El agua que se utiliza para riego presenta variaciones de su calidad en función de su origen. Es muy importante la consideración de parámetros importantes como: metales pesados, nutrientes, niveles de patógenos, etc. Además, para el respectivo estudio se debe tener

en cuenta los posibles efectos sobre los cultivos, las plantas, frutos y las consecuencias en el suelo (Asano, 1998).

2.2.4.1. Agua de riego en el Ecuador

En el Ecuador al igual que en la mayoría de países del planeta la mayor parte de agua se destina para el riego de cultivos, para ser específicos, la demanda de agua para riego es aproximadamente el 80% de la demanda de agua total del país. Sin embargo, el porcentaje de pérdidas en la recepción, en el ámbito de parcela y en las conducciones (primarias, secundarias y terciarias), hacen que las deficiencias fluctúen entre el 15% y el 25% (Secretaría Nacional del Agua "SENAGUA").

Pese a que hay poco conocimiento acerca del riego privado, estos sistemas abarcarían alrededor de 460 000 ha. De esta cantidad el 83%, es decir 108 000 ha corresponden a sembríos regados utilizando sistemas públicos. En el contexto mundial existe una pronunciada desigualdad respecto a los porcentajes de utilización de agua para riego, es así que, el 88% de personas que se benefician del agua para riego tan solo disponen entre el 6 y el 20% del agua total disponible para esta actividad en el planeta; por el contrario, entre el 1 y 4% de personas que se benefician del agua de riego disponen entre el 50 y 60% del agua total disponible en el planeta destinada para esta actividad (Galàrraga, 2001).

2.2.4.2. Efectos del agua de riego contaminada

Las aguas residuales, provenientes de cualquier actividad humana, provocan un impacto negativo para el medio ambiente cuando estas son vertidas a un cuerpo de agua o al suelo. La utilización de aguas residuales en las actividades agrícolas provoca la acumulación de metales pesados en el suelo, de manera que

alteran las cadenas tróficas y, por ende, provocando la afectación de los cultivos y el rendimiento en la producción de las cosechas. Además, esto puede perjudicar a la salud de las personas que ingieren estos alimentos (Sánchez, 1998).

Las aguas residuales por lo general tienen exceso de fertilizantes, esto es nitritos y nitratos. Al aplicar cantidades excesivas de abonos, estos no son receptados totalmente por los cultivos, siendo arrastrados a los cuerpos de agua, para posteriormente llegar a los cultivos. Por otro lado, el uso excesivo de pesticidas aumenta la probabilidad de contraer plagas, las mismas que se acumulan en los cultivos (ATSDR, 1991).

Por otra parte, los nitratos poseen una alta capacidad de infiltración y debido a que se encuentran en los fertilizantes, provoca que se puedan encontrar aguas contaminadas, y esto a su vez originan alteraciones sanguíneas (Health, 1999).

Además, las altas concentraciones de fosfatos y nitritos en un cuerpo de agua ayudan al crecimiento de algas verdes o azules, las mismas que conducen a la desoxigenación y que perjudican el metabolismo que sirven de depuradores, esto sucede cuando se descompone la materia orgánica (Health, 1999).

Los metales pesados en concentraciones media alta o alta se consideran elementos perjudiciales para la salud, de esta manera, la utilización de fertilizantes origina contaminación por nitratos y fosfatos, todo esto incluido la presencia de metales pesados, causa la contaminación agresiva del suelo (García, 1995).

Metales como el cadmio y el plomo están en el rango de metales altamente tóxicos para los seres humanos, especialmente cuando se acumulan en los organismos de las personas. En el caso del plomo puede estar presente en los cultivos, derivándose de los

residuos de plaguicidas. Incluso a bajas concentraciones es tóxico, ya que este tiene la capacidad de acumularse y desencadenar en problemas graves incluso hasta mortales para el ser humano (Sánchez, 1998).

Por otra parte, el cadmio es velozmente absorbido por las plantas, no obstante, es altamente tóxico para el ser humano acumulándose en los riñones y también en el hígado, de la misma manera es altamente peligroso incluso cuando se presenta en pequeñas trazas en el agua de riego (García, 1995).

La utilización de aguas residuales como abonos puede producir enfermedades como el cólera o la hepatitis. Además, las aguas negras que se diluyen en tierras cultivadas y que posteriormente son absorbidas por las plantas, pueden producir enfermedades diarreicas (Chang, 1981).

2.2.4.3. Calidad del agua para riego

La idoneidad del agua para el riego se determina por las concentraciones de sales disueltas, sustancias y agentes patógenos. Sin embargo, los problemas más comunes resultantes del uso de agua de mala calidad para la irrigación son la acumulación de sales en la zona de las raíces, la pérdida de permeabilidad del suelo debido al exceso de sodio o lixiviación de calcio, y toxicidad de iones, oligoelementos o pesticidas. Se deben considerar tres factores importantes en la aplicación de directrices para la calidad del agua de riego: cantidad de agua suministrada a los sembríos, tipo de cultivo y el tipo de suelo (Asano, 1998).

2.2.4.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración determina la frecuencia de riego requerida. En general, la posibilidad de que las sustancias del agua de riego alcancen niveles tóxicos en el suelo aumenta a medida que se requiere un riego más frecuente por año. La precipitación y aplicación de agua en exceso de las necesidades de los cultivos, proporcionan protección a través de la lixiviación (Asano, 1998).

2.2.4.5. Tipo de cultivo

Los cultivos varían ampliamente en su sensibilidad a las sustancias tóxicas (Asano, 1998).

2.2.4.6. Tipo de suelo

Los suelos arenosos generalmente tienen una tasa de transmisión o percolación de agua más alta que los suelos basados en arcilla. La estructura y permeabilidad de los suelos arcillosos puede ser adversamente afectadas por altas concentraciones de sodio (Asano, 1998).

2.2.4.7. El verdadero riesgo del agua para riego

En cada uno de los parámetros sobre la calidad del agua de riego mencionado anteriormente lo que se trata de valorar es el riesgo potencial del uso de dicha agua. Sin embargo, para ser específicos, se tiene que la mayoría de aguas consideradas peligrosas presentan un alto contenido de sal. No obstante, el que se utilice agua con bajo contenido de sal también es un problema, esto debido a que estas aguas se modifican en el suelo. La explicación a esta problemática se basa en un fenómeno llamado evapotranspiración, donde se reduce la humedad en el suelo, pero

las sales quedan intactas en el suelo, de manera que a medida el suelo se seca la solución del mismo resulta más salina (Ayers y Wescot, 1985).

Por tanto, el agua que ingresa a un sistema de riego y que tiene un nivel salino aceptable, con el pasar del tiempo puede llegar a niveles altos de salinidad. Además, se presentan otros fenómenos debido a la presencia de sales, concentrándose estas algunas de ellas pueden alcanzar su punto límite de solubilización y precipitar, esto provoca que se retiren cationes de la solución del suelo y obviamente altera las condiciones iniciales en las que el suelo se encuentra (Ayers y Wescot, 1985).

La garantía de una buena adecuación de aguas con el fin de la utilización en riego depende de tres criterios fundamentales que son: la salinidad, la sodicidad y la toxicidad. A continuación, detallaremos más a fondo cada uno de estos parámetros (Canadian Water Quality Guidelines, 1987).

2.2.4.8. Criterio de salinidad

Este criterio evalúa el riesgo que presenta el agua con niveles altos de sales disueltas en el suelo, con el efecto negativo que presenta en los cultivos debido a la disminución de las cosechas. Los investigadores a través de datos reales, han encontrado una relación directa entre la salinidad que presenta el suelo y el nivel de producción de los cultivos (Canadian Water Quality Guidelines, 1987), la misma que se presenta en la ecuación 2.1 la cual hace referencia a capacidad de producción de un cultivo en relación a la conductividad eléctrica:

$$P = 100 - b(CE_c - a) * 100 \% \quad (2.3)$$

Dónde:

P : Máxima producción del cultivo representada en porcentaje.

CE_c : Medida de la salinidad del suelo expresada como conductividad eléctrica medida en mmhos/cm.

a y b : parámetros constantes, son propios de cada cultivo.

Referente a la incidencia de la salinidad en los cultivos, cabe destacar que la afectación de sembríos no solo depende de la salinidad, sino también de cómo se manejen otros factores tales como: frecuencia de riegos, intensidad del lavado (fuerte o débil), entre otros. Además, también depende del suelo, ya que se realizan cambios de cationes en el suelo, lo que provoca que las sales se concentren a diferentes velocidades (ya que depende de la contextura que presenta el suelo) (Ayers y Wescot, 1985).

2.2.4.9. Criterio de sodicidad

A este criterio también se lo denomina criterio de infiltración o criterio de permeabilidad. Seguramente este criterio recibe estas denominaciones porque el efecto que causa el sodio en el suelo es negativo, ya que disminuye sus propiedades y por ende causan una afectación directa a los cultivos (Canadian Water Quality Guidelines, 1987).

Un elevado nivel de concentración de sodio en el agua provoca altos niveles de PSI (porcentaje de sodio intercambiable), que es un parámetro que representa la cantidad de sodio absorbido por las partículas del suelo.

2.2.4.10. Presencia de sodio en agua de riego

La transpiración es el mecanismo por el cual las sales entran y se acumulan en las plantas; muchas de estas acumulan sodio,

mientras otras acumulan calcio y otros cationes; el grado de acumulación de cada uno de estos iones en las plantas depende mucho de la especie de la misma. Tanto así que incluso para las distintas variedades de arroz existen notables diferencias en cuanto al nivel de acumulación de sodio en sus tejidos. Un caso muy común dentro de esta especie, es el incremento de los niveles de sodio como función directa con la edad del tejido vegetal. (Borroto et al, 1985).

Así como los cloruros, el sodio en agua de riego en altas concentraciones se vuelve un elemento fitotóxico por excelencia. Su contenido suele deberse al hidrolisis de feldespatos, disolución directa de minerales o intrusión marina. Éste a su vez se presenta en forma de necrosis o quemaduras en las puntas y las orillas de las plantas, lo cual empeora en las plantas con más edad (Ayers y Westcot, 1985).

Unos de los efectos negativos más importante en cuanto a agricultura se refiere es la reducción de la porosidad y permeabilidad en el suelo, especialmente si el contenido de calcio en los suelos y el agua de riego es bajo (el calcio actúa contrarrestando este efecto perjudicial del sodio). Cuando el nivel de sodio en las plantas llega a ser mayor al tolerable por el protoplasma, las hojas de éstas caen y finalmente muere, a esto también se agrega la existencia de un desbalance nutricional, es decir, la reducción de la captación de K^+ , Ca^{2+} , NO^- , PO^{3-} , etc (Borroto et al, 1985).

El K^+ y el Ca^{2+} son importantes para el desarrollo de las plantas ya que éstos mantienen la integralidad del funcionamiento de la membrana de la célula. Es decir, la disminución de la relación calcio/sodio en la raíz afecta directamente las propiedades de la membrana, llevando como consecuencia la disolución de la

integridad de la membrana y la selectividad (Ayers y Westcot, 1985).

La resistencia protoplasmática es la capacidad que poseen las células o protoplasma de sobrevivir en condiciones de elevada concentración interna de sales, o sea, cuanto mayor sea la resistencia protoplasmática, mayor cantidad de sales pueden ser acumuladas por las plantas (Canadian Water Quality Guidelines, 1987).

Las directrices de toxicidad de la FAO-UNESCO utilizan el RAS como indicador de la intoxicación potencial, mientras que la tolerancia en los sembríos es obtenida por el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), el mismo que representa la porción de sodio retenido por las partículas del suelo, expresado en porcentaje del CIC (capacidad de intercambio catiónico), distinguiendo tres grupos:

$PSI = \text{Sodio intercambiable (meq/100g de suelo)} / \text{CIC (meq/100 g de suelo)}$

Para estos casos, con valores mayores a 15 PSI, se puede considerar que el suelo es sódico.

La tabla 2.7 muestra los valores permisibles por la FAO y UNESCO, en relación al porcentaje de sodio intercambiable y su incidencia en los diferentes tipos de cultivos.

Tabla 2.7 Tolerancia relativa de ciertos cultivos a la saturación de sodio intercambiable en el suelo.

Sensible (psi < 15)	Semitolerantes (15 < psi <40)	Tolerantes (psi > 40)
Aguacate	Zanahoria	Alfalfa
Frutales desiguos	Trebol Ladina	Algodón
Nueces	Festuca Alta	Cebada

Sensible (psi < 15)	Semitolerantes (15 < psi <40)	Tolerantes (psi > 40)
Habichuela	Lechuga	Pasto Bermuda
Algodón (germinación)	Caña de azúcar	Pasto Rhodes
Maíz	Avena	Pasto Pará
Arveja	Cebolla	Remolacha
Toronja	Rábano	Remolacha azucarera
Frijol	Arroz	Sorgo
Lenteja	Mango	
Maní	Espinaca	
Caupí	Trigo	

Fuente. Ayers y Westcot, 1985. Adaptado de FAO UNESCO (1973); Pearson (1960) y Abrol (1982)

2.2.4.11. Índice de RAS

El parámetro que nos permite evaluar la concentración de absorción de sodio en el suelo es el índice de RAS (relación de absorción de sodio), (Canadian Water Quality Guidelines, 1987). Dicho en otras palabras, el índice de RAS expresa la relación entre los iones de sodio, y la relación con el calcio y el magnesio existente en el suelo. El índice de RAS se lo determina mediante la ecuación 2.2 que hace referencia a índice de Relación de Absorción de Sodio (RAS):

$$RAS = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}} \quad (2.4)$$

Donde los cationes de Sodio, Calcio y Magnesio se expresan en meq/L.

2.2.4.11.1. Corrección o ajuste del Índice e RAS

El RAS ajustado o el RAS corregido, es una modificación que se le debe hacer al RAS obtenido con la ecuación anterior. Este ajuste se le hace debido a que en el RAS obtenido con la ecuación anterior puede diferir a través de la consideración únicamente de Na⁺, Ca⁺⁺, y Mg⁺⁺ en solución; sin embargo, el

ajuste del índice de RAS sirve para considerar también el contenido de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua. Obviamente que con la consideración de los carbonatos y bicarbonatos el índice de RAS va a aumentar (Wescot y Ayers; 1985). La ecuación que nos permite ajustar el índice de RAS es 2.3:

$$RAS_{AJUSTADO} = 0.08 + 1.115 * (RAS) \quad (2.5)$$

2.2.4.12. Criterio de la toxicidad

La toxicidad es un problema interno que se presenta en la planta cuando ciertos iones, absorbidos principalmente por las raíces de las plantas, se acumulan en las hojas mediante el fenómeno de la transpiración de la planta. Este puede llegar a alcanzar niveles de concentraciones altas, incluso nocivas. Entre los iones más tóxicos que se presentan en las aguas de riego y que se alojan en las plantas tenemos al sodio, cloro y el boro (Canadian Water Quality Guidelines, 1987).

El consumo de alimentos contaminados, causa la aglomeración de toxinas en el organismo humano, las mismas que causan debilidad y mayor probabilidad de contraer enfermedades. Es por eso que los agricultores se preocupan por la calidad del agua de riego, ya que sus cosechas no deben presentar restos de pesticidas, metales pesados, microorganismos, entre otros factores, los mismos que representan un alto peligro para la salud humana (Ayers y Wescot, 1985).

2.2.4.13. Normativa ambiental ecuatoriana para aguas de riego

El agua de uso agrícola es aquella que se utiliza para la irrigación de cultivos y otras actividades relacionadas a temas agrarios, además, complementarias a los organismos competentes

(ACUERDOS 097-A ANEXO 1-Norma de la calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua).

Existe una normativa ambiental que prohíbe rotundamente el uso de aguas residuales para actividades agrícolas, sin embargo, esta misma normativa respalda la utilización de aguas residuales tratadas y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos en la misma normativa. En el Ecuador los criterios de calidad admisibles para agua de riego se amparan bajo la normativa del Acuerdos Ministerial (ACUERDOS 097-A ANEXO 1).

En la tabla 2.8 se presentan los parámetros admisibles con respecto al agua destinada a actividades agrícolas.

Tabla 2.8 Criterios de calidad para el agua de uso agrícola.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Carbonatos totales	Concentración total de carbonatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,005
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr+5	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Órgano fosforado totales	Concentración de Órgano fosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales	-	mg/l	3000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi	-	-	Mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes totales	mmp/100ml	-	1000
Huevos de parásitos	-	Huevos por litro	Cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Fuente Acuerdos Ministerial (ACUERDOS 097-A ANEXO 1) -Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

Para recapitular los temas abarcados en este capítulo, para empezar, se dieron a conocer los diferentes procesos de eliminación de contaminantes o de depuración de las aguas residuales. Para ello se detallaron los tipos de procesos y las diferentes tecnologías que se deben aplicar para la puesta en marcha de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Por otro lado, también se detallaron los distintos sistemas de tratamientos de aguas residuales, los cuales consisten en una secuencia de procesos esquematizados. Estos sistemas de tratamiento de aguas residuales tienen como objetivo principal adecuar el agua residual, de tal forma que cumpla con las

normativas legales para descarga de efluentes, o como en este proyecto para su aprovechamiento en actividades agrícolas.

De la misma manera también se puntualizaron las áreas de reutilización de las aguas residuales depuradas. Además, se expusieron todos los beneficios de la utilización de esta en cultivos, así como también el riesgo al que se exponen los sembríos cuando el agua residual depurada el utilizada en actividades agrícolas sin antes darle un acondicionamiento, de manera que sea aprovechable por los sembríos.

Por último, se expusieron todos los límites permisibles de los parámetros que contienen las aguas residuales, de tal forma que sean adecuados para la utilización de agua en actividades agrícolas. Para esto, se tomará como referencia el ACUERDOS 097-A ANEXO 1, que precisamente es la normativa ambiental ecuatoriana que fija los límites permisibles para los distintos usos del agua.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Levantamiento de la información

Con el aporte del proyecto de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, respecto a Vinculación con la Comunidad denominado “Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso”, se procedió a recopilar la información necesaria para la implementación del sistema de tratamiento del agua del Estero Sabanilla, con el fin de la adecuación para que sea utilizada para actividades agrícolas.

Es necesario acotar que este proyecto de vinculación con la sociedad se la realizó en conjunto con la organización TECHO, la cual es una organización sin fines de lucros instalada en el país y en algunos países de Latinoamérica. Los objetivos primordiales de esta organización son erradicar en lo máximo posible la pobreza, por medio de jóvenes voluntarios y de comuneros de asentamientos precarios; los mismos que en trabajo conjunto buscan soluciones viables con el fin de combatir la desigualdad social.

Es por eso que esta organización en conjunto con estudiantes de la ESPOL, específicamente de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM), trabajaron conjuntamente para la determinación de la calidad del agua de Estero Sabanilla, con el fin de concientizar a la comuna San Enrique sobre el uso del agua del estero, y a la par dar un informe a una entidad gubernamental sobre la calidad de agua del Estero Sabanilla, de tal manera que se busque una solución para remediar el impacto ambiental que se presenta.

Dentro de la información recolectada acerca de la comuna San Enrique, la cual es una parroquia urbana del cantón Daule tenemos el número de habitantes de dicha comuna, información tomada en conjunto con la organización TECHO. Así mismo tenemos la información topográfica de dicha comunidad, la cual se presenta más adelante. También tenemos información de las actividades que realizan los moradores de la comunidad San Enrique, prevaleciendo en su totalidad el oficio de actividades agrícolas, específicamente el cultivo del arroz. Gracias a esta información tenemos un estimado muy ajustado del área total de cultivos de la zona, dato que nos servirá para determinar la cantidad de agua del Estero Sabanilla que utilizan para el desarrollo de sus actividades agrarias.

Otro dato importante que fue el motivo principal del desarrollo de este proyecto es la disminución de manera considerable en la producción de arroz en los últimos diez años, este problema puede surgir por la mala calidad que presenta el agua del Estero Sabanilla. Toda esta información fue proporcionada por los habitantes de la comuna San Enrique, principalmente por los agricultores del sector.

Es importante resaltar que esta información se la recopiló entre estudiantes del ESPOL que realizaron las pasantías de vinculación con la comunidad y la organización TECHO. El levantamiento de la información anteriormente descrita se la realizó mediante encuestas realizadas a los habitantes de la comuna San Enrique.

3.1.1 Datos de la población

La comuna San Enrique es una parroquia urbana del Cantón Daule. San Enrique es una comuna pequeña, donde habitan tan solo setenta y tres personas. Los moradores de esta comuna por varias generaciones han utilizado el agua del estero para su consumo personal, así como para el desarrollo de la agricultura, principalmente

la producción de arroz y actividad pecuaria donde predomina la ganadería. A orillas del Estero Sabanilla que tiene 14 km de largo viven en total ocho recintos: Sabanilla, Sabana Grande, San Enrique, La Envidia, Potrerillo, Nuevo Yolan, Lomas de León y El Sapan. En total los ocho recintos tienen un aproximado de ciento siete familias que habitan en el sector hace ya casi cincuenta años.

Los moradores de la comuna San Enrique no cuentan con agua potable ni alcantarillado, es por esto que dependen del agua del Estero Sabanilla para varias actividades cotidianas. Tradicionalmente los comuneros empleaban el agua de Estero Sabanilla para uso doméstico y recreativo, sin embargo, debido a la explosión demográfica que, ocurrido a orillas del estero, la calidad del mismo se encuentra disminuida y amenazada. (Proyecto de vinculación con la comunidad y TECHO “Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso”).

3.1.2 Muestreo del agua del Estero Sabanilla

El desarrollo de la toma de muestras del agua del Estero Sabanilla consta de dos fases. La primera fase es la toma de muestras elaboradas en el marco del proyecto antes mencionado con la colaboración de estudiantes de la ESPOL y la organización TECHO, en esta fase se analizaron todos los parámetros que afectan a la calidad del agua del Estero Sabanilla, dicho en otras palabras, se hizo una caracterización del agua del Estero Sabanilla. La segunda fase es la toma de muestras por los autores de este proyecto, en la cual solo se analizaron los parámetros que en base a la primera fase incumplían con la normativa ambiental vigente (ACUERDOS 097-A ANEXO 1), referente al agua de riego.



Figura 3.1 Toma de muestras durante el proyecto de vinculación de pasantías comunitarias.

En ambas fases los datos obtenidos luego del muestreo, estuvieron sujetos a las normas ecuatorianas NTE INEN 2169:98 y NTE INEN 2176:98. Sin embargo, para la primera fase las muestras fueron obtenidas y diferenciadas en cuatro segmentos distintos, siendo estas: marea alta verano, marea baja verano, marea alta invierno y marea baja invierno. El propósito del análisis en varios segmentos fue hacer una buena caracterización de la calidad del agua del Estero Sabanilla, de tal forma que los datos obtenidos no estén alterados por los cambios de marea que presenta el estero, tampoco por los cambios de estación anual que se presentan en el país.

La toma de muestras de la segunda fase solo se la realizó en dos segmentaciones (marea alta y marea baja), esto se debe a que este proyecto se llevó a cabo en la época de verano, además el uso del agua del Estero Sabanilla por parte de los agricultores de la comuna San Enrique en el invierno es mínima, debido a las precipitaciones que se dan en el sector en esta época.



Figura 3.2 Toma de muestras del agua del Estero Sabanilla

3.2 Cálculo del caudal del agua del Estero Sabanilla

Para determinar el caudal del agua del Estero Sabanilla fue necesario realizar la toma de algunos parámetros como profundidad del estero, velocidad del agua del estero, ancho del estero. Todos estos datos fueron tomados en el marco del trabajo desarrollado previo a este proyecto el cual se denomina “Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso”.

Es importante acotar que tanto en marea baja como en marea alta se debieron haber tomado datos en los dieciocho puntos de muestreo a lo largo del Estero Sabanilla, sin embargo, en la marea alta existieron ocho puntos en los que se dificultaba la accesibilidad para la toma de dichos parámetros, por lo cual solo se tomaron datos de diez puntos.

La toma de datos del ancho del Estero Sabanilla se la realizó con la ayuda de una cinta métrica, para ello se necesitaban dos colaboradores uno de cada borde del estero para tomar la medida más exacta posible. La toma de datos de la profundidad del Estero Sabanilla también se la realizó con la ayuda de una cinta métrica, la medición de este parámetro se hizo en sitios puntos diferentes a lo ancho del estero en el punto de muestreo, para lo cual se dividía el ancho total del estero en cuatro sitios y se tomaba a la altura de $1/4$, a la mitad y $3/4$ respecto a la medida del ancho del estero para luego sacar una profundidad promedio de los tres

sitios; esto se lo hizo con la finalidad de obtener un dato de profundidad lo más preciso posible. Por último, para tomar datos de velocidad del agua del Estero Sabanilla se utilizó un pedazo de madera, de forma que se tomaba una medida estándar referencial horizontal y se hacía pasar la madera por dicho tramo del estero mientras un colaborador tomaba el tiempo que tardaba la madera de llegar de un extremo al otro respecto a la medida de referencia horizontal; este paso se realizaba por dos o tres veces de forma que se obtenía un dato de velocidad promedio.



Figura 3.3 Método para medir ancho, profundidad y velocidad del Estero Sabanilla

A continuación, se mostrarán los parámetros de ancho, profundidad y velocidad del Estero Sabanilla, los mismos que servirán para hacer la estimación del caudal total del estero.

Tabla 3.1 Datos de parámetros para determinar el caudal del Estero Sabanilla (marea baja).

Puntos muestreados	Ancho estimado (m)	Profundidad estimada (m)	Velocidad estimada (m/s)
1	10.50	1.55	0.50
2	11.30	1.58	0.27
3	9.50	1.63	0.77
4	12.00	1.40	0.50
5	13.8	1.75	0.45
6	12.00	1.48	0.30
7	9.50	1.35	0.65

Puntos muestreados	Ancho estimado (m)	Profundidad estimada (m)	Velocidad estimada (m/s)
8	6.30	1.31	0.70
9	6.70	1.42	0.40
10	5.50	1.50	0.39
11	7.70	1.65	0.45
12	14.00	1.90	0.35
13	10.60	1.80	0.47
14	10.00	1.72	0.28
15	5.50	1.76	0.32
16	7.78	1.75	0.43
17	9.20	1.68	0.49
18	12.00	1.56	0.24

Fuente. Proyecto de vinculación con la comunidad "Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso".

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Tabla 3.2. Datos de parámetros para determinar el caudal del Estero Sabanilla (marea alta).

Puntos muestreados	Ancho estimado (m)	Profundidad estimada (m)	Velocidad estimada (m/s)
1	9.80	4.00	1.00
2	10.50	3.90	0.96
3	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
4	11.55	3.10	1.05
5	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
6	9.00	3.00	1.45
7	11.50	2.35	1.32
8	12.60	2.10	1.50
9	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
10	8.50	1.90	1.50
11	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
12	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
13	8.75	1.75	1.35

Puntos muestreados	Ancho estimado (m)	Profundidad estimada (m)	Velocidad estimada (m/s)
14	10.00	1.90	1.25
15	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
16	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
17	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear	No se pudo muestrear
18	12.30	2.40	1.50

Fuente. Proyecto de vinculación con la comunidad "Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso".

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Para determinar el caudal total estimado del Estero Sabanilla se calcula el caudal en cada punto de muestreo, luego conociendo los datos de los caudales en cada punto se determina un caudal promedio, de forma que este será un caudal estimado o aproximado. Es importante resaltar que las condiciones en las que se tomaron datos en algunos puntos eran difíciles, debido a esto es muy probable que los caudales determinados en cada punto incurran a algunos errores.

La determinación del caudal del Estero Sabanilla se la obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q = a * p * v \quad (3.1)$$

En la tabla 3.3 se mostrarán los valores de los caudales calculados para cada uno de los puntos, para marea baja y para marea alta. El caudal de los puntos tres, cinco, nueve, once, doce, quince, dieciséis y diecisiete en marea alta no fueron posibles de calcular debido a la difícil accesibilidad en la zona en horas de la tarde.

Tabla 3.3. Valores de caudales del Estero Sabanilla calculados tanto para marea baja como para marea alta

Puntos muestreados	Caudal (Q) estimado marea baja (m ³ /s)	Caudal (Q) estimado marea alta (m ³ /s)
1	8.14	39.2
2	4.82	39.3
3	11.92	No se pudo muestrear
4	8.40	37.60
5	10.87	No se pudo muestrear
6	5.33	39.15
7	8.34	35.67
8	5.77	39.69
9	3.80	No se pudo muestrear
10	3.22	24.22
11	5.72	No se pudo muestrear
12	9.31	No se pudo muestrear
13	8.97	20.67
14	4.82	23.75
15	3.10	No se pudo muestrear
16	5.85	No se pudo muestrear
17	7.57	No se pudo muestrear
18	4.50	44.28

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Como se menciona anteriormente para la determinación del caudal estimado o caudal aproximado se determina el promedio de los caudales hallados en cada punto de muestreo, esto se lo determina de la misma forma en la marea baja como en la marea alta, sin embargo, es muy probable que el caudal estimado en la marea alta sea menos preciso, debido a que se tiene menos cantidad de puntos por no poder muestrear. Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{promedio} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n} \quad (3.2)$$

En la tabla 3.4 se mostrarán los valores de los caudales promedios calculados para marea baja y para marea alta.

Tabla 3.4. Valores de caudales promedios del Estero Sabanilla calculados para las dos mareas (alta y baja)

$Q_{promedio}$ marea baja (m^3/s)	$Q_{promedio}$ marea alta (m^3/s)
6.69	34.35

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Si bien es cierto el desarrollo de este proyecto no contempla tratar todo el caudal del Estero Sabanilla, sin embargo, se consideró necesario determinar un caudal estimado de dicho estero para el diseño del sistema de tratamiento de aguas propuesto, de tal forma que no existan dudas acerca del flujo de alimentación de agua al sistema de tratamiento, y por lo consiguiente no existan restricciones en cuanto al abastecimiento del efluente que se va a tratar.

3.3 Caracterización del agua del Estero Sabanilla

Durante el desarrollo del proyecto de vinculación con la comunidad en conjunto con TECHO, se hicieron algunos análisis para determinar la calidad del agua del Estero Sabanilla. Para su efecto se dieron una serie de instrucciones, de modo que la toma de muestras se lleve de la manera más sencilla posible. Los pasos previos al muestreo fueron:

- Reconocimiento de puntos a muestrear.
- Capacitación detallada de la forma de tomar muestras.
- Preparación para medir los parámetros en el mismo sitio de muestreo.
- Adiestramiento del llenado de las hojas de campo.
- Reconocimiento de materiales y equipos utilizados durante el muestreo.
- Capacitación de llenado de las muestras y conservación de las mismas.
- Capacitación para los análisis a nivel de laboratorio después del muestreo.

Dentro de la puesta en ejecución del muestreo además de las respectivas capacitaciones es importante tener en consideración los lineamientos a seguir para realizar una buena toma de muestras. A continuación, se detallarán cada uno de los pasos más importantes para la toma de muestra.

3.3.1 Materiales

Se utilizaron frascos de plástico, los cuales cuentan con la capacidad de un litro de muestra. Éstos fueron correctamente lavados y etiquetados, además de ser recubiertos con papel aluminio con la finalidad de preservar las muestras de agua. Al momento de etiquetarlos se deben anotar todas las consideraciones pertinentes, esto es: datos del solicitante, datos del lugar donde se muestrea, datos del agua, fecha, hora, etc.



Figura 3.4 Lavado de botellas para el muestreo



Figura 3.5 Lavado y etiquetado de botellas previo al muestreo

3.3.2 Técnicas de muestreo

Se recomienda tomar las muestras de agua alejado de la orilla, cuidando en no remover el fondo, además de no tomar muestras en zonas de estancamiento o remansos. El frasco se lo debe sujetar por el fondo del mismo en posición invertida, de tal manera que quede sumergido completamente y poniéndolo en sentido contrario a la corriente hasta que se llene por completo. Así mismo para tapar el frasco se debe hacer cuando el frasco aun este sumergido en el agua, para evitar cualquier alteración de la muestra con el aire. (NTE INEM 2176:2013)

3.3.3 Acondicionamiento y conservación

Para ello es necesario que una vez realizado el muestreo, se guarde la muestra en congelación, aproximadamente 4°C. Este paso tiene como objetivo asegurar que el análisis realizado no esté alterado por la presencia de agentes externos, el mismo que no pueden penetrar cuando la muestra sea menor a 4°C.

En las tablas 3.5, 3.6, 3.7, y 3.8 se muestran los datos de los análisis efectuados al agua del Estero Sabanilla durante el desarrollo del proyecto de vinculación antes mencionado.

Tabla 3.5 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (verano)

ID	N	E	Date	Time	Pressure (mmHg)	Water Temperature (°C)	pH	Conductivity (µs/cm)	Salinity (ppt)	DO (mg/l)	DO (%sat)	TDS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Dureza meq/L como CaCO3	Alcalinidad mg/L como CaCO3
S-01	- 2,05200	- 79,88319	11-Dec-16	1:10 PM	747,0	28,48	7,51	110	0,05	5,70	76,30	55,0	42,0	1,12	70,00
S-02	- 2,05182	- 79,88299	11-Dec-16	12:05 PM	746,0	28,84	7,45	104	0,05	5,32	70,70	52,0	60,7	1,28	100,0
S-03	- 2,05073	- 79,88217	11-Dec-16	2:03 PM	747,0	28,56	7,44	110	0,05	5,59	73,50	55,00	57,5	1,16	80,00
S-04	- 2,04862	- 79,88400	11-Dec-16	2:46 PM	748,1	30,51	6,91	310	0,15	2,93	40,00	155,0	294		80,00
S-05	- 2,04900	- 79,88420	11-Dec-16	3:37 PM	748,1	30,92	7,07	252	0,12	2,83	39,10	126,0	102	1,08	80,00
S-06	- 2,04648	- 79,88383	11-Dec-16	4:00 PM	747,0	30,54	7,13	236	0,05	2,87	39,50	118,0	79,7	0,84	70,00
S-07	- 2,04433	- 79,88674	11-Dec-16	12:06 PM	748,0	30,61	6,89	246	0,11	3,53	48,10	123,0	40,1	0,88	70,00
S-08	- 2,04331	- 79,88722	11-Dec-16	12:43 PM	748,0	30,85	6,86	199	0,09	3,82	53,60	99,00	47,3	1,24	50,00
S-09	- 2,04098	- 79,88686	11-Dec-16	1:14 PM	748,0	30,72	6,92	199	0,09	3,90	55,10	99,00	38,3	0,84	60,00
S-10	- 2,03678	- 79,88882	11-Dec-16	2:26 PM	749,0	30,70	6,62	211	0,10	3,57	49,60	105,0	41,7	0,96	50,00
S-11	- 2,03581	- 79,88912	11-Dec-16	2:50 PM	749,2	30,52	6,63	166	0,08	4,78	65,30	83,00	51,6	1,24	90,00
S-12	- 2,02950	- 79,88812	11-Dec-16	3:42 PM	749,5	30,27	6,54	173	0,08	3,89	53,00	86,00	59,4	1,12	90,00
S-13	- 2,02803	- 79,88977	11-Dec-16	12:23 PM	748,0	30,80	5,52	191	0,09	3,16	42,70	95,00		0,92	76,92
S-14	- 2,02575	- 79,88990	11-Dec-16	2:07 PM	748,0	30,24	6,54	178	0,08	4,03	53,30	89,00	84,3	1,16	70,00
S-15	- 2,02189	- 79,89067	11-Dec-16	3:04 PM	749,0	30,59	7,10	198	0,09	3,92	54,20	158,0	54,1	1,04	70,00
S-18	- 2,01365	- 79,89044	11-Dec-16	3:04 PM	749,0	30,61	6,98	182	0,12	2,85	40,09	128,8	48,9	1,24	100,0
Pto. 4 MA	- 2,04862	- 79,88400	11-Dec-16	5:21 PM										0,44	70,00
Pto. 5 MA	- 2,04900	- 79,88420	11-Dec-16	5:06 PM										0,76	70,00
Pto. 6 MA	- 2,04648	- 79,88383	11-Dec-16	-										0,68	80,00
Pto. 11 MA	- 2,03581	- 79,88912	11-Dec-16	5:10 PM										0,80	70,00
Pto. 12 MA	- 2,02950	- 79,88812	11-Dec-16	4:41 PM										1,00	80,00
Pto. 15 MA	- 2,02189	- 79,89067	11-Dec-16	5:08 PM	746,0	30,63	7,31	225	0,10	4,23	58,10	112,0	76,2	1,08	80,00
Pto. 18 MA	- 2,01365	- 79,89044	11-Dec-16	4:50 PM	746,0	30,57	7,15	320	0,15	4,83	66,50	160,0	70,8	1,32	80,00
					Prom. (µ)	30,28	6,92	200,56	0,09	3,99	54,37	105,49	73,45	1,01	75,52
					σ	0,78	0,46	60,17	0,03	0,93	12,03	33,39	59,54	0,22	12,70
					µ-3σ	27,94	5,53	20,04	0,00	1,19	18,27	5,30	-105,18	0,34	37,42
					µ+3σ	32,62	8,31	381,07	0,18	6,78	90,47	205,67	252,08	1,67	113,61

Fuente: Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso

Elaborado: T. Morales, Y. Sánchez.

Tabla 3.6 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (verano)

Amonio (mg/L)NH4+	Fosfatos (mg/l) PO3-4	Nitratos(mg/L)) NO3-N	Nitritos(mg/L) NO2-N	Nitrogeno Total (mg/L) N	DQO (mg/L) O2	TSS (mg/L)	SSV (PPM)	SSF (PPM)	LABORATORIO SEDIMENTO								
									Materia Orgánica	Granulometría						Base	Perdida %
										Peso de la muestra	Tamiz 10 (2mm)	Tamiz 35 (500um)	Tamiz 230 (63um)	Tamiz 400 (38um)			
3,91	1,838	0,01	0,216	2,9	22,0	0,052	0,009	0,043	14,68	106,2	2,7	40,8	42,4	16,6	3,4	0,3	
4,87	0,319	0,11	0,197	2,7	15,0	0,211	0,025	0,186	2,65	105,9	1,9	34,4	40,9	22,9	5,6	0,2	
5,04	0,400	0,02	0,252	4,6	15,0	0,125	0,022	0,103	3,01	116,7	3,4	35,6	41,3	26,30	10	0,1	
5,49	0,379	0,06	0,246	2,8	14,2	0,099	0,015	0,084	23,40	104,8	2,4	34,5	41,9	21,40	4,3	0,3	
5,66	0,313	0,04	0,250	3,5	17,2	0,119	0,019	0,100	3,14	114,7	2,8	43,3	54,4	13,10	0,9	0,2	
4,44	0,177	5,99	0,205	1,9	11,2	0,113	0,016	0,096	3,48	125,4	7,9	51,8	37,8	19,30	8,4	0,2	
5,34	0,335	0,07	0,204	3	10,5	0,055	0,008	0,046	9,11	115,2	18,2	37	43,4	14,90	1,4	0,3	
0,547	0,244	0,13	0,191	1,4	10,4	0,053	0,008	0,045	4,20	109,1	9,3	43,2	35,4	17,40	3,5	0,3	
0,535	0,890	0,03	0,198	1,8	9,90	0,044	0,010	0,034	4,66	102,2	5,2	35,1	42,5	16,30	3	0,1	
0,529	1,279	0,09	0,206	2,1	10,0	0,056	0,010	0,046		124,3	35,6	44,4	28,8	11,40	3,4	0,7	
0,605	0,633	0,03	0,221	3	12,8	0,191	0,027	0,164	12,28	123,7	15,9	36,1	46,3	20,60	4	0,8	
0,574	0,200	0,15	0,209	1,7	9,60	0,048	0,009	0,039	3,70	111,2	2,9	35,8	52,8	16,40	3,1	0,2	
0,529	0,175	6,71	0,164	1,3	11,7				18,35	81,3	0,1	16,1	46,7	16,40	1,5	0,5	
0,587	0,950	5,41	0,205	1,9	10,3	0,057	0,011	0,045	22,11								
7,13	0,269	6,41	0,230	1,9	12,9	0,063	0,011	0,052	26,16	110,1	11,6	42,4	39,9	12,00	3,8	0,4	
6,31	0,340	6,41	0,244	3,5	15,5	0,079	0,016	0,063	3,82	110,2	9,2	43,2	37,9	16,60	3,1	0,2	
3,68	0,050	5,08	0,148	1,5	9,00	0,127	0,019	0,109									
6,52	0,065	6,04	0,175	0,7	9,50	0,048	0,009	0,039									
3,69	0,263	35,29	0,147	0,9	12,5	0,088	0,014	0,074									
7,11	0,142	41,67	0,201	1,3	8,70	0,173	0,025	0,148									
0,627	0,413	22,67	0,205	2,6	13,3	0,099	0,015	0,083									
1,42	0,265	0,03	0,234	2	12,8	0,089	0,015	0,073									
6,10	0,319		0,238	4,7	12,7	0,066	0,014	0,052									
3,53	0,45	6,48	0,21	2,33	12,47	0,09	0,01	0,08	10,32	110,73	8,61	38,25	42,16	17,44	3,96	0,32	
2,53	0,42	11,60	0,03	1,06	3,09	0,05	0,01	0,04	8,52	10,89	9,18	7,88	6,39	4,09	2,45	0,20	
-4,05	-0,82	-28,34	0,12	-0,86	3,19	-0,05	0,00	-0,05	-15,24	78,06	-18,93	14,62	23,00	5,18	-3,40	-0,29	
11,11	1,72	41,29	0,30	5,53	21,74	0,24	0,03	0,21	35,87	143,40	36,15	61,87	61,32	29,70	11,32	0,93	

Fuente: Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso

Elaborado: T. Morales, Y. Sánchez

Tabla 3.7 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (invierno)

ID	N	E	Date	Time	Water Temperature (°C)	pH	Conductivity (µs/cm)	Salinity (ppt)	DO (mg/l)	DO (%sat)	TDS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	Dureza (meq/L CaCO ₃)
1 MB	9.773.018,00	624.148,00	22-Feb-17	11:20 AM	27,89	5,98	520	0,25	3,06	40,40	259,0	519	10,00	2,72
2 MB	9.773.198,00	624.219,00	22-Feb-17	11:30 AM	29,76	6,57	499	0,24	3,10	41,30	250,0	304	8,00	2,36
3 MB	9.773.294,00	624.147,00	22-Feb-17	11:46 AM	30,3	6,58	507	0,24	2,49	33,00	254,0	> RANGO	11,00	1,16
4 MB	9.773.505,00	624.066,00	22-Feb-17	11:50 AM	30,59	6,89	1201	0,59	3,12	42,40	600,0	> RANGO	0,00	2,48
5 MB	9.773.681,00	624.211,00	22-Feb-17	11:59 AM	29,08	7,07	502	0,24	2,70	35,70	251,0	321	11,00	2,4
6 MB	9.773.820,00	624.075,00	22-Feb-17	12:10 PM	28,64	7,12	515	0,25	2,97	37,10	257,0	298	0,00	3
7 MB	9.773.920,00	623.902,00	22-Feb-17	12:25 PM	28,66	6,92	511	0,24	2,9	38	254	357	8,00	2,56
8 MB	9.774.127,00	623.794,00	22-Feb-17	12:35 PM	30,00	7,03	450	0,21	2,87	39,50	225,0	> RANGO	9,00	2,4
9 MB	9.774.535,00	623.653,00	22-Feb-17	12:47 PM	29,11	6,90	543	0,26	2,22	29,70	271,0	270	11,00	2,64
10 MB	9.774.843,00	623.556,00	22-Feb-17	12:49 PM	29,14	7,15	539	0,26	2,06	27,40	270,0	231	8,00	2,56
11 MB	9.775.167,00	623.497,00	22-Feb-17	1:01 PM	29,31	7,09	538	0,26	2,13	29,10	269,0	209		
12 MB	9.775.465,00	623.438,00	22-Feb-17	1:31 PM	29,17	7,18	592	0,28	1,94	26,40	296,0	179	11,00	2,64
13 MB	9.775.905,00	623.374,00	22-Feb-17	1:42 PM	28,77	6,97	514	0,25	1,81	24,00	257,0	135	8,00	1,8
14 MB	9.776.081,00	623.326,00	22-Feb-17	2:00 PM	29,27	6,92	578	0,28	1,85	24,40	289,0	166	11,00	3,04
15 MB	9.776.337,00	623.168,00	22-Feb-17	2:18 PM	29,12	6,97	600	0,29	2,82	38,10	300,0	167	11,00	2,88
18 MB	9.777.395,00	623.400,00	22-Feb-17	2:27 PM	29,39	6,88	603	0,29	2,48	33,30	302,0	98,1	10,00	2,92
1 MA	9.773.022,00	624.148,00	22-Feb-17	4:00 PM	29,22	7,56	214	0,10	3,06	49,10	107,0	101	9,00	1,48
2 MA	9.773.243,00	624.210,00	22-Feb-17	4:15 PM	28,98	7,74	184	0,09	3,32	45,10	92,0	113	8,00	1,6
3 MA	9.773.109,00	624.159,00	22-Feb-17	4:20 PM	28,91	7,29	216	0,15	2,80	37,40	108,0	116	9,00	1,76
4 MA	9.773.306,00	624.066,00	22-Feb-17	4:25 PM	29,17	7,06	322	0,15	2,67	35,60	161,0	127	0,00	2,12
5 MA	9.773.694,00	624.192,00	22-Feb-17	4:30 PM	29,44	6,91	517	0,25	2,06	27,60	258,00	163	6,00	2,52
6 MA	9.773.694,00	624.192,00	22-Feb-17	4:37 AM	29,18	7,21	503	0,24	2,08	27,80	251,0	143	9,00	2,68
7 MA	9.773.969,00	623.823,00	22-Feb-17	4:40 AM	29,14	7,23	526	0,25	2,08	27,80	263,0	143	10,00	2,44
8 MA	9.774.127,00	623.756,00	22-Feb-17	4:44 PM	29,62	7,07	527	0,25	2,04	27,10	264,0	150	9,00	2,44
9 MA	9.774.519,00	623.655,00	22-Feb-17	4:50 PM	29,72	7,31	460	0,22	2,86	38,70	230,0	247	9,00	2,44
10 MA	9.774.848,00	623.551,00	22-Feb-17	5:00 PM	29,35	7,36	565	0,27	2,73	28,30	283,0	181	7,00	2,6
11 MA	9.775.165,00	623.306,00	22-Feb-17	5:10 PM	29,73	7,21	447	0,21	3,12	30,30	280,0	149		
12 MA	9.775.474,00	623.434,00	22-Feb-17	5:17 PM	29,43	7,24	559	0,27	2,25	30,30	280,0	149	9,00	3
13 MA	9.775.902,00	623.379,00	22-Feb-17	5:23 PM	29,21	7,05	576	0,28	2,04	27,40	288,0	149	10,00	2,72
14 MA	9.776.112,00	623.375,00	22-Feb-17	5:27 PM	29,34	7,07	589	0,28	1,67	22,40	295,0	113	10,00	2,72
15 MA	9.776.112,00	623.312,00	22-Feb-17	5:32 PM	29,28	7,13	588	0,28	1,89	25,40	294,0	100	10,00	2,92
18 MA	9.777.381,00	623.379,00	22-Feb-17	5:40 PM	29,26	7,16	617	0,30	1,34	17,80	309,0	64	9,00	2,68

Fuente: Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso.

Elaborado: T. Morales, Y. Sánchez

Tabla 3.8 Datos de los análisis del agua del Estero Sabanilla (invierno)

Amonio (mg/L)NH4-N	Floruros (mg/L F-)	Fosfatos (mg/l) PO4 -P	Nitratos (mg/L) NO3-N	Nitritos (mg/L) NO2-N	Cloruros (mg/L Cl-)	TSS (mg/L)	SSV (mg/L)	LABORATORIO SEDIMENTO							
								Materia Orgánica	Granulometría Porcentaje					Base	Perdida
									Peso de la muestra	Tamiz 10 (2mm)	Tamiz 35 (500um)	Tamiz 230 (63um)	Tamiz 400 (20um)		
0,648	0,298	0,479	14,052		777,012	0,457	0,042	1,97	104,10	7,01	35,25	36,98	16,04	4,71	0,00
0,68	0,239	0,752	27,57	0,03	826,73	0,317	0,015	2,48	118,40	3,13	37,93	42,17	15,07	1,69	0,25
0,59	0,3	0,287	12,52		855,99	0,438	0,062	2,25	99,30	2,83	35,02	42,68	17,15	2,32	0,20
0,571	0,301	0,466	11,660		906,160	0,197	0,015	2,27	139,90	7,59	39,23	43,74	6,37	3,08	0,14
0,563	0,334	0,473	9,970		864,040	0,172	0,015	2,64	167,30	0,90	15,63	29,95	48,23	5,29	0,60
0,723	0,261	0,604	11,130		852,800	0,208	0,072	2,37	108,60	10,22	33,33	52,58	2,95	0,92	0,00
1,113	0,261	0,061	11,210		854,410	0,180	0,003	2,48	105,90	17,19	36,45	31,16	11,14	4,06	0,00
0,656	0,288	0,602	10,810		893,060	0,149	0,035	2,39	109,00	9,65	37,59	33,64	14,80	4,32	0,18
0,482	0,286	0,775	11,809		891,709	0,140	0,009	3,37	161,30	4,60	31,95	53,01	7,15	3,29	0,25
0,670	0,285	0,781	14,356		872,085	0,153	0,023	3,73	147,50	5,50	34,17	49,32	5,64	5,37	0,20
0,547	0,353	0,689	5,728		933,177			3,47	187,90	2,08	17,66	35,54	44,07	0,66	2,66
0,487	0,286	0,859	6,138		969,311	0,11	0,019	4,81	158,90	24,81	40,30	26,89	5,29	2,71	0,06
0,659	0,313	0,807	6,138		984,012	0,15	0,011	2,36	108,10	39,91	31,30	22,50	4,81	1,48	0,09
0,520	0,376	0,729	6,270		996,830			3,59	169,50	14,29	41,00	28,20	10,82	5,69	4,60
0,501	0,333	0,969	4,960		1.168,768			3,47	110,60	16,56	37,74	33,67	7,78	4,25	0,09
0,625	0,285	0,185	12,753	0,040	101,550	0,11	0,010								
0,455	0,227	0,397	21,500	0,045	97,783	0,30	0,123								
0,464	0,221	0,115	12,578	0,046	107,749	0,08	0,016								
0,603	0,303	0,111	12,586	0,044	272,457										
0,604	0,281	0,515	11,382		857,367	0,14	0,021								
0,721	0,395	0,591	12,557	0,038	733,861	0,08	0,012								
0,749	0,263	0,600	10,509		872,528	0,10	0,017								
0,657	0,290	0,582	10,224		880,465	0,08	0,010								
0,488	0,250	0,529	6,115		891,060	0,09	0,006								
0,530	0,294	0,732	4,871		940,277	0,07	0,017								
0,476	0,286	0,751	4,488		1.044,174	0,07	0,013								
0,499	0,354	2,095	3,829		951,279	0,08	0,018								
0,483	0,324	0,848	7,733		948,306	0,20	0,017								
0,754	0,294	0,890	5,763		1.052,170	0,10	0,02								
0,690	0,288	1,053	1,344		1.167,243	0,05	0,021								

Fuente: Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso.

Elaborado: T. Morales, Y. Sánchez

Si bien es cierto durante el desarrollo de las pasantías comunitarias se hicieron varios análisis con el fin de determinar la calidad del agua del Estero Sabanilla, el presente proyecto se enfocará solo en los resultados de los análisis que incumplen con la normativa ambiental ecuatoriana actual (ACUERDOS 097-A ANEXO 1), específicamente para aguas de riego.

3.3.4 Análisis de cloruros

Entre los análisis realizados durante el proyecto de vinculación se encontró que el nivel de cloruros es bastante elevado sobre todo en marea baja y en algunos puntos de la marea alta. Es necesario acotar que solo se pudieron muestrear en quince de los dieciocho puntos, esto debido a la dificultad para muestrear en los puntos once dieciséis y diecisiete.

3.3.5 Análisis de sodio y de dureza

Los análisis adicionales al proyecto de vinculación fueron análisis de sodio y dureza, los cuales permiten caracterizar el agua con respecto al índice de RAS, el mismo que es un parámetro determinante en la calidad de agua para riego de cultivos como se lo explicó en el capítulo anterior.

Para el análisis de sodio se siguieron los mismos procedimientos realizados en el muestreo del proyecto de vinculación, los cuales están detallados en este capítulo. Sin embargo, solo se realizó el muestreo en siete de los dieciocho puntos realizados en el proyecto de vinculación. También es importante aclarar que el análisis de dureza ya estaba realizado en el proyecto de vinculación, sin embargo, se volvió a realizar porque se tomaron muestras nuevas de agua del Estero Sabanilla.

Otro dato importante de resaltar es que las concentraciones de sodio en las muestras tomadas fueron relativamente altas, debido a esto se realizaron diluciones al momento de analizar las muestras en el espectrofotómetro para de esta manera poder determinar los niveles de sodio en las siete muestras de agua.

La figura 3.6 muestra la correcta preparación de las muestras mediante la dilución de las mismas para la determinación de los niveles de sodio. Método contemplado en el Standard Methods, 2013. El análisis de sodio fue realizado en el Laboratorio de Espectrometría de la ESPOL (LESPEC), el mismo que se llevó a cabo con la ayuda del cromatógrafo, específicamente con el método de la llama.

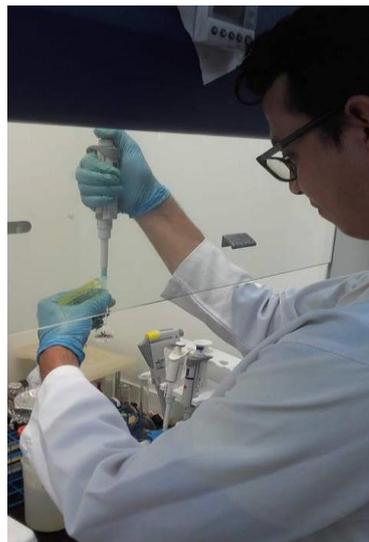


Figura 3.6 Dilución del agua del Estero Sabanilla



Figura 3.7 Análisis de sodio de las muestras realizado en el espectrofotómetro mediante el método de la llama.

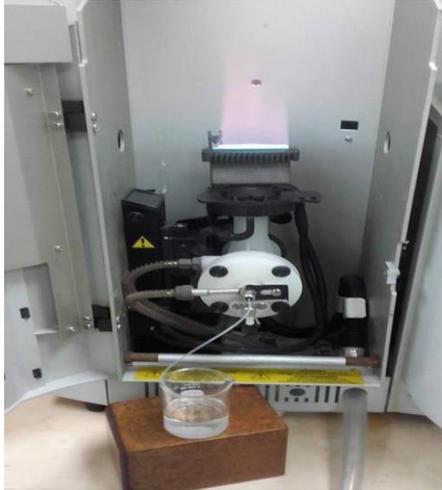


Figura 3.8 Método de la llama en el espectrofotómetro para la determinación sodio

La figura 3.9 muestra el análisis de dureza realizado en el Laboratorio de Aguas de la ESPOL, siguiendo los lineamientos del Standard Methods, 2013. Cabe destacar que las muestras utilizadas en este ensayo fueron las mismas que las utilizadas para la determinación de sodio.



Figura 3.9 Determinación de la dureza

La selección de los siete puntos que se muestrearon para medir el índice de RAS se la realizó de forma aleatoria, evitando que los siete puntos de muestreo sean complejos en cuanto a accesibilidad. A continuación, se detalla la comparación entre los siete puntos

escogidos para la medición del índice de RAS con los dieciocho puntos muestreados.

Tabla 3.9 Comparación de los puntos muestreados en el proyecto de vinculación frente a los puntos muestreados durante el desarrollo de este proyecto

Puntos muestreados durante el proyecto de vinculación	Puntos muestreados durante el desarrollo de este proyecto
1	1
3	2
6	3
7	4
12	5
15	6
18	8

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Los valores de dureza obtenidos presentan una leve diferencia entre los presentados en el proyecto de vinculación y los datos analizados en este proyecto. Para la determinación de la dureza se utiliza la siguiente ecuación:

$$DUREZA = \frac{V_{EDTA} * M_{EDTA}}{V_{MUESTRA}} * 100091 \quad (3.3)$$

3.3.6 Cálculo del índice de RAS

Como se lo mencionó en el segundo capítulo el índice de JRAS es uno de los parámetros más influyentes respecto a la calidad de agua para riego. Es por ese motivo que, aunque no se tenían valores del nivel de sodio realizados en el proyecto de vinculación, se realizó el análisis previo. Para el cálculo del índice de RAS se utiliza la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na}{\left(\frac{Ca+Mg}{2}\right)^{0.5}} \quad (3.4)$$

Como se lo mencionó en el capítulo 2 existe una ecuación propuesta por (Wescot y Ayers; 1985) en donde se le hace un ajuste al valor del RAS calculado, con el objetivo de obtener el índice de RAS real. La ecuación para ajustar el índice de RAS es:

$$RAS_{AJUSTADO} = 0.08 + 1.115 * (RAS) \quad (3.5)$$

3.4 Proceso para la experimentación del método de tratamiento de aguas del Estero Sabanilla

Para la elección del método de tratamiento con el que se va a adecuar el agua del Estero Sabanilla se realizaron algunas pruebas a nivel de laboratorio, de tal forma que el método que se propone en este proyecto cumpla con los objetivos planteados en el primer capítulo.

En primer lugar, luego de realizar los análisis del agua y determinar que incumple con la normativa vigente referente al agua para riego, se determinó que se debía de reducir la concentración de cloruros y de sodio.

Para bajar el nivel de cloruros y de sodio se realizaron pruebas en el sistema de resinas de intercambio iónico, el mismo que se encuentra en el laboratorio de química general 2. Las primeras pruebas realizadas, es decir las dos primeras pasadas del agua del Estero Sabanilla por el sistema de intercambio iónico, no dieron buenos resultados, debido a que al principio se utilizaron resinas que habían sido usadas. Lo que se cree es que las resinas estaban gastadas y no iban a funcionar de la mejor manera.

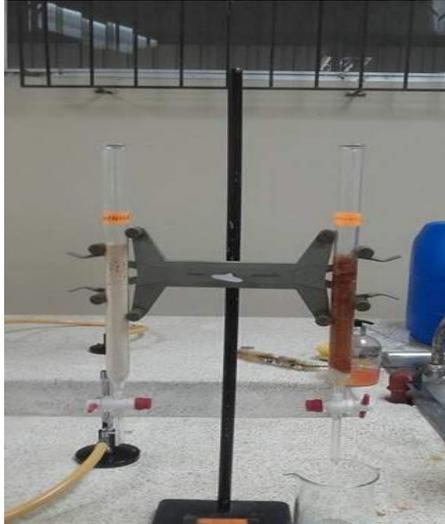


Figura 3.10 Sistema de intercambio iónico



Figura 3.11 Tratamiento del agua con el sistema de intercambio iónico

Para la tercera pasada se utilizó resinas nuevas, para esto antes de hacer pasar el agua a tratar por las resinas nuevas, se realizó un lavado de estas con agua destilada. El objetivo del lavado de las resinas con agua destilada es quitar la capa protectora que estas traen, lo que hace que no remuevan los iones de la mejor forma.

Efectivamente luego de realizar la pasada de agua del Estero Sabanilla por el sistema de intercambio iónico con las resinas nuevas se pudo

remover los iones presentes en el agua, de tal forma que el producto es agua desionizada.

Para verificar que la remoción de iones en el sistema de tratamiento era efectiva, se realizaron pruebas de forma cualitativa para medir el nivel de cloruros del agua tratada. Para esto se utilizó nitrato de plata (AgNO_3) 0.1 N, de tal forma que antes del tratamiento se agregaban dos o tres gotas del compuesto y se notaba un color opaco, puesto que este tiende a precipitarse en presencia de cloruros. El mismo procedimiento se realizó para el agua después de pasar por las columnas de intercambio iónico, en este ya no se formaba el color opaco que se veía antes del tratamiento, lo cual nos daba una certeza que la remoción de la mayoría de iones cloruros había sido efectiva.



Figura 3.12 Comprobación de la remoción de iones con (AgNO_3) 0.1 N

La desventaja de trabajar a nivel de laboratorio es que el volumen de agua tratada no era suficiente para los análisis posteriores que se tenían que realizar. Para esto se armó un sistema de tratamiento a una mayor escala utilizando filtros y llenándolos de resina de catiónica y aniónica, de tal manera que simulen ser un lecho empacado y funcionen como un sistema de resina de intercambio iónico.

Así mismo se realizó un análisis cualitativo con nitrato de plata (AgNO_3) 0.1 N, para verificar que el sistema de tratamiento era efectivo. Con esto se obtuvo un mayor volumen de agua tratada para realizar los análisis posteriores.



Figura 3.13 Desmineralización del agua a mayor escala



Figura 3.14 Muestras de aguas con AgNO_3 0.1 N antes y después del tratamiento

En la sección de anexos se incluyen más memorias fotográficas respecto a la experimentación del sistema de tratamiento que se propone en este proyecto.

3.5 Sistema de tratamiento de agua para adecuar el agua del Estero Sabanilla para riego

El sistema de tratamiento de agua propuesto en el proyecto está basado en la desmineralización del agua del Estero Sabanilla de tal forma que

se reduzca en nivel de sodio y de cloruros en el agua. Sin embargo, el tener agua desmineralizada para agua de riego no es tan recomendable, es por eso que este proyecto contempla el tratamiento de un porcentaje del agua requerida para riego, y el otro porcentaje restante sin tratar. De tal forma que se produzca una dilución entre el agua tratada y el agua no tratada.

De esta manera se reducirán los niveles de cloruros y de sodio, de tal forma que cumpla con la normativa vigente para agua de riego, además, que el agua obtenida como producto no pierda todos sus nutrientes de forma que aporte nutriente para el suelo y por ende para el arroz.

En lo que respecta al diseño del sistema de tratamiento debido a que el agua del Estero Sabanilla contiene un nivel considerable de sólidos disueltos totales, y debido también a que las resinas de intercambio iónico se deterioran a mayor velocidad si se ingresa al sistema el agua del estero como tal, este proyecto contempla realizar un pre tratamiento al agua del estero, previo al ingreso a las columnas de intercambio iónico.

Para el pretratamiento se considera el uso de un sedimentador rectangular, el mismo que conlleva una cámara difusora a la entrada del agua a tratarse, de manera que el proceso de sedimentación se realice de mejor forma y a mayor velocidad.

A la salida del agua tratada existe un mezclador (o puede considerarse en el proyecto un tanque de mezcla), donde se van a unir las dos corrientes de agua (agua tratada y agua no tratada).

Dentro de la parte experimental se realizaron las mezclas de agua tratada con agua no tratada. Para esto se seleccionaron los datos de uno de los puntos muestreados, procurando que los datos de análisis de agua de dicho punto sea una media o un aproximado de una media con referencia a los otros puntos.

Como se lo mencionó anteriormente una de las desventajas para la realización de los análisis posteriores al tratamiento era la poca cantidad de volumen de agua que se iba a tratar, es por eso que para el tratamiento y análisis posterior de cloruros se tomó el muestreo del punto uno y en marea alta. La justificación de aquello es que el valor reportado en este punto y en marea alta en el proyecto de vinculación fue bajo, por ello y debido a que la cantidad de resina que se tenía para hacer la experimentación era pequeña, se consideró escoger este punto de tal forma que la cantidad de cloruros que se tenían que remover era la menor en comparación con los otros puntos y en marea baja.

Para la realización de las mezclas de agua se seleccionaron cuatro diferentes porcentajes entre agua tratada y agua no tratada. Es importante enfatizar que justamente de estas cuatro muestras se hicieron los análisis finales, para corroborar si el sistema de tratamiento propuesto es efectivo, además, para seleccionar cual es el porcentaje de mezcla con mayor beneficio para el suelo y que cumpla con los niveles establecidos en la normativa ambiental referida antes respecto a aguas para riego.



Figura 3.15 Mezclas con diferentes porcentajes de agua tratada y agua no tratada

Si bien es cierto en este proyecto previo al tratamiento solo se realizaron análisis de sodio y de cloruros, sin embargo, para los análisis después del tratamiento planteado se realizarán además de los dos análisis

preliminares nitratos y fosfatos. Esto con el fin de corroborar que el agua después del tratamiento aporte con nutrientes que sean beneficiosos para el cultivo de arroz.

En la tabla 3.10 se muestran los porcentajes de mezcla realizados en la experimentación de este proyecto.

Tabla 3.10 Diferentes porcentajes de mezcla de agua tratada y agua no tratada

Mezclas	Agua tratada	Agua no tratada
A	60 %	40 %
B	70 %	30 %
C	80 %	20 %
D	90 %	10 %

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

3.6 Consideraciones de diseño para el sistema de tratamiento de aguas propuesto

3.6.1 Caudal de uso del agua del Estero Sabanilla para actividades agrícolas

Dentro de la encuesta realizada a la asociación de agricultores del recinto San Enrique también se pudieron tomar datos que son importantes para la determinación del caudal aproximado del consumo de agua para actividades agrícolas. Es importante resaltar que la recepción de esta información no formaba parte de la encuesta en mención, sin embargo, los datos tomados son de gran utilidad para la estimación del caudal de agua del estero que utilizan para regar el arroz, además, estos datos son muy precisos, ya que, son provenientes de los mismos agricultores del sector. En la tabla 3.11 se muestran los datos que servirán para la estimación del caudal de agua utilizado.

Tabla 3.11 Datos para la estimación del caudal de agua del Estero Sabanilla utilizado para el riego del arroz

Tiempo de uso del agua del Estero Sabanilla para 1/2 hectárea de sembrío (horas/día-semana)	Tiempo de uso del agua del Estero Sabanilla para 1 hectárea de sembrío (horas/día-semana)	Diámetro de bomba usado para succión (pulgadas)	Caudal de la bomba aproximado (litros/minuto)
6	12	2	200

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Es importante explicar que el tiempo de uso de agua del estero respecto al el espaciado de días y semana es el mismo, ya que, se informó por parte de los agricultores del sector que solo encienden la bomba de riego una vez por semana, por un aproximado de seis horas en el caso de los propietarios de media hectárea, y doce horas los propietarios de una hectárea.

Respecto a los tiempos de riego y la forma de efectuar el mismo, los agricultores informaron que se riega una sola vez por semana, procurando que el terreno quede inundado por completo, y que en aproximadamente una semana se seca nuevamente la tierra, apenas ocurre esto vuelven a encender la bomba para inundar de nuevo el terreno.

3.6.2 Cálculo agua del estero usado para actividades agrícolas

Para el cálculo de la cantidad de agua que se utiliza para el desarrollo de las actividades agrícolas del recinto San Enrique, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{utilizado} = \frac{Volumen}{tiempo} \quad (3.6)$$

Debido a que el riego solo se lo hace una vez por semana, se determinará el caudal de agua necesario por día, esto con el fin de saber el tiempo de operación que debe tener el sistema de tratamiento propuesto en este proyecto para la adecuación del agua del Estero Sabanilla.

Los cálculos respectivos se encuentran en el ANEXO B.

3.6.3 Diseño del sedimentador

Para el diseño del sedimentador se tomará como referencia el modelo de sedimentación rectangular. Este modelo se basará en el funcionamiento de un sedimentador que cuenta con una pantalla difusora que separa la zona de entrada del agua a tratar y la zona de sedimentación.

En la pantalla difusora existirán ranuras u orificios, a través de estos orificios pasará el agua a tratar con un régimen de velocidad adecuado para que se lleve a cabo de la mejor forma la sedimentación. Los orificios más comunes son los circulares, sin embargo, también existen orificios rectangulares o cuadrados.

Haciendo una síntesis de la descripción de este modelo, este se basará en el funcionamiento de un tanque rectangular en la cual se produce la sedimentación, la profundidad a la entrada del flujo es un poco mayor que la profundidad a la salida del flujo, el motivo de esta variación de profundidades se da para que exista una caída o pendiente en la cual se va a dar es deslizamiento de los sedimentos que se forman, esto ayudará a que la sedimentación se desarrolle de una mejor forma.

En la figura 3.16 se muestra el diseño de un sedimentador rectangular con las características antes descritas.

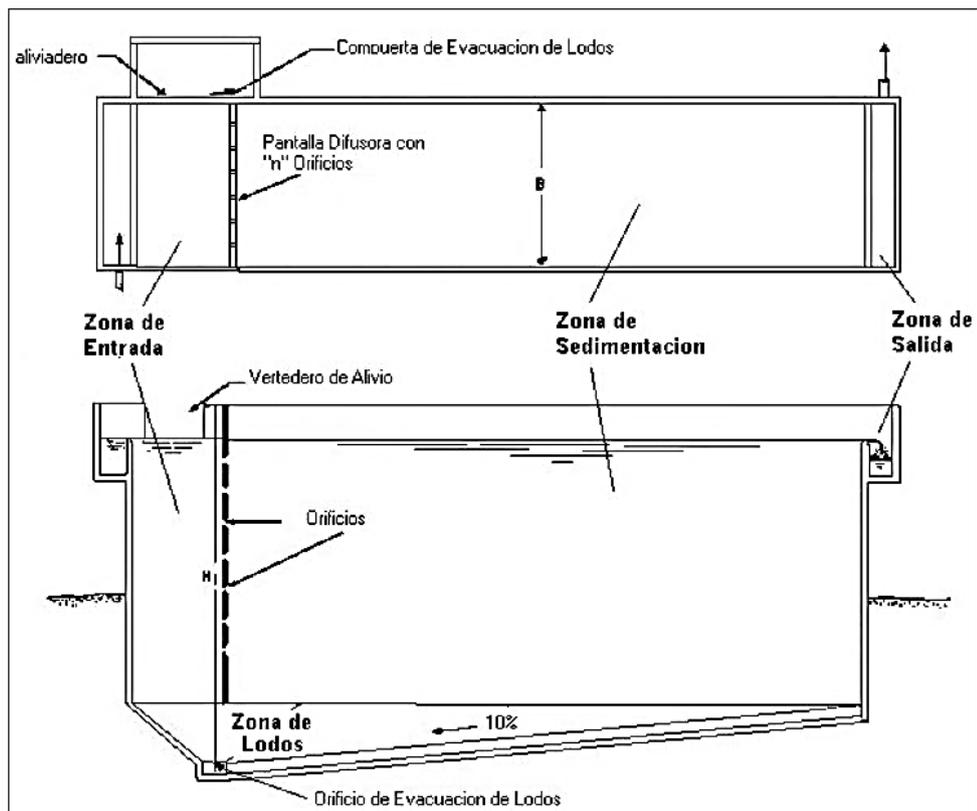


Figura 3.16 Esquema de un sedimentador rectangular con pantalla difusora a la entrada del flujo

Fuente: Tratamiento de aguas residuales, G. Rivas Mijares; 1978.

3.6.4 Cálculos para el dimensionamiento del sedimentador

3.6.4.1 Cálculos para la zona de sedimentación

Previo al cálculo de dimensionamiento del sedimentador, es necesario conocer algunos valores que servirán para la determinación antes dicha. En la tabla 3.12 se muestran algunos datos que son importantes para el desarrollo de los cálculos efectuados en el ANEXO B.

Tabla 3.12 Datos para el diseño del sedimentador

Caudal de diseño (m^3/s)	Velocidad de sedimentación (m/s)
0.0025	0.000166

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Para el cálculo del área superficial, tenemos:

$$A_s = \frac{Q}{V_s} \quad (3.7)$$

Para el cálculo de la longitud del sedimentador, tenemos:

$$L_2 = \frac{A_s}{B} \quad (3.8)$$

Para la determinación de la velocidad horizontal V_H , tenemos:

$$V_H = \frac{100*Q}{B*H} \quad (3.9)$$

Para el cálculo del tiempo de retención, tenemos:

$$T_0 = \frac{\text{Volumen del sedimentador}}{\text{Caudal de proceso}} \quad (3.10)$$

La altura de agua sobre el vertedero, tenemos:

$$H_2 = \left[\frac{Q}{1.84B} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.11)$$

3.6.4.2. Cálculos para el diseño de la pantalla difusora

Para el cálculo del área total de los orificios, tenemos:

$$A_0 = \frac{Q}{V_0} \quad (3.12)$$

Para determinar el número de orificios, tenemos:

$$n = \frac{A_0}{a_0} \quad (3.13)$$

Para determinar la porción de altura de la pantalla difusora con orificios, tenemos:

$$h = H - 2/5 H \quad (3.14)$$

Para determinar el espaciamiento entre filas, tenemos:

$$-a_1 = \frac{h}{nf} \quad (3.15)$$

Para determinar el espaciamiento entre columnas, tenemos:

$$a_2 = \frac{B-a_1(nc-1)}{2} \quad (3.16)$$

3.6.5 Diseño del desmineralizador

Para construcción del desmineralizador se debieron seguir algunos pasos, los mismos que son muy importante en cuanto a la eficacia con que lleve a cabo la desmineralización del agua. Entre los pasos seguidos tenemos:

- Determinación de la disponibilidad de agua a tratar.
- Caracterización de los parámetros físico-químico más importantes.
- Características y tipo de resina de intercambio iónico a utilizar.
- Decisión respecto al tiempo en que se llevara a cabo el proceso de intercambio iónico.
- Decisión por el tipo de regenerante que se va a utilizar.
- Determinación de parámetros influyentes en la operación del sistema, esto es: caudal de agua, altura de la resina, velocidades de flujo, caudal de entrada, etc.

En la figura 3.17 se presenta un esquema básico de un desmineralizador y los iones de los compuestos que se retienen en cada columna.

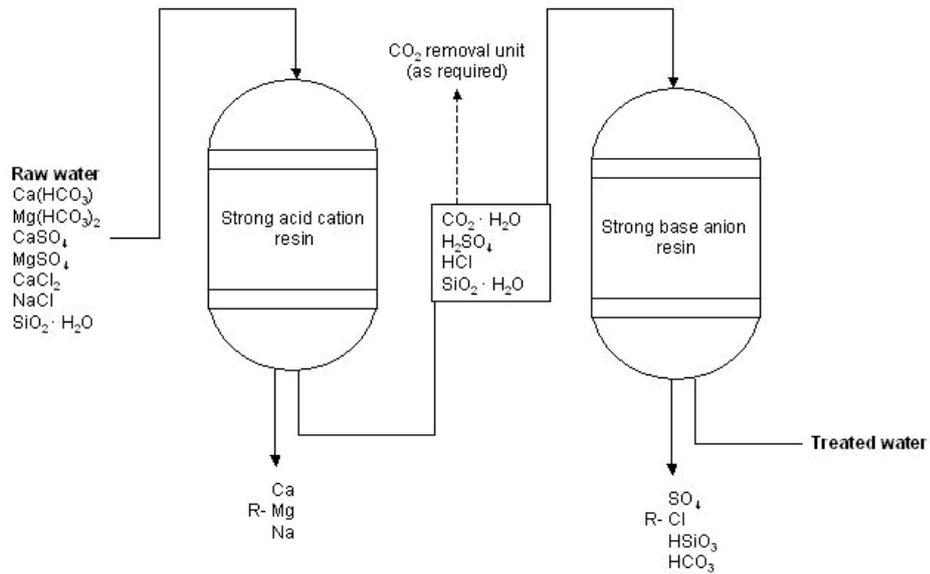


Figura 3.17 Esquema de un desmineralizador de agua

Fuente: Tomado de la página oficial de TECNOSAN, 2010

A continuación, se presentan los cálculos y consideraciones hechas para el diseño del sistema de tratamiento que se presenta en este proyecto.

3.6.5.1. Cálculo para el dimensionamiento de la columna de intercambio catiónico

Previo al cálculo de dimensionamiento de la columna de intercambio catiónico, es necesario conocer algunos valores que servirán para la determinación antes dicha.

En la tabla 3.13 se muestran algunos datos que son importantes para el desarrollo de los cálculos efectuado en el ANEXO B.

Tabla 3.13 Datos para la estimación del dimensionamiento de intercambio catiónico

Cationes totales a remover (ppm)	Producción de agua a obtener (litros)	Capacidad de la resina de intercambio catiónico (gr/L)	Radio de la columna de intercambio catiónico (cm)
400	9000	200.37	30

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

3.6.5.2. Volumen de la resina catiónica fuerte (V_{CF})

Para el cálculo del volumen de la resina, tenemos:

$$V_{CF} = \frac{CT * P}{CR} \quad (3.17)$$

Fuente: Formula consultada del manual FMC-FILSAN

Para determinar el volumen del cilindro, tenemos:

$$V_{CF} = \pi * r^2 * h \quad (3.18)$$

Para el cálculo de la altura de la columna catiónica, tenemos:

$$H = h + (\%E * h) \quad (3.19)$$

3.6.5.3. Cálculos para el dimensionamiento de la columna de intercambio aniónico

De la misma forma como se hizo en el dimensionamiento de la columna de intercambio catiónico, se realizará los cálculos de la resina de intercambio aniónico, para ello también es necesario conocer algunos datos que servirán para la estimación antes dicha. En la tabla 3.14 se muestran los datos que se toman en cuenta en los cálculos realizados en el ANEXO B.

Tabla 3.14. Datos para la estimación del dimensionamiento de intercambio aniónico

Aniones totales a remover (ppm)	Producción de agua a obtener (litros)	Capacidad de la resina de intercambio aniónico (gr/L)	Radio de la columna de intercambio aniónico (cm)
700	9000	350.53	30

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

3.6.5.4. Volumen de la resina aniónica (v_{af})

Para el cálculo de la resina aniónica, tenemos:

$$V_{AF} = \frac{(AT * P)}{CR} \quad (3.20)$$

Fuente: Formula consultada del manual FMC-FILSAN

Para el cálculo de la altura de la resina aniónica, tenemos:

$$h = \frac{V_{AF}}{\pi * r^2} \quad (3.21)$$

Una vez realizados los cálculos para el dimensionamiento de las columnas de intercambio catiónico y aniónico, se procederá a realizar los cálculos para la determinación de flujos y tiempo para el sistema de tratamiento de agua.

3.6.5.5. Cálculos para la determinación de flujos y tiempos para la unidad de intercambio iónico.

El sistema de tratamiento de intercambio iónico va a operar de manera continua. Para los cálculos efectuados en esta parte se tiene información previa, la misma que fue proporcionada por parte de los proveedores de las resinas de intercambio iónico. Por otra parte, las características de las resinas se presentan en la ficha técnica de cada una de ellas, las mismas que se encuentran en los anexos de este documento para su revisión en caso de ser necesario.

Los cálculos respecto a los flujos y tiempos de operación del sistema de intercambio iónico, se encuentran en el ANEXO B.

3.6.5.6. Cálculos para la estimación del caudal del proceso

De la misma forma como se hizo en el dimensionamiento de la columna de intercambio catiónico y aniónico, se realizarán los cálculos para el caudal del proceso y para los tiempos de operación del mismo. En la tabla 3.15 se muestran los datos que se toman en cuenta en los cálculos realizados en el ANEXO B.

Tabla 3.15 Datos para la estimación del caudal del proceso

Altura de la resina de intercambio catiónico y aniónico (cm)	Radio de la resina de intercambio catiónico y aniónico (cm)	Velocidad lineal del proceso recomendada (m/h)
148	30	290

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Para la determinación del caudal del proceso de intercambio iónico se utilizará la ecuación de continuidad de fluidos, la misma que se representa de la siguiente forma:

$$Q_P = V * A \quad (3.22)$$

3.6.5.7. Cálculo para el tiempo de regeneración

El tiempo de regeneración de las resinas fue recomendado por el proveedor de las resinas, para esto fue necesario mostrar los datos con la cantidad de iones (cationes y aniones) que se desean remover. Después de mostrar los valores de iones a remover el proveedor de las resinas recomendó la regeneración de las mismas por cada treinta y seis horas de operación. A nivel de laboratorio se hicieron varias pasadas de agua no tratada por medio de las resinas de intercambio iónico, haciendo una estimación se pudo constatar que el tiempo de regeneraciones mayor de treinta horas de operación del sistema. Es importante señalar que dicha el análisis del tiempo de regeneración de las resinas solo fue una aproximación desde el pequeño caudal y altura de la resina que trabajamos en el laboratorio hacia un estimado del caudal real y altura real de la resina calculada en el ANEXO 2.

3.6.6 Cálculos de consumo de agua de lavados

3.6.6.1. Cálculo para el consumo de agua de lavados de la resina catiónica.

Para la estimación del consumo de agua de lavados se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{CC} = 2 * BV_{CF} \quad (3.23)$$

3.6.6.2. Cálculo para el consumo de agua de lavados de la resina aniónica

Al igual que para el cálculo de la resina catiónica se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{CA} = 2 * BV_{AF} \quad (3.24)$$

Los cálculos respectivos al consumo de agua de lavado se encuentran disponibles en el ANEXO B.

3.6.6.3. Cálculos del caudal y tiempo de lavado lento para la resina catiónica

Con respecto a la velocidad del lavado lento para las resinas, se consideró un valor aproximado de 5 m/h, este valor fue recomendado por el proveedor de las resinas de intercambio iónico. El valor de velocidad de lavado lento se lo va a tomar en cuenta en el cálculo de tiempo de lavado lento para las resinas catiónicas y para las resinas aniónicas.

Para la efectucción de este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{LLC} = V * A \quad (3.25)$$

Para el cálculo del tiempo de lavado, tenemos:

$$Q_{LLC} = \frac{V}{t_{LLC}} \quad (3.26)$$

Entonces:

$$t_{LLC} = \frac{V}{Q_{LLC}} \quad (3.27)$$

Los cálculos respectivos al caudal y tiempo de lavado lento se encuentran disponibles en el ANEXO B.

3.6.6.4. Cálculos del caudal y tiempo de lavado rápido para la resina catiónica

Con respecto a la velocidad del lavado rápido para las resinas, se consideró un valor aproximado de 8 m/h, este valor fue recomendado por el proveedor de las resinas de intercambio iónico. Así mismo, este valor se considera para ambas resinas (catiónicas y aniónicas).

Para la efectuación de este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{LRC} = V * A \quad (3.28)$$

Para el cálculo del tiempo de lavado se utiliza:

$$Q_{LRC} = \frac{V}{t_{LRC}} \quad (3.29)$$

Entonces:

$$t_{RLC} = \frac{V}{Q_{LRC}} \quad (3.30)$$

Los cálculos respectivos al caudal y tiempo de lavado rápido se encuentran disponibles en el ANEXO B.

3.6.6.5. Cálculos del caudal y tiempo de retrolavado para la resina catiónica

Con respecto a la velocidad del retrolavado para las resinas, se consideró un valor aproximado de 23.5 m/h, este valor fue recomendado por el proveedor de las resinas de intercambio iónico, y solamente se lo considera para la resina catiónica.

Para la efectuación de este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{RRC} = V * A \quad (3.31)$$

Para el cálculo del tiempo de retrolavado, tenemos:

$$Q_{RRC} = \frac{V}{t_{RRC}} \quad (3.32)$$

Entonces:

$$t_{RRC} = \frac{V}{Q_{RRC}} \quad (3.33)$$

Los cálculos respectivos al caudal y tiempo de retrolavado se encuentran disponibles en el ANEXO B.

3.6.6.6. Cálculos del caudal y tiempo de lavado lento para la resina aniónica

Para la efectuación de este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{LLA} = V * A \quad (3.34)$$

Para el cálculo del tiempo de lavado, tenemos:

$$Q_{LLA} = \frac{V}{t_{LLA}} \quad (3.35)$$

Entonces:

$$t_{LLA} = \frac{V}{Q_{LLA}} \quad (3.36)$$

Los cálculos respectivos al caudal y tiempo de lavado lento se encuentran disponibles en el ANEXO B.

3.6.6.7. Cálculos del caudal y tiempo de lavado rápido para la resina aniónica

Para la efectuación de este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{LRA} = V * A \quad (3.37)$$

Para el cálculo del tiempo de lavado, tenemos:

$$Q_{LRA} = \frac{V}{t_{LRA}} \quad (3.38)$$

Entonces:

$$t_{LRA} = \frac{V}{Q_{LRA}} \quad (3.39)$$

Los cálculos respectivos al caudal y tiempo de lavado rápido se encuentran disponibles en el ANEXO B.

3.6.6.8. Cálculos del caudal y tiempo de retrolavado para la resina aniónica

Con respecto a la velocidad del retrolavado para las resinas, se consideró un valor aproximado de 12.5 m/h, este valor fue recomendado por el proveedor de las resinas de intercambio iónico, y solamente se lo considera para la resina aniónica.

Para la efectuación de este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{RRA} = V * A \quad (3.40)$$

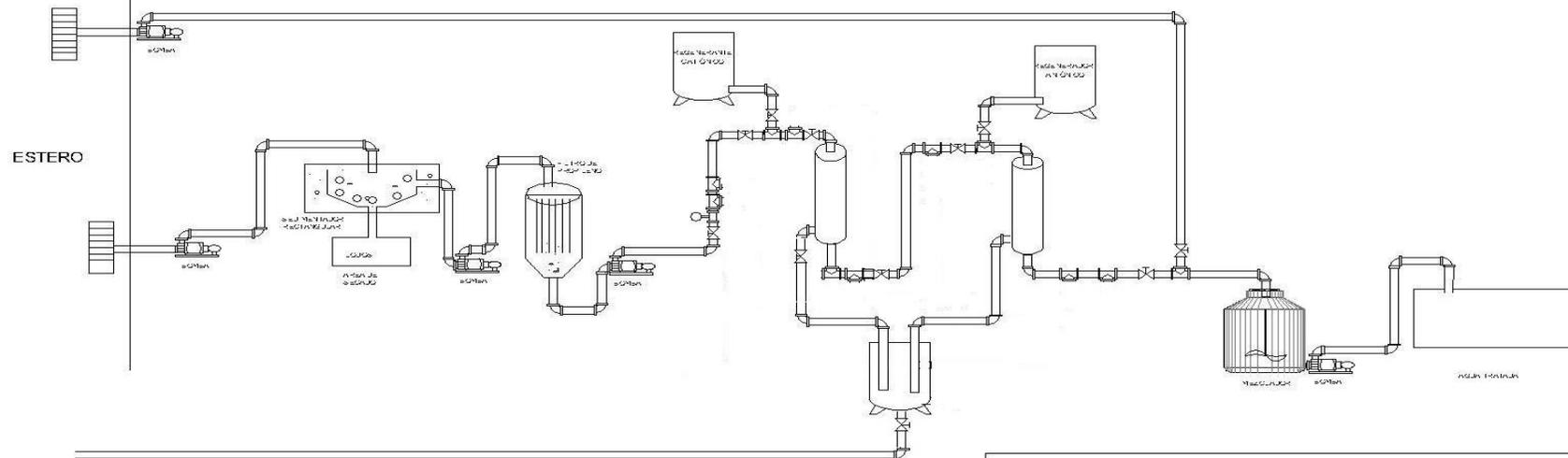
Para el cálculo del tiempo de retrolavado se utiliza:

$$Q_{RRA} = \frac{V}{t_{RRC}} \quad (3.41)$$

Entonces:

$$t_{RRA} = \frac{V}{Q_{RRC}} \quad (3.42)$$

Los cálculos respectivos al caudal y tiempo de retrolavado se encuentran disponibles en el ANEXO B.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
TITULO: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
AUTORES: Thalia Morales G. - Yandri Sanchez G.
FECHA: 07/09/2017
TUTORA: Msc. Alby Aguilar P.

Figura 3.18 Esquema del sistema de tratamiento propuesto

Elaborador por: T. Morales, Y. Sánchez.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

En este capítulo se mostrarán los resultados de los análisis realizados al agua del Estero Sabanilla y su evaluación de cumplimiento con la normativa ambiental vigente respecto a la calidad para agua riego de cultivos. Además, se mostrarán los resultados de los análisis del agua después del sistema de tratamiento que contempla este proyecto, para corroborar la efectividad del proceso.

4.1. Análisis del agua antes del tratamiento propuesto

4.1.1. Análisis de cloruros

En la tabla 4.1 se muestran los valores de cloruros tanto en marea baja como en marea alta, y su comparación con los límites establecidos en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1.

Tabla 4.1 Datos de niveles de cloruros del agua del Estero Sabanilla en marea baja y marea alta, frente a los límites permisibles dispuesto por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1

Puntos de muestreo	Nivel de cloruros marea baja (meq/l)	Nivel de cloruros marea alta (meq/l)	Grado de restricción		
			Ninguno	Ligero Moderado	Severo
1	21.94	2.86	Irrigación superficial (4 meq/l)	Irrigación superficial (4-10 meq/l)	Irrigación superficial (>10 meq/l)
2	23.32	2.76			
3	24.14	3.04			
4	25.56	7.68			
5	24.26	24.18			
6	24.05	20.70			

Puntos de muestreo	Nivel de cloruros marea baja (meq/l)	Nivel de cloruros marea alta (meq/l)	Grado de restricción		
			Ninguno	Ligero Moderado	Severo
7	24.10	24.61			
8	25.19	24.84			
9	25.15	25.13			
10	24.60	26.52			
11	No se tomó muestra	No se tomó muestra			
12	26.32	29.45			
13	27.25	26.83			
14	27.76	26.75	Aspersión (3 meq/l)	Aspersión (3 meq/l)	
15	28.12	29.68			
16	No se tomó muestra	No se tomó muestra			
17	No se tomó muestra	No se tomó muestra			
18	32.97	32.93			

Fuente: Determinación de la calidad del agua del Estero Sabanilla, para la concientización de la comuna San Enrique sobre su adecuado uso, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas.

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.1.2. Análisis de dureza

En la tabla 4.2 se muestran los valores de dureza obtenidos en los siete puntos de muestreo, los mismos que se presentaran en las unidades halladas (mg/L), además para el cálculo del índice de RAS se la presenta en (meq/L).

Tabla 4.2 Datos del análisis de dureza expresado de dos formas diferentes

Puntos de muestreo	Dureza (mg/l)	Dureza (meq/l)
1	293	2.93
2	278	2.78
3	245	2.45
4	206	2.06

Puntos de muestreo	Dureza (mg/l)	Dureza (meq/l)
5	194	1.94
6	257	2.57
8	252	2.52

Fuente: Y. Sánchez, T. Morales

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.1.3. Análisis de sodio

En la tabla 4.3 se muestran los valores de sodio obtenidos en los siete puntos de muestreo, al igual que en los resultados de dureza, los análisis de sodio se presentarán en las unidades halladas (mg/L), además para el cálculo del índice de RAS se la presenta en (meq/L).

Tabla 4.3 Datos del análisis de sodio expresado de dos formas diferentes

Puntos de muestreo	Concentración de sodio (mg/L)	Concentración de sodio (meq/L)
1	206.1	8.96
2	288.4	12.53
3	135.7	5.9
4	315.5	13.71
5	261.2	11.35
6	127.7	5.55
8	328.8	14.29

Fuente: Laboratorio de espectrometría de la ESPOL (LESPEC)

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

De la misma forma que se hizo con la concentración de cloruros también se realizará una tabla comparativa de los datos obtenidos después de los análisis frente a los niveles permisibles por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1.

Tabla 4.4 Datos de niveles de sodio del agua del Estero Sabanilla en marea baja frente a los límites permisibles dispuesto por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1

Puntos de muestreo	Nivel de sodio marea baja (meq/L)	Grado de restricción		
		Ninguno	Ligero Moderado	Severo
1	8.96	Irrigación	Irrigación	Irrigación

Puntos de muestreo	Nivel de sodio marea baja (meq/L)	Grado de restricción		
		Ninguno	Ligero Moderado	Severo
2	12.53	superficial (3 meq/l)	superficial (3-9 meq/l)	superficial (>9 meq/l)
3	5.9			
4	13.71	Aspersión (3 meq/l)	Aspersión (3 meq/l)	
5	11.35			
6	5.55			
8	14.29			

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.1.4. Resultados del índice de RAS

En la tabla 4.5 se muestran los valores del índice de RAS calculados en los siete puntos de muestreo.

Tabla 4.5 Datos del índice de RAS del agua del Estero Sabanilla en marea baja

Puntos de muestreo	Índice de RAS
1	7.40
2	10.62
3	5.33
4	13.51
5	11.52
6	4.89
8	12.73

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.1.5. Cálculo del índice de RAS ajustado

En la tabla 4.6 se presentan los valores del RAS calculados en los siete puntos de muestreo, frente a los valores del RAS ajustado para cada punto.

Tabla 4.6 Comparación del RAS calculado con el RAS ajustado (RAS real)

Puntos de muestreo	Índice de RAS calculado	Índice de RAS ajustado
1	7.40	8.33

Puntos de muestreo	Índice de RAS calculado	Índice de RAS ajustado
2	10.62	11.92
3	5.33	6.02
4	13.51	15.14
5	11.52	12.92
6	4.89	5.63
8	12.73	14.27

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.1.6. Análisis del índice de RAS

Entre los análisis realizados durante el proyecto de vinculación se encontró que el nivel de RAS es ligeramente alto, en comparación con el ACUERDOS 097-A ANEXO 1 y normas internacionales. Esta consideración se la realiza en función del tipo de suelo en donde se cultiva. En la tabla 4.7 se muestran las consideraciones para los valores del RAS, en función del tipo de suelo.

Tabla 4.7 Niveles de índice de RAS permisibles de acuerdo al tipo de suelo

		Calidad del Agua para Irrigación		
		Aceptable	Dudosa	Alto riesgo
Suelo tipo A		RAS debe ser menor que 15	RAS debe estar entre 15 y 20	RAS debe ser mayor que 20
Contenido de materia orgánica	6% - 7%			
Contenido de varcilla	25% - 26%			
pH	Ligeramente ácido			
Riego	70 – 60 mm/año			
Suelo tipo B		RAS debe ser menor que 10	RAS debe estar entre 10 y 15	RAS debe ser mayor que 15
Contenido de materia orgánica	2,5% - 3,0%			
Contenido de arcilla	22% - 24%			

		Calidad del Agua para Irrigación		
		Aceptable	Dudosa	Alto riesgo
Riego	150 – 200 mm/año			
Suelo tipo C		RAS debe ser menor que 7	RAS debe estar entre 7 y 12	RAS debe ser mayor que 12
Contenido de materia orgánica	2,0%			
Contenido de arcilla	26%			
Contenido de limo	70%			
pH	Ligeramente ácido			
Riego	150 – 300 mm/año			
Suelo tipo D		RAS debe ser menor que 5	RAS debe estar entre 5 y 10	RAS debe ser mayor que 10
Contenido de materia orgánica	1,5% - 2,0%			
Tipo de suelo	Franco limoso			
Riego	250 – 350 mm/año			

Fuente: Water Treatment Solutions, LENNTECH.

En referencia al tipo de suelo que presenta el recinto San Enrique, específicamente en el área donde se cultiva el arroz, este sería un suelo de tipo C de acuerdo a lo indicado en la tabla anterior. Esto debido a que la mayor composición que presentan estos suelos es de limo, seguido de arcilla y materia orgánica, esto se sustenta en base a la tabla 4.8:

Tabla 4.8 Componentes porcentuales en la mayoría de suelos del cantón Daule

Componentes del suelo	Porcentaje
Arcilla	28%
Limo	68%
Materia orgánica	3%
Otros	1%

Fuente: Mapa de Suelos CLIRSEN 2009

Elaborado por: GAD Ilustre Municipalidad del cantón Daule. 2014

Se puede evidenciar entonces que, según los valores del RAS obtenidos y según el tipo de suelo para cultivo del recinto San Enrique, la calidad de agua para irrigación es dudosa y de alto riesgo.

4.2. Análisis del agua después del tratamiento propuesto

4.2.1. Análisis de cloruros

Para el análisis de cloruros después del tratamiento propuesto en este proyecto solo se realizó a las cuatro mezclas de uno de los puntos, como se lo mencionó en el capítulo anterior. El análisis de este parámetro se lo mandó a realizar al laboratorio de ensayos de aguas Grupo Químico Marcos. En la tabla 4.9 se muestran los resultados del análisis de cloruros después del tratamiento propuesto.

Tabla 4.9 Concentración de cloruros después del tratamiento, expresados en dos unidades diferentes

Mezclas	Concentración de cloruros (mg/l)	Concentración de cloruros (meq/l)
A	60.40	1.70
B	54.53	1.54
C	46.95	1.32
D	40.71	1.15

Fuente: Grupo Químico Marcos

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.2.2. Análisis de dureza

El análisis para dureza de las cuatro mezclas de aguas después del tratamiento también se llevó a cabo en el laboratorio de aguas de la Espol. En la tabla 4.10 se muestran los valores de dureza obtenidos después del tratamiento.

Tabla 4.10 Dureza después del tratamiento, expresados en dos unidades diferentes

Mezclas	Dureza (mg/L)	Dureza (meq/L)
A	120.16	1.20
B	100.60	1.00
C	63.25	0.63
D	32.60	0.33

Fuente: Y. Sánchez, T. Morales

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.2.3. Análisis de sodio

Al igual que el análisis para cloruros, el análisis de sodio se lo realizó para cuatro mezclas de aguas diferentes. Así mismo como el análisis preliminar para el sodio, el análisis después del tratamiento también se lo realizó en el laboratorio de espectrometría de la ESPOL (LESPEC), el mismo que se llevó a cabo con la ayuda del cromatógrafo, específicamente con el método de la llama. A continuación, en la tabla 4.11 se muestran los resultados del análisis de sodio después del tratamiento propuesto en este proyecto.

Tabla 4.11 Concentración de sodio después del tratamiento, expresados en dos unidades diferentes

Mezclas	Concentración de sodio (mg/L)	Concentración de sodio (meq/L)
A	122.46	5.32
B	46.49	2.02
C	29.46	1.28
D	7.91	0.34

Fuente: Laboratorio de espectrometría de la ESPOL (LESPEC)

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.2.4. Resultado del índice de RAS y del índice de RAS ajustado después del tratamiento.

En la tabla 4.12 se muestran los valores del índice de RAS calculados frente a los valores del índice de RAS ajustados después del tratamiento en las cuatro mezclas de aguas.

Tabla 4.12 Índice de RAS frente al índice de RAS ajustado del agua después del tratamiento

Mezclas	Índice de RAS calculado	Índice de RAS ajustado o real
A	6.87	7.74.
B	2.86	3.27
C	2.28	2.62
D	0.83	1.01

Elaborado por: Y. Sánchez, T. Morales

4.2.5. Análisis de nitratos y fosfatos

Para el análisis de nitratos y fosfatos después del tratamiento propuesto en este proyecto también se lo realizó a las cuatro mezclas. En la tabla 4.13 se muestran los resultados del análisis de nitratos y fosfatos después del tratamiento propuesto.

Tabla 4.13 Concentración de nitratos y fosfatos después del tratamiento

Mezclas	Concentración de nitratos (mg/l)	Concentración de fosfatos (meq/l)
A	3.80	0.30
B	<0.42	0.32
C	<0.42	0.34
D	<0.42	0.35

Fuente: Grupo Químico Marcos

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.2.6. Resultados de los parámetros calculados para el dimensionamiento de los equipos

En la tabla 4.14 se muestran todos los parámetros calculados con respecto al dimensionamiento de la zona de sedimentación.

Tabla 4.14 Datos del dimensionamiento del sedimentador

Parámetros calculados	Valores
Largo de la zona de sedimentación (m)	8.28
Ancho de la zona de sedimentación (m)	2.00
Profundidad de la zona de sedimentación (m)	1.50

Parámetros calculados	Valores
Separación entre entrada de flujo y pantalla difusora (m)	0.75
Velocidad horizontal en la zona de sedimentación (m/s)	0.0833
Profundidad a la salida del flujo (m)	1.65
Tiempo de retención en el sedimentador (min)	55.2

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En la tabla 4.15 se muestran todos los parámetros calculados con respecto al dimensionamiento de la pantalla difusora.

Tabla 4.15. Datos del dimensionamiento de la pantalla difusora

Parámetros calculados	Valores
Diámetro de los orificios (m)	0.1
Número total de orificios	32
Altura de la pantalla difusora (m)	0.9
Numero de filas de orificios	4
Numero de columnas de orificios	8
Espaciamiento entre las filas (m)	0.2250
Espaciamiento entre las columnas (m)	0.2125

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En la tabla 4.16 se muestran todos los parámetros calculados con respecto al dimensionamiento de las columnas catiónicas y aniónicas.

Tabla 4.16 Parámetros calculados sobre el tratamiento de intercambio iónico

Parámetros hallados	Columna de intercambio catiónico	Columna de intercambio aniónico
Altura del lecho h (cm)	98	98
Altura de la columna H (cm)	148	148
Volumen de la resina (litros)	278	278
Volumen de la columna (litros)	417	418

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.2.7. Resultados de la determinación de Flujos y tiempos del sistema de tratamiento

En la tabla 4.17 se muestran todos los parámetros calculados con respecto a la determinación de flujos y tiempos para el sistema de intercambio iónico.

Tabla 4.17 Parámetros calculados sobre la determinación de flujos y tiempos para el sistema de intercambio iónico

Parámetros calculados	Columna de intercambio catiónico	Columna de intercambio aniónico
Caudal de lavado lento	23.56 L/min	23.56 L/min
Caudal de lavado rápido	37.69 L/min	37.69 L/min
Caudal de retrolavado	110.74 L/min	58.90 L/min
Caudal de operación	151.84 L/min	
Tiempo de lavado lento	36 min	36 min
Tiempo de lavado rápido	23 min	23 min
Tiempo de retrolavado	8 min	15 min
Tiempo de regeneración	Aproximadamente 36 horas de operación	

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.3. Resultado de la encuesta realizada a la asociación de agricultores del recinto san enrique

Dentro del presente proyecto se realizó una encuesta a la asociación de agricultores del recinto San Enrique, referente al uso que le dan al agua del Estero Sabanilla, además la apreciación que ellos tienen respecto a la calidad actual del agua de dicho estero. A continuación, se muestra la respectiva tabulación de la encuesta realizada.



Figura 4.1 Encuesta realizada a los agricultores de San Enrique para la evaluación del Estero Sabanilla respecto a los cultivos



Figura 4.2 Toma de datos a los agricultores del recinto San Enrique

¿Qué tipo de cultivo siembran?

Tabla 4.18 Cuantificación respecto al tipo de cultivo que siembran

Factor	Habitantes	Porcentaje
Arroz	16	100%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

¿Cuántas hectáreas de cultivo posee aproximadamente?

Tabla 4.19 Cuantificación respecto al área de cultivo aproximado

Factor	Habitantes	Porcentaje
1/2 hectárea	12	75%
1 hectárea	4	25%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

¿De dónde proviene el agua que utiliza para riego?

Tabla 4.20. Cuantificación respecto al origen del agua que utilizan para riego

Factor	Habitantes	Porcentaje
Sabanilla	16	100%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

¿Con qué frecuencia la utiliza?

Tabla 4.21 Cuantificación respecto a la frecuencia de utilización de parte de los agricultores al agua del Estero Sabanilla

FACTOR	HABITANTES	PORCENTAJE
1 día por semana	16	100%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

¿Considera que el agua del Estero Sabanilla es apta para sus cultivos?

Tabla 4.22 Cuantificación de la apreciación de los agricultores respecto a la calidad actual del agua del Estero Sabanilla

Factor	Habitantes	Porcentaje
Sí	16	100%
No	0	0%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Si la respuesta fue sí. ¿Qué cambios negativos ha notado usted en sus cultivos por la utilización del agua del estero para riego?

Tabla 4.23 Factores negativos presenciados en los cultivos a causa de la mala calidad del agua del Estero Sabanilla

Factor	Habitantes	Porcentaje
Presencia de espuma	3	19%
Color amarillo	8	50%
Disminución de la calidad de la tierra	5	31%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

¿Cree usted que la producción de sus cosechas ha disminuido en los últimos años?

Tabla 4.24 Cuantificación de la apreciación de los agricultores respecto al nivel de producción de los últimos años

Factor	Habitantes	Porcentaje
Sí	16	100%
No	0	0%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

¿Estaría usted de acuerdo con la implementación de un sistema de tratamiento para mejorar la calidad del agua del Estero Sabanilla?

Tabla 4.25 Cuantificación sobre la opinión de los agricultores referente a la propuesta de la implementación de un sistema de tratamiento de aguas

Factor	Habitantes	Porcentaje
Sí	16	100%
No	0	0%
Total	16	100%

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.4. Evaluación económica del sistema de tratamiento propuesto

Para la evaluación económica de este proyecto se tomará en consideración una estimación de la obra civil, el costo del terreno de la ubicación de la planta, además de todos los equipos y accesorios que se necesitan para la puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas. También se va a realizar una estimación de los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas.

4.4.1. Inversión fija del proyecto

Los costos e inversiones de nuestro proyecto se estimaron utilizando el libro de Diseño de Planta y su Evaluación Económica para Ingenieros Químicas (Peters, Timmerhaus & West 2002), en el mismo que se realizó una estimación de los equipos y suministros que se van a utilizar para construcción de la planta de aguas. Adicional a esto se realizó una cotización a la empresa INCOPARTES, en esta proforma no se considera los costos del sedimentador, sistemas eléctricos instalados y tuberías instaladas. Además, se estima que las especificaciones de los equipos presentados en la proforma pueden tener variaciones.

En la tabla 4.26 se muestra la inversión fija del proyecto propuesto.

Tabla 4.26 Inversiones fijas del proyecto

Inversiones		Valor (dólares)	
Activos fijos operativos	Cantidad	Unitario	Total
Terreno	1	2,000	2,000
Obra civil	1	3,000	3,000
Sedimentador	1	1,200	1,200
Pantalla Difusora	1	600	600
Bomba de caudal monofásica 3 HP	3	1,485	4,455
Mezclador en línea de 2"	1	80	80
Cámara de 9 cartuchos 40"	1	1,500	1,500
Manómetro de acero 2.5"	1	30	30

Inversiones		Valor (dólares)	
Activos fijos operativos	Cantidad	Unitario	Total
Tanque de resina catiónica de 10 <i>pies</i> ³ de volumen	1	7,368	7,368
Tanque de polietileno para la preparación de la regeneración de la resina catiónica de 3 <i>pies</i> ³	1	60	60
Tanque de resina aniónica de 10 <i>pies</i> ³ de volumen	1	10,542	10,542
Tanque de polietileno para la preparación de la regeneración de la resina catiónica de 3 <i>pies</i> ³	1	60	60
Bomba de caudal monofásica 0.5 HP	1	420	420
50 m de tubo de 2" de pvc	1	500	500
Accesorios (codos, universal, etc.) de 2" de pvc	10	8	80
10 m de tubo de 0.5" de pvc	1	75	75
Accesorios de 0.5"	4	3	12
Sistemas eléctricos instalados	1	1	1,650
Tuberías instaladas	1	1	1,155
Total			\$ 34,747

Fuente: Peters, Timmerhaus & West 2002

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

4.4.2. Costos de operación y mantenimiento

El costo del mantenimiento del sistema de tratamiento se los realizará cada cuatro meses, que es justamente el tiempo de cosecha que tarda el arroz, y aprovechando que todos los agricultores cultivan en el mismo período, la planta tendría una para.

Además, se tendrá un tiempo aproximado de dos meses para el mantenimiento de la misma, ya que los agricultores tardan este lapso de tiempo para preparar el terreno con vista a cultivar arroz nuevamente. El costo total de mantenimiento se estima que será \$1,000 por cada mantenimiento, es decir \$250 mensuales.

Para el costo de operación se tendrá dos operadores en dos turnos diferentes, ya que se estima un tiempo de operación de la planta entre doce y catorce horas por cada día. En la tabla 4.27 se muestran los costos de operación de la planta.

Tabla 4.27 Mano de obra operante

Mano de obra operante			
Número de operadores por turno	Turnos por día	Tasa de operación (\$/h)	Costo anual de mano de obra (\$/mes)
1	2	2.40	576

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez terminada la experimentación, y luego los análisis de las muestras de agua después del tratamiento, se realizará el análisis de resultados de los reportados después del tratamiento dado. De esta manera evaluaremos el cumplimiento o no del agua de muestra después del tratamiento y su comparación con la normativa ambiental ecuatoriana.

5.1. Análisis de los resultados preliminares de los parámetros del agua del Estero Sabanilla

En el presente proyecto se les ha dado un tratamiento a las muestras de agua del Estero Sabanilla, con el fin de que cumpla para la utilización en aguas de riego según el ACUERDOS 097-A ANEXO 1. Es importante mencionar que previo al tratamiento realizado dentro de la experimentación se encontraron dos parámetros que incumplían con la normativa ambiental vigente o ACUERDOS 097-A ANEXO 1, referente al agua para riego. Estos dos parámetros fueron la concentración de cloruros y el índice de RAS, el mismo que se presenta en función de la concentración de sodio.

Tanto para cloruros como para sodio, las concentraciones de estos dos parámetros eran mayores, referente a los límites permisibles que dispone el ACUERDOS 097-A ANEXO 1 para aguas de riego.

5.2. Análisis de los resultados preliminares para la concentración de cloruros (marea baja y marea alta)

En el caso de cloruros existen puntos muestreados donde la concentración de este sobrepasa más del 50% el límite máximo

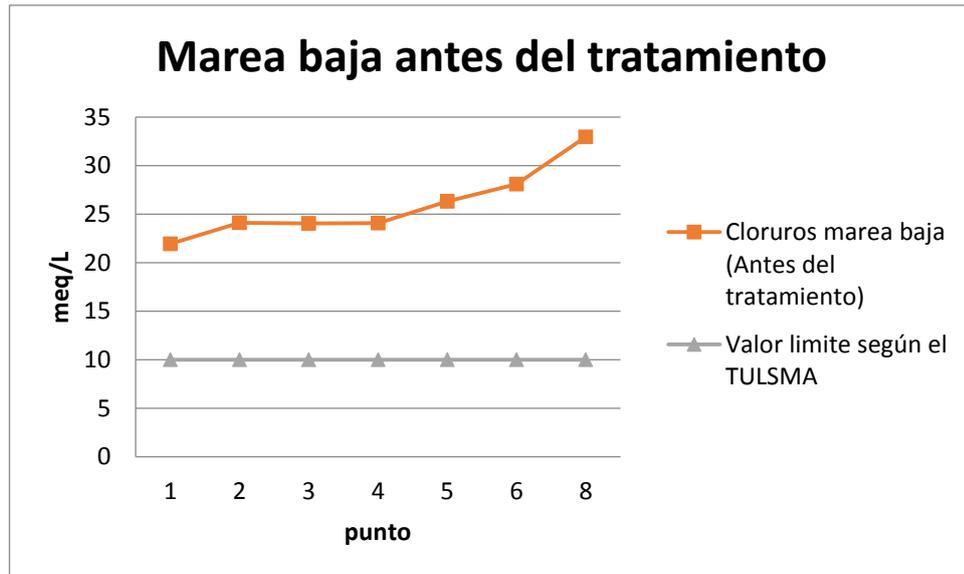
dispuesto por el TUSLMA, es decir que se tiene una excesiva concentración de cloruros.

Para citar un ejemplo de alto índice de cloruros en el Estero Sabanilla, en el punto de muestreo ocho de este proyecto el índice de cloruros es de 32.97 meq/L en marea baja y 32.93 meq/L en marea alta, cuando en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1 se tiene que a mayor de 10 meq/L el nivel de cloruros es severo para cualquier tipo de cultivo.

En el punto uno de muestreo tomado en marea baja, el mismo que presentó el menor nivel de cloruros, se observa una concentración de este ion de 21.94 meq/L, el cual sobrepasa significativamente el límite máximo permisible por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1. Mientras que el mismo punto tomado en marea alta, con una concentración de 4.50 meq/L, cumple con las especificaciones establecidas en la normativa ambiental ecuatoriana.

La organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, por sus siglas en ingles), considera que la tolerancia de este ion es de 4 meq/L, y que a partir de 10 meq/L los efectos en los cultivos son muy graves (FAO, 2016).

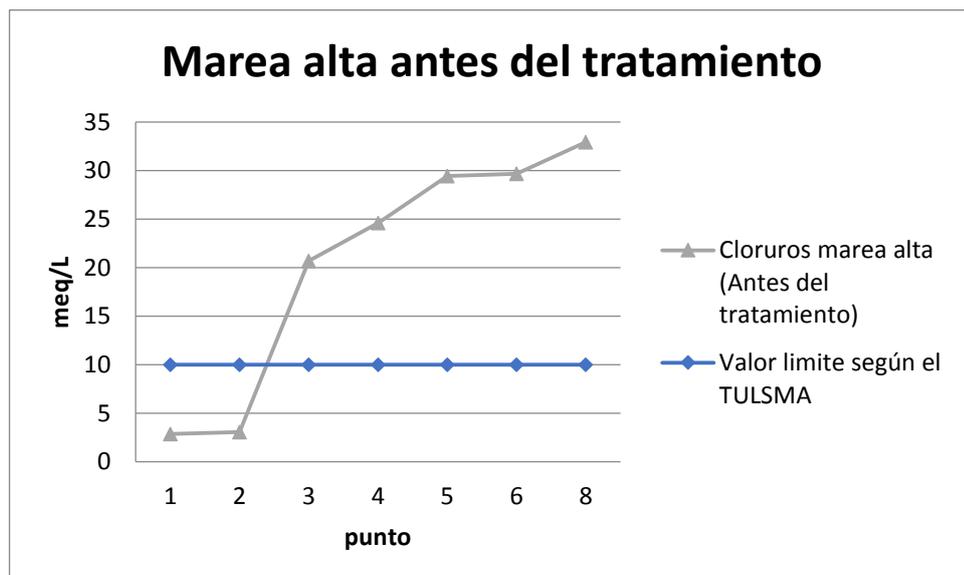
En el gráfico 5.1 se evidencia que el nivel de cloruros sobrepasa en todos los puntos del monitoreo de marea baja el límite máximo que dispone la normativa ambiental ecuatoriana con relación al agua de riego.



Grafica 5.1 Concentración de cloruros en marea baja frente al límite dispuesto en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En el gráfico 5.2 se evidencia que el nivel de cloruros en el punto uno y dos de monitoreo en marea alta no sobrepasa el valor del límite de la normativa ambiental ecuatoriana; sin embargo, en los otros cinco puntos del monitoreo si existe el incumplimiento que dispone la normativa ambiental ecuatoriana con relación al agua de riego.



Grafica 5.2 Concentración de cloruros en marea alta frente al límite dispuesto en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

5.3. Análisis de los resultados preliminares para la concentración de sodio

En los resultados preliminares de sodio al igual que con los cloruros, también existen puntos donde la concentración de este supera la máxima concentración permisible dispuesta por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1, sin embargo, el incumplimiento del nivel de sodio no es tan significativo como lo era en el caso de los cloruros.

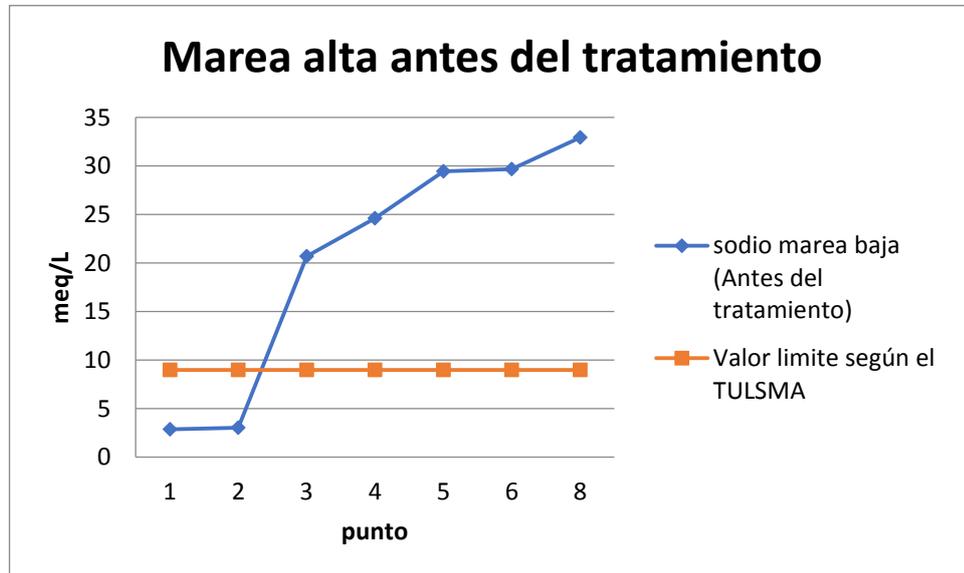
En el punto de muestreo ocho de este proyecto el índice de sodio es 14.29 meq/L en marea baja, aquí se incumple la permisibilidad del ACUERDOS 097-A ANEXO 1 en donde se considera que a una concentración mayor a 9 meq/L el nivel de sodio es severo para los cultivos.

En el punto de muestreo seis de este proyecto, que dicho sea de paso es el punto que refleja el valor más bajo, el índice de cloruros es de 5.55 meq/L, valor que si está dentro de la permisibilidad del ACUERDOS 097-A ANEXO 1 y que lo considera como ligero-moderado en relación al agua para riego.

Dentro de los siete puntos muestreados en este proyecto se tiene que cuatro incumplen con el límite permisible según el TUSLMA y tres si cumplen con el límite de permisibilidad. Haciendo un análisis se tiene que más del 50% de los puntos muestreados están incumpliendo con la permisibilidad de concentración de sodio según lo dispuesto en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1.

La organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), considera que la tolerancia de este ion es de 9 meq/L, y que a partir de 11 meq/L los efectos en los cultivos son muy graves.

En el siguiente grafico 5.3 se observa el incumplimiento del nivel de sodio en algunos puntos del monitoreo, respecto al límite permisible según el ACUERDOS 097-A ANEXO 1.



Grafica 5.3 Concentración de sodio en marea baja frente al límite dispuesto en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

5.4. Análisis de los resultados después del sistema de tratamiento propuesto en este proyecto para el agua del Estero Sabanilla

La parte experimental del presente proyecto, la cual consistió básicamente en hacer pasar las muestras del agua del Estero Sabanilla por un sistema de intercambio iónico, con la finalidad de reducir los niveles de cloruros y de sodio para adecuar el agua de dicho estero para riego. El sistema de tratamiento propuesto se basa en tener diferentes mezclas de agua, con la particularidad de que cada mezcla tiene porcentajes diferentes de agua tratada y agua no tratada, como se lo mencionó en la página 81 del capítulo 3 de este trabajo.

Los resultados obtenidos después del tratamiento son satisfactorios, ya que, los análisis de sodio y cloruros se redujeron considerablemente, de

manera que estos cumplen con la normativa ambiental vigente para agua de riego.

5.5. Análisis de los resultados después del tratamiento para la concentración de cloruros

Para el análisis de cloruros se utilizó la muestra del punto uno en marea alta, cuya concentración inicial es de 4.50 meq/L, la justificación de la elección de esta muestra es que no se contaba con una gran cantidad de resinas de intercambio iónico, y con una muestra con un nivel de cloruros pequeño el sistema no se iba a saturar tan rápido.

Las concentraciones finales de cloruros después del tratamiento para la mezcla A fue de 1.70 meq/L, para la mezcla B 1.54 meq/L, para la mezcla C 1.32 meq/L y para la mezcla D 1.15 meq/L.

Como se puede observar según estos resultados todas las mezclas cumplen con la legislación ambiental vigente para agua de riego, sin embargo, no se asegura con certeza que todas las mezclas sean aptas, porque se tomó como referencia el punto donde el nivel de cloruros era el más bajo.

Para tener un estimado de cuáles son las mezclas con mayor eficiencia, se van a interpolar los resultados obtenidos con base al punto de monitoreo más alto que fue 32.97 meq/L, el cual fue medido en el marco del proyecto propuesto. En la tabla 5.1 se muestran los resultados de las interpolaciones antes mencionadas.

Tabla 5.1 Interpolaciones para aproximar los valores de los resultados del tratamiento de cada una de las mezclas (cloruros)

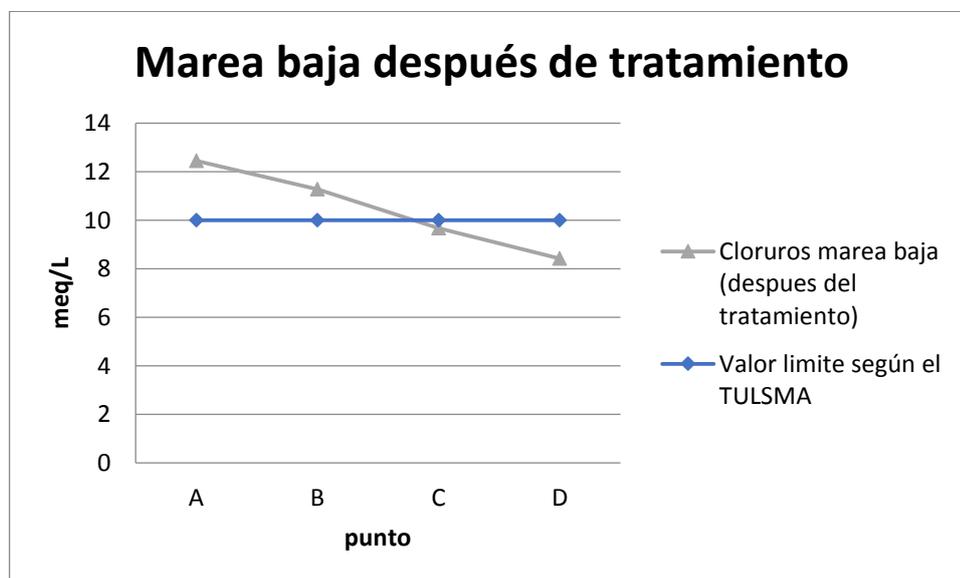
Mezclas	Resultados de los análisis con el nivel de cloruros de 4.50 meq/L	Resultados de los análisis con el nivel de cloruros de 32.97 meq/L
A	1.70 meq/L	12.45 meq/L
B	1.54 meq/L	11.28 meq/L

Mezclas	Resultados de los análisis con el nivel de cloruros de 4.50 meq/L	Resultados de los análisis con el nivel de cloruros de 32.97 meq/L
C	1.32 meq/L	9.67 meq/L
D	1.15 meq/L	8.42 meq/L

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Como se puede notar la mezcla C y D cumplen con los niveles permisibles del ACUERDOS 097-A ANEXO 1, el cual tiene como valor permisible >10 meq/L. Mientras que en las mezclas A y B a pesar de que reduce el contenido de cloruros, sin embargo, estos valores sobrepasan el máximo limite dispuesto en la normativa ambiental para agua de riego.

En el gráfico 5.4 se observa los incumplimientos de dos mezclas y el cumplimiento de las otras dos mezclas, con relación al límite máximo que dispone la normativa ambiental ecuatoriana con relación al agua de riego.



Grafica 5.4 Comparación de las diferentes mezclas frente al ACUERDOS 097-A ANEXO 1, respecto a la concentración de cloruros

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

5.6. Análisis de los resultados después del tratamiento para la concentración de sodio

Respecto al análisis de sodio se utilizó la muestra del punto uno en marea alta, cuya concentración inicial es de 8.96 meq/L, la justificación de la elección de esta muestra es similar a la del análisis de cloruros por la cantidad limitada de resina con la que se contaba.

Las concentraciones finales de sodio después del tratamiento para la mezcla A fue de 5.32 meq/L, para la mezcla B 2.02 meq/L, para la mezcla C 1.28 meq/L y para la mezcla D 0.34 meq/L.

Como se puede observar según estos resultados todas las mezclas cumplen con la legislación ambiental vigente para agua de riego, sin embargo, al igual que como se hizo con los cloruros se va a interpolar tomando como referencia el valor de concentración de sodio monitoreado más alto en el presente proyecto. En la tabla 5.2 se muestran los resultados de las interpolaciones antes mencionadas.

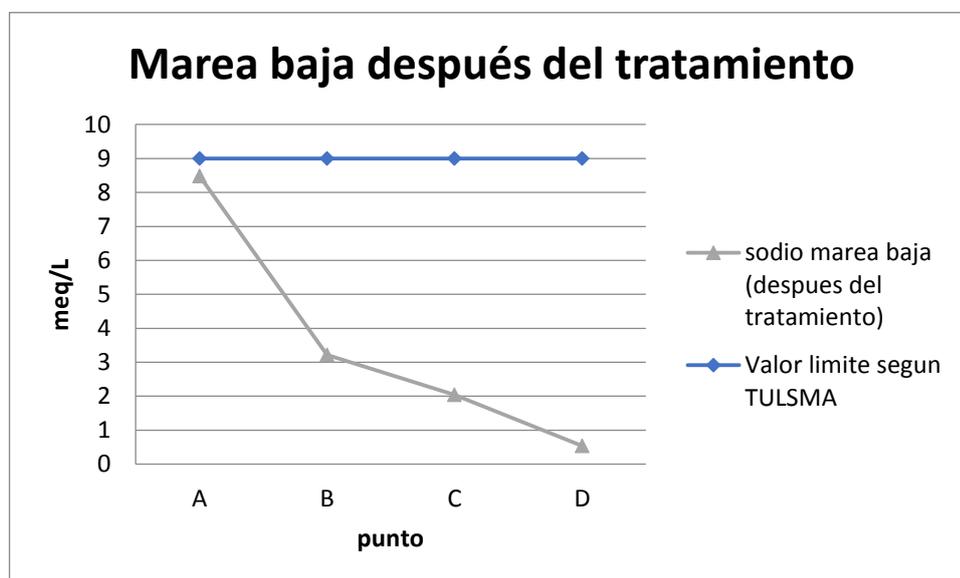
Tabla 5.2 Interpolaciones para aproximar los valores de los resultados del tratamiento de cada una de las mezclas (sodio)

Mezclas	Resultados de los análisis con el nivel de cloruros de 8.96 meq/L	Resultados de los análisis con el nivel de cloruros de 14.29 meq/L
A	5.32 meq/L	8.48 meq/L
B	2.02 meq/L	3.22 meq/L
C	1.28 meq/L	2.04 meq/L
D	0.34 meq/L	0.54 meq/L

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Como se puede notar todas las mezclas cumplen con los niveles de sodio permisibles del ACUERDOS 097-A ANEXO 1, el cual tiene como valor permisible >9 meq/L dispuesto en la normativa ambiental para agua de riego.

En el gráfico 5.5 se observa los cumplimientos de todas las mezclas y el cumplimiento con el límite máximo que dispone la normativa ambiental ecuatoriana con relación al agua de riego.



Gráfica 5.5 Comparación de las diferentes mezclas frente al ACUERDOS 097-A ANEXO 1, respecto a la concentración de cloruros

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

5.7. Análisis de los resultados después del tratamiento para la concentración de nitratos y fosfatos

Si bien es cierto los análisis preliminares de nitratos y fosfatos en este proyecto no se realizaron, sin embargo, es importante corroborar que el agua que se obtiene como producto de este sistema de tratamiento contribuya con cierto grado de concentración de estos fertilizantes, los mismos que ayudan a la mejora de la calidad del agua de riego, y por ende representa un aporte significativo para las plantaciones de arroz.

Las concentraciones finales de nitratos después del tratamiento para la mezcla A fue de 3.80 mg/L, para la mezcla B, C y D el valor es <0.42 mg/L.

El ACUERDOS 097-A ANEXO 1 establece que los límites permisibles de concentración de nitratos para agua de riego se encuentran entre 0 y 10 mg/L. Se le realizaron análisis de nitratos a las cuatro mezclas y se pudo evidenciar que todas se encuentran dentro de los límites establecidos.

Las concentraciones finales de fosfatos después del tratamiento para la mezcla A fue de 0.30 mg/L, para la mezcla B 0.32 mg/L, para la mezcla C 0.34 mg/L y para la mezcla D 0.35 mg/L.

En la normativa ambiental ecuatoriana no se especifica el límite máximo permisible para el nivel de fosfatos en aguas para riego. Sin embargo, según Ayers y Westcot (1985); y según Pastor (2005) consideran que un valor de fosfatos entre 0 y 2 mg/L, es considerado moderado para aguas de riego.

5.8. Análisis del área de muestreo para la localización del sistema de tratamiento

Dentro de los dieciocho puntos muestreados en el proyecto de pasantías comunitarias antes mencionado, se ha elegido al punto seis como sede para el sistema de tratamientos de agua, ubicado en el Recinto San Enrique, ya que en este punto se encuentra la mayor cantidad de cultivos además de que cumple los siguientes requisitos:

- La cercanía de la población reduciría la mano de obra para la construcción y operación.
- Se encuentra cerca de las zonas agrícolas, facilitando así el acceso a los pobladores.
- Cuenta con suministros de energía eléctrica suficiente.
- Las vías de acceso son amplias, y conectadas entre sí, aunque algunas de ellas no se encuentran con un tipo de asfalto óptimo, pero

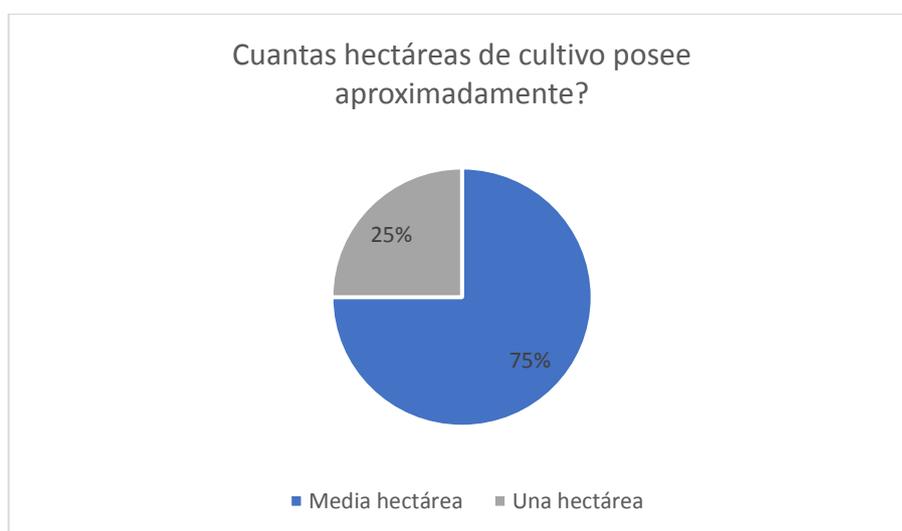
son adecuadas para el acceso y transporte a la planta, ya sea en la etapa de construcción o en la etapa de operación del proyecto.

- Por la cercanía a la materia prima del proceso, que en este caso es el agua no tratada del Estero Sabanilla.

5.9. Análisis de la encuesta realizada a los agricultores del recinto San Enrique

Dentro de la encuesta realizada a los agricultores del recinto San Enrique (ver Anexo F), se obtuvieron algunos resultados que son considerados muy relevantes para el desarrollo de este proyecto, los mismos que se presentan en las páginas 110,111, 112 y 113 del capítulo cuatro de este proyecto. A continuación, se realizarán los análisis de los resultados arrojados de la encuesta en mención.

En la gráfica 5.7 se evidencia el área de cultivos que tienen los agricultores del recinto San Enrique, en términos de dos cifras, tal como se muestra en la gráfica en mención.

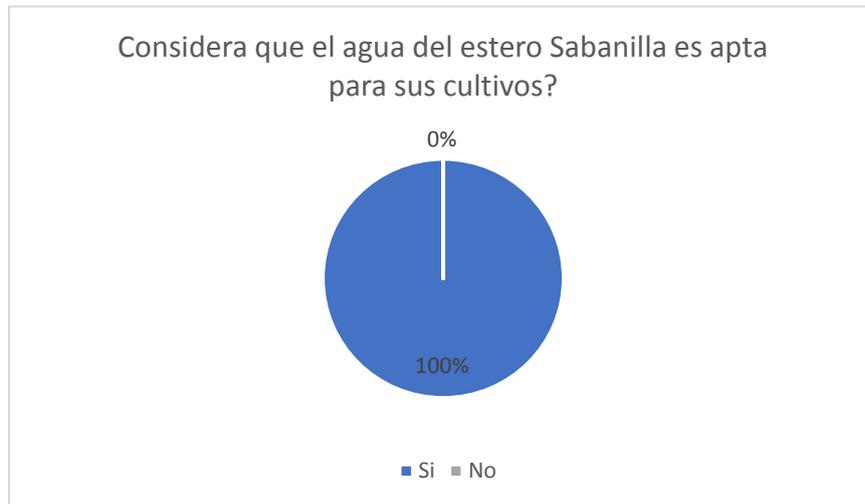


Gráfica 5.6 Representación porcentual área cultivada frente al número de agricultores

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En la gráfica 5.8 se muestra en términos de porcentajes la apreciación de los agricultores de San Enrique con relación a la calidad que tiene el agua del Estero Sabanilla.

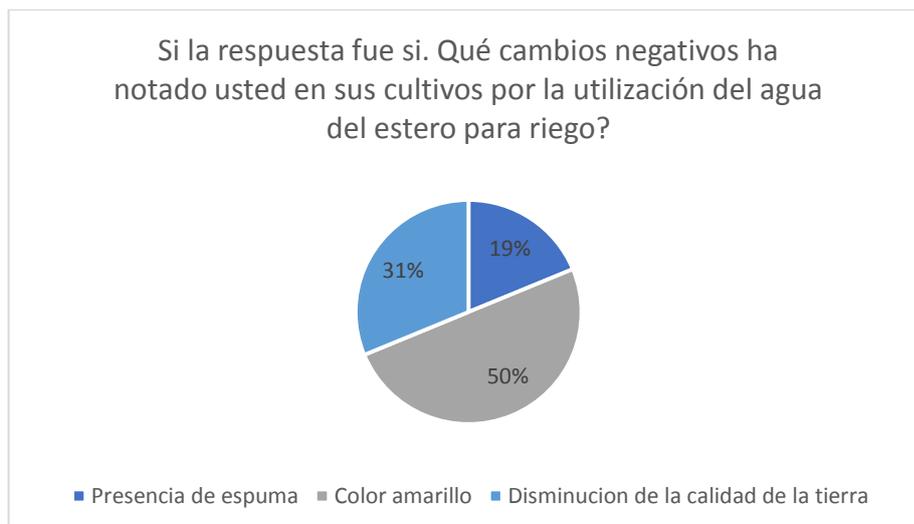


Grafica 5.7 Representación porcentual sobre la apreciación de los agricultores respecto a la calidad actual del agua del Estero Sabanilla

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En la gráfica 5.9 se presentan los efectos evidenciados por los agricultores en los cultivos de arroz, a causa probablemente de la mala calidad del agua del Estero Sabanilla.



Grafica 5.8 Representación porcentual sobre algunos de los factores negativos evidenciados como consecuencia de la calidad del agua del Estero Sabanilla

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En la gráfica 5.10 se muestran en términos de porcentajes la percepción por parte de los agricultores, respecto a la disminución de la producción de arroz en los últimos años.

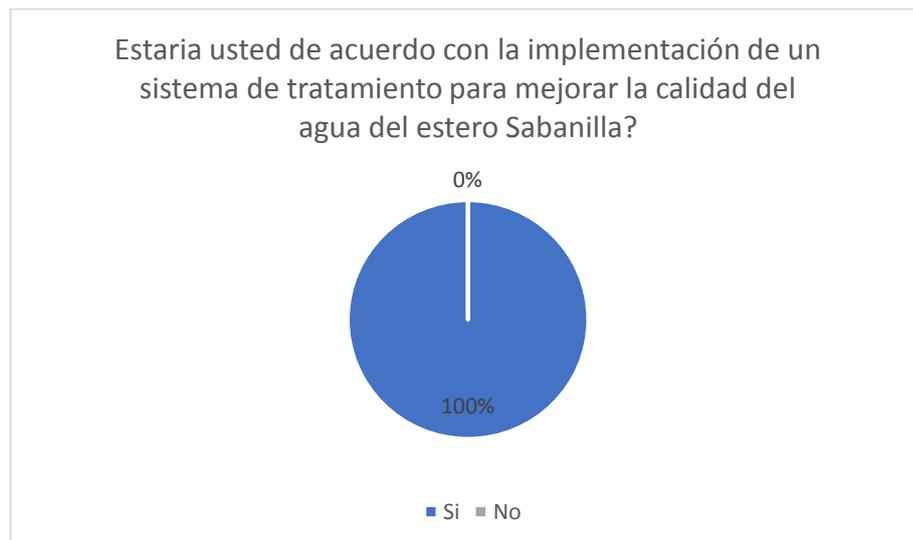


Grafica 5.9 Representación porcentual respecto al grado de producción de los últimos años

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

En la gráfica 5.11 se refleja el criterio de los agricultores de San Enrique, como respuesta a la posible puesta en marcha de un sistema de tratamiento que mejore la calidad del agua del Estero Sabanilla.



Grafica 5.10 Representación porcentual respecto al grado de aceptación respecto a la implementación de un sistema de tratamiento de aguas

Fuente: Asociación de agricultores del recinto San Enrique

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

El 100% de los habitantes del Recinto San Enrique siembra arroz, el 75% posee media hectárea de terreno y el 25% restante una hectárea para sus actividades agrícolas. Los agricultores utilizan el agua del Estero Sabanilla para sus actividades agrícolas, para lo cual cada uno de ellos posee su propio sistema de instalación para el riego del arroz.

Los habitantes del Recinto San Enrique consideran también que el agua del Estero Sabanilla no es apta para el riego de sus cultivos ya que ésta presenta espuma, y un color amarillo, además de que la calidad de la tierra apta para sembríos ha disminuido y así mismo la producción de sus cultivos en los últimos años.

Es importante acotar que el riego convencional de los cultivos solo se lo realiza en época de verano, este dato es relevante ya que la operación del sistema de tratamiento propuesto no se realizaría en época invernal y esto podría dar paso a realizar el mantenimiento del sistema en esta época, exceptuando los casos en que la época de invierno no sea próspera.

5.10. Análisis de la evaluación económica realizada en este proyecto

La justificación del sistema de tratamiento propuesto en relación a otra posible alternativa es considerable. El motivo principal es que para la ejecución del presente proyecto se necesita un capital aproximado de \$35,000, cifra justificada en base a la evaluación económica realizada en las páginas 114, 115 y 116 del capítulo 4 de este proyecto.

Este valor es significativamente bajo en comparación con otra alternativa de desmineralización del agua como lo es el tratamiento con un equipo de ósmosis inversa, del cual se realizó una proforma (ver Anexo I), en la cual se fijó un valor de alrededor de \$31,000, sin embargo, esta cotización fue realizada para una capacidad de la planta tres veces menor a la capacidad real. Además, dentro de esta cotización no se

consideran los costos de mantenimiento, así como tampoco los costos de obra civil.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la culminación del sistema de tratamiento de aguas, se lograron los resultados esperados, respecto a los objetivos planteados al inicio de este proyecto. Las conclusiones y recomendaciones de esta propuesta se detallan a continuación.

6.1 Conclusiones

Se logró diseñar un sistema de tratamiento para la adecuación del agua del Estero Sabanilla, con la finalidad de utilizarla en actividades agrícolas. El sistema de tratamiento consistió en un proceso continuo de una rejilla de desbaste, sedimentación, sistema de intercambio iónico y finalmente una bifurcación entre agua tratada y agua no tratada, obteniéndose como producto final agua con las especificaciones dispuestas por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1, con relación a aguas para riego.

En el presente proyecto, se realizó los respectivos procedimientos para el muestreo del agua del Estero Sabanilla, luego se realizaron diferentes análisis en las muestras de agua de dicho estero. La caracterización del agua del Estero Sabanilla se la realizó por los resultados obtenidos de los distintos ensayos, principalmente por el análisis de cloruros y el análisis de sodio. A partir de estas caracterizaciones se logró cuantificar la cantidad de iones a remover, con la finalidad de diseñar un adecuado sistema de tratamiento para el agua del estero en mención.

Se realizó análisis post tratamiento a cuatro diferentes mezclas, las cuales se conformaban de agua tratada con agua no tratada. Dentro de los análisis realizados después del tratamiento se evidenció que para sodio, fosfatos y nitratos; todas las cuatro mezclas cumplen con la

normativa ambiental ecuatoriana para agua de riego. Sin embargo, según los resultados de cloruros las mezclas C y D son las únicas que están dentro del límite permisible dispuestas por el ACUERDOS 097-A ANEXO 1.

En base a lo mencionado en el párrafo anterior se concluye que se seleccionará la mezcla C, la cual presenta las siguientes proporciones: 80% de agua tratada y 20% de agua no tratada. La selección de esta mezcla se la realizó debido a que:

- Los resultados de los parámetros tratados están dentro de lo permisible por la legislación ambiental ecuatoriana.
- Al tener un menor requerimiento en cuanto al porcentaje de agua tratada, se dispone de una mayor holgura para algunos factores en el sistema de tratamiento, tales como: disminución de tiempo de operación de la planta, menor tiempo de regeneración de las resinas iónicas, mayor tiempo de prolongación en el mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas, entre otros.

Una vez culminado los parámetros de diseño del sistema de tratamiento de aguas propuesto, se analizó cada uno de los procesos de operación de la planta de tratamiento, además se logró obtener una inversión referencial para el sistema de tratamiento presentado en este proyecto. En base a este análisis se concluye que el sistema propuesto es económicamente más viable, la comparación se la realizó frente al sistema de tratamiento utilizando ósmosis inversa para la deionización del agua del Estero Sabanilla.

Durante el monitoreo realizado en el Estero Sabanilla se encontró puntos donde la concentración de cloruros y sodio son más altos, tales como el punto ocho, donde se evidenció niveles altos de estos iones. Entre las probables causas de esta problemática tenemos: presencia de

asentamientos humanos aledaños al estero, presencia de residuos generados por la actividad agrícola, etc.

También se pudo constatar la presencia de dos alcantarillas que hacen sus descargas directas al Estero Sabanilla, las cuales son provenientes de los conjuntos habitacionales de Villa Club y Sambo City. Además, existe la descarga directa de una cantera ubicada en el recinto San Enrique. Las fuentes de descargas al estero antes mencionadas podrían tener una alta incidencia en el alto nivel de contaminación que presenta el estero.

La operación del sistema de tratamiento propuesto probablemente solo se dará en época de verano, debido a que en el invierno en esta zona y en casi todo el litoral se producen precipitaciones, las cuales abastecen de agua al cultivo de arroz, de tal forma que no se hace necesario el abastecimiento de agua en esta época. La única excepción para operar la planta, es que no se produzcan tantas precipitaciones en la época invernal.

Se cumplió con la hipótesis planteada al inicio de este proyecto. El desarrollo del sistema de tratamiento de aguas propuesto dentro de este trabajo hizo que el efluente obtenido como producto cumpla con las normativas ambientales vigentes para aguas de riego.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que la operación de la planta se la realice en marea alta, esto debido a que en marea alta el caudal de agua del Estero Sabanilla aumenta, y por ende la concentración de iones como cloruros y sodio disminuyen. Esto ayudará a que el tiempo de regeneración de las resinas se prolongue, ya que la carga de iones a retener va a disminuir.

Es recomendable que a la entrada de la bomba de succión de que del Estero Sabanilla hacia el sedimentador se coloque una rejilla de desbaste, esto con la finalidad de que no pase a la bomba basuras o algún tipo de sólido que provoque el taponamiento de la bomba o las tuberías por donde fluye el agua de alimentación hacia el sedimentador. Además, esta recomendación permitirá un mayor tiempo de vida útil de la bomba en mención y del sedimentador rectangular.

Como se lo menciona en el estudio de impacto ambiental de este proyecto (ver Anexo E), se recomienda tomar en cuenta un plan de mitigación para prevenir las situaciones que representan un alto potencial de riesgo. De esta manera se reducirán las más altas probabilidades de peligro, que afecten a la integridad de los operadores y del entorno social cercano a la planta.

Si bien es cierto la localización del sistema de tratamiento propuesto esta seleccionado en este proyecto, sin embargo, se recomienda realizar un estudio de campo, y elegir el área más adecuada. Este estudio permitirá corroborar situaciones muy importantes al momento de la construcción de la planta de tratamiento de aguas, tales como; accesibilidad hacia la planta, extensión disponible del área seleccionada, entre otros.

Se recomienda la realización de ensayos de forma permanente al agua antes de entrar y después del proceso de tratamiento. Esto con la finalidad de asegurar la efectividad del sistema de tratamiento, además de garantizar una buena producción en los sembríos de arroz. Esta recomendación es importante, ya que, gracias a esto se va a corroborar que el agua tratada cumple con la normativa ecuatoriana para aguas de riego, además en caso de no esté cumpliendo con los límites permisibles en el ACUERDOS 097-A ANEXO 1 se tomarán los correctivos necesarios, tales como; mantenimiento, rediseño del sistema de tratamiento, etc.

Debido a que se estima que la operación de la planta solo se la realice en época de verano, se recomienda que en el periodo invernal se realice el mantenimiento de todas las áreas de proceso del sistema de tratamiento. Además, también se tienen paradas de la planta por cada cierre de cosechas estimadas entre uno y dos meses, en estos lapsos de tiempo también se recomienda realizar los respectivos mantenimientos al sistema de tratamiento, con el propósito de que la efectividad del tratamiento sea el más alto posible y para precautelar el tiempo de vida útil de cada uno de los equipos.

Se recomienda realizar más puntos de monitoreo en marea alta, para corroborar que el nivel de iones cloruros y sodio son más bajos en esta condición. Esto facilitará el proceso de operación de la planta, y prolongará el tiempo de cambio y regeneración de las resinas de intercambio iónico.

También se sugiere aplicar un programa de concientización para los moradores del recinto San Enrique en cuanto a la clasificación y disposición final para los desechos que generan, además, a los agricultores que producen desechos de pesticidas y fungicidas y que los arrojan al estero. De esta manera se reducirá el nivel de contaminación que presenta el agua del Estero Sabanilla.

Es recomendable realizar análisis a los efluentes provenientes de las ciudadelas antes mencionadas y de la cantera, de manera que se verifique que estén cumpliendo con la normativa ambiental ecuatoriana respecto a descarga hacia efluentes. De esta manera se tomarán los correctivos necesarios en caso de comprobarse que estas descargas están influyendo negativamente en el nivel de contaminación que presenta el Estero Sabanilla.

REFERENCIAS

- Alonso Cobos, C. (1992). *Reutilización de aguas residuales urbanas: aplicación al regadío. Ozonificación. Riegos y drenajes XXI. España.*
- Apollin, F., & Eberharth, C. (1998). *Metodologías de análisis y diagnóstico de Sistemas de riego campesino. CAMAREN.*
- Asano, T. (1996). *La recuperación de las aguas residuales municipales como nuevo recurso hídrico. Actas Jornadas Intern.: Agua horizonte 2005. Murcia.*
- Chang. (1981). *Trace elements in wastewater., Their effects on plant growth and composition and their behavior in soils. Mattigod.*
- EPA. (26 de Enero de 2017). *Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/espanol/usando-el-agua-eficientemente-ideas-para-la-industria>*
- Fernández, M., Contreras, J., Segura, M., & Polo, M. (2002). *1. Efectos en el rendimiento de cultivos hortícolas producidos por el uso de agua residual depurada para riego. XX Congreso Nacional de Riegos, (págs. 71-74). Real.*
- Galarraga, S. V. (2001). *Gestion del agua como bien público. Quito.*
- García, I. D. (1995). *Contaminación del Suelo., Departamento de Edafología y Química Agrícola. Unidad Docente e Investigadora de la Facultad de Ciencias. España: Universidad de Granada.*
- Health, T. J. (1999). *Population Information Program. Center for Communication Programs. Enfermedades transmitidas por el agua de riego. USA.: Marylan.*
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2015). *Obtenido de INAMHI: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>*
- ministerio del ambiente. (s.f.). *Acuerdos Ministerial. En ACUERDOS 097-A ANEXO 1. Quito.*
- NORMA INEN. (s.f.). *Técnicas de muestreo. ECUADOR.*
- OMS. (s.f.). *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Serie Informes Técnicos nº 778. .*

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2016).
Obtenido de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-6/es/>
- Ramos. (1998). *El uso de aguas residuales en riegos localizados y en cultivos hidropónicos*. Valencia.
- Ravina, I. (1995). *Performance evaluation of filters and emitters with secondary effluent.*, *Microirrigation for a changing world: Conserving resources/Preserving the Environment*. Microirrigation Congress. Orlando, Florida.
- Rice, E. w., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Cleseri, L. S. (s.f.). *STANDARD METHODS For the Examination of Water ans Wasterwater*. USA.
- Roldán, J. (1997). *La reutilización para el riego en España. Curso sobre reutilización de aguas para riego*. Valencia: ETSIA.
- Hidalgo, F. (2006). *Diseño y construcción de un Desmineralizador de lecho multiple*. Tesis de grado-Universidad de Guayaquil, 104-111.
- Solorzano, N. (2016). *Diseño, construcción y puesta en marcha de una unidad de intercambio iónico*. Proyecto Integrador-ESPOL, 65-80.
- Roldán, S. C. (s.f.). *Uso agrícola de aguas subterráneas y depuradas urbanas en Medellín Colombia*. . Colombia.
- Romero.J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, Teoría y Principios de Diseño*. Bogotá - Colombia.
- Sánchez. (1998). *Acumulación de lavado de sales y metales pesados*.
- Sartor, A. S., & Cifuentes, O. (2012). *Propuesta de Ley Nacional para reuso de Aguas Residuales*. 18º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Argentina: editorial de la universidad tecnológica nacional.
- Secretaria Nacional del agua . (s.f.). Obtenido de SENAGUA:
<http://www.agua.gob.ec/>
- Shelef, G. (1996.). *La gestión del tratamiento y de la reutilización de las aguas residuales*. Actas Jorn. Intern.: Agua horizonte 2005. Murcia.
- Suarez, J. (s.f.). *La reutilización para el riego en Perú*. . Curso sobre reutilización de aguas para riego. Peru.
- Tecnosan.com.br. (2017 de septiembre de 2010). Tecnosan. Obtenido de *Desmineralizador de Agua*: <http://www.tecnosan.com.br/esp/prod15.php>

Ulloa, C. J. (1993). Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Au Reports 30, Aarhus University, Denmark.

Valdez, E., & Vázquez, G. (2003). Ingeniería de los sistemas de tratamiento y dispersión de aguas residuales. Mexico., D.F – Mexico.

SIMBOLOGÍA

Q	Caudal
a	Ancho
p	Profundidad
v	Velocidad
$Q_{promedio}$	Caudal Aproximado
n	Número de Puntos Muestreados
Q_i	Caudal por cada Punto de Muestreo
V_{EDTA}	Volumen de Titulante EDTA
M_{EDTA}	Molaridad de Titulante EDTA
$V_{MUESTRA}$	Volumen de Muestra de Agua
RAS	Relación de Absorción del Sólido
Na	Concentración de Sodio
A_s	Área del Sedimentador
V_s	Volumen del Sedimentador
V_{CF}	Volumen de la Resina Catiónica Fuerte
CT	Cationes Totales
P	Producción de Agua
CR	Capacidad de la Resina
h	Altura
r	Radio
V	Volumen
H	Altura de la Columna
$\%E$	Porcentaje de Expansión
V_{AF}	Volumen de Resina Aniónica Fuerte
AT	Aniones Totales
Q_P	Caudal del Proceso
A_c	Área del Cilindro
V_{CC}	Volumen de consumo de agua de la Columna Catiónica

BV_{CF}	Volumen de Lecho de la Resina Catiónica
V_{CA}	Volumen de consumo de agua de la Columna Aniónica
BV_{AF}	Volumen de Lecho de la Resina Aniónica
Q_{LLC}	Caudal del Lavado Lento
t_{LLC}	Tiempo de Lavado Lento
Q_{LRC}	Caudal de Lavado Rápido Catiónico
t_{RRC}	Tiempo del Retrolavado Catiónico
Q_{LLA}	Caudal de Lavado Lento Aniónico
t_{LRC}	Tiempo de Lavado Rápido
t_{LLA}	Tiempo de Lavado Lento
Q_{LRA}	Caudal de Lavado Rápido Catiónico
t_{LRA}	Tiempo de Lavado Rápido
Q_{RRA}	Caudal del Retrolavado Aniónico
t_{RRA}	Tiempo del Retrolavado Resina Aniónico
CE_C	Salinidad del Suelo

GLOSARIO

Agua Residual	Tipo de agua cuya calidad se ha visto perjudicada de manera negativa por el ser humano.
Solubilidad	Propiedad de una sustancia química sólida, líquida o gaseosa llamada soluto para disolverse en un disolvente sólido, líquido o gaseoso.
Descomposición Aeróbica	Cuando los compuestos orgánicos se descomponen por la acción de organismos que no requieren aire.
Escorrentía	Es la evacuación del agua, o de las sustancias transportadas en ella, de la superficie de un área de tierra o estructura.
Materia Orgánica	Grupo de compuestos a base de carbono que se encuentran en entornos naturales, artificiales, terrestres y acuáticos.
Osmoregulación	Equilibrio entre el agua y los materiales disueltos en ella independientemente de las condiciones ambientales.
Fitotoxicidad	Efecto tóxico de un compuesto sobre el crecimiento de las plantas.

Clorosis	Condición en la cual las hojas de las plantas producen poca clorofila.
Necrosis	Muerte de las células o tejidos de las plantas.
Termorresistente	Resistente a elevadas temperaturas.
Coloides	Mezcla en la cual partículas microscópicas insolubles se encuentran suspendidas de manera dispersa en otra sustancia.
Porosidad	Medida de espacios vacíos en un material.
Permeabilidad	Estado o calidad de un material o membrana que permite el paso de líquidos o gases a través de él.
Evapotranspiración	Proceso por el cual el agua es transferida a la atmosfera por la evaporación del suelo y de la transpiración de las plantas.
Percolación	Es el movimiento y filtración de los fluidos a través de medios porosos.
Lixiviación	Perdida o extracción de ciertos materiales de un medio líquido, no siempre un disolvente.

ANEXOS

ANEXO A

Manual de operación de las resinas de intercambio iónico

Descripción

El equipo desmineralizador está formado por una columna catiónica existente en la planta, la cual se debe optimizar regenerando con ácido clorhídrico y una columna aniónica, estas columnas están compuestas por dos tanques polietileno y cabezal automático.

Para el servicio y regeneración las columnas de intercambio iónico disponen de una electroválvula, para realizar los procesos en forma automática.

Operación

Las electroválvulas que dispone las columnas de intercambio iónico, una vez fijada la hora del día entran en proceso de intercambio iónico, pasando el agua primeramente por la columna catiónica, en la cual son intercambiados los cationes tales como: calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso y otros metales por el ion hidrógeno. Luego pasa el agua por la columna aniónica, en la cual se intercambian los aniones tales como: nitratos, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, etc., por el ion hidróxido. Finalmente, el ion hidrogeno y el ion hidróxido reaccionan para formar agua, haciendo que el agua quede o disminuya las sales disueltas.

Regeneración

En el proceso de intercambio iónico, las resinas tanto catiónica como aniónica se saturan, cuando hemos llegado a este punto o porque el valor de la conductividad o los valores de solidos totales disueltos son altos para nuestro requerimiento, se procede a regenerar las resinas. La resina catiónica se la regenera con ácido clorhídrico, en este proceso se intercambian los cationes retenidos por el ion hidrógeno y la resina aniónica se la regenera con sosa cáustica, en este proceso

se intercambian los aniones retenidos por el ion hidróxido, quedando la resina como al principio del proceso lista para realizar el intercambio iónico.

Regeneración de la columna catiónica

El proceso se realiza automáticamente con la electroválvula, está programada para hacer cada día los siguientes pasos:

- a) Retrolavado. Es el proceso mediante el cual se lavan las resinas por un tiempo aproximado de quince minutos.
- b) Inyección del ácido. Previamente se prepara la solución del ácido en un tanque de solución ácida, 4kg de ácido clorhídrico por cada pie cubico de resina y completando con agua potable hasta el nivel de la succión de la manguera. Terminando el retrolavado enseguida se acciona el proceso de inyección de la solución ácida por el tiempo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la inyección del ácido, automáticamente se pasa al proceso de lavado del ácido, por un tiempo aproximado de quince a veinte minutos.

Terminando el lavado, automáticamente se produce el llenado del tanque donde se prepara la solución ácida, por el tiempo de veinte minutos. Este tiempo se puede ajustar para que quede espacio para colocar el ácido y no se riegue por la manguera.

Terminando este proceso, la electroválvula vuelve al proceso de filtración. Se continua con el proceso de regeneración de la columna aniónica, la otra electroválvula tiene que estar programada para iniciar el proceso de regeneración, una vez que termine todo el ciclo de la columna catiónica.

Regeneración en la columna aniónica

El proceso se realiza automáticamente con la electroválvula, está programada para hacer cada día los siguientes pasos:

- a) Retrolavado. Este proceso se lo realiza para lavar la resina por un tiempo aproximado de quince minutos.
- b) Inyección de sosa cáustica. Previamente se prepara la solución de sosa cáustica, para esto se coloca en el tanque de preparación de solución alcalina 1.5 kg de sosa cáustica sólida por cada pie cubico de resina y completando con agua potable hasta el nivel de succión de la manguera, agitar hasta que quede completa la disolución.

Terminando el proceso de retrolavado enseguida se acciona el proceso de inyección de la solución alcalina por el tiempo de sesenta minutos.

Terminada la inyección de sosa caustica, automáticamente se pasa al proceso del lavado de la sosa, por un tiempo aproximado de treinta minutos.

Terminado el lavado, automáticamente se produce el llenado del tanque donde se prepara la solución alcalina, por el tiempo aproximado de veinte minutos. Este tiempo se lo puede ajustar para que quede espacio para colocar la sosa y no se riegue por la manguera.

Terminado este proceso la electroválvula vuelve al proceso de filtración. Quedando de esta manera el equipo listo para el proceso de intercambio iónico.

Cabe recalcar que el agua que queda del proceso de lavado de las resinas se la redirecciona hacia un tanque de recolección, con el fin de mezclarla con el agua no tratada para que de esta manera se neutralice y poder nuevamente enviar al proceso de intercambio iónico.

ANEXO B

CÁLCULOS

Consideraciones de diseño para el sistema de tratamiento de aguas propuesto

Cálculo de agua del estero usado para actividades agrícolas

$$Q_{utilizado} = \frac{Volumen}{tiempo}$$

$$Q_{utilizado} = \frac{200 \text{ litros}}{\text{minuto}} * \frac{60 \text{ minuto}}{1 \text{ hora}} * \frac{12 \text{ horas}}{1 \text{ dia} - \text{ semana}} * \frac{1 m^3}{1000 \text{ litros}}$$

$$Q_{utilizado} = \frac{144 m^3}{\text{dia}} \text{ (realizado una vez por semana)}$$

$$Q_{utilizado} = \frac{144 m^3}{\text{dia}} * 10 \text{ hectareas} \text{ (realizado una vez por semana)}$$

$$Q_{utilizado} = \frac{1440 m^3}{\text{dia}} \text{ (realizado una vez por semana)}$$

$$Q_{utilizado} = \frac{1440 m^3}{\text{dia} - \text{ semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}}$$

$$Q_{utilizado} = \frac{8.57 m^3}{\text{hora}}$$

Cálculos para el dimensionamiento del sedimentador

Cálculos para la zona de sedimentación

El dato del caudal de agua del proceso es de $8.57 m^3/s$, sin embargo, se consideró realizar el diseño con un caudal de $9 m^3/s$. Para la estimación de la velocidad de sedimentación se realizaron varios ensayos a nivel de laboratorio (es un resultado), se tomó un tiempo estimado y en una bureta se medía la altura de lodos que se sedimentaban, considerando un valor promedio de todos ensayos realizados el valor de velocidad de sedimentación es $1 cm/min$.

Calculo del área superficial:

$$A_s = \frac{Q}{v_s}$$

$$A_s = \frac{0.0025 \text{ m}^3/\text{s}}{0.000166 \text{ m/s}}$$

$$A_s = 15.06 \text{ m}^2$$

Asumiendo el ancho del sedimentador, hallamos la longitud:

$$B = 2 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{A_s}{B}$$

$$L_2 = \frac{15.06}{2}$$

$$L_2 = 7.53 \text{ m}$$

La distancia de separación entre la entrada del flujo y la pantalla difusora debe estar entre 0 y 1 metro. Se va a asumir:

$$L_1 = 0.75 \text{ m}$$

Entonces se tiene como longitud de unidad:

$$L = L_1 + L_2$$

$$L = 8.28 \text{ m}$$

Se verifica que la relación L/B cumple con los criterios básicos del diseño de un sedimentador. Para ello L/B estar entre 3 y 6, para este caso se tiene:

$$\frac{L}{B} = \frac{8.28 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 4.14$$

Ahora se asume también la profundidad:

$$H = 1.5 \text{ m}$$

Así mismo se verifica que la relación L/H cumple con los criterios básicos del diseño de un sedimentador. Para ello L/H estar entre 5 y 20, para este caso se tiene:

$$\frac{L}{H} = \frac{8.28 \text{ m}}{1.5 \text{ m}} = 5.52$$

Entonces podemos calcular el volumen del sedimentador, esto es:

$$V_s = L * B * H$$

$$V_S = 8.28 \text{ m} * 2 \text{ m} * 1.5 \text{ m}$$

$$V_S = 8.28 \text{ m}^3$$

Se determina la velocidad horizontal V_H , para esto se tiene que:

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H}$$

$$V_H = \frac{100 * 0.0025 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m} * 1.5 \text{ m}}$$

$$V_H = 0.0833 \text{ m/s}$$

$$V_H = 0.000833 \text{ cm/s}$$

Luego se calcula el tiempo de retención, para ello se tiene que:

$$T_0 = \frac{\text{Volumen del sedimentador}}{\text{Caudal de proceso}}$$

$$T_0 = \frac{8.28 \text{ m}^3}{0.0025 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$T_0 = 3312 \text{ s} = 55.2 \text{ min} = 0.92 \text{ h}$$

Con una pendiente del 10% en el fondo, en la mitad de la zona de sedimentación se tiene que:

$$H' = H + 0.1 H$$

$$H' = 1.5 \text{ m} + 0.1 (1.5 \text{ m})$$

$$H' = 1.65 \text{ m}$$

Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero:

$$H_2 = \left[\frac{Q}{1.84B} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_2 = \left[\frac{0.0025 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 * 2 \text{ m}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_2 = 0.0077 \text{ m}$$

Cálculos para el volumen de lodos que se forma

$$V_{\text{sedimentacion}} = 0.000166 \text{ m/s} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * \frac{14 \text{ h}}{1 \text{ dia}}$$

$$V_{\text{sedimentacion}} = 8.36 \text{ m/dia}$$

$$\text{Solidos totales}_{\text{promedio}} = 105.49 \text{ mg/L}$$

Eficiencia del sedimentador = 80%

$$Q_{\text{OPERACION}} = 8.57 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0.80$$

$$Q_{\text{OPERACION}} = 6.86 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{LODOS}_{\text{FORMADOS}} = 6.86 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} * \frac{105.49 \text{ mg}}{\text{L}} * \frac{14 \text{ h}}{1 \text{ dia}}$$

$$\text{LODOS}_{\text{FORMADOS}} = 723661.4 \frac{\text{mg}}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}$$

$$\text{LODOS}_{\text{FORMADOS}} = 723.66 \frac{\text{g}}{\text{dia}}$$

Densidad del lodo formado = 1.05 gr/ cm³

$$\text{VOLUMEN}_{\text{LODOS}} = 723.66 \frac{\text{g}}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ cm}^3}{1.05 \text{ gr}}$$

$$\text{VOLUMEN}_{\text{LODOS}} = 689.20 \frac{1 \text{ cm}^3}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$\text{VOLUMEN}_{\text{LODOS}} = 689.20 \frac{1 \text{ cm}^3}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$\text{HVOLUMEN}_{\text{LODOS}} = 0.000689 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Cálculos para el diseño de la pantalla difusora

Para empezar, se va a asumir una velocidad de paso entre los orificios,

$$V_0 = 0.01 \text{ m/s}$$

Entonces el área total de los orificios está dada por:

$$A_0 = \frac{Q}{V_0}$$

$$A_0 = \frac{0.0025 \text{ m}^3/\text{s}}{0.01 \text{ m/s}}$$

$$A_0 = 0.25 \text{ m}^2$$

Luego se adopta un diámetro para el tamaño de los orificios:

$$d_0 = 0.1 \text{ m}$$

Entonces el área de cada orificio será:

$$a_0 = \pi * r^2$$

$$a_0 = \pi * (0.05 \text{ m})^2$$

$$a_0 = 0.00785 \text{ m}^2$$

Se determine el número de orificios:

$$n = \frac{A_0}{a_0}$$

$$n = \frac{0.25 \text{ m}^2}{0.00785 \text{ m}^2}$$

$$n = 31.83 = 32 \text{ orificios}$$

Para determinar la porción de altura de la pantalla difusora con orificios se tiene que:

$$h = H - 2/5 H$$

$$h = 1.5 - 0.4*(1.5)$$

$$h = 0.9 \text{ m}$$

Se asume el número de filas de orificios $n_f = 4$

Entonces el número de columnas será $n_c = 8$

Luego el espaciamiento entre filas será:

$$-a_1 = \frac{h}{n_f}$$

$$a_1 = \frac{0.9}{4}$$

$$a_1 = 0.2250 \text{ m}$$

Luego se determina el espaciamiento entre columnas, para esto se tiene:

$$a_2 = \frac{B - a_1(nc - 1)}{2}$$
$$a_2 = \frac{2 - 0.225(8 - 1)}{2}$$
$$a_2 = 0.2125m$$

Cálculo para el dimensionamiento de la columna de intercambio catiónico

Volumen de la resina catiónica fuerte (V_{CF})

$$V_{CF} = \frac{CT * P}{CR}$$

Entonces se tiene que,

$$V_{CF} = \frac{400ppm * 9000L}{200.37 \frac{Gr}{L} * 3.78 \frac{L}{Gal} * 17.1 \frac{ppm * Gal}{gr}}$$
$$V_{CF} = 277.95L$$
$$V_{CF} \approx 278L$$

Altura de resina catiónica

$$V_{CF} = \pi * r^2 * h$$

Despejando la altura,

$$h = \frac{V_{CF}}{\pi * r^2}$$

Entonces se tiene que,

$$h = \frac{277959.74cm^3}{\pi * 30^2cm^2}$$
$$h = 98.30cm$$
$$h \approx 98cm$$

Altura de la columna catiónica

$$H = h + (\%E * h)$$

Entonces se tiene que,

$$H = 98.30 + (0.4 * 98.30) + 10cm_{grava}$$
$$H = 147.62cm$$

$$H \approx 148cm$$

Volumen de columna catiónica

$$V = \pi * 30^2 cm^2 * 147.62cm$$

$$V = 417385.72cm^3$$

$$V = 417.38L$$

$$V \approx 417L$$

Cálculos para el dimensionamiento de la columna de intercambio aniónico

Volumen de la resina aniónica (V_{AF})

$$V_{AF} = \frac{(AT * P)}{CR}$$

Entonces se tiene que,

$$V_{AF} = \frac{700ppm * 9000L}{350.53 \frac{Gr}{L} * 3.78 \frac{L}{Gal} * 17.1 \frac{ppm * Gal}{gr}}$$

$$V_{AF} = 278.05L$$

$$V_{AF} \approx 278L$$

Altura de resina aniónica

$$h = \frac{V_{AF}}{\pi * r^2}$$

$$h = \frac{278052.91cm^3}{\pi * 30^2 cm^2}$$

$$h = 98.34cm$$

$$h \approx 98cm$$

Altura de la columna aniónica

$$H = h + (\%E * h)$$

$$H = 220.16cm + (0.4 * 220.16cm) + 10cm_{grava}$$

$$H = 147.67cm$$

$$H \approx 148cm$$

Volumen de la columna aniónica

$$V = \pi * 30^2 cm^2 * 147.67 cm$$

$$V = 417527.08 cm^3$$

$$V = 417.53 L$$

$$V \approx 418 L$$

Cálculos para la estimación del caudal del proceso

Con respecto a la velocidad lineal del proceso, se consideró un valor aproximado de 290 m/h, este valor fue recomendado por el proveedor de las resinas de intercambio iónico.

Entonces se tiene que:

$$Q_P = V * A$$

$$Q_P = 290 * \pi * 0.3^2 m^2$$

$$Q_P = 9.11 m^3/h$$

$$Q_P = 151.84 L/min$$

Cálculos de consumo de agua de lavados

Cálculo para el consumo de agua de lavados de la resina catiónica.

$$V_{CC} = 2 * BV_{CF}$$

Entonces se tiene que:

$$V_{CC} = 2 * (417 L)$$

$$V_{CC} = 834 L$$

Cálculo para el consumo de agua de lavados de la resina aniónica

$$V_{CA} = 2 * BV_{AF}$$

Entonces se tiene que:

$$V_{CA} = 2 * (418 L)$$

$$V_{CA} = 836 L$$

Cálculos del caudal y tiempo de lavado lento para la resina catiónica

$$Q_{LLC} = V * A$$

Entonces se tiene que:

$$Q_{LLC} = 5 \text{ m/h} * \pi * 0.3^2 \text{ m}^2$$

$$Q_{LLC} = 1.41 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{LLC} = 23.56 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Calculo del tiempo de lavado:

$$Q_{LLC} = \frac{V}{t_{LLC}}$$

Entonces:

$$t_{LLC} = \frac{V}{Q_{LLC}}$$

$$t_{LLC} = \frac{836 \text{ L}}{23.56 \text{ L/min}}$$

$$t_{LLC} = 35.39 \text{ min}$$

$$t_{LLC} \approx 36 \text{ min}$$

Cálculos del caudal y tiempo de lavado rápido para la resina catiónica

$$Q_{LRC} = V * A$$

Entonces se tiene que:

$$Q_{LRC} = \text{m/h} * \pi * 0.3^2 \text{ m}^2$$

$$Q_{LRC} = 2.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{LRC} = 37.69 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Cálculo del tiempo de lavado:

$$Q_{LRC} = \frac{V}{t_{LRC}}$$

Entonces:

$$t_{LRC} = \frac{V}{Q_{LRC}}$$

$$t_{LRC} = \frac{834 \text{ L}}{37.69 \text{ L/min}}$$

$$t_{LRC} = 22.13 \text{ min}$$

$$t_{LRC} \approx 23 \text{ min}$$

Cálculos del caudal y tiempo de retrolavado para la resina catiónica

$$Q_{RRC} = V * A$$

$$Q_{RRC} = 23.5 \text{ m/h} * \pi * 0.3^2 \text{ m}^2$$

$$Q_{RRC} = 6.64 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{RRC} = 110.74 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Cálculo del tiempo de retrolavado se utiliza:

$$Q_{RRC} = \frac{V}{t_{RRC}}$$

Entonces:

$$t_{RRC} = \frac{V}{Q_{RRC}}$$

$$t_{RRC} = \frac{834 \text{ L}}{110.74 \text{ L/min}}$$

$$t_{RRC} = 7.53 \text{ min}$$

$$t_{RRC} \approx 8 \text{ min}$$

Cálculos del caudal y tiempo de lavado lento para la resina aniónica

$$Q_{LLA} = V * A$$

$$Q_{LLA} = 5 \text{ m/h} * \pi * 0.3^2 \text{ m}^2$$

$$Q_{LLA} = 1.41 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{LLA} = 23.56 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Cálculo del tiempo de lavado:

$$Q_{LLA} = \frac{V}{t_{LLA}}$$

Entonces:

$$t_{LLA} = \frac{V}{Q_{LLA}}$$

$$t_{LLA} = \frac{836 \text{ L}}{23.56 \text{ L/min}}$$

$$t_{LLA} = 35.48 \text{ min}$$

$$t_{LLA} \approx 36 \text{ min}$$

Cálculos del caudal y tiempo de lavado rápido para la resina aniónica

$$Q_{LRA} = V * A$$

$$Q_{LRA} = 8 \text{ m/h} * \pi * 0.3^2 \text{ m}^2$$

$$Q_{LRA} = 2.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{LRA} = 37.69 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Cálculo del tiempo de lavado:

$$Q_{LRA} = \frac{V}{t_{LRA}}$$

Entonces:

$$t_{LRA} = \frac{V}{Q_{LRA}}$$

$$t_{LRA} = \frac{836 \text{ L}}{37.69 \text{ L/min}}$$

$$t_{LRA} = 22.18 \text{ min}$$

$$t_{LRA} \approx 23 \text{ min}$$

Cálculos del caudal y tiempo de retrolavado para la resina aniónica

$$Q_{RRA} = V * A$$

$$Q_{RRA} = 12.5 \text{ m/h} * \pi * 0.3^2 \text{ m}^2$$

$$Q_{RRA} = 3.53 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{RRA} = 58.90 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Cálculo del tiempo de retrolavado:

$$Q_{RRA} = \frac{V}{t_{RRA}}$$

Entonces:

$$t_{RRA} = \frac{V}{Q_{RRA}}$$

$$t_{RRA} = \frac{836 \text{ L}}{58.90 \text{ L/min}}$$

$$t_{RRA} = 14.19 \text{ min}$$

$$t_{RRA} \approx 15 \text{ min}$$

ANEXO C

Fichas técnicas de las resinas catiónica y aniónicas respectivamente



PUROLITE C-100 E

RESINA DE INTERCAMBIO IÓNICO FUERTEMENTE ÁCIDA

(PARA USAR EN LA DESIONIZACIÓN DEL AGUA)

HOJA TÉCNICA

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

PUROLITE C-100 E es una resina catiónica de poliestireno sulfonado tipo gel, de elevada pureza, diseñada especialmente para el tratamiento de alimentos, bebidas, aguas potables, y agua empleada en la manipulación de alimentos.

C 100 E cumple con la normativa de la **U.S. Food and Drug Administration** [sección 21, párrafo 173.25](#) sobre empleo de resinas en el tratamiento de alimentos para el consumo humano.

C 100 E está inscrita en el **Registro General Sanitario de Alimentos del Ministerio de Sanidad y**

Consumo, con el [Nº 31.01108/B-11046](#), para el tratamiento de aguas potables.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estructura del polímero	poliestireno reticulado con DVB
Forma física y aspecto	perlas esféricas transparentes
Grupo funcional	Poliestireno sulfonado
Forma de suministro	Na ⁺ Densidad aparente (aprox.) 800-840 g/l (50-52.5 lb/ft ³)
Tamaño de malla, U.S. estándar Mesh (húmeda)	16-50
Rango tamaño de partícula	1.2 mm < 5% - 0.3 mm < 1%
Retención humedad, forma Na ⁺	46-50%
Hinchamiento, Ca ²⁺ → Na ⁺ (max.)	+8%
Densidad forma Na ⁺ (húmeda)	1.27
Capacidad total, forma Na ⁺ , húmeda (min.)	200 gr/l
Temperatura de trabajo, forma Na ⁺ (max.)	140°C (285°F)
Rango estabilidad pH	0 - 14
Rango operativo pH, ciclo Na ⁺	6 - 10

**CONDICIONES DE TRABAJO ESTÁNDAR
(DESCALCIFICACIÓN EN CO - CORRIENTE)**

OPERACION	CAUDAL	DISOLUCION	MINUTOS	CANTIDAD
Servicio	8- 40 BV/h	Agua entrada		
Contralavado	7 - 12 m/h	Agua entrada	5 - 20	1,5 - 4 BV
Regeneración	2 - 7 BV/h	4 - 10% HCl	15 - 60	60 - 320 g/l
Lavado (lento)	2 - 7 BV/h	Agua entrada	30 (aprox.)	2 - 4 BV
Lavado rápido)	8- 40 BV/h	Agua entrada		3 - 10 BV

1 BV = 1 Volúmen/Volúmen resina

UNITED KINGDOM Sales & European Marketing

Purolite International Limited, Cowbridge Road, Pontyclun, CF72 8YL, Sales-Tel: (44) 1443-235411 Telefax: (44) 1443-231113

PRODUCTION & ADMINISTRATION

Purolite International Limited, Cowbridge Road, Pontyclun, South Wales CF72 8YL. Tel: (44) 1443-229 334 Telefax: (44) 1443222 336.

FRANCE

Purolite International Sarl, 11 Avenue Delcassé, 75008 Paris. Tel: (33)1-42 56 45 63 Telefax: (33)1-45 63 38 26 Telex 648856

GERMANY

Purolite Deutschland GmbH, Harkort Strasse 25, 40880 Ratingen. Tel: (49)2102-46033
Telefax: (49)2102-443663

ITALY

Purolite International S.r.l., Viale Coni Zugna 29, 20144 Milano. Tel: (39) 2-48 18 145 Telefax: (39) 2-48 01 23 59

POLAND

Radus Spolka z.o.o., ul. Przebendowskich 33, 81-543 Gdynia. Tel: (48) 58-624 89 79 / 624 85 09
Telefax: (48) 58-624 81 18

ROMANIA

Purolite Romania, International Business Centre Modern, Bulevardul Carol No.44-46,
Etajul 5, Bucuresti, Sector 2. Tel: (40) 1-250 5053 / 250 5028 Telefax: (40) 1-250 5999

SPAIN

Purolite Iberia SA, Parc Tecnologic Del Valles, Centre Empreses Noves Technologies, 08290
Cerdanyola (Barcelona). Tel: (34) 3-582-0266 / 7 Telefax: (34) 3-582-0268

EGYPT

Purolite International Middle East, 12 Obour Gardens, 5th Floor, Apt. 55, Salah
Salem Street, Nasr City, Cairo. Tel: (20) 2-402 1477 / 403 1967 Telefax: (20) 2-402
1478

BRASIL

Purolite do Brasil Ltda, Rua Orissanga No.26, Sala 14-10 andar, Edificio Rubl –Bairro
Mirandopolis, 04052-030, Sao Paulo SP. Tel: (55) 11-5078 9583 Telefax: (55) 11-5078 9583

KOREA

Purolite International (Korea), Dae-Yeon Building, Room 403, 943-30 Daechi-Dong,
Kangnam-Gu, Seoul, Korea. Tel: (82) 2-3453-7062/3 Telefax: (82) 2-3453-7064

U.S.A.

The Purolite Company, 150 Monument Road, Bala Cynwyd, PA 19004, Tel: (1) 610-668-9090
Freephone: 800-343-1500 Telefax: (1) 610-668-8139 Telex: 291718

CANADA

The Purolite Company, 625 Wabanaki Drive, Unit 2, Kitchener, Ontario N2C 2G3. Tel: (1) 519
896 6674 Freephone: (1) 800461 1500
Telefax: (1) 519 896 6679.

TÉCNICA

Purolite® SSTC60

Resina Aniónica Fuertemente Básica Gel Uniforme – Tecnología Shallow Shell

La familia de resinas de alta eficiencia Purolite SST está basada en la tecnología de activación solamente de la corona, que simplemente tiene un camino más corto para que iones lleguen a los sitios de intercambio, de esta forma el intercambio iónico ocurre más rápidamente. Esto es importante especialmente en el proceso de regeneración porque reduce la profundidad necesaria de penetración para la limpieza de la resina, lo que permite una regeneración con un mayor aprovechamiento del regenerante. El resultado es una familia de resinas Purolite SST con una inigualable eficiencia de regeneración que disminuye el desperdicio de productos químicos y agua, al ser comparado con la regeneración de una resina convencional con el mismo nivel de regenerante. Se obtiene una reducción de fuga de iones del 60 a 90%.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS:

Aplicación	Ablandamiento e Desmineralización
Estructura Polimérica	Base de Poliestireno e Divinilbenceno, Tipo Gel
Apariencia	Partículas Esféricas Uniformes
Grupo Funcional	Ácido Sulfónico
Forma Iónica Original	Cl ⁻



INFORMACIONES DEL PRODUCTO:

Capacidad Total	350 gr/L (en la forma Cl ⁻)
Humedad Retida	38 - 46 % (en la forma Cl ⁻)
Variación del Tamaño de las Esferas	650 ± 50 µm
Coefficiente de Uniformidad (max.)	1,2
Dilatación Reversible, Na⁺ → H⁺ (max.)	6%
Densidad Relativa	1,20 (en la forma Cl ⁻)
Peso Específico (aproximado)	775 - 825 g/l (48,4 - 51,6 lb/ft3)
Temperatura Limite	60°C (140°F)

Por medio de una lente microscópica, se puede observar lo que las resinas **Purolite SST** difieren de las otras resinas. Esto es porque la resina tiene un centro no activado y sólo lo externo de la corona es activado, como se muestra en la figura 1, acortando el trayecto de la difusión (ve la figura 2).



Fig. 1 – Profundidad uniforme de funcionalidad

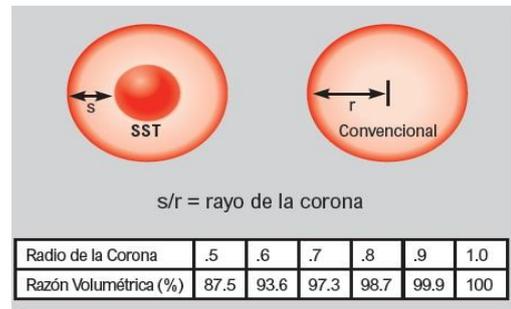


Fig.2 - Vía de difusión

Con el uso de la tecnología de activación sólo de la corona, todas las esferas tienen la misma funcionalidad, lo que lleva a un uso más eficiente del regenerante y consecuentemente una mejor regeneración. Esto a su vez hace con que las resinas tengan una capacidad operacional de intercambio iónico elevado, una menor fuga de iones y una mejor operación con elevadas concentraciones de hierro. El hierro capturado por sitios del núcleo de una resina convencional es difícilmente retirado en la regeneración común. Con **Purolite SSTC60** se puede trabajar hasta 10ppm de hierro soluble para ablandamiento de agua.

La resina **Purolite SST** tiene una buena resistencia mecánica y durabilidad a choques osmóticos en comparación con una resina convencional. Esto es la solución en algunas aplicaciones industriales donde la resina sufre mucho desgaste físico.



Con esas resinas también se economiza mucha agua. La tecnología de activación sólo de la corona de los productos **Purolite SST** se regenera con aproximadamente el 50% menos de agua de dilución y de enjuague, pues se logra llegar a la especificación mucho más rápido que las resinas convencionales.

Condiciones Generales de Trabajo (Co-Corriente)

Operación	Caudal	Solución	Tiempo (minutos)	Cantidad
Alimentación (Descendiente)	8 - 40 BV/h	Agua de Alimentación	Consulte el Proyecto	Consulte el Proyecto
Contra-Lavado (Ascendiente)	5 - 7,5 m/h	Agua de Alimentación	5-20	1,5 - 4 BV
Regeneración para				32 - 240 g
Ablandamiento (Descendiente)	2 - 7 BV/h	3 - 5% NaOH	30 - 60	NaOH/l de Resina
Regeneración para				32 - 240 g
Desmineralización (Descendiente)	2 - 7 BV/h	4-10% HCl*	30 - 60	HCl/l de Resina
Lavado Lento (Descendiente)	2 - 7 BV/h	Agua de Alimentación	30 - 60	1,5 - 2 BV
Lavado Rápido (Descendiente)	8 - 40 BV/h	Agua de Alimentación	6 - 30	1 - 5 BV

1 BV = Volumen de Resina

(*) El H₂SO₄ también puede ser utilizado en este caso, sin embargo, se recomienda cautela en la selección de la concentración para evitar la precipitación de CaSO₄. Por favor contactar a una filial de Purolite

Americas

Europe

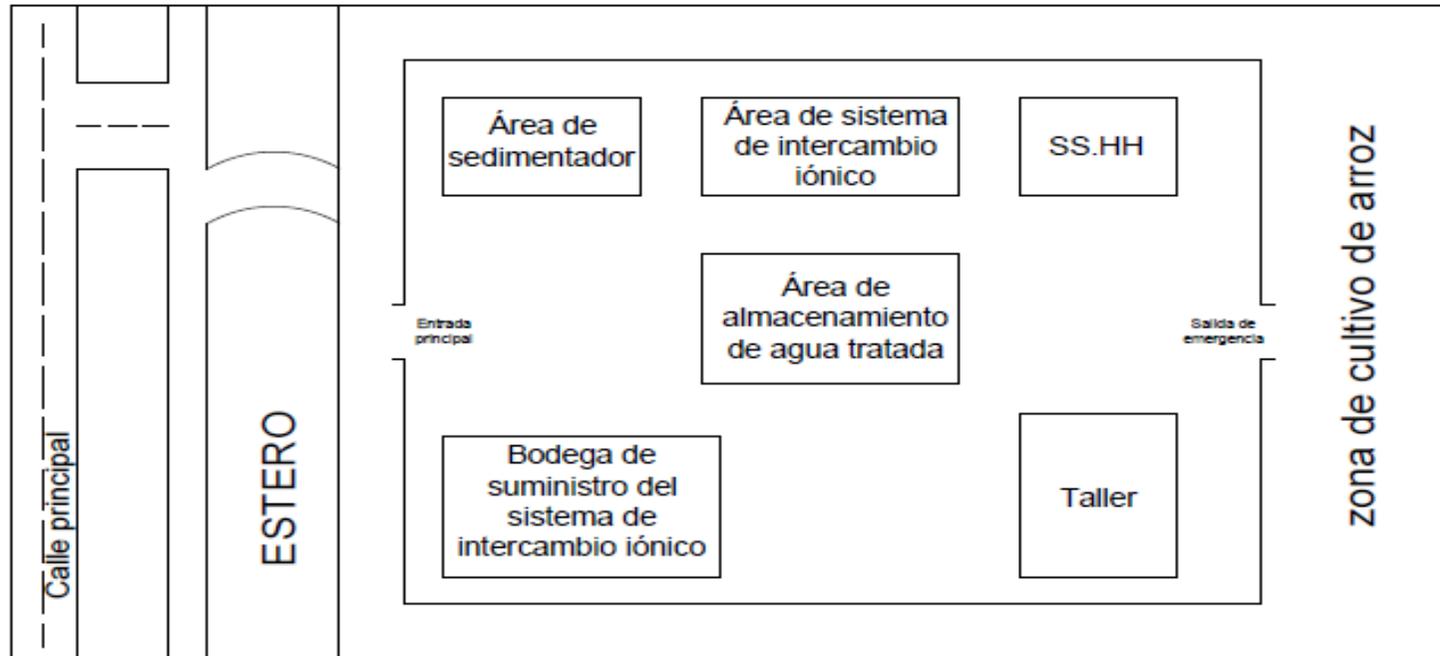
Asia

Pacific

T +01 610.668.9090 T +44 1443 229334 T +86 571 876 31382 F +01 484.384.2751 F +44 1443 227073 F +86 571 876 31385 americas@purolite.com europa@purolite.com asiapacific@purolite.com

ANEXO D

Plano de distribución de la planta de tratamiento de aguas



ANEXO E

Evaluación de impacto ambiental del sistema de tratamiento propuesto

Todo proyecto tiene tres fases importantes: Construcción, operación y abandono, las cuales causan diferentes impactos en el desarrollo del proyecto provocando tanto afectaciones positivas como negativas, directa o indirectamente. Por lo cual, el objetivo principal del análisis ambiental es tratar de identificar los posibles impactos para buscar medidas de mitigación y de esta forma minimizar daños.

Tabla E1 Matriz de Evaluación del Impacto Ambiental generado por la construcción de la planta de tratamiento de aguas

Medio o factor del peligro	Impacto Ambiental	Descripción
Físico	Erosión del suelo	El suelo donde se ubica la obra se debilita a causa de la remoción de tierra en el momento de construcción de la planta
Físico	Aparición de Escorrentias	La desnivelación del suelo a causa de las escorrentias, provoca una desviación en el ducto de agua que pasa por el lugar de construcción
Físico	Disminución de captura de CO2	La calidad del aire del lugar disminuirá en caso de tala de árboles que trae como consecuencia que se capture un menor porcentaje de carbono en la atmosfera de la zona
Físico	Eliminación de las vertientes naturales de aguas lluvias	Si la actividad se la realiza justo en una vertiente natural de aguas lluvias, esto provocará que las estructuras que a futura se construirán se debiliten a causa de que el agua busque su cauce natural
Biótico	Desalojo de especies de fauna del lugar	Resultado de la desaparición de tala de árboles y la remoción del suelo muchas especies se verán obligados al desalojo del lugar
Biótico	Eliminación de especies de flora (Tala de árboles)	La tala de árboles en la zona provoca la pérdida de especies de flora, además de la disminución de la calidad del ambiente en el lugar
Social	Ruido continuo	La construcción de la planta, además de la operación continua de la misma generan un ruido intenso y continuo, lo cual produce contaminación auditiva
Social	Tráfico vehicular	La salida y entrada de vehículos principalmente en la construcción de la planta de tratamiento de aguas

Medio o factor del peligro	Impacto Ambiental	Descripción
Social	Levantamiento de polvo	A causa de la remoción de escombros se genera entorno al sitio de construcción una gran cantidad de polvo

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Generación de ruido

Se generará ruido para la construcción y operación de la planta de tratamiento, se generará ruido ocasionado por el transporte de materiales de carga y descarga y por la mano de obra. Así mismo se genera ruido cuando los motores de los vehículos de transporte son usados principalmente en la construcción de la planta.

Contaminación del aire

Existe contaminación del aire por el uso de equipos y maquinarias principalmente en el proceso de construcción de la planta de tratamiento del agua del Estero Sabanilla, estas máquinas emiten gases de combustión como dióxido de carbono, óxido de nitrógeno, óxido azufre monóxido de carbono y material particulado, todo esto durante la etapa de construcción de la planta.

Modificación del suelo

En cuanto a la estructura del suelo no existirá cambio en la composición química y estabilidad del mismo, por lo cual se realizará un estudio del suelo en donde se indiquen los posibles impactos negativos que puedan conllevar a la degradación del mismo.

Alteración de flora y fauna

Puede existir alteración de la flora y fauna debido a la naturaleza del sitio y a la remoción de flora para la posterior construcción sin embargo se debe tomar en cuenta a la flora del sector tratando de dejar los impactos en el desarrollo del proyecto.

Contaminación visual

El proyecto generará contaminación visual al cambiar los aspectos de vegetación y de paisaje por la construcción de la planta de tratamiento.

Contaminación del agua

El agua de proceso obtenida en el proceso de lavado lento de las resinas, lavado rápido de las resinas, además el retrolavado o enjuague serán dispuestas de tal manera que no aumente el nivel de contaminación del Estero Sabanilla.

Generación de residuos

Durante las diferentes etapas del proyecto se generan residuos sólidos tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación de la planta. Para esto se pretende manejar los residuos de la forma correcta tratando de minimizar impactos negativos en la población los residuos genera generado serán enviados a empresas de gestión ambiental para su posterior disposición final.

Incremento de vulnerabilidad en el recinto san enrique

La presencia de la planta de tratamiento incrementa la vulnerabilidad de la zona, al mismo tiempo incrementa la posibilidad de un riesgo incrementa, sin embargo, se tomarán las medidas correspondientes junto a los planes de acción para tratar de minimizar un impacto directo a la población que pueda perjudicar a la misma.

Etapas de abandono

Aunque este proyecto es nuevo, es importante establecer las condiciones y/o actividades que se realizarán para minimizar los impactos durante esta fase del proyecto. Si bien es cierto el abandono está distante, sin embargo, se describen las medidas que se llevarán a cabo para evitar afectaciones, las mismas que se presentan en la tabla E2:

Tabla E2 Medidas a considerar en la planta de tratamiento para evitar afectaciones

Actividades	Acciones
Rehabilitación o restitución del sitio	Aunque no se espera que se produzcan afectaciones importantes en el sitio ni en su entorno la rehabilitación dependerá de la evaluación que se realice a su debido de las condiciones del suelo.
Cambio en el área como consecuencia del abandono	Debido a la construcción de la planta se genera tráfico vehicular y levantamiento de polvo, además los residuos pueden ser peligrosos. Por esto la planta podría estar susceptible a cambios es por este motivo que se debe considera un manejo adecuado de los productos, evitando así alteraciones.
Posibles usos al área e infraestructura	Se evaluará la posibilidad de utilizar algunos materiales en otras actividades o en su defecto como materiales de desecho, empleando las normativas vigentes para el manejo correcto dando prioridad al rehusó o reciclo.

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

Tabla E3 Plan de contingencia y mitigación de riesgos en la planta de tratamiento de aguas

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
Físico	Incendios y explosiones	En la planta de tratamientos que se propone en este proyecto la fuente de incendio con mayor probabilidad sin duda es el sistema eléctrico, ya que una mala instalación del sistema eléctrico puede ocasionar cortocircuitos, que conllevarían a la formación de un incendio.	Para la mitigación de este riesgo es recomendable tener en la planta de tratamiento con un sistema de prevención de incendios, además de equipos y suministros como el uso de extintores.
	Exposición combinada a agentes biológicos y productos químicos	Los riesgos derivados de la exposición combinada a esos agentes y la manipulación de productos químicos, tales como los regenerantes de las resinas de intercambio iónico. Aunque sus posibles efectos sobre la salud son numerosos, es difícil saber qué componentes producen qué efectos concretos.	Para la mitigación de este riesgo se recomienda el uso de suministros de protección personal dentro de la planta de tratamiento, tales como casco, guantes, mandil, mascarilla, entre otros.
	El calor y la temperatura	En los equipos de proceso de la planta de tratamiento de aguas un elevado nivel de temperatura, pueden ocasionar la corrosión y erosión de los materiales usados, tales como las tuberías que sirven para el transporte del fluido, las resinas de intercambio iónico, etc.	Para la mitigación de este peligro es necesario que el operador a cargo de la planta de tratamientos esté atento ante cualquier cambio brusco en la temperatura del fluido.
	La presión	Muchas veces se recomienda trabajar con presiones bajas para evitar daños, pero cabe destacar que no	La posibilidad de una rotura a causa de la sobrepresión se puede minimizar proporcionando

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
		solamente las presiones altas son las causantes de daño en una planta de tratamientos. Una elevada presión a causa del fluido que se transporta puede producir la ruptura de un recipiente como los lechos empacados o la expansión de las resinas de intercambio iónico.	válvulas de seguridad, donde los posibles vertidos de las válvulas deben de llevarse a cabo en lugares donde no constituyen peligro, especialmente si la descarga del fluido es muy caliente, inflamable, tóxico, corrosivos.
	Espacios confinados	Un espacio lo suficientemente grande para un empleado para entrar y trabajar con actividades restringidas o movimiento puede tener una atmósfera peligrosa. El incidente se produce debido a la falta de reconocimiento de los peligros asociados con espacios confinados. Los diferentes tipos de espacios confinados para un trabajador en una planta son tanques, silos, depósitos de almacenamiento, recipientes, tolvas, fosos y líneas de alcantarillado. Grandes fermentadores, evaporadores, calderas y pozos también están incluidos en esta lista. Cualquier entorno reconocible y condición que puede causar la muerte, incapacitación, menoscabo de la capacidad de rescatar, lesión o enfermedad aguda es un espacio confinado que requiere permiso.	Para la mitigación de este riesgo se debe realizar un análisis de seguridad en el trabajo para cada tarea en espacios reducidos, por ejemplo, plan de entrada, las personas asignadas de espera, la comunicación entre los trabajadores, los procedimientos de rescate, y los procedimientos de trabajo especificadas. Además, se necesita una preparación de un espacio confinado; por ejemplo, mediante el aislamiento, bloqueo, etiqueta, purga, limpieza y ventilación, y la adquisición de equipos y herramientas especiales, si es necesario.
Químico	-	En la planta química de tratamiento de aguas se manejarán sustancias químicas para el proceso de	El almacenamiento consiste en el conjunto de recintos y recipientes usados para contener

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
		<p>regeneración de las resinas de intercambio iónico, por lo que es conveniente tomar precauciones para su correcto almacenamiento y evitar riesgos que expongan la salud del personal de la planta y del proceso.</p>	<p>productos químicos, incluyendo los recipientes propiamente dichos.</p> <p>Su tamaño, diseño, materiales, forma e instrumentación dependen del producto y de la cantidad a almacenar. Las sustancias en estado sólido se almacenan en silos, sacos, tambores, bolsas y cajas.</p>
	<p>Aguas de lavado y de regeneración de las resinas de intercambio iónico.</p>	<p>El agua residual de la planta de tratamientos está compuesta de todos los iones extraídos del agua del Estero Sabanilla, además de todas las sales que contienen los regenerantes. Debido a esto se puede pensar que esta representa un problema para la puesta en marcha del presente proyecto.</p> <p>El compuesto químico a utilizar para llevar a cabo el proceso de regeneración de la resina catiónica es el HCl (ácido clorhídrico). Es un reactivo relativamente tóxico en cualquiera de las concentraciones que se encuentre. El compuesto químico a utilizar para llevar a cabo el proceso de regeneración en la columna de resina catiónica en la planta de tratamiento de aguas es NaOH (soda cáustica), este compuesto químico se utilizará gracias a que posee grandes velocidades de reacción.</p>	<p>De manera general la carga de aguas residuales generadas por este sistema es baja si lo comparamos con otros procesos industriales, es por eso que no se considerara la disposición de estas aguas a un centro de acopio de aguas peligrosas.</p> <p>Sin embargo, para el manejo de las aguas de lavados después de la regeneración con ácido clorhídrico se deberá tener precaución con respecto a la disposición final de estas aguas de lavado. En el caso de la soda cáustica se lo puede usar a niveles de concentraciones altos y no representa un alto riesgo para las zonas aledañas a la planta de tratamiento.</p>

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
Naturales		Entre los eventos naturales que pudieran afectar la integridad de la planta de tratamiento de aguas se enlistan las fuertes lluvias ocasionadas, especialmente en épocas de invierno en la zona del proyecto que conllevan a peligros eléctricos por los riesgos naturales. Debido a que las descargas electro atmosféricas son uno de los factores por los que las industrias tienen pérdidas económicas, ya que los rayos tienden a dañar a los equipos como las bombas sumergibles de extracción de agua, equipo de control de bombeo, tableros eléctricos, etc. Más aún colaboradores de la empresa que se encuentran laborando en zonas abiertas.	Se recomienda la instalación de sistemas de protección contra rayos (pararrayos), los cuales son basadas en una idea muy sencilla: interceptar la descarga antes de que alcance determinado objeto, permitiendo que la corriente pueda entrar en tierra o salir de ella sin causar daños en su recorrido.
Ambientales	Riesgos de residuos	Se pueden presentar este tipo de riesgos en la planta de tratamiento de aguas, cuando existan fallas en el sistema de descarga de lodos, o algún derrame de los compuestos químicos regenerantes que alteren la calidad del ambiente.	Como plan de mitigación se tiene hacer mantenimiento al sistema de descarga de lodos que se forman en el sedimentador. Además, para el posible de un derrame de los regenerantes, estos se almacenarán en áreas asignadas de la planta, de tal manera que no ponga en riesgo la calidad del suelo en el caso de un posible derrame.
	Riesgos de Vertimientos	El factor riesgos de vertimientos en la planta, puede relacionarse a fallos en sistemas de depuración de agua, vertidos fuera de especificaciones (pH, DBO, DQO, conductividad, etc.), contaminando a los	El escenario de riesgos por fallas del sistema de vertido de aguas y funcionales del sistema de vertimientos debe incluir los siguientes análisis:

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
		suelos cercanos al proyecto y pudiendo ocasionar afectaciones a la comunidad.	<p>a. Identificación de los factores de riesgos y los eventos que pueden tener impacto en cada una de las fases del proceso de vertimiento: Se debe presentar una lista de las fuentes de riesgo y de los eventos que pueden tener impacto en el funcionamiento del sistema de tratamiento, estos eventos pueden evitar, degradar, retrasar o potenciar el logro del objetivo del sistema. A cada uno de los eventos que pueden suceder se deben asociar las posibles causas y escenario.</p> <p>b. Valoración de la probabilidad de ocurrencia de los eventos que pueden suceder. Se debe realizar una valoración sobre la frecuencia de ocurrencia de los eventos esperados a partir del registro histórico de eventos anteriores o de la experiencia de expertos en el comportamiento de las fuentes generadoras o de literatura pertinente publicada sobre este tema.</p> <p>c. Calificación del impacto de cada riesgo del proceso. Se debe realizar una calificación del riesgo en función de la intensidad y/o magnitud de los daños esperados y los impactos en el logro de los objetivos del tratamiento. Esta calificación se debe presentar en forma comparativa de manera que permita priorizar y tomar decisiones para la</p>

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
			<p>reducción del riesgo. Igualmente se debe analizar la combinando de las consecuencias con la probabilidad de ocurrencia.</p>
<p>PSICOSOCIALES Y ERGONÓMICOS</p>	<p>Manipulación de cargas</p>	<p>El operador u operadores sujetos a contratos precarios suelen realizar las tareas más peligrosas, trabajar en peores condiciones y recibir menos formación en materia de prevención de riesgos laborales. Entre los riesgos ergonómicos asociados a la planta de tratamiento tenemos: manipulación de cargas (sacos de resina, y bolsas o recipientes con los regenerantes) y posturas forzadas.</p>	<p>Según las recomendaciones dispuestas por el INEN, el responsable de la organización debe tomar medidas técnicas o de la propia organización, de tal forma que se evite la manipulación manual de cargas. Si lo anterior no se puede evitar, se deben adoptar todas las medidas de precaución establecidos en los manuales de seguridad industrial y salud ocupacional.</p> <p>Para ello se podrá optar por alguna de las siguientes medidas o por varias de ellas de forma combinada:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Utilización de ayudas mecánicas. •Reducción (disminución de tamaño y peso) o rediseño de las cargas. •Actuación sobre la organización del trabajo. •Mejora del entorno de trabajo.
	<p>Posturas forzadas</p>		<p>Las medidas de índole colectiva para eliminar o minimizar los riesgos derivados del trabajo que implique movimientos repetitivos o posturas forzadas, pasan por una automatización de procesos y un diseño ergonómico del puesto de trabajo. Los</p>

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
			<p>movimientos repetitivos, una vez identificados como riesgo, se deben igualmente eliminar mediante medidas técnicas o de tipo organizativo. La adopción de posturas forzadas debe preverse desde la concepción inicial del diseño de máquinas y equipos de trabajo, para lo cual puede ser útil la norma UNE-EN 1005-4:2005+A1:2009 Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.</p>
BIOLÓGICOS	Evaluación inadecuada de los riesgos biológicos	<p>Las condiciones de trabajo pueden resultar negativas si se realizan en presencia de contaminantes biológicos, los mismos que puede tener su origen en el agua del Estero Sabanilla.</p>	<p>Para la mitigación de este riesgo es necesario el uso de accesorios de protección personal, sobre todo en el caso de que se vaya a realizar mantenimiento a las bombas de succión del agua no tratada.</p>
	Tratamiento de residuos	<p>Para el proyecto propuesto está orientada principalmente a la protección del medio ambiente y no tiene debidamente en cuenta los aspectos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.</p> <p>En este caso abordará más el manejo de los desechos que se forman en el mantenimiento de la planta como por ejemplo la disposición que se le dará cuando se cambien las resinas, los recipientes de los regenerantes, lodos que se forman en la sedimentación, etc.</p>	<p>Se contemplará un buen manejo de residuos generados en el proceso de operación y mantenimiento de la planta, de tal manera que su disposición final no altere la calidad de vida de los pobladores del recinto, además, que tampoco afecte la calidad del medio ambiente del recinto San Enrique.</p>

Tipo de riesgo	Condición	Explicación	Medidas de mitigación y preventivas
	<p>Calidad del aire en interiores de la planta de tratamiento</p>	<p>En locales cerrados abundan, por ejemplo, los mohos suspendidos en el aire. Así mismo el crecimiento y propagación de agentes biológicos en los interiores. Así, aumenta el riesgo para los operadores de la planta de tratamiento de contraer alguna enfermedad.</p>	<p>Para la mitigación de este riesgo se dará la ventilación general de la planta de tratamiento. Para este proyecto la ventilación general será complementaria de otras de mayor eficacia de captación para asegurar que las partículas contaminantes se reduzcan a lo más mínimo y así evitar su propagación.</p>

Elaborado por: T. Morales, Y. Sánchez

ANEXO F

Modelo de la encuesta realizada a los agricultores del recinto San Enrique

1. ¿Qué tipo de cultivo siembran?
2. ¿Cuántas hectáreas de cultivo posee aproximadamente?
3. ¿De dónde proviene el agua que utiliza para riego?
4. ¿Con qué frecuencia la utiliza?
5. ¿Considera que el agua del Estero Sabanilla es apta para sus cultivos?
6. Si la respuesta fue sí. ¿Qué cambios negativos ha notado usted en sus cultivos por la utilización del agua del estero para riego?
7. ¿Cree usted que la producción de sus cosechas ha disminuido en los últimos años?
8. ¿Estaría usted de acuerdo con la implementación de un sistema de tratamiento para mejorar la calidad del agua del Estero Sabanilla?

ANEXO G

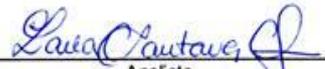
Resultados de los análisis de sodio antes del tratamiento experimentación del laboratorio de Espectrometría de la ESPOL (LESPEC)

	LABORATORIO DE ESPECTROMETRIA LESPEC - ESPOL	RESULTADOS DE ANÁLISIS	CÓDIGO: LESPEC-MC2301-01
			Hoja 1 de 1

Ref. Contrato N°	088-2017
------------------	----------

Cliente: Yandri Sánchez						
Solicitado por: Yandri Sánchez						
Fecha de recepción de muestras(s): 21-07-2017						
Fecha de realización y finalización de ensayo: 26-07-2017						
Analizado por: Laila Santana/ Ines Aguirre						
Fecha de entrega de reporte a Secretaría: 26-07-2017						
Resultados						
Parámetro	Unidad	Resultados				Método de Análisis
		M1	M2	M3	M4	
Sodio (Na)	mg/L	206,1	576,8	135,7	315,5	SM 3111 B
Resultados						
Parámetro	Unidad	Resultados				Método de Análisis
		M5	M6	M8	---	
Sodio (Na)	mg/L	261,2	127,7	328,8	---	SM 3111 B
Observaciones:						


 Director Técnico


 Analista

**Resultados de los análisis de sodio despues del tratamiento
experimentación del laboratorio de Espectrometría de la ESPOL (LESPEC)**

	LABORATORIO DE ESPECTROMETRIA LESPEC – ESPOL	RESULTADOS DE ANÁLISIS	CÓDIGO: LESPEC-MC2301-01
			Hoja 1 de 1

Ref. Contrato N°		104-2017				
Cliente: YANDRI SÁNCHEZ						
Solicitado por: Yandri Sánchez						
Fecha de recepción de muestras(s): 14-08-2017						
Fecha de realización y finalización de ensayo: 17-08-2017						
Analizado por: Laiia Santana/ Inés Aguirre						
Fecha de entrega de reporte a Secretaría: 17-08-2017						
Parámetro	Unidad	Resultados				Método de Análisis
		M1	M2	M3	M4	
Sodio (Na)	mg/Kg	6,12	19,78	73,65	116,22	Absorción Atómica-Método de Llama
Observaciones:						


 Director Técnico


 Analista

ANEXO H

Resultados después de la experimentación del laboratorio de Grupo Químico Marcos

	INFORME DE ENSAYOS No. 67525-1	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 05-001 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	--	---

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol

Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35

Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua A

Norma Técnica de muestreo: N/A---

Matriz de la muestra: AGUA TRATADA

Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Muestreador: Cliente

Tipo de Muestreo: Simple

Coordenadas Geográficas: ---

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.

LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL

ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC2201-12

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Fosfatos (1)	0,30	0,07	mg/l	PEE-GQM-FQ-11	10/08/17 LS
Nitratos	3,80	0,49	mg/l	PEE-GQM-FQ-10	10/08/17 LS

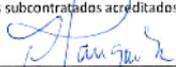
----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-12

Pág. 1 de 2

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Tulcan y Aguirre
Guayaquil , Tel. 0959280365
Atención: Sr. Yandri Sanchez
Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

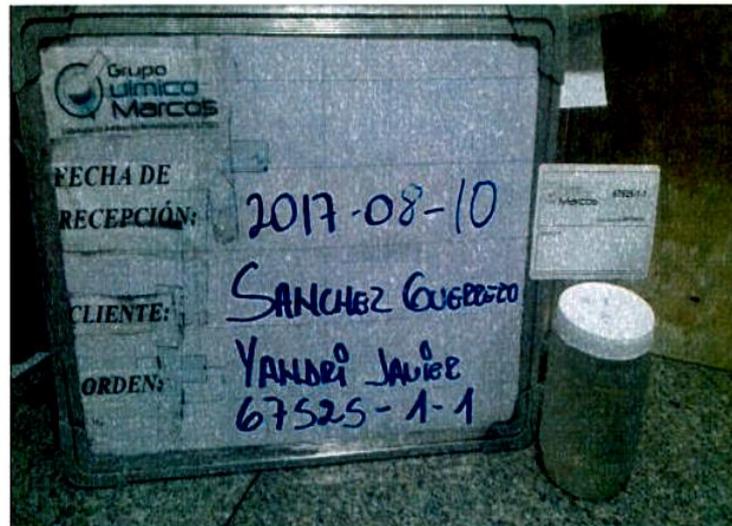
DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua A
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno,
Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Solidos totales y Solidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Tecnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador



INFORME DE ENSAYOS
No. 67525-2

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua B
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Fosfatos (1)	0,32	0,07	mg/l	PEE-GQM-FQ-11	10/08/17 LS
Nitratos (3)	< 0,42	---	mg/l	PEE-GQM-FQ-10	10/08/17 LS

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Limite Delectable	L.M.P.	Limite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com

Guayaquil - Ecuador

MC2201-12

Pág. 1 de 2

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua B
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.

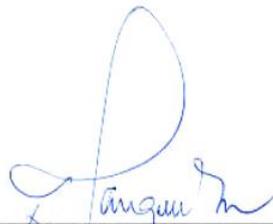
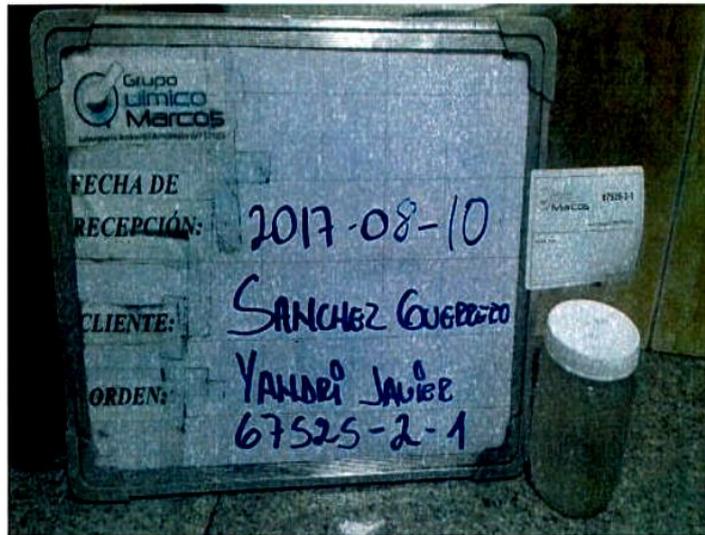
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL

ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC221-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule

Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com

Guayaquil - Ecuador



INFORME DE ENSAYOS
No. 67525-3

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol

Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35

Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua C

Norma Técnica de muestreo: N/A---

Matriz de la muestra: AGUA TRATADA

Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Muestreador: Cliente

Tipo de Muestreo: Simple

Coordenadas Geográficas: ---

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.

LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL

ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC2201-12

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Fosfatos (1)	0,34	0,07	mg/l	PEE-GQM-FQ-11	10/08/17 LS
Nitratos (3)	< 0,42	---	mg/l	PEE-GQM-FQ-10	10/08/17 LS

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule

Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com

Guayaquil - Ecuador

MC2201-12

Pág. 1 de 2

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Tulcan y Aguirre
Guayaquil, Tel. 0959280365
Atención: Sr. Yandri Sanchez
Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

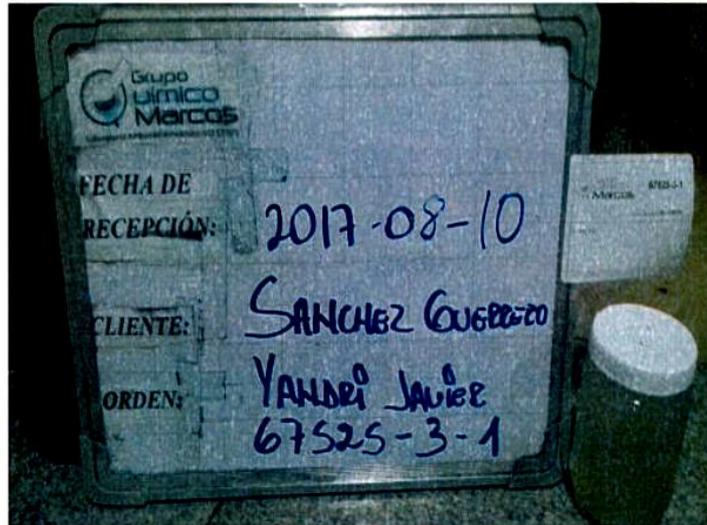
DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua C
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

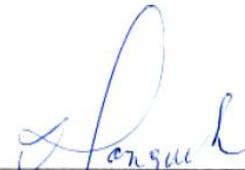
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador



INFORME DE ENSAYOS
No. 67525-4

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua D
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno,
Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Fosfatos (1)	0,35	0,08	mg/l	PEE-GQM-FQ-11	10/08/17 LS
Nitratos (3)	< 0,42	---	mg/l	PEE-GQM-FQ-10	10/08/17 LS

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Limite Detectable	L.M.P.	Limite Máximo Permisible	
U	Incididumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

Q. F. FERNANDO MÁRCOS V.
Director Técnico

Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-12

Pág. 1 de 2

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Tulcan y Aguirre
Guayaquil, Tel. 0959280365
Atención: Sr. Yandri Sanchez
Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

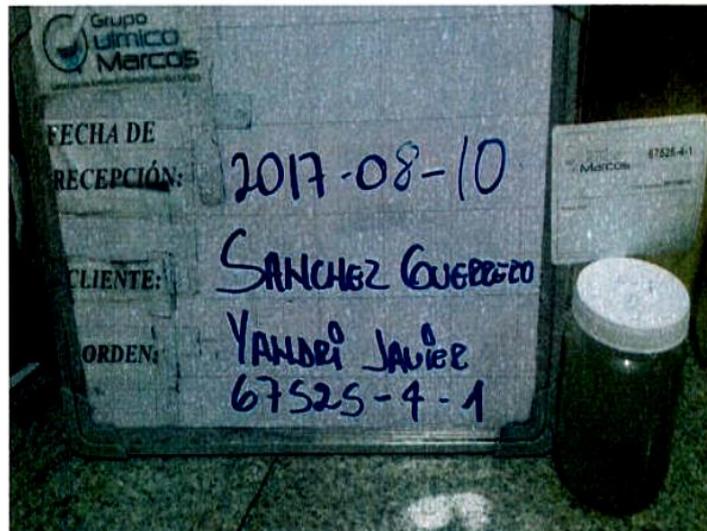
DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua D
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
 Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
 Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua A
 Norma Técnica de muestreo: N/A---
 Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
 Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple
 Coordenadas Geográficas: ---

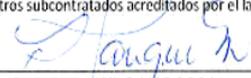
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Cloruros	60,40	9,06	mg/l	PEE-GQM-FQ-08	15/08/17 JV

-----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable.	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q.F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol

Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35

Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua A

Norma Técnica de muestreo: N/A---

Matriz de la muestra: AGUA TRATADA

Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Muestreador: Cliente

Tipo de Muestreo: Simple

Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.

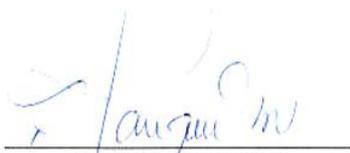
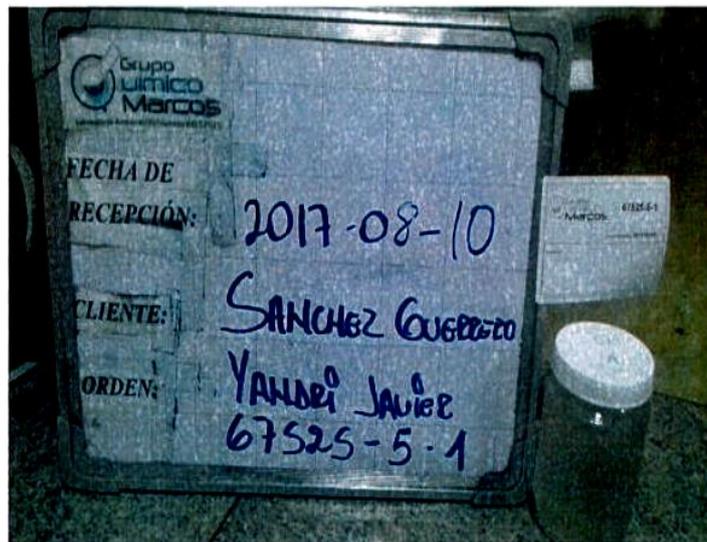
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL

ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

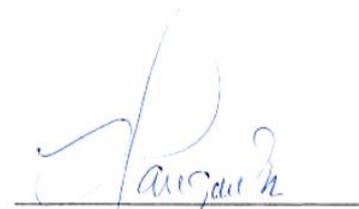
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Tulcan y Aguirre
Guayaquil, Tel. 0959280365
Atención: Sr. Yandri Sanchez
Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua B
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

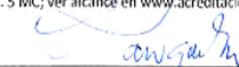
Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendidos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Cloruros	54,53	8,18	mg/l	PEE-GQM-FQ-08	15/08/17 JV

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

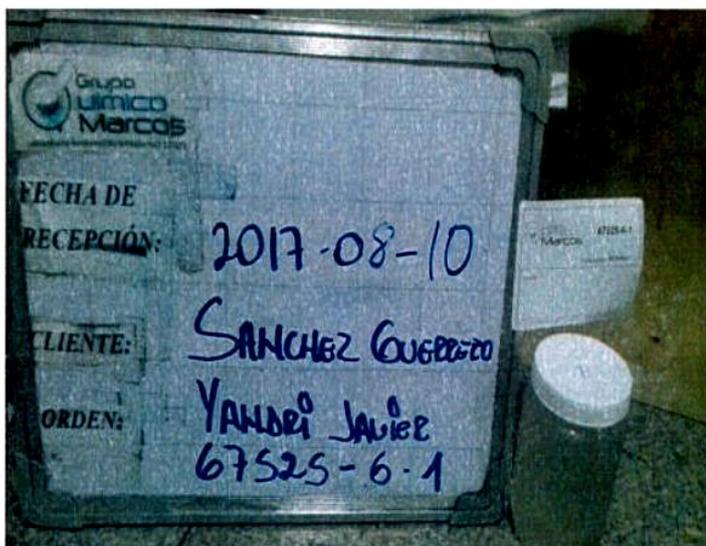
DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua B
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

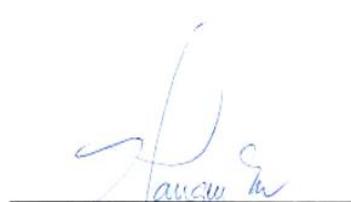
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2211-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Tulcan y Aguirre
Guayaquil, Tel. 0959280365
Atención: Sr. Yandri Sanchez
Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua C
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

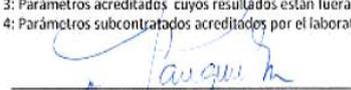
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Cloruros	46,95	7,04	mg/l	PEE-GQM-FQ-08	15/08/17 JV

-----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Ó. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este Informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Tulcan y Aguirre
Guayaquil, Tel. 0959280365
Atención: Sr. Yandri Sanchez
Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

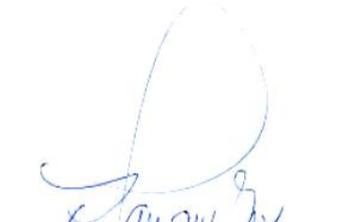
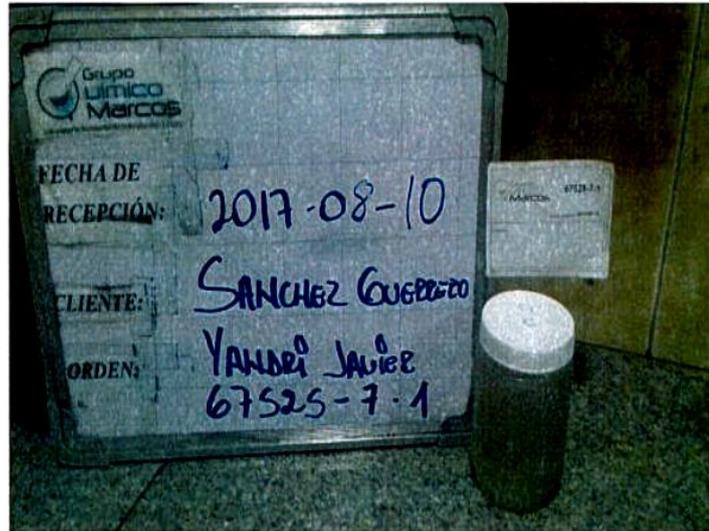
DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua C
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno,
Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Solidos totales y Solidos Suspendidos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Tulcan y Aguirre

Guayaquil, Tel. 0959280365

Atención: Sr. Yandri Sanchez

Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol

Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35

Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua D

Norma Técnica de muestreo: N/A---

Matriz de la muestra: AGUA TRATADA

Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Muestreador: Cliente

Tipo de Muestreo: Simple

Coordenadas Geográficas: ---

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Solidos totales y Solidos Suspendidos totales

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.

LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL

ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC2201-12

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Cloruros	40,71	6,11	mg/l	PEE-GQM-FQ-08	15/08/17 JV

-----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule

Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com

Guayaquil - Ecuador

MC2201-12

Pág. 1 de 2

SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER

Representante Legal: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Tulcan y Aguirre
Guayaquil, Tel. 0959280365
Atención: Sr. Yandri Sanchez
Tipo de Industria

Guayaquil, 16 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 10/08/17 12:00 Guayaquil - Laboratorio Espol
Fecha y Hora de Recepción: 10/08/17 15:35
Punto e Identificación de la Muestra: Mezcla de agua D
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.

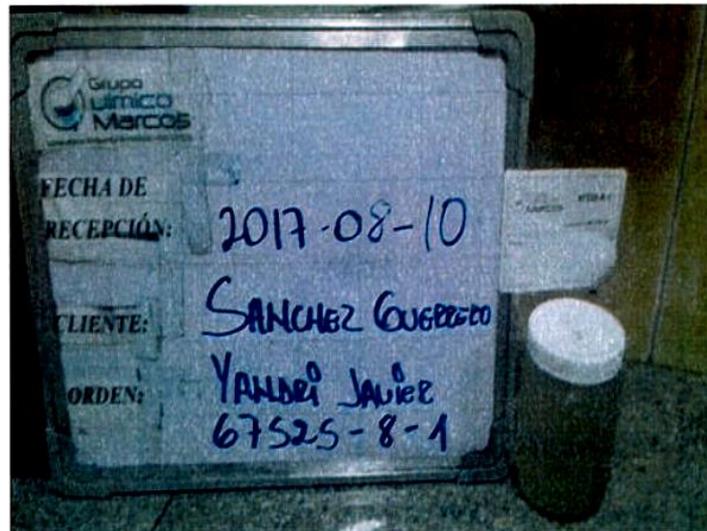
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL

ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno,
Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Solidos totales y Solidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA




Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

ANEXO I

Proformas realizadas para la evaluación económica del sistema de tratamiento propuesto



INCOPARTES S.A.

Líderes en Filtración, Tratamientos,
Bombas y Purificación de agua

R.U.C.: 0990833710001

Dir.: Calle Veintiocho de Mayo # y Av. C. J. Arosemena

Tel.: (593) 44622166 – (593) 4 2205359

☎ 0995381915

Email: ventas@incopartes.com

Guayaquil - Ecuador

Junto a la industria desde 1986

Fecha: 08/08/2017

Proforma 1607

Elaborada por: SGG

Atendido por: Mario Palacios

<p>Ciente / Dirección: RUC : 1313344739</p> <p>SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER</p> <p>DIR: TULCAN Y AGUIRRE</p>

Teléfonos	0959280365	-
Correo Contacto :		
Correo \ Factura	yandri.js91@hotmail.com	
Forma de pago	CONTADO	

Descripción	Cant	Valor	Total
Bomba de Caudal Serie S 3HP acoplamiento corto, monofasica , curva H, base de acero 180 GPM	1	1,485.00	1,485.00T
BOMBA CENTRIFUGA FW CJ101D301 SERIE CJ HIERRO	1	1,746.03	1,746.03T
IMPELER PLASTICO 3HP 3 ETAPAS 40 gpm	1	308.58	308.58T
BOMBA JET STA RITE TERMOPLASTICA PND-10 3/4 HP, 115-230V, 5W30-50..50 PSI - 8.5 GPM	1	426.24	426.24T
Mezclador en linea 2" para Ozono, 19" de largo, PVC transparente, flujo de 9-60GPM	1	1,500.00	1,500.00T
Cámara de 40 x 9 cartuchos de 40" entrada/salida de 3" 86 psi - 140 gpm	1	30.00	30.00T
Manometro 0-100 glicerina ,acero 2.5" montaje inferior , 1/4" npt	9	20.65	185.85T
Filtro DELTA Hilado polipropylene, 10 micras- 40"			

Validez de la oferta: 15 días

Nota :

Subtotal

IVA (14.0%)

Total

PENTAIR Distribuidor autorizado en Ecuador





INCOPARTES S.A.

Líderes en Filtración, Tratamientos,
Bombas y Purificación de agua

R.U.C.: 0990833710001
Dir.: Calle Veintiocho de Mayo # y Av. C. J. Arosemena
Telf.: (593) 44622166 – (593) 4 2205359
☎ 0995381915
Email: ventas@incopartes.com
Guayaquil - Ecuador

Junto a la industria desde 1986

Fecha: 08/08/2017

Proforma 1607

Elaborada por: SGG

Atendido por: Mario Palacios

Cliente / Dirección: RUC : 1313344739 SANCHEZ GUERRERO YANDRI JAVIER DIR: TULCAN Y AGUIRRE

Teléfonos	0959280365	-
Correo Contacto :		
Correo \ Factura	yandri.js91@hotmail.com	
Forma de pago	CONTADO	

Descripcion	Cant	Valor	Total
Tanque Resina Cationica Structural (USA) 10 PIE Incluye: - Tanque Polietileno reforzado Structural - Control automático bronce 2850 - Tanque para regeneraciones importado - Colector, difusor - Cargas de grava, resina catiónica, sal	1	7,368.01	7,368.01T
Tanque de Resina Anionica (USA)10 PIE. Incluye: - Tanque Polietileno reforzado Structural - Control automático bronce 2850 - Tanque para regeneraciones importado - Colector, difusor - Cargas de grava y resina aniónica Nota: Producto seleccionado por el cliente.	1	10,542.22	10,542.22T

Validez de la oferta: 15 días

Nota :

Subtotal	\$23,591.93
IVA (14.0%)	\$3,302.87
Total	\$26,894.80

PENTAIR Distribuidor autorizado en Ecuador



