



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN DE DOS PLANTAS
NATIVAS DEL ORIENTE ECUATORIANO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES Y NEGRAS EN HUMEDALES ARTIFICIALES
EN EL CAMPAMENTO AMO 1, BLOQUE 16**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de
Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor Guía
Ing. Alejandro González

Autora
Diana Estefanía Carpio Vallejo

Año
2013

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Yasser Alejandro González Romero
Ingeniero Agropecuario Master Ingeniería Ambiental
C.I.: 070373762-7

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Diana Estefanía Carpio Vallejo

C.I.: 171500339-6

AGRADECIMIENTOS

A la vida, por permitirme llegar a este momento crucial de mi carrera.

A mi madre, por guiar mi camino, y apoyar cada uno de mis pasos, por su amor y paciencia.

A Sebastián García por ser mi soporte, mi aliento y mi amor.

A mi familia por estar en cada momento de mi vida, por su cariño y apoyo incondicionales.

A mi asesor de tesis, Ing. González, por su colaboración y guía para la feliz conclusión de este trabajo.

A todos los docentes y amigos que fueron parte de este proceso.

Gracias

DEDICATORIA

A mi madre, Talia Vallejo, quien ha sido la fuerza, el sustento y la sabiduría que me ha hecho ser la persona que soy; por brindarme el amor, la comprensión y el respeto para seguir adelante y permitirme entender que la vida es un camino difícil pero lleno de bendiciones.

¡Gracias por ser la mejor madre!

RESUMEN

Tres especies diferentes de plantas, dos nativas del Parque Nacional Yasuní (*Cyperus odoratus* y *Hymenachne amplexicaulis*) y una introducida en la zona (*Echinochloa polystachya*) fueron sembradas en humedales artificiales construidos a pequeña escala, los cuales recibían agua residual doméstica proveniente de un tanque sedimentador con el objetivo de evaluar la eficiencia de fitorremediación de cada especie. El análisis experimental consistió en cuatro tratamientos con dos replicas: tres con cada planta y un testigo, el cual estaba compuesto únicamente por sustrato. Los humedales fueron construidos para simular el proceso del humedal artificial existente utilizado para la depuración de aguas negras y grises en el campamento AMO1. El caudal de ingreso que fue determinado a partir del modelo K - C* fue de 564 L día⁻¹ para cumplir con la legislación establecida. Los efluentes de cada unidad experimental fueron muestreados cinco veces durante tres meses para analizar parámetros físicos, químicos y biológicos. En el agua procedente de las unidades experimentales se observó un promedio del 77% de remoción de materia orgánica, 37% de nitrógeno, reducción de 180 µS cm⁻¹ promedio y alcalinización del agua entre 0,4 – 0,6. El tratamiento testigo mostró un buen nivel de remoción; sin embargo, las plantas alcanzaron una eficiencia global aún mayor.

ABSTRACT

Three different species of plants, two natives of the Yasuní National Park (*Cyperus odoratus* and *Hymenachne amplexicaulis*) and one introduced in the zone (*Echinochloa polystachya*) were planted in small-scale constructed wetlands, which received domestic residual from water sedimenter tank in order to evaluate the efficiency of phytoremediation of each species. The experimental analysis consisted of four treatments with two replicates: three with each plant and a control which was composed only of substrate. The wetlands were built to simulate the process of the existing constructed wetland used for black and grey water treatment in the camp AMO1. The flow of income that was determined by the model $K - C^*$ was 564 L day^{-1} according to the established legislation. Treatments have shown an average of 77% of organic matter removal, 37% of nitrogen, average reduction of $180 \mu\text{S cm}^{-1}$ and alkalization between 0.4 - 0.6. The control treatment showed a good level of removal; however, plants reached a greater overall efficiency.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	9
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	9
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	10
1.3 PARQUE NACIONAL YASUNÍ.....	11
1.3.1 Clima.....	12
1.3.2 Geomorfología	14
1.3.3 Hidrología	15
1.3.4 Biodiversidad	15
1.3.4.1 Flora.....	16
1.4 FUENTES DE AGUAS RESIDUALES.....	17
1.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	18
1.5.1 Físicas	19
1.5.1.1 Color	19
1.5.1.2 Conductividad Eléctrica.....	20
1.5.1.3 Sólidos Totales.....	20
1.5.1.4 Olores	21
1.5.1.5 Temperatura.....	21
1.5.2 Químicas.....	22
1.5.2.1 Acidez	22
1.5.2.2 Alcalinidad.....	23
1.5.2.3 DBO	23
1.5.2.4 DQO.....	23
1.5.2.5 pH	24
1.5.3 Biológicas	24
1.5.3.1 Microorganismos.....	24
1.5.3.2 Bacterias	25
1.5.3.3 Coliformes.....	25
1.6 HUMEDALES	26
1.7 HUMEDALES ARTIFICIALES	27
1.7.1 Historia y Aplicación Actual.....	31
1.8 COMPONENTES DE UN HUMEDAL	32
1.8.1 Sustrato	32
1.8.2 Agua	34
1.8.3 Vegetación.....	35
1.8.4 Microorganismos.....	37
1.9 CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES.....	39
1.9.1 Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS)	40
1.9.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS)	42
1.9.2.1 Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal.....	44

1.9.2.2	Humedal de Flujo Subsuperficial Vertical.....	45
1.10	MECANISMOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN HUMEDALES ARTIFICIALES	48
1.10.1	Remoción de materia orgánica	49
1.10.2	Remoción de coliformes fecales	50
1.10.3	Remoción de Sólidos en Suspensión	52
1.10.4	Remoción de Nitrógeno	52
1.10.5	Remoción de Fósforo.....	53
1.11	MARCO LEGAL.....	54
1.11.1	Constitución Política del Ecuador	55
1.11.1.1	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).....	55
1.11.2	Ley de Hidrocarburos (1978)	56
1.11.3	Ley de Gestión Ambiental, Codificación (2004).....	57
1.11.4	Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE).....	57
1.12	MODELOS DE DISEÑO.....	59
1.12.1	Modelos no mecánicos	60
1.12.1.1	Reglas Generales	60
1.12.1.2	Ecuaciones de Regresión	61
1.12.1.3	Modelos de Primer Orden	61
1.12.1.4	Modelo K – C*	61
1.12.2	Modelos Mecánicos	64
1.12.2.1	Modelo de Wynn y Liehr	64
1.12.2.2	Modelo CW2D.....	65

2 CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL 67

2.1	INSTALACIONES QUE APORTAN AGUAS RESIDUALES.....	67
2.2	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMO 1	68
2.2.1	Pre tratamiento	68
2.2.1.1	Trampa de Grasa.....	68
2.2.2	Tratamiento Primario	70
2.2.2.1	Tanque Imhoff.....	70
2.2.3	Tratamiento Secundario.....	73
2.2.3.1	Humedales Artificiales.....	73
2.2.4	Sistema de Desinfección	79

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 80

3.1	SUMINISTRO DE AGUA.....	80
3.2	CARACTERIZACIÓN Y USO DE AGUA DEL CAMPAMENTO AMO1.....	80
3.2.1	Plan de Muestreo.....	82
3.2.1.1	Tipo y Número de Muestras	82
3.2.1.2	Parámetros Analizados	82

3.3	DISEÑO.....	83
3.3.1	Modelo K-C*	83
3.4	ENSAYO EXPERIMENTAL.....	85
3.4.1	Construcción de las Unidades Experimentales.....	87
3.4.1.1	Obtención de Volúmenes	88
3.4.1.2	Lecho	91
3.4.1.3	Colocación de Tuberías	93
3.5	ESPECIES A ESTUDIAR	96
3.5.1	<i>Cyperus odoratus</i>	96
3.5.2	<i>Hymenachne ampexicaulis</i>	98
4	CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	100
4.1	AGUA CRUDA.....	100
4.2	CUBETOS EXPERIMENTALES.....	101
4.3	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DQO	103
4.4	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE pH.....	108
4.5	RESULTADOS DE MEDICIÓN DE NITRÓGENO.....	113
4.6	RESULTADOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	114
5	CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	118
5.1	RESULTADOS DEL MODELO K-C*	118
5.2	ANÁLISIS POR PARÁMETROS.....	120
5.2.1	DQO o concentración de materia orgánica	120
5.2.2	pH	124
5.2.3	Nitrógeno	128
5.2.4	Temperatura	129
5.2.5	Conductividad Eléctrica	133
5.3	ANÁLISIS DE REMOCIÓN POR TRATAMIENTO	137
5.4	ANÁLISIS POR ESPECIE	145
5.4.1	<i>Cyperus odoratus</i> (Totorilla)	145
5.4.2	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Canutillo).....	147
5.4.3	<i>Echinochloa polystachya</i> (Pasto Alemán).....	148
6	CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE COSTOS	150
6.1	ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO	151
6.1.1	Potencial Paisajístico.....	157
6.2	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTO PILOTO	159
6.3	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	160
6.4	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	162
6.4.1	Desechos Sólidos Peligrosos	162
6.4.2	Desechos Líquidos	163

7	CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
7.1	CONCLUSIONES.....	165
7.2	RECOMENDACIONES	167
	Referencias	169
	Anexos	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Organigrama del personal del bloque 16..	5
Figura 2.	Instalaciones del campamento actual en el campamento AMO1	9
Figura 3.	Mapa de ubicación del bloque 16.....	10
Figura 4.	Mapa del Parque Nacional Yasuní y de la Reserva Huaorani.....	12
Figura 5.	Estructura vertical del Bosque húmedo.....	16
Figura 6.	Elementos principales que conforman un humedal artificial.....	39
Figura 7.	Tipos de humedales, tipo de plantas que utilizan y tipo de flujo.....	40
Figura 8.	Humedal artificial de flujo superficial.	42
Figura 9.	Macrófitas utilizadas en humedales de flujo superficial.....	42
Figura 10.	Corte transversal de un humedal artificial de flujo horizontal.	45
Figura 11.	Corte transversal de un humedal de flujo vertical.....	47
Figura 12.	Principales procesos de depuración en humedales artificiales..	49
Figura 13.	Ubicación de campamentos en el bloque 16.....	67
Figura 14.	Sistema general de tratamiento de aguas residuales.....	68
Figura 15.	Plano de diseño del tanque Imhof.....	71
Figura 16.	Distribución de los humedales artificiales en el campamento AMO1.....	74
Figura 17.	Corte transversal del humedal existente en AMO1.....	76
Figura 18.	Tuberías de ingreso y de recolección del humedal.	77
Figura 19.	La figura muestra el curso que sigue el agua a través del humedal.....	77
Figura 20.	Bosquejo de la espiga del pasto alemán.....	78
Figura 21.	Sistema de recolección de agua para consumo del campamento AMO1.	80
Figura 22.	Diagrama de flujo de las unidades experimentales.	85
Figura 23.	Diagrama de flujo de cada experimento.....	86

Figura 24. Forma y dimensiones de los cubetos experimentales colocados.	87
Figura 25. Distribución de las plantas en cada unidad experimental.	89
Figura 26. Conformación del lecho en las unidades experimentales.	92
Figura 27. Tubería de recolección colocada en los cubetos.	94
Figura 28. Tubería de distribución colocada en los cubetos.	95
Figura 29. Vista lateral de los cubetos y la distribución de la tubería.	96
Figura 30. Foto de la especie <i>Cyperus odoratus</i>	97
Figura 31. Fotos de la especie <i>Hymenachne Amplexicaulis</i>	99
Figura 32. Concentración promedio de DQO en los cubetos sembrados con <i>Cyperus odoratus</i>	103
Figura 33. Concentración promedio de DQO en los cubetos sembrados con <i>Hymenachne amplexicaulis</i>	104
Figura 34. Concentración promedio de DQO en los cubetos sembrados con <i>Echinochloa polystachya</i>	105
Figura 35. Concentración promedio de DQO en los cubetos testigo.	106
Figura 36. Comparación de cada tratamiento en relación a la concentración de DQO en el agua cruda.	107
Figura 37. Valores promedio de pH para los cubetos sembrados con <i>Cyperus odoratus</i>	108
Figura 38. Valores promedio de pH registrados al momento del muestreo en los cubetos sembrados con <i>Hymenachne amplexicaulis</i>	109
Figura 39. Valores promedio de pH registrados al momento del muestreo en los cubetos sembrados con <i>Echinochloa polystachya</i>	110
Figura 40. Valores promedio de pH en los cubetos testigo.	111
Figura 41. Comparación de valores de pH para cada tratamiento.	112
Figura 42. Comparación de los resultados de concentración de nitrógeno.	113
Figura 43. Medición de temperatura en el efluente de los cubetos sembrados con <i>Cyperus odoratus</i>	114

Figura 44. Medición de temperatura en el efluente de los cubetos sembrados con <i>Hymenachne amplexicaulis</i>	115
Figura 45. Medición de temperatura en el efluente de los cubetos sembrados con <i>Echinochloa polystachya</i>	116
Figura 46. Medición de temperatura en el efluente de los cubetos testigo.....	117
Figura 47. Relación entre las variables DQO, Caudal (Q) y tiempo de retención.....	119
Figura 48. Dispersión de los datos obtenidos para la concentración de materia orgánica.....	120
Figura 49. Histograma de frecuencias de la concentración de DQO.....	121
Figura 50. Gráfico de dispersión de datos para pH	124
Figura 51. Histograma de frecuencias de los valores de pH	125
Figura 52. Dispersión para los valores de temperatura	129
Figura 53. Histograma de frecuencias para los valores de temperatura	131
Figura 54. Dispersión de los datos obtenidos para la conductividad eléctrica	133
Figura 55. Histograma de datos obtenidos para la conductividad eléctrica	135
Figura 56. Cajas y bigotes para DQO por tratamiento.....	137
Figura 57. Gráfico de dispersión de remoción de materia orgánica por tratamiento	138
Figura 58. Cajas y bigotes para el parámetro pH	140
Figura 59. Cajas y bigotes para la temperatura.....	142
Figura 60. Cajas y bigotes para el parámetro conductividad eléctrica	144
Figura 61. Cubeto experimental sembrado con <i>Cyperus odoratus</i>	147
Figura 62. Costo de recuperación por daño ambiental.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Información meteorológica obtenida de la Estación Nuevo Rocafuerte.....	13
Tabla 2.	Datos de la estación meteorológica del bloque 16.....	14
Tabla 3.	Valores típicos de aguas residuales domésticas.....	18
Tabla 4.	Contaminantes en aguas residuales domésticas.....	19
Tabla 5.	Criterios de conductividad eléctrica.....	20
Tabla 6.	Valores de concentración esperada en agua residual de origen residencial.....	26
Tabla 7.	Materiales comúnmente utilizados en humedales artificiales.....	33
Tabla 8.	Especies más utilizadas en humedales artificiales alrededor del mundo.....	37
Tabla 9.	Resumen de las principales diferencias entre humedales HAFS Y HAFSS.....	40
Tabla 10.	Porcentajes de remoción promedio en humedales artificiales.....	48
Tabla 11.	Mecanismos de remoción de contaminantes.....	54
Tabla 12.	Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.....	58
Tabla 13.	Valores para el diseño de humedales de acuerdo al método de reglas generales.....	60
Tabla 14.	Datos del diseño de trampa de grasa.....	70
Tabla 15.	Información general del Pasto Alemán.....	78
Tabla 16.	Clasificación Taxonómica de la especie.....	79
Tabla 17.	Personal en el campamento durante el año 2012.....	81
Tabla 18.	Descripción del tipo y número de muestras tomadas.....	82
Tabla 19.	Temperaturas del agua residual cruda.....	90
Tabla 20.	Valor de C* para lirios.....	91
Tabla 21.	Valor de concentración de entrada de DQO.....	91
Tabla 22.	Concentración de salida de DQO deseada.....	91
Tabla 23.	Clasificación taxonómica de la especie <i>Cyperus odoratus</i>	97

Tabla 24. Clasificación taxonómica de la especie <i>Hymenachne amplexicaulis</i>	99
Tabla 25. Resultados de los parámetros establecidos en el Anexo 2 tabla.....	100
Tabla 26. Resultado del análisis de Nitrógeno	101
Tabla 27. Resultados de DQO en las muestras de agua	102
Tabla 28. Resultados de pH en las muestras de agua tomadas	102
Tabla 29. Resultados del agua de los cubetos experimentales para nitrógeno	102
Tabla 30. Resultados del modelo K-C* para DQO	119
Tabla 31. Resumen estadístico para DQO.....	121
Tabla 32. Tabla de Frecuencias para DQO.....	122
Tabla 33. Prueba de los signos para la mediana de DQO	123
Tabla 34. Resumen estadístico para pH	125
Tabla 35. Tabla de Frecuencias para pH	126
Tabla 36. Prueba t de Student para la media poblacional de pH	127
Tabla 37. Eficiencia de remoción mostrada en cada tratamiento	129
Tabla 38. Resumen Estadístico para Temperatura	130
Tabla 39. Frecuencias para la temperatura.....	130
Tabla 40. Prueba chi-cuadrada	132
Tabla 41. Resumen Estadístico para Conductividad eléctrica.....	133
Tabla 42. Tabla de Frecuencias para Conductividad eléctrica	134
Tabla 43. Pruebas de hipótesis para la conductividad eléctrica	136
Tabla 44. Prueba de los signos	136
Tabla 45. Prueba de rangos con signo.....	136
Tabla 46. Resumen estadístico para DQO por tratamiento.....	138
Tabla 47. Resumen Estadístico para DQO	139
Tabla 48. Resumen estadístico para pH	141
Tabla 49. Resumen estadístico para el parámetro temperatura.....	143
Tabla 50. Resumen estadístico para la conductividad eléctrica	145
Tabla 51. Comparación de necesidades de diferentes sistemas de tratamiento.	150

Tabla 52. Rendimiento de depuración en porcentaje (%) de varios tratamientos.....	151
Tabla 53. Comparación de ambas alternativas	152
Tabla 54. Gasto por control de Echinochloa polystachya (pasto alemán)	153
Tabla 55. TIR Y VAN de las alternativas	153
Tabla 56. Valor y ponderación.....	157
Tabla 57. Ponderación paisajística de zona de estudio	158
Tabla 58. Costos de construcción de las unidades experimentales	159
Tabla 59. Matriz de evaluación de impacto ambiental.....	160

INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia vital fundamental, además de ser el medio donde se desarrollan variadas y complejas reacciones bioquímicas que hacen posibles diferentes procesos vitales para los seres que de una u otra manera dependen de este recurso.

Las actividades antrópicas en general hacen uso del agua con diferentes fines, provocando la contaminación del recurso hídrico en diferentes grados, debido a que la generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. En la actualidad, los recursos hídricos a nivel mundial se han visto seriamente afectados por la falta de procesos de descontaminación previos a la descarga de estos efluentes en cauces naturales.

En países en desarrollo, como Ecuador; donde aumenta la competencia por acceso al agua debido al acelerado crecimiento demográfico, nuevos hábitos de vida y el desarrollo urbano e industrial sin planificación adecuada, es vital la implementación de sistemas de tratamiento o depuración de las aguas contaminadas (Delgadillo, Camacho, Pérez, y Andrade, 2010, p.3).

Según el informe sobre el estado del medio ambiente del Ecuador, el tema de saneamiento y la cobertura del tratamiento de aguas residuales al año 2006 alcanzaba difícilmente el 5% del total de los municipios; confirmando que la gran mayoría de los centros poblados descargan directamente los efluentes contaminados a los cauces naturales. En cuanto a infraestructura de saneamiento, solamente el 57% de las viviendas cuentan con el servicio.

Este problema ha causado consecuencias graves a nivel de salud, muchos de los casos de muerte infantil se aducen a enfermedades relacionadas con la contaminación del agua, además se ha declarado que el agua de 4 de los ríos más importantes del país no es apta para el consumo humano.

Estos datos confirman la necesidad urgente del país de implementar sistemas de tratamiento de aguas que reduzcan el impacto ambiental y la presión que actualmente existe sobre los recursos hídricos. Sin embargo en el censo de población y vivienda realizado en el año 2010, se obtuvo que el porcentaje de viviendas con acceso a servicios de saneamiento a nivel nacional es del 42,9% (Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2008, pp.61-63; Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador, s.f.)

El tratamiento de aguas residuales, sean éstas industriales o domésticas, ha sido un tema que ha tomado fuerza en los últimos años principalmente debido al incremento en las exigencias legales. Así, el tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales implica el conocimiento de las características de estas aguas tanto físicas, químicas y biológicas; además de la comprensión de los efectos principales que estas causan sobre la fuente receptora.

El deterioro ambiental asociado a la contaminación de cauces naturales con aguas residuales se estiman en más del 3,7% del PIB, por el incremento en la mortalidad, morbilidad y descenso en la productividad (Sandoval y Peña, 2007, pp. 1-2). El Plan Nacional para el buen vivir del Ecuador en la política 1.9 se menciona:

“Promover el ordenamiento territorial integral, equilibrado, equitativo y sustentable que favorezca la formación de una estructura nacional policéntrica (...). Ampliar la cobertura de los servicios básicos de agua, gestión y tratamiento de residuos líquidos y sólidos para promover una estructura policéntrica de asentamientos humanos sustentables en ciudades y zonas rurales, reconociendo las diversidades culturales, de género y edad, con especial énfasis en las zonas más desfavorecidas de cada territorio” (Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo [SENPLADES], 2009, p.150).

Como se mencionó, la necesidad de implementar y ampliar la cobertura de servicios de saneamiento ambiental en el país es imperativa, principalmente en el aspecto referente a sistemas de tratamiento de aguas residuales, lo cual se contempla como parte de las políticas para el cumplimiento de los Objetivos 1 y 4 del mencionado Plan de Desarrollo.

Los métodos de tratamiento tradicionales para aguas residuales suelen incluir grandes instalaciones de concreto donde se llevan a cabo algunas operaciones unitarias como: sedimentación, operación de filtros percoladores, cloración, cribado, etc. Sin embargo, así como la composición de las aguas residuales ha cambiado con el tiempo; por la oferta de una serie de productos nuevos, el tratamiento de aguas residuales requiere también modificaciones del enfoque tradicional para empezar a considerar nuevas tecnologías y nuevas líneas de tratamiento que sean ambientalmente amigables (Devloo, 2008, p.83).

Fernández (2005, p.79) en su trabajo Humedales artificiales para depuración sugiere que “El impacto ambiental que tales descargas causan obligó a considerar que la depuración previa era imprescindible”, a pesar de esto la disposición final de las aguas residuales sigue siendo un problema en la mayor parte de lugares donde existe acumulación de personas. Generalmente, llevar estos efluentes a niveles de calidad aceptables, no contaminantes, cumpliendo con la legislación vigente, involucra procesos de tratamiento muy costosos.

De esto surge la necesidad de buscar nuevas alternativas para el tratamiento de aguas residuales, de bajo costo y con procedimientos sencillos de mantenimiento y operación. Así, uno de los métodos que se utilizan hoy en día para el tratamiento como una opción económica, práctica y ecológica es la fitorremediación con humedales artificiales (Vymazal y Kröpfelová, 2008, p.337).

“A pesar de que estos procesos requieren mayores extensiones de terreno respecto a los tratamientos intensivos, se ha demostrado que son

igualmente eficaces en la remoción de materia orgánica e incluso más efectivos en la remoción de elementos patógenos y nutrientes” (Delgadillo et al., 2010, p.5).

Antecedentes

El desarrollo de esta investigación se realizó en las instalaciones del campamento AMO 1 perteneciente a la empresa Repsol, empresa que funciona como operadora actual del bloque 16. Se localiza dentro del Parque Nacional Yasuní, específicamente en el Patrimonio Forestal del Estado Unidad # 10.

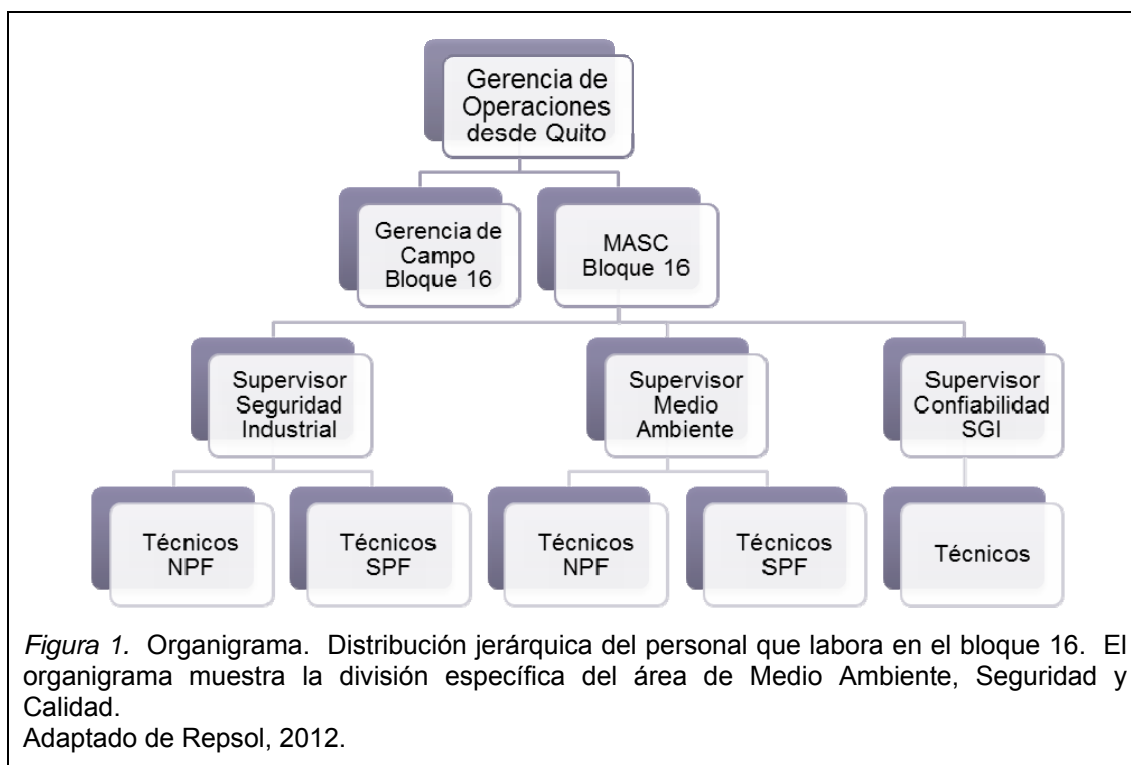
En los humedales artificiales existentes para el tratamiento secundario de las aguas negras y grises que son generadas en el campamento se identificó que se utiliza “pasto alemán” (*Echinochloa polystachya*); esta especie ha sido introducida en la zona y pone en riesgo al ecosistema sensible que se encuentra en esta área protegida.

En este sentido, la presente investigación apunta a suplir la mencionada planta exótica por una especie nativa de la zona que permita realizar el proceso de fitorremediación cumpliendo con los parámetros deseados en los humedales artificiales existentes.

Repsol es una sociedad anónima española, con sede en Madrid, fundada en octubre de 1987 que se dedica a la actividad petrolera, desde la exploración hasta el refinamiento del producto. Originalmente fue formada por la agrupación de una serie de compañías previamente pertenecientes al Instituto Nacional de Hidrocarburos (INH). Sus principales actividades son la exploración, producción, transporte y refinamiento de petróleo y gas. Además fabrica, distribuye y comercializa derivados del petróleo, productos petroquímicos además, gas licuado y natural (Repsol, 2012).

Esta empresa ha venido desarrollando las actividades referentes a la industria petrolera en el Ecuador operando el bloque 16 desde el año 1999, y por un

acuerdo suscrito con Petroecuador, opera también las áreas Bogi-Capirón y el Campo Tivacuno (Bueno, 2012).



Localización de la empresa

Actualmente la compañía Repsol en Ecuador tiene contratos de prestación de servicios con la operación de los bloques 16 y Tivacuno, los cuales en suman una superficie total neta de 752 Km².

“El Bloque 16 está ubicado en la provincia de Orellana, dentro de la reserva étnica Waorani y del Parque Nacional Yasuní. Por este motivo se requiere de una operación cuidadosa y responsable que Repsol está ejecutando durante su concesión” (Repsol, 2012).

Planteamiento del problema

La sociedad en general es productora de todo tipo de residuos, entre estos están las aguas residuales, las cuales contienen una gran cantidad de

contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos; estas aguas al no ser tratadas de manera adecuada y eficiente pueden generar grandes cantidades de gases mal olientes, proliferación de bacterias y microorganismos patógenos causantes de enfermedades en el ser humano además de la contaminación de fuentes hídricas (Contreras, 2009, p.1).

A razón de lo mencionado en el párrafo anterior, se hace totalmente necesaria la evacuación inmediata de estas aguas con un tratamiento apropiado previo a la descarga para que su eliminación no implique riesgo de contaminación. Actualmente, en las instalaciones de Repsol y específicamente dentro del campamento AMO 1 existe un sistema de tratamiento para las aguas residuales antes de la expulsión del agua al cauce natural; el tratamiento se compone de varias etapas donde la fase final es el tratamiento del agua en los humedales artificiales, lugar donde se lleva a cabo el proceso de fitorremediación con pasto alemán.

La problemática radica en la introducción de la especie *Echinochloa polystachya* conocida comúnmente como “pasto alemán” en los humedales artificiales dentro del Patrimonio Forestal del Estado Unidad # 10. Este pasto es una especie herbácea no nativa de la zona e invasora, cuya rápida proliferación, causada tanto por agentes físicos como bióticos, pone en riesgo el ecosistema sensible que encontramos en el área protegida.

Hipótesis de la investigación

Con el fin de brindar una solución a la problemática encontrada se plantea la siguiente hipótesis:

Se analiza la eficiencia de fitorremediación de dos plantas nativas de la zona donde se ubica el campamento AMO1 para utilizarlas en los humedales artificiales logrando que el impacto ambiental se reduzca y que la descarga de aguas residuales cumpla con la legislación y normativa aplicable para el sector

petrolero, garantizando un ambiente saludable sin poner en riesgo al ecosistema.

Justificación del proyecto

El sistema de humedales artificiales existente en el campamento AMO1 hace uso de pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) para el proceso de fitorremediación ocasionando el ingreso de una especie exótica y no nativa a un ecosistema sensible, poniendo en riesgo a especies endémicas y nativas de la región, en este caso del Patrimonio Forestal del Estado unidad # 10.

La investigación planteada es primordial para lograr la disminución del impacto ambiental causado por la introducción de especies no nativas e invasoras en el tratamiento de aguas negras y grises, con lo que se incentiva además la indagación de las propiedades de fitorremediación de las especies del sector.

El beneficio esperado de este proyecto es reducir el impacto ambiental causado por una especie exótica al reemplazarla por una especie nativa, disminuyendo además los costos en los que se incurre actualmente para el control de la expansión de esta especie y los que a futuro se requeriría para mitigar los efectos provocados por la misma.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando dos plantas nativas del Oriente Ecuatoriano en humedales artificiales.

Objetivos Específicos

- Proponer dos especies vegetales nativas como alternativa para su aplicación en el humedal artificial permitiendo que la descarga cumpla con los parámetros legales requeridos para el sector petrolero.

- Evaluar la eficiencia de dos plantas nativas del Oriente ecuatoriano como agentes de biorremediación a través del análisis estadístico.
- Seleccionar la alternativa, que mediante el análisis de resultados, demuestre ser la óptima para el tratamiento.
- Realizar un análisis costo/beneficio para el desarrollo e implementación del proyecto.

1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Las instalaciones del campamento AMO1, donde se desarrolló la investigación, se ubican en las siguientes coordenadas:

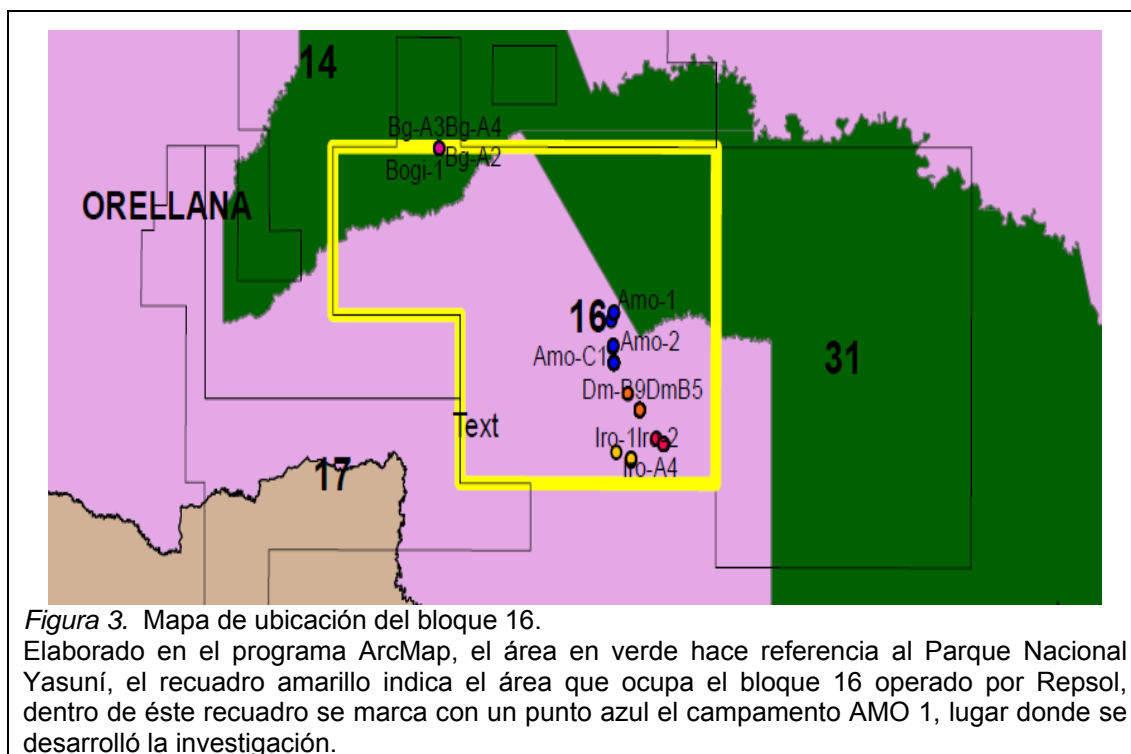
- 363520 E y 9898936 N.
- Zona 18M
- Elevación 230 m



Figura 2. Instalaciones del campamento actual en el campamento AMO1

El campamento se localiza en las provincias amazónicas Orellana y Pastaza, entre los ríos Napo y Curaray dentro del Parque Nacional Yasuní (PNY) y de la Reserva Huaorani, zona que ha sido denominada como Patrimonio Forestal del Estado Unidad # 10 (Registro Oficial 397, 2011). Se reconoce como Patrimonio Forestal del Estado puesto que “Constituye toda la riqueza forestal natural, las tierras forestales y la flora y fauna silvestres existentes en el

territorio nacional, que redunden de acuerdo con sus condiciones propias para la protección, conservación y producción” (Ley Forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre, 1981).



1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

La riqueza y diversidad que existe en este lugar es magna, tanto en su beldad paisajística como en la gran diversidad de especies que lo habitan. Siendo coherentes con la diversidad biológica presente en la zona, se hace necesaria la existencia de investigaciones y aplicación de nuevas alternativas con el objetivo de conocer y aprovechar las propiedades y usos de la flora existente en el lugar, como por ejemplo, para el tratamiento de aguas residuales.

Como se ha mencionado anteriormente, el campamento donde se desarrolló la fase experimental de la presente investigación se ubica dentro de la Unidad # 10 del Patrimonio Forestal del Estado. Este Patrimonio desempeña un papel muy importante en la conservación de la biodiversidad en su propio lugar de

origen, ya sea funcionando como áreas protegidas núcleo, zonas de amortiguamiento o corredores ecológicos. Dependiendo de las características ecológicas que presenten y de su contexto paisajístico, los bosques protectores y los bloques del Patrimonio Forestal pueden favorecer la conservación de algunos ecosistemas sub representados e incluso de ecosistemas que no están representados en el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), conservando hábitats críticos de especies amenazadas o en peligro de extinción (Ganzenmüller, Cuesta, Riofrío, González, y Baquero, 2010, p.5).

Ésta área, además de ser un Parque Nacional, ha sido designada como “Reserva de la Biósfera Yasuní”, designación que se da a las áreas geográficas representativas de los diferentes hábitats del planeta, ya sean terrestres o marinos y que tienen como objetivo conciliar la mentalidad y el uso de los recursos naturales, para poder alcanzar el desarrollo sostenible.

1.3 PARQUE NACIONAL YASUNÍ

Este parque es uno de los principales atractivos naturales con los que cuenta el Ecuador, no solamente por la biodiversidad biológica que se alberga en él, sino también por las culturas y nacionalidades que habitan en la zona, muchas de las cuales se mantienen en aislamiento voluntario y son comunidades no contactadas hasta la actualidad. El número y variedad de especies que se encuentran en este lugar es mayor que en cualquier otro ecosistema terrestre del mundo. Sin embargo, esta biodiversidad se ha visto negativamente afectada debido a que alrededor del 60% del Parque Nacional Yasuní ha sido concesionado a las empresas que se dedican a la actividad de extracción, explotación y producción petrolera, las cuales están extrayendo de la zona un crudo pesado de entre 16 a 24° API.

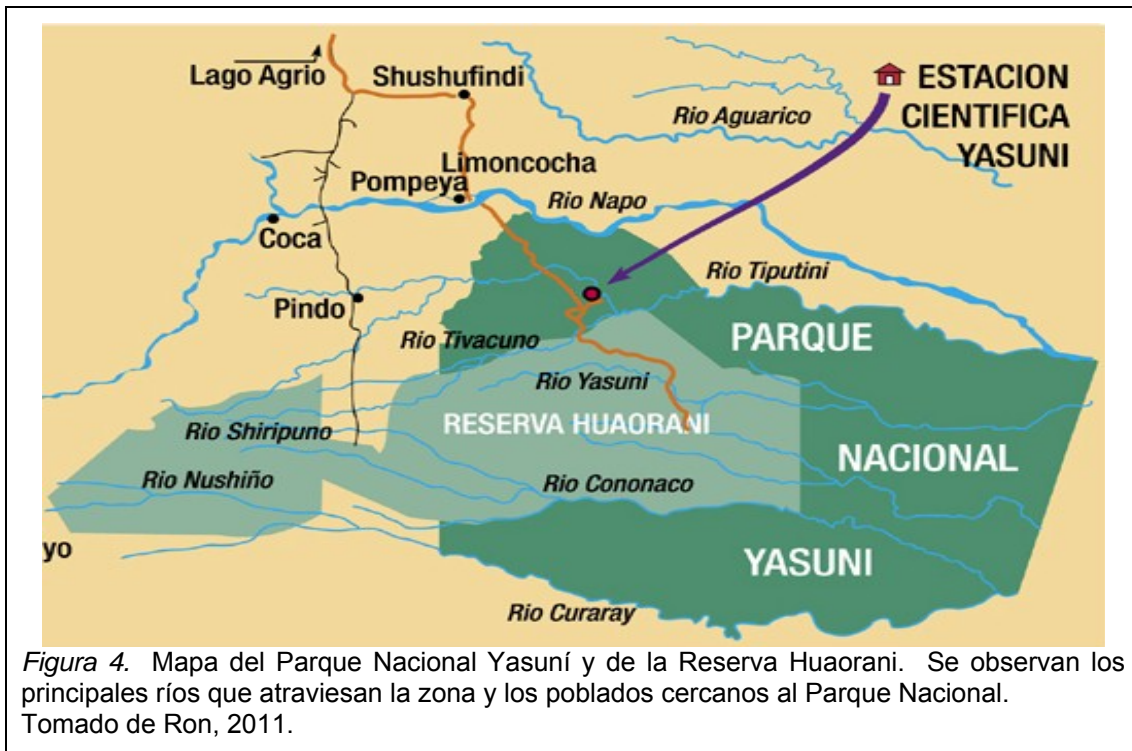


Figura 4. Mapa del Parque Nacional Yasuní y de la Reserva Huaorani. Se observan los principales ríos que atraviesan la zona y los poblados cercanos al Parque Nacional. Tomado de Ron, 2011.

El Parque Nacional Yasuní, con un área de 982.000 ha., creado el 26 de Julio de 1979 mediante el Acuerdo Ministerial N° 322 forma parte de la cuenca amazónica alta del Ecuador y ha sido clasificado científicamente como Refugio del Pleistoceno, por su abundante biodiversidad, dispersión de seres vivos y alto endemismo además de ser considerado como centro de especiación; donde las especies se han conservado por miles de años; por todos estos motivos el Yasuní fue declarado como Reserva de la Biosfera por la UNESCO en el año 1989 (Acción Ecológica, 2013).

1.3.1 Clima

El Parque Nacional Yasuní se ubica en una zona tropical cálida húmeda y su rango altitudinal varía entre 300 y 600 m.s.n.m.; las precipitaciones en esta área alcanzan los 3.000 mm por año con una distribución uniforme a lo largo del territorio.

La zona no cuenta con estaciones climáticas marcadas y su temperatura se mantiene relativamente constante entre los 24 y 26°C; los meses con las

temperaturas más bajas son de mayo a julio, lo que coincide con la época más lluviosa. La radiación solar es de aproximadamente 12 horas todos los días con una fluctuación máxima de 50 minutos (ECOLAP y MAE, 2007, p.241).

Tabla 1. Información meteorológica obtenida de la Estación Nuevo Rocafuerte

MES	HELIOFANÍA	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)					HUMEDAD RELATIVA		
	(Horas)	ABSOLUTAS		MEDIAS			Máx	Mín	Med
		Máx	Mín	Máx	Mín	Mensual			
<i>Enero</i>	81.9	34.0		30.4	22.2	25.0	98	60	89
<i>Febrero</i>	100.6	34.9	21.1	31.0	22.5	25.5	98	52	88
<i>Marzo</i>	90.1	35.1	21.6	31.2	22.3	25.4	98	56	88
<i>Abril</i>	71.8	33.4	10.6	30.4	22.5	25.4	100	58	88
<i>Mayo</i>	115.1	34.3	21.0	30.8	22.3	25.4	100	58	88
<i>Junio</i>	85.7	33.0	19.5	29.6	21.8	24.6	98	60	89
<i>Julio</i>	104.6	33.5	20.0	30.5	21.9	24.9	98	63	88
<i>Agosto</i>	142.8	35.0	20.8	31.6	22.0	25.5	98	59	86
<i>Septiembre</i>	148.6	35.4	20.0	32.8	22.2	25.9	98	58	85
<i>Octubre</i>	167.6	35.5	21.0	32.9	22.4	26.4	98	56	85
<i>Noviembre</i>	151.0	36.4	20.5	32.7	23.0	26.5	98	51	86
<i>Diciembre</i>	104.5	35.5	20.7	31.7	22.7	25.9	98	49	87
<i>Valor Anual</i>	1364.3	36.4		31.3	22.3	25.5	100	49	87
MES	PRECIPITACIÓN		# de días con precipitación	EVAPORACIÓN (mm)					
	Suma mensual	Máxima en 24hrs		Suma Mensual	Máxima en 24 hrs				
<i>Enero</i>	385.9	68.7	26	50.8	3.4				
<i>Febrero</i>	314.9	63.4	17	56.8	55.5				
<i>Marzo</i>	224.3	43.0	19	74.3					
<i>Abril</i>	214.3	50.0	24	68.5	4.2				
<i>Mayo</i>	375.8	58.1	29	70.5	4.1				
<i>Junio</i>	425.5	57.3	26	53.4	3.4				
<i>Julio</i>	407.3	75.5	28	68.0	4.9				
<i>Agosto</i>	293.3	43.9	24	95.7	5.8				
<i>Septiembre</i>	117.2	22.3	19	110.5	5.9				
<i>Octubre</i>	196.7	39.5	20	110.8	7.0				
<i>Noviembre</i>	172.1	21.8	17	96.7	5.2				
<i>Diciembre</i>	223.1	71.7	17	85.5	4.9				
<i>Valor Anual</i>	3350.4	75.5		941.5					

Nota: Información obtenida del anuario meteorológico del año 2009.
Tomado de INAMHI, 2009, p.10.

Se tomaron los datos de la estación agrometeorológica correspondiente al INAMHI denominada Nuevo Rocafuerte y ubicada en la provincia de Orellana en el cantón Aguarico, la estación fue la seleccionada debido a que era la más cercana al lugar de estudio. Se tomaron los datos de principal interés para los meses en los que se desarrolló la fase experimental de la presente investigación; los parámetros tomados fueron: temperatura, precipitación y evaporación para los cuales se registraron valores de 25,5°C, 308 mm/mes y 64,7 mm respectivamente.

Adicional a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), se ha contado con la información suministrada por Repsol de la estación meteorológica con la que se cuenta en campo, información que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Datos de la estación meteorológica localizada en la locación SPF del bloque 16.

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA REPSOL				
Parámetro	Año			Unidades
	2010	2011	2012	
Rango de humedad	88,72	90,03	92,02	Porcentaje
Radiación solar	69,98	---	---	W/m ²
Temperatura atmosférica	24,93	24,57	24,21	°C
Velocidad del viento	4,00	3,42	3,00	Hz Avg

Nota: Datos para los años 2010, 2011 y 2012. La estación solamente mide los parámetros presentados, sin embargo los valores de humedad y temperatura son coherentes con los valores del INAMHI para el año 2009.

Tomado de Repsol, 2010.

1.3.2 Geomorfología

Los suelos del PNY no son fértiles, disponen de pocos nutrientes minerales y presentan altos contenidos de hierro y aluminio lo que le da su coloración roja. La vegetación natural del Parque ocupa el 95% de la superficie y el 5% restante lo ocupan las regiones alteradas (ECOLAP y MAE, 2007, p.234).

El Parque presenta una variedad de relieves, drenaje y suelos, lo que está relacionado con los procesos de morfogénesis de la región, existiendo dos grandes formas: Relieves Sedimentarios Antiguos, con temperaturas cálidas, precipitación alta (3000 mm), suelos muy profundos, arcillosos, de muy baja fertilidad; y los Relieves Sedimentarios Recientes de origen volcánico (suelos profundos, fértiles, con buen contenido de materia orgánica en la superficie, drenados y variada retención de agua) y no volcánico (suelos arcillosos, poco fértiles y con bajas reservas de nutrientes (MAE/SNAP-GEF, 1998).

1.3.3 Hidrología

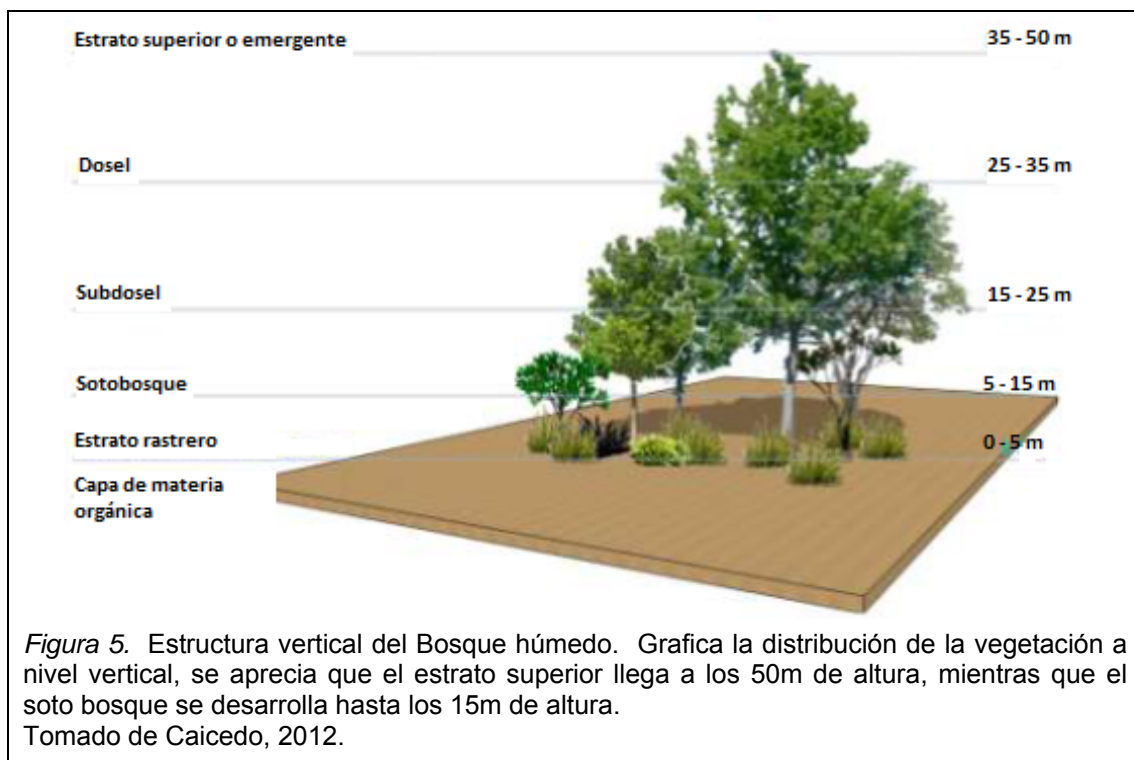
Los principales ríos que cruzan la reserva son: Yasuní, Tiputini, Nashiño, Cononaco y varios afluentes del Curaray. Los ríos que se encuentran dentro del Parque pueden tener diferentes orígenes: los que descienden desde los Andes son de aguas claras, y los que nacen en la Amazonía pueden ser de aguas claras como de aguas negras. Estos últimos presentan su coloración como resultado de reacciones químicas por la descomposición de materia orgánica disuelta en el agua que origina soluciones acuosas de taninos (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2010, p.64).

1.3.4 Biodiversidad

El Bosque Húmedo Tropical, ecosistema que se encuentra en la zona, es el bioma más complejo de la tierra en términos de estructura y diversidad de especies debido a que se desarrolla bajo condiciones óptimas para la vida. En esta reserva de la Biósfera existen aproximadamente 1.576 especies de plantas identificadas, 567 sp de aves, 173 sp de mamíferos, 105 sp de anfibios, 83 sp de reptiles y 382 sp de peces de agua dulce (Amazonía por la vida, 2013).

1.3.4.1 Flora

Según las consideraciones que se hacen en las zonas de vida establecidas por Holdridge, el área donde se localiza el bloque 16 está dentro del Bosque Húmedo Tropical, ocupando el piso tropical oriental que forma parte de la selva pluvial suramericana; ésta constituye una de las zonas más lluviosas del mundo (aproximadamente el 50% de las lluvias son producidas por evapotranspiración de la vegetación del lugar) estableciendo un régimen hídrico gracias a lo cual se desarrolla la cobertura vegetal. Por otro lado, la guía interpretativa del Parque Nacional elaborada por el Ministerio de Ambiente (p.1) menciona que “Sólo dentro de una hectárea del Yasuní se han encontrado 644 especies de árboles”, es decir, hay tantas especies de árboles en una hectárea del Parque Nacional Yasuní como árboles nativos en toda Norteamérica (Ecuambiente, 2007).



En la fase experimental de la presente investigación se estudiaron dos especies de plantas que fueron identificadas como nativas del Parque Nacional Yasuní y adecuadas para su uso en humedales, las especies seleccionadas

fueron: *Cyperus odoratus* e *Hymenachne amplexicaulis*, comúnmente conocidas como totorilla y canutillo respectivamente. Estas especies fueron clasificadas como nativas del Parque Nacional en el *checklist* del “Catalogo de plantas Vasculares del Ecuador” (Tropicos, s.f.).

1.4 FUENTES DE AGUAS RESIDUALES

Se denomina aguas residuales a todas las aguas que han sido previamente usadas y los sólidos que, por diferentes motivos, llegan al sitio donde son recolectadas; las cuatro fuentes principales de aguas residuales son: aguas domésticas, aguas industriales, escorrentías de usos agrícolas y aguas pluviales, sin embargo, esta investigación se enfocará únicamente en las aguas de origen doméstico.

Es así, que todas las actividades antrópicas producen efluentes residuales con mayor o menor nivel de contaminación dependiendo del uso que se le haya dado al agua. Pudiendo afirmar que en donde exista aglomeración de gente va a existir necesariamente la generación de efluentes residuales, los cuales generalmente son descargados en cursos de agua naturales, provocando la contaminación de cuerpos de agua.

En general, las aguas residuales domésticas son los líquidos provenientes de viviendas y su cantidad está directamente relacionada con el número de personas que habitan el lugar, debido a esto, es común hacer una determinación del caudal en función de la población equivalente. La cantidad de aguas residuales generada es igual a la cantidad de agua consumida menos el agua utilizada para cocinar, beber, y regar el césped; debido a esto se puede decir que el 80% del agua consumida se transforma en agua residual doméstica (Rana, 2009, p.393).

En países ricos en fuentes hídricas como el Ecuador, el precio de uso de este recurso es uno de los factores que influye drásticamente para que exista un alto grado de consumo; Romero Rojas (2004, p.56) menciona que “la cantidad

de agua de consumo doméstico no debería superar los 200L/c.d” por lo que sería totalmente recomendable la disminución en el empleo del recurso para reducir la generación de aguas residuales.

Por otro lado, se denomina aguas negras a los efluentes que provienen de inodoros, es decir, los que transportan excrementos humanos y orina generando aguas con gran cantidad de sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Las aguas grises, en cambio, son las provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras que constituyen aproximadamente el 70% del agua residual generada, estas contienen un alto grado de DBO, sólidos suspendidos, fósforo y grasas (Teri, 2010, p.47).

Tabla 3. Valores típicos de aguas residuales domésticas

Caudales habituales de agua residual de origen residencial descargada a los sistemas de recolección			
ORIGEN	UNIDAD	INTERVALO (L día⁻¹)	Valor típico
Apartamento de nivel medio	Persona	195 – 320	250
Casa de nivel medio	Persona	190 – 350	280
Hotel	Huésped	130 – 215	180
Zona de campamento	Persona	115 – 195	150

Nota: La tabla muestra valores típicos generados por persona en zonas residenciales, valores similares a las condiciones del campamento donde se desarrolló la experimentación se asumió un caudal promedio de 250 L día⁻¹.

Adaptado de Crites y Tchobanoglous, 2000, p.170; Orellana, 2005, p.8.

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Conforme a las características principales que se presenten en los análisis de laboratorio del agua residual que se genera en el lugar y según el nivel de descontaminación que se requiere en el efluente se establecerán ciertos parámetros de diseño específicos para el sistema de tratamiento a implementar.

El conocimiento de estas particularidades nos puede ayudar, por ejemplo, a definir el tipo de humedal artificial que más se ajusta a las necesidades del

lugar. Para determinar las características del agua residual es primordial realizar muestreos según las necesidades requeridas para el estudio; sin embargo, existen caracterizaciones típicas que sirven como referencia para conocer los parámetros de importancia a analizar.

De los contaminantes que se pueden encontrar en el agua se destaca el contenido de materia orgánica y también elementos de naturaleza inorgánica de distinta composición como nutrientes e incluso sustancias tóxicas, estas características pueden ser determinadas por los análisis de laboratorio que se hagan en el agua (Henze, van Loosdrecht, Ekama, y Brdjanovic, 2008, p.41; Libhaber y Orozco Jaramillo, 2012, p.197).

Tabla 4. Contaminantes en aguas residuales domésticas

Tabla comparativa entre aguas negras y grises (mg L⁻¹)		
Parámetro	Aguas grises	Aguas negras
<i>DBO₅</i>	100 - 300	2000 – 3000
<i>DQO</i>	300 - 600	400 – 4000
<i>Fósforo Total</i>	4 – 35	5,7 – 54,2
<i>Nitrógeno Total</i>	5 – 25	110 – 370
<i>Sólidos totales</i>	355 - 2656	726 – 2754
<i>pH</i>	5.7 – 6,6	6,7 – 8,9
<i>Patógenos</i>	Bajo	Muy alto

Nota: Comparación entre los principales contaminantes presentes en aguas residuales, valores como DBO y DQO en aguas negras son mayores que en las aguas grises.

Adaptado de Hao, Novotny, y Nelson, 2010, p.243; Wang, Tay, Lee Tay, y Hung, 2010, p.527.

1.5.1 Físicas

1.5.1.1 Color

Los efluentes domésticos cuando han sido recién generados o cuando están frescos son generalmente de color gris; no obstante, a medida que aumenta el tiempo de transporte del agua hasta la descarga, suele cambiar a color gris oscuro y luego a color negro. Este color se debe a la formación de sulfuros

metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias (Spellman y Bieber, 2012, p.816).

1.5.1.2 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica se define como la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad, es usado como un parámetro sustituto de la concentración de sólidos disueltos totales. No es una característica que contribuye a determinar la contaminación en aguas residuales, pero sirve para conocer si el agua es apta o no para posteriores fines agrícolas. En el caso de que el efluente, posterior al tratamiento, quiera usarse como agua para riego se debe tener en cuenta las siguientes características (Delgadillo et al., 2010, p.47).

Tabla 5. Criterios de conductividad eléctrica

Parámetro	Unidad	Interpretación según su uso para riego		
		Sin problema	Condicional	No recomendable
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	< 0.75	0.75 – 3.00	> 3.00

Nota: Estos parámetros se toman en base de los requerimientos de calidad de agua para uso agrícola.

Tomado de Gohil, 2005, p.12.

1.5.1.3 Sólidos Totales

Son el componente sólido de las aguas residuales, pueden ser clasificados en dos grandes grupos: materia en suspensión y materia disuelta, en el tratamiento previo a los humedales artificiales se pretende disminuir la mayor cantidad posible de estos compuestos para asegurar el buen funcionamiento del humedal en el largo plazo.

Los sólidos totales definen a la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación y pueden ser filtrables y no filtrables. De esta parte sólida, los sólidos sedimentables son aquellos que se asientan en el fondo, mientras los sólidos disueltos representan el material

soluble y coloidal, y para su remoción se requiere oxidación biológica o coagulación y sedimentación. En cuanto al tamaño los sólidos disueltos son aquellos con tamaño menor de $1,2 \mu\text{m}$ y los suspendidos tienen tamaño mayor de $1,2 \mu\text{m}$ (Spellman, 2011, p.356).

1.5.1.4 Olores

Es la principal característica por la que las plantas de tratamiento son rechazadas en lugares cercanos a zonas habitadas. Los olores producidos por las aguas residuales se deben a los gases que se liberan durante el proceso de descomposición de toda la materia orgánica contenida en el efluente.

El agua residual recién generada tiene un olor que resulta desagradable; sin embargo, es más tolerable que los olores que son emanados por un agua residual de origen séptico, olor que se genera debido a su alto contenido de sulfuro de hidrógeno, componente que se produce en el proceso químico al reducir los sulfatos a sulfitos por la acción de los microorganismos anaerobios (Vesilind, Morgan, y Heine, 2010, p.271).

1.5.1.5 Temperatura

Este es un parámetro muy importante que se debe tomar en cuenta en las aguas residuales debido al efecto que ejerce este parámetro sobre las características del agua y sobre las operaciones, procesos de tratamiento y método de disposición final del agua tratada. La temperatura del agua residual siempre es más elevada que la del agua de suministro o agua de consumo humano, esto se debe a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y de los diferentes usos que se le da.

La temperatura afecta negativamente la vida acuática y altera su ciclo, debido a que modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana; por ejemplo, "la tasa de

sedimentación de sólidos en aguas cálidas es mayor que en aguas frías” (Kamalesh, 2008, p.43).

1.5.1.1. Turbiedad

Uno de los aspectos que se nota a primera vista en todo tipo de agua es su claridad. Es así que la turbidez constituye una medida óptica del material suspendido en el agua; este parámetro se utiliza como medida de las propiedades de transmisión de la luz para indicar la calidad de las aguas vertidas o también de las aguas naturales en relación con la material coloidal y residual en suspensión; la materia coloidal se dispersará o absorberá la luz de manera que impida su paso.

La medición de este parámetro se realiza mediante la comparación entre la intensidad de la luz que es dispersada en la muestra de agua residual y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones (Spellman, 2011, p.91).

1.5.2 Químicas

1.5.2.1 Acidez

La acidez que tenga el agua puede depender de la presencia de bióxido de carbono o combinado de ácidos minerales o de sales de ácidos fuertes y bases débiles. La acidez se origina en la disolución de CO₂ atmosférico en la oxidación biológica de la materia orgánica; tiene un alto efecto corrosivo y por ende un efecto destructor o alterador de la flora y fauna de las fuentes receptoras; un alto grado de acidez en aguas domésticas indica descarga de desechos industriales ácidos en el sistema (Martínez, 1999; Singh, 2008, p.243).

1.5.2.2 Alcalinidad

La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad de neutralizar ácidos. Las aguas residuales domésticas son generalmente alcalinas, concentraciones de 100 a 300 m L^{-1} -CaCO_3 son comunes. La alcalinidad puede generarse por hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio. Esta característica es importante en el proceso de tratamiento biológico de las aguas residuales, funcionando como un regulador de pH que permite una adecuada actividad enzimática y como fuente de carbono para las bacterias nitrificantes (Gerardi, 2010, p.100).

1.5.2.3 DBO

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es causada por la materia orgánica expulsada en las masas y corrientes de agua, y que constituye el alimento para las bacterias que se reproducirán rápidamente; éstas bacterias en condiciones aerobias consumirán oxígeno por lo que la DBO se define como la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos aclimatados para degradar biológicamente la materia orgánica en condiciones aerobias.

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y para medir su grado de contaminación, este parámetro nos permite además determinar la cantidad de oxígeno que se requiere para diseñar unidades de tratamiento biológico, evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Sperling, 2007, p.40; Srinivasan, 2009, p.45).

1.5.2.4 DQO

La demanda química de oxígeno se conoce como el volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra de agua. Se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable, es decir, es la

cantidad necesaria para oxidar químicamente las sustancias orgánicas presentes.

Lo más adecuado para tener un agua más fácil de tratar sería que la DQO sea aproximadamente igual a la DBO, lo que nos mostraría que las aguas son altamente biodegradables y por ende se pueden tratar por procesos biológicos disminuyendo la contaminación (Henze et al., 2008, p.34).

1.5.2.5 pH

Es la medida de la concentración del ion hidrógeno en las aguas residuales, se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno pueden alterar fuertemente la biota de las fuentes receptoras y casi siempre son fatales para los microorganismos; las aguas con pH menor a 6 favorecen mayormente el crecimiento de hongos frente al crecimiento de bacterias (Correa y Marín, 2010, p.13).

El intervalo de concentración de iones de hidrógeno adecuado para la existencia de vida es relativamente estrecho, normalmente el pH debe estar entre 5 y 9. Las aguas residuales con valores de pH por debajo de 5 o superiores a 9 son a menudo más difíciles de tratar por medios biológicos; si el valor de pH no es ajustado antes de la descarga, el agua residual efluente puede alterar a las aguas receptoras. La mayoría de las descargas de aguas residuales de la planta de tratamiento de efluentes deben estar dentro de los límites especificados (Gerardi, 2010, p.100).

1.5.3 Biológicas

1.5.3.1 Microorganismos

Las aguas residuales generalmente son peligrosas debido a la presencia potencial de grandes cantidades de microorganismos patógenos que afectan a la salud de las personas. Las aguas negras aportan un ambiente ideal para el

desarrollo de una inmensa colección de microorganismos, y en lugares donde exista el alimento, la humedad y temperatura ideales los microorganismos prosperarán (Chin, 2013, p.20).

El riesgo de contaminación por microorganismos que existe tanto para humanos como al ambiente hace que sea necesario el control de estos microorganismos antes de ser descargados en cauces hídricos naturales. El conocimiento del tipo de microorganismos presentes en el agua es una herramienta fundamental para la toma de decisiones en cuanto al tratamiento adecuado que se le debe dar a este recurso y la conservación de ecosistemas. Sin embargo, debido a la dificultad que implica la determinación global de la presencia de microorganismos patógenos involucrados en los procesos de contaminación ambiental se trabaja con organismos indicadores de la contaminación microbiológica (Selendy, 2011, p.331).

1.5.3.2 Bacterias

Morfológicamente se clasifican como cocos, bacilos, vibriones, espirales, y filamentosas. Son los organismos más importantes en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, pero también originan algunos de los problemas sanitarios más graves en áreas de malas condiciones sanitarias. De este grupo las que se encuentran con mayor frecuencia en el agua residual son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal.

El grupo de bacterias más utilizado como indicador de este tipo de contaminación es el de las bacterias coliformes (Spellman y Bieber, 2012, p.355; Srinivas, 2008, p.15).

1.5.3.3 Coliformes

Los coliformes fecales se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su

alta concentración en diferentes tipos de muestras. Estos microorganismos son un subgrupo de los coliformes totales y se considera al género *Escherichia*, especie *E. coli* como la población de bacterias coliformes más representativa de la contaminación fecal (Scribd., 2009).

Diariamente el hombre arroja una cantidad entre 10^9 y 4×10^{11} coliformes en sus excrementos; por lo tanto, su presencia puede detectarse con facilidad en las aguas residuales. Estas bacterias son bacilos gram - negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no formadores de esporas.

En el tratamiento de aguas residuales la remoción de las bacterias coliformes se ve afectada por el tiempo de retención en el tratamiento, la temperatura, la radiación ultravioleta, entre otros aspectos que se deben considerar al momento de tratarlos (Vymazal y Kröpfelová, 2008, p.306; Sharma y Sanghi, 2013, p.135).

Tabla 6. Valores habituales de aportes y concentración de constituyentes esperada en agua residual de origen residencial

CONSTITUYENTE	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
<i>DBO₅</i>	g/hab*d	203
<i>DQO</i>	g/hab*d	460
<i>SST</i>	g/hab*d	210
<i>Nitrógeno</i>	g/hab*d	35
<i>Fósforo</i>	g/hab*d	5
<i>Grasas y aceites</i>	g/hab*d	85

Nota: Se observan los valores típicos de los principales contaminantes que se encuentran en las aguas residuales domésticas, el mayor valor generalmente es el de la Demanda Química de Oxígeno seguido por los sólidos suspendidos.

Adaptado de Crites y Tchobanoglous, 2000, p.195; Metcalf y Eddy, 1995.

1.6 HUMEDALES

Los humedales naturales son ecosistemas que se caracterizan por hallarse en condiciones de inundación que puede ser temporal o permanente, debido a esto estos ecosistemas son considerados como sistemas de transición que

ocurren entre las zonas secas y los lugares donde hay ecosistemas acuáticos o se localizan ríos o lagunas, etc.

El componente fundamental de los humedales es el agua; este es el elemento que permite el mantenimiento de la biodiversidad que se alberga en ellos y la circulación normal tanto de materiales como de energía. Los humedales además participan en procesos muy importantes como son: el control de inundaciones, regeneración de aguas subterráneas, acumulación y exportación de sedimentos y nutrientes.

La convención RAMSAR (1971) define a los humedales como:

“... las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.”

Según Moreano (2012), los humedales son sistemas transitorios entre ambientes que permanecen inundados y ambientes normalmente secos, es decir zonas donde la tierra y el agua se conjugan. Sin embargo, para que se considere humedal a una zona con estas características, debe cumplir tres condiciones:

1. Tener vegetación hidrófila, cubierta total o parcialmente de agua.
2. El suelo debe ser húmedo o estar inundado de agua.
3. Tener condiciones ambientales que favorezcan la presencia de humedad, es decir, una fuente de agua y, suelos que acumulen o mantengan agua.

1.7 HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales como sistemas de tratamiento de aguas residuales funcionan con el mismo principio de los procesos que ocurren en humedales

naturales; sin embargo, su diseño se basa en la disposición adecuada del conjunto de compuestos que lo conforman, como son: agua, sustrato, vegetación y microorganismos, los cuales cumplen las funciones de depuración del agua mientras el efluente pasa a través del sistema. Estos humedales pretenden lograr que el agua tratada en este sistema cumpla con las características y parámetros determinados para la eliminación de aguas en cauces naturales de manera que el cauce y el ecosistema en general no se vean afectados.

El tratamiento de las aguas residuales en pequeñas poblaciones se afronta a problemas hidráulicos como la variabilidad de los caudales, por cese de actividades (caudal nulo) o incrementos drásticos debido a las lluvias, produciendo alteraciones que las tecnologías convencionales son incapaces de resolver; sin embargo, los humedales pueden solucionar eficazmente estas condiciones (Rodríguez, Molina, Jácome, y Suárez, p.224).

En los últimos años los humedales artificiales han sido utilizados para el tratamiento de aguas residuales, en su mayoría domésticas. Esta tecnología ha generado un gran interés en investigadores y la población en general debido a su bajo consumo energético en comparación a depuradoras convencionales, además de su baja producción de residuos, bajo impacto ambiental auditivo y buena integración en el paisaje (Krantzberg, Tanik, Antunes do Carmo, Indarto, y Ekda, 2010, p.123).

Existen algunos parámetros en el diseño de estos sistemas que se deben analizar con principal importancia, como son: características del agua residual afluente a tratar, tamaño y distribución de partículas del sustrato, tiempo de retención del sistema y tipo de vegetación a utilizar, ya que la eficiencia en el tratamiento del agua depende de un diseño adecuado.

La mejora en la calidad del agua en humedales naturales ha sido observada por científicos e ingenieros durante muchos años, lo que ha llevado al

desarrollo de humedales artificiales para duplicar, en ecosistemas contruidos, los beneficios de calidad del agua y hábitat de los humedales naturales (Lichtfouse, 2011, p.94).

Los humedales artificiales pretender simular los procesos de descontaminación que ocurren en los humedales naturales; debido a esto, son sistemas que requieren de la ingeniería para ser diseñados y contruidos apropiadamente, se necesita además la identificación de especies de plantas adecuadas para este tipo de tratamiento, el sustrato debe ser también el idóneo, ya que es el que funcionará como filtro y permitirá la existencia de interacciones con los microorganismos. El sistema, en general, consiste en desarrollar un cultivo de macrófitas que crezcan sobre un lecho de grava impermeabilizado (Wang, Tay, Lee Tay, & Hung, 2010, p.321).

La capacidad depuradora que se ha observado en los humedales artificiales ha incentivado que estos sistemas sean utilizados extensivamente para el tratamiento de aguas residuales. En Europa, el desarrollo de estos sistemas se remonta a los años 50 mientras que en Estados Unidos comenzaron a ser utilizados en la década del 60. Estos sistemas son también denominados sistemas verdes, pasivos o tecnologías no convencionales, se caracterizan por lograr la mayor parte de la depuración de las aguas residuales aprovechando la interacción de distintas comunidades de organismos, por lo tanto se trata de un proceso natural que no necesita de aportes externos de energía (Sánchez, 2011).

Como menciona Oscar Delgadillo y otros (2010, p.63) los humedales artificiales son sistemas pasivos de depuración, poco profundos, en donde los procesos de descontaminación físicos, químicos y biológicos se producen simultáneamente. Su funcionamiento se fundamenta en tres principios básicos:

1. La actividad bioquímica de microorganismos
2. El aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y,

3. El apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales además de servir como material filtrante.

Los humedales construidos son unidades plantadas con vegetales propios de zonas húmedas, su funcionamiento es similar a los filtros convencionales por goteo donde existe una combinación de zonas aerobias y anaerobias que se crean alrededor de las raíces de las plantas.

Los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales se tratan al ser filtrados en la zona de la raíz de las macrófitas del humedal y mediante la combinación de las plantas, el suelo o sustrato y las bacterias (IIEC, 2009, p.2; Corzo Hernández y García Serrano, 2008, p.2).

En un humedal artificial, las entradas de efluente tienen un volumen conocido; sin embargo, los volúmenes de precipitación y escorrentía superficial están sujetos a variaciones estacionales; las pérdidas en estos sistemas pueden calcularse mediante la medición del caudal de salida y la estimación de la evapotranspiración, así como por la infiltración del fluido. Aun conociendo las tasas de flujo, el modelado del balance hídrico de los humedales construidos debe contemplar las variaciones semanales y mensuales de precipitación, la escorrentía y los efectos de estas variables en el sistema hidráulico de los humedales, principalmente el tiempo de permanencia requerido para el tratamiento (Mihelcic, Fry, Myre, Phillips, y Barkdoll, 2009, p.443).

El efluente, que previamente requiere de un tratamiento primario, pasa a través del humedal durante un cierto tiempo (tiempo de retención) y es tratado por procesos tanto físicos como químicos y bacteriológicos; el oxígeno que es necesario para el tratamiento es suministrado por las mismas plantas. La transferencia de oxígeno hacia la zona radicular por parte de estas plantas acuáticas es un requisito imprescindible para que la eliminación microbiana de algunos contaminantes se realice con eficacia, estimulando además la degradación de materia orgánica y el crecimiento de bacterias nitrificantes (Fernández, 2005, p.79).

1.7.1 Historia y Aplicación Actual

Los humedales artificiales son sistemas que se han desarrollados especialmente en los últimos 50 años con el fin de utilizarlos como un sistema de tratamiento de aguas residuales, sean estas domésticas o industriales. Éstos se basan en el funcionamiento observado durante años en los humedales naturales, los cuales se utilizaban como sitios de descarga común de desechos líquidos.

Los humedales artificiales para tratamiento de residuos son una práctica que forma una parte vital de la fitorremediación. La bioquímica del tratamiento en humedales de compuestos xenobióticos no es bien conocida, así como la ecología de las comunidades vegetales y microbianas y el ciclo biogeoquímico de los nutrientes y elementos naturales; a pesar de la falta de conocimiento se sabe que los humedales artificiales ofrecen grandes ventajas para mantener condiciones de anoxia y facilitar la transformación de xenobióticos, estabilizando los contaminantes orgánicos y metales (McCutcheon y Schnoor, 2003, p.15).

Existen documentos en donde se evidencia que la construcción de humedales artificiales se inició en el instituto Max Planck de Plön (Alemania) donde el Dr. Seidel en 1952 realizó investigaciones sobre la remoción de fenoles en aguas residuales usando humedales construidos y como vegetación emergente *Scirpus lacustris* (Hoffmann, Platzer, Winker y von Muench, 2011, p.9).

Los humedales artificiales se desarrollaron mayormente en los años setenta y ochenta; para la década de los noventa su uso se expandía tanto para tratamientos de agua residual municipal, como aguas industriales y residuos agrícolas.

En Inglaterra, el primer sistema de tratamiento con humedales artificiales se puso en operación en 1985. Entre 1983 y 1988 se construyeron en Dinamarca

más de 130 de estos sistemas, así como en Bélgica, Holanda, Hungría y Suecia. En países con menos recursos económicos como la India o República Checa, parecen tener cierta proliferación este tipo de tratamientos posiblemente por su eficacia a un costo muy por debajo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales (Vymazal, 2010, p.111).

En el Ecuador uno de los primeros humedales de flujo subsuperficial horizontal que se puso en operación fue en Shushufindi, mismo que fue construido para tratar efluentes procedentes del camal de la ciudad. El sistema estaba conformado por un tanque de sedimentación y dos humedales colocados en serie con un área total de 1200 m² en los que se cultivaron las especies *Echinochloa polystachya* y *Panicum maximum* (Vymazal y Kröpfelová, 2008, p.407).

1.8 COMPONENTES DE UN HUMEDAL

1.8.1 Sustrato

En los humedales artificiales el sustrato puede estar formado de arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación, estos restos se acumulan debido al aumento de la masa vegetal y al crecimiento biológico (bacteriano o microbiológico).

La principal característica de este medio es que debe ser lo suficientemente permeable para permitir el paso del agua (Mitsch y Gosselink, 2007, p.455). La elección de un medio de soporte adecuado es muy importante, éste es el responsable directo de la extracción de algunos contaminantes por medio de interacciones que se llevan a cabo en él y de los que depende la depuración del agua residual como: filtración y sedimentación; por otro lado, el tamaño de partícula es muy importante, mientras más pequeño sea podría albergar mayor cantidad de biopelícula, a pesar de que existen mayores probabilidades de que se produzcan obstrucciones en el lecho o inundaciones. En general se

recomienda que el material que se va a utilizar sea de la zona (Burciaga, 2008, p.10; Mena J., Rodríguez, Núñez, y Villaseñor, 2008, p.8).

El tamaño del medio granular es un condicionante que afecta directamente la hidráulica del humedal y la superficie de contacto con el agua residual. Si el lecho tiene grandes cantidades de arcilla y limo se lograría mayor capacidad de absorción y filtración, ya que la adsorción es alta y el diámetro de los huecos es pequeño, no obstante, este tipo de medio presenta una resistencia hidráulica alta y por ende requeriría de velocidades de flujo muy bajas, limitando el caudal a ser tratado.

Mientras tanto, si el lecho está formado mayormente por gravas y arenas la capacidad de adsorción y filtración del sustrato será menor, pero se incrementa la conductividad hidráulica, lo que alterará el tipo de flujo del agua residual en el humedal (Vymazal, 2010, p.109).

Las referencias bibliográficas investigadas no determinan un único tamaño de partícula óptimo y adecuado, debido a que esta elección depende del tipo de afluente a tratar, la calidad requerida del efluente y sus facilidades de obtención en la zona.

Tabla 7. Materiales comúnmente utilizados en humedales artificiales

Tipo de material	Tamaño efectivo (mm)	Porosidad (%)	Conductividad hidráulica (m/d)
Arena gruesa	2	28 - 32	400 – 1000
Arena gravosa	8	30 - 35	500 – 5000
Grava fina	16	35 - 38	1000 – 10000
Grava media	32	36 - 40	10000 – 50000
Grava gruesa	128	38 - 45	50000 – 100000

Nota: Los materiales mostrados en la tabla son los que se utilizan comúnmente como sustrato en humedales artificiales, de acuerdo a sus respectivas propiedades como tamaño, porosidad y conductividad se escoge la distribución del material en el lecho conforme al tipo de agua residual a tratar.

Adaptado de Mena, Rodríguez, Núñez, y Villaseñor, 2008, p.18; Polprasert, 2007, p.373.

Mitsch y Gosselink (2007, p.454) mencionan que la importancia del sustrato en el humedal se debe a varios factores como:

1. Actúan como barrera primaria de tamizado.
2. Dan soporte a los organismos vivientes en el humedal.
3. Aquí se desarrollan algunas transformaciones físicas, químicas y biológicas.
4. La permeabilidad del relleno afecta al movimiento del agua o hidráulica a través del humedal.
5. Proporciona almacenamiento a muchos contaminantes.
6. Es el medio de fijación de microorganismos y que conjuntamente con los restos de vegetación aumentan la cantidad de materia orgánica en el humedal convirtiéndose en una fuente de energía para las reacciones biológicas del humedal.

1.8.2 Agua

El agua es la fase móvil que se encuentra dentro del humedal o que ingresará al mismo, la cual contiene y transporta los contaminantes y es donde se van a dar la mayor parte de reacciones bioquímicas que permitan la depuración de los efluentes líquidos.

El agua afecta directamente a los factores abióticos del humedal tal como disponibilidad de nutrientes, estado oxidativo, etc. y también determina el tipo de microorganismos que se desarrollarán en el humedal; debido a esto el agua afecta directamente las condiciones hidrológicas del sistema.

La hidrología es el factor más importante a considerar en el diseño de humedales artificiales, ya que une a todas las funciones de un humedal y a menudo es el factor principal en el éxito o fracaso de un humedal artificial (Estrada, 2010, p.59; WETLANDS, s.f.).

1.8.3 Vegetación

Las plantas utilizadas en los humedales artificiales dependen del tipo de humedal que se vaya a establecer; se pueden utilizar diferentes especies y sus hábitos de enraizamiento también son disímiles: se puede tener plantas emergentes, flotantes y/o sumergidas. El clima, salinidad y profundidad son algunos de los parámetros que van a definir las especies que se vayan a utilizar en el humedal, para lo cual también se recomienda utilizar especies locales que estén adaptadas a las condiciones del área.

Por lo general, la vegetación a utilizar debe soportar variaciones en el nivel de agua y tener la capacidad de reproducirse en condiciones con bajos niveles de oxígeno disuelto (Romero, Colín, Sánchez y Ortiz, 2007, p.158; Vymazal, 2011, p.133, p.135-139).

Wang, Tay, Lee Tay y Hung (2010, p.328) en su artículo, afirman que la vegetación existente en el humedal contribuye al tratamiento del agua residual y escorrentía de diferentes maneras:

1. Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
2. Actúan como canales de transporte de gases a la atmósfera tales como (CO₂, CH₄).
3. Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.

4. Toman el carbono, nutrientes y elementos traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
5. La transferencia de oxígeno desde las estructuras sub superficiales de las plantas oxigena otros espacios dentro del sustrato.
6. El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

Las raíces y rizomas permiten que se establezca la película microbiana; además pueden transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces y la fase acuosa del humedal, creando regiones aerobias que los microorganismos aprovechan para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación, a pesar de ello, también existen zonas anaerobias, lo que permite la existencia de mayor variedad de microorganismos (Khattar, Singh, y Kaur, 2009, p.229).

En los estudios de Kadlec y Knight (1996) se demuestra que los rendimientos de depuración son mayores cuando los humedales tienen plantas en ellos y no solamente el lecho granular.

“Es recomendable que las plantas utilizadas en la implementación del humedal sean nativas de la localidad donde se vaya a establecer, para evitar introducir especies exóticas que puedan modificar de manera negativa la distribución y la abundancia de la flora y fauna local” (Burciaga, 2008, p.8).

Tabla 8. Especies más utilizadas en humedales artificiales alrededor del mundo

Familia	Nombre científico	Nombre común	Características
Tifácea	<i>Typha domingensis</i>	Junco	Especie capaz de crecer rápidamente en diversas y muchas veces hostiles condiciones ambientales. Poseen gran capacidad de transferencia de oxígeno desde las hojas y tallo a la zona de la raíz, además cuenta con una capacidad de remoción de nutrientes como N y P a través de la poda y cosecha.
	<i>Typha angustifolia</i>	Aenea	
	<i>Typha latifolia</i>	Espadaña	
Ciperácea	<i>Cyperus papyrus</i>	Papiro de Egipto	Plantas perennes, crecen en aguas costeras y humedales, resisten lugares con agua desde 3cm a 5m de profundidad aunque pueden resistir períodos de sequía
	<i>Scirpus validus</i>	Junco redondo	
	<i>Scirpus lacustris</i>	Junco cebra	
Gramínea	<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	Macrófitas extensamente utilizadas en humedales, eficaces en la transferencia de oxígeno al tener las raíces profundas. Tolerantes a los cambios en pH y salinidad en el agua
	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	Canutillo	
	<i>Echinochloa polystachya</i>	Pasto alemán	
	<i>Panicum maximum</i>	Pasto Guinea	

Nota: En Ecuador las especies más comunes utilizadas en humedales artificiales son: *E. polystachya* y *P.máximum*. La mayor parte de las especies utilizadas crecen comúnmente en humedales naturales y están acostumbradas a desarrollarse en ambientes inundables. Adaptado de Vymazal, 2010, p.45; Singh y Tripathi, 2007, p.341; Wang et al., 2010, p.330; Vymazal, 2011, p.115.

1.8.4 Microorganismos

Los microorganismos son otro de los elementos que cumplen un rol muy importante en los fenómenos que ocurren dentro de un humedal, entre estos organismos se encuentran principalmente bacterias, levaduras, hongos y protozoarios. Muchas de las transformaciones en cuanto a contaminantes, nutrientes y carbono orgánico se deben al metabolismo microbiano que se

desarrolla en el humedal y por ende al crecimiento de la biopelícula en el humedal, la misma que se adhiere al sustrato y a las raíces de las plantas (Hill, 2010, p.266).

Estos microorganismos se encargan de realizar la degradación de la materia orgánica, eliminación de nutrientes, elementos traza y desinfección del agua. En la zona superior del humedal, donde existe una cierta cantidad de oxígeno proveniente tanto de las raíces de las plantas como de la atmósfera, se ubican los microorganismos aerobios; mientras que en las zonas más profundas se encuentran los microorganismos anaerobios. Cuando las características del agua que entra al sistema no presentan variaciones bruscas los microorganismos se adaptan a los cambios y pueden seguir en desarrollo, pero si las condiciones son muy cambiantes muchos microorganismos se inactivan (García Navarro y Playán, 2008, p.110).

Los nutrientes y el carbono son utilizados por los microorganismos como fuente de energía y como alimento para la formación de nueva biomasa microbiana, la velocidad de crecimiento de ésta biomasa depende de las condiciones ambientales y de la disponibilidad del sustrato; es decir, en un clima cálido las condiciones para el crecimiento de estas bacterias son más favorables que en climas fríos (Tanaka, y Jinadasa, 2011, p.39).

Las principales funciones de la actividad microbiana dentro de estos sistemas según Wang y otros (2010, p.324) son:

1. Transforma sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
2. Altera las condiciones de potencial redox del sustrato y la capacidad depuradora del humedal.
3. Involucra reciclaje de nutrientes.

Aunque los microorganismos proporcionan una cantidad medible de contaminante captado y almacenado en su metabolismo, el papel más significativo que cumplen es la remoción de compuestos orgánicos. Así mismo, gracias a la actividad biológica, muchas de las sustancias contaminantes se transforman y liberan en forma de gases (Gordon, 2012, p.1).

La comunidad microbiana de un humedal puede ser perturbada por sustancias tóxicas como los pesticidas, por lo tanto, se debe poner atención para evitar que estos compuestos se introduzcan en el sistema en concentraciones perjudiciales (Mena, Rodríguez, Núñez, y Villaseñor, 2008, p.11).

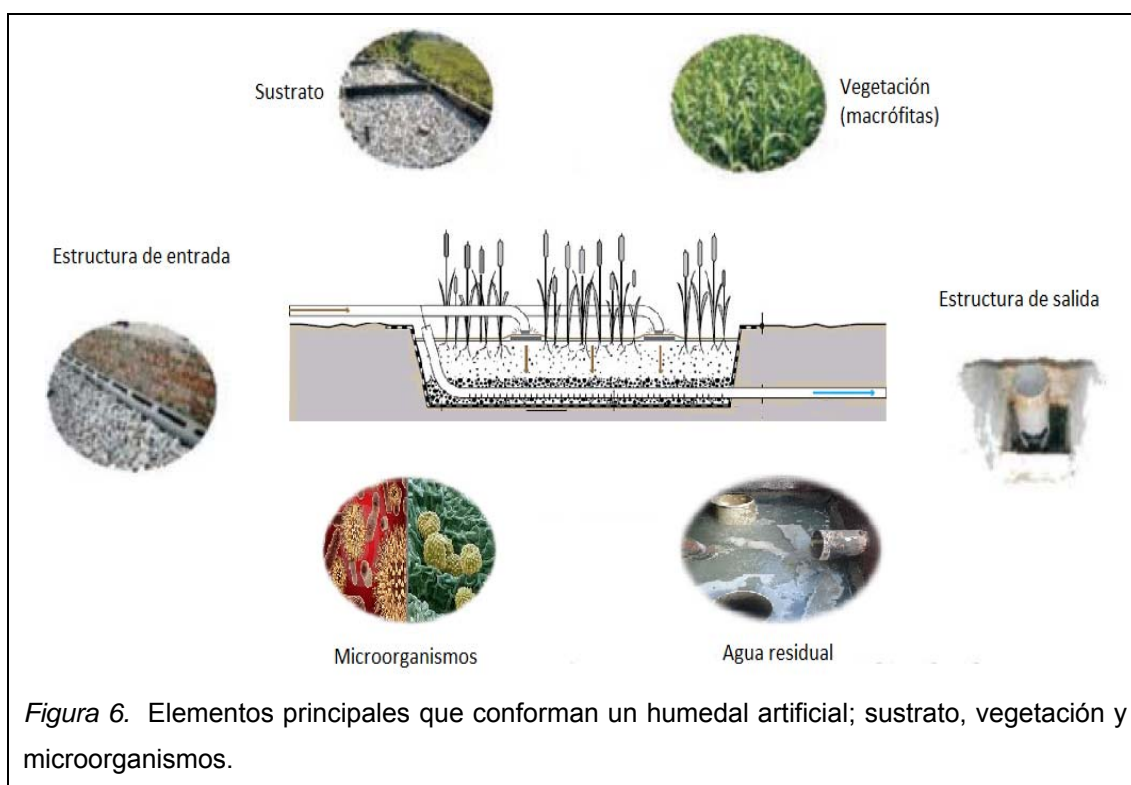
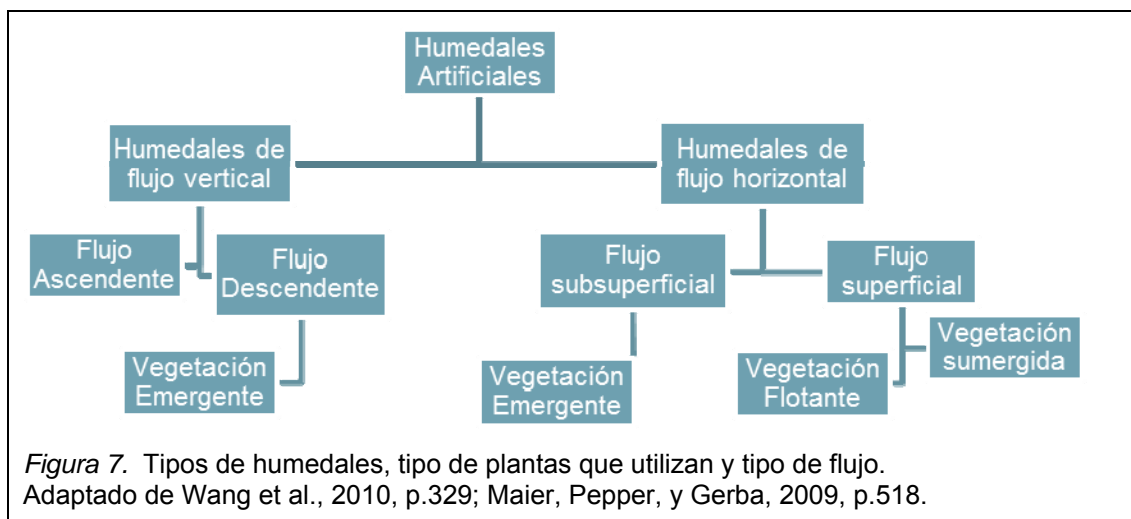


Figura 6. Elementos principales que conforman un humedal artificial; sustrato, vegetación y microorganismos.

1.9 CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES

Estos sistemas de tratamiento pueden ser clasificados según el tipo de flujo con el cual funcionan y el tipo de macrófitas que se utilice para su funcionamiento.



Existen algunas diferencias entre las características principales de los diferentes sistemas de humedales artificiales y su funcionamiento.

Tabla 9. Resumen de las principales diferencias entre humedales HAFS Y HAFSS.

H. A Flujo Superficial	H. A Flujo Subsuperficial
Flujo de circulación de agua en lámina libre	Flujo sumergido
Menor coste de instalación	Requieren de mayor inversión
Hidráulica sencilla	Hidráulica más complicada
Tipologías de los humedales naturales	Tratamiento más eficaz
Favorecen la vida animal	Necesitan menos espacio
Las bajas temperaturas provocan descensos en el rendimiento	Soportan bien las temperaturas bajas
Pueden generar olores	Sin olores

Nota: Los humedales de flujo subsuperficial brindan mejores rendimientos en cuanto a depuración y mejora en los aspectos sanitarios.

Tomado de Seoáñez, 2000, p.93.

1.9.1 Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS)

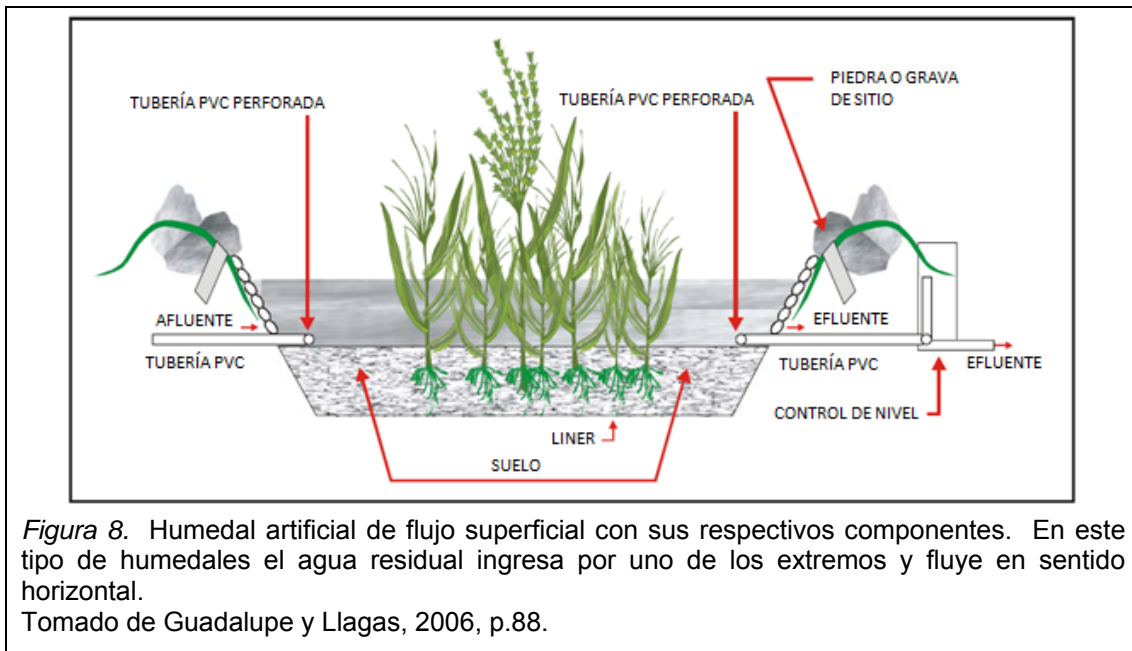
Los HAFS, en inglés denominados como *surface flow constructed wetlands* o *free water surface wetlands*, son aquellos donde el flujo de agua es de tipo horizontal superficial y por ende está expuesta directamente a la atmósfera. Consiste en un cubeto o canal donde se encuentra el agua y la vegetación ocupa aproximadamente el 50% de la superficie, la profundidad de la lámina de

agua suele estar entre 0,6 m y 1,0 m.; en muchos de estos humedales la cobertura vegetal es de macrófitas emergentes o helófitas de la zona enraizadas en el sustrato que se haya dispuesto en el fondo del estanque, pueden incorporar también especies acuáticas flotantes, es decir que desarrollan su sistema radicular sobre el agua.

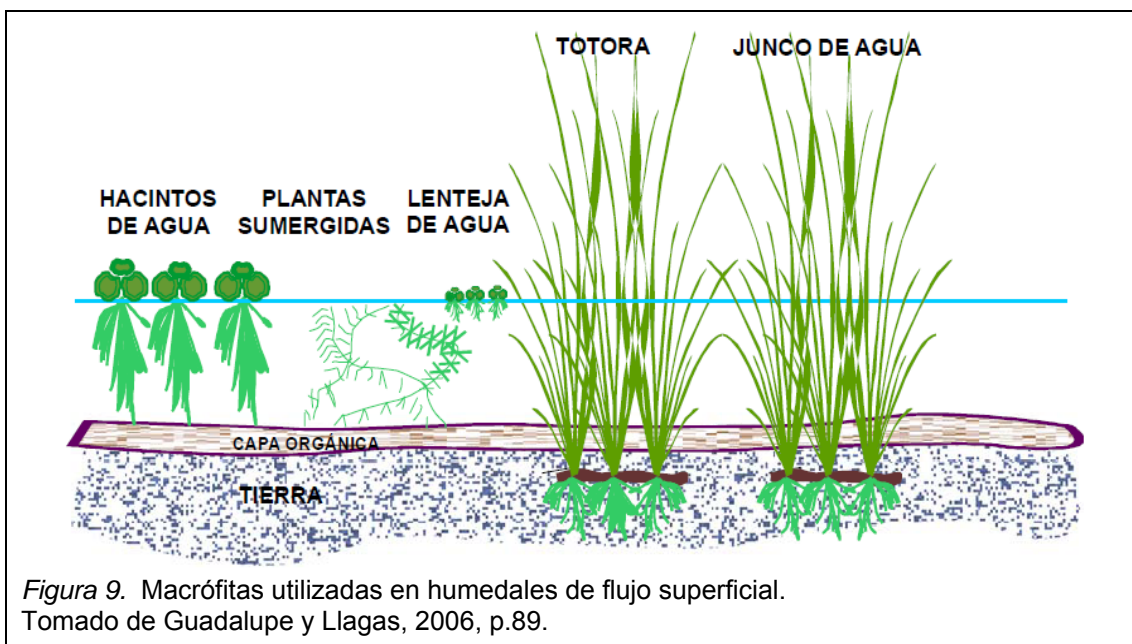
Las plantas en estos sistemas usualmente no son cosechadas, ya que la hojarasca proporciona cierta cantidad de carbono orgánico, el cual ayuda en los procesos de desnitrificación (Fernández, Beascochea, Muñoz, y Fernández de la Mora, 2011, p.81).

En este tipo de humedales la descontaminación del agua residual se da por reacciones que tienen lugar en el agua y en la zona superior del sustrato, debido a esto, su potencial de eliminación está fuertemente restringido. El efluente que se trata en estos sistemas debe, necesariamente, haber pasado por un pre tratamiento físico (Apolo, 2010, p.75).

Este tipo de humedales han mostrado gran eficiencia en la eliminación de compuestos orgánicos mediante degradación microbiana; los sólidos suspendidos se reducen por filtración a través de la vegetación y el nitrógeno se elimina por nitrificación y posterior desnitrificación que se da en la columna de agua. Por otro lado, la retención de fósforo es baja debido a que el contacto del agua con el sustrato que adsorbe estas partículas es mínimo (Vymazal, 2010, p.532).



Las especies de plantas que generalmente se utilizan en este tipo de humedales pueden ser sumergidas o flotantes como se ilustra en la figura 9.



1.9.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS)

En inglés denominados como *subsurface flow constructed wetlands*, esta clase de humedal (HAFSS) consiste en un cubeto o canal debidamente

impermeabilizado, para evitar filtraciones, y relleno con material pétreo (arena y/o grava de grosor variable) como sustrato, éste último es el que provee de cierta porosidad al medio de manera que el agua pueda fluir a través del lecho; además es el medio de soporte o sostén de la vegetación y permite que el agua residual circule a través del sistema radicular de las macrófitas (Farooqi, Basheer y Chaudhari, 2008, p.1005).

Las buenas propiedades estéticas que tiene este tipo de humedal además de sus buenas capacidades de tratamiento los hacen sistemas adecuados para implementar en comunidades pequeñas o en general a pequeña escala. El flujo subterráneo de este tipo de humedales evita las condiciones de cría de moscos y reduce la generación de olores desagradables. En los humedales de flujo subsuperficial no existe contacto del agua residual con la atmósfera, esto junto con la alta demanda de oxígeno del afluente, produce condiciones principalmente anaeróbicas en la columna de agua del humedal (Gormley, 2010, p.7).

Los humedales de flujo subsuperficial ofrecen varias ventajas frente a los sistemas de flujo libre o superficial, ya que, al mantenerse la lámina de agua bajo la superficie el riesgo de malos olores, exposición y mosquitos es bajo. Se cree además que el sustrato proporciona mayor área de contacto para el tratamiento del agua; debido a esto requieren menor espacio respecto a un humedal de flujo superficial para tratar efluentes de las mismas características (Singh y Narayan, 2003, p.65).

En este tipo de humedales, los sólidos son eliminados por procesos como filtración y sedimentación, la materia orgánica suele ser reducida por procesos físicos pero principalmente por biodegradación. En estos sistemas el tratamiento biológico es en su mayoría anaeróbico (Gustafson, Anderson, Christopherson y Axler, 2001, p.2). Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos en función de la forma de aplicación de agua al sistema:

1. Humedal de flujo subsuperficial horizontal
2. Humedal de flujo subsuperficial vertical

1.9.2.1 Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal

En los humedales de flujo horizontal el agua residual ingresa en forma permanente por uno de los extremos fluyendo a través del medio poroso bajo la superficie del lecho haciendo una trayectoria más o menos horizontal hasta que llega a la zona de la salida ubicada en la parte opuesta, donde se recoge por un tubo de drenaje y descarga el efluente tratado. La profundidad del lecho varía entre 0,45 m a 1,0 m con una pendiente entre 0,5 y 1% (Sharma y Sanghi, 2013, p.381).

Por largo tiempo los humedales horizontales han sido diseñados bajo la premisa de que se requiere $5\text{m}^2 \text{PE}^{-1}$ (población equivalente) y a partir de modelos de primer orden o con flujo pistón; actualmente se han desarrollado modelos más complejos; sin embargo, con estos modelos muchos parámetros son difíciles de determinar y por ende debe hacerse muchos supuestos. Por lo tanto, es importante darse cuenta de que los modelos más complejos no necesariamente entregarán datos de diseño más precisos (Vymazal, 2010, p.535). La población equivalente se puede definir como:

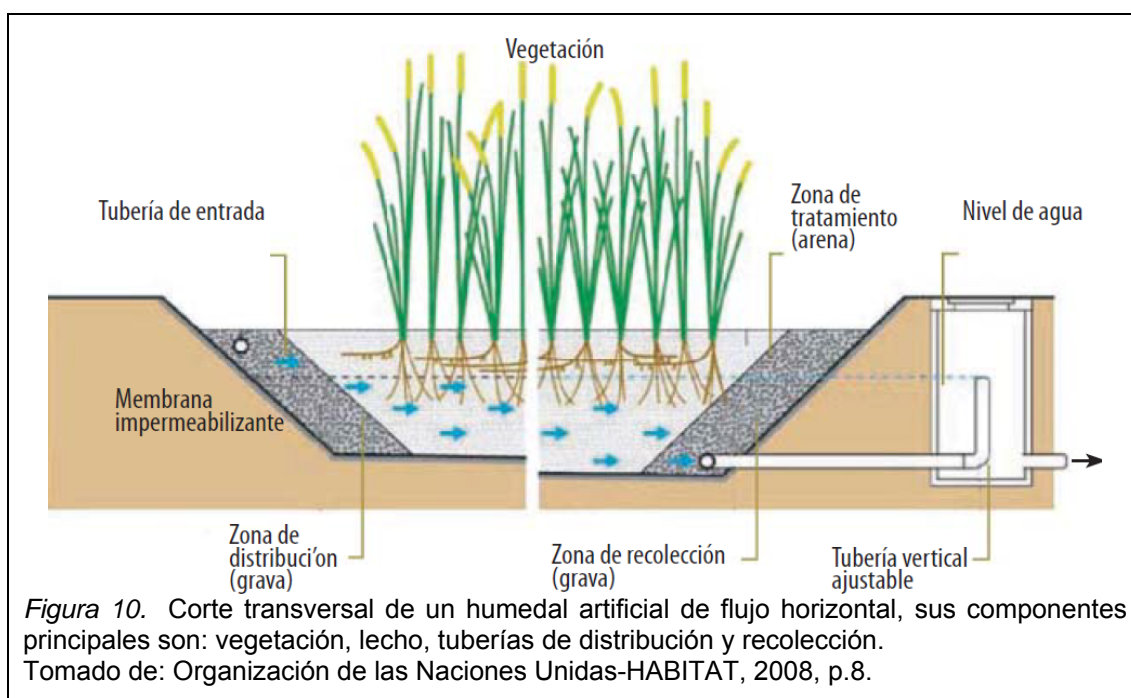
“La carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO_5) de 60g de oxígeno por día. De igual forma, la carga contaminante de las aguas grises, viene determinada por la suma de los habitantes equivalentes asentados en el sitio” (Sperling, 2007, p.65).

$$\text{Poblacion equivalente (hab)} = \frac{\text{DBO}_5 \text{ (mg L}^{-1}\text{)*Caudal (m}^3 \text{ d}^{-1}\text{)}}{60 \text{ gr DBO}_5 \text{ (día*hab)}^{-1}}$$

(Ecuación 1)

Los humedales de flujo horizontal son eficaces en la eliminación de contaminantes orgánicos (SST, DBO₅ y DQO); pero debido a la poca transferencia de oxígeno que existe al interior del humedal la remoción de nutrientes, principalmente nitrógeno, es limitada; a pesar de ello este tipo de humedales eliminan los nitratos de las aguas residuales (Jorgensen, 2009, p.141).

Varias investigaciones han demostrado que el transporte de oxígeno por las raíces de las macrófitas es insuficiente para asegurar la descomposición aeróbica en la rizósfera y que los procesos anóxicos como anaeróbicos juegan un papel muy importante en los humedales horizontales (Vymazal y Kröpfelová, 2008, p.177).



1.9.2.2 Humedal de Flujo Subsuperficial Vertical

Los humedales de flujo vertical están formados por un lecho de grava y/o arena gruesa y plantado con vegetación; en este sistema, a diferencia de los humedales de flujo horizontal, las aguas residuales son vertidas en la parte superior de manera intermitente en grandes cantidades que inundan la

superficie y que posteriormente se filtran gradualmente a través del lecho y son recogidas mediante el drenaje ubicado en la base; esto crea condiciones de saturación de agua en el lecho seguidas por períodos de insaturación estimulando el suministro de oxígeno; debido a esto el proceso en los humedales de flujo vertical es mucho más oxigenado que en los de flujo horizontal, lo que mejora la nitrificación en estos sistemas (Jorgensen, 2009, p.144).

Adicionalmente, estos sistemas también pueden ser diseñados para tener flujo ascendente o descendente dependiendo de por dónde se vaya a aplicar el agua a tratar; este efluente debe haber pasado por un pretratamiento adecuado, de manera que se minimicen las probabilidades de taponamiento en las tuberías y en el lecho (Brix y Arias, 2005, p.493).

Los humedales de flujo subsuperficial vertical surgieron como alternativa para producir efluentes mayormente nitrificados, pero no se difundieron tan rápidamente como ocurrió con los de flujo horizontal, probablemente debido a que requieren mayor mantenimiento y una bomba que permita realizar la carga de agua de manera intermitente. No obstante, en las investigaciones realizadas en los últimos años con el objetivo de lograr un sistema de tratamiento que cumpla con las exigencias requeridas (remoción del 95% de DBO₅, remoción del 90% de fósforo total y 90% de nitrificación) se ha identificado que este tipo de humedales cumplirían con estas demandas (Verhoeven, Beltman, Bobbink y Whigham, 2008, p.82). En la guía de ONU-HABITAT (2008, p.9) se describen además diferentes ventajas que presentan este tipo de humedales artificiales como:

1. Buena capacidad de transferencia de oxígeno, logrando buena nitrificación.
2. Son más pequeños que los humedales de flujo horizontal.
3. Eliminan eficientemente DBO₅, DQO y patógenos.

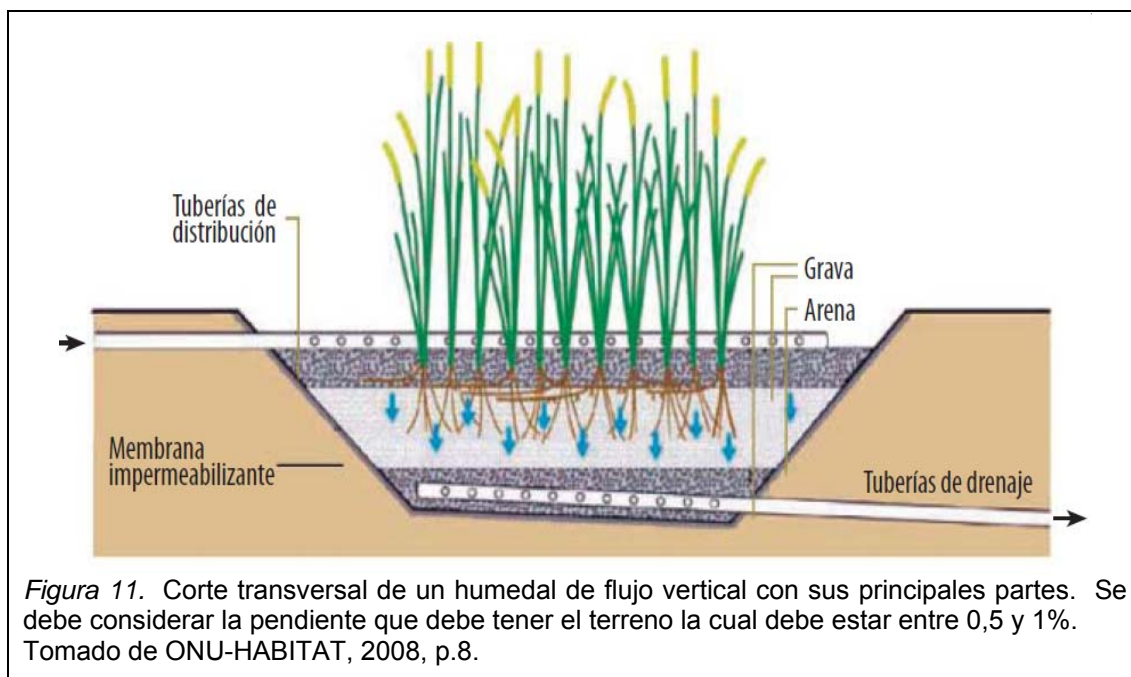


Figura 11. Corte transversal de un humedal de flujo vertical con sus principales partes. Se debe considerar la pendiente que debe tener el terreno la cual debe estar entre 0,5 y 1%. Tomado de ONU-HABITAT, 2008, p.8.

En cuanto al diseño de humedales de flujo vertical es importante que la posea una pendiente entre 0,5 – 1% en dirección a la salida; la profundidad del lecho puede estar entre 0,50 m y 1,20 m y en la superficie se coloca grava cubriendo la tubería de distribución para evitar la acumulación de agua al aire libre, lo cual se podría omitir si no existe acceso del público al humedal. El área específica que generalmente se requiere es de 3 – 4 m²/PE en regiones frías y de 1 – 2 m²/PE en regiones cálidas (Hoffmann, Platzer, Winker y von Muench, 2011, p.25).

La siguiente tabla muestra datos de los rendimientos medios de depuración de aguas residuales urbanas que se alcanzan con ambos tipos de humedales, estos valores se ven altamente afectados por el tratamiento previo que se haya dado al agua.

Tabla 10. Tabla comparativa de porcentajes de remoción promedio en humedales artificiales

CONSTITUYENTE	Humedal de flujo superficial	Humedal de flujo subsuperficial
	% REMOCIÓN	% REMOCIÓN
Sólidos suspendidos	80 – 90	70 – 90
DBO ₅	70 – 90	85 – 95
DQO	–	75 – 85
N _{total}	40 – 80	40 – 50
P _{total}	45 – 55	20 – 40
Coliformes fecales (log ₁₀)	0,7 – 2,0	1,0 – 3,0

Nota: La tabla compara la eficiencia de humedales de aguas urbanas.

Adaptado de: Mihelcic, Fry, Myre, Phillips, y Barkdoll, 2009, p.431; Novotny, Ahern y Brown, 2010, p.323; Libhaber y Orozco, 2012, p.386.

1.10 MECANISMOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN HUMEDALES ARTIFICIALES

En los humedales artificiales ocurren varios procesos de remoción o eliminación de contaminantes, principalmente de materia o sólidos en suspensión y materia orgánica, estos contaminantes son eliminados por procesos tanto biológicos, como químicos y físicos que tienen lugar en el sistema.

La eliminación de nutrientes es un aspecto que en los últimos años se ha considerado como importante en los humedales artificiales debido a la eutrofización que estos componentes podrían causar en los cauces donde son descargados. Es así que los principales mecanismos de remoción que ocurren en los humedales de flujo subsuperficial se muestran en la figura 12.

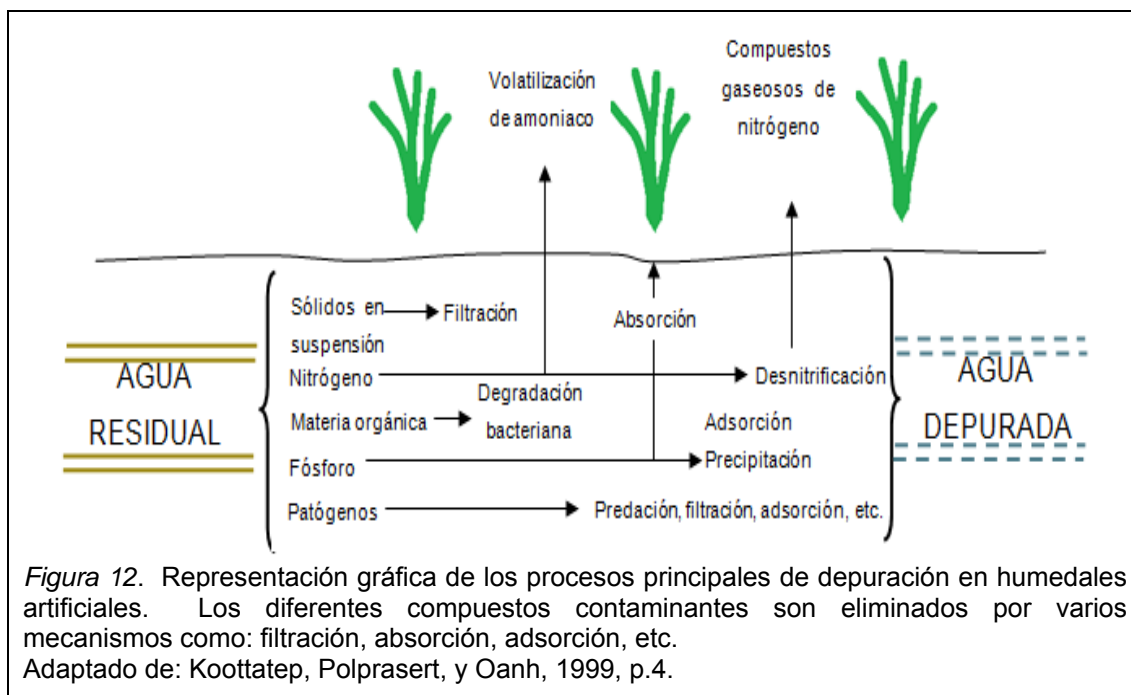


Figura 12. Representación gráfica de los procesos principales de depuración en humedales artificiales. Los diferentes compuestos contaminantes son eliminados por varios mecanismos como: filtración, absorción, adsorción, etc. Adaptado de: Koottatep, Polprasert, y Oanh, 1999, p.4.

1.10.1 Remoción de materia orgánica

La materia orgánica puede ser medida como DBO_5 o DQO. Se asume que en los humedales artificiales la materia orgánica es degradada mediante procesos aerobios y anaerobios, siendo difícil especificar la proporción en la que se ocasionan cada uno de estos procesos (Sánchez, 2011, p.36).

Así, la mayor parte de la materia orgánica se encuentra en forma de sólidos suspendidos y por ende su eliminación ocurre de manera rápida por filtración o sedimentación, como ocurre con los sólidos suspendidos; esta materia orgánica, por fragmentación abiótica, se convierte en partículas más pequeñas que posteriormente son hidrolizadas por enzimas extracelulares que son excretadas por bacterias heterótrofas aeróbicas y fermentativas facultativas. El resultado de la hidrólisis es la formación de sustratos sencillos como glucosa o aminoácidos que pueden ser asimilados por estas bacterias, los ácidos a su vez pueden ser asimilados por bacterias sulfatoreductoras, metanogénicas y también por las heterótrofas aeróbicas. Los sustratos sencillos presentes en el agua residual son asimilados directamente sin necesidad de hidrólisis previa (DeBusk, 2013, p.81).

La materia orgánica que se encuentra en estado soluble o coloidal es eliminada por bacterias y microorganismos, los cuales se desarrollan tanto en el lecho del humedal, como en las raíces y rizomas de las plantas; esta actividad microbiana puede ser aeróbica en las zonas cercanas a la superficie y en los micrositos entre las raíces de las plantas, aunque la descomposición en el resto del sistema se da por procesos anaerobios en una serie de etapas donde los compuestos resultantes de cada etapa sirven de sustrato a la etapa siguiente (Wang et al., 2010, p.324).

Los sistemas de humedales artificiales en general producen una cierta cantidad remanente de DBO_5 que se desarrolla dentro del mismo sistema por la descomposición de restos vegetales y otros minerales; debido a esto, los humedales artificiales no logran nunca una remoción total de la DBO_5 conservando un residual entre 2 y 10mg/L en el efluente tratado (Rodríguez, 2003, p.48).

La temperatura y el clima del lugar donde se encuentre instalado o se vaya a instalar el humedal es muy importante en este aspecto puesto que se considera que la temperatura ambiental es directamente proporcional a la velocidad de descomposición de la materia orgánica, al menos durante los primeros días, ya que la remoción subsiguiente es más limitada y se ve afectada por la DBO_5 residual; esto último es lo que hace a estos sistemas únicos y muchas veces considerados como cajas negras, debido a que no se conoce en su totalidad los procesos que ocurren dentro del humedal (Ojeda, Caldentey, Saaltink y García, 2008).

1.10.2 Remoción de coliformes fecales

La eliminación de microorganismos patógenos, específicamente de coliformes fecales, es considerada un aspecto importante debido a las condiciones sanitarias y los aspectos de salud pública de los efluentes a ser descargados, principalmente si éstos van a ser reutilizados. En general, los patógenos

pueden encontrarse tanto en la fracción sólida del afluente como en suspensión en el agua residual.

La remoción de estos microorganismos es un proceso complejo ya que depende de varios factores: físicos como filtración, sedimentación y agregación; químicos como la adsorción, oxidación y exposición a toxinas exudadas por las raíces de las plantas; y biológicos como la depredación por parte de otros organismos bacteriófagos (Merlin, Pajeau y Lissolo, 2002, p.89).

En general, los humedales artificiales son capaces de reducir en uno o dos logaritmos la cantidad de coliformes fecales en el agua, lo cual, en la mayoría de casos, no es suficiente para la descarga final; por consiguiente se utiliza un sistema de desinfección posterior al humedal como cloración o un sistema de lámparas ultravioletas con lo que se suelen eliminar también otros patógenos como protozoos y helmintos (Redder et al., 2010, p.110).

Se ha observado que en sistemas verticales y horizontales la eliminación depende del tiempo de permanencia y del medio granular, mientras más fina sea la granulometría es mayor el nivel de remoción obtenido. En los sistemas de humedales artificiales la eliminación de coliformes se ajusta a una cinética de primer orden, lográndose la mayor parte de eliminación en los primeros tramos del humedal. En los estudios realizados por parte de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1988, p.30) a escala piloto se observó una capacidad de remoción entre 90 y 95%; por otro lado Vymazal y otros (1998) reportaron remoción de bacterias y enterobacterias en varios humedales en República Checa con una eficiencia de remoción entre el 98% y 99%; sin embargo, estos porcentajes se ven afectados cuando el humedal se encuentra expuesto a eventos intensos de lluvia, debido a que los picos de caudal influyen negativamente en la eficiencia de remoción de coliformes fecales (Stott y Tanner, 2005, p.316).

1.10.3 Remoción de Sólidos en Suspensión

La mayor parte de la materia en suspensión se remueve en el tratamiento previo pero el humedal completa la eliminación por medio de la filtración y suspensión en el lecho. Las bajas velocidades del agua permiten que se los sólidos sedimenten en los espacios intersticiales del lecho (Schmid, Stephan y Hengl, 2005, p.307).

La eliminación de los sólidos ocurre mayormente en los primeros 5 metros de distancia desde la zona de entrada del efluente en humedales horizontales, mientras en los humedales de flujo vertical la retención de la materia en suspensión se da en los primeros centímetros del lecho, logrando efluentes con valores generalmente menores a 20mg L^{-1} (Lahora, 2003, p.104).

Hasta el momento no existe un modelo cinético definido para determinar matemáticamente la remoción de sólidos suspendidos; sin embargo, se considera que éste podría ser similar al determinado para la DBO_5 , por lo que se puede pensar que cuando el sistema es diseñado para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, la relación con la eliminación de los sólidos suspendidos podría tener la misma tendencia (Sánchez, 2011, p.37).

1.10.4 Remoción de Nitrógeno

Este nutriente se encuentra en las aguas residuales que ingresan al humedal artificial en forma de amonio y nitrógeno orgánico, siendo poco probable encontrar nitritos y nitratos.

Una de las vías de remoción de este elemento es la absorción directa por parte de la planta para su metabolismo, no obstante se considera que esta es la vía de remoción menos importante, ya que para que tenga efecto se debe realizar al menos una poda anual, esto además incrementaría los costos de mantenimiento (Tuncsiper, Ayaz y Akca, 2006, p.111).

Consecuentemente en estos sistemas el principal mecanismo de eliminación de nitrógeno y sus formas es de tipo microbiano y consiste en varios procesos iniciando con la amonificación, seguido por la nitrificación y finalmente la desnitrificación. A pesar de ello, el potencial o la capacidad de remoción de nitrógeno en sistemas de humedales puede tomar varios años en desarrollarse y se requerirían al menos dos etapas de crecimiento de las plantas, su sistema de raíces, etc. para alcanzar el equilibrio. La remoción de nitrógeno en humedales artificiales puede alcanzar valores sobre el 80% (Langergraber, 2007, p.211).

La nitrificación es realizada por bacterias autótrofas aeróbicas que aprovechan el poder reductor del amonio convirtiéndolo en nitrato. La reacción de la desnitrificación permite eliminar el nitrato formado previamente por la nitrificación y convertirlo en nitrógeno gas, esta reacción sólo ocurre en condiciones anóxicas y en presencia de materia orgánica (Dahab y Surampalli, 2001, p.377; Corzo Hernández y García Serrano, 2008, p.16).

Es importante destacar los estudios que se han realizado con el objetivo de evaluar la capacidad de remoción de nitrógeno en humedales artificiales. Por ejemplo en el estudio realizado por Javier Mena (Mena, Villaseñor, y Gómez, 2005) se evidencia que la remoción de nitrógeno en humedales artificiales de flujo subsuperficial es efectiva dando diferentes resultados en un rango entre el 35 y 55% de remoción, siendo la más efectiva, de las plantas investigadas, el lirio. Por otro lado, el estudio de Peter Van Dyke (2001, p.7) demostró eficiencia de remoción de nitrógeno total del 44.34%.

1.10.5 Remoción de Fósforo

Su remoción en los diferentes tipos de humedales artificiales es muy limitada. En humedales de flujo subsuperficial los mecanismos de remoción de este elemento son adsorción y precipitación, pero los materiales que se utilizan en el lecho de los humedales tienen una capacidad de adsorción y precipitación muy

baja. El porcentaje de eliminación de este nutriente se encuentra en el rango de 10 al 20%. Cuando el sustrato escogido es adecuado (alto contenido de hierro y aluminio) el potencial de eliminación se incrementará pero la capacidad hidráulica del humedal se verá disminuida (Lara, 1999, p.17; Brix, Arias y del Bubba, 2001, p.47).

Tabla 11. Resumen de los principales mecanismos de remoción de contaminantes que ocurren en los humedales artificiales.

Contaminante	Mecanismo de remoción
Materia Orgánica	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación microbiana aerobia • Degradación microbiana anaerobia
Coliformes Fecales	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación • Filtración • Depredación por bacteriófagos
Sólidos en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación • Filtración
Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Amonificación, nitrificación y desnitrificación • Asimilación por parte de las plantas • Adsorción en el lecho • Volatilización del amoniaco
Fósforo	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorción por parte del lecho • Asimilación por las plantas

Adaptado de: Mena, et. al., 2008, p.11.

1.11 MARCO LEGAL

Todas las actividades hidrocarburíferas y las subactividades que éstas conllevan durante todas las fases de operación, incluyendo las acciones que se desarrollan en los campamentos que son destinados para el personal que labora en las instalaciones, están reguladas bajo un conjunto de leyes o marco legal que pretende asegurar un ambiente sano y libre de contaminación o evitar que la contaminación ocurra desde estas instalaciones; en este sentido el marco legal aplicable para el sector en el que se basa esta investigación se describe a continuación.

1.11.1 Constitución Política del Ecuador

(Vigente desde octubre de 2008)

TÍTULO II.- segundo.- Sección segunda

Art. 14.- Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Art. 15.- Se promoverá el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Título VII.- segundo.- Sección tercera

Art. 405.- El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas.

Art. 406.- El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados.

1.11.1.1 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)

LIBRO VI.- TÍTULO IV.- CAPITULO V.- Sección II

Art. 92.- Permiso de Descargas y Emisiones.- El permiso de descargas, emisiones y vertidos es el instrumento administrativo que faculta a la actividad del regulado a realizar sus descargas al ambiente, siempre que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en las normas técnicas ambientales.

CAPITULO VII.- Sección V

Art. 122.- Monitoreo Ambiental.- El cumplimiento de las normas de emisión y descarga deberá verificarse mediante el monitoreo ambiental.

Art. 123.- Reporte.- La información derivada del monitoreo ambiental deberá ser reportada por el regulado a la entidad ambiental de control.

ANEXO 1.- En este anexo se encuentra la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, Criterios generales para la descarga, Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua se definen límites permisibles, disposiciones y prohibiciones de descarga a cuerpos de agua dulce en la tabla 12.

1.11.2 Ley de Hidrocarburos (1978)

Decreto Supremo 2967, Registro Oficial 711 de 15 de Noviembre de 1978

Art. 31.- Donde se menciona que tanto la empresa estatal como la privada están obligadas a lo siguiente:

- t) Conducir las operaciones petroleras de acuerdo a las Leyes y Reglamentos de protección del medio ambiente y de la seguridad del país y con relación a la práctica internacional en materia de preservación de la riqueza ictiológica y de la industria agropecuaria. Para el efecto, en los contratos, constarán las garantías respectivas de las empresas contratistas.

1.11.3 Ley de Gestión Ambiental, Codificación (2004)

Codificación 19, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004.

TITULO II.- CAPITULO IV.-

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental las siguientes:

- e) Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas;

TITULO III.- CAPITULO V.-

Art. 33.- Donde se establecen los instrumentos de aplicación de las normas ambientales: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros.

1.11.4 Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE)

Decreto No. 1215, publicado en el Registro Oficial No. 265 de 13 de Febrero de 2001

En esta ley se determinan las disposiciones reglamentarias que norman la gestión ambiental en las actividades hidrocarburíferas.

Art. 12.- Los sujetos de control deberán realizar el monitoreo ambiental interno de sus emisiones a la atmósfera, descargas líquidas y sólidas

III.- Art. 21.- Actividades prohibidas.- De acuerdo con la Ley Forestal y de Conservación de Aéreas Naturales y Vida Silvestre, se prohíben las actividades de caza y pesca así como la recolección de especies de flora y fauna, el mantenimiento de animales en cautiverio y la introducción de especies exóticas y animales domésticos.

Art. 29.- Toda instalación deberá contar con un sistema drenaje, de forma que se realice un tratamiento específico por separado de aguas lluvias y de escorrentías, aguas grises y negras y efluentes residuales garantizando su adecuada disposición.

e) Aguas negras y grises.- Todas las aguas servidas (negras) y grises producidas en las instalaciones y durante todas las fases de las operaciones hidrocarburíferas, deberán ser tratadas antes de su descarga a cuerpos de agua, de acuerdo a los parámetros y límites constantes en la Tabla No. 5 del Anexo 2 de este Reglamento.

Anexo 2: Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental.

Tabla 12. Datos obtenidos de la Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

Parámetro	Expresando en	Unidad	Valor límite permisible
Potencial hidrógeno	pH	-	5<pH<9
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<80
Coliformes fecales	Colonias	Col/100ml	<1000
Cloro residual	Cl ₂	mg/l	<2,0

Tomado de Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador, 2001, p.57.

1.12 MODELOS DE DISEÑO

El diseño y la construcción de humedales artificiales deben considerar aspectos como la selección del sitio, análisis hidrológicos, calidad y fuente del agua a tratar, condiciones geológicas y actividades de operación y mantenimiento.

Los humedales artificiales son considerados como reactores biológicos jóvenes dentro del campo de la ingeniería por lo que no existe un único modelo o modelo estándar para su diseño. Su rendimiento generalmente puede ser estimado mediante reacciones cinéticas de primer orden para flujo en pistón (Osnaya, 2012, p.79).

Los modelos matemáticos son utilizados como una herramienta muy útil para el diseño y control de estos sistemas, y permiten hacerlo de manera sencilla; este tipo de herramientas consiguen simular el comportamiento general del sistema, ya que, con pocas modificaciones se puede incluir algunos procesos diferentes que interactúen entre sí, pese a esto, un modelo matemático no es completamente exacto, de hecho se puede decir que es una idealización (González, 2007, p.32).

La mayoría de modelos que se utilizan en la actualidad incorporan relaciones entre la entrada y salida a través de ecuaciones para simular los mecanismos de reacción. Por otro lado, algunas veces se aplican también los modelos empíricos, es decir, que se desarrollan en base a casos puntuales y que no pueden ser reproducidos en otras circunstancias.

Los modelos cinéticos que actualmente se utilizan para el diseño de humedales artificiales de flujo subsuperficial permiten calcular el área superficial necesaria para alcanzar los requerimientos deseados en el efluente; estos modelos se clasifican en mecanísticos, los que abordan matemáticamente los procesos tanto físicos, como químicos y biológicos que ocurren dentro del humedal y sus

interacciones; y los no mecánicos, que resumen todos los procesos en una sola ecuación o, a veces, en un solo valor (Mena et al., 2008, p.12).

1.12.1 Modelos no mecánicos

Los modelos no mecánicos han sido los más utilizados hasta la actualidad, dentro de ellos se puede mencionar los siguientes métodos: reglas generales, ecuaciones de regresión empíricas y el modelo K-C*, éste último es el más conocido y consiste en que considera al humedal como un reactor de flujo pistón donde los procesos siguen una reacción de primer orden, en este se incluye una concentración residual (C^*) (Mena et al., 2008).

1.12.1.1 Reglas Generales

Las reglas generales basan el diseño del humedal en valores típicos de ciertos parámetros a considerar, es un método de aplicación rápida y sencilla, sin embargo es bastante impreciso.

La regla más utilizada es la de $5\text{m}^2\text{hab}\cdot\text{eq}^{-1}$. La tabla 13 muestra algunas de las reglas generales más usadas para los humedales de flujo subsuperficial.

Tabla 13. Valores normalmente utilizados para el diseño de humedales de acuerdo al método de reglas generales.

Referencia	Humedales artificiales de flujo subsuperficial			
	Tiempo de retención hidráulico (d)	Tasa de carga hidráulica (cm d^{-1})	Profundidad (cm)	Requerimiento de área ($\text{m}^2 \text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$)
Tchobanoglous y Burton, 1991	4 - 15	NA	49 - 79	4,05 – 32,37
Kadlec y Knight, 1996	2 – 4	8 - 30	30 - 60	3,23 – 12,14
WPCF, 1990	NA	2 - 20	NA	4,04 – 40,47
Wood, 1995	2 – 7	0,2 – 3,0	ND	30 – 60

Nota: NA: No Aplica, ND: No dado en la fuente.
Adaptado de: Halverson, 2004, p.218)

1.12.1.2 Ecuaciones de Regresión

Las ecuaciones de regresión constituyen otro de los métodos utilizados para el diseño de humedales artificiales, éstas relacionan los datos de entrada de DQO, DBO₅, NT y PT con los datos de salida, mas no los datos internos del proceso, con el objetivo de calcular su concentración en el efluente final, basándose en las experiencias previas de otros humedales.

En este modelo, donde se considera al humedal como una especie de “caja negra” se agrupa un sistema tan complejo en solamente dos o tres parámetros, por lo que se considera una gran simplificación con alto grado de incertidumbre; donde además no se toman en cuenta datos como largo, ancho, profundidad del lecho, clima, etc. (Samaniego, 2011, p.12).

1.12.1.3 Modelos de Primer Orden

La modelización y diseño de humedales artificiales como reactores químicos de flujo pistón basados en ecuaciones cinéticas de primer orden son muy habituales hasta la actualidad. Este modelo considera al humedal como un reactor sin mezcla hacia atrás, es decir, todo el flujo reside dentro de la unidad por un período de tiempo igual al tiempo teórico de retención hidráulico. No obstante, se ha observado que este método tiene sus limitaciones debido a la alta dependencia de sus parámetros a la carga hidráulica y a las concentraciones iniciales de los contaminantes (Peña, Ginneken y Madera, 2003, p.97).

1.12.1.4 Modelo K – C*

El modelo K-C* ha sido utilizado para el diseño de varios proyectos y estudios a escala piloto, como por ejemplo el realizado por Ari M. Ferro y otros (2002, p.4). Es este mismo modelo el que será utilizado para el desarrollo metodológico del presente estudio.

$$\frac{C_{out}}{C_{in}} = e^{-K_T * t}$$

(Ecuación 2)

Donde:

C_{out} = Concentración del contaminante en el efluente (mg L^{-1})

C_{in} = Concentración del contaminante en el afluente (mg L^{-1})

K_T = Constante de reacción de primer orden en base volumétrica, depende del contaminante y de la temperatura (d^{-1})

t = Tiempo de retención hidráulica (d)

La vegetación y los procesos que ocurren dentro del humedal aportan con una cierta cantidad de carga orgánica, debido a esto, al realizar el diseño con este método se debe considerar una concentración residual o de fondo, misma que existirá aunque el tiempo de retención hidráulica fuera infinito. Este valor asintótico es el coeficiente de concentración residual (C^*) y cambia de acuerdo al contaminante analizado (Apolo, 2010, p.34), este valor varía en el rango de 2 a 7 mg L^{-1} (Mena et al., 2008, p.15), entonces la ecuación quedaría:

$$\frac{C_{out} - C^*}{C_{in} - C^*} = e^{-K_T * t}$$

(Ecuación 3)

El tiempo de retención hidráulica en un humedal de flujo subsuperficial puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{A_s * h * n}{Q}$$

(Ecuación 4)

Donde:

A_s = Área superficial del humedal (m^2)

h = Profundidad de la celda del humedal

n = Porosidad del medio, porcentaje expresado como decimal

Q = Caudal medio que circula a través del humedal ($m^3 d^{-1}$)

El caudal promedio que circula en el humedal se ve afectado por algunos factores externos como precipitación, evapotranspiración y posibles filtraciones en el terreno; en este sentido, para que el diseño sea conservador se debe asumir que estas pérdidas por filtraciones no existen y estimar un aproximado de las pérdidas por evapotranspiración y ganancias por la lluvia conforme a los registros climáticos de la zona. Esto requiere una primera suposición del área superficial del humedal para calcular el agua extra que podría existir, debido a esto es usual que para el diseño preliminar se asuman caudales de entrada y salida iguales (González, 2007, p.68).

$$Q = \frac{Q_{out} + Q_{in}}{2}$$

(Ecuación 5)

Donde:

Q_{out} = Caudal de salida ($m^3 d^{-1}$)

Q_{in} = Caudal de entrada ($m^3 d^{-1}$)

Con las ecuaciones anteriormente descritas es posible calcular el área superficial (A_s) del humedal

$$A_s = \frac{Q * \ln((C_{in} - C^*) / (C_{out} - C^*))}{K_T * h * n}$$

(Ecuación 6)

Como se había mencionado anteriormente, el parámetro K_T está directamente influenciado por la temperatura y se lo representa así:

$$K_T = K_{20} * \theta_T^{(T-20)}$$

(Ecuación 7)

La *Environmental Protection Agency* (1993, p.67) recomienda el valor 1.104 d^{-1} para la constante K_{20} como un valor conservador, por otro lado Crites y Tchobanoglous (1998, p.603) mencionan que el valor de la velocidad de eliminación aparente de DBO_5 constante a 20°C es aproximadamente 1.1 d^{-1} , este último valor es el que se utilizó como base para los cálculos necesarios del presente estudio.

En su mayoría el cálculo de los parámetros KT , C^* y θT se realizan en base a los resultados de las concentraciones de entrada y salida del contaminante que se esté analizando o función del cual se vaya a desarrollar el diseño, y no a resultados intermedios, a pesar de que eso sería lo más adecuado, ya que estos parámetros agrupan un gran número de condiciones debido a que son sistemas complejos y con muchas interacciones, por lo que estos datos son muy variables (Mena et al., 2008, p.14).

1.12.2 Modelos Mecanísticos

Estos modelos han sido desarrollados en los últimos años; permiten simular el comportamiento del humedal como un reactor biológico y abordan sus procesos e interacciones matemáticamente, lo cual ayuda al entendimiento de estos sistemas y a interpretar el rendimiento de depuración de los mismos.

En este sentido, Mitchell y McNevin (2001) presentaron un modelo que basa sus resultados en la suposición de que los procesos biológicos en los humedales artificiales presentan una cinética de Monod (Samaniego, 2011, p.15).

1.12.2.1 Modelo de Wynn y Liehr

Desarrollaron un modelo para poder modelar y predecir las tendencias estacionales de las eficiencias de remoción en humedales artificiales de flujo subsuperficial, ese modelo consta de seis submodelos vinculados entre sí y

que representan el ciclo del carbono, nitrógeno, balance de oxígeno, crecimiento bacteriano y balance del agua. No obstante, debido a la incapacidad en la predicción de algunos parámetros, los mismos autores concluyeron que hace falta evaluar profundamente el efecto de las velocidades intersticiales del agua, sorción del amonio y aireación en la zona radicular para que pueda ser una herramienta útil (Langergraber et al., 2008, p.3940).

“En este modelo se supone que la eliminación de sólidos suspendidos es total, es decir, que no hay sustancias particuladas en el efluente. El comportamiento hidráulico es simulado con el modelo de tanques en serie que imita el régimen de mezclado y la ley de Darcy que simula el flujo a través de un lecho poroso. La simulación es realizada con el paquete de software STELLA II (High Performance System Inc.)” (Mena et al., 2008, p.15).

1.12.2.2 Modelo CW2D

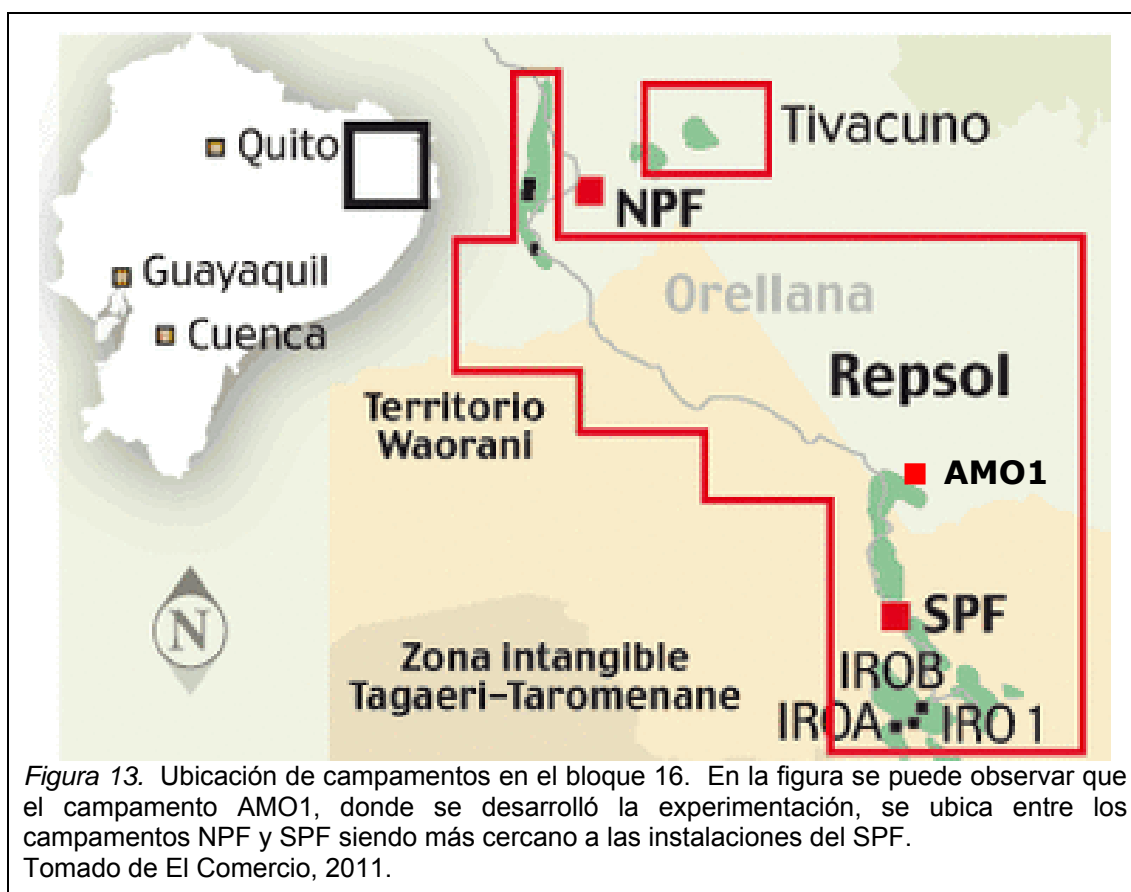
Éste es un modelo totalmente mecanístico, que usa un modelo 2D de flujo subterráneo y que le da la ventaja de que las concentraciones están determinadas por su localización, y por lo tanto, hacen posible tener tanto zonas aerobias como anóxicas dentro del humedal modelizado. En total, los parámetros del modelo CW2D son 46: 26 cinéticos, 6 estequiométricos, 8 composición, 2 describen la transferencia de oxígeno entre la fase gaseosa y la fase acuosa y 4 que describen la temperatura dependiente de los parámetros cinéticos (Apolo, 2010, p.36).

“Este modelo fue creado por Langergraber en el año 2001; consiste en un modelo de transporte multicomponente con reacción CW2D (Constructed Wetland 2-Dimensional) y se utiliza para simular el transporte y las reacciones de los principales constituyentes de un agua residual en humedales artificiales de flujo subsuperficial. El modelo CW2D fue desarrollado como una extensión del programa de software de flujo

variable de agua saturada y transporte de soluto HYDRUS-2D. El modelo de transporte tiene en cuenta la dispersión y difusión, convección y varias pérdidas y ganancias tales como la adsorción y desorción, absorción de agua por parte de las plantas, etc., a estos términos, el módulo CW2D le suma el término correspondiente a los procesos de reacción. Estos procesos bioquímicos introducidos por el modulo CW2D están basados en el modelo de Fangos Activos” (Henze et al., 2000, p.243).

2 CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el Ecuador la mayoría de los campos petroleros se encuentran alejados de las zonas urbanas y despliegan sus actividades mayormente en la amazonía; por lo tanto, se vio la necesidad de construir la infraestructura adecuada de manera que el personal que labora en las instalaciones pueda tener un lugar de descanso y cuente con las comodidades necesarias para el desarrollo de su trabajo. En este sentido el bloque 16 cuenta con tres diferentes campamentos para el hospedaje de sus trabajadores: NPF, SPF y AMO1 siendo este último donde se desarrolló la experimentación de la presente investigación.



2.1 INSTALACIONES QUE APORTAN AGUAS RESIDUALES

En el campamento de AMO 1 se desarrollan varias actividades que requieren el uso de agua; las instalaciones que aportan aguas residuales al sistema son: las

habitaciones del campamento, cocina, lavandería y gimnasio. En estos lugares se generan efluentes residuales debido al uso de lavamanos, duchas, inodoros, lavaplatos, lavadora de ropa y consumo para los fines de la cocina.

Actualmente en el campamento existe un proceso de tratamiento para los efluentes domésticos que consta de las siguientes etapas:

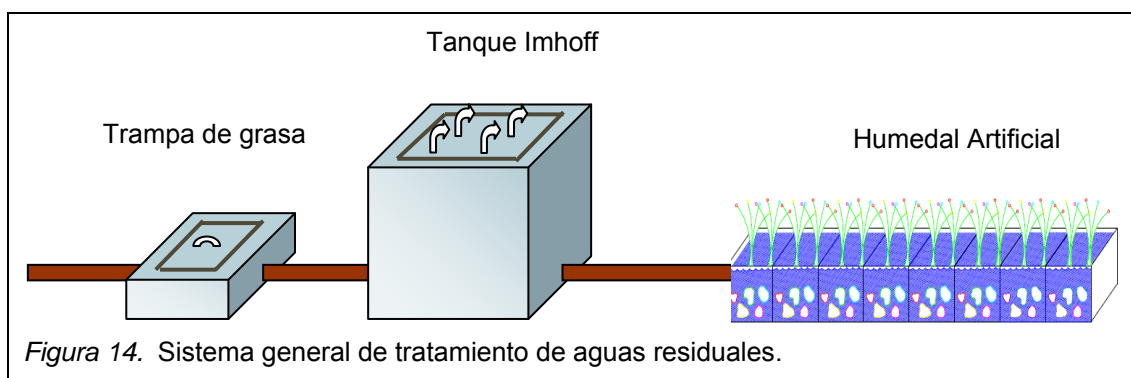


Figura 14. Sistema general de tratamiento de aguas residuales.

2.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMO 1

2.2.1 Pre tratamiento

2.2.1.1 Trampa de Grasa

En la trampa de grasa confluyen únicamente los efluentes generados en el área de la cocina y lavandería, servicios que son utilizados por aproximadamente 124 personas que ocupan el campamento de AMO 1; este sistema pretende prevenir tanto el taponamiento de las tuberías y problemas de flujo en los sedimentadores. Esta etapa del tratamiento es muy importante, ya que, de no remover estos contaminantes, se verá afectado el tratamiento posterior debido a que las grasas limitan la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua además del efecto negativo e inhibitorio que pueden provocar en el comportamiento bacteriano y, en general, en el tratamiento biológico (Delgadillo et al., 2010, p.83).

Este es el sistema más sencillo para la remoción de aceites y grasas no emulsificadas usado para establecimientos e industrias pequeñas. Consiste en un tanque diseñado para retener las grasas, así como para permitir su limpieza y mantenimiento adecuado.

La trampa debe tener un diseño hidráulico y un tiempo de retención adecuado para lograr atrapar las grasas; es una pequeña cámara de flotación en la cual la grasa flota hacia la superficie libre del agua y es retenida, mientras que el agua más clara subyacente es descargada. La entrada del agua residual a esta cámara se hace por debajo de la superficie de agua y la salida generalmente por el fondo; normalmente se diseña con tiempos de retención de 15 a 30 minutos, tiempo idóneo para retener las grasas.

La distancia entre la entrada y la salida del flujo debe ser suficiente para permitir la separación diferencial por gravedad y no dejar escapar estos compuestos; las pantallas de control de flujo son esenciales para garantizar un régimen hidráulico apropiado y prevenir trastornos hidráulicos por cambios súbitos de caudal (Romero Rojas, 2004, p.325).

Esta fase del tratamiento debe localizarse lo más cerca posible de la fuente donde se genera el agua residual y antes del tratamiento primario. En aguas residuales de origen doméstico el contenido de grasas y aceites puede ubicarse entre 30 y 50 mg L⁻¹, lo que constituiría aproximadamente el 20% de la DBO, pueden dificultar el proceso de secado de lodos que se obtiene como producto del tratamiento de las aguas residuales.

- **Parámetros de diseño**

Para poder realizar el diseño de este sistema de tratamiento previo para las aguas residuales procedentes de la cocina y lavandería, se tomaron en cuenta las condiciones específicas del lugar, es decir, caudal de agua residual que se va a tratar, capacidad de almacenamiento mínimo, etc.

Tabla 14. Datos del diseño de trampa de grasa

Área	20 m²
Caudal	10 m ³ d ⁻¹
Tiempo de retención	20 – 30 minutos

Tomado de Repsol, 2012.

- **Operación y mantenimiento:**

Este sistema se somete a limpieza regularmente para prevenir el escape de grasas y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza de la trampa de grasa es una vez por semana Repsol, 2012.

2.2.2 Tratamiento Primario

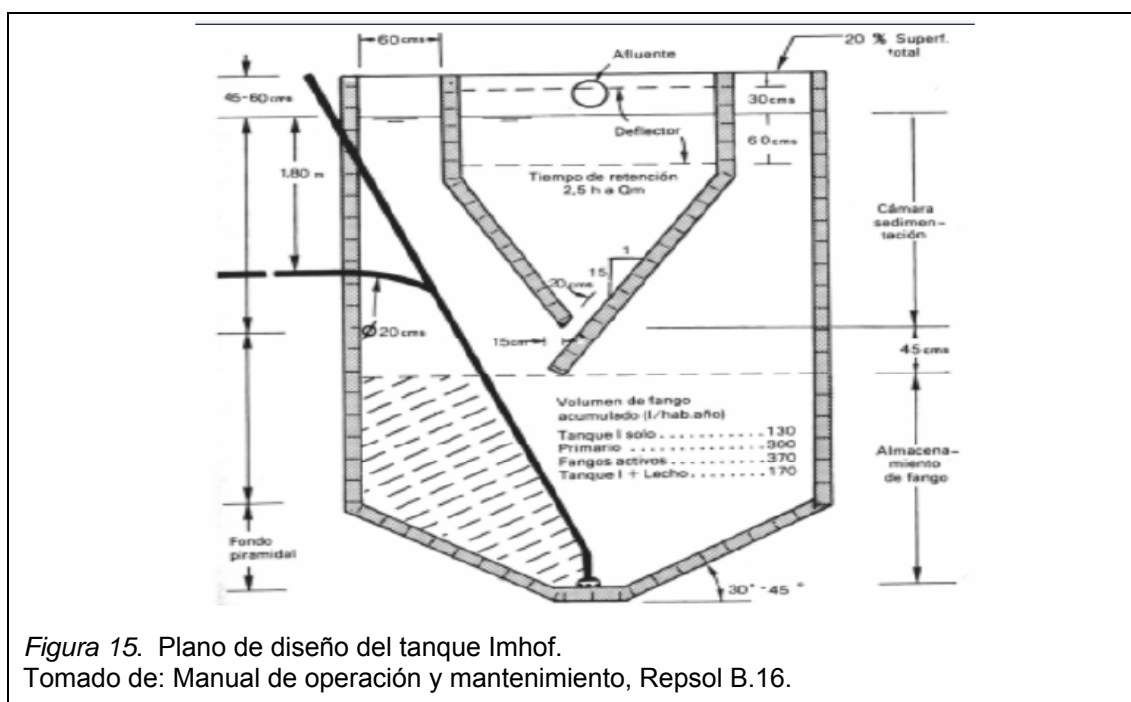
2.2.2.1 Tanque Imhoff

La creación del tanque Imhoff se la debe al ingeniero alemán especialista en aguas del mismo apellido, Karl Imhoff (1876 – 1965). En el tanque las aguas negras y grises fluyen a través de la cámara superior, depositando los sólidos en el fondo de este compartimiento, decantándose y generando un depósito que impide que los lodos en digestión fluyan a la sección superior; los gases que ascienden de la digestión son evacuados por la cámara de aireación o ventilación.

En la cámara inferior se acumulan los sedimentos formando una sustancia espesa que se conoce como lodo; los lodos deben permanecer en esta cámara por un tiempo de 2 meses para que sean digeridos por los organismos que viven en este medio. Los lodos son retirados manualmente de las cámaras de retención. En este tanque se combina la sedimentación con la digestión de lodos y liberación de gases generados con un proceso anaeróbico, los lodos precipitados pueden ser removidos desde la parte superior por medio de una bomba de succión hacia los lechos de secado de lodos. La forma de la ranura y de las paredes inclinadas que tiene la cámara acanalada de sedimentación

fuerza a los gases de la digestión a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora. Diaz Proaño, 2005, p.9; Calvache et al., 2002.

Este tanque se puede considerar como una modificación a la fosa séptica convencional; los sólidos que sedimentan pasan hacia la zona de digestión a través de unas ranuras existentes en el fondo del compartimento superior; una vez en la zona de digestión los lodos son digeridos a temperatura ambiente durante un cierto período, menor en zonas cálidas que en zonas frías. Se recomienda el uso de éste método de tratamiento primario para núcleos con 200 a 500 hab-eq (Corzo y García, 2008, p.38).



• Operación y mantenimiento del tanque Imhoff

El mantenimiento periódico es una actividad de suma importancia para garantizar el buen funcionamiento de la planta de tratamiento. Este proceso se realiza con personal capacitado, con el equipo de protección adecuado (EPP) y de uso exclusivo para ser utilizado en estas actividades.

Para que la materia nueva sea digerida se requiere que nunca se retire la totalidad de los lodos del tanque, ya que en ellos se encuentran la bacterias anaerobias. Se recomienda sacar el 85% y dejar el 15% dentro de la cámara de digestión del tanque Imhoff.

Para la operación del tanque se realizan las siguientes actividades de manera frecuente:

- Eliminación semanal de natas y sólidos flotantes del compartimiento de sedimentación.
- Limpieza semestral de la ranura del compartimiento de sedimentación.
- Descarga de lodos antes de que su nivel llegue a la cota indicada en el tanque de sedimentación.
- Medición de los lodos, empleando una vara de hierro o madera contrapesada y graduada cada 10 cm por cada lado.
- Revisión y monitoreo de la calidad del lodo generado, tomando una muestra del fondo para así determinar cuándo succionar los digeridos acumulados.
- Lavado de tuberías después de cada descarga.
- En el caso de existir acidez, contrarrestarla con el sistema de ducha de agua limpia y sobre los lodos aplicar una capa de cal. (La acidez se puede identificar si los lodos hacen espuma al momento de ser descargados).

2.2.3 Tratamiento Secundario

2.2.3.1 Humedales Artificiales

Como sistema secundario y último tratamiento que recibe el agua actualmente en el campamento de AMO 1 existe un proceso de fitorremediación, el cual consiste en un humedal artificial de flujo subsuperficial. La ubicación exacta del humedal tiene las siguientes coordenadas: elevación 221m Zona 18M 0363510 E y 9898842 N.

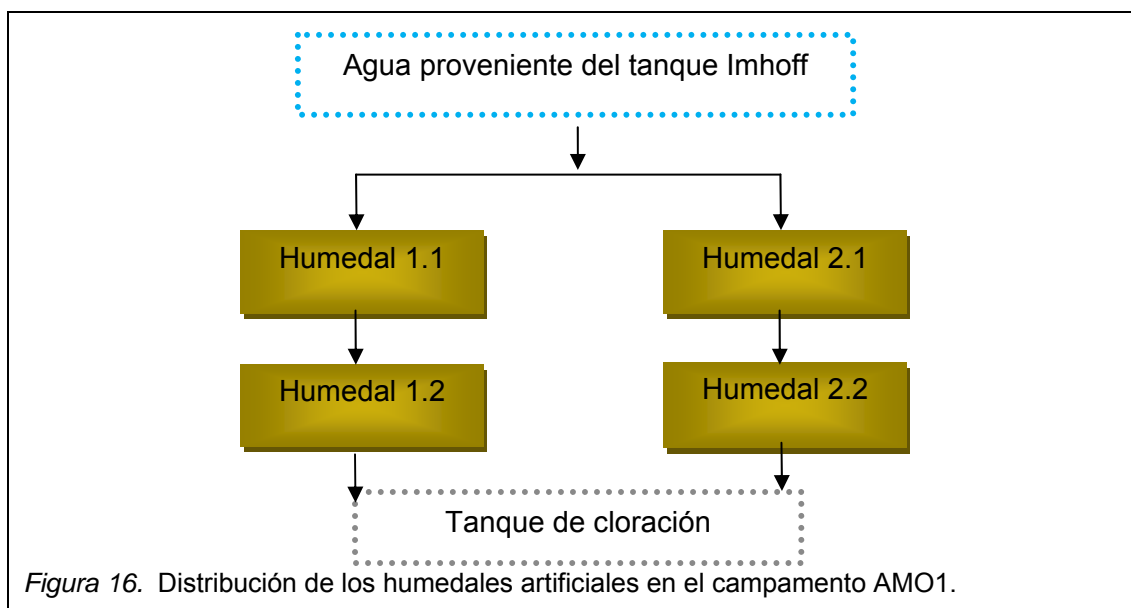
El tratamiento secundario emplea cultivos biológicos para realizar la descomposición aerobia u oxidación de la materia orgánica disuelta, transformándola en compuestos más estables, logrando un efluente de mejor calidad que el que se obtiene a partir de la sedimentación primaria en el tanque Imhoff.

Para que este tratamiento resulte exitoso se debe controlar y mantener las condiciones aerobias adecuadas para el ciclo vital de los microorganismos dentro del humedal; además de controlar la calidad de la materia orgánica que ahí se va a descomponer, ya que es el alimento del que se sustentan los microorganismos y su eficiencia de degradación puede disminuir por su exceso o escasez.

Los humedales artificiales se caracterizan por su fácil manejo, eficiencia energética y valor ecológico y visual que le dan al área donde son colocados. El objetivo de este fitotratamiento es la reducción de la contaminación, determinada por ciertos parámetros en el agua residual como: DBO₅, DQO, Nitrógeno, Fosforo, metales y patógenos por medio de procesos físicos, químicos y biológicos; gran parte de la degradación de estos componentes contaminantes se debe al metabolismo de los microorganismos existentes en las aguas servidas y la flora bacteriana que se forma en el sustrato del humedal.

La especie de planta que se utiliza actualmente en este humedal artificial es pasto alemán (*Echinochloa polystachya*), éstas plantas muestran un crecimiento acelerado, lo que favorece al tratamiento y logran digerir los nutrientes que se encuentran en las aguas residuales.

Actualmente el sistema consta de 4 humedales artificiales instalados en dos grupos que trabajan en paralelo como muestra la figura 16.



Los bordes de los humedales cuentan con cunetas que permiten el paso del agua de escorrentía para evitar que ingrese mayor cantidad de agua lluvia de las laderas que se encuentran adyacentes al tratamiento. El fondo o la base donde se asientan los humedales están recubiertos con Liner (material impermeabilizante) el cual impide que existan infiltraciones de agua residual en el suelo y que se puedan contaminar aguas subterráneas; sobre éste se encuentran 0,30 m de piedra bola y la tubería de recolección, a continuación se ubican 2 capas de grava triturada; 0,15 m de grava de $\frac{5}{8}$ " y sobre ésta 0,10 m de grava de $\frac{3}{4}$ " y finalmente 0,40 m de arena (Repsol, 2012).

La tubería de distribución se encuentra colocada a una profundidad de 0,30 m bajo la capa de arena, la tubería principal cuenta con ramales laterales

perforados que permiten que el agua se distribuya uniformemente en todo el lecho y que el agua alimente a todas las plantas dispuestas en el humedal. Por otra parte, la tubería de recolección cuenta también con ramales perforados para poder recoger el agua que fluye desde la zona superior, la red de recolección posee una leve pendiente hacia el centro, lo que permite que el agua escurra de manera apropiada; el humedal cuenta además con tuberías de aireación para que exista una adecuada transferencia de oxígeno al medio donde se da el proceso.

La lámina de agua se mantiene siempre a una cierta altura para que pueda tener contacto con las raíces de las plantas, esto se logra colocando la estructura de salida de agua del sistema a la altura deseada, estos drenajes se controlan con un accesorio de PVC que están provistos de tapones para facilitar el control del caudal y los espejos de agua.

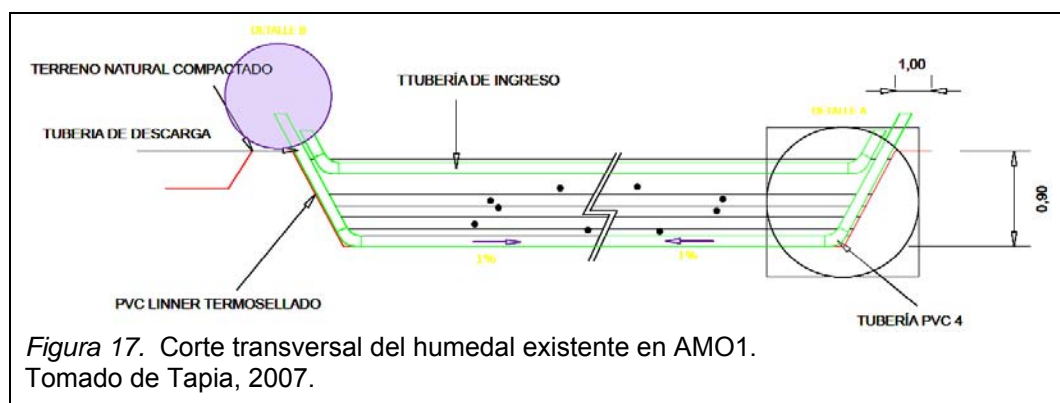
El tipo de planta que se escogió al iniciar la construcción de este proyecto fue el pasto alemán, ya que se consideró que era la especie que ofrecía la mejor adaptación al clima y las necesidades del humedal. La densidad de siembra fue de 5 plantas por cada metro cuadrado de superficie y las condiciones climáticas y la humedad del suelo fueron las circunstancias que permitieron que el cultivo se densifique de manera rápida. Al ser el pasto alemán una especie no nativa del Parque Nacional Yasuní e invasora debido a su rápida proliferación, se tuvo que incurrir en gastos tanto para el traslado de la planta a las instalaciones como para el control de ésta especie en las zonas aledañas al humedal.

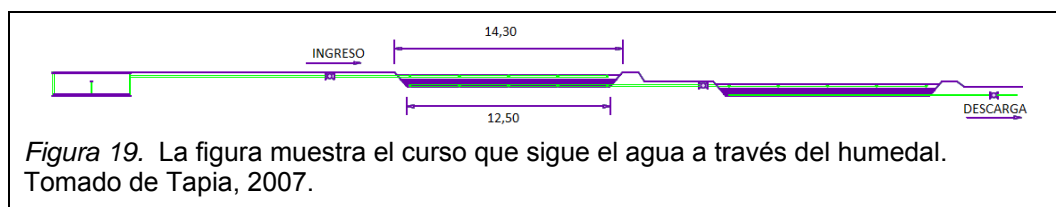
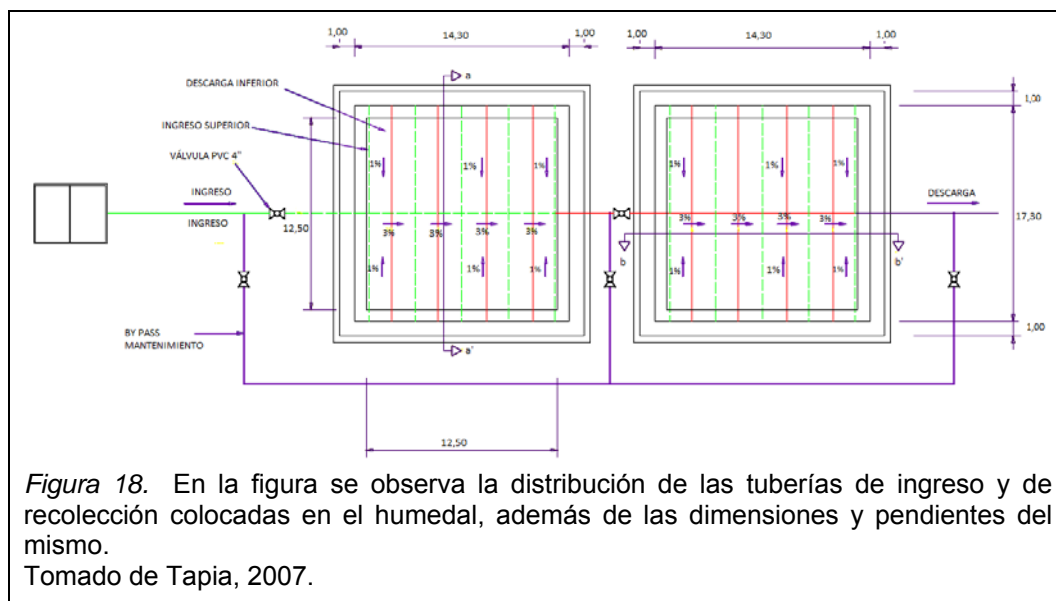
- **Operación y mantenimiento**

Parte del control y mantenimiento de los humedales consiste en la poda y control de expansión del pasto alemán en los sitios que se encuentran fuera del área de tratamiento, se debe mantener bajo control además el desarrollo de plantas invasoras que crecen dentro del humedal, ya que

éstas pueden restringir el crecimiento del pasto alemán en el humedal; si se trata de árboles que se desarrollan dentro del lecho se los debe cortar de raíz para evitar que exista obstrucción del sistema de difusión de agua a los largo del sustrato; en el caso de que se trate de otro tipo de pasto (elefante, saboya, etc) se lo debe desterrar del lecho de raíz y luego se resiembra el espacio vacío con esquejes del mismo pasto alemán.

Para el mantenimiento del sistema se consideran además ciertas actividades; se realizan trabajos de limpieza y mantenimiento de las líneas de distribución, de recolección y las que corresponden a la aireación del sistema. Las tuberías que sobresalen en los bordes de los lechos cuentan con tapones removibles para poder realizar la limpieza apropiada, es por aquí donde se puede observar si la tubería sufre de algún tipo de taponamiento; para poder solucionar este problema se utiliza la válvula de emergencia, se espera a que el lecho con taponamiento se escurra totalmente para realizar la limpieza de la red de tuberías; mientras tanto, el agua residual se dirige directamente al siguiente lecho de tratamiento (Ecuambiente, 2007).





Pasto Alemán (*Echinochloa Polystachya*)

Esta especie, comúnmente conocida como pasto alemán, es una gramínea perenne, muy robusta, con tallos erectos cuando son jóvenes y decumbentes cuando adulta, ya que son quebradizos. Su inflorescencia es una panícula abierta y densa, 10-30 cm de largo, las espiguillas son infértiles, hojas de 2 - 5 cm de ancho por 40 – 60 cm de largo, racimos ascendentes.

Es un pasto anual de una altura entre 1 y 2 m, con contenido de proteína de aproximadamente 13,8%. Este género se caracteriza por su adaptación extraordinaria a condiciones de alta humedad debido a que es capaz de soportar láminas de agua cercanas a un metro. Produce poca semilla; sin embargo, la propagación vegetativa asexual de esta especie es muy fácil (Food and Agriculture Organization for United Nations, 2013).

Tabla 15. Información general del Pasto Alemán

Características generales <i>Echinochloa polystachya</i>	
Ciclo vegetativo	Perenne, persistente
Adaptación pH	4,0 – 8,0
Fertilidad del suelo	Media a alta
Drenaje	Prefiere terrenos húmedos
m.s.n.m	0 – 1000 m
Precipitación	>1900
Valor nutritivo	Proteína 10 – 13%, digestibilidad 50 – 55%
Uso común	Pastoreo

Nota: Características principales de la especie *Echinochloa polystachya* utilizada actualmente en el humedal artificial de AMO1.

Tomado de (Especies Forrajeras Multipropósito: *Echinochloa polystachya*, 2013)

Para determinar si esta especie es nativa o no del Parque Nacional Yasuní se ha utilizado la información del “Catálogo de plantas Vasculares del Ecuador”, en esta fuente bibliográfica se menciona que ésta es una especie herbácea, nativa del Ecuador pero únicamente de Esmeraldas, Napo y el área protegida Jatun Sacha; con esta información confirmamos que la especie no es nativa del Parque Nacional Yasuní (Missouri Botanical Garden, 2013).



Figura 20. Bosquejo de la espiga del pasto alemán.
Tomado de Hitchcock, 1950.

La clasificación taxonómica de esta planta se encuentra en la tabla 16.

Tabla 16. Clasificación Taxonómica de la especie

Reino	Plantae
Subkingdom	Viridaeplantae
Infrakingdom	Streptophyta
Division	Tracheophyta
Subdivision	Spermatophytina
Infradivision	Angiospermae
Class	Magnoliopsida
Superorder	Lilianae
Order	Poales
Family	Poaceae
Genus	Echinochloa
Species	Echinochloa polystachya (Kunth) Hitchc.

Tomado de ITIS Standard Report, 2013.

2.2.4 Sistema de Desinfección

Con el fin de cumplir con la normativa y reducir los riesgos a la salud pública, el efluente tratado anteriormente en los humedales artificiales pasa por un último proceso que es el de desinfección por medio de pastillas de cloro en un tanque de cloración.

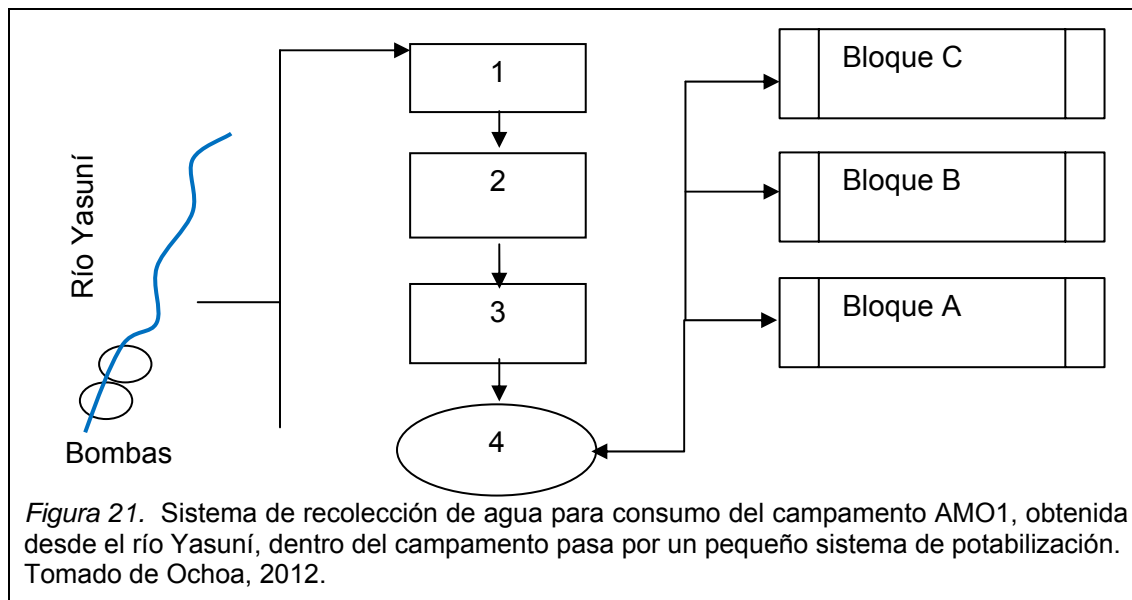
En esta fase se realiza la remoción de los parásitos que producen enfermedades (coliformes). Para ello se utiliza cloro en presentación sólida; la estructura diseñada con este fin permite que la inserción de cloro sea automática y con una dosificación adecuada para evitar problemas de concentraciones de coliformes sobre la norma, causados por la fallas de dosificación manual de cloro.

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 SUMINISTRO DE AGUA

Para satisfacer la demanda de agua del campamento para las diferentes actividades que ahí se desarrollan como son: preparación de alimentos, consumo para uso y limpieza personal, lavandería y limpieza de las instalaciones, se utiliza el agua proveniente del río Yasuní. El agua se bombea desde el río hacia el campamento donde pasa por un pequeño sistema de potabilización que consta de las siguientes etapas:

- 1.- Almacenamiento del agua
- 2.- Clarificación con Sulfato de aluminio
- 3.- Cloración dosificada a través de un rotámetro
- 4.- Bomba de distribución



3.2 CARACTERIZACIÓN Y USO DE AGUA DEL CAMPAMENTO AMO1

El campamento AMO1 tiene una capacidad total de alojamiento para 140 personas en los bloques de habitaciones, mismas que hacen uso del servicio

de alimentación y lavandería a diario. La cantidad promedio de personal que se aloja en las instalaciones del campamento AMO 1 es de 120 personas, incluyendo las personas que se hospedan en los campers localizados en el mismo lugar; este número no varía mayormente a lo largo del año debido a que cada trabajador tiene su reemplazo en los días de descanso que le corresponden.

Tabla 17. Personal en el campamento durante el año 2012.

MES	N° PERSONAS
Enero	138
Febrero	126
Marzo	113
Abril	109
Mayo	115
Junio	95
Julio	100
Agosto	90
Septiembre	130
Octubre	162
Noviembre	150
Diciembre	137

Tomado de SERAMIN, 2012.

La cantidad de comidas que se despacha en de AMO 1 es de aproximadamente 352 platos diarios, siendo la cocina la principal actividad productora de aguas residuales, aparte del uso para el aseo personal (Bueno, 2012).

Todo lo anterior converge en un consumo diario aproximado del campamento de $82 \text{ m}^3 \text{d}^{-1}$; a partir de esta información y considerando que entre el 70 y el 80% del agua consumida corresponde a aguas residuales, el caudal diario de estas aguas en AMO1 sería de $66 \text{ m}^3 \text{d}^{-1}$.

3.2.1 Plan de Muestreo

El plan de muestreo del presente trabajo permitió conocer las características del agua residual cruda, es decir, el agua afluente a los humedales artificiales existentes en el campamento, misma que previamente ha pasado por un tratamiento primario. Adicionalmente se realizaron los muestreos del agua efluente de las unidades experimentales y un muestreo de la descarga de agua al cauce natural.

3.2.1.1 Tipo y Número de Muestras

A continuación se presenta la descripción del tipo de muestras:

Tabla 18. Descripción del tipo y número de muestras tomadas en la duración del estudio.

Punto de muestreo	Tipo de muestra	Número total de muestreos
Descarga del tanque Imhoff	Simple	1
Descarga de las unidades experimentales	Simple/Compuesta	5
Descarga al cauce natural	Simple	1

3.2.1.2 Parámetros Analizados

Los parámetros analizados tanto en el afluente a los humedales artificiales como en los efluentes de las unidades experimentales se basaron en el Anexo 2, tabla N° 5 del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE), los cuales son: Cloro libre, Coliformes fecales, Potencial hidrógeno y Demanda Química de Oxígeno; adicional a estos parámetros se realizó la toma de muestras compuestas en los puntos anteriormente mencionados para el análisis de Nitrógeno Total con el fin de conocer la capacidad de absorción de este nutriente por parte de las plantas.

Dentro de los procedimientos de la empresa petrolera los muestreos correspondientes a aguas negras y grises los debe realizar una empresa

contratista, por lo que en este caso los ejecutó Green Oil, quienes efectuaron el muestreo puntal según la tabla N° 5 del RAOHE en los puntos establecidos y enviaron las muestras al laboratorio acreditado CORPLAB.

Adicionalmente se tomaron muestras compuestas para el análisis de Nitrógeno Total, el análisis y medición de este parámetro se lo realizó en los laboratorios de la Universidad de las Américas.

3.3 DISEÑO

Para el desarrollo de la fase experimental del presente estudio se determinaron previamente los parámetros de diseño adecuados para la construcción y desarrollo de la experimentación acorde a los pantanos artificiales ya establecidos en el campamento. Con este objetivo se utilizó el modelo K-C* para definir estos parámetros.

3.3.1 Modelo K-C*

Este modelo no mecanístico es utilizado para el diseño de humedales artificiales. Su objetivo principal radica en el cálculo del caudal ideal que debe ingresar al humedal artificial conociendo la concentración de contaminación en el agua cruda o inicial, de modo que el efluente del humedal cumpla con las concentraciones estipuladas en la legislación ambiental aplicable.

El diseño de los sistemas desarrollados para la fase experimental de la presente investigación y los cálculos respectivos se basaron en la concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el agua residual.

Para el cálculo del caudal ideal que ingresaría a las unidades experimentales se utilizó la siguiente ecuación:

$$\frac{C_{out} - C^*}{C_{in} - C^*} = e^{-K_T \times t}$$

(Ecuación 8)

Donde:

C_{out} = Concentración del contaminante en el efluente ($mg L^{-1}$)

C_{in} = Concentración del contaminante en el influente ($mg L^{-1}$)

C^* = Concentración residual o de fondo

t = Tiempo de residencia hidráulica

K_T = Constante de reacción de primer orden en base volumétrica, depende del contaminante (d^{-1})

Dado que:

$$T = \frac{V}{Q}$$

(Ecuación 9)

Donde:

t = Tiempo de residencia hidráulica (d)

V = Volumen total del humedal (m^3)

Q = Caudal ($m^3 d^{-1}$)

Entonces:

$$\frac{C_{out} - C^*}{C_{in} - C^*} = e^{-K_T} \times \frac{V}{Q}$$

(Ecuación 10)

$$Q = \frac{-K_T \times V}{\ln\left(\frac{C_{out} - C^*}{C_{in} - C^*}\right)}$$

(Ecuación 11)

Existe un modelo de diseño para la remoción de DBO, aplicable también para la eliminación de DQO que introduce la temperatura en la variable K_T ; quedando así:

$$\frac{C_{out}}{C_{in}} = e^{-K_T}$$

(Ecuación 12)

$$K_T = K_{20} * (1,06)^{(T-20)}$$

(Ecuación 13)

$$K_{20} = 1,1 \text{ d}^{-1}$$

(Crites y Tchobanoglous, 1998, p.603)

Donde:

Cout = Concentración del contaminante en el efluente (mg L^{-1})

Cin = Concentración del contaminante en el influente (mg L^{-1})

K_T = Constante de primer orden, dependiente de la temperatura (d^{-1})

T = Temperatura del agua

3.4 ENSAYO EXPERIMENTAL

El experimento fue instalado junto al área de humedales artificiales del campamento AMO1. Éste consistió en ocho unidades experimentales, cuatro de las cuales conformaron el primer experimento y las otras cuatro su réplica, esto se realizó con el fin de lograr mayor credibilidad en los datos obtenidos. Las unidades experimentales se distribuyeron en el lugar como muestra la figura 22.

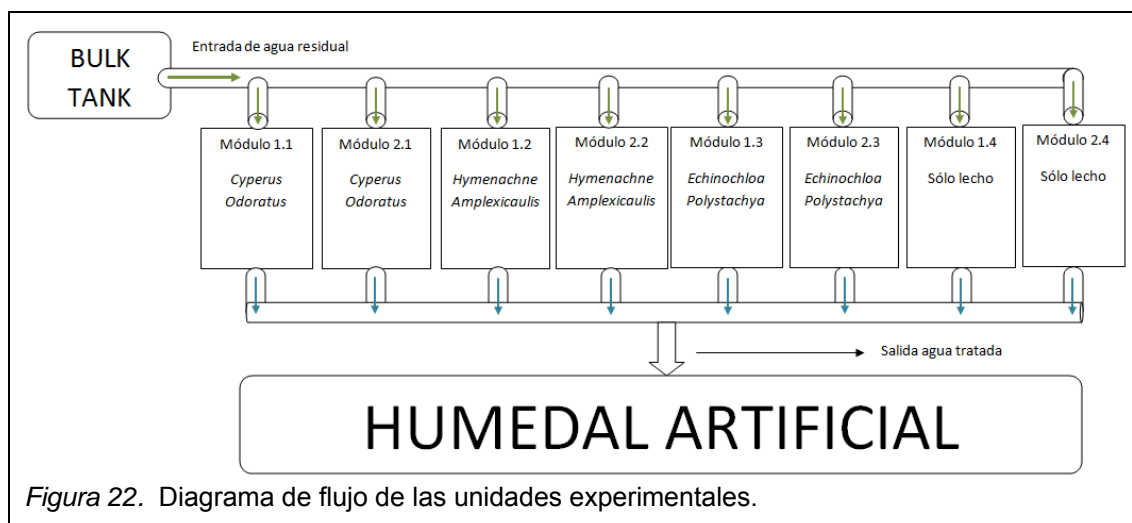
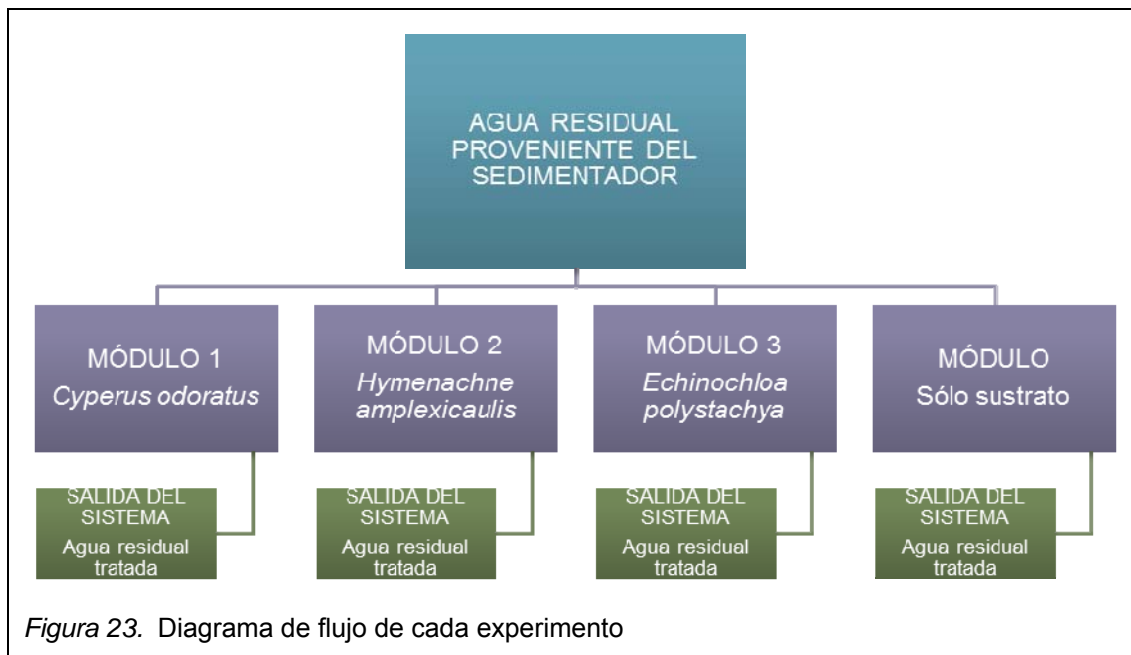


Figura 22. Diagrama de flujo de las unidades experimentales.



El agua se bombea a partir del tanque Imhoff o tanque sedimentador hacia un Bulk Tank de donde pasa directamente a las unidades experimentales a través de un sistema de tuberías por gravedad.

Los módulos se numeraron de acuerdo a la especie de planta sembrada en el mismo con el fin de evaluar la remoción de contaminantes de cada especie, de la siguiente manera: 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 2.1, 2.2, 2.3, 2.4. El primer número hace referencia al número de experimento, por lo tanto se indica si es el experimento 1 o 2, y el segundo número se refiere a la especie colocada en esa unidad, así:

- 1.- *Cyperus odoratus*
- 2.- *Hymenachne amplexicaulis*
- 3.- *Echinochloa polystachya*
- 4.- Testigo, sin especie vegetal.

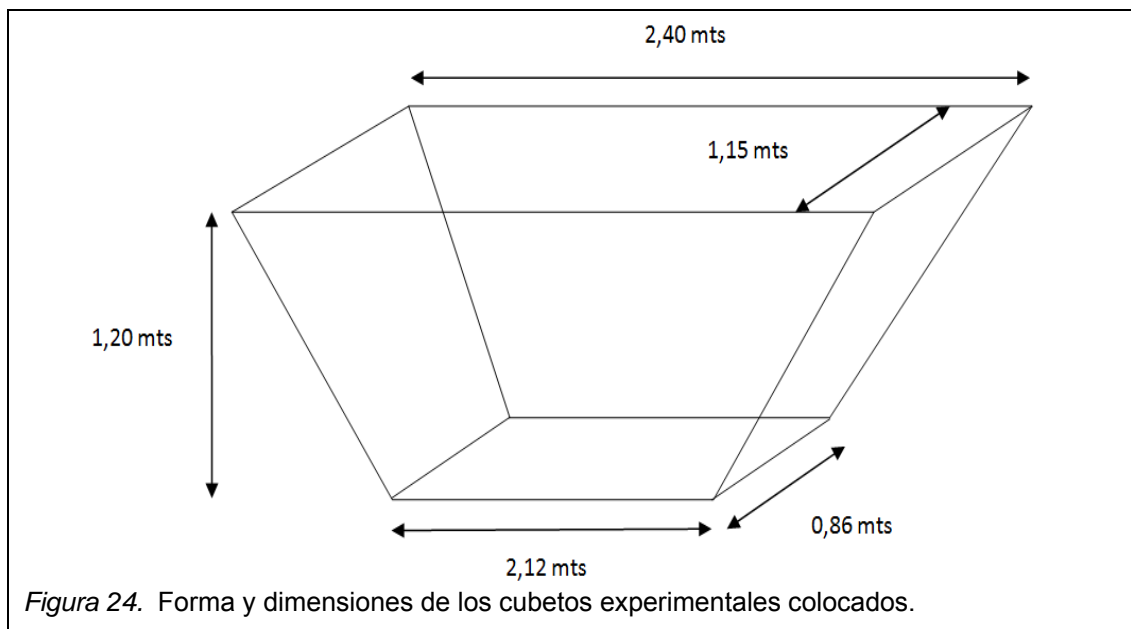
Al ser este un tratamiento biológico, el desempeño deseado no se logra en un tiempo exacto sino que los resultados varían en el tiempo; se considera que un

humedal artificial alcanzaría su estado estacionario en seis meses a partir de su instalación.

Al no contar con este lapso de tiempo para el desarrollo de la experimentación se realizaron mediciones durante los tres meses de duración que tuvo la fase experimental.

3.4.1 Construcción de las Unidades Experimentales

Para la construcción de los cubetos experimentales se utilizaron planchas de triplex recreando a escala tanto la forma como las dimensiones de los humedales artificiales existentes en el campamento. Se realizaron las excavaciones necesarias para colocar los cubetos con una inclinación en el terreno del 1% establecida en los parámetros de construcción de humedales artificiales; adicional cada cubeto fue debidamente impermeabilizado con liner de manera que se eviten posibles fugas.



Se procuró tener la misma profundidad de los humedales existentes, ya que el flujo de agua en ellos es vertical, por ello la profundidad es determinante.

3.4.1.1 Obtención de Volúmenes

Las unidades experimentales armadas tenían las siguientes dimensiones:

Altura 1.20

Base mayor

Largo: 2.40

Ancho: 1.15

Área base mayor: 2.76

Base menor

Largo: 2.12

Ancho: 0.86

Área base menor: 1.82

$$Volumen\ total = \left(\frac{H}{3}\right) * (AB_{mayor} + Ab_{menor} + (\sqrt{AB_{mayor} * Ab_{menor}}))$$

$$Volumen\ total = 2.731\ m^3$$

(Ecuación 14)

El agua en cada unidad debe llegar hasta un máximo de 10 cm bajo la superficie del lecho, dejando 20 cm libres como zona de seguridad, por lo que la capacidad de cada cubeto o el volumen de agua que se acepta son:

Altura 0,8

Base mayor: 2,415

Largo: 2,3

Ancho: 1,05

Base menor: 1,8232

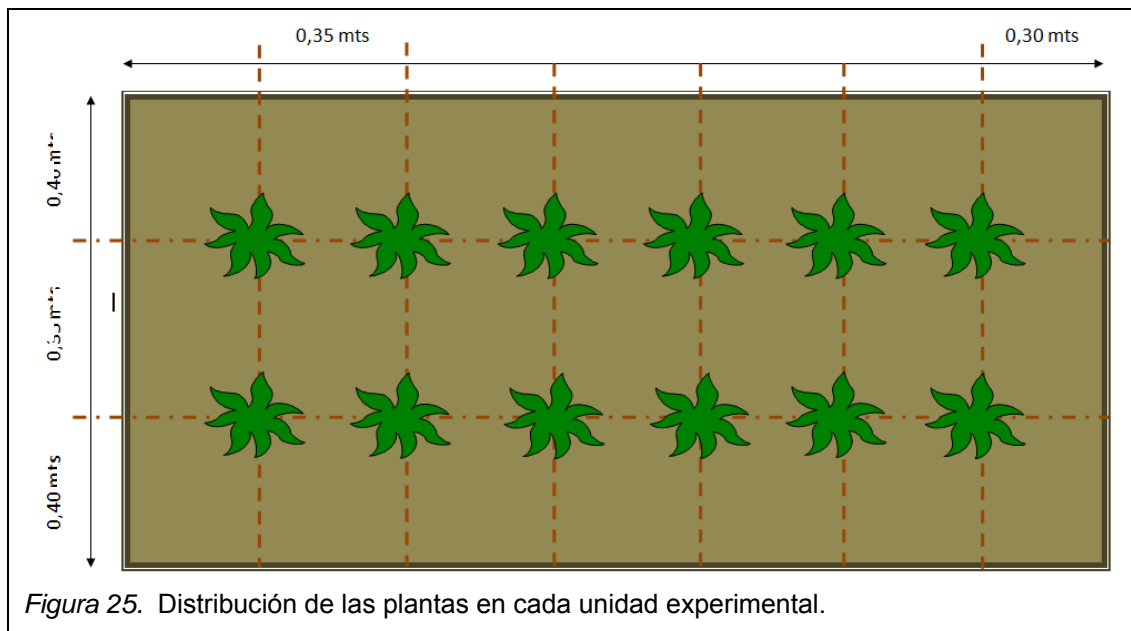
Largo: 2,12

Ancho: 0,86

$$Volumen\ de\ agua = 0,591$$

Para determinar el área de sembrado en cada cubeto se consideró primero un área de seguridad en los bordes de los cubetos, lo que resultó en que el área de sembrado efectiva fue de 2,4 m². La densidad de siembra fue la misma

establecida inicialmente en los humedales artificiales existentes corroborada por la bibliografía investigada, es decir, 5 plantas/m².



Cuando se realizó la siembra de cada una de las especies en los cubetos experimentales se dejó libre el espacio adecuado entre planta y planta de manera que no se ahoguen unas a otras y las raíces tengan suficiente espacio para desarrollarse.

- **Obtención de K_T :**

De acuerdo a la ecuación 13, descrita anteriormente, este parámetro se lo estimó de la siguiente manera:

$$K_T = K_{20} * (1,06)^{(T-20)}$$

Para determinar esta constante de acuerdo a las características del agua residual del sitio se realizaron mediciones de la temperatura en el agua por medio de un termómetro digital para reemplazar este dato en la fórmula.

Tabla 19. Temperaturas del agua residual cruda

HORA	FECHA					Promedio
	26-oct-12	27-oct-12	28-oct-12	30-oct-12	31-oct-12	
9:00	28,60	29,2	29,6	27,2	28,4	28,60
12:00	31,2	31,9	32,6	28,2	28,2	30,42
15:00	29,6	30,4	31,6	28,8	29,6	30,00
18:00	28,4	28,8	29,0	28,2	28,2	28,52
Promedio	29,45	30,08	30,70	28,1	28,60	29,4

Nota: La temperatura promedio que se utilizó para el cálculo de la constante K_T fue 29,4 °C

Siendo 29,4 °C la temperatura promedio del agua residual y reemplazando en la ecuación 13 se obtiene:

$$K_T = K_{20} * (1,06)^{(29,4 - 20)}$$

$$K_T = 1,90$$

- **Obtención de C***

El valor de este residual varía según el contaminante que se quiera eliminar y la especie de planta utilizada en el sistema de humedales artificiales; debido a esto los valores exactos solamente pueden obtenerse mediante prácticas experimentales. Sin embargo, para el presente estudio se han utilizado los datos disponibles en la bibliografía, los que existen para ciertas especies de vegetales y contaminantes.

Al no existir valores de C* que hayan sido estudiados para las especies vegetales que se utilizaron en el presente estudio, se tomaron los valores para lirios ensayados por Lucas, Gómez, Villaseñor y Mena (2005, p.262) y que se observan en la siguiente tabla:

Tabla 20. Valor de C* para lirios

Parámetro	Valor de C*
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	0,059

- **Obtención de Cin**

Para la obtención de la concentración de entrada se tomaron los datos obtenidos del muestreo simple realizado al agua afluente a los humedales artificiales obteniendo los siguientes datos

Tabla 21. Valor de concentración de entrada de DQO

Parámetro	Valor obtenido	Unidades
DQO	427	mg L ⁻¹

- **Obtención de Cout**

La concentración de salida (Cout) es la concentración máxima de DQO deseada en el efluente del humedal artificial. Parte de los alcances que se desea obtener a partir de la presente investigación y su respectiva fase experimental; además de encontrar una planta nativa como alternativa para el tratamiento, es que el efluente cumpla con la normativa ambiental aplicable para el sector petrolero, por lo que se tomará como referencia para la concentración final deseada el límite máximo permisible de descarga estipulado según la tabla N°5 Anexo 2 del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador.

Tabla 22. Concentración de salida de DQO deseada

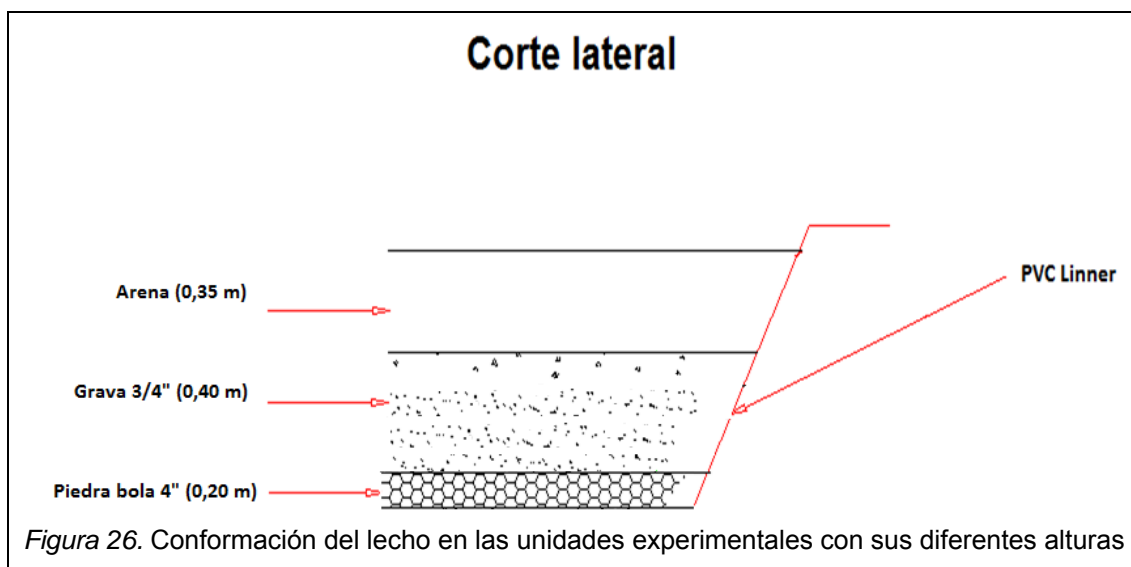
Límite de descarga para aguas negras y grises	
DQO (mg L ⁻¹)	80

3.4.1.2 Lecho

En lo posible se utilizó los mismos materiales de los que se encuentra compuesto el sustrato de los humedales artificiales del campamento AMO1, sin

embargo la localización de las instalaciones limita la posibilidad de adquirir el material adecuado además del alto costo que esto implicaría por lo que se utilizaron los materiales más parecidos a los dispuestos actualmente.

Para la conformación del lecho en las unidades experimentales se utilizaron los materiales disponibles en el sitio como son: piedra bola 4", grava limpia ¾" y arena de río, esta última con un diámetro de 2 – 10mm.



Durante la fase experimental se observaron problemas de atascamiento en las unidades experimentales; sin embargo, existen referencias bibliográficas que mencionan que varios sistemas de humedales sufren de atascamientos o inundación de agua en la superficie del humedal, creando condiciones favorables para malos olores, cría de mosquitos que son riesgos potenciales para la salud de las personas como de los animales que pueden entrar en contacto con esta agua; además, puede disminuir el tiempo de retención en el sistema.

Por otro lado, se ha observado que este defecto que puede ocurrir por varios motivos, como materiales o conductividad, no afecta sustancialmente el rendimiento del humedal para la remoción o tratamiento, de hecho crea una combinación entre un HAFS y un HAFSS.

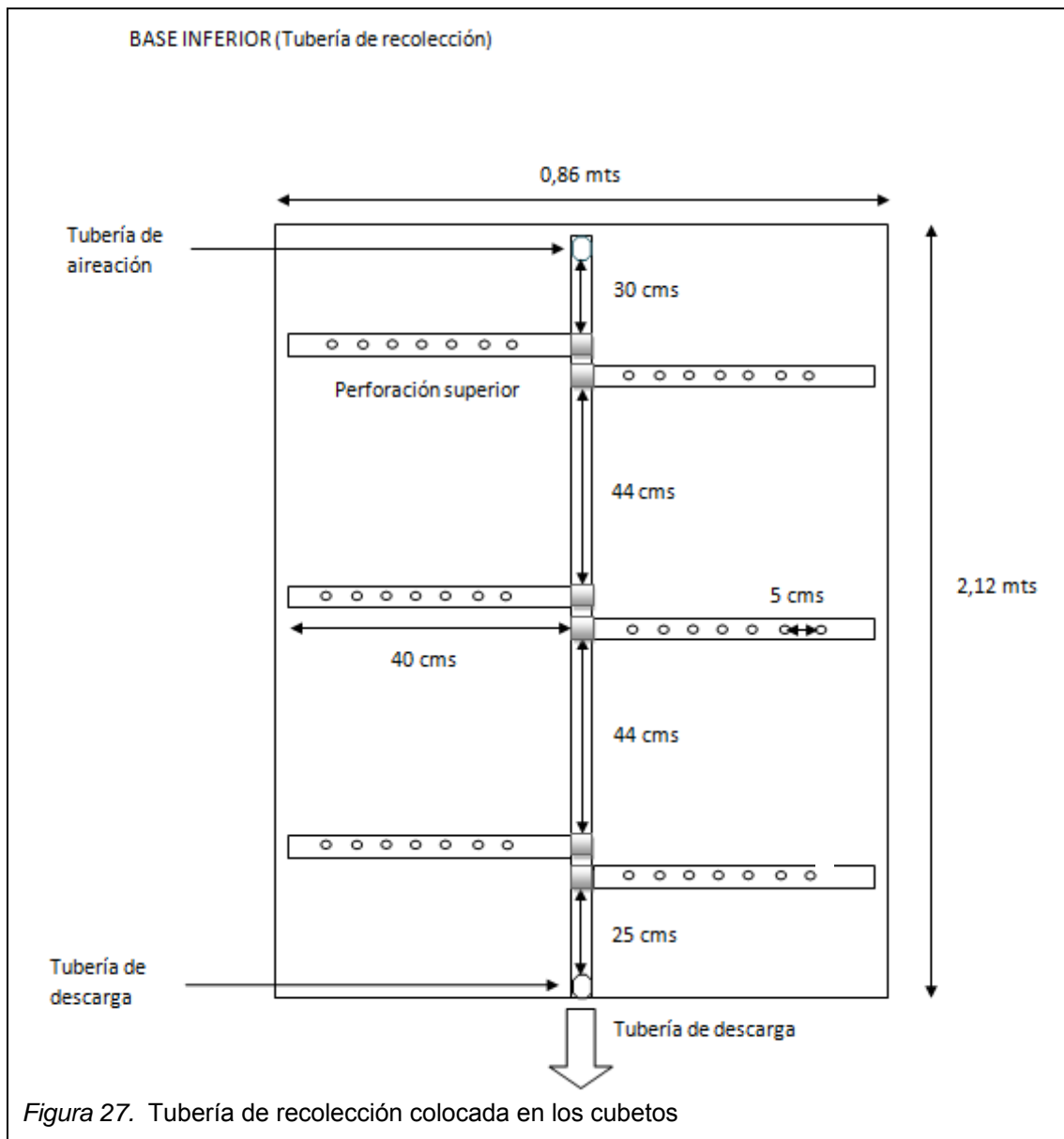
“Los primeros sistemas construidos en Alemania y Dinamarca sufrían de surgimientos de agua como consecuencia del atascamiento del material del sustrato pero el rendimiento del sistema seguía siendo eficaz” (Vymazal y Kröpfelová, 2008, p.224).

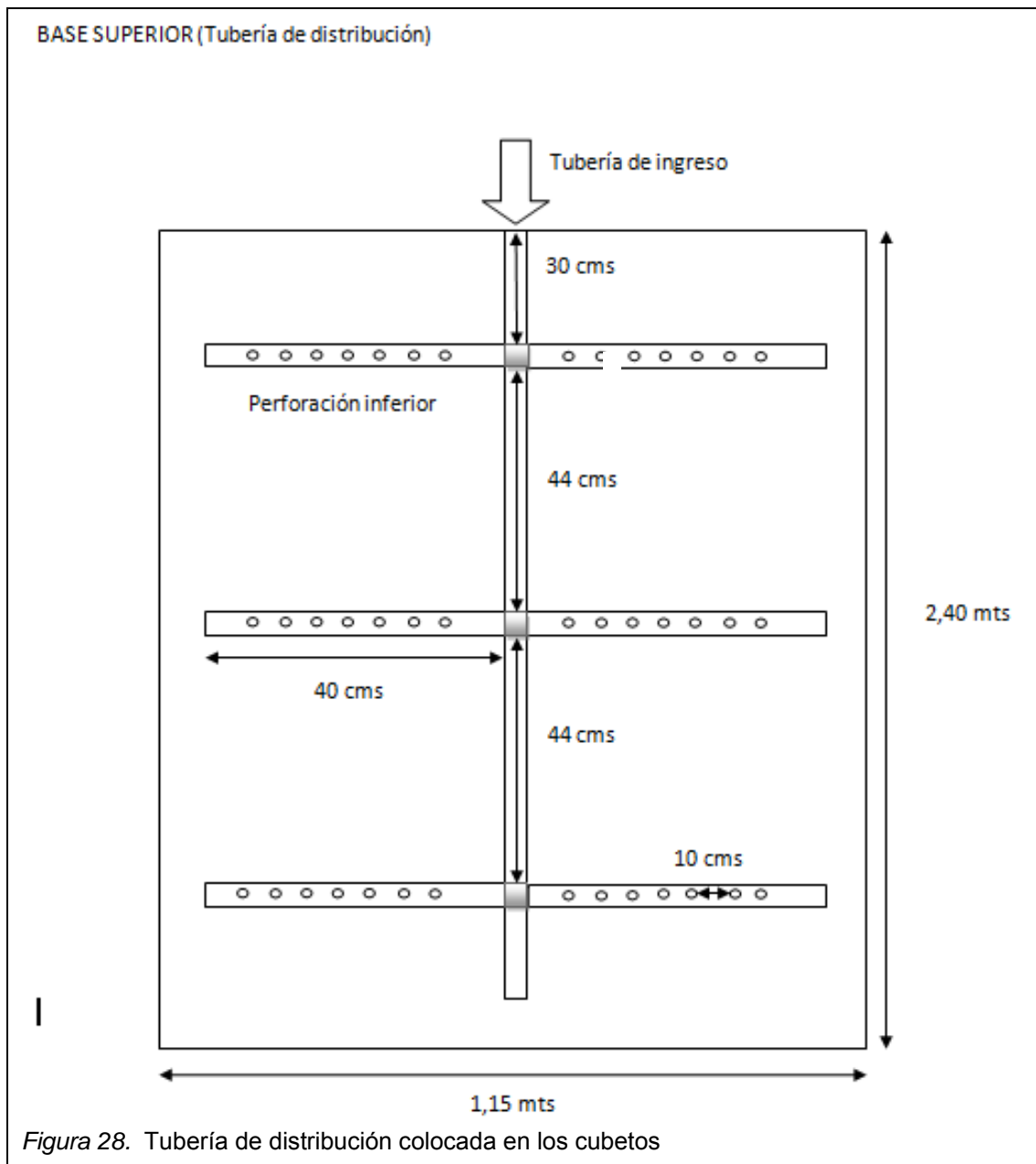
3.4.1.3 Colocación de Tuberías

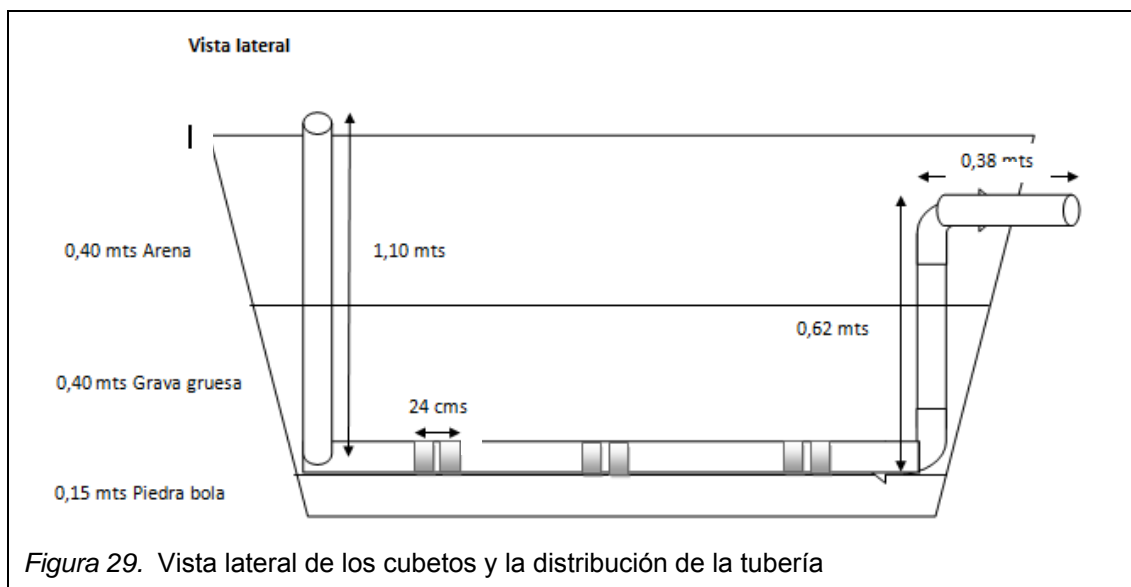
El sistema de tuberías que fue colocado dentro de los cubetos experimentales para distribuir el agua residual y recolectar el agua tratada dentro del humedal a escala piloto, recrea la instalación de la red de tuberías de los humedales artificiales existentes en el campamento AMO 1 por lo que fueron colocadas siguiendo el principio de “espina de pescado”.

En la red de tuberías de las unidades experimentales se utilizaron tuberías de PVC de 1 ½” y todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento tales como cruces, tees, codos, tapones, etc. además de las válvulas, colocadas a la entrada de cada cubeto, mismas que permitieron regular el caudal hasta llegar al caudal requerido.

La distribución de las tuberías se realizó conforme se muestra en las figura 27, 28 y 29.







3.5 ESPECIES A ESTUDIAR

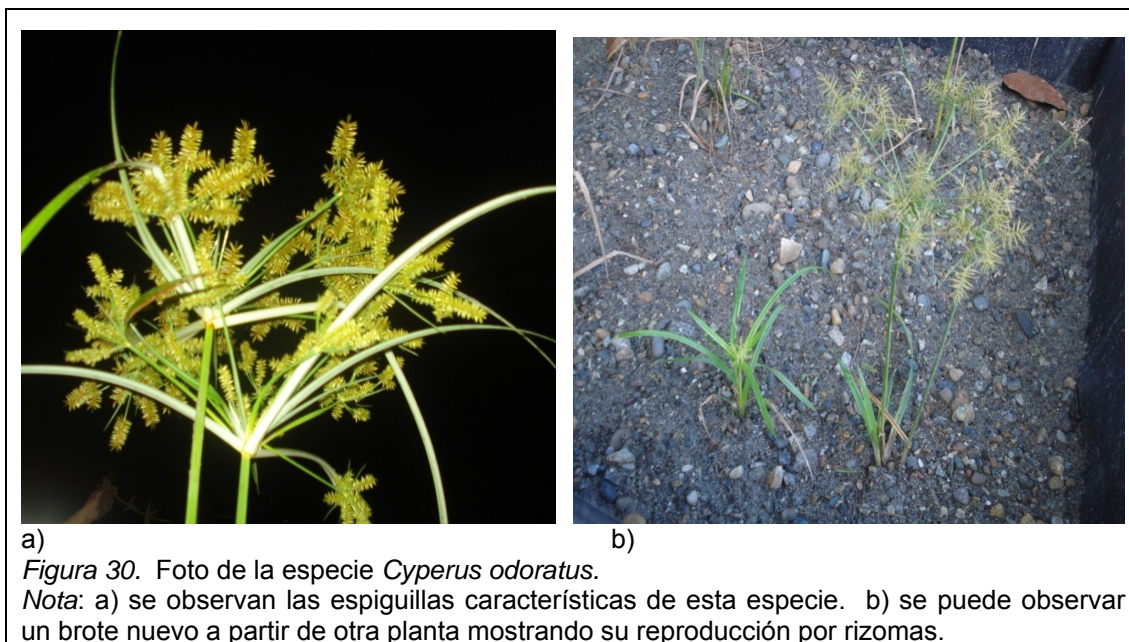
3.5.1 *Cyperus odoratus*

Esta especie es nativa de algunas zonas del continente americano, es una planta herbácea, perenne de vida corta y con brotes de floración anual. Se compone de una raíz larga, gruesa, nudosa y rastrera dotada de fibras de color pardo oscuro en su parte exterior y más clara en el interior, posee además un olor aromático y propiedades terapéuticas.

Su tallo tiene forma triangular y lisa, sin nudos y que puede llegar a medir entre 50 y 100 cm de longitud; posee gran cantidad de hojas estrechas de color verde y ásperas al tacto. La inflorescencia en umbela se compone con hasta 12 ramas primarias, en las cimas crece una panoja compuesta de multitud de pequeñas espigas escamosas y unidas entre sí. Se propaga por semilla y vegetativamente por rizomas, se encuentra frecuentemente en suelos húmedos, acequias y en los bordes de carreteras, como en el caso de la vía del bloque 16 (Fuentes de Piedrahita, Osorio, y Granados, 2006, p.104).

En el Ecuador esta especie se encuentra en un rango altitudinal de 0 – 500 y de 500 – 1000 m.s.n.m. en las 4 regiones del país, sin embargo es

considerada nativa en la estación biológica Jatun Sacha y en el Parque Nacional Yasuní (Missouri Botanical Garden, 2013).



La tabla 23 muestra la clasificación taxonómica de la planta, donde se encuentran las definiciones de clase, familia, especie, etc. a las que pertenece esta planta.

Tabla 23. Clasificación taxonómica de la especie *Cyperus odoratus*

TAXONOMÍA	
Nombre científico	<i>Cyperus odoratus</i>
Reino	Plantae

Tabla 23. *Continuación...*

Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Cyperaceae
Género	Cyperus
Epíteto Específico	Odoratus
Determinador	Gómez L., J. 2003

Nota: A partir de esta clasificación se identificó la familia y el género al que pertenece esta especie que ha sido utilizada previamente en humedales artificiales de flujo subsuperficial. Tomado de Universidad Nacional de Colombia, 2013.

3.5.2 *Hymenachne ampexicaulis*

Especie que crece en humedales naturales, en los márgenes de pantanos y los bordes inundados de ríos y canales de drenaje; toleran aguas hasta 4 m de profundidad. Pasto perenne de color verde brillante, crece bien en suelos poco drenados y en condiciones de inundación constante, sus tallos suelen ser rastreros y pueden crecer entre 1 a 2,5 m de altura. De los tallos que se arrastran sobre el suelo crecen raíces adventicias a partir de los nudos, por lo que su propagación se da tanto por semillas como por estolones (O'Mara et al., 2005, p.103).

Sus hojas son planas de aproximadamente 35 cm de largo y 4 cm de ancho, además son lisas pero tienen pelos largos en la zona de la base; su inflorescencia es una panícula terminal cilíndrica y con en forma de pico, esta parte de la planta puede tener hasta 50 cm de largo y está compuesta por varias espiguillas pedunculadas.

En el Ecuador esta especie se halla en un rango altitudinal entre 0 – 500 m y 500 – 3000 m, principalmente en las provincias de Bolívar, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Napo, Pastaza y Sucumbíos habiendo sido determinada además como nativa del Parque nacional Yasuní en el checklist del área protegida (Missouri Botanical Garden, 2013).

Las plantas de esta especie obtendrían nitrógeno de una asociación no simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno o cianobacterias que se ubican alrededor de las raíces y tallos sumergidos, el cual utiliza para la formación de tallos y hojas nuevos. “Esta especie se ha propuesto como sumidero de nutrientes y trampa de sedimentos contaminados por viviendas y cultivos” (Tropical Forages, 2013).



a) b)
Figura 31. Fotos de la especie *Hymenachne Amplexicaulis*.
Nota: Especie localizada en uno de los humedales naturales cercanos a la zona de experimentación. En a) se observa uno de los tallos con sus hojas características. b) Algunos tallos que han crecido por estolones.

En cuanto a la clasificación taxonómica de esta especie se detalla en la tabla 24 que se muestra a continuación.

Tabla 24. Clasificación taxonómica de la especie *Hymenachne amplexicaulis*

Taxonomía	
Nombre científico	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Hymenachne
Epíteto específico	Amplexicaulis
Determinador	Pinto E., P.1970

Nota: La familia y el género al que pertenece esta especie han sido utilizadas previamente en humedales artificiales de flujo subsuperficial.

Tomado de Universidad Nacional de Colombia, 2013.

4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Los datos de las tablas 25 y 26 muestran los resultados de los análisis realizados a las aguas negras y grises previo al tratamiento del campamento AMO 1, mientras que las tablas N° 27 y 28 exponen los resultados de las aguas efluentes de los cubetos experimentales. Los análisis de los parámetros contemplados en la legislación (tabla N°5 del Anexo 2, RAOHE) se efectuaron en el laboratorio CORPLAB, mientras que los análisis para determinar la cantidad de nitrógeno total se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad de las Américas.

4.1 AGUA CRUDA

Los análisis del agua cruda del muestreo realizado el 9 de octubre del 2012 arrojaron los resultados mostrados en la tabla N° 25:

Tabla 25. Resultados de los parámetros establecidos en el Anexo 2 tabla N°5 para el agua cruda.

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	AMO1	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
Cloro libre	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	Tercerizado (Parámetro acreditado)	mg/l	<0.24	<2.0	CUMPLE
Coliformes fecales	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		Col/100ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
Potencial hidrógeno	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA – 05 00	U pH	6.20	5<pH<9	CUMPLE
Demanda química de oxígeno	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	427	<80	NO CUMPLE

En la tabla 26 se exponen los resultados del muestreo realizado el 17 de enero de 2013, referentes al contenido de nitrógeno total en el agua cruda

Tabla 26. Resultado del análisis de Nitrógeno

Parámetro analizado	Método	Unidad	Resultado	Límite permisible TULAS	Criterio de resultado
Nitrógeno Total		mg/l	53	40	NO CUMPLE

Nota: Valores comparados con el límite permisible de descarga en cuerpos de agua dulce según el TULAS, Libro VI, Anexo 1, tabla N°12.

4.2 CUBETOS EXPERIMENTALES

Durante la fase experimental del presente tema de investigación, misma que tomó tres meses, se realizaron cinco muestreos en las siguientes fechas:

- 20 de diciembre de 2012
- 12 de enero de 2013
- 19 de enero 2013
- 9 de febrero de 2013
- 16 de febrero de 2013.

La empresa Green Oil realizó los muestreos, contratista de Repsol, posteriormente enviaron las muestras al laboratorio CORPLAB. Los resultados de los análisis realizados se encuentran en los anexos del presente trabajo.

Los muestreos efectuados para la determinación de nitrógeno total se los realizó realizaron los días 5 y 17 de febrero de 2013, los que posteriormente se analizaron en los laboratorios de la Universidad de las Américas.

Tabla 27. Resultados de DQO en las muestras de agua tomadas en los cubetos experimentales

Parámetro analizado		Demanda Química de Oxígeno (mg L ⁻¹)							
Número de cubeto		1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4
FECHA	20/12/2012	106	129	146	44	91	129	149	71
	12/01/2012	60.7	105	241.8	111.8	149.3	115.2	185.2	108.4
	19/01/2012	111.8	53.9	139.1	105	128.9	118.6	105	108.4
	09/02/2013	47	36.8	37	61	98	37	61	64
	16/02/2013	122	122	40.2	53.9	156.1	60.7	53.9	67.5
Límite máximo permisible < 80									
Metodología de referencia SM Ed-21-2005, 5220-D									
Método interno Corplab PA - 01.00									

Nota: Parámetros de interés correspondientes al RAOHE. Los resultados en rojo denotan error o parcelas perdidas en el muestreo.

Tabla 28. Resultados de pH en las muestras de agua tomadas en los cubetos experimentales

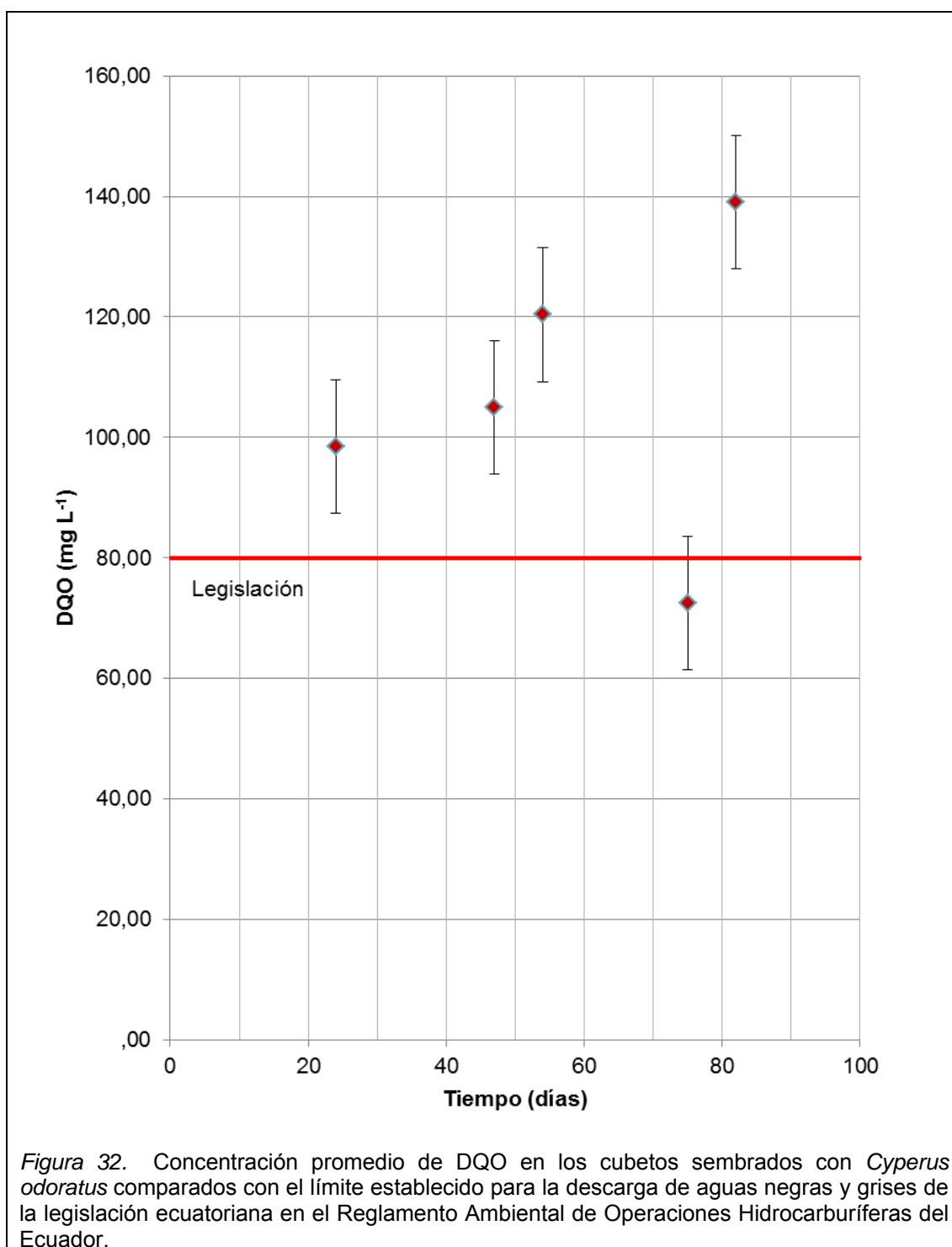
Parámetro analizado		PH							
Número de cubeto		1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4
FECHA	20/12/2012	6.68	6.94	6.74	6.94	6.73	6.90	6.80	6.67
	12/01/2012	6.90	6.80	6.61	6.81	7.08	6.73	6.61	6.75
	19/01/2012	6.63	6.90	6.76	6.95	6.72	6.75	6.80	6.92
	09/02/2013	6.62	7.00	6.62	6.81	6.60	6.75	6.68	6.86
	16/02/2013	7.13	7.13	6.55	6.10	7.05	6.84	6.31	6.21
Límite máximo permisible		5 < pH < 9							
Metodología de referencia		SM Ed-21-2005, 5220-D							
Método interno Corplab		PA - 01.00							

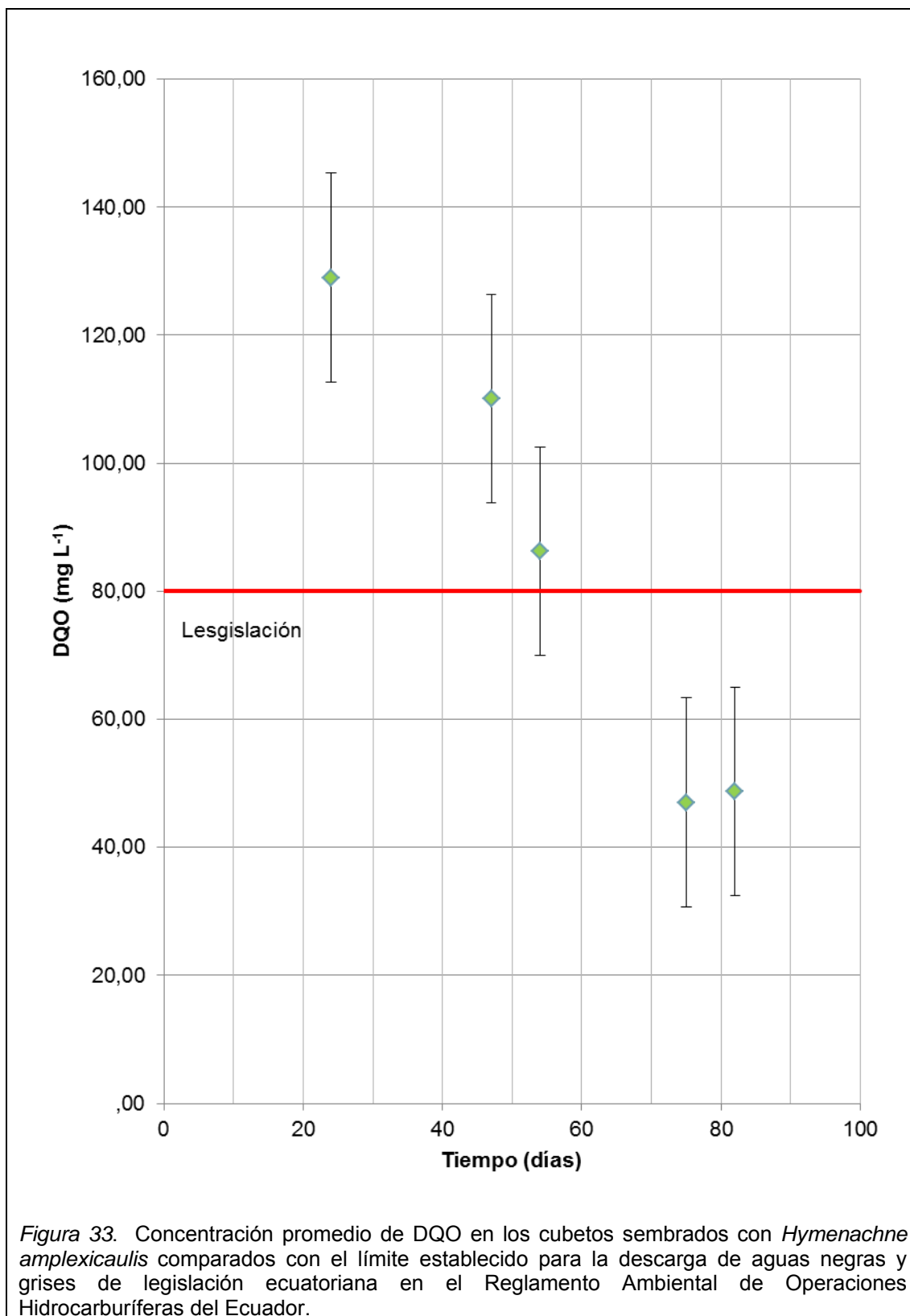
Tabla 29. Resultados del agua de los cubetos experimentales para nitrógeno

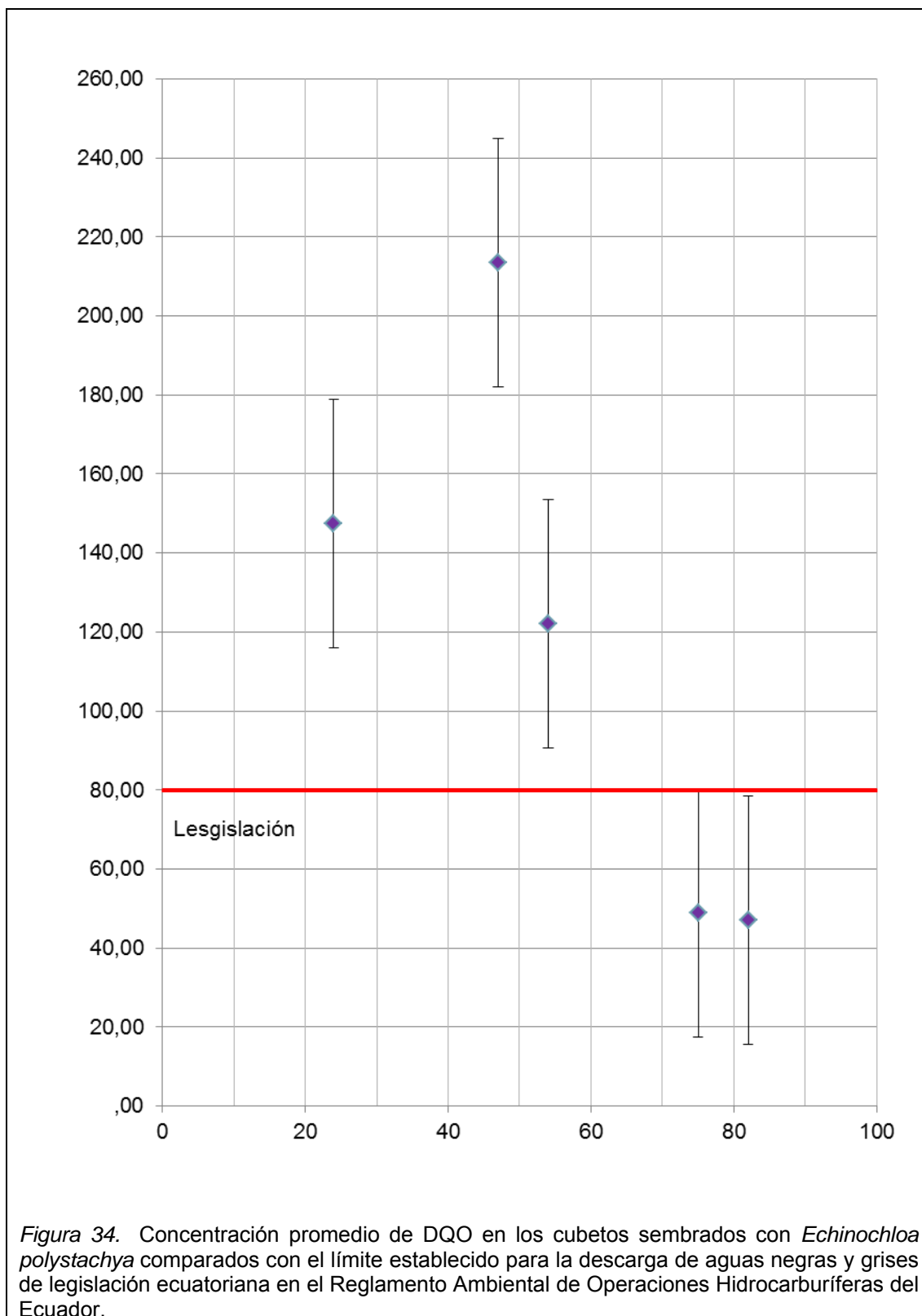
Parámetro analizado	Nitrógeno (mg L ⁻¹)				Límite máximo permisible (mg L ⁻¹)
Número de cubeto	1.1	1.2	1.3	1.4	15
Resultados	31	30	34	38	
Método	088 (5 - 220 mg L ⁻¹)				

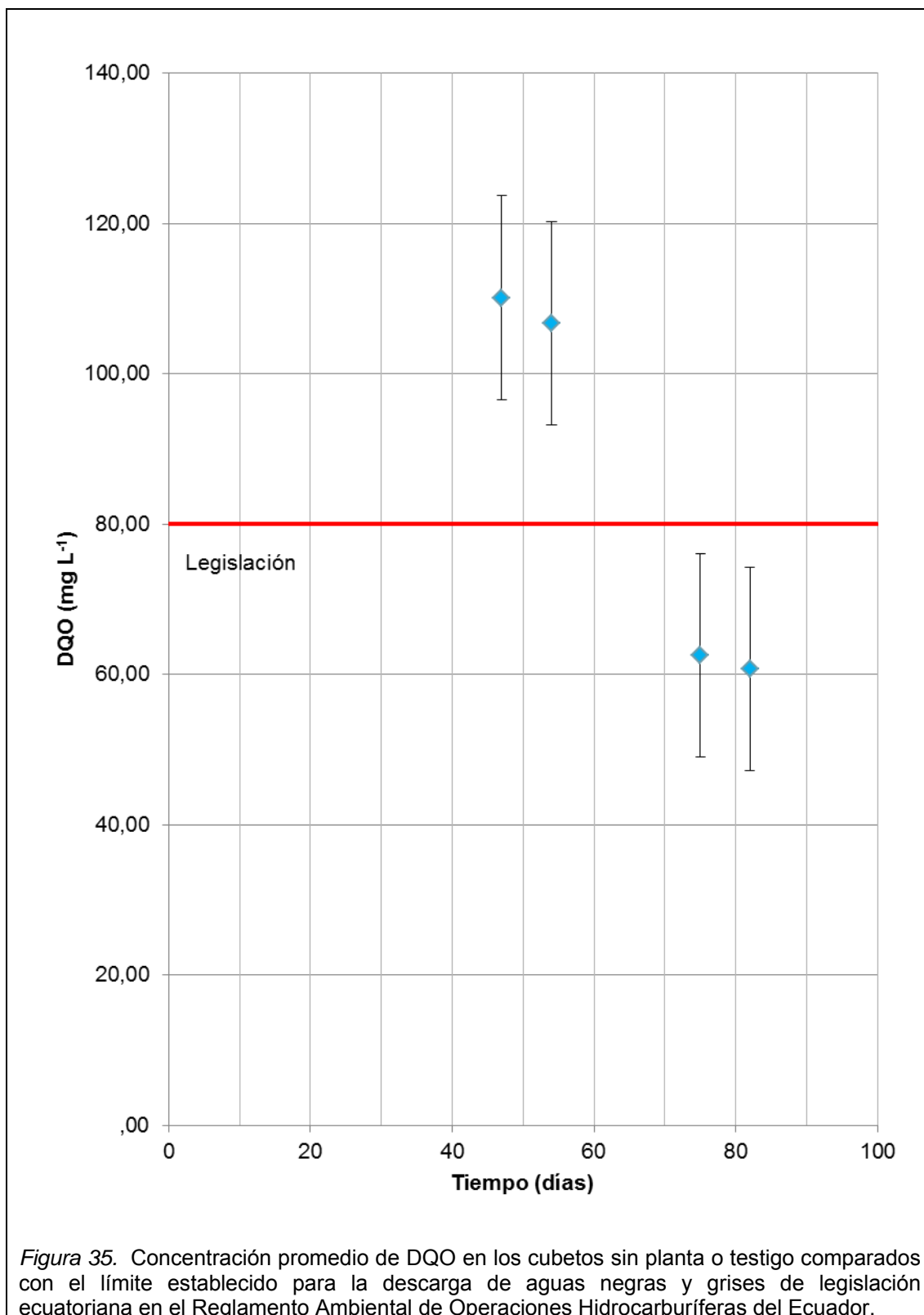
Nota: Límite permisible para nitrógeno según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

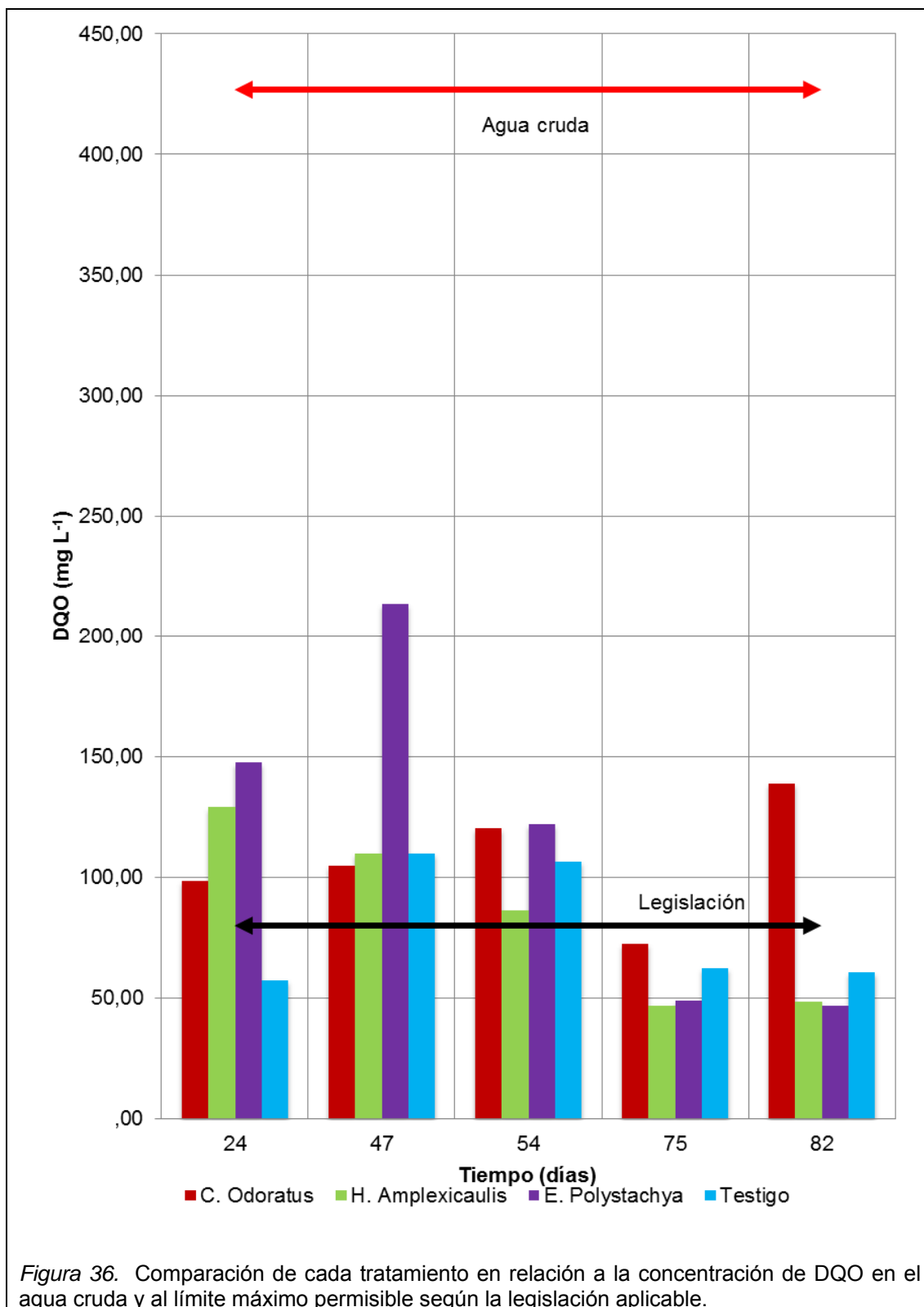
4.3 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DQO



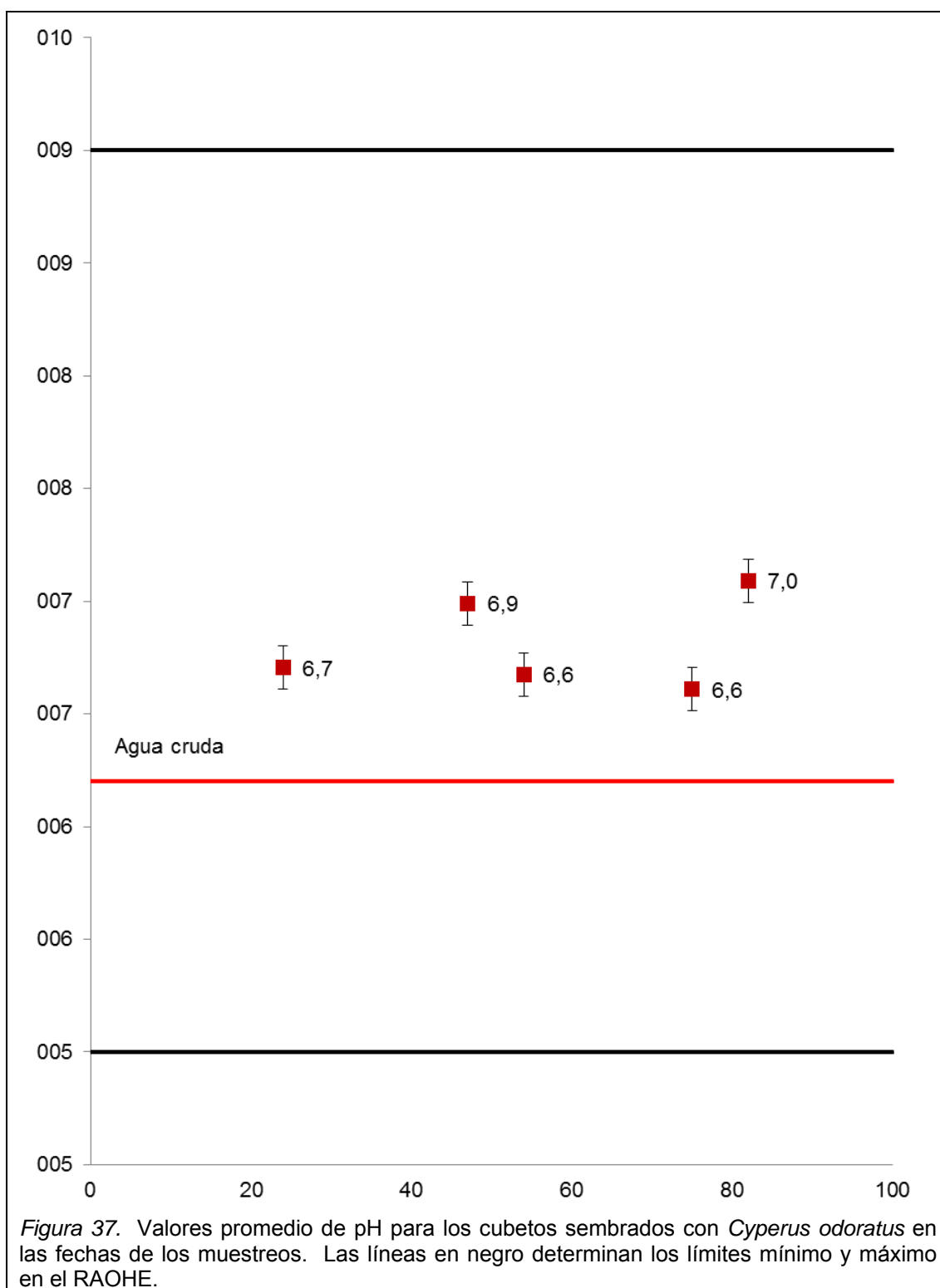


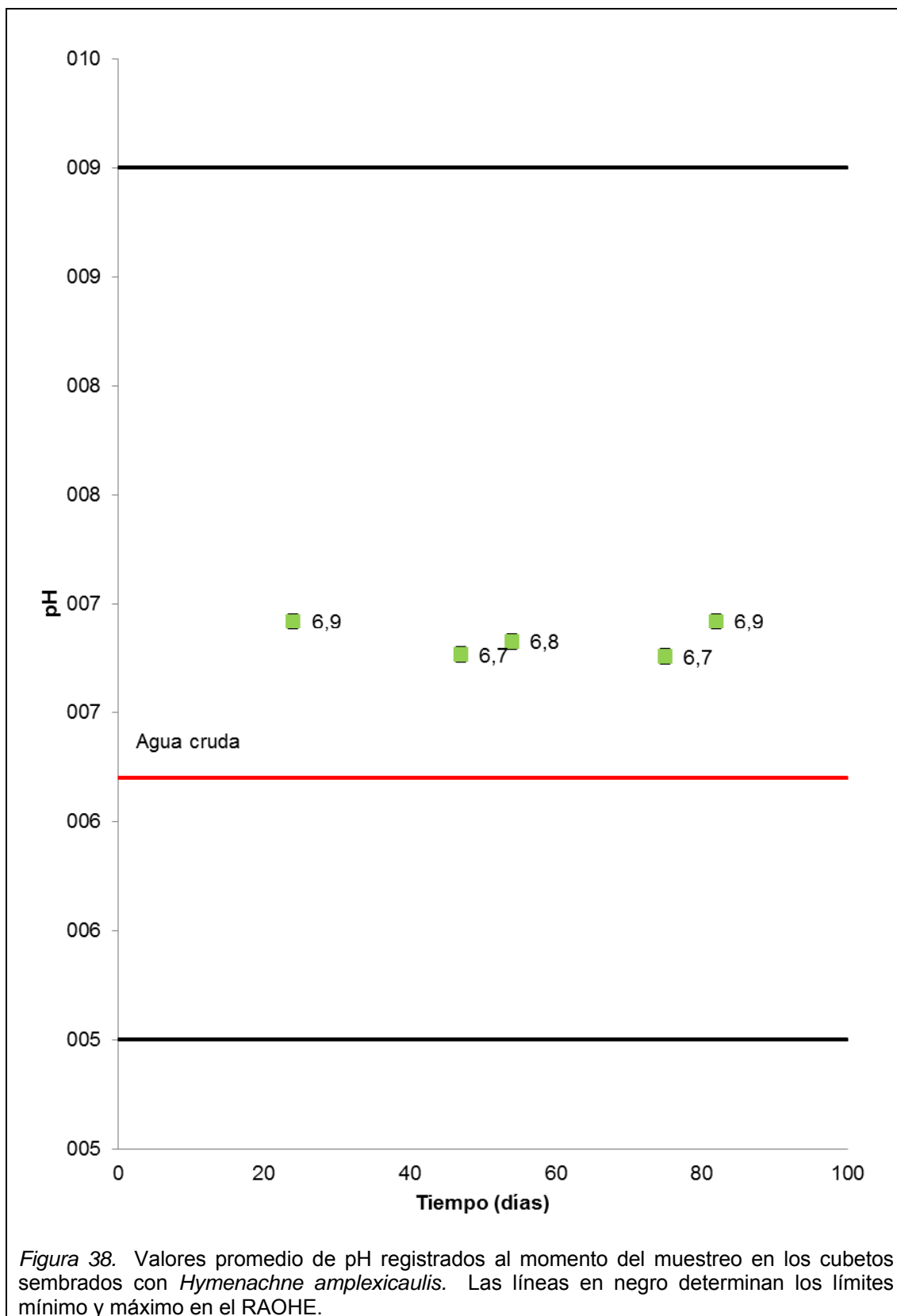


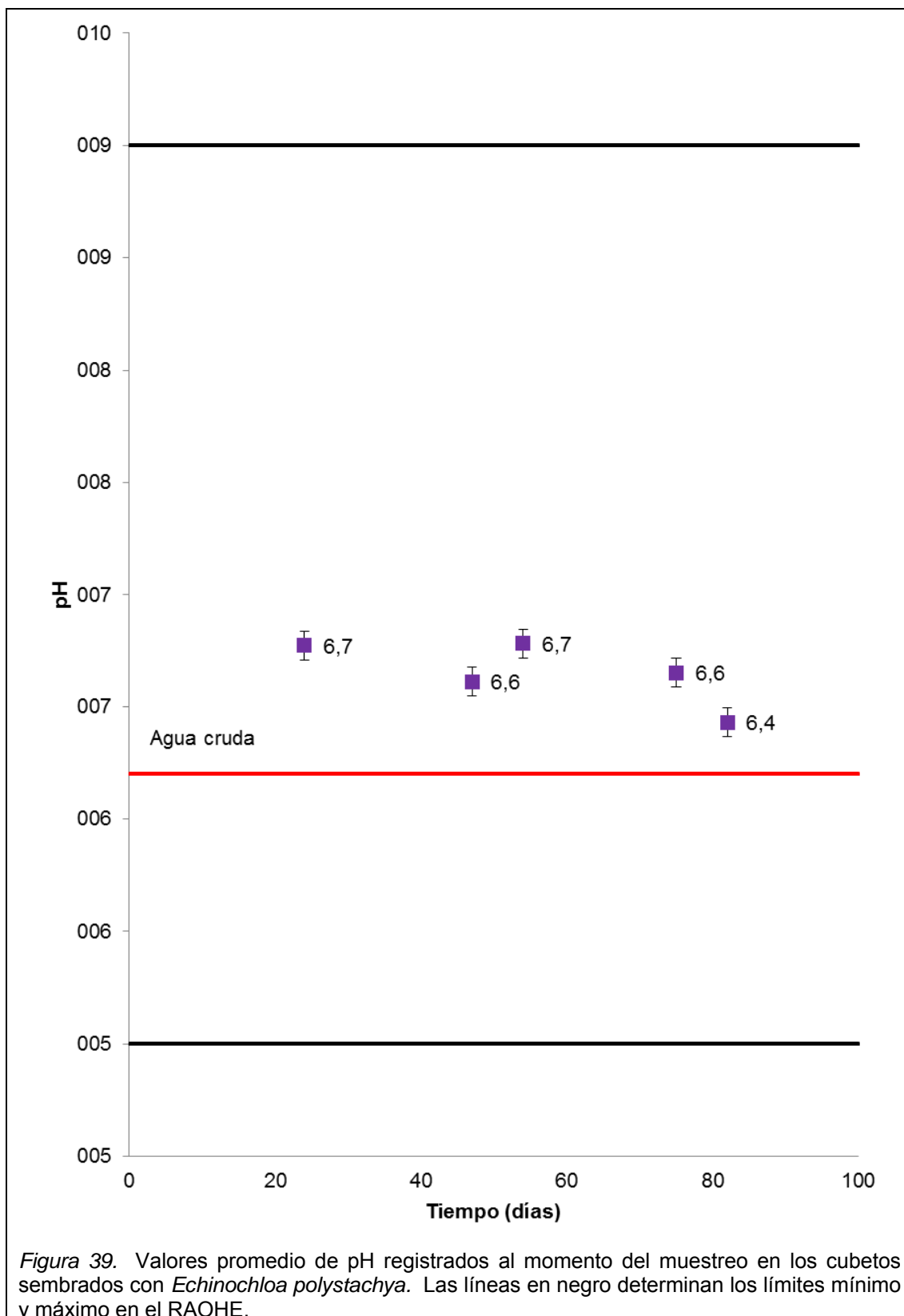


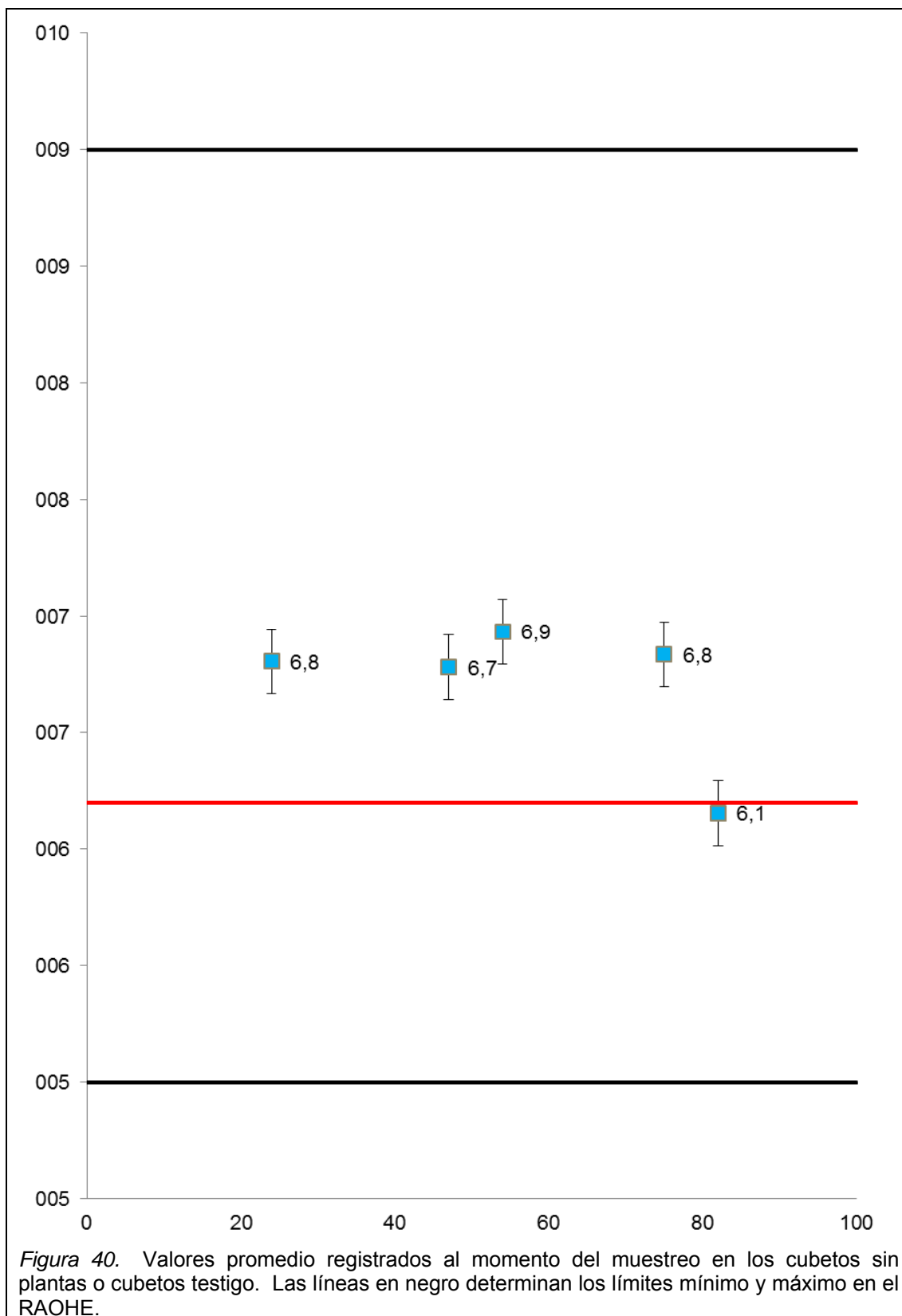


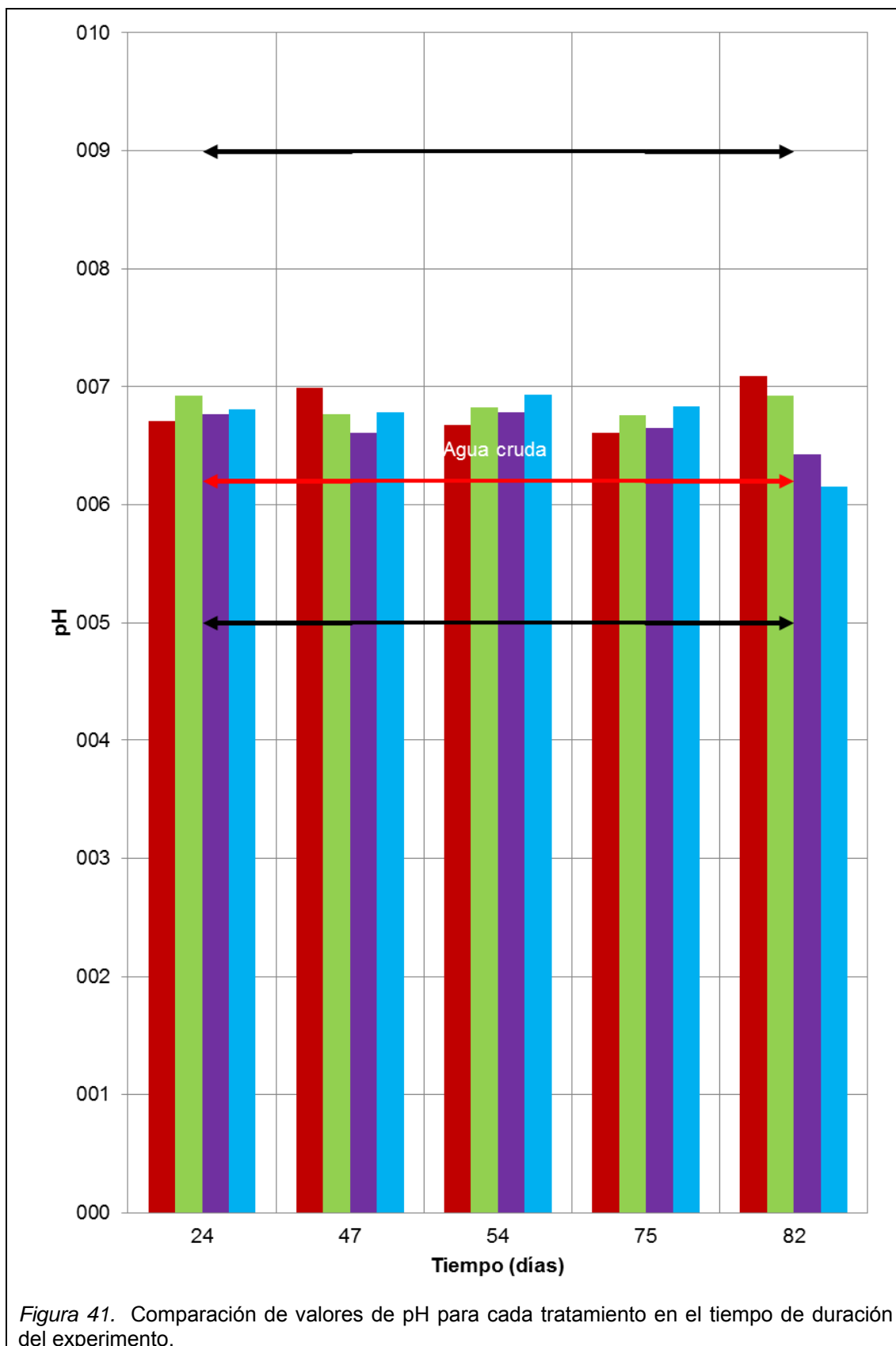
4.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE pH



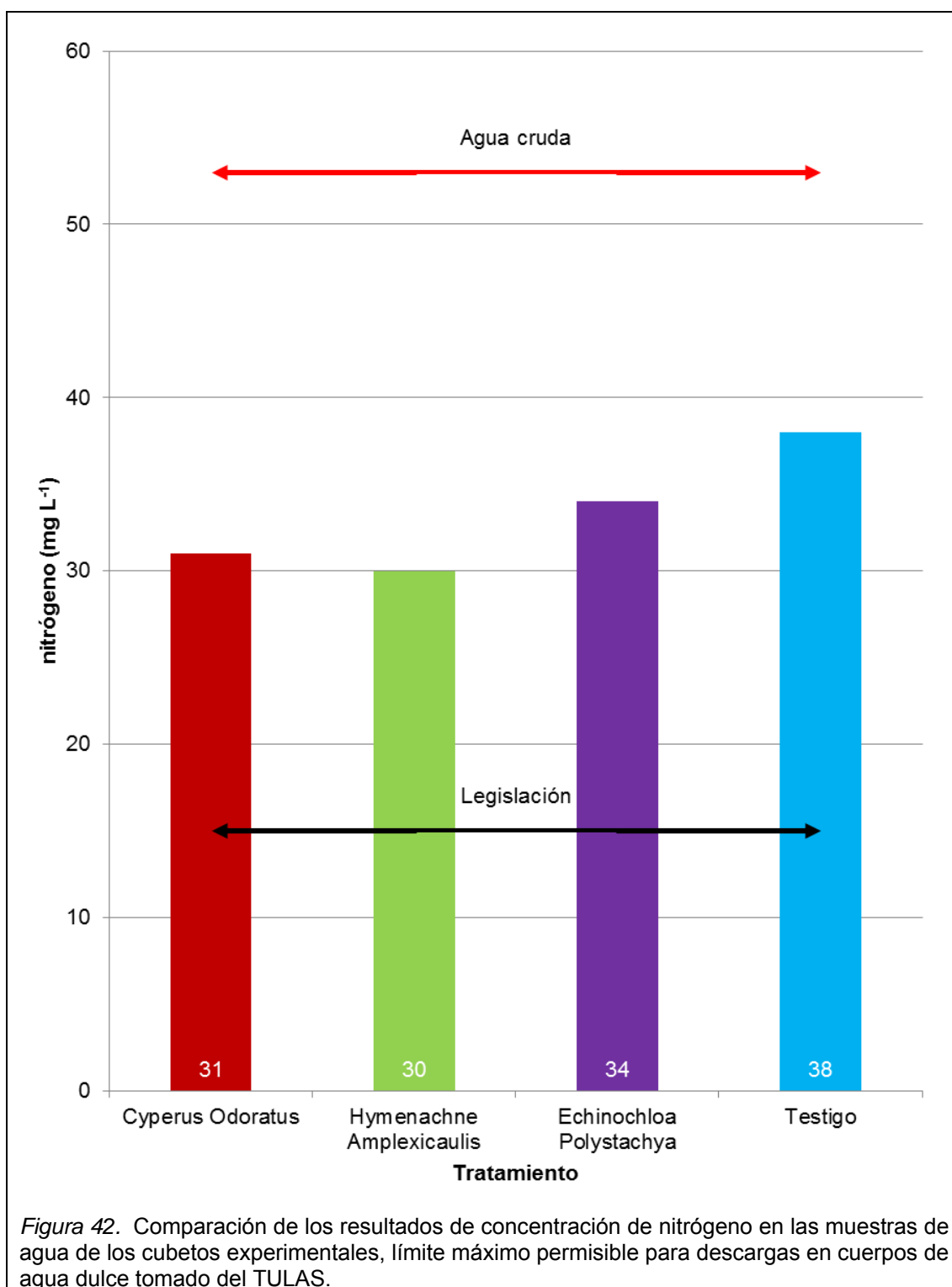




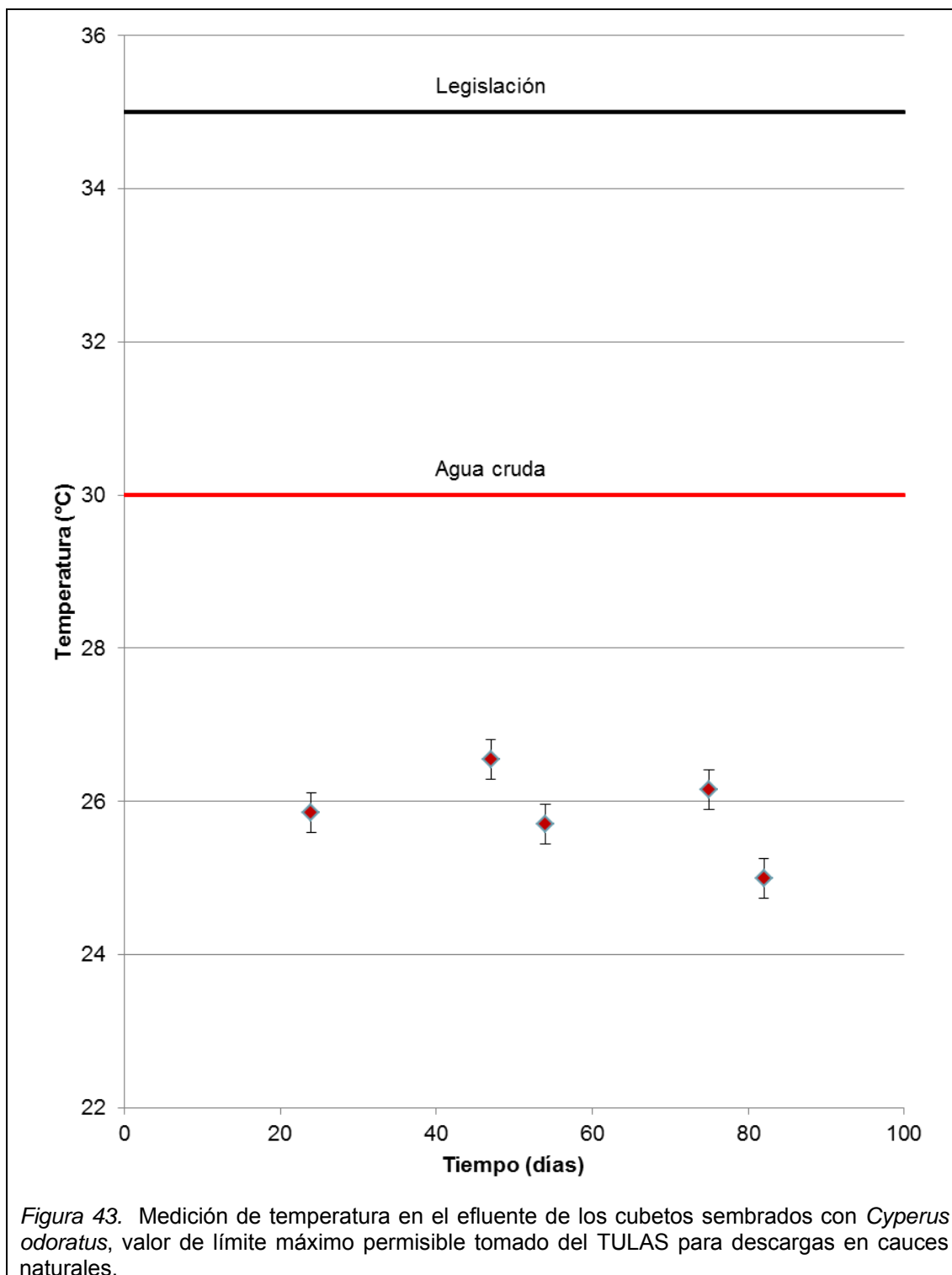


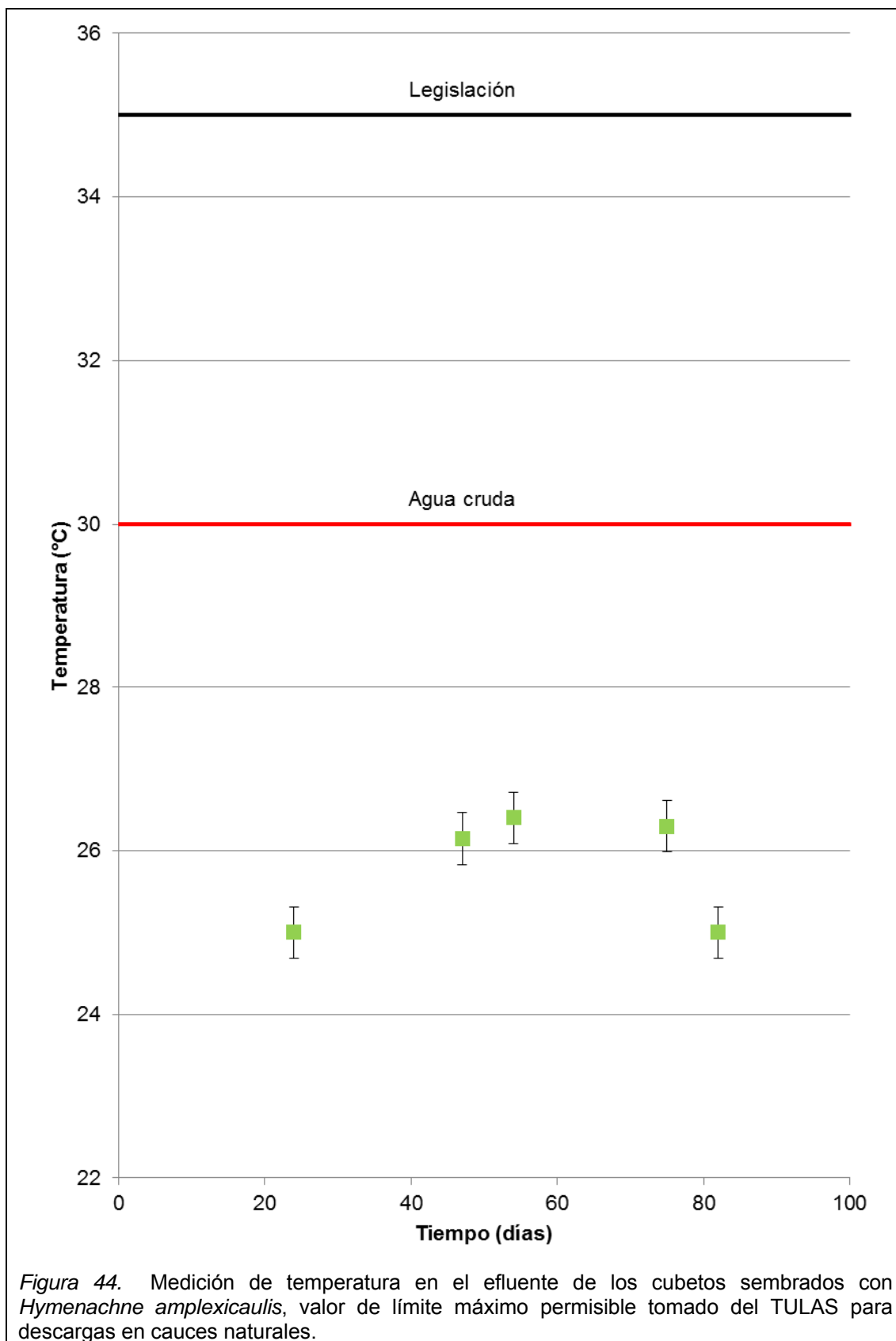


4.5 RESULTADOS DE MEDICIÓN DE NITRÓGENO



4.6 RESULTADOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA





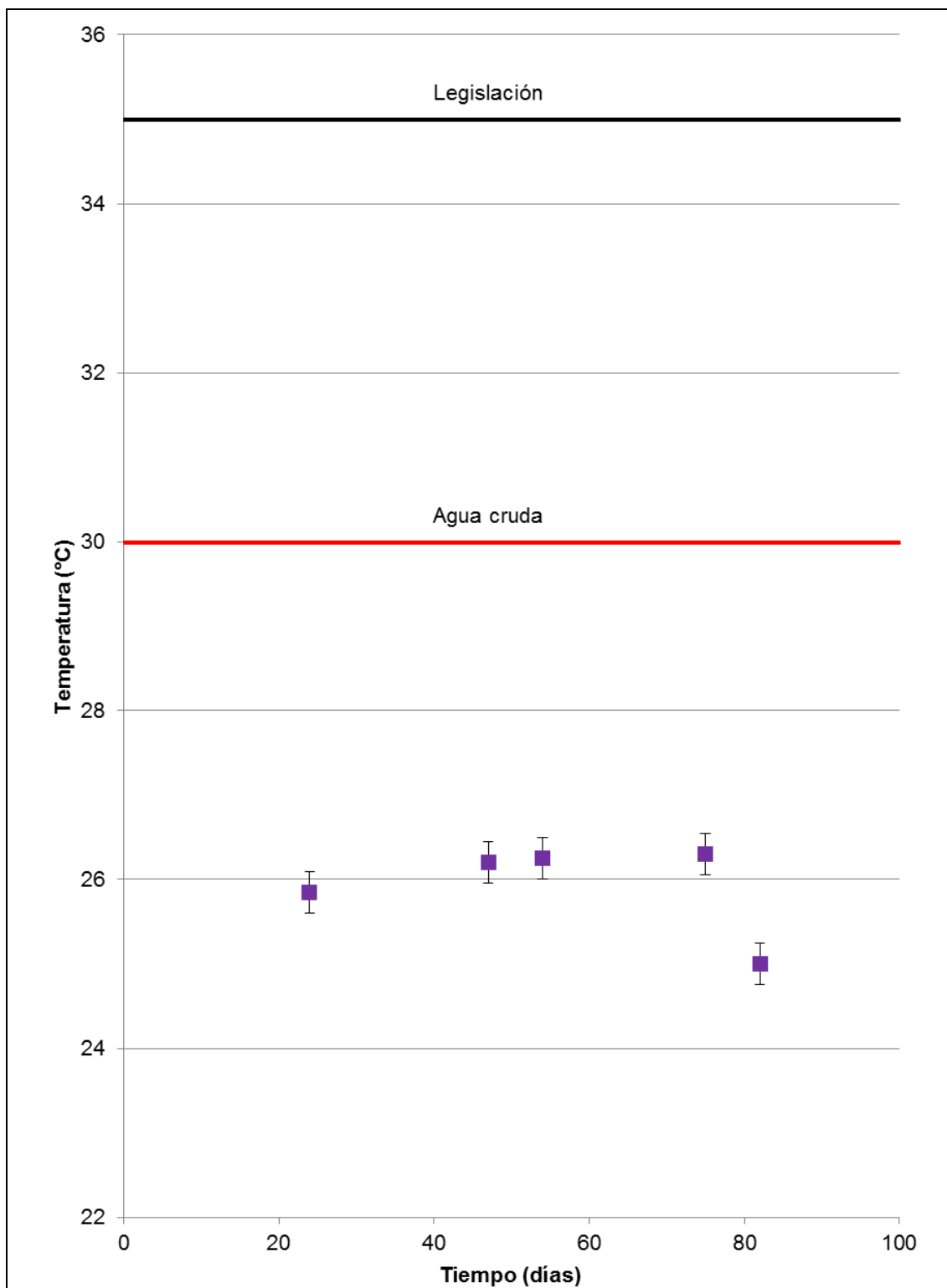


Figura 45. Medición de temperatura en el efluente de los cubetos sembrados con *Echinochloa polystachya*, valor de límite máximo permisible tomado del TULAS para descargas en cauces naturales.

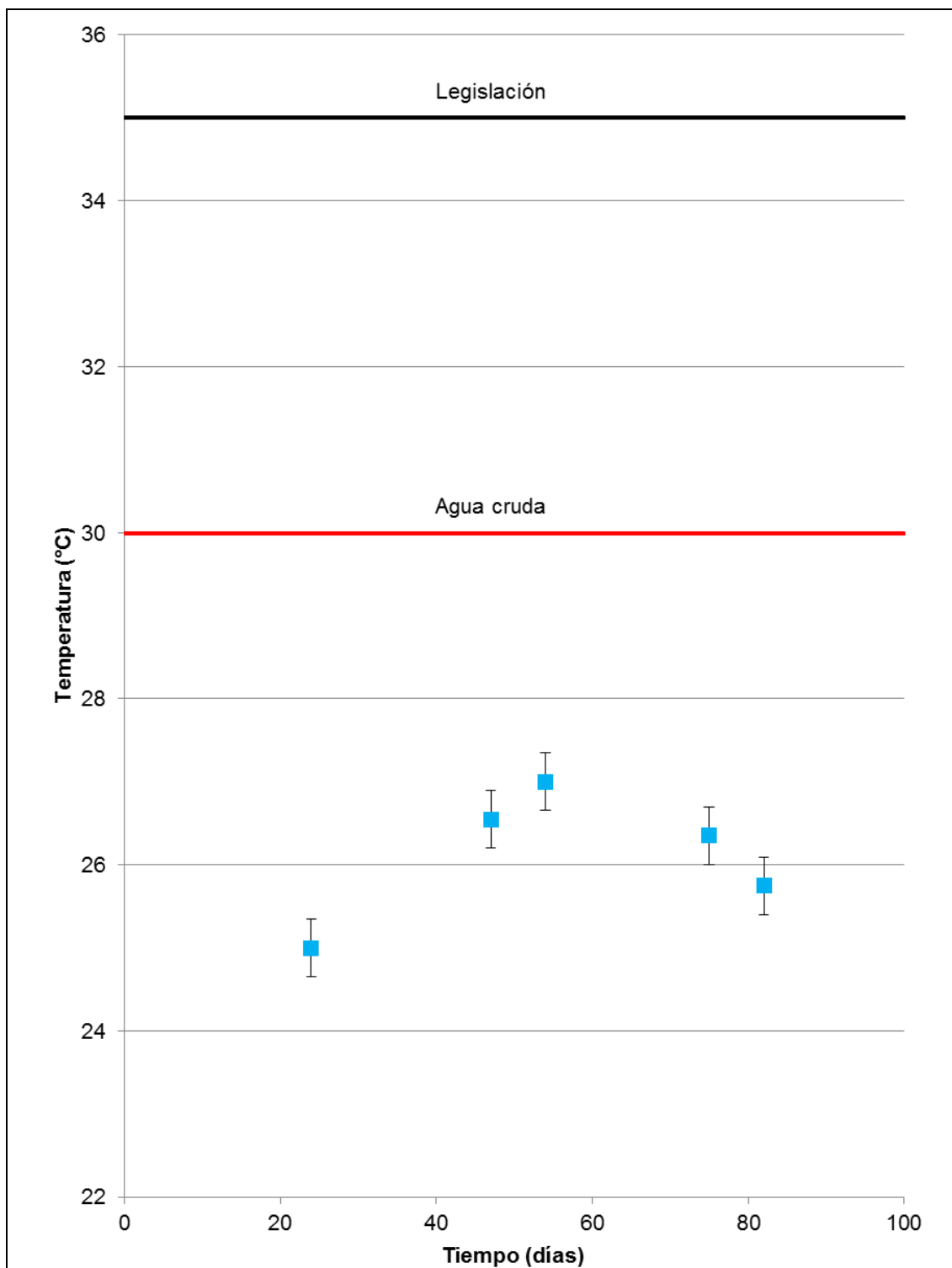


Figura 46. Medición de temperatura en el efluente de los cubetos sin planta o testigo, valor de límite máximo permisible tomado del TULAS para descargas en cauces naturales.

5 CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados al inicio del presente estudio, se recopiló y procesó toda la información obtenida de los resultados de los muestreos en los programas estadísticos Statgraphics® y R project® para su adecuado análisis e interpretación.

5.1 RESULTADOS DEL MODELO K-C*

El modelo K-C* establece ciertas operaciones para el cálculo del caudal necesario a ingresar en las unidades experimentales (ecuación 10). Para realizar los cálculos necesarios que se muestran a continuación se tomaron los valores correspondientes al volumen de los cubetos, la constante kt y el valor residual C^* :

$$\text{Volumen} = 0.591 \text{ m}^3$$

$$kt = 1,90$$

$$C^* = 25.193$$

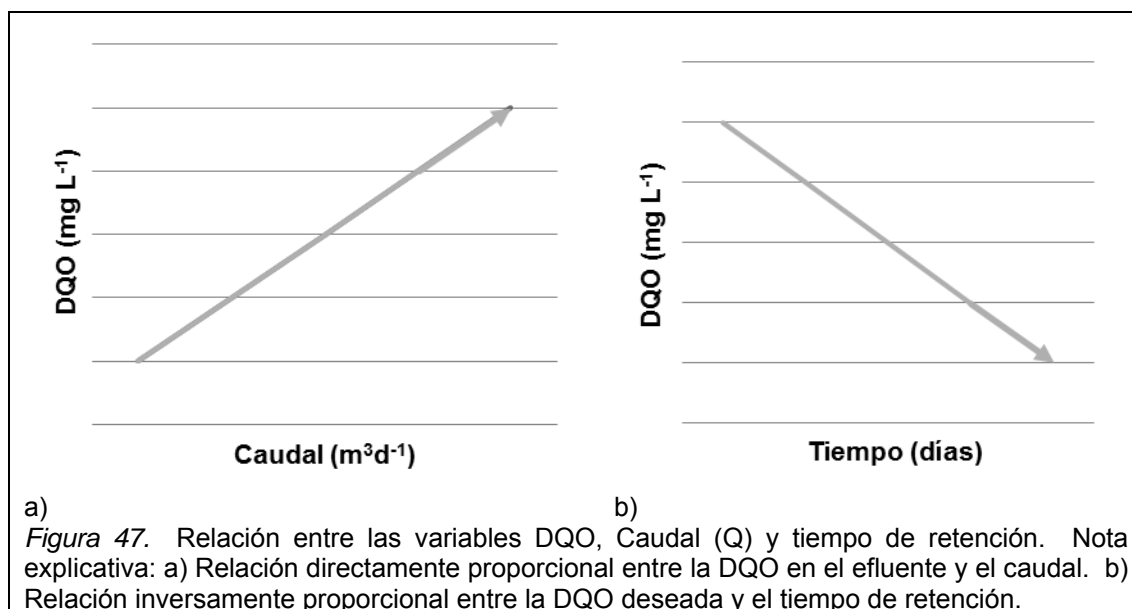
El volumen y las dimensiones de las unidades experimentales se determinaron en función tanto de las medidas de los humedales existentes en el campamento AMO1, como del espacio disponible para la implementación del experimento y las características de los materiales con los que se disponía en campo para la construcción de los cubetos experimentales.

Tabla 30. Resultados del modelo K-C* para DQO

Cin (mg L ⁻¹) =	427	
Q (m ³ d ⁻¹)	C _{out} (mg L ⁻¹)	t (días)
16.147753	400	0.03659952
2.95667215	300	0.19988689
1.34958849	200	0.43791126
0.9606953	150	0.61517944
0.66817834	100	0.8844944
0.56383602	80	1.0481771

Nota: Resultados arrojados por el modelo no mecanístico K-C*.

En la Tabla 30 el valor C_{in} corresponde a la concentración de materia orgánica en el agua cruda a tratar, el valor C_{out} corresponde a la concentración deseada en el efluente; el valor en rojo es el valor de concentración máximo permitido en el RAOHE para este contaminante. Los resultados del modelo indican que el caudal a ser ingresado a las unidades experimentales es de aproximadamente de 0,564 m³ d⁻¹ de agua residual, con un tiempo de retención hidráulica de 1,05 días.



Al analizar los datos arrojados por este modelo se puede observar que a medida que la concentración de DQO disminuye en el efluente, el valor del

caudal a ingresar también disminuye y el tiempo de retención aumenta, mostrando una relación directamente proporcional entre la concentración del contaminante en el efluente y el caudal diario que ingresa de agua residual, mientras que estos mismos parámetros muestran una relación inversamente proporcional con el tiempo de retención en las unidades experimentales.

5.2 ANÁLISIS POR PARÁMETROS

5.2.1 DQO o concentración de materia orgánica

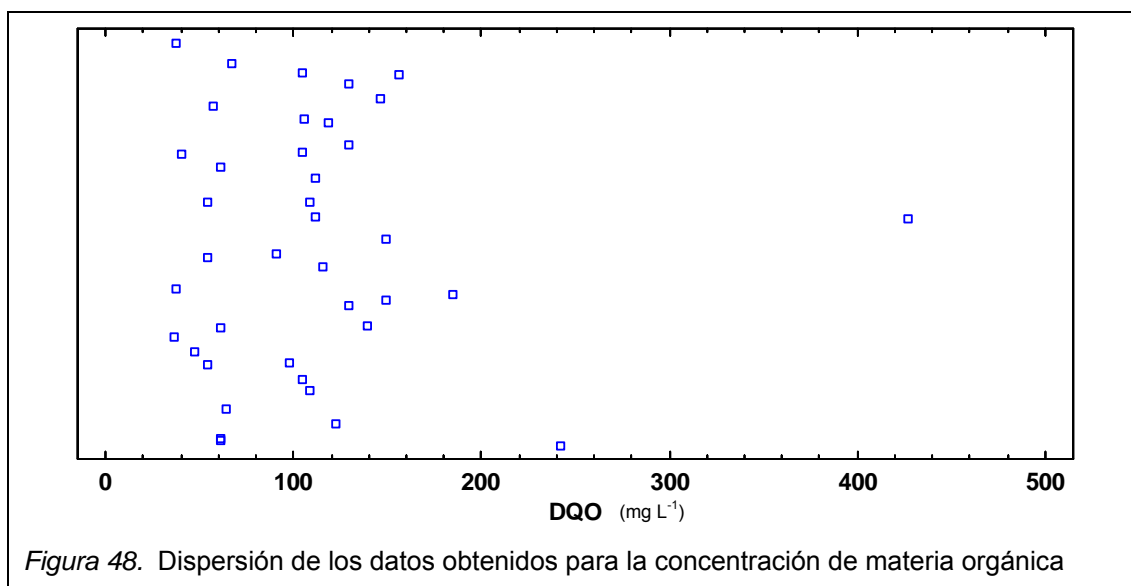


Figura 48. Dispersión de los datos obtenidos para la concentración de materia orgánica

La figura 48 advierte que la nube de puntos es más densa en el rango entre 50 y 150 mg L⁻¹ de concentración de DQO y se hace menos densa en los valores superiores e inferiores a este rango.

Se observa un punto extremo que es mayor a 400 mg L⁻¹, correspondiente al valor de concentración de DQO en el agua cruda.

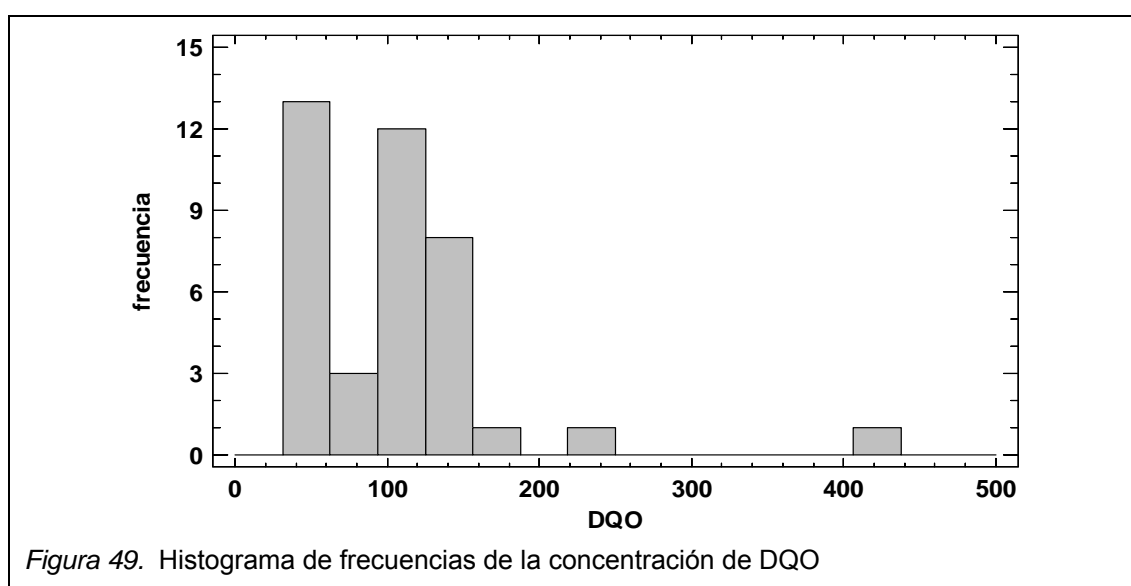
De la diferencia significativa mostrada entre la concentración de materia orgánica del agua sin tratamiento y los resultados posteriores al tratamiento, se concluye que existen efectos positivos en el agua al realizar un tratamiento previo a su descarga al cauce natural, es decir, que el tratamiento con

humedales artificiales beneficia significativamente la disminución de contaminantes tales como materia orgánica, confirmando que esta tecnología es útil para el tratamiento de efluentes como tratamiento terciario.

Tabla 31. Resumen estadístico para DQO

Recuento	39
Promedio	107,141
Desviación Estándar	69,426
Coficiente de Variación	64,799%
Mínimo	36,8
Máximo	427,0
Rango	390,2
Sesgo Estandarizado	7,0495
Curtosis Estandarizada	14,474

En la tabla 31, correspondiente al resumen estadístico de los datos obtenidos de concentración de materia orgánica, se observa que tanto los valores de sesgo y curtosis estandarizados están fuera del rango entre (-2 y +2), indicando que en los valores existe una desviación significativa de los datos respecto a la forma que toman los datos en el caso de una distribución normal, esta figura muestra la tendencia general de los resultados, es decir, sin hacer diferenciación de los datos arrojados por cada tratamiento.



En el histograma de frecuencias, mostrado en la figura 49, la altura de cada barra representa el número de observaciones en cada rango de concentración de materia orgánica, donde se identifica que la mayor cantidad de observaciones se dieron en el rango entre 30 y 60 mg L⁻¹.

En la tabla 32 se muestran los datos de frecuencia relacionados con los resultados de carga orgánica en los efluentes analizados a partir de la cual se puede afirmar que el 41% de los datos obtenidos fueron menores o iguales a una concentración de 93,75 mg L⁻¹.

Tabla 32. Tabla de Frecuencias para DQO

Clase	Límite		Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia		
	Inferior	Superior			Relativa	Acumulada	Rel. Acum.
	menor o igual	0		0	0,00	0	0,0000
1	0	31,25	15,63	0	0,00	0	0,0000
2	31,25	62,5	46,88	13	0,33	13	0,33
3	62,5	93,75	78,13	3	0,08	16	0,41
4	93,75	125,0	109,38	12	0,31	28	0,71
5	125,0	156,25	140,63	8	0,20	36	0,92
6	156,25	187,5	171,88	1	0,03	37	0,94
7	187,5	218,75	203,13	0	0,00	37	0,94
8	218,75	250,0	234,38	1	0,03	38	0,97
9	250,0	281,25	265,63	0	0,00	38	0,97
10	281,25	312,5	296,88	0	0,00	38	0,97
11	312,5	343,75	328,13	0	0,00	38	0,97
12	343,75	375,0	359,38	0	0,00	38	0,97
13	375,0	406,25	390,63	0	0,00	38	0,97
14	406,25	437,5	421,88	1	0,03	39	1,00
15	437,5	468,75	453,13	0	0,00	39	1,00
16	468,75	500,0	484,38	0	0,00	39	1,00
	mayor de	500,0		0	0,00	39	1,00

Nota: La tabla muestra valores de frecuencia de datos en relación a rangos de concentración y porcentajes acumulados.

A partir de los análisis realizados anteriormente se conoce que los datos no provienen de una distribución normal, es así que en estos casos es de mayor interés realizar una prueba de hipótesis respecto a la mediana poblacional más que sobre la media. Debido a esto se realizaron dos pruebas de hipótesis, una prueba de los signos y una de rangos con signo, de las cuales la prueba de los signos aceptó la hipótesis nula habiéndole dado un valor hipotético de 80 a la mediana poblacional.

Tabla 33. Prueba de los signos para la mediana de DQO

Hipótesis Nula:	Mediana = 80.0
Alternativa	No igual
Número de valores menores a la mediana hipotética	15
Número de valores mayores a la mediana hipotética	24
Estadístico para Grandes Muestras	1.28 (aplicada la corrección por continuidad)
Valor P	0.20
Se acepta la hipótesis nula para alfa = 0,05.	

Nota: La hipótesis nula se estableció con el parámetro definido por el RAOHE como límite máximo permisible, se acepta debido a que el valor P es mayor al valor de alfa.

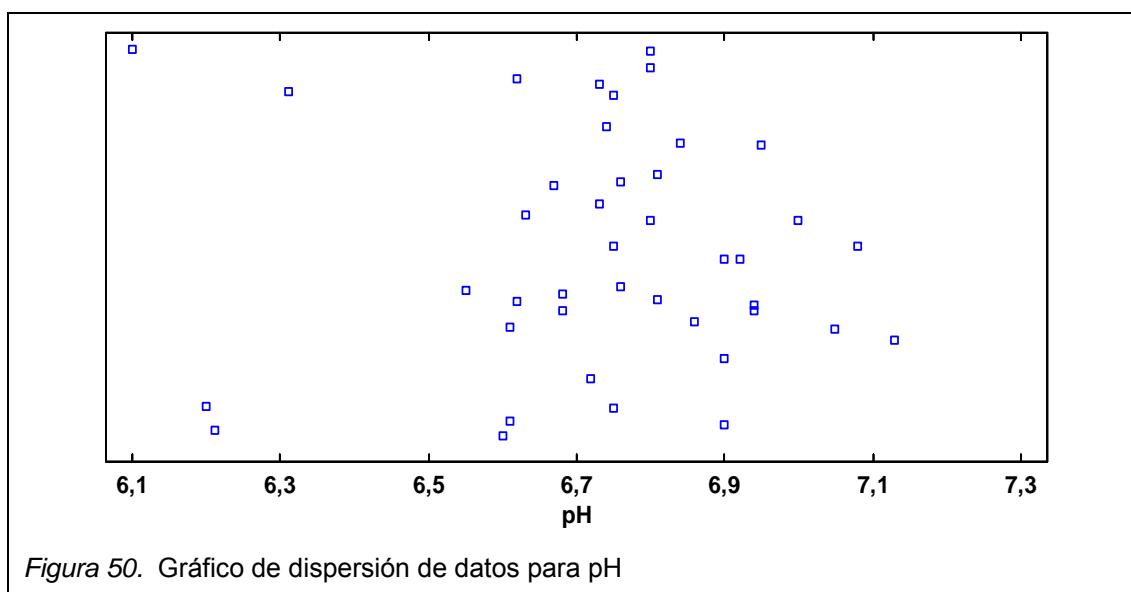
La Prueba de los Signos se basa en la comparación del número de observaciones por debajo de la mediana hipotética con el número de observaciones por arriba de la misma. Una gran discrepancia conduce al rechazo de la hipótesis nula. Al aceptar la hipótesis de la prueba de los signos se confirma que los datos provienen de una población donde la mediana del parámetro DQO o concentración de materia orgánica es igual a 80 mg L⁻¹.

Al observar los resultados de eliminación de la materia orgánica medida como demanda química de oxígeno se observa que los valores de remoción en los tratamientos se encuentran entre el 72% y 80% de eficiencia, los porcentajes reportados por otros autores de remoción de este contaminante se encuentran entre el 75% y 85% lo que confirma que los sistemas utilizados son eficaces en cuanto a la reducción de este contaminante.

En los tres meses de duración del tratamiento se observó que todos los sistemas de tratamiento constituidos cumplieron con los límites permisibles estipulados en la legislación a los 75 días de funcionamiento; sin embargo, el sistema plantado con la especie *Cyperus odoratus*, también nativa del Parque Nacional Yasuní, incrementó su concentración de DQO a los 82 días de experimentación, este resultado se atribuye al corto tiempo de vida de la planta observado en la experimentación incrementando la cantidad de materia orgánica contenida en el lecho.

La eficiencia de remoción de DQO en los cubetos sembrados con *Echinochloa polystachya*, comúnmente conocida como pasto alemán, fueron los de menor desempeño en la investigación.

5.2.2 pH



En la figura 50 los datos de pH arrojados por los tratamientos se representan a lo largo del eje horizontal, en el eje vertical los puntos se separan aleatoriamente para evitar que puntos con igual valor se superpongan.

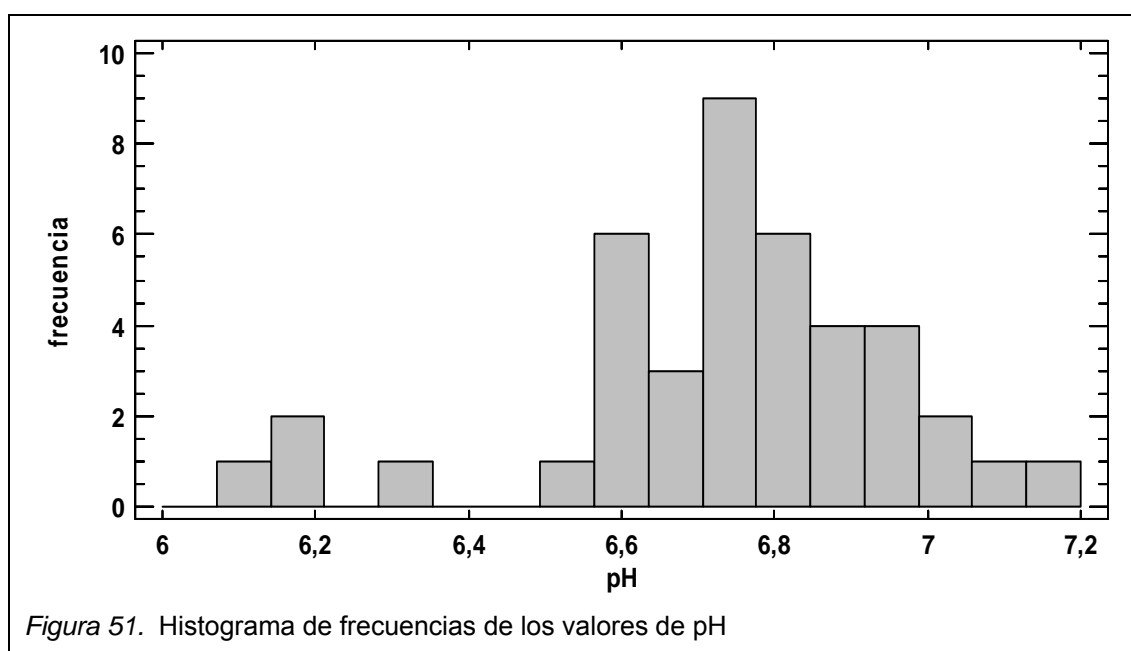
La figura muestra que los puntos se ubican mayormente en el rango entre 6.6 y 6.9 haciéndose menos densos en los valores de pH mayores y menores a este

rango, se observa también varios puntos extremos en los valores mayores a 7.1 y menores a 6.3.

Tabla 34. Resumen estadístico para pH

Recuento	41
Promedio	6,74
Desviación Estándar	0,22
Coefficiente de Variación	3,33 %
Mínimo	6,1
Máximo	7,13
Rango	1,03
Sesgo Estandarizado	-2,75
Curtosis Estandarizada	2,04

La tabla 34 muestra los valores estadísticos básicos de los datos obtenidos para pH con los tratamientos estudiados, los valores de sesgo y curtosis estandarizados se encuentran levemente fuera del rango (-2 a 2); sin embargo, en la figura 51, correspondiente a la frecuencia de valores, se observa que los valores muestran una forma muy cercana a la campana de Gauss, por lo que se puede decir que los datos de pH siguen una distribución muy próxima a la distribución normal.



En el histograma, mostrado de la Figura 51, se identifica que el mayor número de observaciones realizadas durante la fase experimental se encuentran entre los valores de pH 6,7 y 6,8 lo que se confirma con los valores mostrados en la tabla 30 donde se observan los valores y porcentajes obtenidos.

Tabla 35. Tabla de Frecuencias para pH

Clase	Límites		Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia		
	Inferior	Superior			Relativa	Acumulada	Rel. Acum.
	menor o igual	6,0		0	0,00	0	0,00
1	6,0	6,07	6,03	0	0,00	0	0,00
2	6,07	6,14	6,10	1	0,02	1	0,02
3	6,14	6,21	6,17	2	0,04	3	0,07
4	6,21	6,28	6,24	0	0,00	3	0,07
5	6,28	6,35	6,31	1	0,02	4	0,09
6	6,35	6,42	6,38	0	0,00	4	0,09
7	6,42	6,49	6,45	0	0,00	4	0,09
8	6,49	6,56	6,52	1	0,02	5	0,12
9	6,56	6,63	6,6	6	0,14	11	0,26
10	6,63	6,70	6,67	3	0,07	14	0,34
11	6,70	6,77	6,74	9	0,21	23	0,56
12	6,77	6,84	6,81	6	0,14	29	0,70
13	6,84	6,91	6,88	4	0,09	33	0,80
14	6,91	6,98	6,95	4	0,09	37	0,90
15	6,98	7,05	7,02	2	0,04	39	0,95
16	7,05	7,12	7,09	1	0,02	40	0,97
17	7,12	7,2	7,16	1	0,02	41	1,00
	mayor de	7,2		0	0,00	41	1,00

Nota: Media = 6,74 Desviación Estándar = 0,22

La tabla de frecuencias es un método común de resumir datos cuantitativos, construye k intervalos que cubren el rango de los datos y luego calcula el número de observaciones que caen dentro de cada intervalo. Los valores mostrados en la tabla 35 tienen relación directa con el histograma mostrado en la figura 51, ya que confirma, por ejemplo, que el 34% de los datos son

menores a 6.7 en la escala de pH, lo que claramente se observa en el mencionado histograma.

Para el parámetro pH se pretendía conocer si los datos provienen de una población en la cual la media sea igual a 7.0 o pH neutro, para esto se realizó la prueba t para la media muestral comparándola con una distribución t de Student, con lo que se confirmó que los datos no provienen de una población en la cual la media es igual a 7.0 ya que la hipótesis fue rechazada.

Tabla 36. Prueba t de Student para la media poblacional de pH

Hipótesis Nula	media = 7.0
Alternativa	No igual
Estadístico t	-7.49
Valor P	3.8373E-9
Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.	

Después del recorrido del agua por los diferentes tratamientos el pH del agua cruda se ve moderadamente alcalinizado mostrando valores entre 6.6 y 6.8, excepto en la última fecha de muestreo en el tratamiento testigo donde el pH baja a un valor de 6,16. En este sentido, los tratamientos que más acercan sus valores al de pH neutro son los sistemas con plantas nativas del Parque Nacional Yasuní, es decir, los que cuentan con sembrío de *Hymenachne amplexicaulis* y *Cyperus odoratus*. El tratamiento que alcalinizó en menor cantidad el pH del agua en toda la experimentación fue el tratamiento con *Echinochloa polystachya*.

Se conoce que varios procesos son responsables del aumento de la alcalinidad en los humedales artificiales entre los cuales se encuentran procesos tales como: la amonificación, desnitrificación, nitrificación, reducción bacteriana, entre otros, por lo que se puede decir que el desempeño de las unidades experimentales ha sido congruente con este criterio.

5.2.3 Nitrógeno

En lo que se refiere a la eliminación de este nutriente en los sistemas que fueron construidos para la experimentación, muestran porcentajes de remoción entre 28 y 43% siendo menores a los porcentajes reportados por otros autores para humedales artificiales de flujo subsuperficial, los cuales indican resultados de remoción que se encuentran en un rango entre el 40 y 50%.

El tratamiento que mostró mejor desempeño en cuanto a la remoción de nitrógeno del agua fue el sistema sembrado con *Hymenachne amplexicaulis*, mostrando una capacidad de remoción del 43,40% seguido por el sistema sembrado con *Cyperus odoratus* cuyo valor de remoción es de 41,51%.

En tercer lugar, en cuanto a eficiencia de remoción de este nutriente, se encuentra el sistema plantado con la especie *Echinochloa polystachya*, misma que mostró un porcentaje de 35,85% de remoción respecto a este contaminante y finalmente el tratamiento testigo fue el de menor desempeño mostrando 28,30% de eliminación de nitrógeno.

Se entiende que la nitrificación en los humedales experimentales fue efectuada por bacterias autótrofas aeróbicas convirtiendo el amonio en nitrato, luego, la reacción de la desnitrificación permite eliminar el nitrato formado previamente por la nitrificación y convertirlo en nitrógeno gas.

La desnitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno elemental, este proceso requiere de condiciones anaerobias, las cuales se existen en algunas zonas de los cubetos. Esto confirma que la disminución de este nutriente en las unidades experimentales se dio por la volatilización del nitrógeno en forma de gas y adsorción del nitrógeno por parte del material del sustrato.

Todos los tratamientos analizados en la presente investigación mostraron disminución en la cantidad de nitrógeno de los efluentes tratados, lo que se adjudica no sólo a las capacidades individuales de absorción de este nutriente

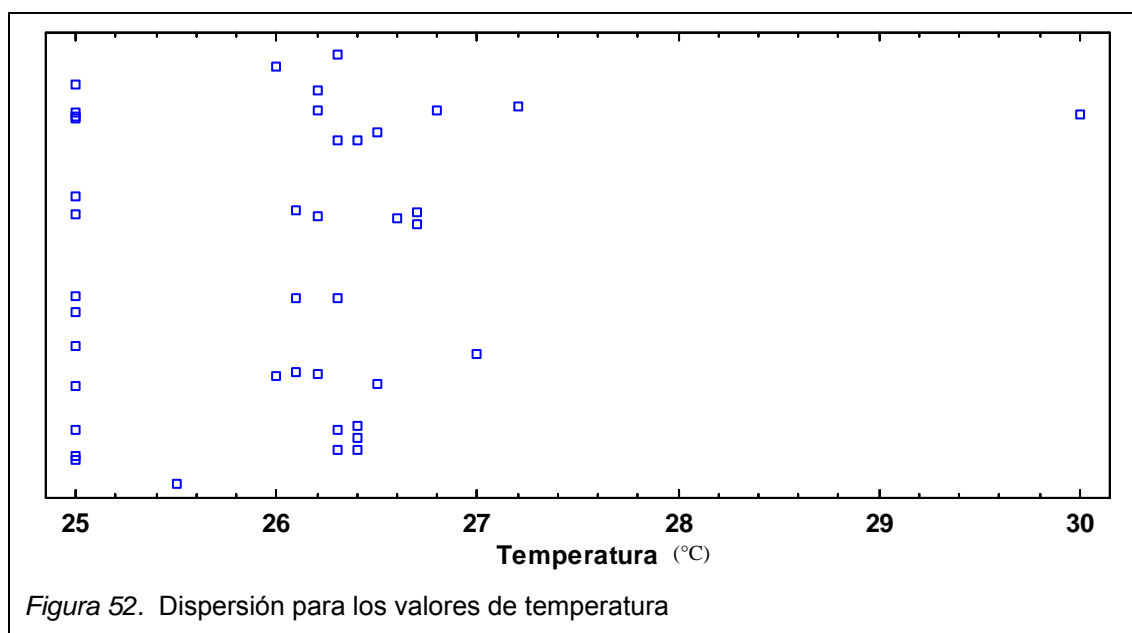
por parte de cada una de las plantas investigadas para su metabolismo sino además por los procesos que se desarrollan en el humedal.

En la tabla 37 se exponen los resultados de los tratamientos en cuanto a su eficiencia de remoción.

Tabla 37. Eficiencia de remoción mostrada en cada tratamiento

Tratamiento	% Remoción	
	DQO	Nitrógeno
<i>Cyperus odoratus</i>	74,92%	41,51%
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	80,28%	43,40%
<i>Echinochloa polystahya</i>	72,88%	35,85%
Testigo	80,09%	28,30%

5.2.4 Temperatura



Respecto a los datos de temperatura, la Figura 52 correspondiente al gráfico de dispersión, muestra la existencia de algunos valores en los 25°C; nos obstante, la nube se concentra también en los valores entre 26 y 26.8°C. Se observa además un valor extremo en los 30°C correspondiente a la temperatura del agua cruda.

Tabla 38. Resumen Estadístico para Temperatura

Recuento	41
Promedio	26,02
Desviación Estándar	0,94
Coeficiente de Variación	3,62%
Mínimo	25,0
Máximo	30,0
Rango	5,0
Sesgo Estandarizado	4,43
Curtosis Estandarizada	8,81

En la tabla 38 se destacan los valores de sesgo estandarizado así como la curtosis estandarizada, los cuales se encuentran fuera del rango (-2,2), lo que indicaría que los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 39. Frecuencias para la temperatura

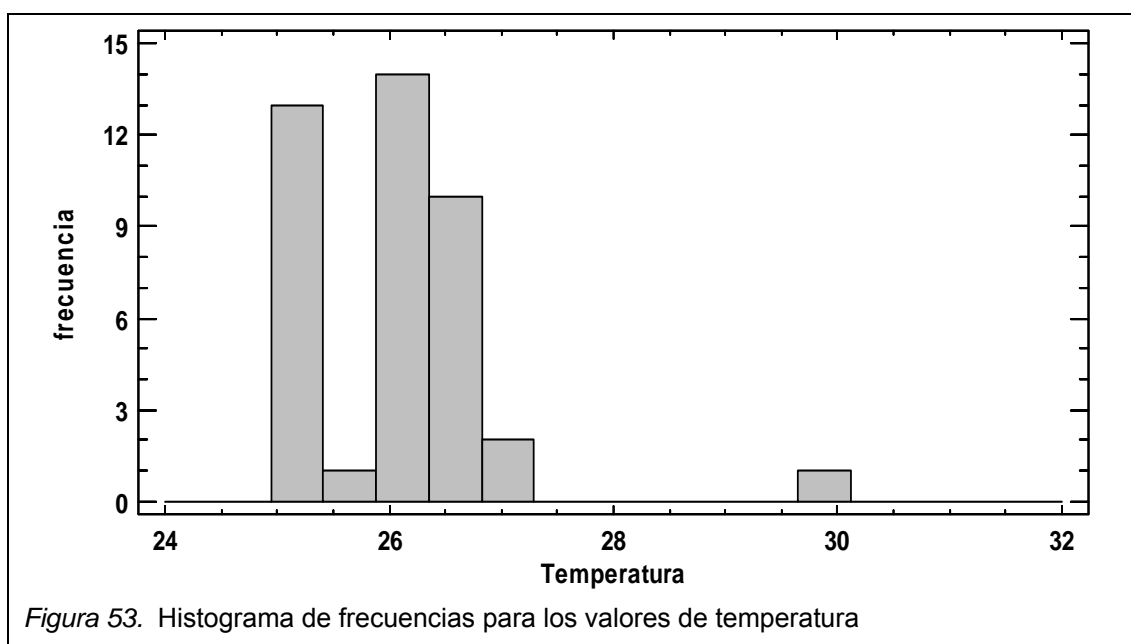
Clase	Límite		Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia		
	Inferior	Superior			Relativa	Acumulada	Rel. Acum.
	menor o igual	24,0		0	0,00	0	0,00
1	24,0	24,47	24,23	0	0,00	0	0,00
2	24,47	24,94	24,70	0	0,00	0	0,00
3	24,94	25,41	25,17	13	0,31	13	0,31
4	25,41	25,88	25,64	1	0,02	14	0,34
5	25,88	26,35	26,11	14	0,34	28	0,68
6	26,35	26,82	26,59	10	0,24	38	0,92
7	26,82	27,29	27,06	2	0,05	40	0,97
8	27,29	27,76	27,53	0	0,00	40	0,97
9	27,76	28,23	28,0	0	0,00	40	0,97
10	28,23	28,70	28,47	0	0,00	40	0,97
11	28,70	29,17	28,94	0	0,00	40	0,97
12	29,17	29,64	29,41	0	0,00	40	0,97
13	29,64	30,11	29,88	1	0,02	41	1,00
14	30,11	30,59	30,35	0	0,00	41	1,00
15	30,59	31,06	30,82	0	0,00	41	1,00
16	31,06	31,53	31,29	0	0,00	41	1,00
17	31,53	32,0	31,76	0	0,00	41	1,00
	mayor de	32,0		0	0,00	41	1,00

Nota: Media = 26,01 Desviación Estándar = 0,94

De la tabla 39, correspondiente a los datos de frecuencia para los valores de temperatura se concluye que aproximadamente el 32% de los datos son menores o iguales a 25.4°C, es decir la tercera parte de los datos de temperatura tomados durante la fase experimental en todos los tratamientos analizados cayeron en un rango igual o menor a este valor. Es así como se puede aseverar que los tratamientos con los humedales artificiales a escala piloto contribuyen a que no exista contaminación calórica en los cauces naturales donde se descarga el agua.

Por otro lado, la temperatura máxima registrada fue de 30°C, valor que correspondía a la temperatura del agua residual cruda que se dirigía a los humedales artificiales del campamento AMO 1.

En la figura 53 mostrada a continuación se observa gráficamente los resultados obtenidos de la tabla de frecuencias para este parámetro.



En el histograma mostrado en la figura 53 se nota que los valores que se repitieron con mayor frecuencia son los localizados entre los valores de 25.8°C y 26.4°C. Cabe recalcar que 25°C fue la temperatura que más repitió en los tratamientos principalmente en la fase final de la experimentación.

Para los valores de temperatura se hizo una prueba de hipótesis para la desviación estándar de la población con el objetivo de comprobar si la desviación era igual a 1, donde el estadístico de prueba se compara con una distribución chi-cuadrada, los resultados de esta prueba se observan en la tabla 40.

Tabla 40. Prueba chi-cuadrada

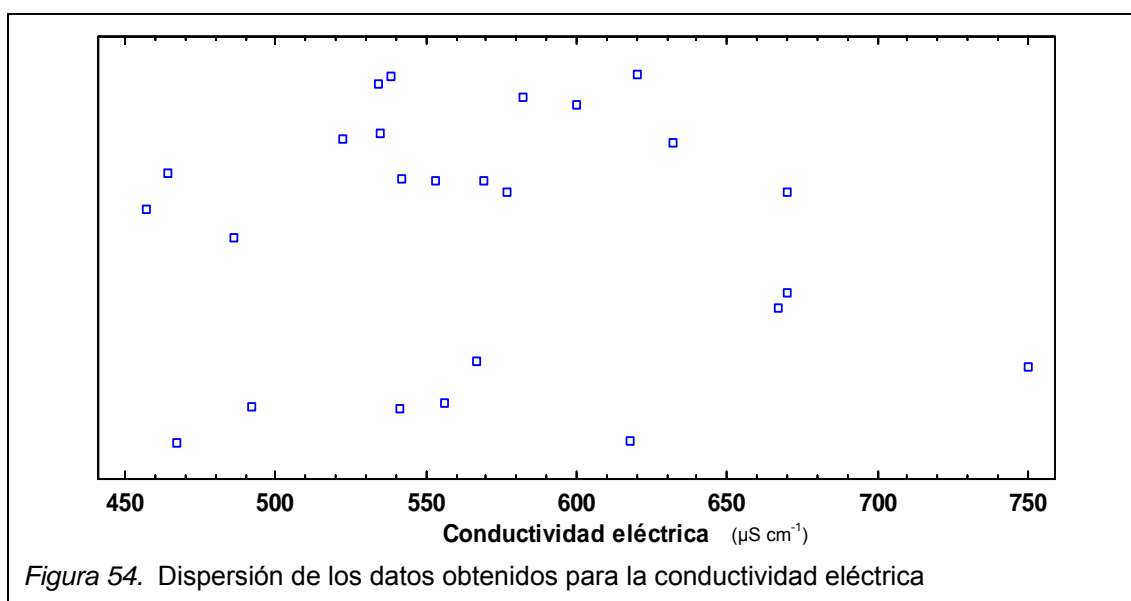
Hipótesis Nula	Sigma = 1.0
Alternativa	No igual
Chi-cuadrado calculado	35,438
Valor P	0,648764
Se acepta la hipótesis nula para alfa = 0,05	

Como se observa en la tabla 40 la hipótesis de que la desviación estándar de los datos es igual a uno se acepta después de realizar la prueba chi-cuadrada.

La temperatura del agua cruda se vio disminuida entre 3,9 y 4,2 °C siendo nuevamente los tratamientos con *Hymenachne amplexicaulis* y *Cyperus odoratus* los que mayormente estabilizaron y redujeron la temperatura del agua. Por otro lado, el tratamiento que disminuyó en menor cantidad la temperatura es el tratamiento testigo, esto se puede asumir a la falta de población vegetal en estos últimos cubetos, la que ayudaría a reducir las temperaturas en correspondencia con la densidad poblacional de la especie sembrada.

La temperatura del agua que ingresó a los cubetos experimentales permitió el crecimiento de la población bacteriana otorgándoles las condiciones adecuadas para su desarrollo en el lecho del humedal artificial, siendo estas bacterias las que cumplen mayormente con el tratamiento del agua contaminada.

5.2.5 Conductividad Eléctrica



Para el parámetro de conductividad eléctrica se observa, en la figura 54, que los datos se encuentran bastante dispersos, la nube de datos no se muestra más densa en ningún rango específico sino que se distribuye de manera equitativa entre los valores de 520 y 670 $\mu\text{S cm}^{-1}$; sin embargo, en el rango entre 450 y 500 $\mu\text{S cm}^{-1}$ también se encuentran algunos valores, los cuales representan los resultados más bajos obtenidos durante la fase experimental. Se muestra además en la figura un valor extremo en 750 $\mu\text{S cm}^{-1}$ correspondiente al valor de conductividad eléctrica en el agua residual cruda.

Tabla 41. Resumen Estadístico para Conductividad eléctrica

Recuento	25
Promedio	568,36
Desviación Estándar	72,80
Coefficiente de Variación	12,81%
Mínimo	457,0
Máximo	750,0
Rango	293,0
Sesgo Estandarizado	1,15
Curtosis Estandarizada	0,19

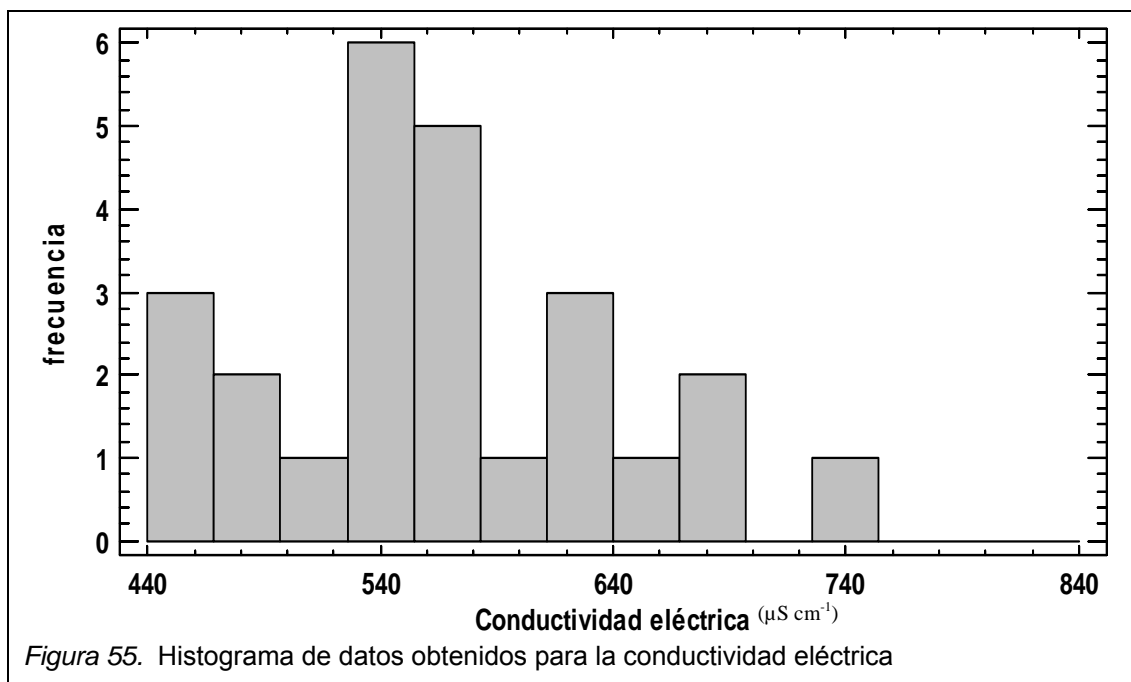
Tabla 42. Tabla de Frecuencias para Conductividad eléctrica

Clase	Límite		Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia		
	Inferior	Superior			Relativa	Acumulada	Rel. Acum
	menor o igual	440,0		0	0,00	0	0,00
1	440,0	468,57	454,29	3	0,12	3	0,12
2	468,57	497,14	482,86	2	0,08	5	0,20
3	497,14	525,71	511,43	1	0,04	6	0,24
4	525,71	554,29	540,0	6	0,24	12	0,48
5	554,29	582,86	568,57	5	0,20	17	0,68
6	582,86	611,43	597,14	1	0,04	18	0,72
7	611,43	640,0	625,71	3	0,12	21	0,84
8	640,0	668,57	654,29	1	0,04	22	0,88
9	668,57	697,14	682,86	2	0,08	24	0,96
10	697,14	725,71	711,43	0	0,00	24	0,96
11	725,71	754,29	740,0	1	0,04	25	1,00
12	754,29	782,86	768,57	0	0,00	25	1,00
13	782,86	811,43	797,14	0	0,00	25	1,00
14	811,43	840,0	825,71	0	0,00	25	1,00
	mayor de	840,0		0	0,00	25	1,00

Nota: Media = 568,36 Desviación Estándar = 72,80

En la información estadística presentada en la tabla 42 se observa que los datos relevantes, tales como los valores del sesgo estandarizado y así como la curtosis estandarizada están dentro del rango (-2,+2) lo que indica que los datos podrían seguir una distribución normal.

Se observa que el 48% de los datos, es decir aproximadamente la mitad de los valores obtenidos en la experimentación, son menores o iguales a $554 \mu\text{S cm}^{-1}$, rango en el que se encontraron 6 observaciones en la fase experimental, a este dato le siguen las 5 observaciones en el rango menor o igual a $582 \mu\text{S cm}^{-1}$, lo que indica que el agua efluente de los tratamientos analizados puede ser utilizada como agua para usos agrícolas posteriores.



En la figura 55 se observa que los valores de acuerdo a la frecuencia de sus observaciones siguen una curva similar a la curva de la normal, el dato con mayor frecuencia o más observaciones en el histograma corresponde a $540 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Habiendo señalado en el marco teórico del presente estudio los parámetros aceptables para el uso de agua residuales tratadas con fines agrícolas se puede asegurar que las aguas obtenidas de los tratamientos efectuados cumplen con la conductividad eléctrica deseada para su posterior uso en agricultura, ya que sus valores son menores a $680 \mu\text{S cm}^{-1}$ confirmando que el uso de estos efluentes no tiene problema para tal fin.

Para la conductividad eléctrica se espera un valor aproximado de $570 \mu\text{S cm}^{-1}$ por lo que se realizaron las pruebas de hipótesis para la media y la mediana con este valor, las pruebas arrojaron datos de aceptación de las hipótesis lo que indica que los datos provienen de una población donde la media y la mediana coinciden en el mismo valor.

Tabla 43. Pruebas de hipótesis para la conductividad eléctrica

Media Muestral	568,36
Mediana Muestral	556,0
Desviación Estándar de la Muestra	72,80
<u>Prueba t</u>	
Hipótesis Nula	media = 570,0
Alternativa	no igual
Estadístico t	-0,112
Valor P	0,911
Se acepta la hipótesis nula para alfa = 0,05	

Tabla 44. Prueba de los signos

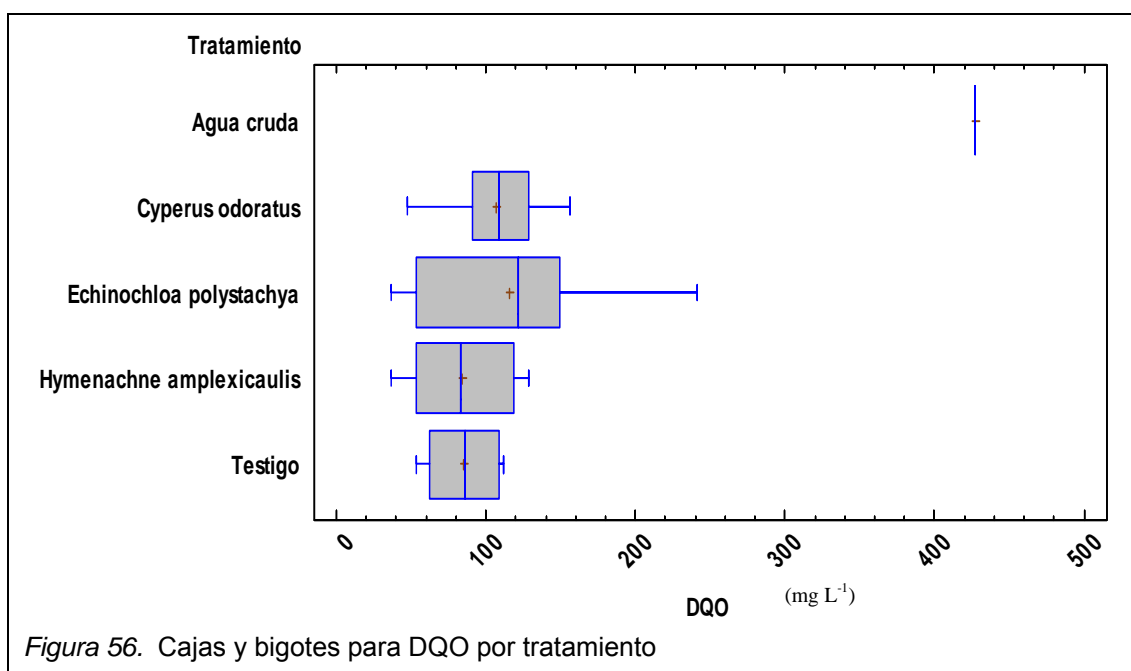
Hipótesis Nula:	mediana 570,0
Alternativa	no igual
Número de valores menores a la mediana hipotética	15
Número de valores mayores a la mediana hipotética	10
Estadístico para Grandes Muestras	0,8 (aplicada la corrección por continuidad)
Valor P	0,423
Se acepta la hipótesis nula para alfa = 0,05.	

A partir de las tablas 43 y 44 al aceptar la hipótesis nula se confirma que los datos provienen de poblaciones para las cuales la mediana es $570 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Tabla 45. Prueba de rangos con signo

Hipótesis Nula	mediana = 570,0
Alternativa	no igual
Rango medio de valores menores a la mediana hipotética	11,96
Rango medio de valores mayores a la mediana hipotética	14,55
Estadístico para Grandes Muestras	0,444 (aplicada la corrección por continuidad)
Valor P	0,657
Se acepta la hipótesis nula para alfa = 0,05.	

5.3 ANÁLISIS DE REMOCIÓN POR TRATAMIENTO



La figura 56 muestra los cuadros de datos de cada tratamiento evaluado en cuanto a la remoción de materia orgánica, los cuales se representan desde el cuartil inferior de la muestra hasta el cuartil superior. En el intervalo simbolizado por la caja se encuentran el 50% de los valores de los datos al ser estos ordenados de mayor a menor. La línea vertical dentro de la caja representa el valor de la mediana en cada tratamiento; la diferencia entre las líneas medianas muestra que el tratamiento con *Echinochloa polystachya* presentó mayor concentración de DQO en el efluente durante la experimentación, mientras el tratamiento con *Hymenachne amplexicaulis* arroja valores de concentración de DQO menores a los demás tratamientos.

El signo más (+) identifica la ubicación de la media muestral para cada tratamiento, donde se observa que la media del tratamiento con *Echinochloa polystachya* es igualmente mayor respecto a los demás tratamientos; sin embargo, la media entre el tratamiento con *Hymenachne amplexicaulis* y el tratamiento testigo no muestran mayor diferencia.

La figura 56 muestra además los datos agrupados por cada tratamiento ejecutado en la experimentación, el rectángulo de mayor ancho es el del tratamiento con *Echinochloa polystachya* lo que indica que existió mas variabilidad entre los datos con este tratamiento, mientras que en la figura del tratamiento con *Cyperus odoratus* el rectángulo es el más pequeño indicando que los valores tuvieron menor variabilidad con este tratamiento.

Tabla 46. Resumen estadístico para DQO por tratamiento

Tratamiento	Prom	Med	DesvStd	Mín	Máx	Rango	Cuartil Inferior	Cuartil Superior
<i>Cyperus odoratus</i>	107,08	108,9	34,97	47,0	156,1	109,1	91,0	128,9
<i>Echinochloa polystachya</i>	115,82	122,05	68,41	37,0	241,8	204,8	53,9	149,0
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	84,25	82,85	38,43	36,8	129,0	92,2	53,9	118,6
Testigo	85,0	86,25	25,36	53,9	111,8	57,9	62,5	108,4
Total	98,72	105,0	45,96	36,8	241,8	205,0	60,7	128,9

Nota: En la tabla se observa un resumen de los resultados obtenidos diferenciados por cada tratamiento evaluado.

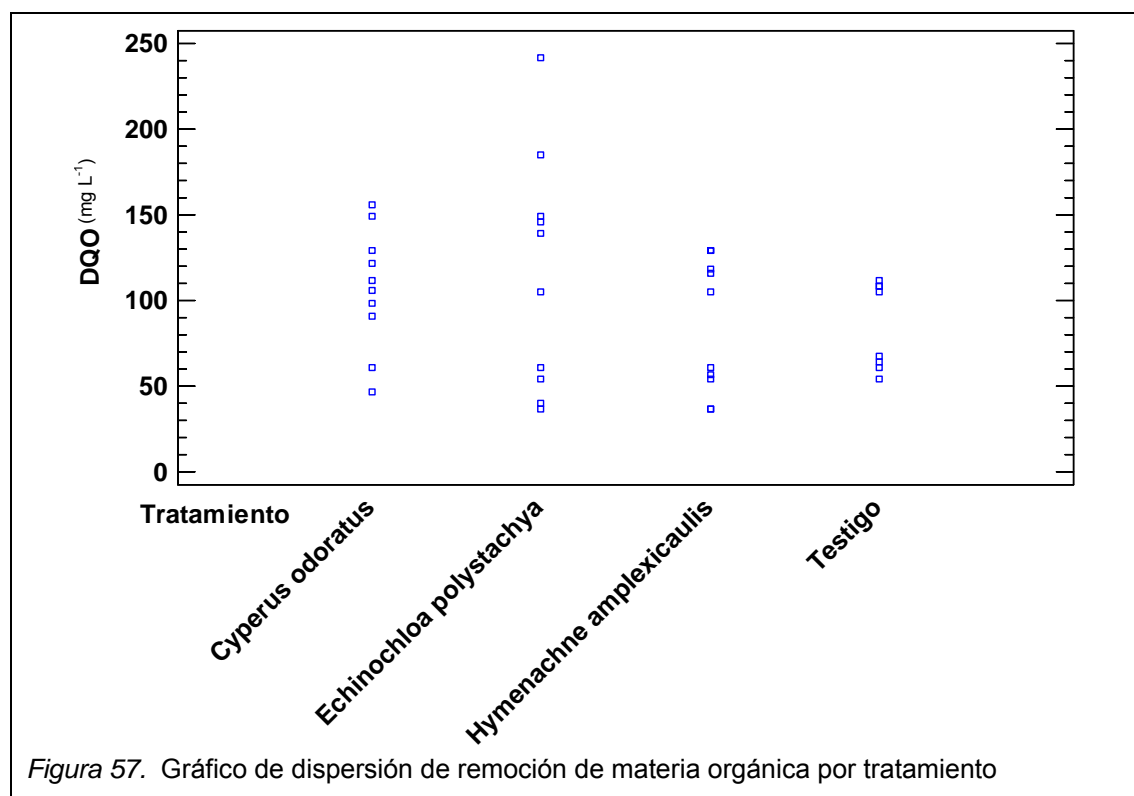


Figura 57. Gráfico de dispersión de remoción de materia orgánica por tratamiento

El gráfico de dispersión de DQO mostrado en la figura 57 indica que por cada tratamiento existieron diferencias en los valores de DQO obtenidos durante la experimentación, donde el de mayor rango o variabilidad fue el tratamiento con *Echinochloa polystachya* (pasto alemán).

Tabla 47. Resumen Estadístico para DQO

<i>Tratamiento</i>	<i>Prom</i>	<i>Desv Std.</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandar</i>	<i>Curtosis Std.</i>
<i>Cyperus odoratus</i>	107,08	34,97	32,66%	47,0	156,1	109,1	-0,480	-0,262
<i>Echinochloa polystachya</i>	115,82	68,41	59,07%	37,0	241,8	204,8	0,607	-0,406
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	84,25	38,43	45,61%	36,8	129,0	92,2	-0,045	-1,360
Testigo	85,0	25,36	29,84%	53,9	111,8	57,9	-0,076	-1,475
Total	98,72	45,96	46,55%	36,8	241,8	205,0	1,943	1,2587

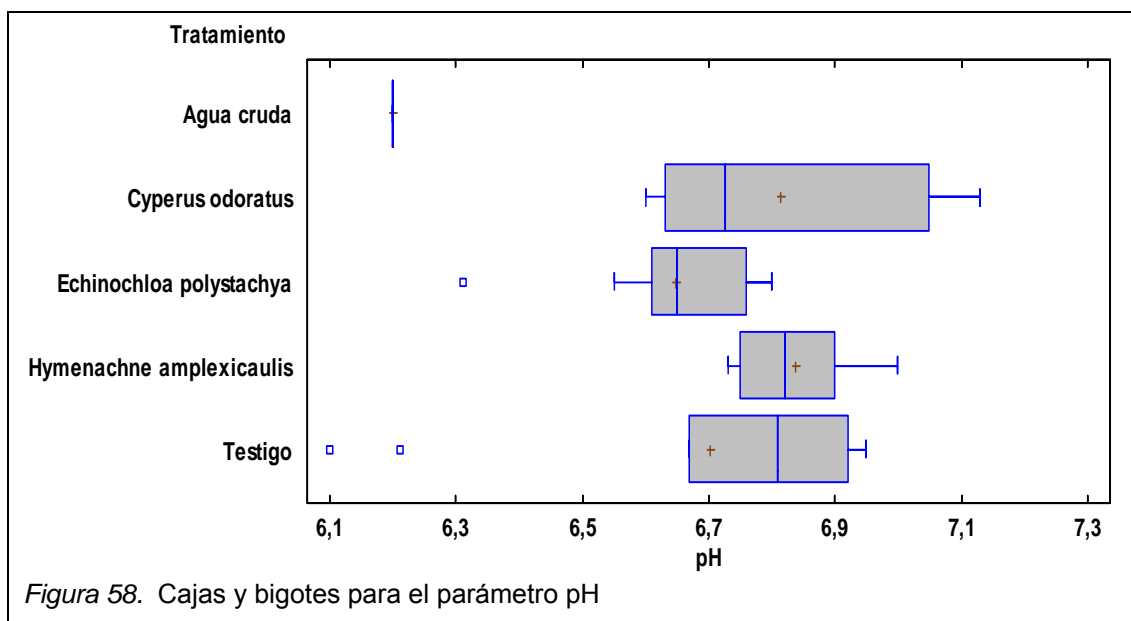
Nota: Tanto el sesgo como la curtosis son datos estandarizados

En la tabla 47, que muestra el resumen estadístico del análisis ANOVA para DQO por tratamiento, se observa que en el recuento de datos todos tienen el mismo número de observaciones, excepto el tratamiento testigo en el cual se perdió el primer muestreo en ambos experimentos.

Se observa además que el tratamiento con *Echinochloa polystachya* (pasto alemán) es el que presenta el rango más grande en cuanto a la desviación estándar, seguido por el tratamiento con *Hymenachne amplexicaulis* (canutillo), luego el tratamiento con *Cyperus odoratus* (totorilla) y finalmente el tratamiento testigo, el cual es el que presenta menor variación en cuanto a la desviación estándar.

A pesar de que en el análisis global de DQO, es decir sin diferenciación por tratamiento, se observó que los datos no provenían de una distribución normal, para el análisis diferenciado por tratamiento los datos de sesgo y curtosis estandarizada se encuentran dentro del rango (-2,+2), por lo que se puede

decir que los datos, distinguidos por tipo de tratamiento provienen de distribuciones normales.



Para el parámetro pH se observa que el tratamiento con *Cyperus odoratus* es el que muestra mayor variabilidad en los datos colectados durante la fase experimental, mientras que el tratamiento con *Hymenachne amplexicaulis* tiene el menor rango de variación. En lo que se refiere a los valores de la mediana la planta *Echinochloa polystachya* muestra el menor valor; a pesar de eso, al tratarse de pH los valores más bajos no son los deseables ya que indican acidez en el agua.

Como se observa en la figura 58 existen algunos valores fuera de los rectángulos y de los bigotes, los cuales identifican valores atípicos o extremos, por ejemplo en el tratamiento testigo los valores de pH en la etapa final de la experimentación bajaron drásticamente a 6.1; igualmente en el tratamiento con *Echinochloa polystachya* se muestra un valor atípico de 6.3.

A partir de esta información se observa que todos los tratamientos alcalinizan levemente el pH del agua, lo que se puede concluir por varios aspectos, entre ellos debido a la fotosíntesis llevada a cabo por parte de las algas que crecen

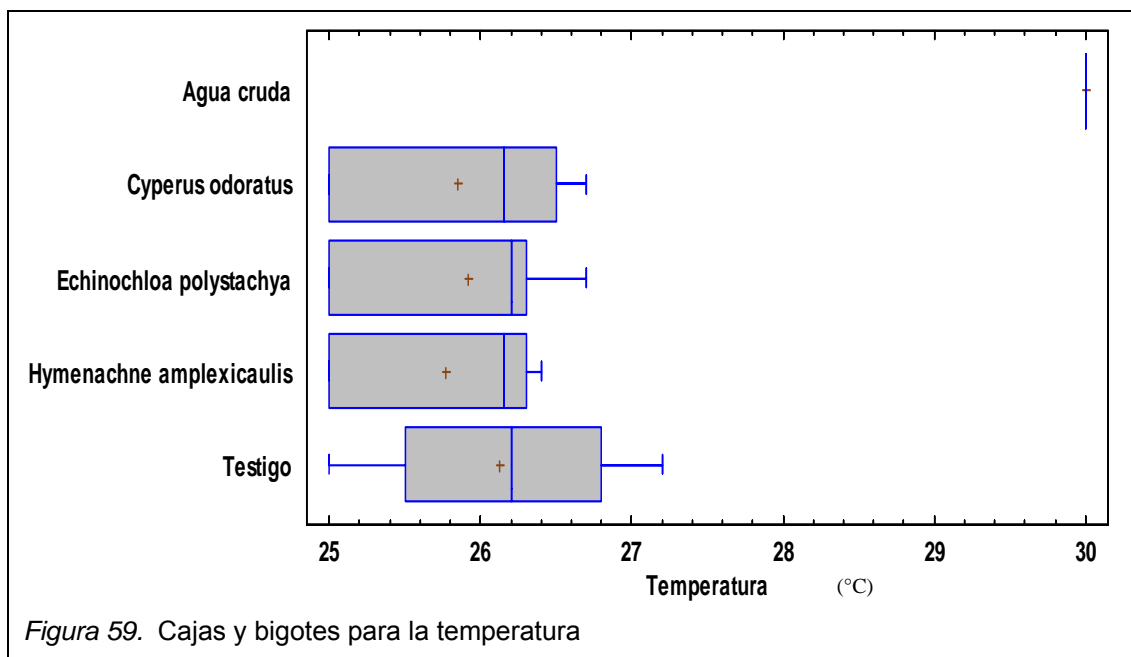
en el lecho del humedal en simbiosis con las especies vegetales establecidas lo que implica aporte de oxígeno hacia el agua y alcalinización del pH; por otro lado, el lecho al estar constituido de material pétreo contiene carbonatos, elementos que absorbe el agua al filtrarse por el sustrato alcalinizando ligeramente el efluente.

El tratamiento testigo en la fase final de la experimentación acidifica el agua, este efecto puede atribuirse a la ausencia de algas y especies vegetales en el tratamiento que aporten oxígeno en el proceso y permitan que el agua incremente sus valores de pH.

Tabla 48. Resumen estadístico para pH

Tratamiento	Prom	Med	Desv Std	Mín	Máx	Rango	Cuartil Inferior	Cuartil Superior	Rango Intercuartílico
Agua cruda	6,2	6,2		6,2	6,2	0	6,2	6,2	0
<i>Cyperus odoratus</i>	6,814	6,725	0,206	6,6	7,13	0,53	6,63	7,05	0,42
<i>Echinochloa polystachya</i>	6,648	6,65	0,147	6,31	6,8	0,49	6,61	6,76	0,15
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	6,837	6,82	0,093	6,73	7,0	0,27	6,75	6,9	0,15
Testigo	6,702	6,81	0,302	6,1	6,95	0,85	6,67	6,92	0,25
Total	6,736	6,75	0,224	6,1	7,13	1,03	6,63	6,9	0,27

Nota: Los valores mostrados en la tabla hacen referencia a los resultados obtenidos para el parámetro de pH.



Respecto a los valores de temperatura se puede señalar que los cuatro tratamientos muestran aproximadamente los mismos rangos de disminución; sin embargo, el tratamiento con *Cyperus odoratus* muestra valores mayores a 26°C. Por otro lado el tratamiento testigo presenta también el 50% de sus valores en un rango mayor respecto a los demás tratamientos.

En cuanto a las medianas se puede decir que no existe mayor diferencia entre los tratamientos, ya que sus valores se encuentran entre los 26°C y 26.2°C. El tratamiento con *Hymenachne amplexicaulis* presenta el valor más bajo en su promedio global en relación con los demás tratamientos.

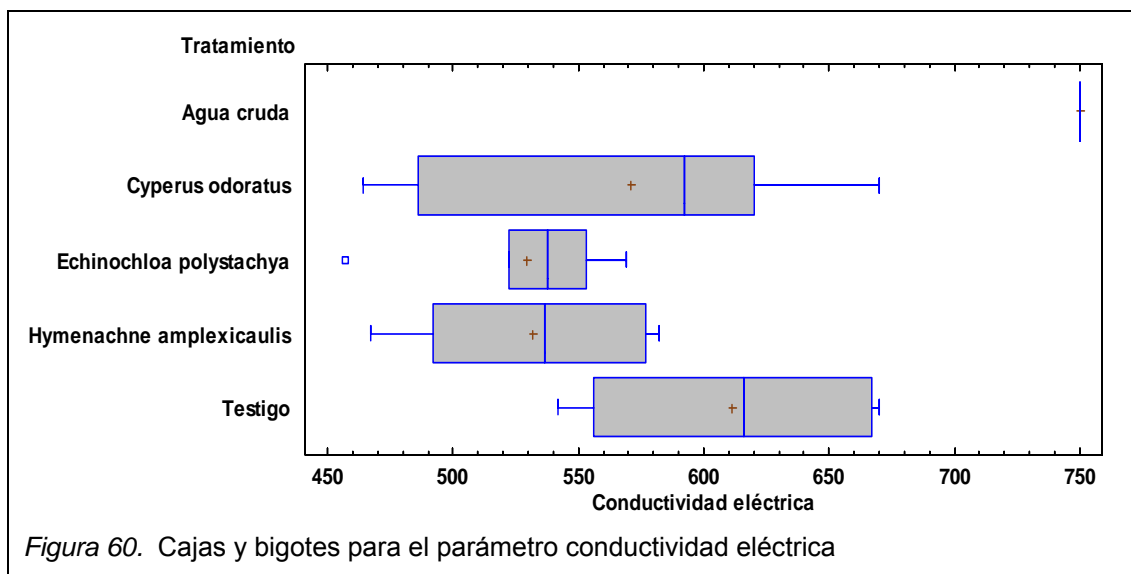
De la figura 59 se entiende que los tratamientos con plantas disminuyen la temperatura del agua, lo que puede aducirse a que existe transferencia de energía calórica del agua hacia los cuerpos vivos confirmando la capacidad de absorción de calor por parte de la vegetación, además existe transferencia de calor del agua hacia el lecho de los cubetos experimentales como sucede principalmente en el tratamiento testigo, pero que no llega a reducir la cantidad que demuestran los tratamientos con plantas debido a la ausencia de especies vegetales en el tratamiento.

Tabla 49. Resumen estadístico para el parámetro temperatura

Tratamiento	Prom	Med	Desv Std	Mín	Máx	Rango	Cuartil Inferior	Cuartil Superior	Rango Inter cuartílico
Agua cruda	30,0	30,0		30,0	30,0	0	30,0	30,0	0
<i>Cyperus odoratus</i>	25,85	26,1	0,754	25,0	26,7	1,7	25,0	26,5	1,5
<i>Echinochloa polystachya</i>	25,92	26,2	0,657	25,0	26,7	1,7	25,0	26,3	1,3
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	25,77	26,1	0,668	25,0	26,4	1,4	25,0	26,3	1,3
Testigo	26,13	26,2	0,776	25,0	27,2	2,2	25,5	26,8	1,3
Total	26,01	26,2	0,941	25,0	30,0	5,0	25,0	26,4	1,4

La conductividad eléctrica, a pesar de no ser un parámetro que indique el grado de contaminación del agua, se midió en campo en tres ocasiones con el objetivo de conocer si el agua tratada era apta para posteriores usos en agricultura sin que presentara problemas.

La conductividad eléctrica del agua cruda se vio disminuida en los efluentes de todos los tratamientos analizados. En la figura 60, se observa que el tratamiento con *Cyperus odoratus* es el tratamiento que mostró el rango de valores más amplio o mayor variabilidad en los datos, ya que como se mencionó anteriormente, en el intervalo representado por el rectángulo se encuentran el 50% de los valores de los datos obtenidos.



El tratamiento con *Echinochloa polystachya* o pasto alemán, muestra la menor variación en el rango de datos obtenidos; a pesar de ello, se observa un punto externo o dato atípico en este tratamiento ubicado aproximadamente en los 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo cual puede significar grandes variaciones en los resultados con esta especie. Las líneas verticales que representan la mediana de cada tratamiento muestran gran diferencia entre ellos, por lo que se observa que el tratamiento con la especie *Hymenachne amplexicaulis* presentó el menor valor en el parámetro de conductividad eléctrica en el efluente durante la experimentación.

El tratamiento testigo, por otro lado, arrojó los mayores valores de conductividad eléctrica en sus efluentes, indicando que no es el tratamiento más idóneo para reducir este contaminante. El signo más (+) que se puede observar en la figura 60, que simboliza la ubicación de la media muestral en cada tratamiento, indica que la media de los valores del tratamiento con la especie *Echinochloa polystachya* y la especie *Hymenachne amplexicaulis* son las menores y su diferencia no es significativa.

Tabla 50. Resumen estadístico para la conductividad eléctrica

Tratamiento	Prom	Med	Desv Std	Mín	Máx	Rango	Cuartil Inferior	Cuartil Superior
Agua cruda	750,0	750,0		750,0	750,0	0	750,0	750,0
<i>Cyperus odoratus</i>	570,8	592,5	81,36	464,0	670,0	206,0	486,0	620,0
<i>Echinochloa polystachya</i>	529,3	537,5	38,92	457,0	569,0	112,0	522,0	553,0
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	531,8	536,5	45,59	467,0	582,0	115,0	492,0	577,0
Testigo	611,1	616,0	54,70	542,0	670,0	128,0	556,0	667,0
Total	568,3	556,0	72,80	457,0	750,0	293,0	534,0	618,0

Nota: Los resultados de la tabla hacen referencia a los valores medidos en campo

5.4 ANÁLISIS POR ESPECIE

5.4.1 *Cyperus odoratus* (Totorilla)

En la figura 32 se representa la remoción de materia orgánica (DQO) en el agua durante el tiempo de experimentación, tomando los valores promedio de los experimentos 1 y 2 sembrados con la especie *Cyperus odoratus*, comúnmente denominada totorilla.

En la figura se observa que la concentración de DQO en el efluente se reduce de 427 mg L⁻¹ (concentración en el agua cruda) a 98,5 mg L⁻¹ a los 24 días de iniciada la experimentación; sin embargo, a los 47 días se observa un aumento a 105 mg L⁻¹ y posteriormente a los 54 días esta concentración vuelve a subir dando un resultado de 120,4 mg L⁻¹; luego a los 75 días se reduce, obteniendo una concentración de 72,5 mg L⁻¹ en el efluente, lo cual estaría dentro de los límites permisibles de la legislación establecida para el sector. A pesar de ello a los 82 días, en el último muestreo realizado en las unidades experimentales, la concentración de DQO se incrementó a 139,1 mg L⁻¹.

Los resultados arrojados por este tratamiento y su variación en el tiempo se los puede conferir al corto tiempo de vida de la planta (mencionado en el marco teórico y confirmado durante la experimentación). Las plantas de esta especie mostraron decadencia a los 30, 45 y 90 días desde que fueron sembradas en

los cubetos experimentales contruidos para el presente estudio. El proceso de muerte de la vegetación en los humedales artificiales incrementa el contenido de materia orgánica en el lecho, debido a la caída de hojas y tallos en la superficie, y por ende incrementando la concentración de DQO en el agua efluente de este tratamiento, la pronta decadencia de la especie contribuye además a que el pH sea más variable en el tiempo. Por otro lado, este tratamiento mostró gran capacidad de absorción de calor, ya que en los cubetos sembrados con esta especie se estabilizó favorablemente la temperatura del agua efluente.

En cuanto a la remoción de nitrógeno esta especie mostró buena capacidad de absorción de este nutriente; no obstante, al presentar un tiempo de vida corto la cantidad de nutriente absorbido por la planta regresa al lecho devolviendo este contaminante al agua.

En lo que se refiere a la conductividad eléctrica, este tratamiento mostró la mayor remoción de sales a los 82 días de experimentación; sin embargo, se observó también gran variación de la remoción de este parámetro en el tiempo. Todos los aspectos analizados indican que esta especie no es la más adecuada para el tratamiento debido a la variación en los datos que se obtuvieron como resultado de la experimentación.



Figura 61. Cubeto experimental sembrado con *Cyperus odoratus*. En la figura se observan las plantas en proceso de decadencia.

5.4.2 *Hymenachne amplexicaulis* (Canutillo)

En la figura 33 se encuentran los resultados de remoción de DQO obtenidos con la especie *Hymenachne amplexicaulis*, comúnmente conocida como canutillo durante los tres meses de experimentación.

A partir la figura se puede concluir que esta especie nativa mostró mejores resultados en cuanto a su eficiencia para la remoción de materia orgánica en el agua, ya que la tendencia de remoción de este parámetro en el tiempo incrementa. En el agua efluente de los cubetos sembrados con la especie mencionada se reduce la concentración de materia orgánica de 427 mg L^{-1} a $129,0 \text{ mg L}^{-1}$ a los 24 días de haber puesto en marcha el sistema; a los 47 días se reduce a $110,1 \text{ mg L}^{-1}$, posteriormente a los 54 días esta concentración disminuye aún más dando un resultado de $86,3 \text{ mg L}^{-1}$, a los 75 días obtuvo una concentración de $47,0 \text{ mg L}^{-1}$ en el efluente, a partir del cual se estaría cumpliendo la legislación establecida, finalmente a los 82 días, la concentración de DQO se incrementó ligeramente a $48,8 \text{ mg L}^{-1}$. En esta última etapa se

puede aducir que la capacidad de depuración por parte de la planta llegó a su punto clímax y se estabilizó.

Esta planta mostró el mejor resultado en cuanto a la remoción de nitrógeno confirmando la información obtenida en la investigación de las características de la especie que es considerada como sumidero de nitrógeno. Con esta especie la temperatura mostró grandes rangos de variación, a pesar de ello se estabiliza en la fase experimental final reduciendo la temperatura en aproximadamente 5°C. La conductividad eléctrica, así como los otros parámetros analizados, tiende a la reducirse en el tiempo, lo que favorece al tratamiento del agua.

5.4.3 *Echinochloa polystachya* (Pasto Alemán)

En la figura 34 se representa la remoción de materia orgánica (DQO) en el agua durante la fase experimental de la investigación, tomando los valores promedio de los experimentos 1 y 2 que fueron sembrados con la especie *Echinochloa polystachya*, comúnmente conocida como pasto alemán.

En la figura 34 se observa que la concentración de DQO en el efluente de los cubetos sembrados con la especie mencionada se reduce de 427 mg L⁻¹ (concentración en el agua cruda) a 147,5 mg L⁻¹ a los 24 días de iniciada la experimentación; sin embargo, a los 47 días se nota un aumento a 213,5 mg L⁻¹, posteriormente a los 54 días esta concentración se reduce dando un resultado de 122,1 mg L⁻¹, luego a los 75 días se presenta una concentración de 49,0 mg L⁻¹ en el efluente, lo cual estaría dentro de la legislación establecida para el sector. Finalmente a los 82 días, en el último muestreo la concentración de DQO fue de 47,1 mg L⁻¹.

La temperatura presentó gran variación en el tratamiento con esta especie lo que puede significar que la planta no absorbe la misma cantidad de calor en todo momento.

En cuanto a la remoción de nitrógeno esta especie no mostró el mejor rendimiento lo que indicaría que la planta no requiere gran cantidad de este nutriente para su metabolismo y los procesos fotosintéticos que desarrolla.

La conductividad eléctrica, por otro lado, a pesar de haber mostrado disminución en este parámetro no reduce el contenido de sales como los tratamientos con las plantas nativas, esto puede aducirse a que las plantas nativas producen un efecto sobre este parámetro y que esta especie no nativa no logra descontaminar el agua de este parámetro.

6 CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE COSTOS

Como se ha mencionado previamente, los humedales artificiales son una de las alternativas de tratamiento para aguas residuales más económicas y ecológicas respecto a las técnicas convencionales de depuración. A continuación se mostrará la diferencia de requerimientos de ésta técnica en relación a otros métodos comúnmente utilizados.

Tabla 51. Comparación de necesidades de diferentes sistemas de tratamiento.

<i>Requerimientos</i>	Humedal artificial	Biodiscos	Físico-químico	Lagunas anaerobias
<i>Superficie necesaria (m² hab⁻¹)</i>	2,5 – 9	5 – 7	0,1 – 0,2	4 – 7
<i>Necesidades de obra</i>	P – B	MP – P	B	B
<i>Necesidades de equipos</i>	MP	M	M	MP
<i>Funcionamiento</i>	MS	C	MC	S
<i>Necesidades de control</i>	I	M	M	I
<i>Costos de construcción</i>	I	I	M	P
<i>Costos de mantenimiento</i>	I	M	M	P

Nota: M = Mucha, B = Bastante, P = Poca, MP = Muy Poca
 MS = Muy sencillo, S = Sencillo, C = Complicado, MC = Muy Complicado
 P = Poco, I = Intermedio, M = Mucho.
 Tomado de Seoáñez, 2004, pp.43-48.

En la tabla 51 se identifica que las alternativas más económicas para implementar en el tratamiento de aguas serían los humedales artificiales y las lagunas anaerobias; estos tratamientos no requieren de mayor cantidad de equipos, lo que evita consumo energético para el tratamiento. Su funcionamiento, control y manejo son sencillos, por lo que no se requiere de personal especializado, lo que disminuye los costos. Estas características hacen que estos sistemas se consideren verdes o ecológicos y amigables con el ambiente minimizando su impacto ambiental en relación al causado por los otros sistemas.

Se podría sugerir que el sistema de tratamiento más accesible económicamente son las lagunas anaerobias, sin embargo al analizar la tabla

52, se observa que en cuanto a la eficiencia de remoción de esta técnica para algunos contaminantes no es la técnica más adecuada para lograr la calidad deseada en el efluente, lo que indica que la opción con mayores ventajas económicas y de tratamiento son los humedales artificiales.

Tabla 52. Rendimiento de depuración en porcentaje (%) de varios tratamientos

Parámetro	Humedal artificial	Biodiscos	Físico-químico	Lagunas anaerobias
DQO	55 – 80	70 – 85	70 – 98	20 – 40
DBO	60 – 98	80 – 98	70 – 98	50 – 85
SS	60 – 98	75 – 98	70 – 95	60 – 80
N	30 – 70	30 – 80	20 – 60	30 – 40

Los tratamientos físico-químico y con biodiscos muestran excelentes porcentajes de rendimiento en cuanto a la depuración de ciertos contaminantes; sin embargo, implican el uso de sustancias químicas y energía eléctrica respectivamente, haciendo sus subproductos inutilizables para usos posteriores, costosos por la materia prima a utilizar y la energía eléctrica que consumen.

6.1 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

El análisis costo beneficio ambiental de un proyecto se define como el balance económico entre beneficios y costos incluyendo los de carácter ambiental, se realiza a partir de la identificación de los impactos ambientales y la afectación sobre los flujos de bienes y servicios impactados más representativos con el fin de obtener, en términos monetarios, el valor de los impactos. Finalmente, se hace la agregación de los beneficios y costos ambientales y se obtienen los principales criterios de decisión, tales como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno económica (TIRE) y la relación costo beneficio económica (RCB). Siguiendo este planteamiento, a continuación se presenta los aspectos generales del análisis costo beneficio (ACB) para la presente investigación.

Para desarrollar el análisis se tomaron como referencia los valores informados por la empresa. A causa de que tanto la planta como los campamentos estén ubicados en una zona protegida de difícil acceso y alejados de los centros urbanos incrementa el costo de los materiales, traslado, etc. siendo más elevados respecto a los valores que se manejarían en otra zona.

Tabla 53. Comparación de ambas alternativas

Humedal Artificial con "pasto alemán"		Humedal Artificial con "canutillo"	
INGRESOS	0,00	INGRESOS	0,00
EGRESOS		EGRESOS	
Costo de Operaciones y Mantenimiento	2.401,80 usd/año	Costo de Operaciones y Mantenimiento	
Uso de materiales para mantenimiento	2.000,00 usd/año	Uso de materiales para mantenimiento	2.000,00 usd/año
TOTAL	4.401,80	TOTAL	2.000,00
UTILIDAD NETA		UTILIDAD NETA	
INVERSIÓN INICIAL	159.737,21	INVERSIÓN INICIAL	156.538,41
Materiales		Materiales	
Geomembrana	3.451,50	Geomembrana	3.451,50
Pegamento geomembrana	304,05	Pegamento geomembrana	304,05
Trapo limpieza tela	600,00	Trapo limpieza tela	600,00
Piedra bola	30.723,66	Piedra bola	30.723,66
Grava triturada	43.781,80	Grava triturada	43.781,80
Arena	42.786,40	Arena	42.786,40
Plantas "Pasto alemán"	50,00	Tuberías 4"	2.400,00
Tuberías 4"	2.400,00	Accesorios tuberías 4"	4.000,00
Accesorios tuberías 4"	4.000,00	Clavos	35,00
Clavos	35,00	Cemento	20.000,00
Cemento	20.000,00	TOTAL	148.082,41
TOTAL	148.132,41	Equipos	
Equipos		Retroexcavadora	5.600,00
Retroexcavadora	5.600,00	TOTAL	5.600,00
TOTAL	5.600,00	Mano de obra	
Mano de obra		Supervisor	1.080,00
Supervisor	1.350,00	Obreros	1.680,00
Obreros	2.100,00	Chofer	96,00
Control "Pasto Alemán"	2.404,80	TOTAL	2.856,00
Chofer	150,00		
TOTAL	6.004,80		

Nota: El valor del terreno donde se ubica el humedal artificial en el campamento AMO 1 no es cuantificable debido a que es un área concesionada.

Como se muestra en la tabla 53, el parámetro costo de operación y mantenimiento el costo que implica el control de crecimiento del pasto alemán en lugares aledaños a los humedales, el control se realiza para impedir que la especie se expanda en lugares fuera del área de tratamiento.

Tabla 54. Gasto por control de *Echinochloa polystachya* (pasto alemán)

Actividad	Cant. Personal	Horas/mes	Costo Unitario	Costo mensual
Desbroce de pasto alemán	3 obreros	40	1,67	200,40 usd

En la tabla 54 se observa que el gasto mensual que se realiza debido al control de la especie introducida que es de 200,40 usd por mes, lo que implica un gasto monetario anual de 2 404,80 usd; este gasto se evitaría al realizar el cambio de especie por una nativa que no requiera control por dispersión y por ende no implique impacto ambiental.

Tabla 55. TIR Y VAN de las alternativas

Año	Costo humedal con "Pasto alemán"	Costo humedal con "Canutillo"
0	-159737,21	-156538,41
1	6.000,00	2.401,80
2	5.500,00	16.101,80
3	4.500,00	18.191,80
4	6.040,00	16.901,80
5	9.590,00	6.901,80
6	4.500,00	16.251,80
7	6.200,00	17.401,80
8	10.000,00	17.201,80
9	8.350,00	12.401,80
10	4.000,00	52.401,80
TIR	-14%	2%
VAN	(\$ 159.371,07)	(\$ 156.342,07)

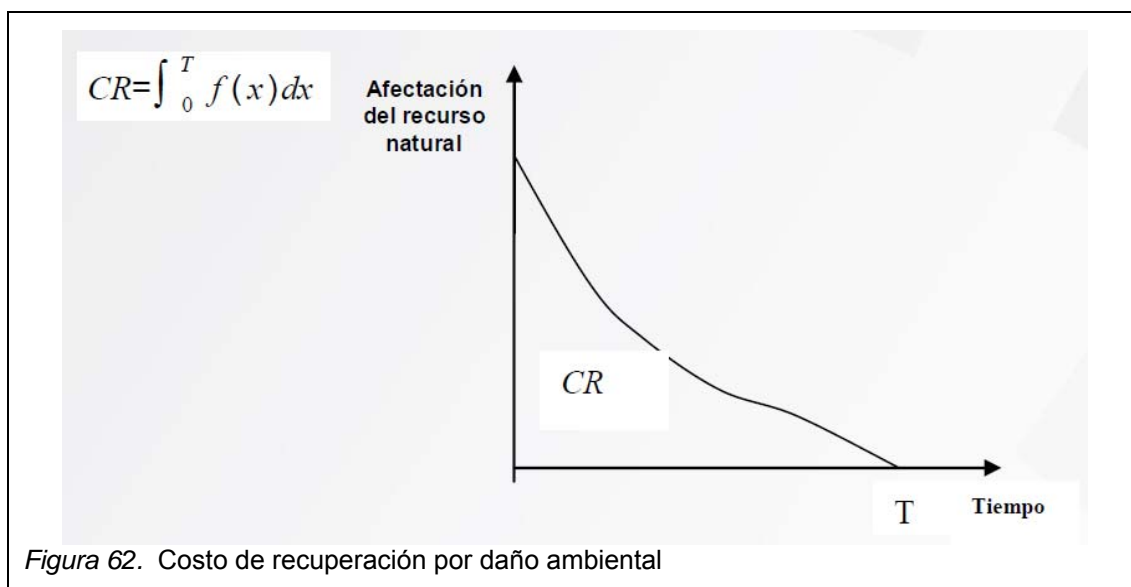
En función de la tabla 55, se observa que el humedal con “pasto alemán” presenta una Tasa Interna de Retorno (TIR) menor a 0, por lo que se puede decir que ese humedal no es económicamente rentable, principalmente debido al costo de mantenimiento que implica. Por otro lado, la alternativa de menor costo es la especie nativa, debido a que no se requeriría el mantenimiento por control de la especie ni los gastos futuros por recuperación del ecosistema. Adicionalmente la especie nativa *Hymenachne amplexicaulis* ofrece las ventajas de eficiencia en el tratamiento que, durante la experimentación, la especie *Echinochloa polystachya* o Pasto alemán no mostró.

La propuesta de identificar una nueva especie de planta (nativa del PNY) para ser utilizada en los humedales artificiales como agente de biorremediación en el tratamiento de aguas negras y grises del campamento AMO 1 es un proyecto cuyo beneficio es netamente ambiental, debido a esto se dificulta establecer un valor económico o monetario a los beneficios ambientales que resultarían de la aplicación de esta alternativa tales como: conservación de la biodiversidad, reducción del daño ambiental y descubrimiento de propiedades depurativas en una planta nativa de la zona. Por ello, el proyecto de humedales artificiales utilizando la especie nativa *Hymenachne amplexicaulis* conocida como canutillo se evalúa por un proceso de beneficios no monetarios.

En lo que se refiere a la introducción de especies exóticas en ecosistemas sensibles se puede establecer la evaluación económica del daño a un recurso natural, en este caso del ecosistema protegido que se encuentra en el Parque Nacional Yasuní, por las implicaciones biofísicas y sociales que conlleva. Se debe procurar la restauración del recurso natural afectado, lo que significa la recuperación de la flora nativa y del espacio que haya sido colonizado por el pasto alemán y donde se haya limitando el crecimiento de las especies de la zona.

La recuperación del recurso natural está determinada por la magnitud del daño ocasionado, las características del recurso natural, el tiempo de recuperación y

el área afectada. Analíticamente el costo de esta recuperación sería el área correspondiente bajo la curva como se observa en la figura 62. (MAE, 2013).



La restauración de las áreas afectadas por el desarrollo del pasto alemán implica la ejecución de varias actividades que representan un costo adicional para quien causó el daño, estos costos dependerán de la magnitud del daño y del tiempo de recuperación del recurso natural afectado. Como se mencionó anteriormente, el pasto alemán puede ser esparcido por agentes bióticos como las aves, lo cual se encuentra fuera del control del personal de mantenimiento. Es así que, mientras mayor sea el tiempo de uso de pasto alemán en los humedales artificiales, los gastos a incurrir por la restauración del ecosistema serán mayores.

Los gastos se pueden establecer según la siguiente ecuación:

$$CR = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_i q_{jt} (1+r)^{-t}$$

(Ecuación 15)

Donde:

CR = Costo de restauración biofísica del recurso natural afectado por acciones humanas (\$/unidad del factor).

p_i = precio del insumo i usado en la restauración del recurso natural (\$/unidad del insumo).

q_{tji} = Cantidad del insumo i usada en la restauración del recurso natural j (unidades del insumo).

r = Tasa de descuento para actualizar los valores en el tiempo (%).

t = Tiempo (años).

T = Tiempo total requerido para la restauración del daño causado, determinado por el estado de conservación de los recursos naturales alterados.

m = Insumos requeridos en la restauración del recurso natural i .

n = Recursos naturales afectados por acciones humanas.

Para poder establecer los costos de la restauración necesaria se requiere de una inspección completa del sitio, la evaluación del estado actual del ecosistema y la determinación del grado al que debe llegar la restauración; sin embargo, se hace hincapié en los gastos que se deberá incurrir a futuro para poder mitigar el impacto ambiental causado por la especie no nativa en la biodiversidad de la zona.

En el método directo basado en los beneficios perdidos por la afectación de recursos naturales se tienen los siguientes:

- Pérdida de beneficios debido a la disminución de materias primas y productos de consumo final.
- Beneficio perdido por la afectación del nivel de protección y de seguridad en el abastecimiento futuro de bienes y servicios ambientales que brinda el recurso natural.
- Beneficio perdido por el daño a la salud de la población dada la afectación al recurso natural.
- Beneficio perdido por la afectación del esparcimiento y el desarrollo espiritual debido al daño del recurso natural.

Todos los beneficios perdidos mencionados son calculados para efectos de estimar el daño social debido a la alteración de recursos naturales por acciones humanas, aspecto que se debe considerar también como parte del costo social por la afectación negativa del ecosistema sensible del Parque Nacional Yasuní, especialmente debido a la existencia de nacionalidades indígenas ubicadas en la zona.

A pesar de la dificultad de la valoración monetaria de las consecuencias del cambio de especie en los humedales artificiales se puede establecer una valoración paisajística del proyecto.

Al utilizar una especie nativa en los sistemas de tratamiento se puede indicar que existe una recuperación de la forma paisajística en un 80%, ya que al comparar esta con otras técnicas la valoración de poder tener plantas en el tratamiento mejora el paisaje del lugar.

6.1.1 Potencial Paisajístico

El potencial paisajístico de un proyecto es difícil de cuantificar económicamente; sin embargo, se le puede dar cierto valor dependiendo de los elementos del proyecto que favorecen al paisaje. Con este fin se asigna valores de ponderación e importancia a cada elemento que da un valor global (WALSH, 2009, pp.5 – 6).

Tabla 56. Valor y ponderación

Peso	Descripción	Ponderación
0	Sin importancia	< 40 = Muy bajo
1	Muy poco importante	40 – 70 = Bajo
2	Poco importante	70 – 100 = Medio
3	De cierta forma importante	100 – 150 = Alto
4	Importante	> 150 = Muy alto
5	Muy importante	

Tomado de WALSH, 2009, pp.5 – 6.

Tabla 57. Ponderación paisajística de zona de estudio

Elemento	Peso	Valor	Potencial
Elementos de composición biofísica			
Relieve	3	4	12
Suelo y Roca	4	3	12
Agua	5	5	25
Vegetación	5	5	25
Fauna	5	4	20
Clima	4	3	12
Actuación antrópica	2	3	6
Promedio			110

Adaptado de WALSH, 2009.

El resultado obtenido de la tabla 57, el cual fue de 110, indica que la zona de estudio tiene un potencial estético de paisaje alto y es de cierta forma importante en el aspecto global del lugar, considerando que este espacio se ubica dentro del Parque Nacional donde alrededor del humedal artificial únicamente se observa selva densa.

6.2 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTO PILOTO

Tabla 58. Costos de construcción de las unidades experimentales

Nº	Rubro	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
1	PLANIFICACIÓN				
	Estudios del proyecto	Glb			0,00
	Anteproyecto	Glb			0,00
	Presupuesto y cronogramas	Glb			0,00
	Ubicación del proyecto	Glb			0,00
	Suministros	Glb			100,00
				Subtotal	100,00
2	MANO DE OBRA-HORAS HOMBRE				
	Adecuación del área				
2	Obreros	horas	60	1,67	200,40
	Armado de cubetos				
2	Obreros	horas	71	1,67	237,14
	Excavaciones				
2	Obreros	horas	75	1,67	250,50
	Colocación de material pétreo				
2	Obreros	horas	43	1,67	143,62
	Instalación tuberías				
2	Obreros	horas	83	1,67	277,22
	Recolección y sembrado de plantas				
2	Obreros	horas	16	1,67	53,44
				Subtotal	1.162,32
3	MATERIALES				
	Adecuación del área				
	MADERA TABLON 2" x 9½"x 3,0m	unidad	20	15,00	300,00
	CLAVO PUNTA PARIS 3" x 9 BWG	kg	4	1,69	6,76
	Malla sarán	m2	30	3,38	101,43
	TABLERO PLAYWOOD	unidad	24	24,68	592,32
	GEOMEMBRANA S750 ROLLO 1,50x150m	rollo	3	345,15	1.035,45
	PEGAM.GEOMEMBRANA LLAMA ROJA	unidad	4	20,27	81,08
3	MATERIALES				
	TRAPO LIMPIEZA TELA	unidad	1	100	100,00
	CLAVO PUNTA PARIS 3"x 9	Kg	5	1,69	8,45
	Colocación de material pétreo				
	Piedra bola	m3	6	155,17	931,02
	GRAVA TRITURADA 1½" (LAVADA)	m3	6	110,84	665,04
	GRAVA TRITURADA SUB-BASE III	m3	9	108,32	974,88
	Instalación tuberías				
	CAÑO POLIPR.POLIMEX 1.1/2"	unidad	30	5,80	174,00
	UNION DOBL.POLIPR.1.1/2" H-H	unidad	10	1,00	10,00
	Tapón PVC H 1 1/2" Tigre	unidad	85	1,18	100,30
	Cruz PVC H-H 1 1/2" Tigre	unidad	18	5,04	90,72
	V.ESF.AMANCO 1½"NPT 145PSI PVC/TF	unidad	8	6,50	52,00
	TE POLIPR. 1.1/2" H-H NPT POLIMEX	unidad	80	1,25	100,00
	CODO POLIPR1.1/2" 90° H-H POLIMEX	unidad	35	1,15	40,25
				Subtotal	5.363,70
4	EQUIPOS				
	Armado de cubetos				
1	Motosierra	horas	24	2,01	48,24
				Subtotal	48,24
5	ANÁLISIS DE LABORATORIO				
	Muestras analizadas en CORPLAB	unidad	40	81,06	3.242,40
	Muestras analizadas en UDLA	unidad	1	19,20	19,20
				Subtotal	3.261,60
				TOTAL	9.935,86

6.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En la realización y desarrollo de este proyecto es importante considerar el impacto ambiental que provocaría el cambio de la especie que está siendo utilizada en los humedales artificiales del campamento por una planta nativa capaz de cumplir con los requerimientos necesarios para la depuración de las aguas negras y grises del campamento. Con este objeto se utilizó la matriz de evaluación de impactos propuesta por el Dr. Canter Larry.

Tabla 59. Matriz de evaluación de impacto ambiental

Matriz de evaluación de impactos ambientales									
Sustitución de especie en humedales artificiales									
Retiro de <i>Echinochloa polystachya</i> de la zona	Remoción de las plantas establecidas en el humedal artificial	Suelo: Alteración temporal del sustrato del humedal artificial Agua: Suspensión temporal del tratamiento	1	2	1	I	1	0	1 – MB
– E D P O U O									
	Transporte de la planta	Potencial: Migración de semillas de la especie retirada. Ruido: Alteración temporal de los niveles de ruido de la zona por la circulación de trabajadores y maquinaria (volquetas, camiones) Aire: Generación de polvo y emisiones atmosféricas temporales por circulación de maquinaria.	2	3	1	N	2	2	2 – B
– E D P O U O									
	Almacenamiento de aguas residuales en tanque imhoff temporal	Ruido: Alteración temporal de los niveles de ruido en la zona por uso de vacuum para recolección de aguas acumuladas durante el cambio de especie. Aire: Generación de polvo y emisiones atmosféricas temporales por circulación de maquinaria	1	3	1	N	2	1	2 – B
– E D P O U O									
	Eliminación de plantas de la especie introducida	Flora: Recuperación de espacio por parte de las especies nativas del lugar. Suspensión de la migración de semillas Fauna: Recuperación de especies animales adaptadas a las condiciones naturales del lugar. Agua: Tratamiento adecuado de aguas residuales por medio de especie nativa.	4	4	5	P	4		4 – A
– E D P O U O									
Sembrado de <i>Hymenachne amplexicaulis</i> en el humedal artificial	Recolección de plantas de humedal natural	Flora: Pérdida de la cobertura vegetal en el humedal natural Fauna: Desplazamiento temporal de especies de la zona por retiro de plantas. Ruido: Alteración temporal de los niveles de ruido por la circulación de trabajadores, uso de equipos y maquinaria. Suelo: Movimiento localizado y puntual de tierras para retiro de la planta, erosión y compactación.	2	3	2	N	3	2	2 – B
– E D P O U O									
	Creación de un vivero para la reproducción de la especie nativa	Aire: Contaminación temporal por ruido y emisiones debido a la circulación de trabajadores y uso de maquinaria para la construcción. Suelo: Movimiento localizado y puntual de tierras. Siembra de especie nativa	1	2	2	I	2	1	2 – B
– E D P O U O									
	Establecimiento de la especie nativa en el humedal artificial	Flora: Incremento de cobertura vegetal en el humedal artificial. Estabilización de las condiciones ambientales de la zona. Paisaje: Aporte a características físicas de la zona por el uso de especies nativas. Fauna: Establecimiento de ecosistema natural en el humedal artificial como albergue de especies de la zona.	3	5	5	P	5		5 – MA
– E D P O U O									
		Social: Identificación de propiedades depurativas de una especie nativa del Parque Nacional Yasuní							

Nota: Simbología del cuadro

CLASE DE IMPACTO	Positivo (P)
	Incierto (I)
	Negativo (N)

No.	Calificación total del impacto	3	Impacto medio (M)
1	Impacto muy bajo (MB)	4	Impacto alto (A)
2	Impacto bajo (B)	5	Impacto muy alto (MA)

Como se observa en la tabla 56 en la actividad “cambio de planta en el humedal artificial por una planta nativa que cumpla con el proceso de fitorremediación” se identificaron siete impactos, tres de los cuales son negativos, pero que, a pesar de serlo, son de baja magnitud y de mitigabilidad total. Se identificaron además dos impactos positivos con gran magnitud y duración y dos impactos inciertos debido a que no se conoce cuáles serían las consecuencias exactas de su ejecución.

De manera general, se puede decir que la actividad mencionada generaría un impacto ambiental positivo debido a la eliminación de la especie introducida en el lugar, equilibrio del ecosistema y adecuado tratamiento en las aguas residuales del campamento.

Dentro del plan de manejo ambiental realizado para la adecuada gestión de los aspectos ambientales de la empresa se establece que el impacto ambiental a manejar en el tratamiento de aguas es “migración de semillas de especies introducidas desde los pantanos artificiales e ingreso de especies no nativas en zonas adyacentes a plataformas donde se ubican campamentos” el cual califican como impacto moderado (Ecuambiente, 2007, p.301)

Adicionalmente se indica que “el tratamiento de aguas domésticas debe considerar criterios de bioseguridad sobre la diversidad en el Parque Nacional Yasuni y sobre la salud de los empleados” (Ecuambiente, 2007, p.303)

Como medida de control a lo anterior se establece que “debe eliminarse manualmente toda planta de pasto alemán que crezca alrededor del humedal”. Debido a esto se realizan controles constantes del crecimiento de pasto alemán en las zonas adyacentes a los humedales artificiales, lo que implica gastos en el personal que se dedica a esta actividad, para esta acción se cuenta aproximadamente con 3 personas en todo el bloque durante diez horas semanales cada una.

6.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El plan de manejo ambiental pretende establecer las medidas, criterios y restricciones orientadas a prevenir, minimizar, mitigar, controlar y monitorear el impacto y desempeño ambiental de cualquier actividad. A través de este plan se establecen criterios que aseguren el cumplimiento de las prácticas socioambientales establecidas en la legislación ecuatoriana.

Para el presente proyecto se definirán los criterios que se deben tomar en cuenta para el adecuado manejo de los desechos sólidos, producto de la remoción de la especie *Echinochloa polystachya*, y de los desechos líquidos de origen doméstico tratados en el humedal artificial con la especie nativa seleccionada.

6.4.1 Desechos Sólidos Peligrosos

Las plantas a retirar del humedal artificial deben ser manejadas como desechos peligrosos debido a su potencial contenido de patógenos y sustancias contaminantes en todas las partes de la planta. Debido a esto se deben considerar las siguientes actividades:

1. Separar los restos de plantas de los demás desechos.
2. Trasladar las plantas al lugar de almacenamiento bajo las condiciones adecuadas tales como:

3. Utilizar un transporte que cuente con la autorización para el traslado de desechos peligrosos
4. Verificar que el transporte cuente con todas las condiciones de seguridad para evitar filtraciones, derrames, etc.
5. Manejarlos con el uso del equipo de protección personal adecuado (ropa adecuada, mascarilla, lentes, guantes, etc.)
6. Gestionar los desechos a través de gestores certificados tanto para el transporte como para la disposición final.
7. Verificar que la disposición final de estos desechos se realice en un sitio adecuado para el tratamiento de desechos con contaminación biológica, en este caso lo conveniente sería la incineración.

6.4.2 Desechos Líquidos

Las aguas residuales descargadas del campamento deben seguir los criterios establecidos para descargas líquidas establecidas en el plan de manejo elaborado para Repsol, donde las principales actividades son:

1. Mantener independencia entre los sistemas de las aguas de proceso, aguas lluvia y aguas de origen doméstico.
2. Dar mantenimiento a los tanques de sedimentación. Retirar y manejar adecuadamente de lodos.
3. Realizar los mantenimientos adecuados en los tanques de cloración localizados posterior al tratamiento con humedales artificiales y verificar que la dosificación de cloro sea la adecuada.

4. Realizar monitoreos ambientales conforme a la legislación ambiental aplicable.
5. Mantener la cobertura vegetal en el humedal artificial para que la actividad de fitorremediación no sea interrumpida.
6. Realizar todos los trabajos relacionados con el manejo de aguas residuales con el equipo de protección personal adecuado (ropa adecuada, guantes, mascarilla, gafas, etc.).

7 CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Conforme a los resultados obtenidos en las mediciones de los parámetros: DQO, pH, nitrógeno, conductividad eléctrica y temperatura, analizados para el presente estudio se puede determinar que todos los tratamientos, a pesar de haber mostrado diferentes grados de eficiencia, han expuesto resultados satisfactorios en cuanto a la remoción de contaminantes.
- Comparando los resultados obtenidos en la presente investigación con los resultados de investigaciones previas se puede decir que la experiencia corrobora los datos alcanzados por otros autores como Javier Mena (2005), Ari Ferro (2002), Oscar Delgadillo (2010), entre otros.
- El tratamiento con *Cyperus odoratus* (totorilla) mostró resultados efectivos en cuanto a la disminución de contaminantes medidos en el agua. No obstante, se identificó que la planta no es la adecuada para el tratamiento debido a su corto tiempo de vida que afecta directamente el proceso al incrementar el contenido de materia orgánica en el lecho.
- La especie *Echinochloa polystachya* (pasto alemán) a pesar de ser la planta implementada en el sistema actual del humedal artificial y encontrarse adaptada a las condiciones del agua residual no mostró resultados óptimos en cuanto a la remoción de elementos contaminantes del agua. De todos los aspectos analizados se concluye que esta especie no es la más adecuada para el tratamiento debido a la variación en los datos obtenidos como resultado de la experimentación y principalmente debido al impacto ambiental que causa al no ser una especie nativa de la zona.

- El tratamiento que arrojó el mejor resultado en la eliminación de contaminantes fue el sistema plantado con *Hymenachne amplexicaulis* (canutillo), especie nativa del Parque Nacional Yasuní. Por los parámetros analizados, el tratamiento observado y las características morfológicas de la planta se puede establecer que es la especie más adecuada para ser utilizada en el tratamiento de aguas negras y grises.
- El tratamiento testigo muestra resultados aceptables en cuanto a la remoción de materia orgánica del agua residual, lo que indica que la filtración del agua como tratamiento para aguas domésticas es una alternativa para la reducción de este tipo de contaminación. Esto fortalecería la teoría sugerida por varios autores que afirman que la vegetación no cumple un papel importante en los humedales artificiales. Sin embargo, se debe considerar que este tratamiento fue el de menor desempeño en la remoción de otros contaminantes.
- Con los resultados obtenidos se concluye que las plantas nativas logran que el metabolismo de materia orgánica, contenida en el agua residual, sea mayor respecto al metabolismo de la planta no nativa o pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) utilizada en el humedal artificial existente. Adicionalmente se puede decir que las características morfológicas de las plantas nativas conjuntamente con los procesos desarrollados en los humedales artificiales permiten que la reducción o descontaminación del agua por materia orgánica sea más eficiente.
- Se confirmó que el tratamiento con humedales artificiales no es suficiente para eliminar la cantidad necesaria de nitrógeno a fin de cumplir con lo estipulado en la legislación aplicable.
- Los tratamientos evaluados no mostraron eliminación de coliformes fecales en el proceso experimental; otras investigaciones han reportado porcentajes de remoción entre uno y dos órdenes logarítmicos.

- A partir del análisis de costos realizado se puede concluir que la técnica de humedales artificiales es la adecuada para el tratamiento de las aguas producidas en el campamento AMO 1, considerando además su eficiencia energética y el incremento del valor ecológico al cambiar la especie por una nativa del lugar.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis profundo en investigaciones futuras respecto a los procesos metabólicos que se desarrollan en la planta para comprender de mejor manera los métodos de descontaminación llevados a cabo en los humedales artificiales con vegetación.
- Es conveniente que los análisis de agua que se realicen en las descargas de este tipo de tratamientos incluyan mayor cantidad de parámetros como: sólidos suspendidos, fósforo, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), entre otros para conocer la calidad global del efluente tratado en el humedal artificial y poder identificar los beneficios y limitaciones de estas aguas para posteriores usos.
- Rediseñar la distribución de tuberías en el humedal artificial existente en el campamento de manera que el flujo del mismo sea horizontal o vertical y no una combinación de ambos sistemas. Además verificar las condiciones hidráulicas del humedal artificial para evitar la existencia de espejos de agua en la superficie del sistema.
- Implementar un sistema híbrido de humedales artificiales, colocando primero un humedal de flujo horizontal y posterior a este un humedal de flujo vertical que favorezca la eliminación de nitrógeno en el agua.
- Realizar análisis constantes (3 veces al año tomar una muestra con un intervalo de 15 días) del agua afluyente al humedal para conocer si las

condiciones del agua cambian, con qué frecuencia y poder establecer medidas para evitar complicaciones en el humedal.

- Verificar continuamente la dosificación de cloro previo a la descarga al cauce natural para confirmar que la dosis empleada sea la adecuada para eliminar los coliformes fecales y microorganismos en general del agua sin contaminar el cauce natural.
- Investigar la posibilidad de realizar desinfección del agua a través de un sistema ultravioleta que no requiera el aditamento de químicos y que logre resultados efectivos y condiciones de descarga sanitarias adecuadas al momento de la descarga en el cauce natural.
- Lamentablemente los materiales que se utilizaron para la conformación del lecho de las unidades experimentales no fueron los adecuados y debido a esto se presentaron problemas de inundación del lecho y taponamiento de las tuberías. Por ello se recomienda hacer un análisis previo de los materiales a ser utilizados en el sustrato que permitan determinar diámetros, conductividad hidráulica y capacidad depurativa del mismo para luego poder seleccionar el material idóneo según las necesidades de tratamiento.

REFERENCIAS

- Acción Ecológica. (s.f.) (Recuperado 15/11/2012 de Febrero de 2010). *Scribd*.
Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/74555169/Manual-de-Monitoreo-Ambiental-Comunidades>
- Amazonía por la vida*. (2013 de febrero de 2013). Obtenido de Parque Nacional Yasuní de <http://www.amazoniaporlavida.org/es/Parque-nacional-Yasuni/el-parque-nacional-yasuni.html>
- Brix, H., Arias, C. y del Bubba, M. (2001). *Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands*. *Water Science and Technology*, 44 (11-12), 47-54.
- Brix, H., y Arias, C. *The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines*. (2005) Recuperado el 14 septiembre de 2012 de Science direct: www.elsevier.com/locate/ecoleng
- Bueno, C. (15 de Agosto de 2012). RRHH. (Estefanía Carpio V., Entrevistador)
- Burciaga, M. (2008). Tesis de maestría: *Uso de humedales como alternativa en el tratamiento de efluentes de la industria láctea*. Recuperado el 18 de septiembre de 2012 de <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3623/1/U-SOHUMEDALES.pdf>
- Caicedo, J. (8 de Agosto de 2012). *Ikonogroup*. Obtenido de www.ikonogroup.com
- Calvache, W., Chavez, M., Duran, C., Guaña, E., Imba, A., & Nazate, W. (2002). *Tratamiento de aguas: Tratamiento primario y parámetros hidráulicos*. Recuperado el 20 de noviembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=Y44LHalpkqWC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=tanque+imhoff&source=bl&ots=Hw-LhudiGy&sig=3xm02wk6q9twV9u5y8NH9BRPtg4&hl=es&sa=X&ei=3mVbUOWuKlvm8gTm7YGwBQ&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q=tanque%20imhoff&f=false>
- Chin, D. (2013). *Water-quality engineering in natural systems. Fate and Transport Processes in the Water Environment*. Recuperado el 21 de octubre de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=CZ69wIT0OiwC&pg=PA20&dq=domestic+Wastewater+pathogenic+virus+helminths,+protozoa+and+enteric+viruses&hl=es&sa=X&ei=afAcUZL1G4S10QHLYoHwDg&ved=0CEQ>

Q6AEwBA#v=onepage&q=domestic%20Wastewater%20pathogenic%20virus%20helminth

- Coleman, J., Hench, K., Garbutt, K., Sexstone, A., Bissonnette, G., y Skousen, J. (2001). *Treatment of domestic wastewater by three plant species in constructed wetlands*. *Water, Air and Soil Pollution*, 128, 283-295.
- Contreras, K. (2009). *Diseño de un sistema de tratamiento secundario de la descarga de aguas grises y negras en el terminal de GLP Oyambaro*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Correa, J., y Marín, J. (2010). *Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas residuales en humedales artificiales utilizando Guadua Angustifolia Kunth*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Corzo, A., y García, J. (2008). *Depuración con Humedales Construídos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Crites, R., y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. Recuperado el 17 de octubre de 2012 de Amazon: <http://www.amazon.com/Small-Decentralized-Wastewater-Management-Systems/dp/0072890878>
- Crites, R., y Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Dahab, M., y Surampalli, R. (2001). *Subsurface-flow constructed wetlands treatment in the plains: five years of experience*. *Water Science and Technology* 44 (11-12), 375-380.
- DeBusk, W. (s.f.). *Wastewater Treatment Wetlands: Applications and Treatment Efficiency*. Recuperado el 24 de Marzo de 2013 de University of Florida Cooperative Extension Service: [Wastewater%20Treatment%20Wetlands%20Applications%20and%20Treatment%20Efficiency.htm](http://www.ufl.edu/~wdbus/wastewater%20Treatment%20Wetlands%20Applications%20and%20Treatment%20Efficiency.htm)
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., y Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia: Nelson Antaquera Durán.
- Devloo, M. (2008). *Casa Construction exterior*. Recuperado el 12 de noviembre de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=pAim8jwDnr0C&pg=PA83&dq=tratamiento+de+aguas+residuales+ambientalmente+amigables&hl=es&sa>

=X&ei=yZ4bUaviKPG50QHO8IC4AQ&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q=tratamiento%20de%20agua&f=true

- Díaz Delgado, C., Fall, C., Quentin, E., Jiménez, M., Esteller, M., Garrido, S., García, D. (2005). Recuperado el 4 de Septiembre de 2012 de *tierra.rediris.es*. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/>
- Díaz Proaño, A. (2005). *Proyecto de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas servidas de los campamentos SPF y AMO1 de la compañía Repsol YPF, Bloque 16*. Quito, Ecuador: CONDUTO.
- Durán de Bazúa, C., y Rodríguez, J. (2005). *Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco*. Recuperado el 18 de octubre de 2012 de Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos: <http://www.imiq.org/wp-content/uploads/2012/02/21105.pdf>
- ECOLAP y MAE. (2007). *Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador*. Recuperado el 14 de octubre de 2012 de Desa-Idea Ambiente: <http://desa-idea.ambiente.gob.ec/mae3/sites/default/files/archivos/PUBLICACIONES/BIODIVERSIDAD/GuiaPatrimonioareasNaturalesProtegidasEcuador/30-yasuni.pdf>
- Ecuambiente. (2007). *Estudio de Impacto Ambiental Expost*. Quito, Ecuador: ECUAMBIENTE.
- EPA. (2000). *Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. Recuperado el 12 de enero de 2013 de Water EPA: <http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/upload/constructed-wetlands-design-manual.pdf>
- Especies Forrajeras Multipropósito: Echinochloa Polystachya*. Recuperado el 20 de Enero de 2013 de Tropicalforages: <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Echinochloa%20polystachya1.htm>
- Espinoza, H., Hernández, V., Navarro, H., Ortiz, Y., y Rodríguez, L. (2006). *Ensayos de eficiencia con macrófitas para la remoción de carga contaminante en aguas residuales de hatos lecheros para un subsector de la Laguna de Fúquene*. Revista U distrital, 131-155.
- Estrada, I. (2010). *Monografía sobre humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS) para remoción de metañes pesados en aguas residuales*. Recuperado el 17 de noviembre de 2012 de Universidad tecnológica de pereira: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1833/1/333918E82.pdf>

- Gordon, R. (2012). *Mid-Program Review Meeting Report. Greenhouse Gas Emissions from Constructed Wetlands*. Truro, Nova Scotia: Department of Engineering Nova Scotia Agricultural College.
- Gormley, J. (2010). *Guidance Document for Farmyard Soiled Water and Domestic Wastewater Applications*. Recuperado el 16 de febrero de 2013 de Department of the Environment, Heritage and Local Government:
http://www.environ.ie/en/Publications/Environment/Water/FileDownload_24931,en.pdf
- Guadalupe, E., y Llagas, W. (2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM*. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 86-96.
- Gustafson, D., Anderson, J., Christopherson, S., y Axler, R. (2001). *Constructed Wetlands*. Minnesota: College of Agricultural, Food and Environmental Sciences. University of Minnesota.
- Hao, X., Novotny, V., y Nelson, V. (2010). *Water infrastructure for Sustainable Communities: China and the world*. Recuperado el 16 de noviembre de 2012 de Google Books:
<http://books.google.com.ec/books?id=kE3w3lLf8C&pg=PA242&dq=table+common+parameters+that+characterize+grey+waters&hl=es&sa=X&ei=nRAcUZfNC9K70AGfy4CQBw&ved=0CF0Q6AEwCA#v=twopage&q=table%20common%20parameters%20that%20characterize%20grey%20waters&f=true>
- Henze, M., van Loosdrecht, M., Ekama, G., y Brdjanovic, D. (2008). *Biological wastewater treatment*. Recuperado el 11 de octubre de Google Books:
<http://books.google.com.ec/books?id=41JButufnm8C&pg=PA286&dq=domestic+wastewater+COD&hl=es&sa=X&ei=jNUaUaiaOYWbygGew4DIDg&ved=0CD0Q6AEwAQ#v=onepage&q=cod&f=false>
- Hill, M. (2010). *Understanding Environmental Pollution*. Recuperado el 15 de octubre de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=A-zaEGx_Y8cC&pg=PA266&dq=microorganisms+in+constructed+wetland&hl=es&sa=X&ei=t98eUc_AAoj49gTLroHYDQ&ved=0CF4Q6AEwCTgo#v=onepage&q=microorganisms%20in%20constructed%20wetland&f=true
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., y von Muench, E. (2011). *Technology Review of Constructed Wetlands*. Recuperado el 20 de septiembre de 2012 de Susana.org:
<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.susana.org%2Flangen%2Flibrary%3Fview%3Dccbctypeitem%26type%3D2%26id%3D1235&ei=MLRwUlu->

LufE0QGpkICQBA&usg=AFQjCNFbWalJ5i1UOZT4ZWVMWkr048c6Vw&sig2=zUfOX3FV

- IIEC. (2009). *ANNEXURE 6: Eco-friendly and non energy intensive technologies for waste water treatment*. Recuperado el 25 de julio de 2012 de Ecohousing India: <http://www.ecohousingindia.org/downloads/AssessmentIIReference/Annexure%206%20Waste%20Water%20Treatment.PDF>
- INAMHI. (2009). *Anuario Meteorológico*. Recuperado el 7 de noviembre de http://www.inamhi.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=204:anuario-meteorologico-2009&catid=50:anuarios&Itemid=102
- INEFAN-GEF. (1998). *Plan de Manejo*. Recuperado el 15 de septiembre de 2012 de <http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/jloartefls/Plan%20de%20manejo%20Estrategico%20PNS.pdf>
- ITIS Standard Report*. (s.f.). Recuperado el 20 de enero de 2013 de http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=40674
- Jorgensen, S. (2009). *Applications in ecological engineering*. Recuperado el 12 de noviembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=aRKO6ZazC8UC&pg=PA144&dq=wastewater+is+discharged+intermittent+VF+constructed+wetland&hl=es&sa=X&ei=q6whUZ7RGZO29gSAr4DACw&ved=0CDcQ6AEwAg#v=onepage&q=wastewater%20is%20discharged%20intermittent%20VF%20constructed%20wet>
- Kamalesh, J. (2008). *An analysis of wastewater temperature variations in six remote monitored onsite systems*. Recuperado el 10 de octubre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=qThluT7ltKsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true>
- Khattar, J., Singh, D., y Kaur, G. (2009). *Algal Biology and Biotechnology*. Recuperado el 12 de noviembre de 2012 de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=_kaxMaS-npAC&pg=PA229&dq=role+of+vegetation+in+constructed+wetland&hl=es&sa=X&ei=lmEeUZyALom09QS7uoGgDA&ved=0CD0Q6AEwBDgy#v=onepage&q=role%20of%20vegetation%20in%20constructed%20wetland&f=true
- Krantzberg, G., Tanik, A., Antunes do Carmo, J., Indarto, A., y Ekda, A. (2010). *Advances in Water Quality Control*. Recuperado el 4 de diciembre de 2012 de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=6e7RLrH4-_QC&pg=PA123&dq=wetlands+have+been+used+for+domestic+waste

water+is+energy+efficient+technology+compared+to+conventional+treatment+plants&hl=es&sa=X&ei=Wf0cUbzAOY660AHVuYDQDQ&ved=0CDQQ6AEwAQ#v=onepage&q=wetlands

- Lahora, A. (2003). *Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: La edar de los Gallardos (Almería)*. Recuperado el 20 de noviembre de Dialnet: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2244838>
- Langergraber, G. (2007). *Simulation of the treatment performance of outdoor subsurface flow constructed wetlands in temperate climates*. Elsevier, 210-219.
- Langergraber, G., Giraldi, D., Mena, J., Meyer, D., Peña, M., Toscano, A., Korkusuz, A. (2008). *Recent developments in numerical modelling of subsurface flow constructed wetlands*. Elsevier, 3931 - 3943.
- Lara, B. (1999). *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Ley Forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre*. (1981). Recuperado el 4 de noviembre de 2012 de <http://revistavirtual.redesma.org/vol7/pdf/legislacion/ley-forestal-ecuador.pdf>
- Libhaber, M., y Orozco, Á. (2012). *Sustainable Treatment and Reuse of Municipal Wastewater, for decision makers and Practicing Engineers*. Recuperado el 30 de octubre de 2012 de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=k5LcxcGvbHcC&pg=PA198&dq=organic+matter+consumes+oxygen+in+wastewater&hl=es&sa=X&ei=rgocUc3rGeTG0wHf_oGoBQ&ved=0CEAQ6AEwAg#v=onepage&q=organic%20matter%20consumes%20oxygen%20in%20wastewater&f=true
- Lichtfouse, E. (2011). *Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilisation*. Recuperado el 10 de octubre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=pWxDSdPHI7wC&pg=PA94&dq=deputation+in+natural+wetlands&hl=es&sa=X&ei=4zkcUeDEEIO89QTP-4DYDA&ved=0CDgQ6AEwAg#v=onepage&q=deputation%20in%20natural%20wetlands&f=true>
- Maier, R., Pepper, I., y Gerba, C. (2009). *Environmental Microbiology*. Recuperado el 3 de diciembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=cdcNYXGKPJIC&pg=PA518&dq=Figure+types+of+constructed+wetlands&hl=es&sa=X&ei=-flfUfKHHJO88wSxtoDAAg&ved=0CEgQ6AEwBTgK#v=onepage&q=Figure%20types%20of%20constructed%20wetlands&f=true>

- McCutcheon, S., y Schnoor, J. (2003). *Phytoremediation: Transformation and control of contaminants*. Recuperado el 6 de octubre de 2012 de Google books: http://books.google.fr/books?id=5zE-swQcoPQC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Melbourne Water. (2005). *Melbourne Water*. Recuperado el 7 de noviembre de 2012 de www.melbournewater.com.au
- Mena, J., Rodríguez, L., Nuñez, J., Fernández, F. J., y Villaseñor, J. (2008). *Design of horizontal and vertical subsurface flow constructed wetlands treating industrial wastewater*. Obtenido de Water Pollution: http://www.alquimiaimasd.com/UserFiles/ficheros/IdiAplicada/J%20Mena%20et%20al_Water%20Pollution%202008.pdf
- Mena, J., Rodríguez, L., Núñez, J., y Villaseñor, J. (2008). *Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventajas de los sistemas híbridos*. Madrid, España: Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA.
- Mena, J., Villaseñor, J., Martínez de Lucas, A., y Gómez, R. (2005). *Comparación de diferentes plantas acuáticas en la depuración de aguas residuales con humedales de flujo subsuperficial*. Recuperado el 20 de septiembre de 2012 de Instituto de Investigación en Informática de Albacete: http://www.i3a.uclm.es/joomla2/index.php?option=com_groupsi3a&id=506248&type=cg&lang=en
- Merlin, G., Pajean, J., y Lissolo, T. (2002). *Performances of constructed wetlands for municipal wastewater treatment in rural mountainous area*. *Hydrobiologia*, 469: 87-98.
- Metcalf, y Eddy. (1979). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw Hill.
- Metcalf, y Eddy. (1991). *Wastewater engeneering: Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw Hill.
- Metcalf, y Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales*. Recuperado el 14 de diciembre de <http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/MedioAmbiente/Aguas/CaracterizacionAguasResidualesUrbanas.htm>
- Mihelcic, J., Fry, L., Myre, E., Phillips, L., y Barkdoll, B. (2009). *Field Guide to Environmental Engineering for Development Workers*. Recuperado el 6 de noviembre de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=h51H-KbZlGyC&pg=PA443&dq=precipitation+considerations+in+constructed+wetlands&hl=es&sa=X&ei=vz0cUbi9JpSM9AS_94C4Dw&ved=0CEkQ

6AEwBg#v=onepage&q=precipitation%20considerations%20in%20constructed%20wetlands&f=true

- Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE). (2003). *Texto Unificado de legislación Ambiental Secundaria*. Quito.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE). (2010). *Reservas de Biósfera del Ecuador: Lugares Excepcionales*. Recuperado el 1 de octubre de 2012 de http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/jloartefls/RB_LibroRBdelEcuador.pdf
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (s.f.). *IDEA*. Recuperado el 3 de Agosto de 2012 de <http://desa-idea.ambiente.gob.ec/mae3/sites/default/files/archivos/PUBLICACIONES/BIODIVERSIDAD/GuiaInterpretativa/parquenacionalyasuni.pdf>
- Missouri Botanical Garden. (s.f.). *Tropicos.org*. Recuperado el 20 de enero de 2013 de <http://www.tropicos.org/Name/25513210?projectid=2>
- Mitsch, W., y Gosselink, J. (2007). *Wetlands*. Recuperado el 18 de noviembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=1cSKeTCi894C&pg=PA455&dq=media+constructed+wetlands&hl=es&sa=X&ei=VxMdUfbzBlrm8gTuz4DoDA&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=media%20constructed%20wetlands&f=true>
- Moreano, M. (s.f.). *paramo.org*. Recuperado el 24 de septiembre de 2012 de http://www.paramo.org/dvd/Paramo%20Andino%20Ecuador/COMPONENTE%204/PROPUESTA%20PARA%20MUSEO%20yAKU_%20Ecosistemas%20de%20los%20andes/Humedales.pdf
- Novotny, V., Ahern, J., y Brown, P.(2010). *Water centric sustainable communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment*. Recuperado el 8 de diciembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=FPQWoRINgIYC&pg=PT340&dq=typical+removal+efficiencias+sf+table&hl=es&sa=X&ei=FAwhUZWuHoXA8AT8voDQBg&ved=0CFkQ6AEwBzgK>
- Ochoa, I. P.(20 de Noviembre de 2012). Sistema de agua potable AMO1. (Estefanía Carpio V., Entrevistador)
- Ojeda, E., Caldentey, J., Saaltink, M. W., y García, J. (2008). *Evaluation of relative importance of different microbial reactions on organic matter removal in horizontal subsurface-flow constructed wetlands using a 2D simulation model*. ELSEVIER, 34(1), 65-75.
- O'Mara, F., Wilkins, R., Mannetje, L., Lovett, D., Rogers, P., y Boland, T. (2005). *XX Internacional Grassland Congress: Offeres papers*.

Recuperado el 5 de noviembre de 2012 de Google Books:
<http://books.google.com.ec/books?id=CtD-6CPdZCgC&pg=PA103&dq=hymenachne+amplexicaulis&hl=es&sa=X&ei=klUaUffJfLU0gHSjoGABA&ved=0CEoQ6AEwBQ#v=onepage&q=hymenachne%20amplexicaulis&f=true>

ONU-HABITAT. (2008). *Manual de humedales artificiales. Programa Agua para las ciudades asiáticas de ONU-HABITAT, Nepal, Katmandú*. Recuperado el 16 de octubre de 2012 de Scribd:
<http://es.scribd.com/doc/67745515/Manual-Humedales-2>

Orellana, J. (2005). *Unidad Temática N°9: Conducción de líquidos residuales*. Recuperado el 9 de octubre de 2012 de
http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_09_Conduccion_de_Liquidos_Residuales.pdf

Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales: Teoría y diseño*. Recuperado el 6 de septiembre de 2012 de <http://books.google.com.ec>:
http://books.google.com.ec/books?id=t5w5EZf1VhMC&pg=PA17&lpg=PA17&dq=dbo+en+aguas+residuales+domesticas&source=bl&ots=MvX9pADsVa&sig=JLnj-emGjb9e_EcuBSBKwNKotbl&hl=es&sa=X&ei=WZZIUMWbB46G9QS2yoGwAw&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q=dbo%20en%20aguas%20residuales

Osnaya, M. (2012). *Propuesta de diseño de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en la universidad de la sierra Juárez*. Recuperado el 12 de enero de 2013 Obtenido de Universidad de la Sierra Juárez:
<http://www.unsij.edu.mx/tesis/digitales/6.%20MARICARMEN%20OSNAYA%20RUIZ.pdf>

Otálora, A. (2011). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de alta tasa en la locación petrolera de Caño Gandúl. Tesis de grado*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Polprasert, C. (2007). *Organic Waste Recycling Technology and Management*. Recuperado el 7 de noviembre de 2012 de Google Books:
<http://books.google.com.ec/books?id=owycqJMjoZoC&pg=PA373&dq=typical+characteristics+of+wetlands+media&hl=es&sa=X&ei=b2ldUcCjKYzy9gT0yIDgCQ&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=typical%20characteristics%20of%20wetlands%20media&f=true>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, y Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2008). *GEO Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente*. Quito, Ecuador: Paulina Torres, Bolívar Lucio.

- Ramalho, R. (2003). *Introduction to Wasterwater Treatment Processes*. Recuperado el 30 de octubre de 2012 de http://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- RAMSAR. (1971). *Ramsar.org*. Recuperado el 24 de septiembre de 2012 de http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-documents-texts-convention-on/main/ramsar/1-31-38%5E20671_4000_2__
- Rana, S. (2009). *Essentials of Ecology and Environmental Science*. Recuperado el 16 de noviembre de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=kd0c03244Y8C&pg=PA393&dq=domestic+wastewater+origins&hl=es&sa=X&ei=68UbUc3jlob28gTY7oHYDQ&ved=0CDcQ6AEwAQ#v=onepage&q=domestic%20wastewater%20origins&f=true>
- Rao, C. (2006). *Environmental Pollution Control Engineering*. Recuperado el 26 de diciembre de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=ndJto18rHM8C&pg=PA264&dq=pollutants+present+in+domestic+wastewater&hl=es&sa=X&ei=7akbUeXQMofC0AGcsoDACw&ved=0CFYQ6AEwBg#v=onepage&q=pollutants%20present%20in%20domestic%20wastewater&f=true>
- Rao, D., Senthilkumar, R., Byrne, J., y Feroz, S. (2013). *Waste water Treatment*. Recuperado el 18 de enero de 2013 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=6F9Cb72wT7gC&pg=PA248&dq=Traditional+treatment+methods+for+wastewaters&hl=es&sa=X&ei=ppMbUeqtK-7W0gGO0oEw&ved=0CDUQ6AEwAA#v=onepage&q=Traditional%20treatment%20methods%20for%20wastewaters&f=true>
- RAOHE. (2001). *Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Ministerio de Energías y Minas.
- Redder, A., Dürr, M., Daeschlein, G., Baeder-Bederski, O., Müller, R., Exner, M., y Borneff-Lipp, M. (2010). *Constructed wetlands- Are they safe in reducing protozoan parasites?* ELSEVIER, 213 (1), 72-77.
- Registro Oficial 397. (2011). *decreto N° 528*. Recuperado el 15 de noviembre de 2012 de http://www.derechoecuador.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=6114
- Repsol. (2010). Datos meteorológicos de la estación REPSOL - YPF. SPF.
- Repsol. (s.f.). Recuperado el 14 de Agosto de 2012 de http://www.repsol.com/ec_es/corporacion/conocerrepsol/perspectiva_historica/default.aspx

- Rodríguez, C. (2003). *Humedales construídos. Estado del arte (II)*. Ingeniería Hidráulica y ambiental XXIV (3), 42-48.
- Rodríguez, M., Molina, B., Jácome, B., y Suárez, J. (2013). *Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas*. Ingeniería Investigación y Tecnología, XIV (2), 223-235.
- Romero Rojas, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, M., Colín, A., Sánchez, E., y Ortiz, M. (2007). *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica*. Recuperado el 18 de septiembre de 2012 de Revista Internacional de Contaminación Ambiental: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/21580>
- Ron, S. *Museo de Zoología- Universidad Católica del Ecuador*. Recuperado el 11 de noviembre de 2012 de <http://www.google.com.ec/imgres?um=1&hl=es&sa=N&tbo=d&biw=1280&bih=699&authuser=0&tbm=isch&tbnid=OuCRo1q9cLyAQM:&imgrefurl=http://tropicalfrogs.net/yasuni/images/mapaecy.htm&docid=X-rDSNBrb-EiKM&imgurl=http://tropicalfrogs.net/yasuni/images/ECYespa.JPG&w=>
- Samaniego, L. (2011). *Remoción de contaminantes específicos en ecosistemas construídos*. Recuperado el 14 de enero de 2013 de Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Nuevo León: http://eprints.uanl.mx/2821/1/TESIS_Pantanos_Construidos_para_la_Remoci%C3%B3n_de_Constituyentes_Espec%C3%ADficos.pdf
- Sánchez de Anda, J. (2007). *Tecnología innovadora que permite Tratar aguas grises y generar un jardín o producir flores de ornato*. Jalisco, México: Unidad de Tecnologías Ambientales.
- Sánchez Font, D. (2011). *Universidad Politécnica de Cataluña*. Recuperado el 15 de octubre de 2012 de UPCommons: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/10034>
- Sánchez, D., y Miralles, N. (2010). *Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Sánchez, R. (2011). *Evaluación del humedal artificial de la hostería cuicocha, utilizado para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Recuperado el 8 de enero de 2013 de Biblioteca EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3984/1/CD-3757.pdf>

- Sandoval, J., y Peña, M. (2007). *Análisis del desempeño de un humedal artificial de flujo subsuperficial en zonas tropicales basado en modelos hidráulicos y una cinética de primer orden*. Cali, Colombia: Conferencia Latinoamericana de Saneamiento - LATINOSAN.
- Schmid, B., Stephan, U., y Hengl, M. (2005). *Sediment deposition in constructed wetlands ponds with emergent vegetation: laboratory study and mathematical model*. *Water Science & Technology* 51 (9), 307-314.
- Scribd. (2009). Recuperado el 4 de Septiembre de 2012 de <http://es.scribd.com/doc/23172627/aguas-domesticas>
- Selendy, J. (2011). *Water and Sanitation Related Diseases and the Environment*. Recuperado el 27 de octubre de 2012 de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=nZIS4ZfUOZUC&pg=PA331&dq=wastewater+microorganisms+indicators&hl=es&sa=X&ei=w_YcUebQLa i30AHq6YH4Dg&ved=0CFQQ6AEwBg#v=onepage&q=wastewater%20microorganisms%20indicators&f=false
- SENPLADES. (2009). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural*. Quito, Ecuador: Senplades.
- Seoáñez, M. (2000). *Tratado de gestión del medio ambiente urbano*. Recuperado el 6 de diciembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=-S0-b3xOaWcC&pg=PA61&dq=conductividad+electrica+en+aguas+residual es&hl=es&sa=X&ei=X4TUUPqG1bK40AGsyIDwBA&ved=0CD8Q6AEw Aw#v=onepage&q=conductividad%20el%C3%A9ctrica%20en%20aguas%20residuales&f=true>
- Seoáñez, M. (2004). *Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo*. Madrid, España: Mundiprensa.
- SERAMIN. (2012). *Registro de personal AMO-1*.
- Sharma, S., y Sanghi, R. (2013). *Wastewater Reuse and Management*. Recuperado el 5 de enero de 2013 de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=IP_PgbQcjZYC&pg=PA135&dq=domestic+wastewater+potential+presence+of+pathogenic+microorganism&hl=es&sa=X&ei=EjlcUYjKJ5Ta8ATnhICYBA&ved=0CD0Q6AEwAg#v=onepage&q=domestic%20wastewater%20potential%20presence%20of%20pathogenic
- Singh, R. (2008). *Hybrid Membrane Systems for Water Purification: Technology, Systems Design and Operation*. Recuperado el 7 de diciembre de 2012 de Google Books:

http://books.google.com.ec/books?id=eT_1nHTo9XwC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true

- Singh, S. N., & Tripathi, R. D. (2007). *Environmental Bioremediation Technologies*. Recuperado el 14 de enero de 2013 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=DY66MkyLriEC&pg=PA340&dq=Characteristics+of+plant+species+commonly+used+in+constructed+wetlands&hl=es&sa=X&ei=NageUaK8Ce-80QGxpIDoAw&ved=0CEIQ6AEwBA#v=onepage&q=Characteristics%20of%20plant%20species%20commonly%20used%20>
- Singh, V., y Narayan, R. (2003). *Wastewater Treatment and Waste Management*. Recuperado el 19 de diciembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=0DcRufekfOoC&pg=PA65&dq=subsurface+wetland+provides+contact+area+for+wastewater+treatment&hl=es&sa=X&ei=5p4hUe69GY6B0AHHuoGQDA&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=subsurface%20wetland%20provides%20contact%20area%20for%20wastewa>
- Spellman, F. (2011). *Spellman's Standard Handbook for Wastewater Operators*. Recuperado el 6 de octubre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=ZrMGEfsJolIC&pg=PA356&dq=domestic+wastewater+total+solids&hl=es&sa=X&ei=biYcUZuJNlWo9gSewYDYCg&ved=0CDcQ6AEwAQ#v=onepage&q=domestic%20wastewater%20total%20solids&f=true>
- Spellman, F., y Bieber, R. (2012). *Environmental Health and Science, desk reference*. Recuperado el 21 de noviembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=km005IFdX4kC&pg=PA816&dq=domestic+wastewater+color&hl=es&sa=X&ei=WSUcUaWzBoj69QShoYGgDQ&ved=0CDcQ6AEwAQ#v=onepage&q=color&f=true>
- Sperling, M. (2007). *Wastewater characteristics, treatment and disposal*. Recuperado el 14 de agosto de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=wHSKO7Gz7ykC&pg=PA40&dq=domestic+wastewater+bod&hl=es&sa=X&ei=09QaUYSzDpDsrAG29IGlBA&ved=0CDgQ6AEwATgU#v=onepage&q=domestic%20wastewater%20bod&f=true>
- Srinivas, T. (2008). *Environmental Biotechnology*. Recuperado el 8 de octubre de 2012 de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=QtF64MdyCkcC&pg=PA15&dq=wastewater+Bacteria+cocci,+bacilli,+vibrios&hl=es&sa=X&ei=Q_ocUZWGJMng0gHT6IEI&ved=0CEoQ6AEwBA#v=onepage&q=wastewater%20Bacteria%20cocci%20%20bacilli%20%20vibrios&f=false

- Stott, R., y Tanner, C. (2005). *Influence of biofilm on removal of surrogate faecal microbes in a constructed wetland and maturation pond*. *Water Science & Technology*. 51 (9), 315-322.
- Tanaka, N., NG, W. J., y Jinadasa, K. B. (2011). *Wetlands for tropical applications: Wastewater treatment by constructed wetlands*. Recuperado el 7 de diciembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=Vel-tREZnF0C&pg=PA39&dq=nutrients+and+carbon+are+used+by+microorganisms+as+a+source+of+energy+constructed+wetland&hl=es&sa=X&ei=6eweUbalFonc8wTlzoG4AQ&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=nutrients%20and%20carbon%20are%20used%20>
- Tapia, F. (2007). *Manual de operación y mantenimiento. Ampliación de sistema de tratamiento de aguas residuales en AMO 1, Bloque 16, Ecuador*. Bloque 16: Repsol.
- Teri. (2010). *GRIHA Manual Volume -1 Introduction to National Rating System*. Recuperado el 17 de diciembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=t3hRxfd0MrkC&pg=RA3-PA47&dq=sewage+from+toilets+greywater+from+baths,+showers,+sink+and+washing+machines&hl=es&sa=X&ei=fMcbUdTCGYK88AT91YCACg&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q=sewage%20from%20toilets%20greywater%20from%20bat>
- Tropical Forages*. (s.f.). Recuperado el 12 de febrero de 2013 de http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Hymenachne_a_mplexicaulis.htm
- Tropicos (s.f.) Recuperado el 18 de febrero de 2013 de <http://www.tropicos.org/>
- Tuncsiper, B., Ayaz, S., y Akca, L. (2006). *Modelling and evaluation of nitrogen removal performance in subsurface flow and free water surface constructed wetlands*. *Water Science & Technology* 53 (12), 111-120.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1988). *Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment*. Cincinnati.
- Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Información detallada Cyperus odoratus L. - Cyperaceae*. Recuperado el 12 de Febrero de 2013 de Instituto de Ciencias Naturales de Colombia: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=331100>
- Verhoeven, J., Beltman, B., Bobbink, R., y Whigham, D. F. (2008). *Wetlands and Natural Resource Management*. Recuperado el 6 de octubre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=EkCVqT8A35MC&pg=PA82&dq=>

vertical+require+maintenance+and+a+pump+constructed+wetland&hl=es&sa=X&ei=eLAhUdu1H5PU9ATh04DACw&ved=0CEMQ6AEwAw#v=onepage&q=vertical%20require%20maintenance%20and%20a%20pump%20constructed%20wetl

Vesilind, P., Morgan, S., y Heine, L. (2010). *Introduction to Environmental Engineering*. Recuperado el 27 de diciembre de 2012 de Google Books:

http://books.google.com.ec/books?id=vl0kNlm_imlC&pg=PA271&dq=wastewater+odor+2009&hl=es&sa=X&ei=tcQaUciVCaS-0AGF-4HQBg&ved=0CF4Q6AEwCQ#v=onepage&q=odor&f=true

Vymazal, J. (Ed.) (2011). Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review. *Hydrobiología*, 133-156.

Vymazal, J. (Ed.) (2010) *Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands*. Czech Republic: Springer Science

Vymazal, J. (Eds) (2010). *Constructed Wetlands for wastewater treatment*. Open acces water, 530-549.

Vymazal, J., y Kröpfelová, L. (2008). *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with horizontal Sub-Surface Flow*. Recuperado el 5 de diciembre de 2012 de Google Books: http://books.google.com.ec/books?id=lfqerCqRvg8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

WALSH S.A. (2009). *Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Central Hidroeléctrica Rapay Salto 1 y Salto 2*. Recuperado el 12 de julio de 2013

de: <http://www.mem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20electricidad/EIA/EIA%20RAPAY/4.2.8%20Paisaje.pdf>

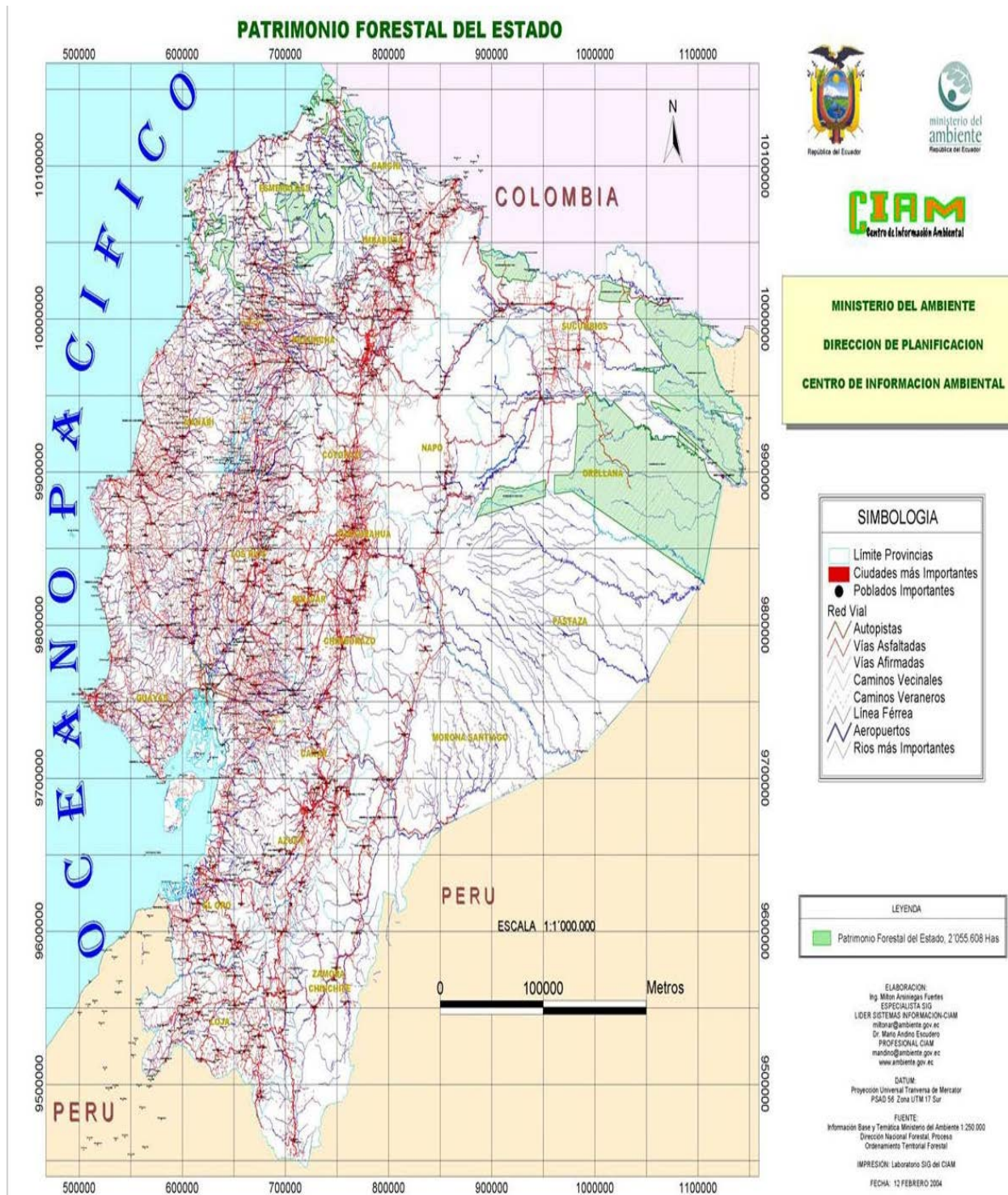
Wang, L., Tay, J., Lee, S., y Hung, Y. (2010). *Environmental Bioengineering*. Recuperado el 18 de noviembre de 2012 de Google Books: <http://books.google.com.ec/books?id=jGiQSjXQgTcC&pg=PA527&dq=table+common+parameters+that+characterize+grey+waters&hl=es&sa=X&ei=nRAcUZfNC9K70AGfy4CQBw&ved=0CDsQ6AEwAw#v=onepage&q=table%20common%20parameters%20that%20characterize%20grey%20waters&f=true>

ANEXOS

Anexo 1. Humedal artificial existente sembrado con *Echinochloa polystachya*



Anexo 2. Mapa donde se delimitan las zonas determinadas como Patrimonio Forestal del Estado ecuatoriano. Tomado de: (CIAM, 2004)



Anexo 3. Fotografía donde se muestra la diversidad vegetal con la que cuenta el Parque Nacional Yasuní. Tomado de: (ESPOL, 2012)



Anexo 4. Campamento AMO 1 área de las habitaciones



Anexo 5. Bloques de habitaciones en el campamento



Anexo 6. Lavadoras y secadoras del campamento AMO1



Anexo 6. Instalaciones del gimnasio el cual cuenta con baños y duchas.



Anexo 7. Área de cocina y lavado de platos.



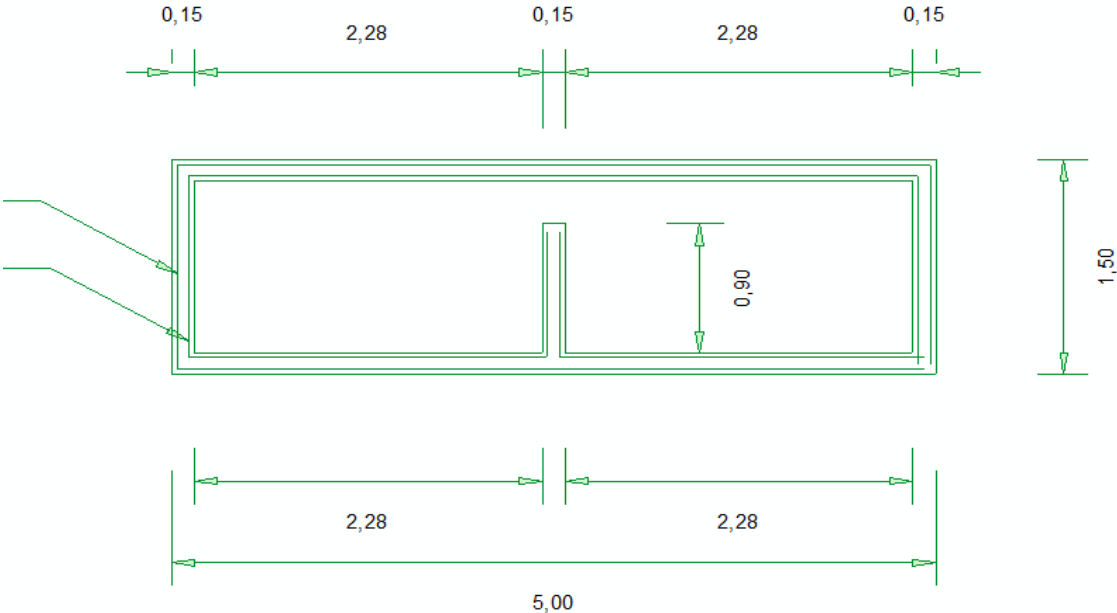
Anexo 8. Área del comedor del campamento AMO 1.



Anexo 9. Condición actual de trampa de grasa para aguas del comedor y lavandería.



Anexo 10. Tanque sedimentador del campamento AMO 1.



Anexo 11. Condición actual del tanque sedimentador o tanque Imhoff.



Anexo 12. Accesorio para manipular el nivel de agua en el humedal artificial.



Anexo 13. Fotografía del tanque de cloración como proceso final del tratamiento de aguas en el campamento AMO1



Anexo 14. Proceso de adaptación de las plantas al 23 de noviembre de 2012



Cyperus odoratus



Hymenachne amplexicaulis



Echinochloa polystachya

Anexo 15. Proceso de adaptación de las plantas al 17 de diciembre de 2012



Cyperus odoratus



Hymenachne amplexicaulis



Echinochloa polystachya

Anexo 16. Proceso de adaptación de las plantas al 7 de enero de 2013



Cyperus odoratus



Hymenachne amplexicaulis



Echinochloa polystachya

Anexo 17. Proceso de adaptación de las plantas al 5 de febrero de 2013



Cyperus odoratus



Hymenachne amplexicaulis



Echinochloa polystachya

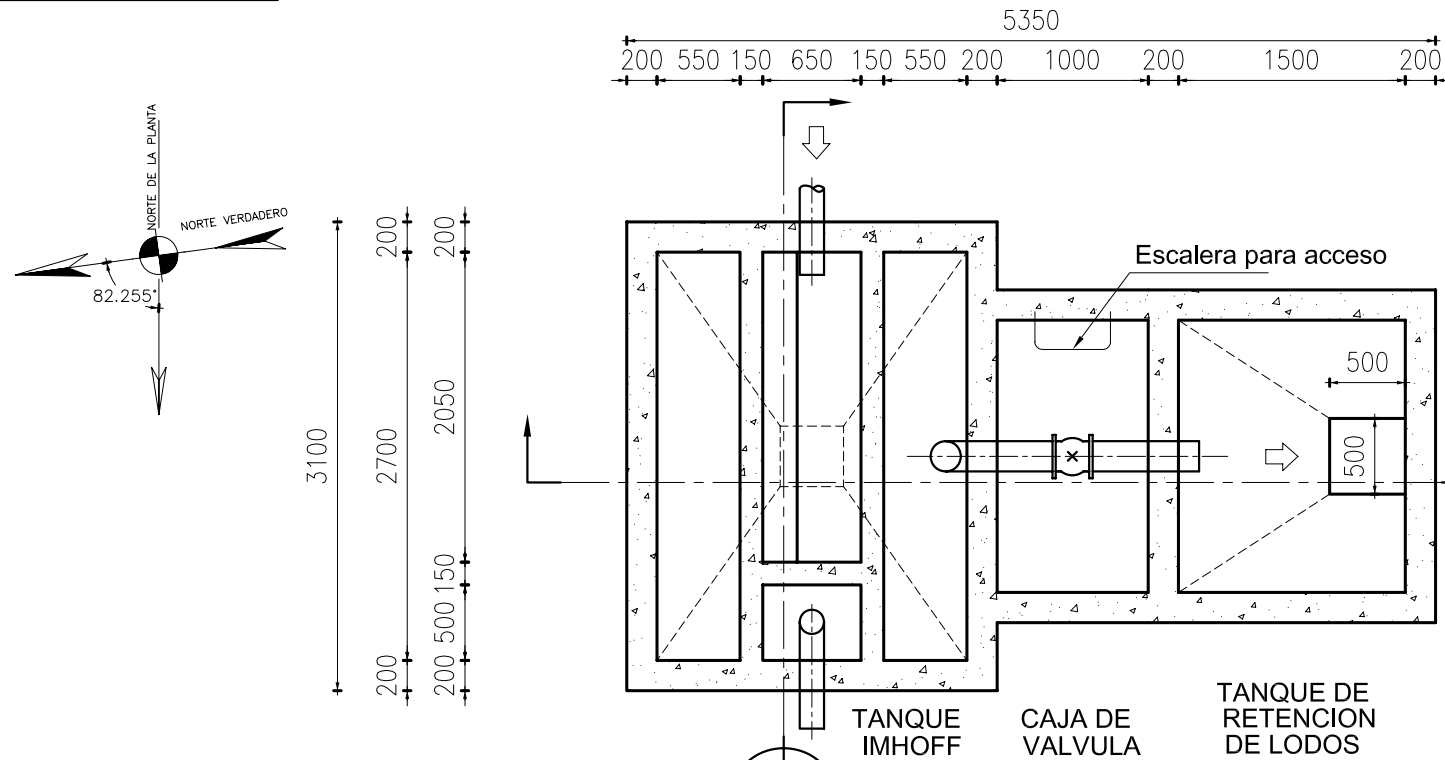
Anexo 18. Construcción de las unidades experimentales



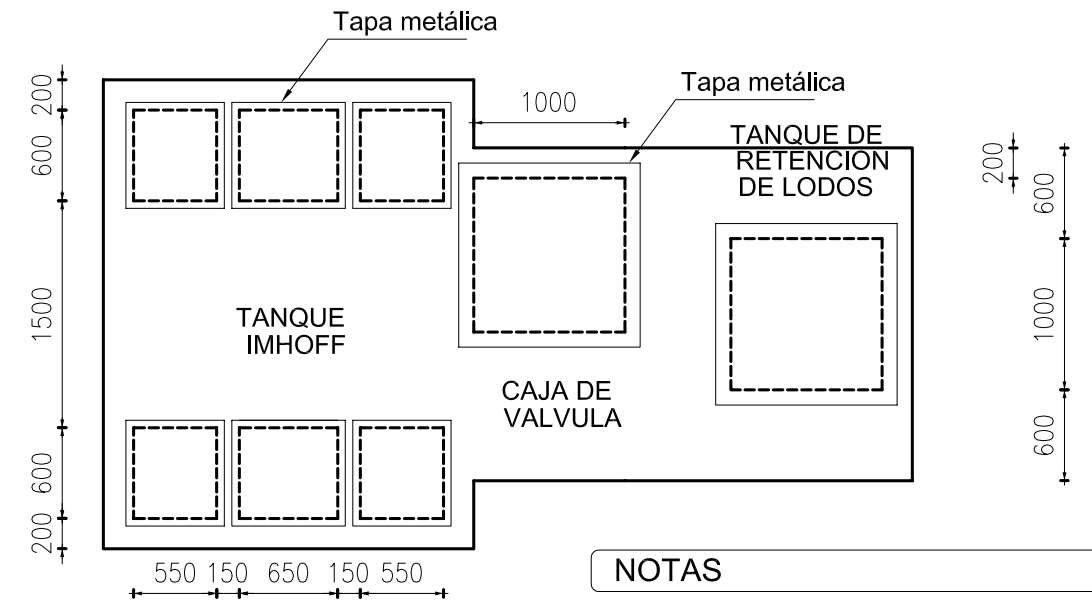
Anexo 19. Sistema experimental instalado



VISTA EN PLANTA



UBICACION DE ABERTURAS

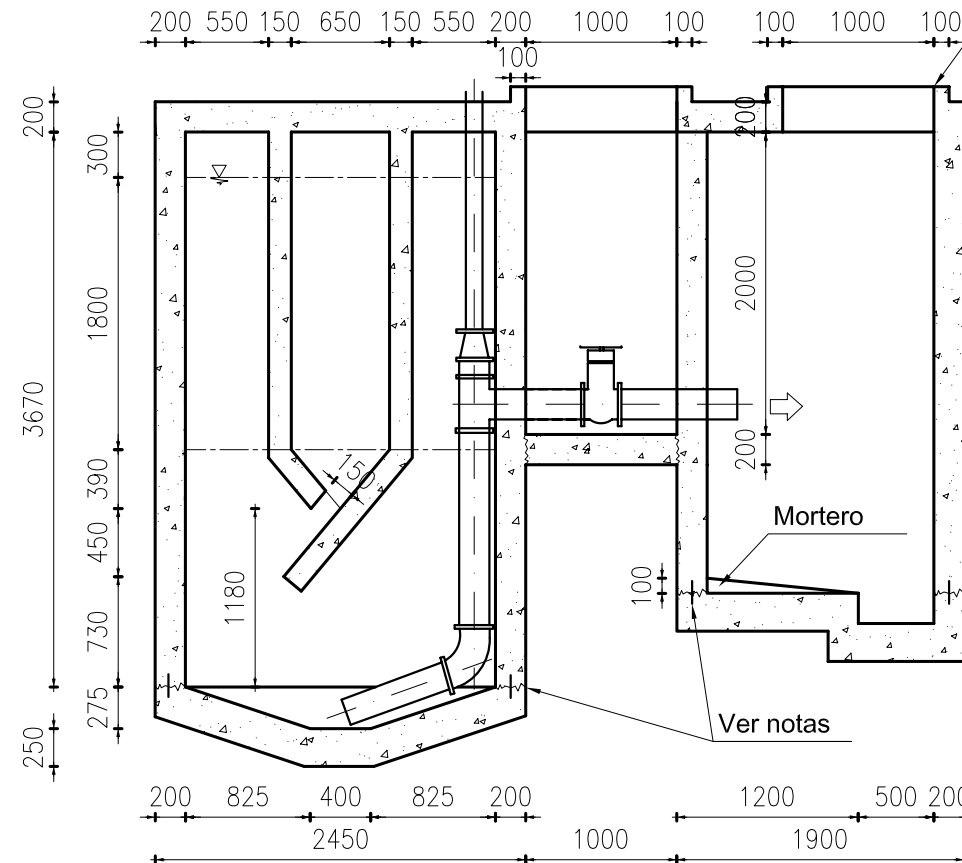
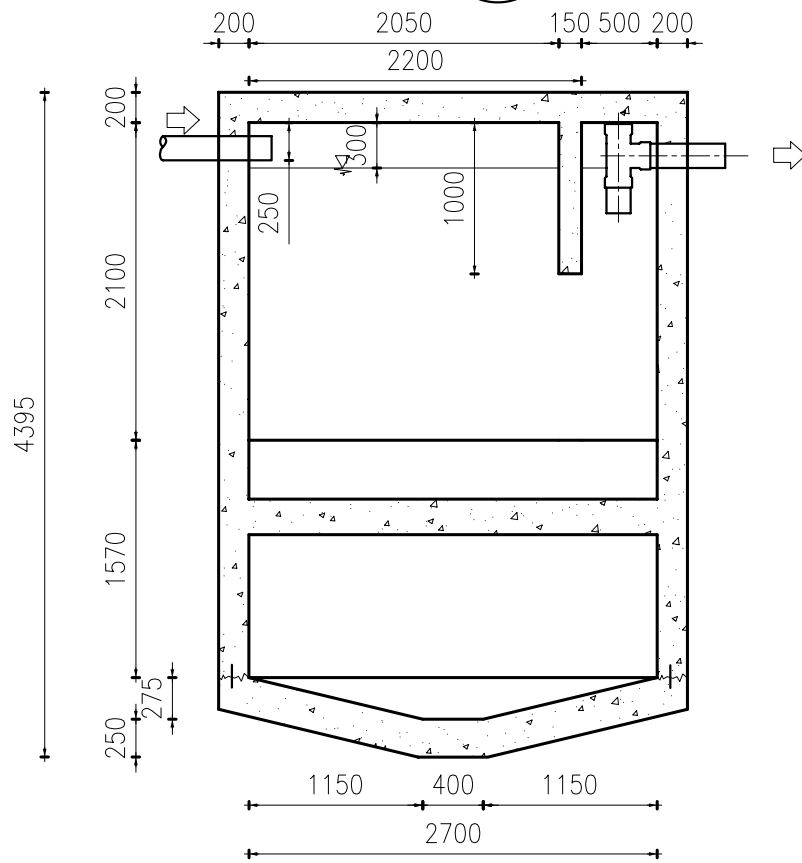


CORTE A ESC: 1:50

ESC: 1:50

CORTE B ESC: 1:50

Con tapa metálica tipo Corte A de Detalle 6 (701-D65PL-005)



NOTAS

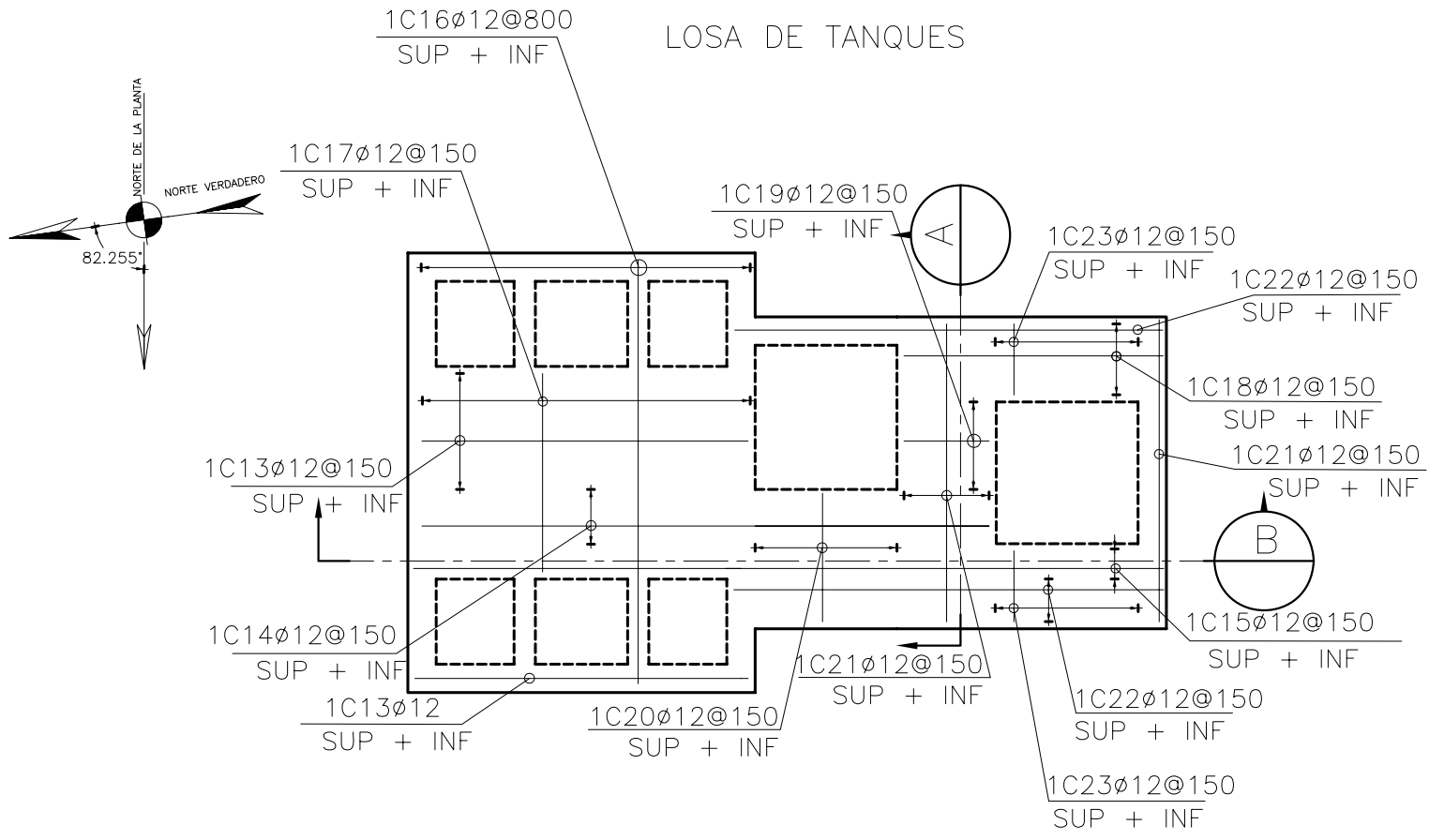
- Dimensiones: en milímetros excepto que se indique otra unidad
- Niveles: En msnm
- Hormigón: Con aditivo impermeabilizante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días
Especímen para prueba: Cilindro 15cm diám.x30cm alto
- Refuerzo: Acero $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$
- Recubrimiento del refuerzo: $r = 50\text{mm}$, lateral y superior
 $r = 50\text{mm}$, en la superficie de contacto con el suelo (base)
- Encofrado: Todas las aristas vistas tendrán chaflán de de 20x20 mm
- Cambio de suelo: Lastre clase 3, compactado al 95% del próctor modificado
- Replanteo: $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$
- Mortero: Mortero cemento relación 1:3
- Juntas: El las juntas de construcción en la base de los tanque usar cinta Sika PVC tipo 0-15
- Tapas: Placa acero A36 $e=3\text{mm}$, recubiertas con pintura anticorrosiva color negro.
- Tuberías y accesorios: PVC Tipo desagüe PLASTIGAMA, Lodos $\varnothing 200\text{mm}$, Ingreso y salida de agua $\varnothing 160\text{mm}$

PARA CONSTRUCCIÓN			
ELABORADO SILVIO SANCHEZ ING. DE PROYECTOS	FECHA 24/8/07	FIRMA <i>Sanchez</i>	
REVISADO PATRICIO ORTEGA JEFE DE INGENIERIA	FECHA 24/8/07	FIRMA <i>Ortega</i>	
APROBADO JOSE ARAUJO GERENTE DE PRODUCCION E INSTALACIONES DE SUPERFICIE	FECHA	FIRMA <i>Araujo</i>	

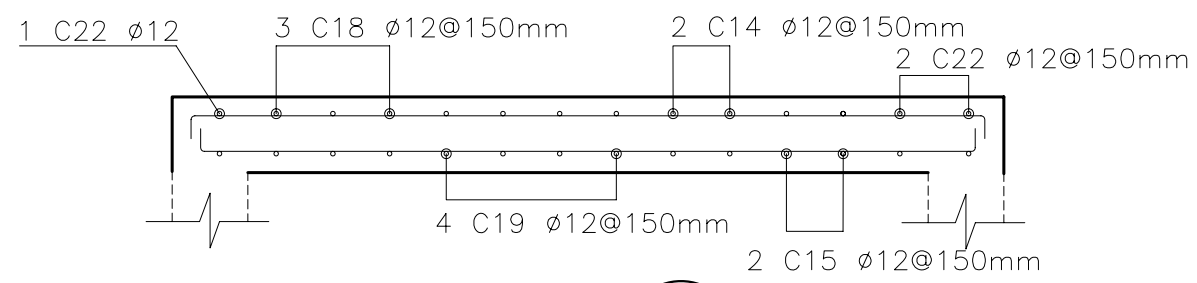
NO.	FECHA	REVISIONES	POR	REV.	APROB.	REFERENCIAS	NO.	REALIZADO PARA	POR	FECHA	DIBUJO	FECHA
A	16/18/07	REVISION	TT	SS/MG	PO	701-D60PL-001	A	REVISION	TT	16/08/07	FT	16/08/07
0	23/08/07	CONSTRUCCION	TT	SS	PO		0	CONSTRUCCION	TT	23/08/07	REVISADO	FECHA
											HT	16/08/07
											APROBADO	FECHA
											SS	
											APROBADO	FECHA
											PO	
											SCALE	
											INDICADAS	

REPSOL - YPF ECUADOR S.A.
BLOCK 16 DEVELOPMENT
AMPLIACION DEL SIST. DE TRAT.
DE AGUAS RESID. EN AMO 1
TANQUE IMHOFF
DIMENSIONES

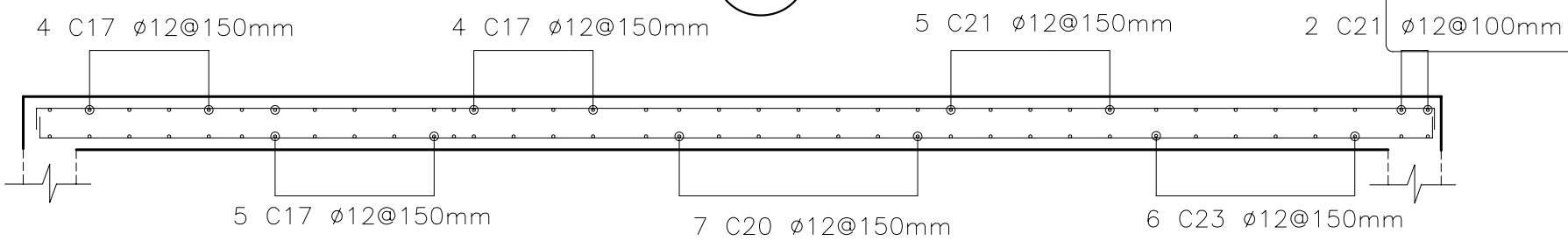
PROYECTO No.	ECUA07032
ELABORADO	FECHA
SILVIO SANCHEZ Ing. de Proyectos	
REVISADO	FECHA
PATRICIO ORTEGA Jefe de Ingenieria	
APROBADO	FECHA
JOSE ARAUJO Gerente de Produccion e Instalaciones de Superficie	
DRAWING NO.	701-D62PL-001
REV.	0



CORTE A ESC: 1:25



CORTE B ESC: 1:25



REFUERZO DE TANQUES

CODIGO DE FORMA DE LAS VARILLAS	MARCA Mc	DIAMETRO mm	Cantidad unid	LONGITUD mm	PESO/BARRA Kg	PESO TOTAL Kg	DIMENSIONES (mm)									
							a	b	c	d	e	f	g			
A		A1	14	132	3750	4.53	597.96	3750								
		A2	14	100	2390	2.89	288.71	2390								
		A3	14	100	3040	3.67	367.23	2950								
L		A4	12	5	1100	0.98	4.88	1100								
		A5	12	7	900	0.80	5.60	900								
		A6	12	37	2700	2.40	88.80	2700								
		A7	12	89	3170	2.82	251.92	3170								
		A8	12	28	1950	1.74	48.48	1950								
C		A9	12	53	2850	2.53	134.90	2850								
		A10	12	82	2140	1.90	155.80	2140								
		A11	12	24	1450	1.29	30.96	1450								
D		C1	12	132	1150	1.02	134.80	500	150	500						
		C2	14	20	2300	3.63	72.60	100	2100	100						
		C3	14	24	2000	3.16	75.84	100	1800	100						
		C4	10	89	950	0.59	52.17	400	150	400						
		C5	12	14	2100	1.87	26.11	100	2100	100						
		C6	12	30	900	0.80	23.98	100	900	900						
E		C7	10	28	1090	0.67	18.83	470	150	470						
		D1	16	32	3200	5.05	161.59	150	1300	300	1300	150				
		D2	16	42	2700	4.26	178.95	150	1050	300	1050	150				
		E1	14	3	2200	2.66	7.97	100	1000	200	800	100				
		E2	14	3	2200	2.66	7.97	100	750	200	1250	100				
F		F1	14	3	3100	3.75	11.24	100	750	200	1000	750				
		F2	14	3	2700	3.26	9.78	100	650	200	800	650				
		L1	12	100	1000	0.89	88.88	500	500							
		L2	10	92	900	0.55	51.09	500	400							
		L3	10	84	800	0.49	41.46	400	400							
		L4	12	76	3100	2.76	209.21	2100	1000							
		L5	12	132	1200	1.07	140.66	700	500							
		L6	10	3	1200	0.74	2.22	800	400							
		L7	12	79	2450	2.18	171.87	2100	350							
		L8	10	89	1050	0.65	57.66	600	450							
		L9	14	68	800	0.96	65.72	400	400							
		C13	12	8	2510	2.23	35.66	80	2350	80						
		C14	12	2	4210	3.74	14.95	80	4080	80						
		C15	12	2	5410	4.80	19.22	80	5286	80						
		C16	12	4	3160	2.81	22.45	80	3000	80						
		C17	12	13	1560	1.39	44.33	80	1400	80						
		C18	12	3	2020	1.79	10.76	80	1860	80						
		C19	12	4	760	0.67	5.40	80	600	80						
		C20	12	7	1060	0.94	13.18	80	940	80						
		C21	12	7	2260	2.01	28.10	80	2100	80						
		C22	12	3	3160	2.81	16.84	80	3030	80						
		C23	12	12	660	0.59	18.75	80	540	80						
RESUMEN							DIAMETRO	Kg								
							10	223.63	Malla electrosoldada							
							12	1746.58	Ø8 @ 150 - m2							
							14	1505.02	Ø6 @ 150 - m2							
							16	340.54								
Desperdicio							381.58									
TOTAL							4197.35									

REPSOL YPF TEC-TOTAL CIA. LTA

PARA CONSTRUCCIÓN

ELABORADO SILVIO SANCHEZ ING. DE PROYECTOS	FECHA 24/8/07	FIRMA <i>Sanchez</i>
REVISADO PATRICIO ORTEGA JEFE DE INGENIERIA	FECHA 24/8/07	FIRMA <i>Ortega</i>
APROBADO JOSE ARAUJO GERENTE DE PRODUCCION E INSTALACIONES DE SUPERFICIE		FIRMA <i>Araujo</i>

NO.	FECHA	REVISIONES	POR	REV.	APROB.	REFERENCIAS	NO.	REALIZADO PARA	POR	FECHA	DIBUJO	FECHA
A	16/18/07	REVISION	TT	SS/MG	PO	701-D62PL-001	A	REVISION	TT	16/08/07	VB	16/08/07
0	23/08/07	CONSTRUCCION	TT	SS	PO		0	CONSTRUCCION	TT	23/08/07	REVISADO	FECHA
											FT	16/08/07
											APROBADO	FECHA
											SS	
											APROBADO	FECHA
											PO	
											SCALE	
											INDICADAS	

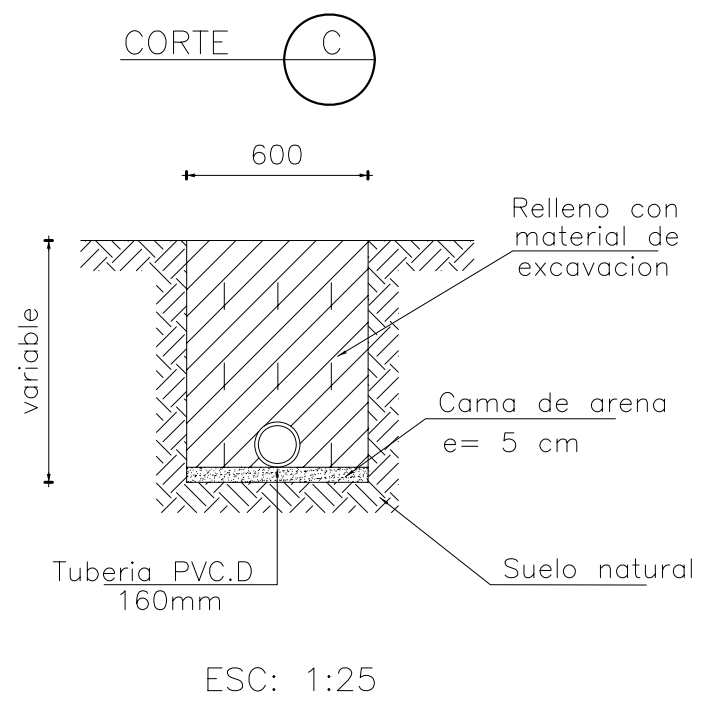
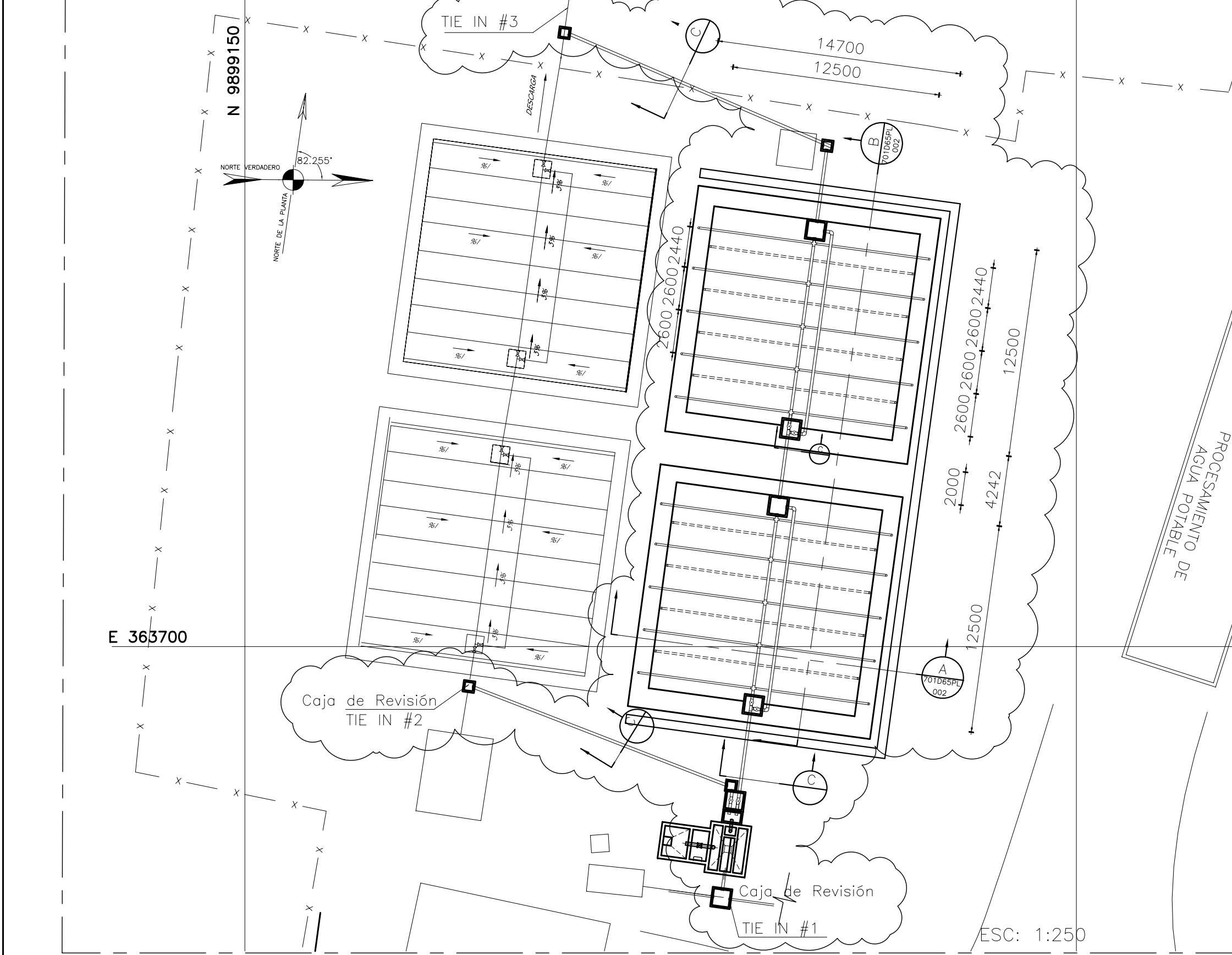
REPSOL YPF TEC-TOTAL CIA. LTA

REPSOL - YPF ECUADOR S.A.
BLOCK 16 DEVELOPMENT
AMPLIACION DEL SIST. DE TRAT. DE AGUAS RESID. EN AMO 1
LOSA DE TANQUES ESTRUCTURAL

PROYECTO No. ECUA07032

ELABORADO SILVIO SANCHEZ Ing. de Proyectos	FECHA
REVISADO PATRICIO ORTEGA Jefe de Ingenieria	FECHA
APROBADO JOSE ARAUJO Gerente de Produccion e Instalaciones de Superficie	FECHA

DRAWING NO. 701-D62PL-002/2 REV. 0



NOTAS

- Arena: Arena de río/mina
- Relleno: Material de excavación seleccionado compactado manualmente
- Tubería: PVC Tipo Desagüe PLASTIGAMA

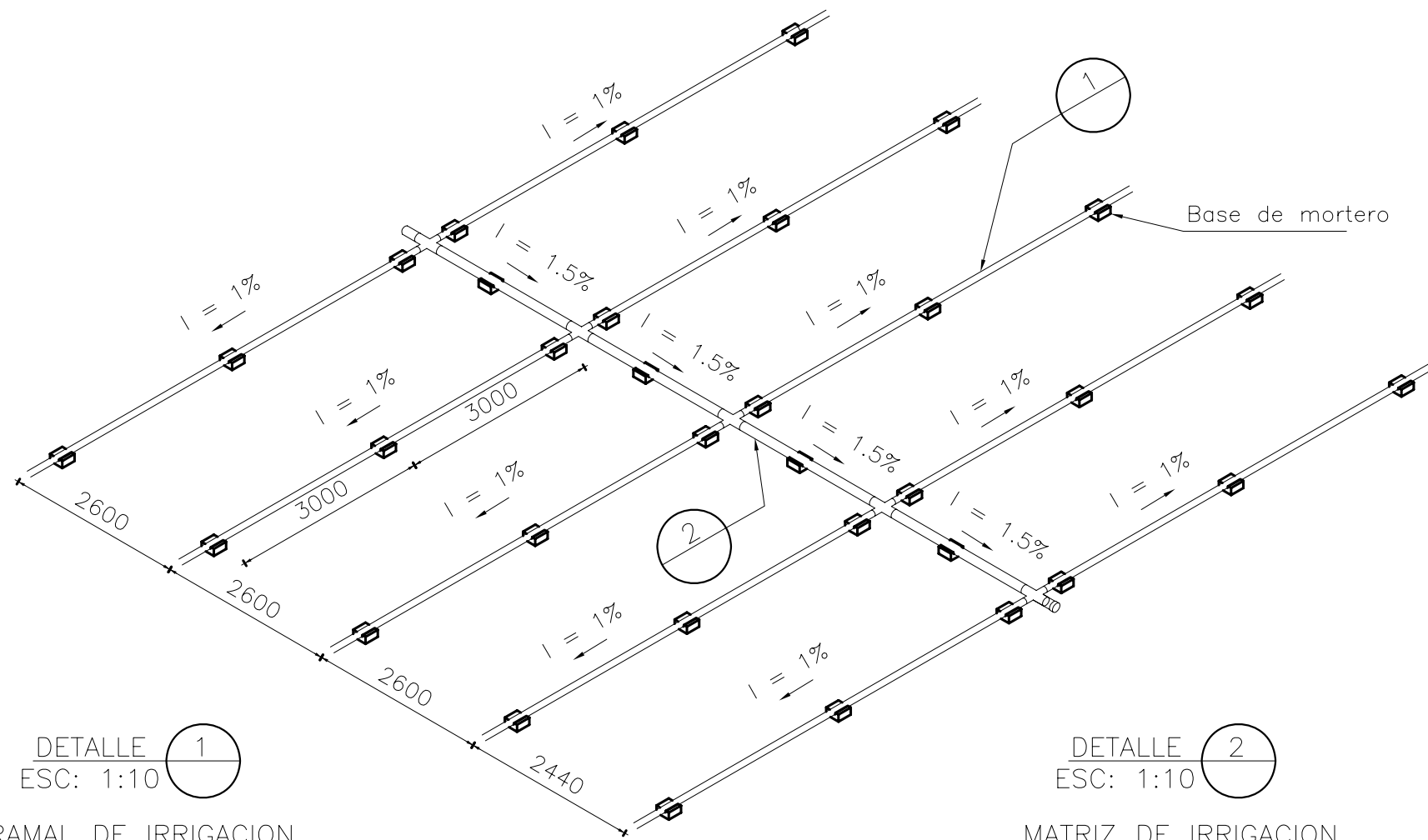
PARA CONSTRUCCIÓN		
ELABORADO SILVIO SANCHEZ ING. DE PROYECTOS	FECHA 24/8/07	FIRMA <i>Sanchez</i>
REVISADO PATRICIO ORTEGA JEFE DE INGENIERIA	FECHA 24/8/07	FIRMA <i>Ortega</i>
APROBADO JOSE ARAUJO GERENTE DE PRODUCCION E INSTALACIONES DE SUPERFICIE		FIRMA <i>Araujo</i>

NO.	FECHA	REVISIONES	POR.	REV.	APROB.	REFERENCIAS	NO.	REALIZADO PARA	POR.	FECHA	DIBUJO	FECHA
A	07/08/07	REVISION	TT	SS/MG	PO	701-D60PL-001	A	REVISION	VB	07/08/07	VB	07/08/07
B	17/08/07	REVISION	TT	SS/MG	PO	701-D65PL-002	B	REVISION	TT	17/08/07	REVISADO	FECHA
0	23/08/07	CONSTRUCCION	TT	SS	PO		0	CONSTRUCCION	TT	23/08/07	FT	17/08/07
											APROBADO	FECHA
											SS	
											APROBADO	FECHA
											PO	
											SCALE	
											1:250	

REPSOL - YPF ECUADOR S.A.
BLOCK 16 DEVELOPMENT
 AMPLIACION DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMO 1
 RUTEO E INTERCONEXIONES

PROYECTO No.	ECUA07032
ELABORADO SILVIO SANCHEZ Ing. de Proyectos	FECHA
REVISADO PATRICIO ORTEGA Jefe de Ingeniería	FECHA
APROBADO JOSE ARAUJO Gerente de Producción e Instalaciones de Superficie	FECHA
DRAWING NO.	701-D65PL-001
REV.	0

VISTA DE MALLA DE IRRIGACIÓN

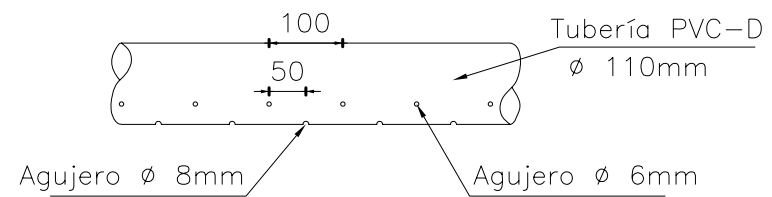


NOTAS

- Tubería: PVC tipo desague PLASTIGAMA
- Mortero: Mortero cemento 1:3
- Arena: Arena Lavada, polvos de piedra
- Ripio: Ripio triturado 3/4
- Piedra bola: Piedra bola Ø100 mm. (4")

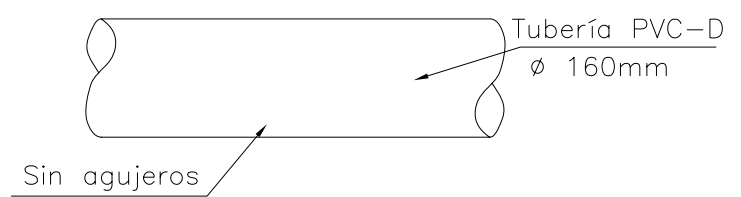
DETALLE 1
ESC: 1:10

RAMAL DE IRRIGACION



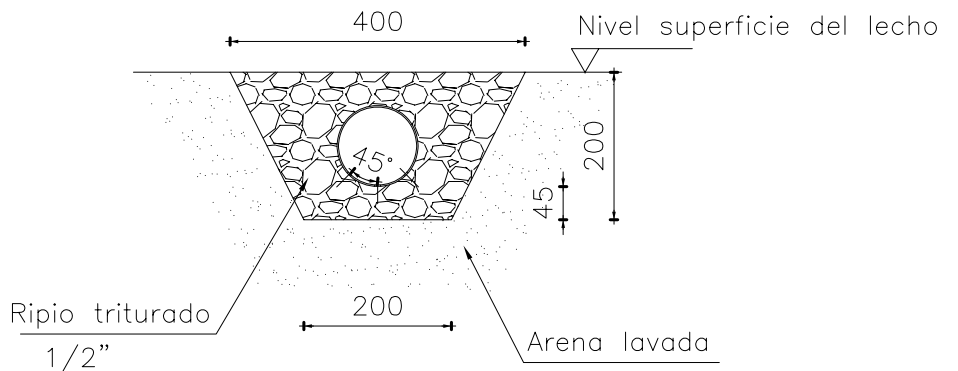
DETALLE 2
ESC: 1:10

MATRIZ DE IRRIGACION

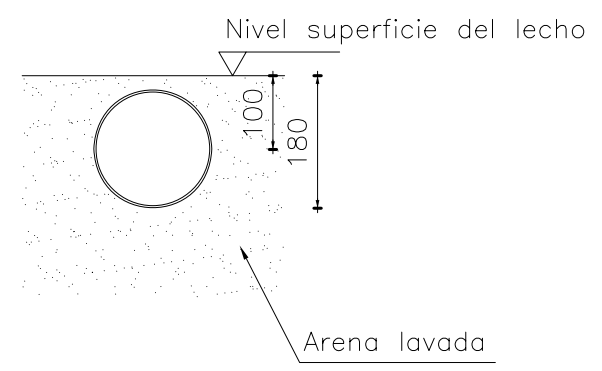


ESC: 1:100

SECCION TRANSVERSAL



SECCION TRANSVERSAL



REPSOL YPF TEC-TOTAL CA. LDA

PARA CONSTRUCCIÓN

ELABORO SILVIO SANCHEZ ING. DE PROYECTOS	FECHA 24/8/07	FIRMA <i>Sanchez</i>
REVISADO PATRICIO ORTEGA JEFE DE INGENIERIA	24/8/07	<i>Ortega</i>
APROBADO JOSE ARAUJO GERENTE DE PRODUCCION E INSTALACIONES DE SUPERFICIE		<i>Araujo</i>

NO.	FECHA	REVISIONES	POR	REV.	APROB.	REFERENCIAS	NO.	REALIZADO PARA	POR	FECHA	DIBUJO	FECHA
A	16-08-07	REVISION	FT	SS/MG	PO	701-D65PL-001	A	REVISION	TT	07/08/07	VB	07/08/07
0	23/08/07	CONSTRUCCION	TT	SS	PO		O	CONSTRUCCION	TT	23/08/07	FT	07/08/07
											SS	
											APROBADO	FECHA
											APROBADO	FECHA
											SCALE	
											INDICADAS	

TEC-TOTAL CA. LDA

REPSOL YPF

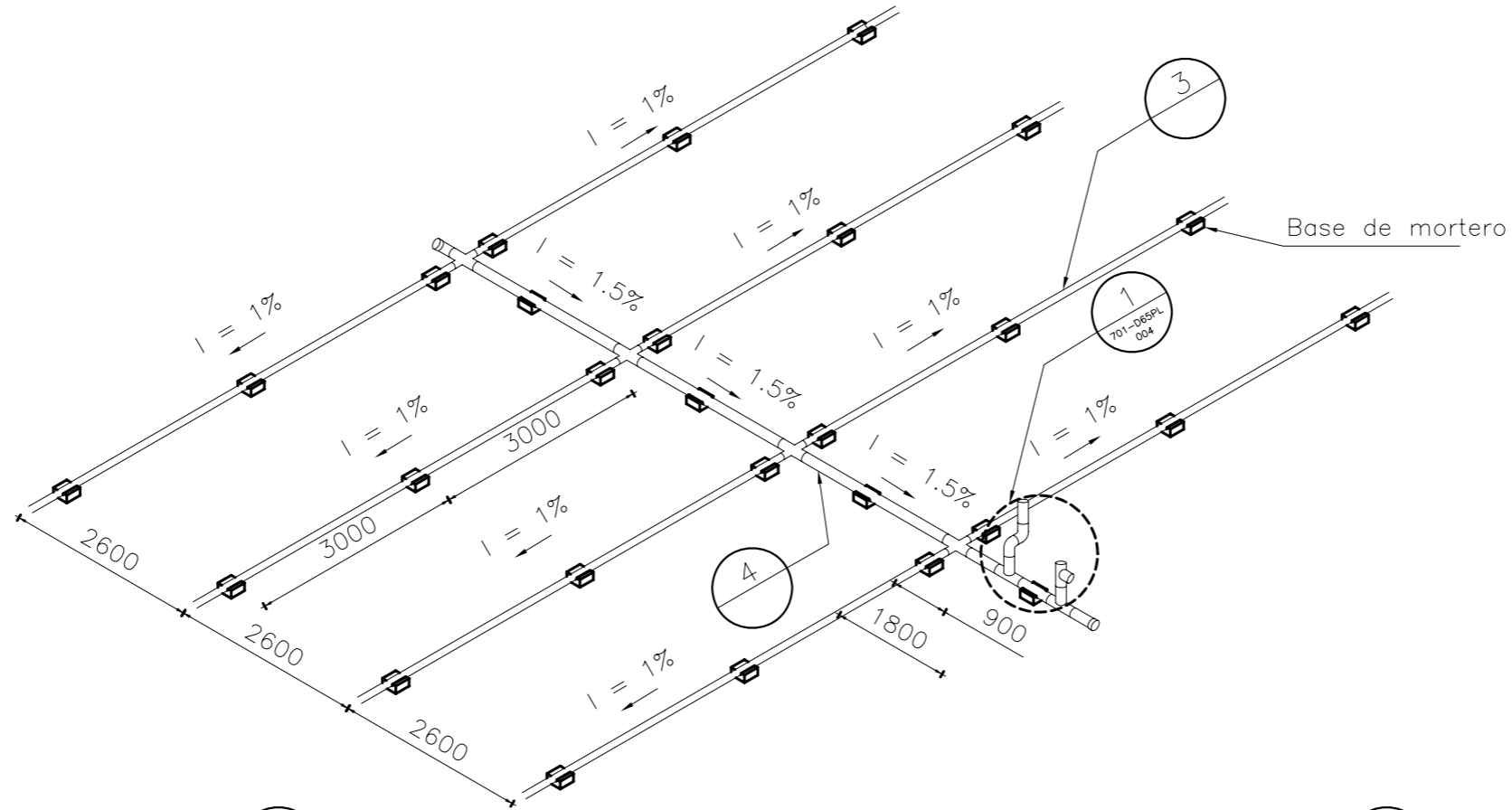
REPSOL - YPF ECUADOR S.A.
BLOCK 16 DEVELOPMENT

AMPLIACION DE SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN AMO 1

MALLA DE IRRIGACION

PROYECTO No.	ECUA07032
ELABORADO SILVIO SANCHEZ Ing. de Proyectos	FECHA
REVISADO PATRICIO ORTEGA Jefe de Ingeniería	FECHA
APROBADO JOSE ARAUJO Gerente de Produccion e Instalaciones de Superficie	FECHA
DRAWING NO.	701-D65PL-006
REV.	0

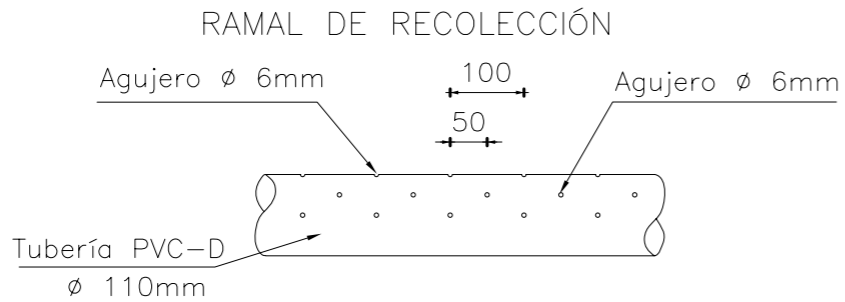
VISTA DE MALLA DE RECOLECCIÓN



NOTAS

- Tubería: PVC tipo desague PLASTIGAMA
- Mortero: Mortero cemento 1:3
- Arena: Arena Lavada, polvos de piedra
- Ripio: Ripio triturado 3/4
- Piedra bola: Piedra bola Ø100 mm. (4")

DETALLE 3
ESC: 1:10

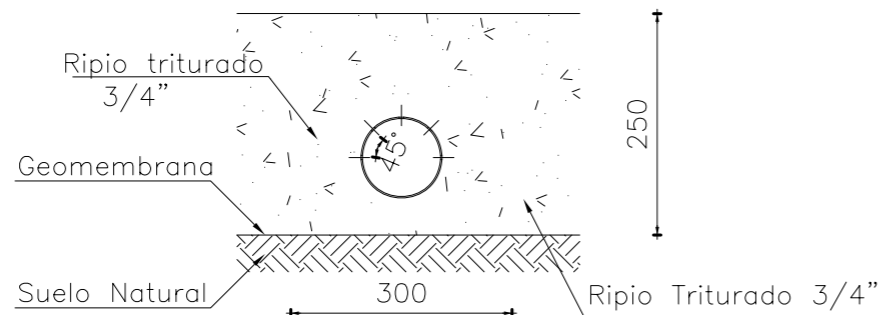


DETALLE 4
ESC: 1:10

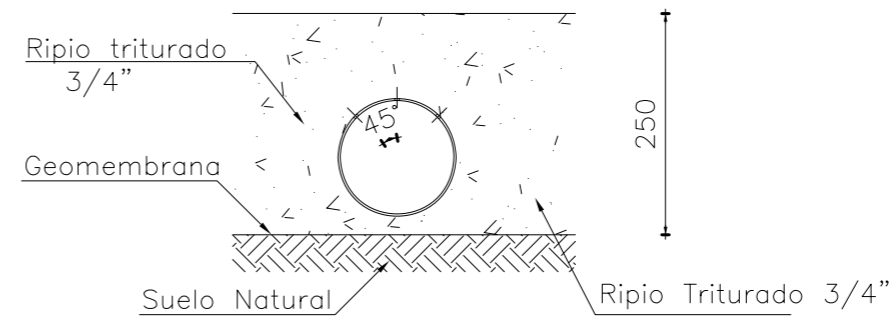


ESC: 1:100

SECCION TRANSVERSAL



SECCION TRANSVERSAL



<p>PARA CONSTRUCCION</p>		
ELABORO SILVIO SANCHEZ ING. DE PROYECTOS	FECHA	FIRMA
REVISADO PATRICIO ORTEGA JEFE DE INGENIERIA		
APROBADO JOSE ARAUJO GERENTE DE PRODUCCION E INSTALACIONES DE SUPERFICIE		

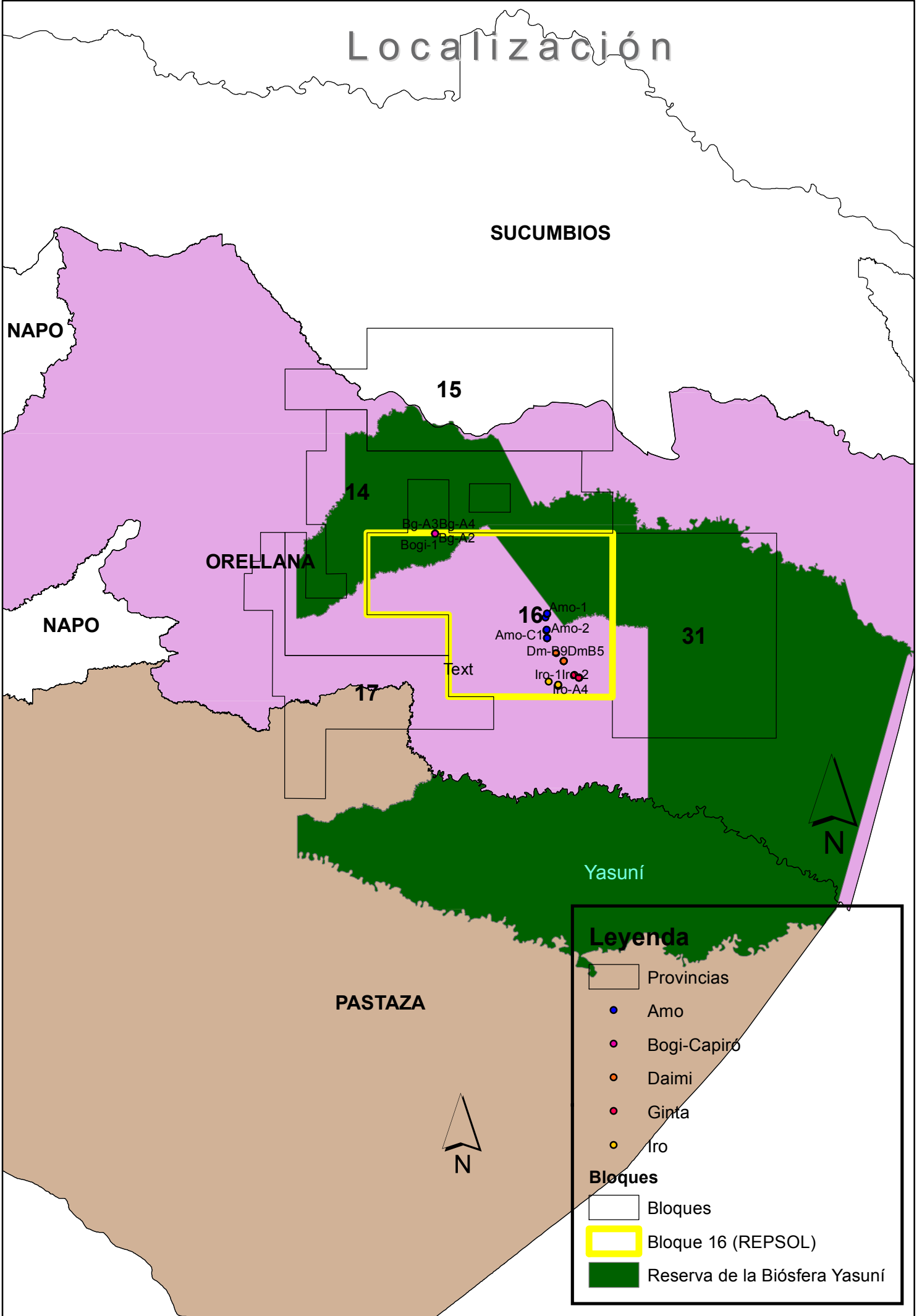
NO.	FECHA	REVISIONES	POR	REV.	APROB.	REFERENCIAS	NO.	REALIZADO PARA	POR	FECHA	DIBUJO	FECHA
A	16-08-07	REVISION	FT	SS/MG	PO	701-D65PL-001	A	REVISION	TT	07/08/07	VB	16/08/07
0	23/08/07	CONSTRUCCION	TT	SS	PO		0	CONSTRUCCION	TT	23/08/07	FT	16/08/07
											SS	
											APROBADO	FECHA
											PO	
											SCALE	
											1:250	



REPSOL - YPF ECUADOR S.A.
BLOCK 16 DEVELOPMENT
 AMPLIACION DE SISTEMA DE
 TRATAMIENTO DE AGUAS
 RESIDUALES EN AMO 1
 MALLA DE RECOLECCION

PROYECTO No.	ECUA07032
ELABORADO SILVIO SANCHEZ Ing. de Proyectos	FECHA
REVISADO PATRICIO ORTEGA Jefe de Ingeniería	FECHA
APROBADO JOSE ARAUJO Gerente de Produccion e Instalaciones de Superficie	FECHA
DRAWING NO.	701-D65PL-007
REV.	0

Localización



PROTOCOLO N°: 1212-2616	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2379	A1-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-1	20/12/2012	09:40	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.

Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1212-2616	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2379	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,07	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,68	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	106	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N° 1012-1612	RU-48
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUIMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNI - BLOQUE 18 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / ESTEFANIA CARPIO
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: OCTUBRE 15 DEL 2012 / 14:40
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: OCTUBRE 15 AL 25 DEL 2012
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 25 DE OCTUBRE DEL 2012

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-1603	A1 - AM01 PANTANO	Arco 1 Campamento (pantano seco) - Agua truda	05/10/2012	16:30	363730 E 9889209 N	La muestra fue tomada por la Tesisista de Repsol y remitida al laboratorio. No se cuenta con datos in situ

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Cloro Libre, Demanda Química de Oxígeno se tercerizó al Laboratorio QSP, Oferta de Servicios y Productos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador / ACREDITACIÓN OAE LE 1C 04-002

El ensayo de Coliformes Fecales se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Quimico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1012-1612	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-1603	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1 - AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0.24	<2.0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D	Terceizado (PARAMETRO ACREDITADO)	col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005 4500H+ B	PA - 35.00	U pH	6.20	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Método rápido MERCK 132, 28 y 29 modificado DE AM 83	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	427	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbónicas en el Ecuador, Tabla 5 Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROCOLO N°: 0113-0146	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0124	A1-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-1	12/01/2013	10:35	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

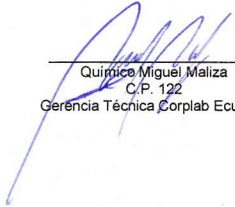
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstos no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0146	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0124	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,90	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	60,7	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



PROTOCOLO N°: 0113-0219	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0178	A1-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-1	19/01/2013	11:05	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado, blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0113-0219	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0178	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,63	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	111,8	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0213 - 0461	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	
Página 1 de 3	

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCIA - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM
A-0359	A1-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-1	09/02/2013	09:31	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión: 26°C Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0461	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0359	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1-AMQ1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,62	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	47	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0213 - 0555	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM
A-0424	A1-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-1	16/02/2013	09:20	No reportado por el cliente	Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0555	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0424	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A1-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	7,13	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	122,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 1212-2618	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2381	A3-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-2	20/12/2012	10:10	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

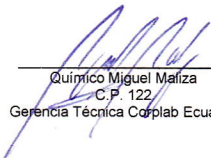
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Mafiza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1212-2618	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2381	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A3-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,94	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	129,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5. Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

PROTOCOLO N°: 0113-0148	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0126	A3-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-2	12/01/2013	10:42	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

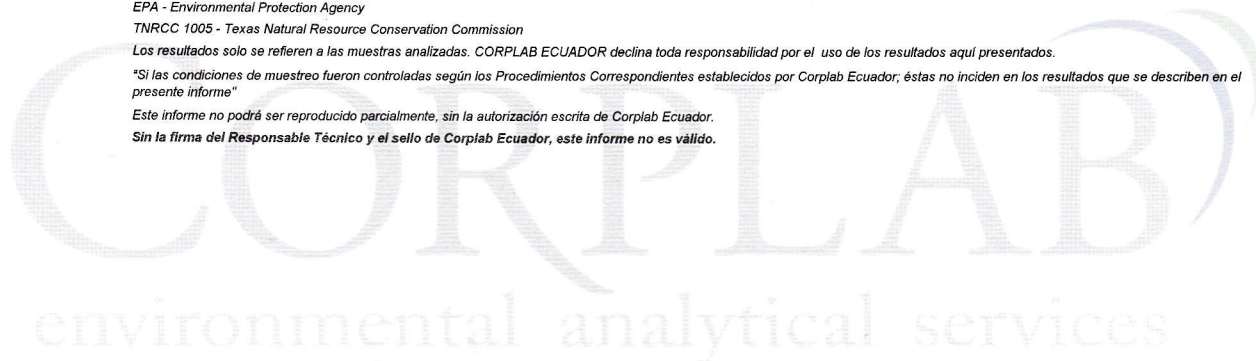
Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador



PROTOCOLO N°: 0113-0148	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0126	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A3-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,80	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	105,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

PROTOCOLO N°: 0113-0221	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0180	A3-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-2	19/01/2013	11:12	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Mélica
 C.P./122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado, blanqueado sin uso de Cloro

PROTOCOLO N°: 0113-0221	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0180	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A3-AMO1 PANTANO		
CLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,90	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	53,9	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5. Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



Papel ecológico, de material reciclado, blanqueado sin uso de Cloro.

PROCOLO N°: 0213 - 0463	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / CHRISTIAN GUEVARA - JORGE GARCIA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM
A-0361	A3-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-2	09/02/2013	09:40	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión : 26,3 °C Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0463	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0361	⁽¹⁾ LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A3-AMO1 PANTANO		
CLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,76	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	57	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0213 - 0557	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0426	A3-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-2	16/02/2013	09:30	No reportado por el cliente	Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0557	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0426	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A3-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	7,00	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	36,8	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 1212-2620	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2383	A5-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-3	20/12/2012	10:35	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency


TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1212-2620	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2383	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A5-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,74	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	146,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

PROTOCOLO N°: 0113-0150	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0128	A5-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-3	12/01/2013	10:49	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0150	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0128	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				AS-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,61	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	241,8	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

PROTOCOLO N°: 0113-0223	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0182	A5-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-3	19/01/2013	11:20	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency


TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Malza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0223	PL-46
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0182	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A5-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,76	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	139,1	<80	NO CUMPLE

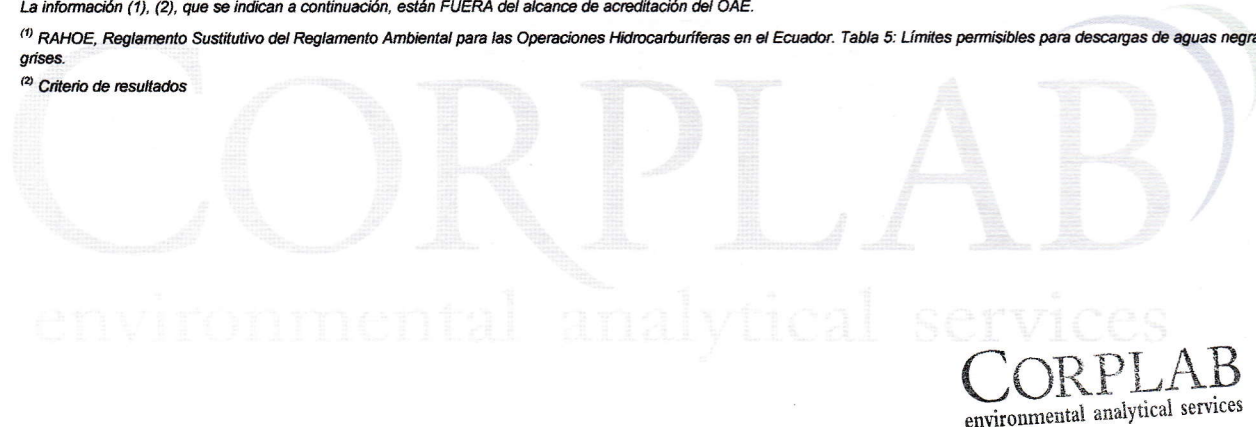


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0213 - 0465	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / CHRISTIAN GUEVARA - JORGE GARCIA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0363	A5-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-3	09/02/2013	09:55	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión: 28,1 °C Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency


TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0465	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0363	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A5-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,62	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	37	<80	CUMPLE



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE 2C 05-005

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROCOLO N°: 0213 - 0559	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0428	A5-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-3	16/02/2013	09:40	No reportado por el cliente	Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0559	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0428	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A5-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,55	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	40,2	<80	CUMPLE



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE 2C 05-005

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 1212-2622	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2385	A7-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-4	20/12/2012	10:55	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency


TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1212-2622	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2385	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A7-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,94	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	44,0	<80	CUMPLE

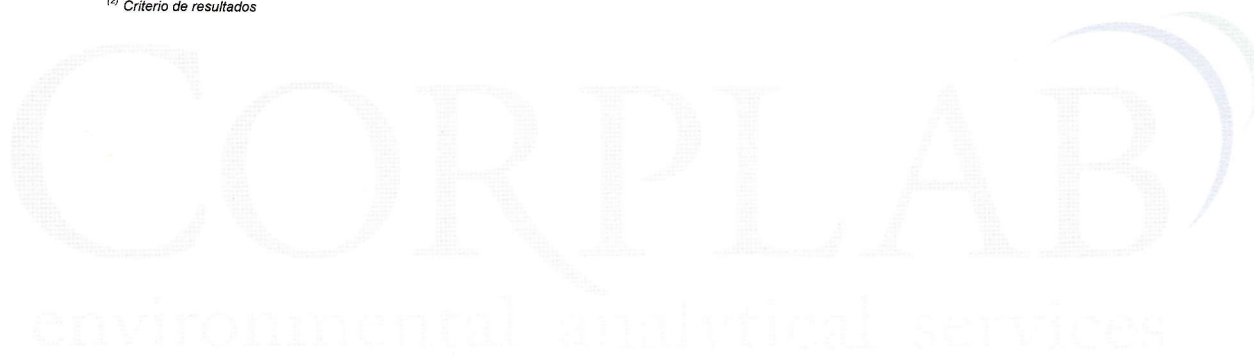


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



PROTOCOLO N°: 0113-0152	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0130	A7-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-4	12/01/2013	10:56	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0152	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0130	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A7-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,81	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	111,8	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

PROTOCOLO N°: 0113-0225	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0184	A7-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-4	19/01/2013	11:30	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado, blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0113-0225	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0184	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A7-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,10	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,95	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	105,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado, blanqueado sin uso de Cloro

PROTOCOLO N°: 0213 - 0467	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / CHRISTIAN GUEVARA - JORGE GARCIA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0365	A7-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-4	09/02/2013	09:50	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión: 26,3 °C Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

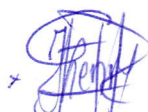
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.

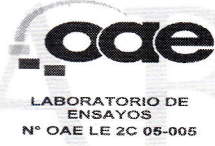
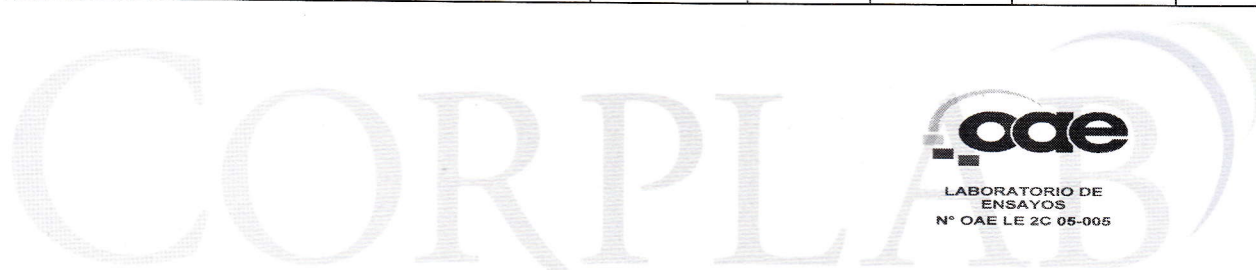


Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0467	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0385	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A7-AM01 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,81	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	61	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0213 - 0561	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0430	A7-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 1-4	16/02/2013	09:57	No reportado por el cliente	Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

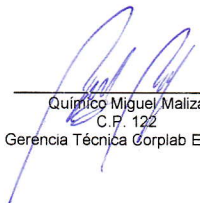
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.F. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0561	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0430	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A7-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,10	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	53,9	<80	CUMPLE



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE 2C 05-005

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 1212-2617	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2380	A2-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-1	20/12/2012	09:50	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio
 Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.
 Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.
 El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002
 SM - Standard Methods
 EPA - Environmental Protection Agency
 TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission
 Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.
 Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe
 Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.
 Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Mafiza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROCOLO N°: 1212-2617	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2380	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				AZ-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,06	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,73	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	91,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



PROTOCOLO N°: 0113-0147	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0125	A2-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-1	12/01/2013	10:39	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

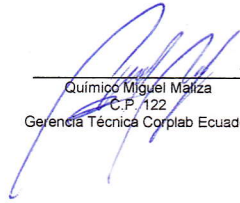
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Máliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0147	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0125	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A2-AMO1 PANTANO		
CLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	7,08	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	149,3	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

PROTOCOLO N°: 0113-0220	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0179	A2-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-1	19/01/2013	11:08	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado, blanqueado sin uso de Cloro.

PROCOLO N°: 0113-0220	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0179	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A2-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,72	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	128,9	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0213-0462	RU-49
	Revisión: 04
	Página 1 de 3
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / CHRISTIAN GUEVARA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0360	A2-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-1	09/02/2013	09:37	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión: 26,3 °C. Condiciones Normales.

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213-0462	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0360	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A2-AM01 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,60	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	98	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0213-0556	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0425	A2-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-1	16/02/2013	09:25	No reportado por el cliente	Condiciones Normales.

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

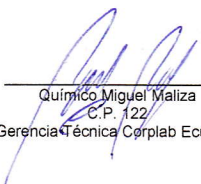
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213-0556	RU-49
	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0425	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A2-AM01 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	7.05	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	156,1	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 1212-2619	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2382	A4-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-2	20/12/2012	10:25	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

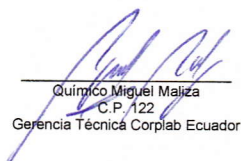
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1212-2619	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2382	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A4-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,90	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	129,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



PROTOCOLO N°: 0213 - 0562	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM
A-0431	A8-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-4	16/02/2013	10:05	No reportado por el cliente	Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

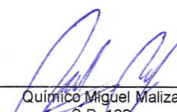
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0562	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0431	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A8-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,21	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	67,5	<80	CUMPLE



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE 2C 08-005

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0213 - 0468	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / CHRISTIAN GUEVARA - JORGE GARCIA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM
A-0366	A8-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-4	09/02/2013	10:10	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión: 26,3 °C Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0468	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0366	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A8-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,86	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	64	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0113-0226	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0185	A8-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-4	19/01/2013	11:35	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Matiza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado
blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0113-0226	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0185	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A8-AM01 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,11	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,92	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	108,4	<80	NO CUMPLE

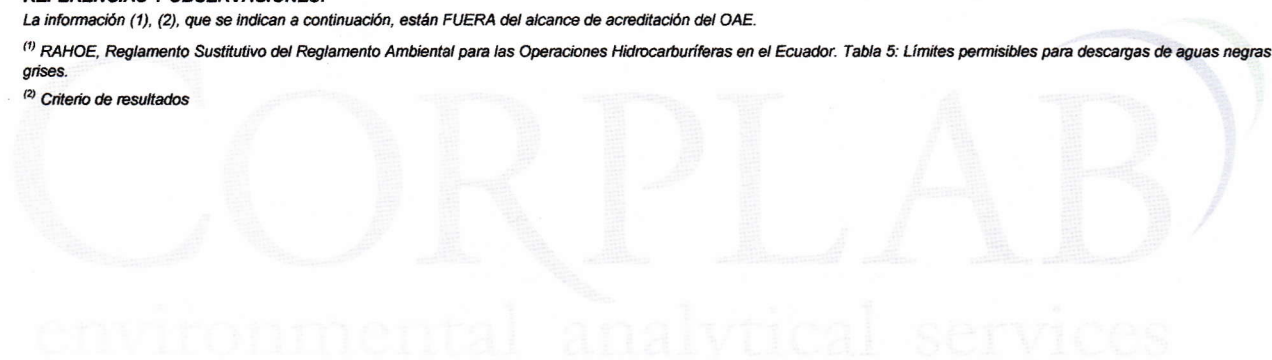


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado blanqueado sin uso de Cloro.

PROCOLO N°: 0113-0153	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0131	A8-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-4	12/01/2013	11:00	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

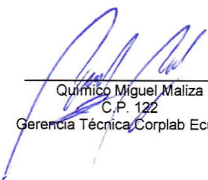
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica, Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0153	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0131	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				AB-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,75	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	108,4	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



PROTOCOLO N°: 1212-2623	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2386	A8-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-4	20/12/2012	11:05	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

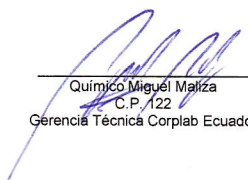
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1212-2623	RJ-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2386	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				AB-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,07	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,67	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	71,0	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



PROTOCOLO N°: 0213 - 0560	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM
A-0429	A6-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-3	16/02/2013	09:50	No reportado por el cliente	Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

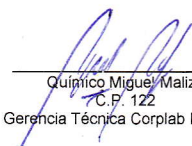
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.F. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0560	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0429	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A6-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,31	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	53,9	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0213 - 0466	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCIA - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0364	A6-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-3	09/02/2013	10:05	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión: 26,5 °C Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
C.P. 122
Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0466	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0364	⁽¹⁾ LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A6-AM01 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	Tercerizado (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6.68	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	61	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0113-0224	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0183	A6-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-3	19/01/2013	11:25	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Quintero Miguel Máliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado
blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0113-0224	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0183	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A6-AM01 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,80	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	105,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0113-0151	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1080 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0129	A6-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-3	12/01/2013	10:53	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency


TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Quirico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0151	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0129	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A6-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,09	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,61	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	185,2	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services

PROCOLO N°: 1212-2621	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JORGE GARCÍA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: DICIEMBRE, 26 DEL 2012 / 08:00
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: DICIEMBRE 26 AL 02 DE ENERO DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 02 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-2384	A6-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-3	20/12/2012	10:45	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency


TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 1212-2621	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-2384	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A6-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,08	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,80	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	149,0	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



PROTOCOLO N°: 0213 - 0558	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / YONY GRANDA - MIGUEL ESTRELLA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 18 DEL 2013 / 11:15 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002937
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 18 AL 27 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0427	A4-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-2	16/02/2013	09:35	No reportado por el cliente	Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

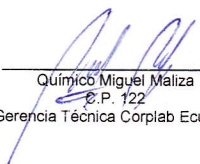
TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 E. P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0558	RU-49
	Revisión: 04
	Página 2 de 3
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0427	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A4-AMO1 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,84	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	60,7	<80	CUMPLE



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE 2C 05-005

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0213 - 0464	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / CHRISTIAN GUEVARA - JORGE GARCIA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: FEBRERO, 13 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0003007
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: FEBRERO 13 AL 21 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 21 DE FEBRERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM
A-0362	A4-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-2	09/02/2013	09:48	No reportado por el cliente	Temp. Inmisión: 26,3 °C Condiciones normales

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.



Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0213 - 0464	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0362	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A4-AM01 PANTANO		
CLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,75	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	37	<80	CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

PROTOCOLO N°: 0113-0222	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / MIGUEL ESTRELLA - JOSÉ BARBA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 21 DEL 2013 / 16:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002663
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 21 AL 29 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 29 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0181	A4-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-2	19/01/2013	11:15	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency

TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Malza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

CORPLAB
environmental analytical services



Papel ecológico, de material reciclado blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0113-0222	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0181	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A4-AMO1 PANTANO		
COLORO LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl-G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,75	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	118,6	<80	NO CUMPLE

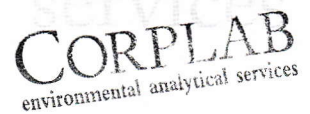
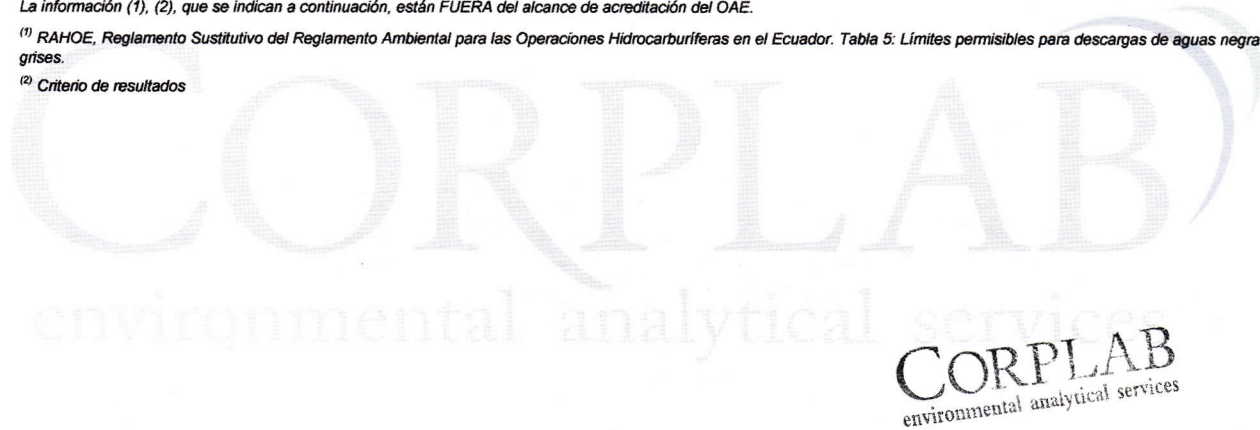


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbúrficas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados



Papel ecológico, de material reciclado, blanqueado sin uso de Cloro.

PROTOCOLO N°: 0113-0149	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE: GREEN OIL S.A.
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: QUÍMICA TANIA RODAS
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO AMBIENTAL REPSOL
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: PARQUE NACIONAL YASUNÍ - BLOQUE 16 / FRANCISCO DE ORELLANA
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE / JORGE GARCÍA - ÁNGEL GUERRERO - CHRISTIAN GUEVARA
PROCEDIMIENTO MUESTREO: POS 04.00 / MUESTREO DE AGUAS (SM 1060 A, B y C)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: ENERO, 15 DEL 2013 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0002638
LUGAR DE ANÁLISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS: ENERO 15 AL 22 DEL 2013
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 22 DE ENERO DEL 2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A-0127	A4-AMO1 PANTANO	AMO 1 Pantano Cubeto 2-2	12/01/2013	10:46	No reportado por el cliente	Ninguna observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Muestra Adicional por pedido de REPSOL, Tesis Estefanía Carpio

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 05-005.

Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

El ensayo de Coliformes Fecales, Cloro Libre se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE LE 2C 05-002

SM - Standard Methods

EPA - Environmental Protection Agency


TNRCC 1005 - Texas Natural Resource Conservation Commission

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de Corplab Ecuador.

Sin la firma del Responsable Técnico y el sello de Corplab Ecuador, este informe no es válido.


 Químico Miguel Maliza
 C.P. 122
 Gerencia Técnica Corplab Ecuador

PROTOCOLO N°: 0113-0149	RU-49
	Revisión: 04
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0127	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A4-AM01 PANTANO		
COLOR LIBRE	Standard Methods Ed-21-2005, 4500 Cl- -G	TERCERIZADO (PARAMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,05	<2,0	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		col/100 ml	>2420	<1000	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	SM, Ed-21-2005, 4500H+ B	PA - 05.00	U pH	6,73	5<pH<9	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SM Ed-21-2005, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	115,2	<80	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ RAHOE, Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Tabla 5: Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

⁽²⁾ Criterio de resultados

CORPLAB
environmental analytical services