



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO SUSTENTABLE DE
BIORECURSOS Y MEDIO AMBIENTE**

**TESIS DE GRADO
MAGÍSTER EN CIENCIAS**

**EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AL RECURSO
AGUA DERIVADOS DE LA OPERACIÓN DE UNA
CENTRAL TERMOELÉCTRICA “TERMOGAS
MACHALA”**

WILMER GONZALO GALARZA MORA

GUAYAQUIL – ECUADOR

2017



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAGÍSTER EN CIENCIAS: MANEJO SUSTENTABLE DE
BIORECURSOS Y MEDIO AMBIENTE**

**Tesis de grado para la obtención del título de Magíster en Ciencias:
Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente**

**EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AL RECURSO
AGUA DERIVADOS DE LA OPERACIÓN DE UNA
CENTRAL TERMOELÉCTRICA “TERMOGAS
MACHALA”**

WILMER GONZALO GALARZA MORA

GUAYAQUIL – ECUADOR

2017

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad de esta investigación, resultados, discusiones y conclusiones expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; el patrimonio intelectual le corresponde a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

Ing. Acuac. Wilmer Gonzalo Galarza Mora

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Geol. PATRICIO BORJA BERNAL, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Biol. TELMO ESCOBAR TROYA, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blga. MARIUXI MERO VALAREZO, MSc.

Biol. TELMO ESCOBAR TROYA, MSc.

DIRECTOR DE MAESTRÍA

Dra. CARMITA BONIFAZ DE ELAO, MSc.

DECANA

DEDICATORIA

Al ser supremo JEHOVÁ DIOS, todopoderoso originador de todo lo creado, puesto que a Él debo mi vida y todo lo que tengo, puesto que me siento enormemente bendecido.

A mis queridos padres, GONZALO y AMADA, iniciadores de mi existencia, estoy profundamente agradecido por el abnegado cariño y constante estímulo, por forjarme un porvenir honesto en beneficio propio y de mis semejantes.

A mí querida y amada esposa, amiga y compañera de vida, MÓNICA FABIOLA. Por permitirme compartir contigo la, hasta hoy, mejor etapa de mi vida puesto que llegaste en el momento más oportuno, por compartir mis sueños, mis logros, mis alegrías, mis tristezas; por tolerar mis malos ratos, mis enojos, mis frustraciones; por tu amor, tus consejos, tu paciencia y apoyo incondicional; por no dejarme caer, y por levantarme cuando caía, porque sin tu ayuda esto no hubiera sido posible. ¡¡LO LOGRAMOS AMOR!! Vamos a por lo que sigue.

A mis hijos WILMER DANIEL, GENESIS DANIELA, ELIAN GONZALO y GUILLERMO ALBERTO.

A mi hermana KARLA ELIZABETH, con todo cariño.

Y de manera muy especial a quien ya no está junto a nosotros, a aquel que de manera desinteresada me volvió a apoyar y colaboró para hacer posible el que pueda realizar esta Maestría. Mi amado y por siempre recordado Papá LAURO GALARZA G.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las autoridades y personal Académico de la Universidad de Guayaquil, a la Facultad de Ciencias Naturales, de manera especial a su Decana Dra. Carmita Bonifaz de Elao M.Sc., al Blgo. Telmo Escobar Troya M.Sc. Director de la Maestría en Ciencias: Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente; a la Ing. Fabiola Miranda Vásquez, por liderar y forjar el proceso de formación profesional.

A la Dra. Beatriz Margarita Perniá Santos, tutora de este trabajo de investigación por su tiempo y conocimiento en el análisis de la información obtenida para el desarrollo de la presente tesis.

A mi amigo y compañero Blgo. Galo Uscocovich Garcés MSc, por la ayuda prestada.

Al Ing. Manuel S. Canales Gómez, M.A.E, gerente de la Unidad de Negocio CELEC EP – TERMOGAS MACHALA, por su autorización en el uso de la información interna de la corporación y por ende agradeciendo su ayuda en la realización de este trabajo de investigación.

Al Blgo. Néstor Nieto Gálvez, Mgs, jefe del departamento de gestión social y ambiental de CELEC EP – TERMOGAS MACHALA por el apoyo prestado a la realización de este trabajo.

A todos los compañeros de la corporación que de una y otra manera me prestaron su ayuda.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	4
1.2 Objetivo General	6
1.3 Objetivos Específicos	6
1.4 Hipótesis	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 Generalidades	7
2.1.1 El recurso agua.....	7
2.1.2 Calidad de las aguas.....	9
2.1.3 Agua litoral. Gestión de la calidad.....	11
2.1.4 Impactos al agua por aportes o sistemas de vertido al mar.....	14
2.1.5 Impactos al agua por desechos sólidos	16
2.1.6 Impactos al agua por contaminación orgánica y microbiológica	17
2.1.7 Impactos al agua por descargas industriales (sustancias químicas tóxicas y metales pesados)	21
2.1.8 Estado del ambiente marino costero ecuatoriano	26
2.2 Generación de energía eléctrica.....	31
2.2.1 Generación de energía térmica (termoeléctrica)	31
2.2.2 Principales impactos al ambiente causados por la generación de energía eléctrica.....	33
2.2.3 Características de operación de una central térmica de fueloil y su impacto al ambiente	35
2.2.4 Características de operación de la central termoeléctrica a gas 252 Mw de Celec Ep-Termogas Machala.....	39

2.2.5	Factores ambientales abióticos de la zona de ubicación de la termoeléctrica TGM.....	48
2.3	Marco legal en el Ecuador, actividad de generación eléctrica	55
2.3.1	Regulaciones ambientales ecuatorianas	56
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	63
3.1	Área de estudio	63
3.1.1	Localización geográfica y área de influencia	63
3.1.2	Selección de los puntos a muestrear	65
3.2	Materiales y equipos	67
3.3	Diseño metodológico.....	68
3.3.1	Metodología para la toma de muestras	68
3.4	Protocolos de análisis	73
3.5	Métodos de análisis estadístico	75
4.	RESULTADOS	77
4.1	Impactos de la termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos.....	77
4.2	Impactos de la termoeléctrica sobre los contaminantes.	80
4.3	Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de TGM.	86
5.	DISCUSIONES	88
6.	CONCLUSIONES	94
7.	RECOMENDACIONES	95
8.	LITERATURA CITADA	97
9.	GLOSARIO	111
10.	ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Estimación de la distribución del agua a nivel mundial</i>	7
Tabla 2. <i>Aportes al medio litoral y posibles impactos</i>	15
Tabla 3. <i>Organismos indicadores empleados para la determinación de criterios para el uso del agua.</i>	20
Tabla 4. <i>Resultados anuales de agua residual doméstica de las Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A. – 150 MW (TGSA).</i>	37
Tabla 5. <i>Resultados anuales de agua residual industrial de cubeto de las Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A. – 150 MW (TGSA).</i>	37
Tabla 6. <i>Resultados anuales de agua residual industrial de enfriamiento de las Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A. – 150 MW (TGSA).</i>	38
Tabla 7. <i>Calidad de agua superficial del Río Guayas.</i>	39
Tabla 8. <i>Depósitos de almacenamiento de agua</i>	40
Tabla 9. <i>Histórico de precipitación con temperaturas (promedio, mínimas y máximas).</i>	51
Tabla 10. <i>Población en las cuencas de los Ríos Balao, Gala, Tenguel, Siete y Pagua.</i>	52
Tabla 11. <i>Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (a).</i>	57
Tabla 12. <i>Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (b).</i>	58
Tabla 13. <i>Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (c).</i>	59
Tabla 14. <i>Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (d).</i>	60
Tabla 15. <i>Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo receptor de agua marina desde centrales termoeléctricas del Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007.</i>	61
Tabla 16. <i>Límites de descarga a un cuerpo de agua marina</i>	62
Tabla 17. <i>Coordenadas de ubicación geográfica central TGM.</i>	63
Tabla 18. <i>Sitios de muestreo y coordenadas de ubicación.</i>	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Subdivisión de la zona litoral en función de la distancia a la línea de costa.	13
Figura 2. Puntos de toma de muestra (Barriga, 2010).	29
Figura 3. Puntos de toma de muestras (García, 2014).	30
Figura 4. Puntos de toma de muestras (Espinoza, 2014). Fuente: (Galarza, 2016).	30
Figura 5. Ubicación de Termoguayas Generation S.A.	36
Figura 6. Ubicación de central termoeléctrica Termogas Machala, suministro de Gas Natural (Petroecuador Ep).	41
Figura 7. A: Depósito TK-111; B: Depósito TK-116.	42
Figura 8. Diagrama de funcionamiento del separador API, tratamiento de aguas oleosas, en TGM.	44
Figura 9. Área de descarga del emisario submarino.	45
Figura 10. Precipitación mensual promedio zona de Bajo Alto, entre los años 1982 y 2012	50
Figura 11. Subdivisión de una cuenca. Fuente: (UNAD, 2012)	53
Figura 12. Termoeléctrica Machala (TGM); (A) Planta de Licuefacción de Gas Natural (Petroecuador Ep); (B) Planta Deshidratadora de Gas Natural (Petroecuador Ep); flujo de efluentes hacia emisario submarino: Tubería naranja efluente TGM y Tubería azul efluente Planta Deshidratadora de GN. Fuente: (Galarza, 2016)	64
Figura 13. Puntos de muestreo donde se realizó la toma de muestras. Fuente: (Galarza, 2016).	65
Figura 14. Puntos de muestreo donde se realizó la toma de muestras. Fuente: (Galarza, 2016)	66
Figura 15. Fase de Campo. A. Punto de ubicación de los sistemas de tratamiento de agua (TGM). Procesos: PTAR, API, U-104 RO, agua tratada TK-109	71
Figura 16. A) Sistemas: PTAR y API hacia TK-109 B) Puntos de toma de muestras C) Toma de muestras en la PTAR y D) Envases rotulados para muestras del punto M3, U-104 RO.	72
Figura 17. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga: A. Temperatura, B. pH. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4:	

Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). 78

Figura 18. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga: C. Demanda Química de Oxígeno (DQO) y D. Sólidos Suspendidos Totales. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). 79

Figura 19. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los contaminantes HTP y aceites y grasas. En el agua de descarga: A. Hidrocarburos totales de petróleo (HTP) B. Aceites y Grasas. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). 81

Figura 20. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros Sulfuros y Fenoles del agua de descarga: A. Sulfuros y B. Fenoles. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). 82

Figura 21. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los Coliformes del agua de descarga: A. Totales y B. Fecales. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes.

Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$)..... 84

Figura 22. Dendrograma de correlación de entre los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de descarga de la termoeléctrica 85

Figura 23. Análisis de componentes principales entre los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de descarga de la termoeléctrica. 86

Figura 24. Coliformes Totales presentes en las diferentes fases de tratamiento del recurso agua: Aguas crudas (Pozo A y Pozo B), M0: Agua residual doméstica previa al ingreso a la PTAR, M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Aguas arriba. Aguas abajo. Se realizó un corte en el eje de la “Y” para que se puedan observar los valores bajos que se reportan para el punto M4 y los puntos de: Aguas abajo y Aguas arriba. 87

LISTA DE ABREVIATURAS

A y G: aceites y grasas

API: American Petroleum Institute

AAAR: Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable

ARCONEL: Agencia de Control y Regulación de la Electricidad

CAAM: Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República del Ecuador

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad

CELEC: Corporación Eléctrica del Ecuador

COOP: Código Orgánico Integral Penal

COOTAD: Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización

CT: Coliformes Totales

CF: Coliformes Fecales

Cu: Cobre

Cr⁺⁶: Cromo Hexavalente

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ENOS: El Niño oscilación del sur

GN: Gas natural

HTP: Hidrocarburos Totales de Petróleo

INEN: Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización

MAE: Ministerio del Ambiente del Ecuador

MNAC: Sistema Ecuatoriano de Metrología, Normalización, Acreditación y Certificación

MCI: Motor de combustión interna

M1: Efluentes, aguas residuales domésticas (Planta de Tratamiento)

M2: Efluentes, aguas residuales industriales (separador API)

M3: Efluente, sistema de tratamiento U-104 RO

M4: Efluente, aguas hacia el cuerpo receptor

LMP: Límite Máximo Permisible

OAE: Organismo de Acreditación Ecuatoriano

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

pH: Potencial Hidrógeno

Pb: Plomo

PMA: Plan de Manejo Ambiental

PSI: Productos y Servicios Industriales Cía. Ltda.

RO: Registro Oficial de la República del Ecuador

SST: Sólidos Suspendidos Totales

SAE: Servicio de Acreditación Ecuatoriano

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

T°: Temperatura

TK: Tanque

TGM: Termoeléctrica Termogas Machala

TGSA: Termoguayas Generation Sociedad Anónima

TIC'S: Tecnologías de la Comunicación e Información

U-104 RO: Sistema de Tratamiento Reverse Ósmosis

Zn: Zinc

RESUMEN

Una de las principales formas de energía es la electricidad, la cual se consume en el mundo y constituye parte integral de los seres humanos. Sin embargo, lo que enmarca a esta actividad provoca contaminación del aire y el agua. La empresa Termoeléctrica Termogas Machala ha recibido quejas de ser una posible fuente de contaminación del agua de la playa de Bajo Alto, parroquia Tendales, Provincia de El Oro. Esta investigación se desarrolló desde el 2012 al 2015. Con la finalidad de evaluar los impactos al recurso agua derivados de la operación de la Central Termoeléctrica se determinaron i) los parámetros físico-químicos del agua de descarga: Temperatura, pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), ii) la concentración de contaminantes químicos: Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), Aceites y Grasas (AyG), Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles, y iii) contaminantes biológicos: Coliformes Totales (CT) y Fecales (CF), para compararlos con los Límites Máximos Permisibles de descarga desde centrales termoeléctricas (2007) y las normas generales para descarga de aguas residuales domésticas e industriales TULSMA (2015) y evidenciar si existe contaminación por parte de la Termoeléctrica al cuerpo receptor de agua marina. En las aguas de descarga, los parámetros físico-químicos se encontraron dentro de los límites permisibles, al igual que los contaminantes químicos. No se detectaron metales pesados, Cu, Cr⁺⁶, Pb ni Zn. Se observó contaminación de tipo biológica por Coliformes Fecales en el año 2015 donde se registraron valores máximos en el Límite Máximo Permissible de 2000 NMP/100 mL. Finalmente se realizó un análisis de componentes principales y una correlación de Pearson donde se observó correlación entre HTP y AyG ($r=0,673$; $p=0,000$); CT y CF ($r=0,885$; $p=0,000$) y SST vs DQO ($r=0,791$; $p=0,000$). Se concluye que la contaminación química como biológica del sector procede de fuentes externas a este proceso industrial de generación eléctrica.

Palabras clave: Contaminación, factores físico - químicos y biológicos.

ABSTRACT

One of the main forms of energy is electricity, which is consumed in the world and is an integral part of human beings. However, what part to this activity causes pollution of air and water. The thermoelectric company Termogas Machala has received complaints of being a possible source of water pollution from the beach of Bajo Alto, parish Tendales, El Oro Province. This research was conducted from 2012 to 2015. With the purpose of evaluating the impacts to water resources derived from the operation of the thermoelectric power plant were determined (i) the physical and chemical parameters of the water of download: Temperature, pH, Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), (ii) the concentration of chemical contaminants: Total Petroleum Hydrocarbons (TPH), Oils and Fats (O&F), Heavy Metals, Sulphides and Phenols, and (iii) biological contaminants: Total Coliforms (CT) and Fecal Coliforms (CF), in order to compare them with the maximum permissible limits of download from thermoelectric plants (2007) and the general standards for wastewater discharge of domestic and industrial TULSMA (2015), and evidence if there is contamination by the thermoelectric plant to the body receiver marine water. In the waters of download, the physical and chemical parameters were within the permissible limits, as well as the chemical contaminants. Heavy metals were not detected, Cu, Cr 6, Pb or Zn. It was noted contamination of biological type for Fecal Coliforms in the year 2015 where maximum values were recorded in the maximum permissible limit of 2000 NMP/100 mL. Was finally carried out an analysis of principal components and a Pearson correlation where correlation was observed between TPH and O&F ($r=0,673$; $p=0.000$); TC and FC ($r=0.885$; $p=0.000$) and TSS vs COD ($r=0,791$; $p=0.000$). It is concluded that the chemical pollution as biological the sector comes from external sources to this industrial process of electricity generation.

Keywords: Pollution, factors physical - chemical and biological.

1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es considerada como un elemento fundamental para el desarrollo y crecimiento de la producción, distribución, consumo de bienes y los servicios que se requieren para satisfacer las necesidades de los pueblos a nivel mundial, pero no es solo la energía en sí misma la que posee un valor para los ciudadanos sino los servicios que esta presta (Rogner & Popescu citado por Castro, 2011).

Estos servicios energéticos cubren una demanda extensa y diversa, como es el uso de dispositivos eléctricos y electrónicos, la iluminación eléctrica en todas sus manifestaciones, el confort de los espacios que produce el uso del aire acondicionado o la calefacción, la refrigeración tanto industrial como doméstica, el transporte en todas sus dimensiones, las comunicaciones, las tecnologías de la comunicación e información (TIC'S), como además la producción de bienes y servicios en general entre otros (Castro, 2011).

Una de las formas de obtener esta energía es mediante el uso de centrales Termoeléctricas, las cuales son instalaciones empleadas para la producción de energía eléctrica mediante el uso de calor, el cual es generado por la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados como son el diésel y fueloil). Con lo dicho anteriormente, una central típica está compuesta de una caldera, donde se produce la combustión, una turbina o motor (MCI) que transforma la energía calorífica proveniente de la combustión (combustibles fósiles) en energía cinética, la que a su vez se transforma en trabajo mecánico al paso por la turbina; el cual es aprovechado por el generador, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica (SMA, 2014).

La potencia nacional de generación eléctrica instalada en el Ecuador está constituida por el 56% de origen térmico, compuesta a su vez del 27 % térmica - motor de combustión interna "MCI", 18% térmica turbo-gas, 11% térmica turbo-vapor; el 42% de fuentes hidráulicas; el 0,5% de naturaleza solar y el 0,4% eólica. En el país

existen 43 termoeléctricas, que disponen de varias tecnologías de transformación de energía como son las de turbo vapor o ciclo termodinámico de vapor, el turbo gas o ciclo termodinámico de gas y los denominados motores de combustión interna (MCI). Cada una de ellas aprovecha un combustible fósil distinto y los más utilizados son el fueloil con un 40,8%, el gas natural con un 20,3%, diésel con 19,9%, petróleo con 8,5%; bagazo de caña con un 6%, residuo de fueloil con el 4% y un 0,5% de gas licuado de petróleo (GLP) (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

El grado de afectación al ambiente por parte de estos procesos industriales de generación termoeléctrica va ligado de forma directa al combustible empleado sea este carbón, líquidos (derivados del petróleo) o gaseosos como es el gas natural (Cárdenas, 2014). En el caso del uso como combustible del carbón, este genera efluentes industriales producto del agua de lavado del sistema de enfriamiento, de la caldera, del desmineralizador, del regenerador de resinas, del eliminador de ceniza y el escurrimiento del depósito de almacenamiento; así como otras descargas de bajo volumen causadas por los accidentes o derrames, donde se encuentran diferentes combinaciones de metales y otros químicos peligrosos (Lazo, 2010).

En las termoeléctricas que operan con derivados del petróleo como es el fueloil o diésel, los niveles de emisión de estos contaminantes aunque comparativamente son menores con las térmicas que utilizan el carbón como combustible, no dejan de ser impactos negativos importantes al ambiente cuya operación produce efluentes industriales que generalmente contienen hidrocarburos, fenoles, microorganismos, sulfuros, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos, metales pesados, elementos químicos y biológicos altamente contaminantes que por un inadecuado manejo pueden ser introducidos a los terrenos circundantes a la planta de generación y los cuerpos de agua cercanos (Camacho, 2013).

A diferencia de las anteriores, las plantas térmicas de generación eléctrica con gas natural (GN), como es el caso de la termoeléctrica de este estudio denominada “Termogas Machala” que se encuentra ubicada en la comuna de Bajo Alto (El Guabo - El Oro). Esta central TGM, reduce significativamente el impacto al ambiente al hacer

uso de este combustible (GN). Además, se logra un incremento en el uso eficiente de la tecnología de conversión energética optimizando los procesos productivos de transformación de la “energía primaria”. Obteniéndose como consecuencia menores emisiones y efluentes tóxicos, tanto a la atmósfera como al cuerpo de agua receptor, que pueden ser ríos o mares cercanos a la misma.

Dentro de la gran cantidad de problemas ambientales que se desencadenan a partir de estos procesos, se puede resaltar la generación de aguas residuales domésticas e industriales, que al ser manejadas sin los procedimientos técnicos adecuados pueden causar impactos negativos a los cuerpos de agua dulce o marina, por el ingreso de manera continuada de sustancias tóxicas (halógenos, pesticidas, aceites y grasas, y metales pesados), que exceden las concentraciones naturales propias de un sistema y afectan gravemente a la biota asociada a ellos (Albert, 1999 y Hart & Fuller, 1974 citados por Mero, 2010).

El vertimiento continuado de estos efluentes industriales sin control en corrientes de agua y cuencas hidrográficas produce impactos que conducen a una baja calidad del agua de mar ocasionando mortalidades y contaminación de los recursos pesqueros, agua no apta para el baño y por consiguiente enfermedades para las comunidades cercanas. Esto como consecuencia inmediata del paradigma de progreso que predomina en el mundo, que, aunque ha permitido mejoras importantes para la humanidad, está demostrando desde hace ya algún tiempo dificultades. Estas señales de degradación ambiental amenazan la sustentabilidad del desarrollo de la humanidad a mediano y largo plazo (Suárez, 2013).

Es por ello que la evaluación de los impactos al agua del cuerpo receptor que en este caso es el mar tiene relación directa con el ambiente, puesto que el agua de los mares y ríos ha sido utilizada por generaciones como un medio de evacuación y dilución de los desperdicios antropogénicos, los ciclos naturales del agua han asegurado la reabsorción al medio de los desperdicios de origen orgánico. Pero en la actualidad el propio desarrollo de la humanidad ha creado industrias que descargan a los cuerpos de agua marina desechos de origen natural como también productos

químicos nocivos que atentan la vida acuática, animal y vegetal los cuales exceden la capacidad de biodegradación de contaminantes orgánicos y químicos del medio natural (Skiba & Parra, 2011).

Esta investigación realizada en una termoeléctrica a gas natural nos da las herramientas necesarias para encontrar posibles errores en los procedimientos industriales a través de la evaluación del estado de las distintas fases de tratamiento de los efluentes originados en el proceso de generación eléctrica y así determinar su impacto al ambiente que pudiese estar incidiendo en la degradación del cuerpo de agua marina dentro de la zona de influencia directa de la termoeléctrica de este estudio.

1.1 Justificación

En el informe final emitido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2009), sobre la zonificación y el ordenamiento territorial de la zona de playa y la bahía en la franja costera ecuatoriana nos indica que las descargas de aguas residuales por parte de la empresa “Machala Power” (ahora Termogas Machala-Celec Ep) se constituyen en una de las posibles fuentes de contaminación para la playa de Bajo Alto.

Una investigación realizada en el año 2015, donde a través de un diagnóstico se pudo conocer los problemas y necesidades de la comunidad, mediante la participación de los pobladores (reuniones, talleres, conversaciones, entrevistas, etc.) de la comuna de Bajo de Alto, se constató que su actividad de pesca se ha visto afectada por el funcionamiento en la zona de la planta de generación eléctrica “Termogas Machala”, la cual genera electricidad mediante el uso de turbinas a gas natural; y que dicho proceso de generación eléctrica, aleja y restringe a las especies acuáticas, minimizando la probabilidad de pesca (Gavilanez, 2015).

Las termoeléctricas para el proceso industrial de generación de electricidad hacen uso de fuentes de agua, sean estas superficiales o subterráneas. En el caso de la térmica de este estudio el recurso agua es extraído de dos pozos profundos (110 metros); este medio puede ser vulnerable a la contaminación del acuífero por cargas de origen

químico, físico o biológico que dependen de la inaccesibilidad de la zona saturada en sentido hidráulico a la penetración de contaminantes, o a la capacidad de atenuación de los estratos encima de la zona saturada del acuífero como consecuencia de su retención física y reacción química a los contaminantes (Cortés, 1993 citado por Esteller, 2002).

En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de el Oro 2015 – 2025, se resalta que la riqueza y desarrollo socioeconómico de la provincia se sustenta fundamentalmente en el recurso agua, que cuenta con una densa red hidrográfica cuyo final o desembocadura es el océano Pacífico. Así mismo, el cantón de El Guabo está constituido por las parroquias de Barbones, La Iberia, Río Bonito y Tendales todas inmersas en las cuencas hidrográficas denominadas Río Siete, Río Pagua y Río Jubones.

Tanto la cuenca del Río Pagua como la del Jubones presentan contaminación por Coliformes Totales y C. Fecales, los que se hallan presentes en valores elevados en todas las muestras tomadas. Se destaca que el Río Chaguana muy cercano a la termoeléctrica TGM, muestra valores por encima de los Límites Máximos Permisibles para CT y CF (GADPEO, 2015).

Partiendo del hecho de que existen indicios de que las aguas del perfil costero de la zona ubicada frente a la comuna de Bajo Alto, se encuentran contaminadas a causa directa de las actividades antropogénicas y la falta de controles ambientales, como además de la inexistencia de políticas de educación ambiental dirigida a los individuos, las familias, las comunidades, la sociedad y la industria, el presente trabajo busca evaluar la calidad de las aguas de descarga de los efluentes provenientes del proceso industrial de generación eléctrica de la central termoeléctrica a gas (GN) de 252 Mw de Celec Ep – Unidad de Negocio Termogas Machala.

1.2 Objetivo General

Evaluar los impactos de los efluentes procedentes de la operación de la Central Termoeléctrica a Gas Natural de 252 MW de Celec Ep - Unidad de Negocio Termogas Machala en la comuna de Bajo Alto, parroquia Tendales (El Guabo - El Oro). A partir del año 2012 al 2015.

1.3 Objetivos Específicos

- Determinar el impacto de la Central Termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga (Temperatura, pH, DQO, SST).
- Detectar contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles), y biológicos (Coliformes Totales y C. Fecales) en los efluentes del proceso industrial de generación eléctrica.
- Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de TGM.
- Comparar los valores obtenidos con los Límites Máximos Permisibles de la norma ecuatoriana.

1.4 Hipótesis

Los efluentes industriales producidos por la operación de la Central Termoeléctrica a gas (GN) de 252 MW de Celec Ep – Termogas Machala, afectan la calidad del agua marina del perfil costero de la comuna de Bajo Alto, parroquia Tendales, cantón de El Guabo, provincia de El Oro.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

2.1.1 El recurso agua

El agua al mismo tiempo que se constituye en el líquido más abundante, es uno de los recursos más importantes que posee el planeta, puede considerarse como un elemento imprescindible y base para toda forma de vida (Campos, 1998).

Si la superficie de la Tierra fuera uniformemente plana el agua la cubriría con una profundidad de unos 2,6 km. El volumen total de agua de la tierra es de unos 1,400 km³, de la que un 96,5% es agua de mar; a su vez, el 1,74 % forma parte de los casquetes polares, otro 1,69 % se encuentra en los acuíferos (aguas subterráneas) y únicamente menos del 0,1% restante se halla en los sistemas de agua superficial (lagos y ríos) y en la atmósfera (en forma de nubes), Tabla 1. Precisamente, este último pequeñísimo porcentaje es el que proporciona la mayor parte de los recursos vinculados a la gestión y problemática del agua (Shiklomanov, 1993).

Tabla 1. *Estimación de la distribución del agua a nivel mundial*

UBICACIÓN	% DE AGUA TOTAL	TIPO DE AGUA
Océanos, mares y bahías	96,5	Salada
Casquetes y glaciares polares	1,74	Dulce
Aguas subterráneas (total)	1,69	Dulce/Salina
Agua subterránea dulce	0,76	Dulce
Agua subterránea salina	0,93	Salada
Humedad del suelo	0,001	Dulce
Glaciares continentales y permafrost	0,022	Dulce
Lagos (total)	0,013	Dulce/Salina
Lagos de agua dulce	0,007	Dulce
Lagos de agua salina	0,006	Salada
Atmósfera	0,001	Dulce
Embalses	0,0008	Dulce
Ríos	0,0002	Dulce
Agua Biológica	0,0001	Dulce

Nota. Permafrost: capa de hielo permanente en niveles superficiales del suelo de regiones muy frías o periglaciares.

Fuente: (Shiklomanov, 1993 citado por el U.S. Department of the Interior, 2016).

La distribución del agua a nivel mundial vista en porcentajes tal y como se aprecia en la Tabla 1, es solo una pequeña fracción del inventario total puesto que las cantidades absolutas son enormes. Además ésta agua no permanece en las ubicaciones descritas de manera indefinida, puesto que puede cambiar rápidamente de un estado de materia (sólido, líquido o gaseoso) a otro a las temperaturas y presiones atmosféricas presentes en la superficie de la tierra que conocemos como mares y océanos, aguas superficiales y aguas de subsuelo; es decir el agua se está moviendo constantemente entre la hidrósfera, la atmósfera, la tierra sólida y la biósfera, esta circulación constante se denomina ciclo hidrológico (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005).

Según Tarbuck, Lutgens, & Tasa, (2005) este ciclo es un sistema mundial gigantesco impulsado por la energía de nuestro sol, en el cual la atmósfera es el nexo vital entre los océanos y los continentes. Donde el agua se evapora de los océanos a la atmósfera, y también de las masas de tierra, pero en un grado menor; los vientos se encargan de transportar este aire cargado de humedad hasta que se presenten las condiciones que hacen que esta humedad se condense transformándose en nubes y se produzcan las precipitaciones (lluvias).

Estas lluvias que caen en el océano completan su ciclo y de esa manera empieza otro, mientras que el agua caída en los continentes debe de completar su camino de vuelta al océano mediante otros procesos como son la infiltración (movimiento del agua al interior de las rocas o del suelo a través de grietas o poros), escorrentía (agua que fluye sobre la superficie de la tierra) y la transpiración (liberación de vapor de agua a la atmósfera por la vegetación del planeta). Factores de origen natural o antropogénico pueden alterar la calidad del agua en cualquiera de los procesos que forman parte de este ciclo hidrológico (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005).

Para los seres humanos, el agua es necesaria para el desarrollo de las actividades cotidianas. Las actividades antropogénicas afectan a la calidad y a la distribución de las aguas en el planeta y, por lo tanto, al resto de organismos que viven en la Tierra, el agua es el líquido más conocido, y uno de los principales disolventes; ocupa

aproximadamente un 71% de la superficie de la Tierra, es decir tres cuartas partes de nuestro planeta; de aquí viene la denominación de Planeta Azul visto desde el espacio (Valverde, Meave, Carabias, & Cano, 2005).

Según Agudelo, (2005) el agua ha pasado de ser un recurso meramente renovable a constituirse en un recurso de carácter estratégico de cara al siglo XXI. Es por ello, que es prioridad de los gobiernos e instituciones la protección de la calidad de este recurso mediante leyes o normas para así salvaguardar y preservar su uso presente y futuro, como también la integridad de los seres humanos en conjunto con los ecosistemas y sus interrelaciones con el ambiente.

2.1.2 Calidad de las aguas

La calidad de cualquier tipo de masa de agua sea esta superficial o subterránea está relacionada directamente a factores tanto naturales (erosión, evotranspiración, lixiviación de materia orgánica, procesos biológicos del medio acuático) como por la acción del hombre, los que inciden directamente en la salud de los ecosistemas (biodiversidad) y el bienestar humano (calidad de alimentos, actividades económicas e industriales) (ONU-DAES, 2014).

Los impactos causados por el hombre alteran el equilibrio natural de las aguas al añadir residuos procedentes de diversas fuentes. Así, por ejemplo, las precipitaciones atmosféricas (lluvias) pueden contaminarse por las sustancias presentes en la atmósfera; las aguas superficiales pueden contaminarse durante el proceso de escorrentía desde las cuencas hidrográficas; los arroyos y ríos pueden contaminarse por el vertido de aguas residuales y las aguas subterráneas, por infiltraciones y contaminación subterránea. El proceso de deterioro de las aguas puede tener lugar en cualquier punto del ciclo hidrológico, aunque resulta más evidente en la superficie de la tierra, como en la escorrentía de cuencas hidrográficas que alimenta arroyos y ríos (Spiegel & Maystre, 2000).

Desde un panorama de gestión de la calidad del agua esta es definida por su uso final, es así que se pueden aplicar diferentes criterios de calidad para las aguas

superficiales, marítimas y de estuarios, considerando si es para uso humano o doméstico, para la preservación de la vida acuática y silvestre, para uso agrícola o riego, uso pecuario o uso recreacional. Teniendo en cuenta que.

La concentración numérica recomendada sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener determinado uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para determinación de los objetivos de calidad en los tramos de un cuerpo receptor. Esta determinación generalmente demanda un proceso de modelación del cuerpo receptor en donde se consideran las condiciones más críticas de caudales del cuerpo receptor, las cargas futuras de contaminantes y la capacidad de asimilación del recurso hídrico (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Esta capacidad de asimilación puede verse afectada por el aumento indiscriminado de la población, puesto que mientras esta era escasa o estaba relativamente dispersa, los problemas medioambientales, y en particular los relacionados con el agua, eran pequeños, ya que la recolección de agua y alimentos se hacía próxima al entorno humano, y la evacuación de residuos se realizaba con escasa incidencia sobre el entorno. A medida que la población y su nivel de desarrollo han ido creciendo, conjuntamente con el proceso de concentración urbana, se han incrementado los problemas respecto al abastecimiento de agua y alimentos; simultáneamente, la evacuación de los residuos sólidos y aguas residuales se ha agravado (Majluf, 2002).

De tal manera que el crecimiento de la población incrementa el consumo per cápita el cual aumenta gradualmente y de forma paralela al nivel de desarrollo, por tal motivo se acrecientan y diversifican los impactos causados por todo tipo de compuestos químicos ocasionados por las actividades agrícolas (plaguicidas, abonos y purines), urbanas (detritus, residuos sólidos urbanos, etc.) e industriales (compuestos químicos diversos). Presentándose señales claras de degradación ambiental que amenazan la sustentabilidad del desarrollo de la humanidad a mediano y largo plazo (Hernandez, 2000).

2.1.3 Agua litoral. Gestión de la calidad.

Tradicionalmente, el ambiente marino ha sido calificado como un medio de capacidad ilimitada, capaz de engullir todos los desechos producidos por las actividades humanas (Santos, et al., 2015). También se ha considerado como una fuente inagotable en cuanto a la extracción de sus recursos naturales (Castro, 2002).

Todo ello ha sido consecuencia de que, hasta principios del siglo XX, en la gran mayoría de litorales, los propios flujos de agua permitían su autodepuración, de forma que el medio acuático litoral se autoregeneraba, además, la extracción de recurso era de una magnitud pequeña (Galparsoro, 2011).

Una vez que la sociedad se ha adentrado completamente en el desarrollo económico, industrial y demográfico, se ha inducido una creciente presión antropogénica que ha generado una problemática ambiental de grandes dimensiones (Miranda, 2002).

Todo ello viene ligado a un proceso denominado litoralización, es decir, la concentración de la población en zonas costeras con el consecuente incremento de actividades de todo tipo: industriales, agrícolas, turísticas, pesqueras, etc., que han modificado notablemente las costas, incrementando considerablemente la cantidad de descargas contaminantes y las actividades extractivas como la pesca y la recolección de moluscos, dichos efectos son bien conocidos y documentados (Costa, 2005).

Echavarri (citado por Villón, 2012) indica que la mayoría de los procesos relacionados con el impacto ambiental de las actividades humanas afectan a una franja relativamente estrecha de la costa, y al mismo tiempo, es en esta franja litoral donde se concentran la mayor parte de los usos; además, la valoración del agua en aspectos físico, químico y biológicos determinan su calidad y los efectos que las fuentes de contaminación domésticas e industriales puedan afectar tanto al bienestar humano como a la integridad del sistema acuático.

Las aguas y los fondos de la plataforma continental representan un 7.6% de la superficie del océano mundial, área donde se concentra la mayoría de los recursos, 87% de la pesca y la totalidad de la producción marisquera; más del 50% de la población mundial se concentra a menos de 50 km de la costa, lo que conlleva el aumento de las presiones antropogénicas ejercidas sobre el medio marino y por ende la concentración de vertidos que contaminan las aguas y los fondos, provocando la inestabilidad de las condiciones naturales del sistema costero (Echavarrri, 2007).

Las aguas oceánicas cubren, aproximadamente, el 73% de la superficie del planeta. Más del 90% de la pesca se efectúa en aguas costeras con una profundidad inferior a 200 m. Esta zona ocupa un 8% del total del área de los océanos, y representa aproximadamente el 15% del volumen superficial (IANAS, 2012).

Esta zona es donde se encuentran el mar y la tierra, y es particularmente sensible, en constante evolución y caracterizada por una importante variabilidad espacial y temporal de los procesos fisicoquímicos y biológicos. Las zonas litorales y sus límites físicos dependen de diversos criterios que tienen en cuenta aspectos geológicos, ecológicos, administrativos, de usos, etc. Esta zona próxima puede definirse como campo próximo, en el cual los efectos del continente son más aparentes, Figural (Sanchez, 2007).

A partir del campo próximo, y hacia mar abierto, las descargas del continente se van diluyendo progresivamente hasta que resulta prácticamente imposible detectar analíticamente su efecto. Esta zona puede definirse como campo lejano y se corresponde aproximadamente con la zona de mar abierta definida en la norma ISO 5667-9:1 99, es decir, a partir de unas tres millas náuticas desde la costa; Figura 1 (ISO, 1992).

Entre estos dos extremos (campo próximo y campo lejano, Figura 1) puede definirse una zona intermedia: el campo medio, donde los aportes terrestres se encuentran diluidos en diverso grado y en el que pueden encontrarse algunos sistemas

de vertido, como los vertidos producidos por los emisarios submarinos (Montes, 2001).

Respecto a los límites terrestres de la zona litoral, desde un punto de vista de gestión medioambiental, cabe incluir una franja extensa que incluya determinados ámbitos territoriales: municipios, comarcas, etc., susceptibles de afectar directamente a la calidad del litoral a causa de la existencia de estaciones depuradoras, actividades agrícolas e industriales (GREENPEACE, 2012).

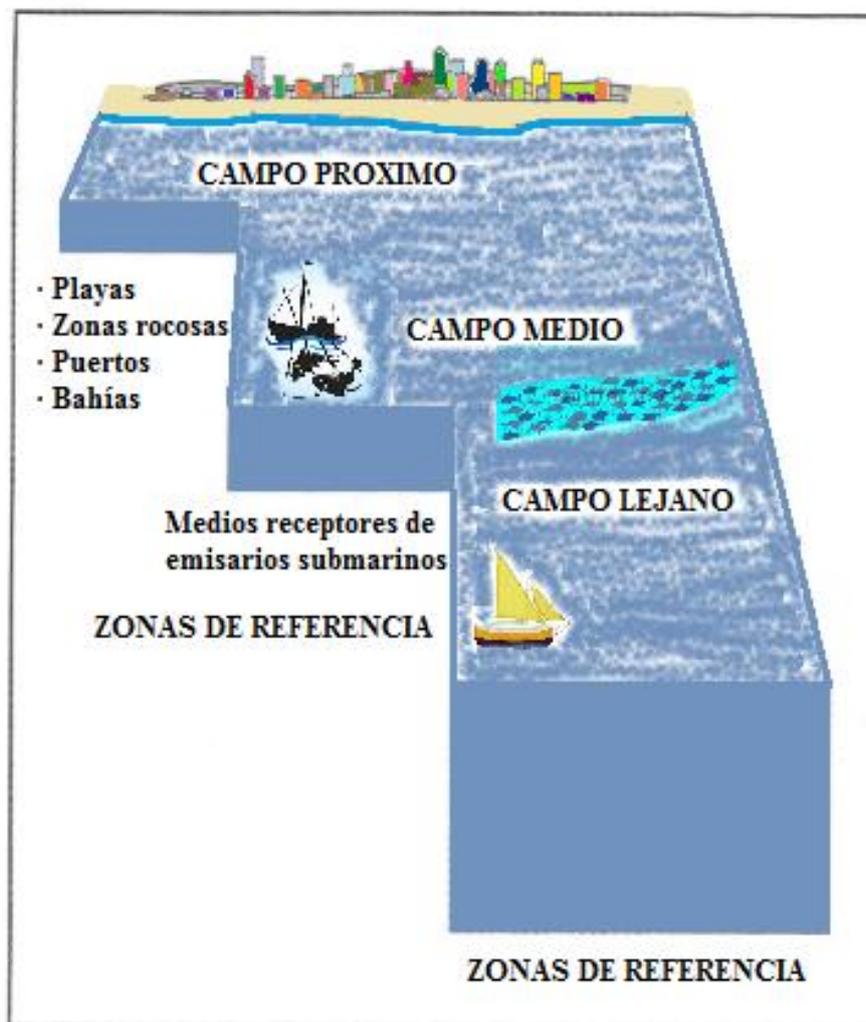


Figura 1. Subdivisión de la zona litoral en función de la distancia a la línea de costa.
Fuente: (GREENPEACE, 2012).

2.1.4 Impactos al agua por aportes o sistemas de vertido al mar

Según Suarez, Tejero, & Jácome, (1997) una gran parte de la población mundial vive concentrada en los primeros kilómetros más próximos al océano. Ello conlleva una problemática medioambiental ligada a la ocupación física del litoral y a la evacuación al mar de desechos de todo tipo producidos por unas poblaciones cada vez más numerosas. Los aportes al medio marino incluyen una gran variedad de compuestos vehiculados, en la mayoría de casos, por un agua dulce de características fisicoquímicas muy diferentes a las de las aguas marinas. En general, pueden distinguirse tres categorías básicas de vertidos crónicos al mar:

- Basura (desechos sólidos), materia en suspensión, materias orgánicas y nutritivas, amonio y todas las sustancias naturales consumidoras de oxígeno.
- Microorganismos patógenos, bacterias y virus.
- Metales pesados y sustancias químicas tóxicas.

El uso del océano como medio receptor final de los residuos antropogénicos de todo tipo provoca una serie de impactos ambientales más o menos severos. El efecto de estos aportes depende de diversos factores: cantidad y calidad, características físico-geográficas del tramo de costa donde se vierten, importancia ecológica de la zona, entre otros, Tabla 2 (Instituto Nacional de Ecología, 2007).

Cuando se impacta o contamina el agua con un gran número de sustancias o con sustancias muy tóxicas, se sobrepasa la capacidad de autodepuración de las fuentes de aguas dulces y marinas. De este modo, no se pueden recuperar de forma natural las características iniciales del agua antes de su utilización. Cuando se produce este fenómeno, se dice que el agua está contaminada (Cabarcos, 2006).

Las causas de la contaminación pueden ser provocadas por un vertido excesivo de sustancias que se pueden descomponer; cuando se acumula en exceso materia orgánica hay un crecimiento masivo de algas y una disminución de la concentración de oxígeno, a este proceso se le denomina eutrofización, ocasionado por el vertido de sustancias que no se descomponen de forma natural y a la descarga de sustancias tóxicas. Hay

otras causas que contribuyen a la contaminación del agua como es el vertido de aguas residuales que pueden provocar un aumento de temperatura originando una contaminación térmica. Un consumo excesivo de agua puede provocar que la concentración de un determinado contaminante aumente al disminuir la capacidad de disolución del agua, Tabla 2 (Tudurí, 2012).

La temperatura se expresa en grados Celsius (°C) y determina cualquier alteración de la calidad del agua al sobrepasar los límites establecidos (< 35) según el Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007. Se considera un parámetro físico que puede afectar a otros como es el caso del pH, alcalinidad o conductividad (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

Las descargas de aguas residuales con temperaturas elevadas tienen un impacto ecológico relevante en el medio acuático sea este dulce acuícola o marino, puesto que al alterar la temperatura natural del cuerpo receptor se produce una polución térmica que afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores bióticos y abióticos dentro de un ecosistema alterando los procesos vitales de los organismos vivos (UPRM, 2016).

Tabla 2. *Aportes al medio litoral y posibles impactos*

ELEMENTO	CONSECUENCIAS DIRECTAS	IMPACTOS POSIBLES
Agua dulce	Desalación. Estratificación	Modificación del ecosistema litoral
Materias en suspensión	Turbidez. Sólidos en suspensión	Modificación del ecosistema litoral
Materia orgánica	Desoxigenación	Modificación del ecosistema litoral
Elementos nutritivos	Eutrofización	Modificación del ecosistema litoral. Riesgo toxicológico
Metales pesados y contaminantes orgánicos	Bioacumulación. Toxicidad	Modificación del ecosistema litoral. Riesgo toxicológico
Microorganismos	Patogeneidad	Riesgo sanitario para el ser humano

Fuente: (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Zambrano, 2007)

Según Clark, (2001) los impactos o contaminación del mar, como la de los medios acuáticos, terrestres o aéreos en general puede tener su origen en procesos naturales o en procesos derivados de las actividades del hombre. Los contaminantes que suponen la mayor amenaza para el medio marino, en orden variable de importancia y en situaciones nacionales o regionales diferentes, son: las aguas residuales, los nutrientes, los metales pesados, la basura y los materiales plásticos, los sedimentos, el petróleo y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), los compuestos orgánicos sintéticos, las sustancias radiactivas, las emisiones atmosféricas.

Según Boluda, (2008) muchas de las sustancias contaminantes que provienen de fuentes terrestres se caracterizan simultáneamente por su toxicidad, persistencia y bioacumulación en la cadena trófica. Se pueden considerar distintas fuentes de contaminación del medio marino (Anexo 1).

- **De origen terrestre.** Son fuentes puntuales o difusas. Entre las fuentes puntuales localizadas en tierra se encuentran los ríos y los vertidos de aguas residuales (directamente o a través de emisarios submarinos).
- **De origen marino.** Se incluyen los vertidos originados en los transportes a través del mar, en las actividades que se realizan en el mar (como la extracción de petróleo) y en los procesos físico, químicos o biológicos que ocurren en el seno del agua y que son consecuencia de la existencia previa de contaminación.
- **De origen atmosférico.** Se incluye la deposición seca y la deposición húmeda de los contaminantes presentes en la atmósfera.

2.1.5 Impactos al agua por desechos sólidos

Las actividades antrópicas de las sociedades actuales generan toda una serie de residuos sólidos y líquidos que, en diversas formas, acaban en el mar. Los residuos más aparentes son los sólidos, que además están compuestos de materiales poco degradables, en especial los residuos plásticos (Escobar, 2002).

La presencia de sólidos flotantes persistentes en las aguas superficiales de los mares afecta, en mayor o menor medida, a todas las masas oceánicas del planeta. Si bien una

parte de estos sólidos son de origen natural una gran parte es de origen antropogénico. Según estimaciones realizadas a escala global, las fuentes de origen terrestre contribuyen aproximadamente en un 70 % al contenido global de sólidos encontrados en los océanos. La mayor fuente de desechos marinos es aquella que proviene de la escorrentía de zonas urbanas que drena al mar directamente o a través de los ríos (Sánchez, 2011).

La determinación de materia flotante en aguas residuales, es un criterio de evaluación ante el posible efecto de disposición de sustancias o materiales flotantes en su superficie. Es un indicio claro de contaminación porque estos elementos pueden contener bacterias patógenas y además pueden concentrar sustancias tóxicas como metales e hidrocarburos (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013). El método para su determinación es visual, es decir en la muestra se indica su visibilidad o su ausencia (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

2.1.6 Impactos al agua por contaminación orgánica y microbiológica

En general, el mar es un receptor más tolerante a la incorporación de aguas residuales que las aguas continentales, a causa de la dilución debida a su mayor amplitud y profundidad, y al efecto de las corrientes. No obstante, se producen igualmente importantes situaciones de contaminación de las aguas litorales, e incluso de eutrofización, al estar sometidas a una mayor presión demográfica e influencia antropogénica (Malacalza, 2013).

En el medio marino las descargas de nutrientes son producidas por las aguas residuales de las escorrentías urbanas durante períodos de lluvias o provenientes de las zonas agrícolas que pueden aportar una gran cantidad de nitratos y amonio, junto a lixiviados de estiércol o purines de zonas de ganadería; como también las descargas de ríos previamente contaminados por cualquier actividad (Santos, et al., 2015)

Los procesos eutróficos en las zonas costeras se han incrementado en las últimas décadas, debido principalmente al aumento del aporte de nutrientes en el medio. Los aportes de grandes cargas orgánicas y nutrientes en las zonas costeras experimentan,

por lo general, una rápida dilución en el medio marino receptor, la abundancia del nitrógeno en el agua y su distribución son un reflejo de la historia biológica y fisicoquímica de cada masa de agua (FAO, 1997).

Las aguas residuales son consecuencia de la actividad humana e industrial mediante la incorporación de las aguas de abastecimiento, y estas pueden ser contempladas como un "caldo", el cual contiene miles de millones de microorganismos (aerobios y anaerobios), así también elementos orgánicos e inorgánicos disueltos y sólidos en suspensión, los cuales causan cambios químicos, físicos y biológicos dentro de los cursos de agua, siendo esos: viscosidad, aumento de la demanda química y biológica de oxígeno, turbidez, cambios bruscos en el pH, entre otros (Pérez & Vallverdú, 1997; García 2014).

La fracción de materia suspendida o disuelta en un medio acuoso se corresponde a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), que comprenden a los elementos sedimentables, flotantes y no sedimentables denominados coloidales. Pueden contener sustancias orgánicas e inorgánicas, además tienden a afectar adversamente a la calidad de los cuerpos de agua impactando de forma negativa a los ecosistemas (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2003). Según la normativa ecuatoriana para descargas desde centrales termoeléctricas a un cuerpo receptor de agua marina el Límite Máximo Permisible se encuentra en 100 mg/L (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que consiste en medir la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por procedimientos químicos que se encuentran disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Está expresada en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg/L) (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2003). Este procedimiento es utilizado para medir el grado de contaminación de un efluente, y en el caso específico de las termoeléctricas el LMP se encuentra en 250 mg/L (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

El Potencial Hidrógeno (pH), es una unidad de medida que nos sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia en este caso el agua. De

importancia para los ecosistemas marinos al actuar sobre los fenómenos químicos y biológicos, especialmente sobre el metabolismo y procesos fisiológicos de todos los organismos acuáticos. Ejerce una fuerte influencia sobre la toxicidad de otros elementos químicos como el amonio no ionizado el cual aumenta en un pH alcalino y el ácido sulfhídrico (H₂S) que aumenta en un pH ácido. Actúa directamente sobre la solubilidad de los micronutrientes importantes para la producción primaria, como es el fitoplancton (Talavera & Zapata, 1998).

Además, está estrechamente relacionado a los procesos de solubilidad y biodisponibilidad de los metales pesados en los estuarios (Naranjo & Troncoso, 2008). Según la normativa ecuatoriana para termoeléctricas el rango del pH del agua de descarga a un cuerpo de agua marino receptor debe estar entre las 6 y 9 unidades (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

En cuanto a los impactos por contaminación microbiológica tenemos que, la mayoría de las normas de calidad recogidas en la legislación de diferentes países han optado por el uso de tres grupos específicos de microorganismos como bioindicadores de contaminación como son los Coliformes Totales, los Coliformes Fecales y Estreptococos (Edmunds , Neal, OsterKamp, Jones, & Ridgway, 2004).

Los Coliformes se encuentran en el intestino de humanos y animales homeotermos (de sangre caliente) y sus excrementos contienen estos microorganismos que se encuentran presentes en la flora intestinal, entre el 90 % y 100 % de estos microorganismos se corresponden a la *Escherichia coli*, un gramo de excremento humano contiene entre 5×10^9 y 5×10^{10} bacterias, es decir, más del 40 % del peso húmedo de los excrementos son células bacterianas, y ampliamente distribuidos en la naturaleza estando presentes en los suelos, vegetales y semillas.

La presencia de estos organismos en los diferentes ambientes (aguas dulces y marinas) determinan los criterios de rendimiento para los diferentes usos del agua, Tabla 3 (Baños, 2012).

Tabla 3. *Organismos indicadores empleados para la determinación de criterios para el uso del agua.*

USOS DEL AGUA	ORGANISMO INDICADOR
Agua potable	Coliformes totales
Actividades lúdicas en agua dulce	Coliformes fecales. Escherichia coli. Enterococos
Actividades lúdicas en agua salada	Coliformes fecales. Coliformes totales. Enterococos
Zonas de crecimiento de moluscos	Coliformes totales. Coliformes fecales
Irrigación agrícola	Coliformes totales
Desinfección de efluentes de aguas residuales	Coliformes totales. Coliformes fecales

Fuente: (Arcos, Avila, Estupiñán, & Gómez, 2005)

Cuando los microorganismos presentes en el agua residual llegan al mar, están sometidos a dos tipos de fenómenos que reducen su concentración, como son los fenómenos físicos (dispersión y sedimentación) y los fenómenos biológicos (adaptación y mortalidad). El factor de dilución física es el más importante ya que puede ser hasta 500 veces más eficaz que la mortalidad para disminuir las concentraciones bacterianas; por otra parte, la sedimentación puede ser muy variable en función de si los microorganismos se presentan en forma libre o agregada, en todo caso, parece ser que la decantación de las bacterias asociadas al material particulado es un fenómeno relativamente lento (Jeng, Daniels, Sinclair, & Englande, 2005).

El cambio de las condiciones ambientales que sufren los microorganismos del agua residual al mezclarse con el agua de mar es la causa principal de la mortalidad. Los principales parámetros que determinan los fenómenos de tipo biológico son la presencia de materia orgánica asimilable y de compuestos osmoprotectores que permiten a la célula equilibrar su presión interna en función de la concentración de sales del agua de mar, la temperatura del agua y la luminosidad, que tiene un poder bactericida (McCambridge & McMeekin, 1981).

El riesgo real que entraña al hombre el bañarse en un agua microbiológicamente impactada es relativamente reducido, solo determinadas afecciones cutáneas o mucotegumentarias (*Candida spp*) pueden indiscutiblemente ser contraídas al bañarse en este tipo de aguas. El principal riesgo sanitario de este tipo de contaminación es indirecto, está asociado con la ingestión de bivalvos u otros organismos filtradores que viven en zonas fuertemente contaminadas y que pueden producir diversas enfermedades (Terleira, 2010).

2.1.7 Impactos al agua por descargas industriales (sustancias químicas tóxicas y metales pesados)

En las últimas décadas la industria, las actividades y los productos industriales en todos los ámbitos, incluyendo la agricultura y la ganadería han aumentado significativamente. Las sustancias aplicadas por estas actividades son susceptibles de contaminar las aguas litorales; en algunos casos, con productos tóxicos persistentes con repercusiones a medio y largo plazo en las pirámides tróficas y en el ecosistema marino (Rigola, 1990).

Al contrario de lo que ocurre con las aguas residuales domésticas, las características de las aguas residuales industriales dependen del tipo de sector industrial al que pertenecen y de donde se originan. Estas descargas industriales incluyen una gran diversidad de productos que hacen muy difícil su identificación. Actualmente hay una lista de más de 125 sustancias químicas consideradas como contaminantes prioritarios según la Agencia para la Protección Medioambiental de los Estados Unidos, (US. EPA, 2015).

Según la (FAO, 1997) otras actividades que afectan de manera significativa la región son la agricultura y la minería, las cuales se presentan como fuentes no puntuales de contaminación, por sus descargas, escurrimientos y lixiviados con residuos organoclorados (DDT`s, PCB`s, etc.), metales pesados y nutrientes (fertilizantes), hidrocarburos halogenados en general e hidrocarburos clorados alifáticos, derivados del petróleo, detergentes y otros residuos urbanos y contaminación térmica.

Las actividades industriales consumen, de media, casi una cuarta parte del agua que se utiliza. No obstante, hay que diferenciar entre el agua que se utiliza de forma directa, como parte imprescindible de los procesos de fabricación, y el agua que se utiliza de forma indirecta como refrigerante, las aguas residuales industriales se caracterizan porque tienen una composición muy diversa, que depende del tipo de industria que las genera. Estas aguas residuales, si no son tratadas antes de ser vertidas, provocan un grave impacto en el medio, para evitarlo muchas industrias construyen su propia planta de depuración de aguas residuales (Escobar, 2002).

Según Uribe, Amado, & Orozco (2007), además de la carga orgánica de las descargas, los efluentes de origen industrial contribuyen con sustancias minerales, que en ciertos casos pueden añadir valor fertilizante. Así también, en otros casos pueden suponer una carga tóxica limitante para su reutilización, como son los restos de petróleo, aceites, metales pesados (Cr⁶, Cu, Pb, Zn), bifenilos policlorados (PCB`s) y una amplia variedad de otros productos químicos como los Sulfuros y Fenoles, (Pérez & Vallverdú, 1997).

Los Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) se constituyen en una mezcla de productos químicos originados del petróleo crudo que están compuestos principalmente de Hidrógeno y Carbono. Conteniendo algunas o una mezcla de aceites minerales, combustibles, tolueno, xilenos, hexano o fluoreno (ATSDR, 1998). Tienen un impacto negativo sobre los ecosistemas marinos afectando sus propiedades químicas, físicas y microbiológicas. El Límite Máximo Permissible para este parámetro indicador de contaminación industrial por termoeléctricas al cuerpo receptor de agua marina está establecido por la norma ecuatoriana en 20 mg/L (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

Los Aceites y las Grasas son compuestos altamente estables de naturaleza lipídica de origen orgánico o inorgánico que debido a su baja solubilidad son inmiscibles en el agua y al no ser biodegradables permanecen en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas, no permitiendo así el intercambio gaseoso de O₂ y CO₂, lo que puede generar la acidificación del agua del cuerpo receptor interfiriendo en los niveles

de Oxígeno disuelto y la penetración de la luz solar; impactando negativamente los ecosistemas acuáticos (Rosero, 2014). En el caso del funcionamiento de las termoeléctricas, los aceites y grasas industriales son utilizados en todo el proceso de generación, es por ello que el Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007 establece el LMP para este parámetro en 30 mg/L, de cualquier material recuperado en forma de sustancias solubles en Hexano.

El Cromo Hexavalente (Cr^6), es un metal pesado que se corresponde a la primera serie de metales de transición, a lo que debe sus principales propiedades químicas y bioquímicas. Es usado ampliamente por la industria en recubrimientos metálicos, electrogalvanizados y aleaciones por su resistencia a la corrosión, durabilidad y dureza. Además, la combustión que se origina durante la generación de electricidad produce Cr^6 , que es la forma más tóxica de este metal que además tiene una relación directa con el combustible utilizado (Albert, 2004). La norma ecuatoriana para las descargas acuáticas a un cuerpo marino receptor para termoeléctricas establece el LMP en 0,5 mg/L (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

El Cobre es un elemento químico que pertenece al grupo de los metales pesados, concierne al grupo de elementos químicos biológicamente activos, es un nutriente esencial que actúa como co-factor de numerosas enzimas, si bien su potencial toxicidad es menor, este elemento es necesario para algunos animales como los crustáceos que poseen pigmentos respiratorios con cobre (hemocianina), pero no deja de ser tóxico en altas concentraciones siendo bioacumulado por los organismos vivos filtradores (Scelzo, 1997).

La acción de quemar combustibles fósiles para la producción de energía eléctrica tiene como resultado el origen de Cu como un subproducto de este proceso, la regulación ambiental ecuatoriana fija su LMP en 1 mg/L para las aguas de descarga desde termoeléctricas (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

El Plomo (Pb) es un metal pesado que es tóxico en concentración reducida y tiende a la bioacumulación en los organismos dulce acuáticos o marinos (M.A.E, 2003). Este

elemento químico no presenta ninguna actividad biológica en el medio natural y su presencia es tóxica para los seres vivos de un ecosistema (Malacalza, 2013). Su uso es generalizado en múltiples procesos industriales, como aleaciones con otros metales por su excelente resistencia a la corrosión. En la industria química es utilizado para la elaboración de lubricantes (Kuffó, 2013).

Todas las acciones concernientes a la generación de electricidad por parte de termoeléctricas, tanto por el uso de combustibles derivados del petróleo, el uso de pinturas, aleaciones de las partes móviles de los componentes de turbinas o motores MCI y el uso de lubricantes posibilitan el hecho de generar Pb, por lo que, en el Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007 se establece su LMP en 0,5 mg/L para las aguas de descarga a un cuerpo receptor de agua marina.

El Zinc (Zn), elemento químico con número atómico 30, considerado, así como un metal pesado. Es biológicamente activo y un nutriente esencial para la formación de enzimas, para el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos, como tal uno de los oligoelementos menos tóxicos (Tacon, 1989). En la industria es utilizado para la galvanización de los metales, fundición y aleaciones, derivados del Zn para la creación de otros compuestos (pinturas, etc.) (Durán, 2004). El Límite Máximo Permisible establecido por la norma ecuatoriana para descargas de efluentes se encuentra en 10 mg/L (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

Sulfuros (S), se denomina a los minerales producto de la combinación del azufre con un elemento químico o un radical. Para el proceso industrial de generación eléctrica se usan diversos tipos de combustible (carbón, derivados del petróleo, gas natural, etc.) (Kraus, 1989). La calidad y composición del carburante origina en mayor o menor medida sulfuros, los que a su vez pueden combinarse en enlaces químicos covalentes con otros elementos que poseen un ión metálico tóxico altamente nocivo para la biota presente en los ecosistemas (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2003). El LMP para este elemento para el agua de descarga de termoeléctricas es de 0,5 mg/L (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

Los fenoles (Fenol), se constituyen en compuestos aromáticos cuya cualidad es tener uno o varios grupos hidroxilo unidos directamente al anillo aromático (Camacho, 2009). Están presentes en el medio ambiente como resultado de procesos industriales o biogeoquímicos (descomposición de la materia orgánica), son altamente tóxicos y persistentes difíciles de degradar (Alcaraz, Fabiano, & Cámara, 2012). El Límite Máximo Permisible de descarga a un cuerpo de agua marina según la normativa ecuatoriana para este parámetro se especifica en 0,2 mg/L (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

Según Clark, (2001) estas cargas tóxicas están conformadas por sustancias que difícilmente son biodegradables y su afectación a la biota depende de su grado de concentración en el medio marino, como además de su disponibilidad frente a los organismos y de la susceptibilidad de los mismos al compuesto vertido.

Los metales pesados y su toxicidad no sólo dependen de su concentración sino también de movilidad y de su reactividad con otros componentes dentro del ecosistema (Abollino, et al., 2002). Son extremadamente tóxicos, puesto que, como iones o en formas compuestas, son solubles en el agua y como tal pueden ser absorbidos muy fácilmente por los organismos vivos presentes en el medio acuoso marino, además no están sujetos a un ataque bacteriano, y mantienen su estructura molecular durante largos periodos de tiempo. Una vez que han sido absorbidos estos pueden unirse a los componentes celulares vitales como son las proteínas, enzimas y ácidos nucleicos e interferir en su funcionamiento (Samaniego, 2015).

Mero, (2010) en su investigación indica que existe interacción entre los organismos y los contaminantes (metales pesados). La toxicidad de estas sustancias depende de su concentración en el medio, de su disponibilidad frente a los organismos y de la susceptibilidad de los mismos al compuesto. Las sustancias tóxicas se comportan de manera diferente para cada tipo de organismo dependiendo del metabolismo propio de cada especie.

Así, por ejemplo, el mejillón regula el contenido en cobre de manera independiente al grado de contaminación del medio, mientras que otros organismos como las ostras u otros moluscos pueden almacenar este elemento y contener niveles muy elevados, pues no poseen un mecanismo fisiológico eficiente de desintoxicación y sufren un proceso de contaminación progresiva denominado bioacumulación (Mero, 2010).

Otros compuestos, como algunos hidrocarburos poliaromáticos (PAH's), son metabolizados por los peces, transformados en moléculas hidrosolubles y excretados, de manera que solo son una contaminación temporal en estos organismos (Zambrano et al., 2012).

El mayor impacto causado por las descargas industriales se aprecia en las comunidades de organismos que reflejan de un modo global las condiciones ambientales del medio, por lo que su composición y estructura (especie, edad, talla, sexo) es indicadora de las posibles alteraciones provocada por los episodios de contaminación (Mero, 2010).

Los efectos del impacto al medio marino específicamente a la biota pueden resumirse en dos puntos básicos, siendo el primero el vinculado a los fenómenos de bioacumulación y biomagnificación de compuestos contaminantes conservativos tales como metales pesados, hidrocarburos, pesticidas, entre otros; y el segundo sobre las alteraciones de la composición y estructura de las comunidades de organismos con pérdida de biodiversidad (Kuffó, 2013).

2.1.8 Estado del ambiente marino costero ecuatoriano

El Ecuador se encuentra situado al sudoeste del océano Pacífico y cuenta con un extenso territorio marítimo de 1.111.818 Km² que equivale a 4,3 veces el tamaño de su área continental. Donde el mar es un recurso limitado con una gran influencia sobre el clima y el ciclo hidrológico del planeta (Ministerio del Ambiente, 2010).

La constante presión del desarrollo como también el crecimiento demográfico que en nuestro país es del 2,3 % al año, causa un desequilibrio de los recursos marinos por

el impacto de la contaminación terrestre (aguas residuales domésticas e industriales) y marítima (hidrocarburos, metales pesados); lo que compromete la calidad del medio marino, el cual es esencial como componente dentro del sistema mundial de sustentación de vida e igualmente como un valioso recurso a proteger y mantener (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, 2016).

Esta presión de desarrollo como país genera un índice elevado de contaminación a casusa de factores antropogénicos, causando que los contaminantes sean transportados por los ríos al mar. El Ecuador está dividido en nueve demarcaciones hidrográficas, de las cuales; los ríos de seis demarcaciones descargan su contenido en el océano Pacífico siendo estos el Río Mira, Esmeraldas, Manabí, Guayas, Jubones y Puyango-Catamayo (Campos, 2014).

En Ecuador, los sistemas hidrográficos aportan con un escurrimiento superficial de 432,000 Hm³, de los cuales 116 Hm³ (27% del total) corresponden a la vertiente del Pacífico en donde habitan el 80% de la población del Ecuador y 316,000 Hm³ (73% del total) corresponde a la vertiente del Amazonas (CIDBIMENA, 2002).

Aproximadamente la mitad de la población ecuatoriana vive de la pesca, el turismo, la acuicultura y la agricultura. Actualmente, los recursos hídricos del Ecuador tienen serios problemas de contaminación, ya que sus cauces recorren todas las poblaciones, y lastimosamente por donde fluya el recurso agua habrá quien use y abuse de dicho recurso; por lo que mientras más lejos esté el cuerpo de agua de su nacimiento se encontrará más contaminada. Los cursos de agua se depositan en los mares llevando altos grados de contaminación, teniendo como referencia a las aguas negras e industriales de las ciudades y asimismo las grandes cantidades de residuos sólidos que están presente por diversas actividades lo que directamente afecta al ecosistema natural y a la población en general que la consume (PNUMA - FONAG, 2011).

Según Andrade, Gutiérrez, & Andrade, (2013) el impacto ocasionado por las aguas residuales domésticas cuyo origen se encuentra en los cantones ubicados en la costa continental e insular del Ecuador, que descargan directamente al mar un volumen de

202,45 millones de m³/año de efluentes, donde se observa también una carga asociada de alrededor de 66.823 TM/año de DBO₅, 8.336 TM/año de N y 1.010 TM por año de P.

La carga de Demanda Química de Oxígeno (DQO) asociada de efluentes se encuentra en un orden de 150,7 TM/ por año, así mismo los Sólidos Suspendidos se encuentran en 90 mil TM por año y los Sólidos Disueltos Totales en 92,2 mil TM por año. Según registros históricos, el volumen de residuos líquidos evacuados en 1990 se estimó en 128,38 millones de m³/año, lo cual representa un incremento de 74,07 millones de m³ para el período intercensal 1990-2010 (Andrade V., Gutiérrez, & Andrade C., 2013).

Evidentemente los efluentes domésticos son sitios de contaminación críticos ya que se relacionan con los más grandes centros poblados ubicados en la franja costera del país. Además, más o menos un 73% del volumen total de residuos líquidos son descargados en el estuario interior del golfo de Guayaquil siendo los cantones de la provincia del Guayas los que más aportan con un 62% y la provincia de El Oro con en menor proporción con un 10,9% (Andrade V., Gutiérrez, & Andrade C., 2013).

Carrasco & Muñoz, (1995) reportaron que existe un vertimiento de 55,2 millones de m³/año por parte los efluentes industriales en la franja costera de Ecuador y a su vez una carga asociada de DBO₅ de 9,7 millones de TM/año (Andrade V., Gutiérrez, & Andrade C., 2013). Las dos terceras partes, es decir un 65% de las descargas industriales tuvieron su origen en Guayas, seguido en proporciones menores por Esmeraldas con 15%, El Oro con el 12% y Manabí con el 8% (Hurtado & Hurtado Asociados, 2012).

Contrastando con los datos históricos de calidad de las aguas de la misma zona reportados por el Instituto Nacional de Pesca que indicaban que a comienzos de la década pasada en este sitio no existían indicios de contaminación, con excepción de lugares puntuales como son caseríos y camaroneras, donde los valores de carga

orgánica en sedimentos se elevaban al 5% y el fósforo bordeaba el 7% (Moncayo, Trejos, Maridueña, & Castro, 2010).

Además, tres investigaciones realizadas en el área cercana a la ubicación de la termoeléctrica de este estudio (TGM), demuestran contaminación por metales pesados. Señalan concentraciones de Cd y Pb en agua de mar por encima de los Límites Máximos Permisibles en la zona del perfil costero perteneciente a la comuna de Bajo Alto, según la Tabla 2 del R.O 387 acuerdo 097-A, sobre los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Fueron tomados en consideración tres puntos de muestreo, el primero al norte (Punto N), punto central (Punto C) y al sur el (Punto S). En la Figura 2, se observa el punto de descarga de la termoeléctrica TGM y los puntos muestreados (Barriga, 2010).

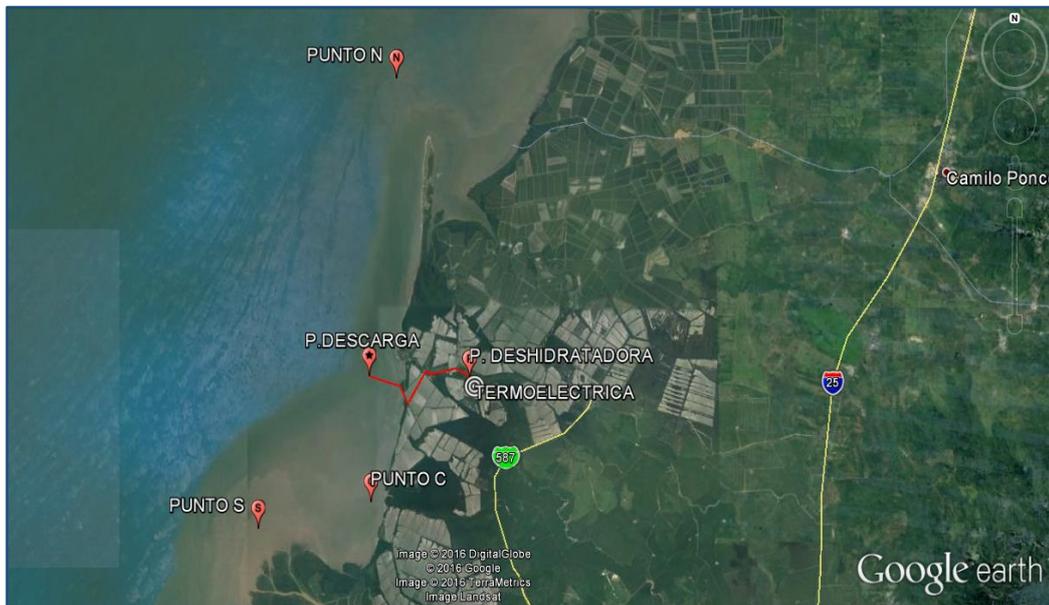


Figura 2. Puntos de toma de muestra (Barriga, 2010).
Fuente: (Galarza, 2016).

Por otro lado, García (2014) indica que existe contaminación por Hg y Pb en agua del perímetro costero de la comuna de La Puntilla (ubicada al norte de la Termoeléctrica TGM) cuyos valores encontrados sobrepasan significativamente los LMP. De igual forma, en muestras de sedimento también se determinó que existe

contaminación por Cd y en cuanto al As, Hg y Pb, aunque están presentes, no exceden los LMP, Figura 3.

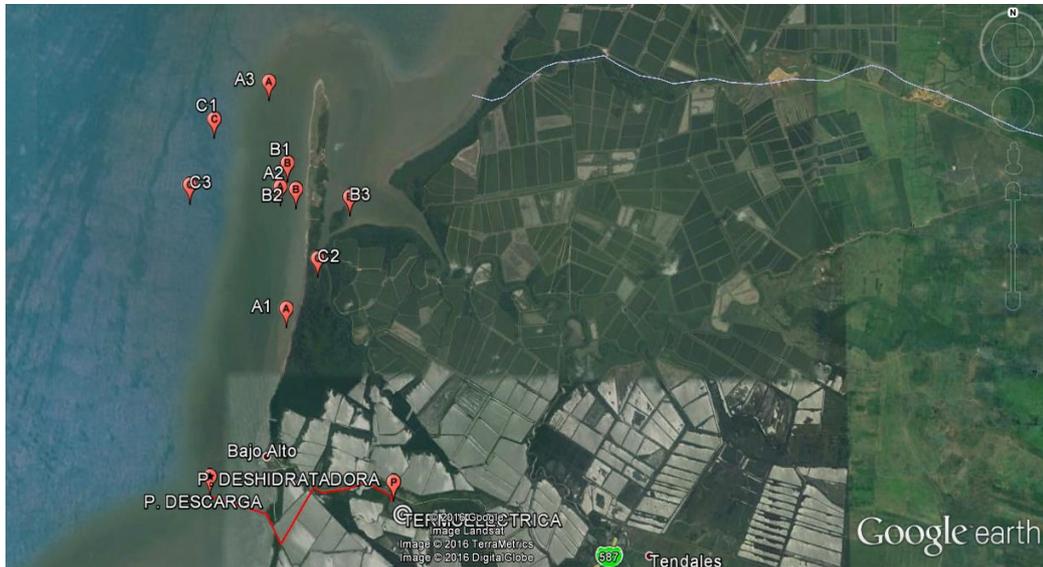


Figura 3. Puntos de toma de muestras (García, 2014).
Fuente: (Galarza, 2016).

Finalmente, Espinoza (2014) en una investigación realizada en la isla Costa Rica (Provincia de El Oro) ubicada en un punto más al sur distante de la zona de emplazamiento de la termoeléctrica TGM, detectó contaminación en agua de mar por Hg al rebasar el LMP. En sedimentos el Hg sobrepasó el LMP y los valores de As, Pb y Cd estuvieron por debajo de los LMP, Figura 4.

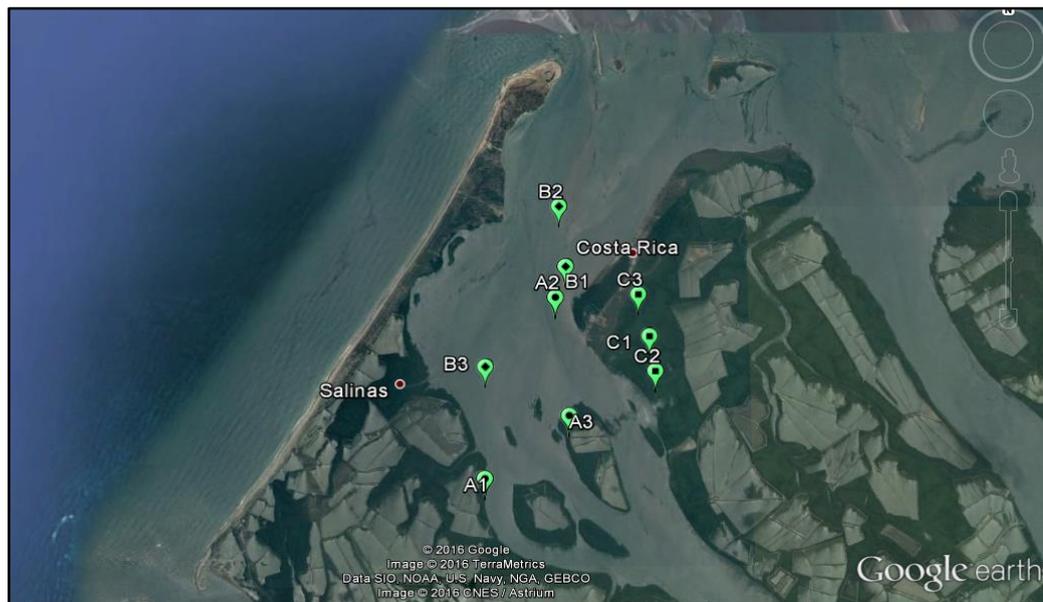


Figura 4. Puntos de toma de muestras (Espinoza, 2014). Fuente: (Galarza, 2016).

2.2 Generación de energía eléctrica

La generación de energía eléctrica se realiza en centrales que son instalaciones industriales equipadas con máquinas motrices y dispositivos, cuya denominación está ligada al producto energético primario utilizado que puede ser de origen químico (carbón, derivados del petróleo), cinético (movimiento del aire y agua), térmico (calor), lumínico (solar) y nuclear, cuyo fin es generar la energía necesaria para producir electricidad. A nivel general se clasifican en centrales hidroeléctricas, centrales térmicas convencionales o termoeléctricas, centrales térmicas (termoeléctricas) de ciclo combinado, centrales eólicas, centrales termoeléctricas solares, centrales solares fotovoltaicas, centrales de biomasa o de residuos sólidos urbanos (RSU), (Enriquez, 2009).

El parque energético nacional del Ecuador está constituido por centrales de tipo hidroeléctrico que aprovechan la energía potencial del agua; centrales termoeléctricas que operan con combustible líquido o gas; centrales de combustión interna (MCI) que operan con bunker o diésel; centrales de ciclo combinado operan con bunker, diésel o gas; centrales eólicas que aprovechan la energía del viento y centrales solares fotovoltaicas que aprovechan la energía lumínica del sol (Morales & Valladarez, 2012).

A excepción de las centrales hidroeléctricas, solares, eólicas y las de combustión interna, las demás utilizan básicamente la transferencia de energía calorífica en energía cinética que a su vez se transforma en trabajo mecánico al paso de una turbina, produciendo el movimiento necesario para ser aprovechado por un generador eléctrico, transformando la energía mecánica en eléctrica. Constituyendo la generación térmica la más abundante en nuestro país (Echeverría, 2013).

2.2.1 Generación de energía térmica (termoeléctrica)

Según Guirado, Asensi, Jurado, & Carpio, (2006) una central termoeléctrica está constituida por una instalación, la cual se emplea para que pueda generarse energía eléctrica a través del calor generado en una caldera mediante el uso de combustibles fósiles como el carbón, fueloil, diésel o gas natural. Según Torres, (2010) las centrales

térmicas se caracterizan por el tipo de tecnología o mecanismos utilizados para la generación eléctrica, siendo las más importantes:

- Centrales de vapor. En una caldera el combustible se quema generando calor, el cual se transfiere a un sistema de agua en circulación (tubos) donde esta se evapora. Dicho vapor obtenido a alta temperatura y presión es enviado a una turbina, cuyo movimiento impulsa un generador eléctrico. El excedente de vapor es enfriado en un condensador formado por un sistema de tuberías alimentado por agua fría de un caudal abierto como puede ser un río o una torre de refrigeración (Espejo, 2008).

Estos tipos de centrales se diferencian por la caldera donde se quema el combustible, puesto que, disponen de quemadores específicos y tecnología según el combustible utilizado como también del tratamiento previo del mismo. Así, en una central térmica de carbón este tiene que ser triturado previamente en molinos hasta convertirlo en polvo muy fino que es inyectado en la caldera mediante chorros de aire caliente permitiendo una combustión completa (Salazar, 2009). En cambio, en las de fuelóleo, este combustible es precalentado para aumentar su fluidez y de esa manera ser introducido fácilmente en los quemadores de la caldera (Cárdenas, 2014)

- Centrales con turbina de gas. Disponen de una turbina con tres elementos principales, que son un compresor en la entrada, una cámara de combustión y una turbina en la salida. En el ciclo de turbina el combustible utilizado normalmente es gas natural, el cual es inyectado junto con aire a presión mediante un compresor a la cámara de combustión, obteniéndose gases que alcanzan temperaturas entre los 1000 °C y 1400 °C. (SAMBITO , 2014 b).
- Centrales de ciclo combinado. Combinan dos ciclos termodinámicos, en el primero se produce la combustión de gas natural en una turbina a gas, y en el segundo se aprovecha el calor residual generado de los gases que se encuentra

entre los 500 °C y 600 °C para generar vapor el cual es inyectado a una turbina de vapor (Cárdenas, 2014)

- Centrales equipadas con motores de combustión interna (MCI). Son centrales que operan con generadores movidos por motores de combustión interna que utilizan como combustible derivados del petróleo como es el diésel o fueloil (Torres, 2010).

2.2.2 Principales impactos al ambiente causados por la generación de energía eléctrica

En función del combustible primario utilizado para la generación de energía como además de las tecnologías y procesos implementados para la misma, tenemos que los principales impactos ambientales asociados a las centrales termoeléctricas tienen relación directa con las emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión del combustible; por vía térmica con el consumo de agua y alteración del hábitat acuático por la utilización de estas aguas para la refrigeración en circuito abierto; además, la producción de residuos líquidos y sólidos, sustancias químicas peligrosas (Cárdenas, 2014).

En cuanto se refiere a la emisión de residuos contaminantes, esta clase de impacto ambiental es prácticamente nulo en el caso de las centrales termoeléctricas de gas natural, escaso en las térmicas de fueloil, pero dependiendo de las características químicas y calidad del combustible empleado. Pero, en cuanto se refiere a las térmicas de combustión de carbón, estas afectan de sumo grado al ambiente (atmosférico y acuático) por la emisión al aire de partículas y ácidos de azufre y residuos líquidos tóxicos al agua (Cárdenas, 2014).

Según Cárdenas, (2014) las centrales térmicas dependiendo del combustible primario utilizado se denominan:

- Centrales térmicas de carbón. Usan como combustible el carbón, aunque son las que más afectan al ambiente su uso en algunos países es relevante por la

abundancia de este recurso, que pueden quemar en trozos o pulverizado puesto que mejora la eficiencia de la combustión del mismo. En estas centrales se requiere instalar dispositivos para realizar la separación de las cenizas producto de la combustión que son altamente contaminantes.

Para minimizar los efectos de la combustión del carbón sobre el aire, suelen disponer de chimeneas de gran altura que en primer lugar dispersan las partículas tóxicas a capas más altas de la atmósfera, pero producen precipitaciones residuales acuosas que retienen buena parte de estas partículas en el interior de la propia central, produciendo así efluentes tóxicos de difícil manejo (Cárdenas, 2014).

- Centrales de fueloil. En este tipo de centrales el combustible se calienta hasta alcanzar la fluidez necesaria para ser inyectado en los quemadores. Presentando como principal inconveniente las oscilaciones del precio del petróleo y derivados, como también la exigencia ambiental a las mismas de proveer de tratamientos de desulfuración de los humos para evitar la contaminación que provocaría lluvias acidas (Moreno, 2015).
- Centrales térmicas de gas natural. El uso de gas en estas centrales además de reducir drásticamente el impacto ambiental, mejora la eficiencia energética, con menores costes de la energía empleada en el proceso de generación, con menores emisiones a la atmósfera y al medio acuático dulce-marino circundante (Araujo, 2015). El gas natural es una mezcla de hidrocarburos que se encuentran en estado gaseoso, en condiciones ambientales normales de temperatura y presión, está conformado básicamente por el 95 % de metano, además, puede contener etano, propano y otros hidrocarburos pesados en pequeñas cantidades como también se pueden encontrar otros gases como el nitrógeno, el bióxido de carbono, el ácido sulfhídrico y agua (Pontón, 2016).

Las centrales termoeléctricas convencionales producen energía eléctrica a partir de la ignición de un combustible fósil sea este carbón, fueloil o gas natural en una caldera

técnicamente diseñada para la combustión de cada uno de los combustibles señalados. La energía calorífica generada, convierte a su vez en vapor a alta presión y temperatura el agua (Espejo, 2008) . El vapor generado es enviado por tuberías hacia las turbinas que por rotación transfieren el movimiento hacia los generadores eléctricos, que a su vez transforman la energía mecánica en energía eléctrica. Este tipo de centrales necesitan mucha agua para su funcionamiento, sobre todo las de circuito abierto siendo de marcada importancia la refrigeración del sistema, de allí su localización próxima a ríos, lagos y mares (Salazar, 2009).

Es por ello que el Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador expide el acuerdo 155 que se refiere a las Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte (Puertos y Aeropuertos), inscrito en el Registro Oficial No. 41 del 14 de marzo del 2007. Donde el anexo el 1A se refiere a la Norma para la Prevención y control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas (Registro Oficial del Ecuador, 2007).

Cuyo fin es el de proteger la calidad del agua como un recurso, para así salvaguardar la salud e integridad de los seres humanos como también preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos comprendidos en las actividades de generación eléctrica. Donde se establecen los Límites Máximos Permisibles en los siguientes parámetros: Potencial Hidrógeno, Materia Flotante, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Química de Oxígeno, Cromo Hexavalente, Sulfuros, Cobre, Plomo, Zinc, Aceites y Grasas, Compuestos Fenólicos, Hidrocarburos Totales de Petróleo (Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007).

2.2.3 Características de operación de una central térmica de fueloil y su impacto al ambiente

La Planta Termoeléctrica Termoguayas Generation (TGSA), se caracteriza por ser una planta de diseño modular de generación térmica con múltiples unidades montadas sobre barcasas (5) interconectadas, provista de motores (51 en total) de combustión interna (MCI), lo cual accionan un número igual de turbinas con 150 MW capacidad

total de energía eléctrica, distribuyéndose a nivel local y nacional a través del Sistema Nacional Interconectado. En la Figura 5, se puede apreciar su ubicación longitudinal a lo largo de la orilla del Río Guayas (punto 1), donde se observa que dispone de un muelle de acceso perpendicular, el punto 2 y 3 señalan el área externa de la planta y el punto 3, la orilla del río (SAMBITO. AA2, 2011).



Figura 5. Ubicación de Termoguayas Generation S.A.
Fuente: (SAMBITO. AA1, 2011).

Las aguas residuales domésticas e industriales (cubeto y enfriamiento) son descargadas en el Río Guayas después de un proceso interno de tratamiento. En la Tabla 4 podemos observar los resultados de los muestreos al agua residual doméstica con datos promedios y máximos para los años 2011 al 2014, se muestran en números rojos cuando se encuentran por encima de los LMP sugeridos por la Autoridad Ambiental competente como es el caso para los SST, Sólidos Totales, DQO, Fósforo, Nitrógeno, DBO.

La contaminación de origen biológica con Coliformes Fecales en todos los años estuvo muy por encima de los LMP, en sus valores promedios y máximos para todos los años, Tabla 4 (Moreno, 2015).

Tabla 4. Resultados anuales de agua residual doméstica de las Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A. – 150 MW (TGSA).

		AÑOS							
		2011		2012		2013		2014	
LMP	PARÁMETROS	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX
5,00-9,00	pH	6,96	7,05	6,76	6,98	6,63	6,99	6,81	6,94
100	SST (mg/L)	44,41	84,67	55,25	147	40,75	169	38,8	92
1600	SÓLIDOS T. (mg/L)	879,32	1943,3	992	5730	499,2	840	764,16	1960
250	DQO (mg/L)	219,25	417,67	180	456	240,3	331	214,33	302
< 35	°C	28,5	29,2	28,13	30,2	28,64	30,7	28,56	29,9
0,5	COLORO (mg/L)	0,05	0,19	0,09	0,37	0,06	0,14	n/v	n/v
10	FÓSFORO (mg/L)	2,33	3,69	1,94	3,91	7,64	13,04	n/v	n/v
15	NITRÓGENO (mg/L)	12,28	24,74	2,23	11,86	10,29	37,86	30,61	84,54
30	A y G (mg/L)	0,8	1,41	0,57	1,5	0,5	0,7	0,52	0,7
100	DBO (mg/L)	126,9	258,67	124,52	341	172	219	113	168
3000	C. fecales (NMP/100 mL)	41991,74	95033	2004,66	11100	2961	8664	1487332	12033000

Fuente: (Moreno, 2015).

En la Tabla 5, se observa resultados por sobre norma de los muestreos para el agua residual industrial de cubeto (depósitos colectores ubicados bajo los motores MCI) para los parámetros SST, Aceites y Grasas, DQO, Fenoles, Sulfuros, Cobre (SAMBITO. AA3, 2011).

Tabla 5. Resultados anuales de agua residual industrial de cubeto de las Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A. – 150 MW (TGSA).

		AÑOS							
		2011		2012		2013		2014	
LMP	PARÁMETROS	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX
5,00-9,00	pH	7,3	7,49	7,14	7,49	7,17	8,01	6,67	7,34
100	SST (mg/L)	48,83	80,67	77	281,1	38,08	81	75,5	463
30	A y G (mg/L)	4,49	15,28	10,06	13,5	4,32	32	7,85	23,4
20	HTP (mg/L)	0,6	0,76	0,55	1,9	0,35	0,74	4,9	15,3
250	DQO (mg/L)	216,4	252,45	454	684	335	804	154,81	396
< 35	°C	29,78	31,1	29,63	31,4	29,29	30,9	29,95	33,5
0,5	Cromo total (mg/L)	0,05	0,07	0,01	0,05	0,01	0,07	0,02	0,06
0,2	Fenoles (mg/L)	0,55	1,03	0,97	2,02	0,81	2,02	0,57	2,3
0,2	Plomo (mg/L)	0,03	0,1	0,02	0,09	0,005	0,011	0,002	0,009
0,5	Sulfuros (mg/L)	0,26	0,73	0,51	3,15	2,03	15,7	0,13	0,651
1	Cobre (mg/L)	0,69	2,47	0,25	2,65	0,1	0,65	0,02	0,13
5	Zinc (mg/L)	0,28	0,1	0,08	0,28	0,11	0,24	0,37	2,77

Fuente: (Moreno, 2015).

El agua de enfriamiento para los motores de barcazas es captada del Río Guayas, luego es descargada en dicho río nuevamente con el tratamiento previo para la disminución de temperatura, se puede observar en la Tabla 6 que los parámetros como los SST y los Sólidos Totales están por encima de los LMP, tanto en sus promedios como en sus valores máximos en todos los años (Moreno, 2015).

Tabla 6. Resultados anuales de agua residual industrial de enfriamiento *de las Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A. – 150 MW (TGSA)*.

LMP	PARÁMETROS	AÑOS							
		2011		2012		2013		2014	
		\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX
5,00 - 9,00	pH	7,54	7,69	7,44	7,6	7,51	7,77	7,28	7,65
100	SST (mg/L)	79,4	179,08	261,43	824,5	42,2	189,25	3140,8	8360
1600	Sólidos T. (mg/L)	3516,5	3738,3	2922,2	7985	3276,9	10545	121,4	310
20	HTP (mg/L)	0,21	0,43	0,06	0,16	0,05	0,19	0,06	0,21
250	DQO (mg/L)	54,76	77,9	62,89	164,5	37,1	82,75	36,64	89,75
< 35	T°	29,94	31,07	29,75	31,8	29,94	30,82	30	32,8

Fuente: (Moreno, 2015)

Como norma de control también se realizaron monitoreos de la calidad del agua del Río Guayas, realizados semestralmente por un laboratorio acreditado por el SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano) y cuyo reporte anual es entregado a la Dirección de Medio Ambiente del M. I. Municipio de Guayaquil (Moreno, 2015).

Este informe muestra índices de contaminación del medio acuático con Hierro, Cadmio, Bario, Plomo, Sulfuros y Coliformes Fecales los cuales están por encima de los LMP señalados por la Autoridad Ambiental Competente, Tabla 7 (Andrade , Gutiérrez, & Andrade, 2013).

Además, los documentos de las auditorias de los años 2011 al 2014, a los que se ha tenido acceso no indican los puntos de muestra para determinar la calidad del agua, por lo que, estos resultados de evidente contaminación no necesariamente implican directamente a TGSA como responsable de los mismos (Moreno, 2015).

Tabla 7. *Calidad de agua superficial del Río Guayas.*

		AÑOS							
		2011		2012		2013		2014	
LMP	PARÁMETROS	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX	\bar{X}	MAX
6,5-9,5	pH	7,45	7,65	7,37	7,54	7,33	7,42	7,52	7,67
6	Oxígeno disuelto (% saturación mg/L)	3,93	4,95	5,79	6,31	4,65	4,75	5,2	6,38
30	A y G (mg/L)	0,52	0,6	0,44	0,44	0,41	0,44	0,44	0,44
0,5	HTP (mg/L)	0,17	0,3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
< 35	T°	27,46	29,3	27,41	28,77	28,67	28,93	27,63	27,78
0,3	Hierro (mg/L)	5,58	5,92	0,88	1,24	0,42	0,7	0,16	0,31
0,005	Cadmio (mg/L)	0,003	0,003	0,04	0,06	0	0	1,44	2,89
1	Bario (mg/L)	0,88	1,24	0,79	1,28	0,1	0,14	0,1	0,11
0,01	Plomo (mg/L)	0,005	0,005	0,023	0,04	0,005	0,008	0,0015	0,0017
0,17	Zinc (mg/L)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,096	0,134	0,032	0,041
0,0002	Sulfuros (mg/L)	0,07	0,13	0,059	0,059	0,04	0,06	0,033	0,05
200	Coliformes F (NMP/100 mL)	1225	1850	50,17	60,83	810,8	1498,2	60961	97165

Fuente: (Moreno, 2015).

2.2.4 Características de operación de la central termoeléctrica a gas 252 Mw de Celec Ep-Termogas Machala

La Empresa Pública Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP es la encargada de las operaciones y actividades de generación eléctrica de la Central Termoeléctrica Termogas Machala (Anexo 2), que cuenta con una capacidad instalada de 252 megavatios (MW), repartido en dos grupos de unidades de generación (turbinas); 132 MW en dos turbinas a Gas 6FA tipo “frame” modelo PG6101 (denominadas 6FA #1 y 6FA #2), que iniciaron sus operaciones a finales del año 2002 ubicadas en el área denominada como Machala 1; y 120 MW generados por 6 turbinas TM2500 a Gas, que iniciaron sus operaciones a principios del año 2012 ubicadas en el área denominada Machala 2, todas de marca General Electric, (Anexo 3,4) (SAMBITO, 2014 b).

Para su operación los turbogeneradores (turbinas) utilizan gas natural (GN) proporcionado por el Campo Amistad localizado a aproximadamente 68 km mar adentro desde la plataforma de extracción, Bloque 6, Golfo de Guayaquil. El análisis

de este combustible realizadas por la compañía Texas Oil Tech en octubre del 2011, muestra condiciones físico químicas consideradas como típicas para este recurso natural, (Anexo 5) (SAMBITO , 2014 a).

El (GN), inicialmente es conducido hacia la planta deshidratadora operada por Petroecuador Ep ubicada al oeste de la planta termoeléctrica mediante el uso de un gaseoducto submarino, donde se realiza un proceso de deshidratación y adecuación de temperaturas y presiones; una vez acondicionado este es entregado en condiciones de calidad y presión suficiente para satisfacer los requerimientos técnicos necesarios para realizar el proceso industrial de generación eléctrica de la central TGM, Figura 6 (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015).

El agua utilizada en las instalaciones de la Central TGM se extrae de dos pozos subterráneos, es tratada en dos plantas independientes de ósmosis inversa (eliminación de sales minerales, potabilización, etc.), luego es almacenada para posteriormente ser utilizada en el proceso de generación eléctrico, siendo enviada a dos circuitos independientes de uso como son: el doméstico e industrial y un excedente se destina para el consumo de la población de Bajo Alto, (Anexo 6, 10). El agua como recurso es un producto de suma importancia para el proceso industrial de generación eléctrica de TGM. Por ello la planta posee varios depósitos y tratamientos en función de la capacidad en galones y tipo de líquido almacenado (aguas crudas, potables, pre-tratadas, tratadas, negras y aceitosas), Tabla 8 (SAMBITO , 2014 b).

Tabla 8. *Depósitos de almacenamiento de agua*

Código Tanque	Función	Capacidad/Galones	Tipo de Líquido
U-109	Separador agua aceite	30000	Aguas aceitosas
U-110	Tratamiento de aguas negras	1200	Aguas negras
TK-111	Sist. Agua potable	2880	Agua potable
TK-113	Sist. Agua cruda	270000	Agua cruda
TK114	Sist. Contra incendios	270000	Agua cruda
TK-116	Sist. Ósmosis Inversa	67365	Agua Tratada
TK-109	Colector de todas las aguas tratadas	30000	Agua Pre-tratada

Fuente: (SAMBITO , 2014 b)

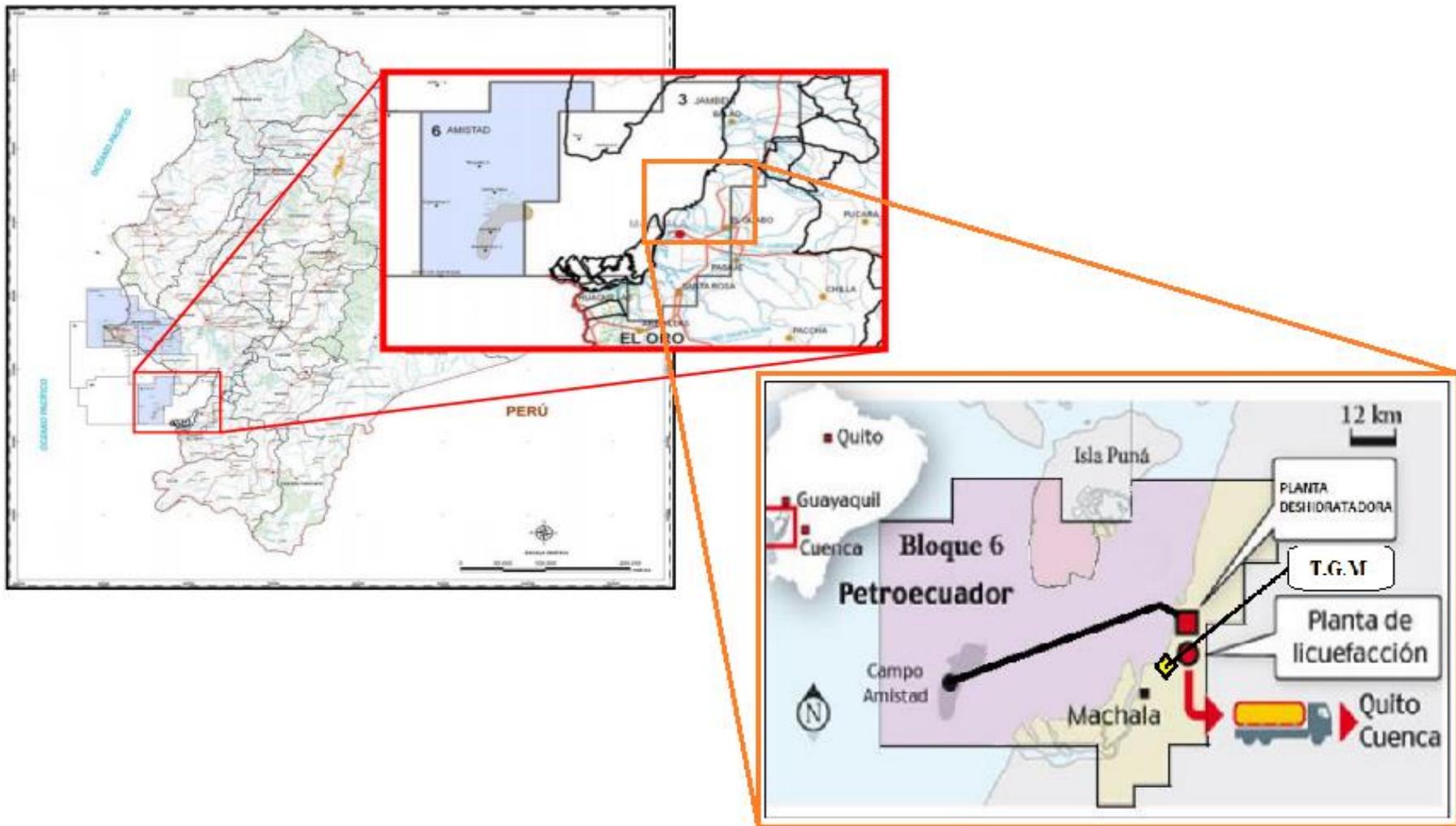


Figura 6. Ubicación de central termoeléctrica Termogas Machala, suministro de Gas Natural (Petroecuador Ep).
Fuente. (Sandoval & Sevilla, 2013; Galarza, 2016)

Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

El agua para consumo doméstico, una vez tratada, sale de la planta de ósmosis inversa y es enviada al depósito TK-111, Figura 7 A, donde se le aplica cloro para su purificación. Desde este tanque se distribuye por medio de dos bombas a las estaciones de ducha, lavado de emergencia de ojos, ubicadas en el área de operación y a las diferentes instalaciones sanitarias ubicadas en la sala de control, oficinas y almacén. La aplicación de cloro es controlada automáticamente desde la sala de control químico (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015).



Figura 7. A: Depósito TK-111; B: Depósito TK-116
Fuente: (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015)

El agua que se utiliza para el proceso de generación eléctrico, sale de la planta de ósmosis inversa y es almacenada en el depósito TK-116, tiene una capacidad de 62.410 galones (1.600 barriles) y posteriormente utilizada en el control de emisiones atmosféricas de los gases de combustión, enfriamiento de la turbina por evaporación,

limpieza de gas y aire en la turbina y el lavado del compresor, Figura 7 B (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015).

La planta TGM dispone de dos áreas denominadas Machala 1 y Machala 2 (Anexo 7), donde se encuentran ubicadas las unidades de generadores a Gas natural 6FA, sumado al aporte de las 6 unidades de generadores a gas (GN) TM2500. Ambas áreas disponen de sistemas independientes de recolección y transporte de las aguas residuales tanto industriales como domésticas, que dirigen los afluentes al separador de agua - aceite API (American Petroleum Intitute), y a la planta de tratamiento (PTAR), (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015).

El sistema de tratamiento de residuos sanitarios está diseñado para recolectar y tratar las aguas residuales crudas producidas por 50 personas, con un flujo de aguas crudas de 50 galones (189,27 litros) por individuo promedio/día, para un periodo de retención mínimo de 20 horas. Estas aguas residuales domésticas son recolectadas por el alcantarillado interno y enviado mediante bombas a una planta compacta de lodos activados (PTAR) que consta de cinco procesos o cámaras para su tratamiento. Inicialmente ingresan los afluentes al primer compartimiento denominado depósito de igualación o tanque de retención contra sobretensiones para un proceso inicial donde se asegura un flujo uniforme mediante filtros mecánicos, con bombas de ecualización el líquido es desplazado hacia las siguientes cámaras (SAMBITO, AAI, 2013).

En el segundo compartimiento a menudo llamado tolva no hay circulación de líquidos, produciéndose la sedimentación, recibe el flujo del efluente mediante bombas de elevación recogiendo del desnatador ubicado en el tanque clarificador los sólidos y grasas. El tercer compartimiento es una cámara con una población bacteriana (lodos) en donde por aireación se induce a un proceso aerobio que consume la materia orgánica, reduciendo así la DQO y los Sólidos Suspendidos. El agua tratada pasa al tanque clarificador en el cuarto compartimiento donde se recibe el agua limpia del tanque de aireación que se desinfecta a través de una cámara de contacto con cloro, además, se decanta los lodos y se retornan a la segunda cámara, (Anexo 8) (SAMBITO, AAI, 2013).

Los residuos aceitosos colectados en el proceso de generación de la planta termoeléctrica entran al API (American Petroleum Institute, Anexo 9), y en el primer compartimiento un deflector reduce la velocidad horizontal y la turbulencia del flujo, dirigiendo la trayectoria del afluente para mejorar así las características hidráulicas y utilizar plenamente el volumen del separador. La segunda cámara por sedimentación recoge los sólidos aceitosos y sedimentos, en la tolva que es el área inferior que dispone de un sistema de extracción de lodos. La tercera cámara es donde se realiza la separación del aceite y agua mediante un Coalescedor corrugado paralelo extraíble, que intercepta glóbulos de aceite de 20 micrones de diámetro, los cuales por gravedad se dirigen hacia el fondo del depósito, Figura 8 (SAMBITO , 2014 b).

Las sondas flotantes ubicadas en la cuarta cámara del efluente aclarado, proporciona datos del funcionamiento de la bomba de arranque y parada, que son controladas desde el cuarto de control de las 6FA. El depósito U-109 dispone de conexiones para la extracción de lodos aceitosos y aceite de desecho. La fase líquida es recolectada y enviada al Tanque TK – 109, mientras que la fase aceitosa es colectada en la parte inferior para su posterior eliminación mediante un gestor autorizado por la Autoridad Ambiental (MAE), Figura 8 (SAMBITO , 2014 b).

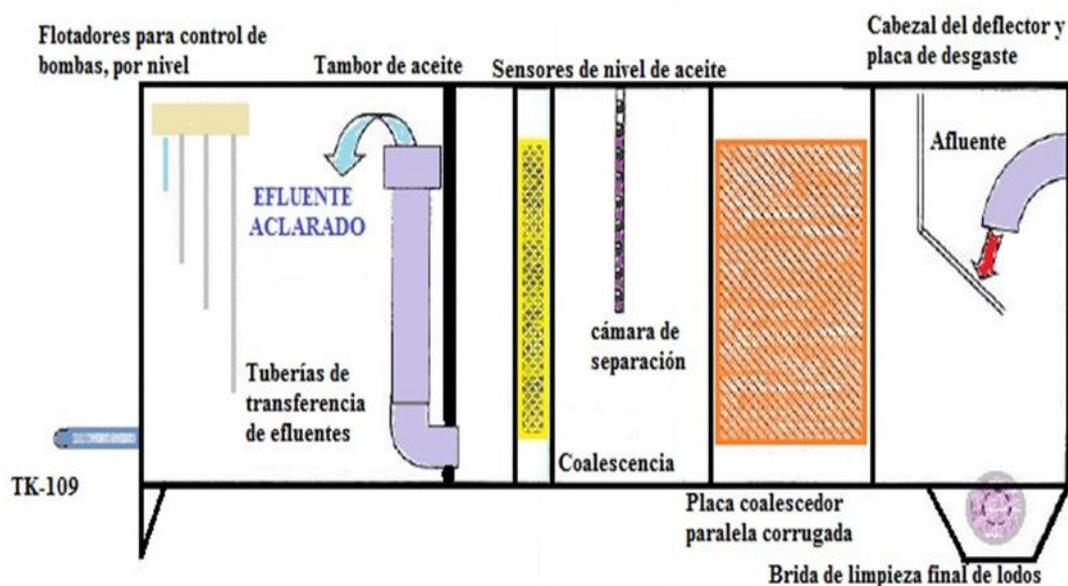


Figura 8. Diagrama de funcionamiento del separador API, tratamiento de aguas oleosas, en TGM. Fuente: (Galarza, 2016).

Luego de los tratamientos aplicados al recurso agua de la termoeléctrica TGM, y una vez controlados los parámetros es evacuada hacia el mar mediante bombas por una tubería que es compartida con la Planta de Licuefacción de Gas Natural (Petroecuador Ep). El emisario submarino se encuentra ubicado a un kilómetro de la costa desde ese punto a aproximadamente a 1350 m. hacia el noreste se encuentra la playa de Bajo Alto y cerca de 6000 m. hacia el norte se encuentra la playa de La Puntilla, considerando a Bajo Alto como la zona de incidencia más cercana y aplicando un radio de 1100,27 m. desde el punto de descarga tendríamos un área de 3838052,25 m² de superficie de agua de mar donde se diluyen las descargas, Figura 9 (Galarza, 2016).



Figura 9. Área de descarga del emisario submarino.
Fuente: (Galarza, 2016).

En términos generales la termoeléctrica TGM, dispone de cuatro procesos o métodos de tratamiento para el recurso agua utilizado durante el proceso de generación eléctrico, denominados:

1) Efluentes, aguas residuales domésticas (Planta de Tratamiento PTAR).

En este proceso el agua residual de los sistemas sanitarios de la planta termoeléctrica, es recolectada por el alcantarillado interno y enviado mediante bombas a una planta compacta de lodos activados (PTAR) que consta de cinco procesos o cámaras para el tratamiento del afluente. En la salida de este proceso se encuentra ubicado el denominado Punto M1, de toma de muestra.

El objetivo del tratamiento biológico aplicado al agua residual es la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables, la estabilización y remoción de la materia orgánica (Veintimilla, Espinoza, & Metz, 2005). El metabolismo bacteriano se constituye en el mecanismo más importante para la separación del material orgánico, que consiste en la utilización por parte de las bacterias de este elemento como fuente de energía y carbono para generar nueva biomasa. Cuando esta materia es metabolizada, parte de ella se transforma químicamente en productos finales mediante un proceso que es acompañado por la liberación de energía denominado catabolismo y simultáneamente se produce el anabolismo o síntesis donde parte de la materia orgánica se transforma en un nuevo material celular (Torres, 2012).

La digestión anaerobia es un proceso fermentativo que surge durante el tratamiento anaerobio de las aguas residuales (ARD). Este procedimiento se caracteriza por la transformación de la materia orgánica a metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), en ausencia de oxígeno con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas, (Anexo 10) (Torres, Jenny, Barba, Morán, & Narváez, 2005).

Este procedimiento se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado, donde los fangos se introducen en el reactor de forma continua o intermitente permaneciendo en su interior durante periodos de tiempo variables. El fango que se extrae con esta técnica se encuentra estabilizado (no putrescible) y tiene un bajo contenido de materia orgánica y patógena (Veintimilla, Espinoza, & Metz, 2005).

En el tratamiento aerobio se llevan a cabo procesos catabólicos oxidativos, los cuales requieren la presencia de un oxidante de la materia orgánica el que normalmente

no se encuentra presente en las aguas residuales domésticas. Por lo que es necesario introducirlo artificialmente por disolución del oxígeno de la atmósfera mediante el uso de aireación mecánica, manteniendo el cultivo bacteriano aerobio en suspensión, en el reactor se produce la transformación de los nutrientes en tejido celular y diversos gases, (Anexo 10) (UNAD, 2012).

2) Efluentes, aguas residuales industriales (separador API).

Las aguas provenientes del sistema de generación de electricidad son recolectadas en sumideros y enviada a un separador de agua-aceite, su funcionamiento se basa en la separación por gravedad del agua y aceite mediante tiempos de retención en varias cámaras, mejorando este proceso a través de la coalescencia que se define como un proceso binario en el que dos gotas de un líquido se fusionan formando una sola gota, facilitando así su separación. Completado este proceso un sistema de tuberías de desagüe permite su extracción, es aquí donde se ubica el Punto M2, de toma de muestras (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015).

3) Efluente, sistema de tratamiento U-104 RO.

El agua extraída de los pozos es enviada a una unidad de tratamiento compuesta por un filtro multimedia automático que sirve para remover los sólidos suspendidos de hasta 10 micrones. Se obtiene como producto agua desmineralizada que es utilizada para el lavado del compresor de las unidades de generación 6FA, para el método de purificación del diésel (sistema auxiliar) y para el procedimiento de supresión de los óxidos de nitrógeno (NO_x) de los gases de escape de las turbinas a gas (GN). Al término de este proceso de tratamiento se ubica el Punto M3, de toma de muestras, (Anexo 11), (SAMBITO, 2012).

4) Efluente, aguas hacia el cuerpo receptor.

Las aguas residuales colectadas de los tres tratamientos (PTAR, API, tratamiento U-104) son enviadas al depósito TK-109; el cual posee una capacidad de 30.000 galones. Previo a la descarga del efluente hacia el emisario submarino, se verifican los valores de pH, Turbidez y Temperatura, de encontrarse que alguno de estos parámetros está fuera del rango establecido por la legislación ambiental ecuatoriana; se procede a

la recirculación del efluente hacia la planta PTAR o el separador API. Para el caso de identificar valores de pH fuera de los límites permitidos, se procede a la aplicación de ácido clorhídrico o soda cáustica según los resultados obtenidos de la medición (ácido o alcalino). En cuanto a la turbidez, ésta es controlada por sedimentación y la temperatura se controla por intercambio de calor con el entorno. El desagüe de este procedimiento es el que es dirigido hacia el cuerpo de agua receptor (El Mar), allí se ubica el Punto M4, de toma de muestra (SAMBITO, 2012).

2.2.5 Factores ambientales abióticos de la zona de ubicación de la termoeléctrica TGM.

a) Clima

Según SAMBITO, (2012) la zona de estudio está representada por la climatología del cantón El Guabo, Provincia de El Oro, que se encuentra al sur de la costa ecuatoriana. Presenta cuatro tipos de clima que son, (Anexo 12).

- 1) Ecuatorial Mega Térmico Semi-Húmedo
- 2) Ecuatorial Meso Térmico Semi-Húmedo.
- 3) Tropical Mega Térmico Seco.
- 4) Tropical Mega Térmico Semi-Árido.

1. **Ecuatorial Mega Térmico Semi-Húmedo.** Se presenta en la Parroquia Río Bonito en los sectores de Cotopaxi, San Miguel de Brasil y El Paraíso, en un área de 100 Km², en esta área ocurre una precipitación media anual de 1250 – 1500 mm, con una temperatura media anual entre 22 - 24 °C.
2. **Ecuatorial Meso Térmico Semi-Húmedo.** Este tipo de clima lo encontramos en el sector de El Río, La Unión y San Vicente, cubriendo un área de 125 Km² en el cuál ocurre una precipitación media anual de 1000 - 1250 mm., muestra una temperatura promedio anual de 10 a 22 °C.
3. **Tropical Mega Térmico Seco.** Este clima lo encontramos en el sector de Tendales, El Naranjo, Santa Cruz, El Porvenir y La Victoria, cubriendo un área

de 118 Km² y presenta una precipitación anual promedio de 750 - 1250 mm., con una temperatura media anual de 22 - 26 °C.

4. **Tropical Mega Térmico Semi-Árido.** Este clima lo encontramos en El Guabo, Barbones, Palestina, La Raquel, La Mina, Chontillal, Bocatoma y La Iberia, comprende un área de 155 Km² con una precipitación media anual de 500 - 1250 mm., y una temperatura promedio anual de entre 22 - 26 °C.

El área de ubicación de la Central Termoeléctrica y el área cercana del golfo de Guayaquil están marcadas por dos estaciones de forma muy clara, con una temporada de lluvias llamada invierno que comprende los meses de enero a mayo, en las cuales grandes zonas se inundan. El periodo seco o verano va desde junio a diciembre, época en la que ocurren pocas lluvias pudiendo generarse sequías (CAAM , 1996).

El factor principal que incide sobre las condiciones climáticas es el desplazamiento anual de las corrientes: fría de Humboldt y cálida de El Niño (ENOS). Entre los meses de enero y abril la corriente de El Niño provoca una corta estación lluviosa, mientras el resto del año se caracteriza por una sequía muy marcada. La presencia de relieves origina precipitaciones ocultas (lloviznas) y orográficas (Komex Internacional Ltd., Enero,2001).

b) Precipitación

La precipitación total del área es baja, marcadamente estacional y poco confiable, se observa un considerable incremento de sur a norte y de oeste a este, la precipitación anual está entre los 700 a 800 mm., verificándose dos periodos en el año, el de mayor precipitación de enero a abril y el de menor precipitación de mayo a diciembre. Además, la estación lluviosa está asociada con el periodo de más alta evaporación así la lluvia cae cuando el requerimiento de agua de la vegetación es mayor (SAMBITO , 2014 b).

Con la aplicación de varios modelos climáticos con datos que fueron obtenidos de varias estaciones meteorológicas entre los años 1982 y 2012, Figura 10; estos

antecedentes señalan que la zona de Bajo Alto presenta un clima característico de estepa local por las pocas precipitaciones que se dan a lo largo del año. Resultando un sistema BSh (semiárido cálido), cuya temperatura media anual se encuentra en 25.2 °C y la precipitación promedio es de 606 mm al año. Cabe destacar, que el mes de agosto es el más seco con aproximadamente 14 mm de precipitación, mientras que para febrero la caída media de lluvia es de 131 mm., convirtiéndolo en el mes donde se dan las mayores precipitaciones por año (CLIMATE-DATA.ORG, 2016).

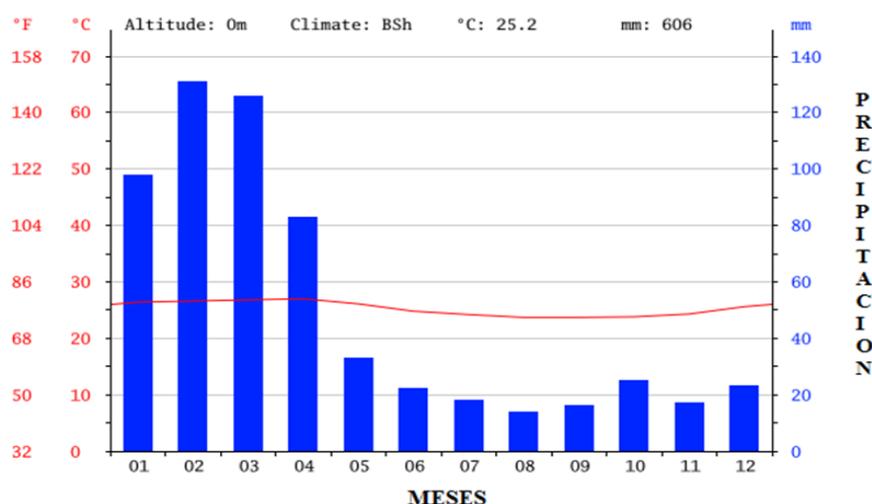


Figura 10. Precipitación mensual promedio zona de Bajo Alto, entre los años 1982 y 2012
Fuente. (CLIMATE-DATA.ORG, 2016)

c) Temperatura

La zona es de clima tropical, con estaciones marcadas seca y lluviosa. La estación lluviosa va desde comienzos de enero hasta fines de abril y en esta época las temperaturas son ligeramente más altas siendo el promedio de la temperatura media diaria en esta época de 25,6 °C, la temperatura media anual es de 24 °C, la máxima absoluta fluctúa entre los 29,8 y 33,9 °C y la mínima absoluta es de 18,1 a 21,1 °C, (SAMBITO , 2014 b).

El histórico de datos proveniente de la modelación climática obtenida con cifras entre 1982 y el año 2012, muestra con un promedio de 27.0 °C al mes de abril como el más caluroso del año, y al mes de agosto con promedio de 23.7 °C como el más frío. Se presenta una diferencia de 117 mm., de precipitación de lluvias entre el mes más

seco y el mes más lluvioso. Igualmente, las temperaturas medias varían todo el año con un valor aproximado de 3.3 °C, Tabla 9 (CLIMATE-DATA.ORG, 2016).

Tabla 9. *Histórico de precipitación con temperaturas (promedio, mínimas y máximas).*

MESES	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMP. PROM (°C)	TEMP. MINIMA (°C)	TEMP. MAXIMA (°C)
ENE	98	26,4	22,2	30,7
FEB	131	26,6	22,3	30,9
MAR	126	26,8	22,4	31,3
ABR	83	27	22,6	31,4
MAY	33	26,1	22,2	30,1
JUN	22	24,8	21,3	28,3
JUL	18	24,2	20,8	27,6
AGO	14	23,7	20,3	27,1
SEP	16	23,7	20,2	27,2
OCT	25	23,8	20,5	27,1
NOV	17	24,3	20,6	28
DIC	23	25,6	21,5	29,7

Fuente. (CLIMATE-DATA.ORG, 2016).

d) Hidrografía

El cantón de El Guabo, forma parte del sistema hidrográfico de las cuenca de los ríos Siete, Pagua y Jubones, de acuerdo a su estructura hidrográfica interna presenta un detalle dendrítico conformada por drenes de carácter primario, secundario y terciario, siendo sus ríos principales el Jubones y los ríos: Siete, Pagua, Bonito, Zapote y Chaguana, estos ríos tienen caudales altos que producen inundaciones en los meses de diciembre a mayo, aunque en la actualidad esto es variable (época de lluvia) y de junio a noviembre (época de estiaje o sequía), (Anexo 13) (SAMBITO, AAI, 2013).

La cuenca hidrográfica del Río Chaguana se encuentra localizada al norte de la provincia de El Oro, al sur del Ecuador. Parte de la cuenca se asienta en la falda occidental de la cordillera de Los Andes una altitud de 3238 msnm., hasta su desembocadura en el Río Pagua, aguas abajo de la población de Tendales. La cuenca cubre los territorios de las parroquias El Guabo, Tendales y Barbones y las parroquias Progreso y Caña Quemada, (Anexo 14) (SAMBITO, AAI, 2013).

Contaminación de las cuencas hidrográficas.

La cuencas hidrográficas corresponden al área drenada de un río; es una unidad natural hidrológica y geofísica con límites definidos que simplifican la proyección y explotación de los recursos; en relación al aprovechamiento de los recursos, las cuencas hidrográficas facilitan la percepción del efecto negativo de las actividades antrópicas sobre su entorno, confirmando en la contaminación y en la calidad del agua de la fuentes hídricas constituyentes de la cuenca, por tal motivo el agua es el recurso integrador y el producto proveniente de todos los componentes de la cuenca (SENAGUA, 2012).

La cuenca del Río Pagua está conformada por el río que lleva su nombre, el cual se origina en la ladera del cerro San Vicente y fluye casi paralelamente con el Río Siete, que se encuentra al norte. Esta cuenca cubre una superficie aproximada de 14978 has y el principal tributario es el Río Bonito que se une en la parte baja de la cuenca. La actividad agrícola y ganadera se constituyen en las principales fuentes de ingresos económicos de este sector, existiendo principalmente cultivos de cacao, banano, cítricos, yuca, la actividad minera en esta cuenca se encuentra en la parte alta, mientras que en la desembocadura se encuentran vastas camaroneras., (Anexo 15). Abarca los territorios correspondientes a las provincias del Guayas, Azuay y el Oro, Tabla 10, (SENAGUA, 2012).

Tabla 10. Población en las cuencas de los Ríos Balao, Gala, Tenguel, Siete y Pagua.

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	POBLACIÓN			POBLACIÓN TOTAL
			URBANA	RURAL	TOTAL	
El Oro	El Guabo	Río Bonito		5476	5476	5476
Azuay	Camilo Ponce	Camilo Ponce	4903	12501	17404	21998
	Enríquez	Enríquez El Carmen Pijíli		4594	4594	
Guayas	Balao	Balao	9220	11303	20523	32459
	Guayaquil	Tenguel		11936	11936	
Población Total			14123	45810	59933	59933

Fuente. (SENAGUA, 2012).

La cuenca del Río Chaguana nace en el cerro Mirador a 3267 msnm con el Río Jacinto y otros afluentes. Toma ese nombre después de unirse con el Estero Novillo a la altura del sitio Santa Elena de la Cruz, posteriormente a la altura del sitio dos Bocas la confluencia del Río Chaguana y el Río Águila forman un solo rápido de 18 metros de ancho. Antes de la confluencia del Río Colorado con el Chaguana este se une con el Río Charengue aguas abajo, manteniendo así el nombre de Chaguana, el cual antes de su desembocadura al mar se une con el Río Zapote, formando parte de la cuenca baja del Río Pagua.

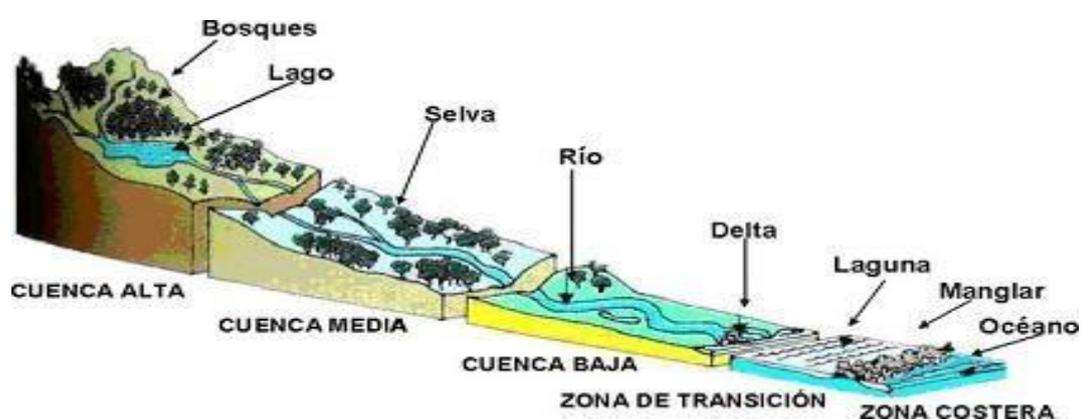


Figura 11. Subdivisión de una cuenca. Fuente: (UNAD, 2012)

Para el año 2012 y 2013, la SENAGUA y el Ministerio del Ambiente MAE realizaron independientemente las campañas de muestreo de calidad de las aguas naturales de las cuencas de los ríos Pagua y Chaguana, los que indicaron altos niveles de Coliformes totales y C. fecales que son indicativos de las descargas directas de las aguas servidas de las comunidades y campamentos mineros cercanos a las fuentes hídricas como también la actividad ganadera en las estribaciones de la parte alta de las cuencas, (Anexo 16, 18) (SENAGUA, 2012).

Además, se muestreó los efluentes de las piscinas de tratamiento de aguas servidas de las comunidades de Santa Martha, y el cantón Camilo Ponce Enríquez donde el parámetro de Coliformes Totales se encuentra por encima de los LMP; el único punto que se encuentra por debajo de los LMP es la salida de las piscinas de tratamiento del cantón Balao, (Anexo 17) (SENAGUA, 2013).

Contaminación de las aguas subterráneas.

Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales que además de circunscribir toda la noción de una cuenca hidrográfica, incluyen en su contenido toda la distribución hidrogeológica subterránea de los acuíferos como un todo. Tanto las cuencas hidrográficas como hidrológicas se pueden subdividir en tres zonas de actividad hídrica principalmente denominadas: a) zona de cabecera, que garantizan la captación inicial de las aguas y su suministro a las zonas inferiores durante todo el año; b) zonas de cabecera y captación, donde se efectúa el transporte en condiciones de cuencas semiáridas y c) zonas de emisión de acuíferos, donde las lagunas costeras regularizan el funcionamiento de los ecosistemas marinos contiguos (Illescas , 2016).

La cuenca se constituye en la principal unidad territorial donde el recurso agua proveniente del ciclo hidrológico es captada, almacenada y está disponible como oferta de agua. Un origen común de contaminación de las aguas subterráneas son las aguas negras o residuales que pueden originarse de fosas sépticas, de sistemas de alcantarillado inadecuados o rotos y de los desechos de granjas avícolas, porcinas, etc. Si estas aguas contaminadas con bacterias entran al sistema de aguas subterráneas, pueden purificarse empleando procesos naturales que mediante la filtración mecánica por el sedimento el agua percola y así son destruidas por oxidación química o asimiladas por otros microorganismos (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005).

Este proceso de desinfección depende exclusivamente de la composición de los acuíferos. En los extremadamente permeables el agua subterránea contaminada puede recorrer grandes distancias fluyendo rápidamente sin estar en contacto con el material circundante el tiempo suficiente para producir su clarificación. Si al bombear una suficiente cantidad de agua de pozo, el cono de depresión incrementará localmente la pendiente del nivel freático, incluso invirtiéndola. Si la velocidad de circulación del agua subterránea aumenta conforme lo hace la inclinación de la pendiente del nivel freático, esto crearía problemas puesto que se permitiría menos tiempo para la depuración del agua en el acuífero antes de ser bombeada a la superficie, provocada por el bombeo intenso de un pozo (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005).

2.3 Marco legal en el Ecuador, actividad de generación eléctrica

El marco legal ambiental de la República del Ecuador, con énfasis en las leyes ecuatorianas vigentes relacionadas con la actividad eléctrica, en especial del Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas en el Ecuador (SAMBITO. AA3, 2011). Como Autoridad Ambiental de aplicación responsable (AAAr) está la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) como ente regulador específico para el sector eléctrico (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015)

Para la verificación de los cumplimientos de los planes de manejo ambiental se hace uso de las disposiciones establecidas en las Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte (puertos y aeropuertos), junto al Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), y demás regulaciones establecidas en el ámbito nacional. Dicho alcance legal se basa en la Reglamentación Ambiental Vigente y aplicable, resumido en:

- Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas y los lineamientos mínimos exigidos por el ex Consejo Nacional de Electricidad actualmente ARCONEL, D.E. 1761, R.O. 396, agosto 23, 2001 (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2001).
- Libro VI de la Calidad Ambiental, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. A. M. 061 del 7 de abril del 2015. R.O. Edición Especial No. 316, mayo 4, 2015 (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).
- El Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. publicado en el Registro Oficial No. 265. el 13 de febrero de 2001 (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2001).
- Acuerdo Ministerial No. 091. Establece Límites Máximos Permisibles para Emisiones. R.O. No. 430 de 4 de enero de 2007 (Registro Oficial del Ecuador, 2007).

- Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico. Expedido en Acuerdo Ministerial 155 del 12 de diciembre del 2006, publicado en el R.O. No. 41 del 14 de marzo del 2007 – Suplemento (Registro Oficial del Ecuador, 2007).
 - Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas (Anexo 1A).
 - Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Suelo en Centrales de Generación de Energía Eléctrica (Anexo 2A).
 - Norma de Emisiones al Aire desde Centrales Termoeléctricas (Anexo 3A).
 - Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos (Anexo 10).

2.3.1 Regulaciones ambientales ecuatorianas

En la Tabla 11, se observa el instrumento de aplicación de las diversas regulaciones ambientales del Ecuador, que pueden ser los diferentes tipos de leyes y reglamentos establecidos, donde se hace referencia a su descripción o cuerpo de la ley y el documento donde se halla plasmado, para su posterior revisión. En este caso se hace referencia a la Constitución Política de la República del Ecuador, Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, Codificación de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (Codificación 20), Codificación de la Ley de Gestión Ambiental (Codificación 19), Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Código Orgánico Integral Penal, COIP, Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015).

Tabla 11. *Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (a).*

	DESCRIPCIÓN	DOCUMENTO DE REVISIÓN
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	El Estado Ecuatoriano garantiza a su población el derecho a vivir en un medioambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir (Art. 14, Sección Segunda, Ambiente Sano). Conservar el patrimonio cultural y natural del país, y cuidar y mantener los bienes públicos (Art. 83, Capítulo Noveno, Responsabilidades).	R.O. Suplemento No. 449, octubre 20, 2008.
LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	Regula la participación de los sectores público y privado, en actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica, así como también la promoción y ejecución de planes y proyectos con fuentes de energías renovables, y el establecimiento de mecanismos de eficiencia energética.	R. O. No. 418, enero 16, 2015.
CODIFICACIÓN DE LA LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (CODIFICACIÓN 20)	Codificación de la Ley de Prevención y Control de La Contaminación Ambiental (R. O. No. 97; mayo 31, 1976), la cual norma referencial que persigue el objetivo de prohibir cualquier forma de descarga de contaminantes hacia los recursos naturales, en particular, el aire, agua y suelo.	R.O. Suplemento No. 418, septiembre 10, 2004.
CODIFICACIÓN DE LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL (CODIFICACIÓN 19)	Codificación de la Ley de Gestión Ambiental (R. O. No. 245; julio 30, 1999), la cual establece los principios y directrices de la política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia (Artículo 1). El Art. 41 y Art. 43 determina la facultad de interponer acciones legales por delitos ambientales.	R.O. Suplemento No. 418, septiembre 10, 2004.
LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA	Mediante esta Ley se garantiza el derecho humano al agua, así como se regula y controla la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos.	R. O. Suplemento No. 305, agosto 06, 2014.
CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL, COIP	Tipifican los delitos contra el ambiente y la naturaleza o Pacha Mama; además de sus respectivas sanciones, todo esto mediante varios artículos que se incluyen en su Capítulo IV, Sección I Delitos Contra la Biodiversidad.	R.O. Suplemento No. 180, febrero 10, 2014.
CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD)	Asume una visión integral de cuestiones sociales, económicas, ambientales, culturales e institucionales, orientada hacia un desarrollo justo y equitativo, como un fin en sí mismo. Los Municipios donde se ubican las poblaciones tienen la facultad para fomentar el desarrollo sostenible en sus cantones, enmarcada además en la prerrogativa, prevista en el literal k) del artículo 54 del COOTAD, para “regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales”.	R.O. No. 303, octubre 19, 2010. Última reforma al 16 de enero de 2015.

Fuente. (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015)

En la Tabla 12, se expone el instrumento de Ley denominado Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA); los listados nacionales de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015)

Tabla 12. *Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (b).*

	DESCRIPCIÓN	DOCUMENTO DE REVISIÓN
<p>TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA)</p>	<p>Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y control de la Contaminación Ambiental.</p> <ul style="list-style-type: none"> • SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL. Libro VI, Título I. • NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. Libro VI, Anexo 1. • NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS. Libro VI, Anexo 2. • NORMA DE EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS. Libro VI, Anexo 3. • NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE. Libro VI, Anexo 4. • NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES Y NIVELES MÁXIMOS DE VIBRACIONES Y METODOLOGÍA DE MEDICIÓN. Libro VI, Anexo 5. • NORMA DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS, Y DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES. CAPÍTULO VI, Libro VI, Anexo 6. • Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas. Libro VI, Anexo 1A. • Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Suelo en Centrales de Generación de Energía Eléctrica. Libro VI, Anexo 2A. • Norma de Emisiones al Aire desde Centrales Termoeléctricas. Libro VI, Anexo 3A. • Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos. Libro VI, Anexo 10. 	<p>R.O. Suplemento No. 2, marzo 31, 2003.</p> <p>R.O. Edición Especial, No.316, mayo 4, 2015.</p>
<p>LISTADOS NACIONALES DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS, DESECHOS PELIGROSOS Y ESPECIALES.</p>	<p>Contiene los listados de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales; especificados en los Anexos A, B y C del documento, respectivamente.</p>	<p>R.O. No. 856, diciembre 21, 2012.</p>

Fuente. (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015)

En la Tabla 13, se muestra el instrumento y la descripción del reglamento ambiental para actividades eléctricas; el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo; el reglamento de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica; reglamento general de la ley de régimen del sector eléctrico; el procedimiento para el registro de generadores de desechos peligrosos gestión de desechos y transporte de materiales peligrosos (SMA.Cl, 2014).

Tabla 13. *Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (c).*

	DESCRIPCIÓN	DOCUMENTO DE REVISIÓN
REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES ELÉCTRICAS	Establece los procedimientos y medidas aplicables al Sector Eléctrico en el Ecuador, para que las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, en todas sus etapas: construcción, operación - mantenimiento y retiro, se realicen de manera que se prevengan, controlen, mitiguen y/o compensen los impactos ambientales negativos y se potencien aquellos positivos. (Art 1).	R O. No. 396, agosto 23, 2001. Última reforma al 08 de mayo de 2008.
REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO.	Las disposiciones de este Decreto 2393 se aplican a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo y el mejoramiento del ambiente laboral.	R. O. No. 565, noviembre 17, 1986. Última reforma al 21 de febrero de 2003.
REGLAMENTO DE CONCESIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	Establece las reglas y procedimientos generales bajo los cuales el Estado podrá delegar en favor de otros sectores de la economía las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como regular la importación y exportación de energía eléctrica. (Art 1).	R.O. Suplemento No. 290, abril 3, 1998. Última reforma al 21 de agosto de 2009.
REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO	Establece normas y procedimientos generales para la aplicación de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, en la actividad de generación y en la prestación de los servicios públicos de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, necesarios para satisfacer la demanda nacional, mediante el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales. (Art 1).	R. O. Suplemento 2 No. 401, noviembre 21, 2006. Última reforma al 16 de enero de 2015.
PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO DE GENERADORES DE DESECHOS PELIGROSOS GESTIÓN DE DESECHOS Y TRANSPORTE DE MATERIALES PELIGROSOS	Establece el procedimiento para el registro de generadores de desechos peligrosos, el procedimiento previo al licenciamiento ambiental para la gestión de desechos peligrosos y el procedimiento previo al licenciamiento ambiental de transporte de materiales peligrosos; en sus Anexos A, B y C, respectivamente.	R. O. No. 334, mayo 12, 2008.

Fuente. (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015)

En la Tabla 14, se señala el reglamento ambiental de actividades hidrocarburíferas; ley de patrimonio cultural; ley orgánica de salud; codificación de la ley forestal, conservación de áreas naturales y de vida silvestre; así como el reglamento de seguridad para el trabajo contra los riesgos en instalaciones de energía eléctrica; también los reglamentos de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica, (SAMBITO , 2014 b)

Tabla 14. *Leyes y reglamentos ecuatorianos, parte (d).*

	DESCRIPCIÓN	DOCUMENTO DE REVISIÓN
REGLAMENTO AMBIENTAL DE ACTIVIDADES HIDROCARBURÍFERAS	Regula todas las actividades hidrocarburíferas de exploración, desarrollo, producción, almacenamiento, transporte, industrialización y comercialización de petróleo crudo y sus derivados, gas natural y afines, susceptibles de que puedan producir impactos ambientales en el área de influencia directa, definiéndose en cada caso por el Estudio Ambiental respectivo.	R.O No. 265, febrero 13, 2001. Última reforma al 29 de septiembre de 2010.
LEY DE PATRIMONIO CULTURAL	Establece lineamientos y prohibiciones generales para la defensa y conservación del Patrimonio Cultural Ecuatoriano	Suplemento- R.O. 465, noviembre 19, 2004.
LEY ORGÁNICA DE SALUD	Regula las acciones que puedan permitir efectivizar el derecho universal a la salud consagrada dentro de la Constitución Política de la República y las leyes. Se rige por los principios de equidad, integralidad, solidaridad, universalidad, irrenunciabilidad, indivisibilidad, participación, pluralidad, calidad y eficiencia; con enfoque de derechos, intercultural, de género, generacional y bioético.	Suplemento-R. O. 423, diciembre 22, 2006.
LEY FORESTAL Y CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE	Define qué administración del patrimonio forestal del Estado debe estar a cargo del Ministerio del Ambiente, quien ordenará en temas de conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales.	Suplemento- R. O. 418, septiembre 10, 2004.
REGLAMENTO DE SEGURIDAD DEL TRABAJO CONTRA RIESGOS EN INSTALACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	Establece las normas y disposiciones de seguridad para el personal, que deben observarse en el montaje, operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas.	R. O. No. 249, febrero 3, 1998.
REGLAMENTO DE CONCESIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	Este reglamento tiene por objeto establecer las reglas y procedimientos generales bajo los cuales el Estado podrá delegar en favor de otros sectores de la economía las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como regular la importación y exportación de energía eléctrica.	Suplemento R.O. No. 290, abril 3, 1998. Última reforma al 21 de agosto de 2009.

Fuente. (SAMBITO , 2014 b)

En la tabla 15, se indican los Límites Máximos Permisibles (LMP) de descarga a un cuerpo de agua marina desde centrales termoeléctricas para los siguientes parámetros: pH, material flotante, temperatura, sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO), cromo hexavalente, sulfuros, cobre, plomo, zinc, aceites y grasas, compuestos fenólicos, hidrocarburos totales de petróleo (HTP).

Estas normas específicas fueron expedidas en el Registro Oficial No. 41 del 14 de marzo de 2007; tales instrumentos normativos, se constituyen en Anexos al Libro VI de la Calidad Ambiental del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015) y se suman al conjunto de Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación citadas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Tabla 15. *Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo receptor de agua marina desde centrales termoeléctricas del Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007.*

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LMP
Potencial hidrógeno	pH	-	6 - 9
Material flotante	Visible	-	Ausencia
Temperatura	°C	-	< 35
Sólidos suspendidos totales (SST)	-	mg/ L	100
Demanda química de oxígeno	D.Q.O	mg/ L	250
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/ L	0,5
Sulfuros	S	mg/ L	0,5
Cobre	Cu	mg/ L	1
Plomo	Pb	mg/ L	0,5
Zinc	Zn	mg/ L	10
Aceites y grasas	Sustancias solubles en Hexano	mg/ L	30
Fenoles	Fenol	mg/ L	0,2
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/ L	20

Fuente. (Registro Oficial del Ecuador, 2007)

El Acuerdo Ministerial 097A TULSMA (2015) muestra las normas generales para descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua marina, Tabla 16; estableciendo los límites máximos permisibles de los parámetros en la tabla 10 del

referido acuerdo. Además, estos efluentes deberán ser dispuestos previo tratamiento por medio del uso de emisarios submarinos, para así mantener la calidad del agua marina de las zonas litorales (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Tabla 16. *Límites de descarga a un cuerpo de agua marina*

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			(A) DESCARGA EN ZONA DE ROMPIENTES	(B) DESCARGA MEDIANTE EMISARIOS SUBMARINOS
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en Hexano	mg/L	30,0	30,0
Arsénico total	As	mg/L	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/L	5,0	5,0
Cianuro total	CN	mg/L	0,2	0,2
Cinc	Zn	mg/L	10,0	10,0
Cobre	Cu	mg/L	1,0	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 MI	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	* Inapreciable en dilución 1/20	* Inapreciable en dilución 1/20
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,5	0,5
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/L	0,2	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	200,0	400,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	400,0	600,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	20,0	20,0
Material flotante	Visibles	mg/L	Ausencia	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/L	0,01	0,01
Nitrógeno total	N	mg/L	40,0	40,0
Potencial de hidrógeno	pH	mg/L	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	250,0	250,0
Sulfuros	S	mg/L	0,5	0,5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50,0	50,0
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	100,0	100,0
Carbamatos	Especies totales	mg/L	0,25	0,25
Temperatura	°C		< 35	< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5	0,5

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

3.1.1 Localización geográfica y área de influencia

El área de estudio se encuentra situada en la región costera del Ecuador, la planta termoeléctrica (TGM) está ubicada en el Km 1 ½ Vía a Bajo Alto, en la parroquia Tendales, Cantón El Guabo, perteneciente a la Provincia de El Oro. Esta limita al norte con la planta de licuefacción de Gas Natural (A) y al oeste con la planta deshidratadora de GN (B) ambas operadas por la empresa pública Petroecuador Ep, al sur y al este con camaroneras y terrenos dedicados a actividades agrícolas (Figura 12), (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015).

En la Tabla 17, se muestran los 16 puntos o vértices referenciados mediante coordenadas UTM WGS 84 – 17M del área total de las instalaciones de generación de la Central Termoeléctrica Termogas Machala, ubicada a 4 msnm (SAMBITO, 2012).

Tabla 17. *Coordenadas de ubicación geográfica central TGM.*

VERTICE	COORDENADAS UTM WGS 84 – 17M	
	Este	Sur
1	624 414	9 655 448
2	624 387	9 655 424
3	624 316	9 655 424
4	624 312	9 655 374
5	624 829	9 655 306
6	624 821	9 655 342
7	624 776	9 655 370
8	624 722	9 655 452
9	624 716	9 655 454
10	624 689	9 655 490
11	624 689	9 655 500
12	624 651	9 655 532
13	624 645	9 655 550
14	624 534	9 655 604
15	624 464	9 655 570
16	624 434	9 655 489

Nota. Fuente: (SAMBITO, 2012).

MAPA UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CENTRAL TERMOELÉCTRICA MACHALA (TGM)

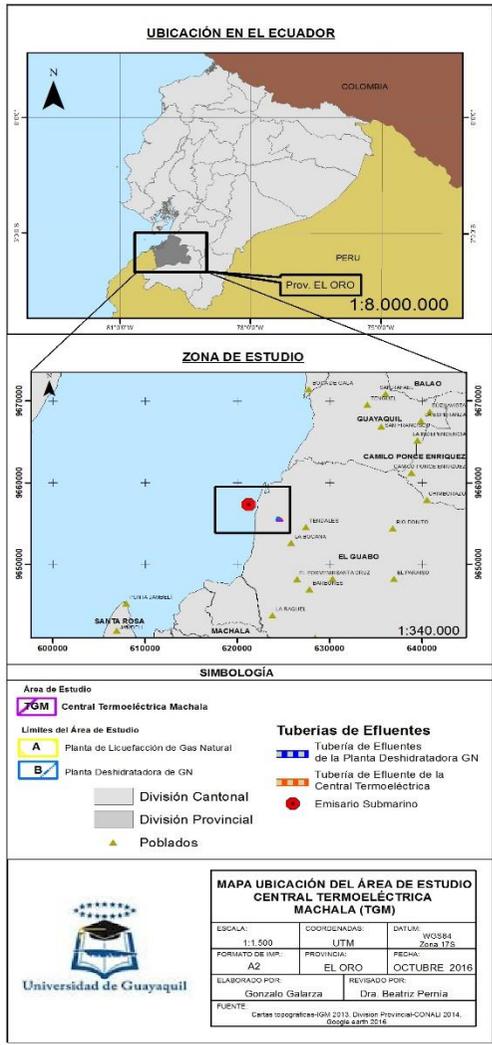
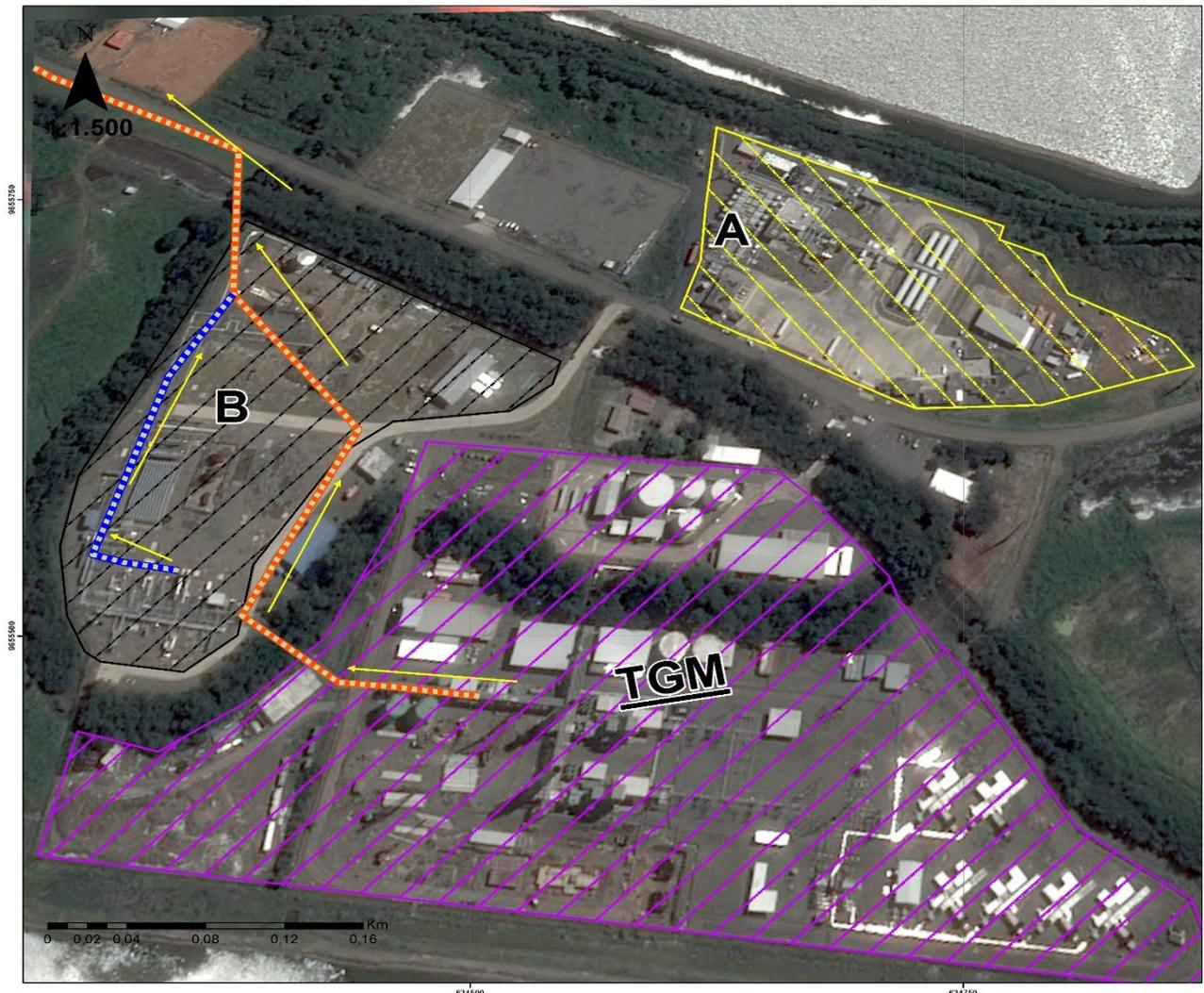


Figura 12. Termoeléctrica Machala (TGM); (A) Planta de Licuefacción de Gas Natural (Petroecuador Ep); (B) Planta Deshidratadora de Gas Natural (Petroecuador Ep); flujo de efluentes hacia emisario submarino: Tubería naranja efluente TGM y Tubería azul efluente Planta Deshidratadora de GN. Fuente: (Galarza, 2016)

3.1.2 Selección de los puntos a muestrear

Los sitios de muestreo fueron seleccionados bajo el criterio de recolección del efluente en los puntos de desagües o descarga ubicados a la salida de cada tratamiento (Puntos M1, M2, M3 y M4), Figura 13. Y la toma de muestras de agua cruda antes del ingreso al sistema obtenida de los dos pozos (A, B) ubicados en el área de ubicación de la termoeléctrica TGM (Figura 14).

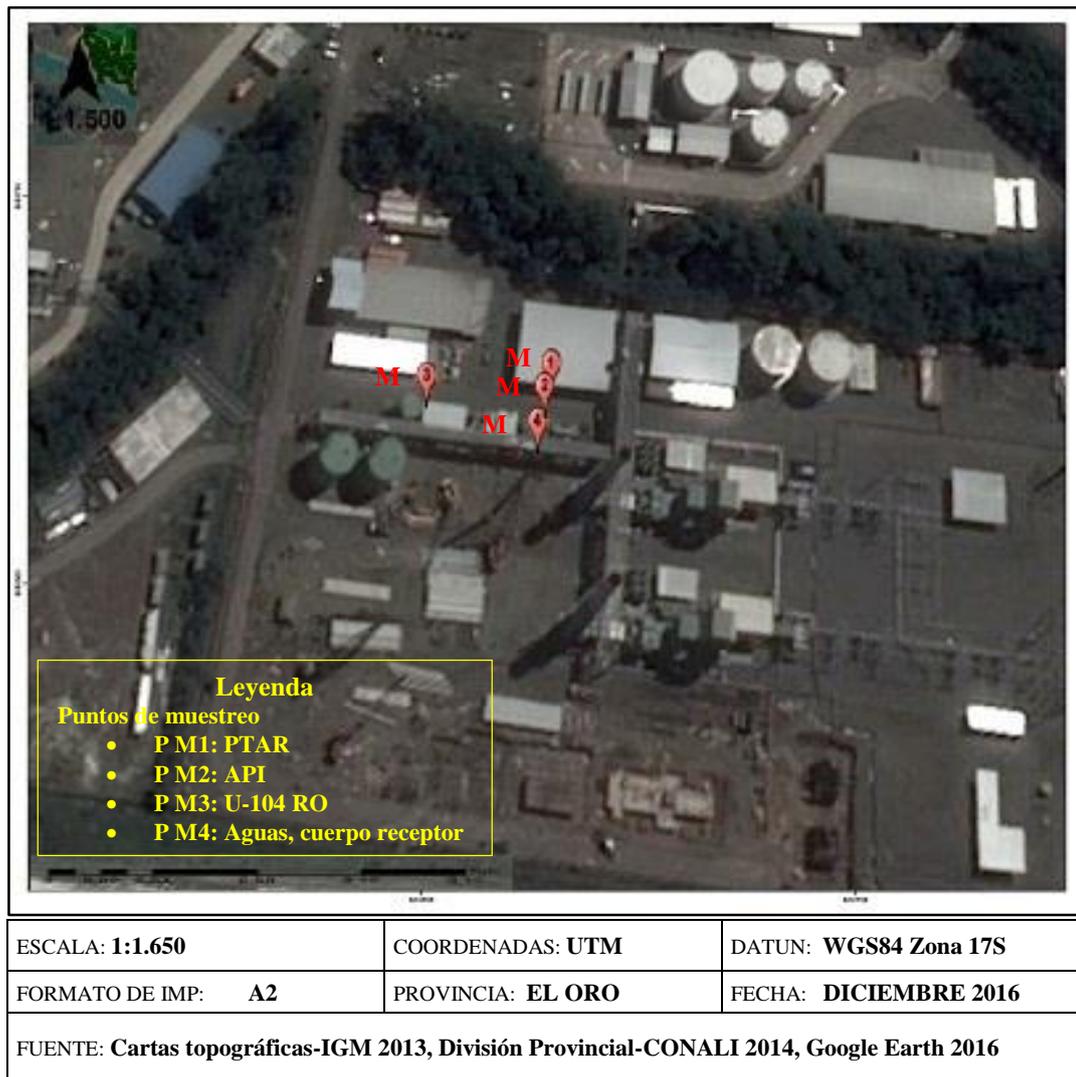


Figura 13. Puntos de muestreo donde se realizó la toma de muestras. Fuente: (Galarza, 2016).

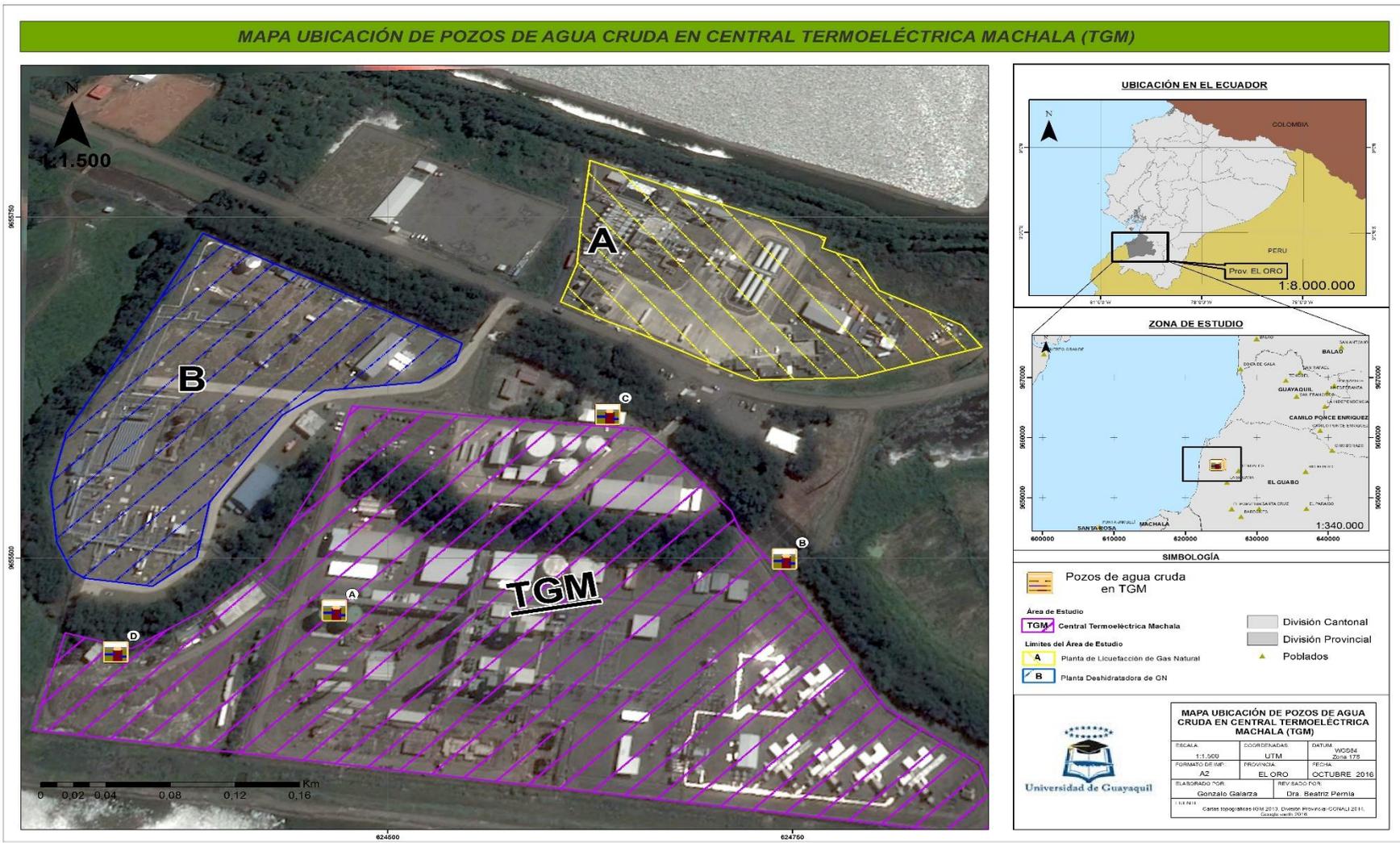


Figura 14. Puntos de muestreo donde se realizó la toma de muestras. Fuente: (Galarza, 2016)

Se procedió a localizar los puntos de muestreo que se corresponden a los pozos A y B, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), al separador API, al sistema de tratamiento U-104 RO y al tanque de mezcla de aguas hacia el cuerpo receptor (TK-109), mediante el uso de coordenadas UTM-WGS84 17 M, Tabla 18.

Tabla 18. *Sitios de muestreo y coordenadas de ubicación.*

PUNTOS	DESCRIPCION	COORDENADAS UTM-WGS84 17M	
		ESTE	NORTE
POZO A	Aguas Naturales	624470	9655436
POZO B	Aguas Naturales	624726	9655442
M1	Aguas Residuales Domésticas (Planta de Tratamiento)	624528	9655447
M2	Aguas Residuales Industriales (Separador API)	624526	9655441
M3	Sistema de Tratamiento U-104 RO	624492	9655444
M4	Aguas hacia el Cuerpo Receptor.	624524	9655432

Fuente: (Galarza, 2016).

3.2 Materiales y equipos

- Computadora portátil
- Mapa del área
- Impresora Láser
- Cámara digital
- Calculadora científica
- Útiles de oficina: carpetas, hojas, CD., disquetes y esferográficos
- Bibliografía
- Cooler
- Botas de caucho, sombrero, protectores solares
- Frascos
- GPS (Sistema de posicionamiento Global)
- Bolsas de plástico transparente
- Cámara filmadora digital (Handycam)

- Marcadores punta fina y gruesa
- Lápices y plumas
- Tableros apoya manos

3.3 Diseño metodológico

La metodología que se utilizó para desarrollar el presente trabajo de investigación es de tipo cualitativo y cuantitativo. Para tal efecto se consideró la fase cuantitativa la investigación experimental y descriptiva, para probar la hipótesis a través de los resultados obtenidos del laboratorio y su posterior análisis e interpretación de resultados, (Anexo 25). Como cualitativo la investigación exploratoria y descriptiva permitió determinar el resultado de los objetivos mediante el trabajo de campo.

Se realizaron monitoreos mensuales de las descargas de agua correspondientes al periodo 2012 al 2015. El programa de monitoreo fue un muestreo simple o puntual, siendo los sitios a muestrear los efluentes en los puntos (M1, M2, M3 y M4), correspondientes a los procesos de tratamiento del agua. Las aguas naturales de los pozos A y B fueron monitorizadas los meses de octubre y noviembre del 2012, marzo y julio del 2013, mayo y julio del 2014.

3.3.1 Metodología para la toma de muestras

Las muestras fueron colectadas en los cuatro puntos identificados en la planta termoeléctrica TGM desde el mes de octubre del 2012 a noviembre del 2015 comprendiendo un total de 38 meses (invierno y verano). Aplicando para ello el protocolo NTE INEN 2176:98/2169:98, que se refiere a la toma de muestra simple o puntual la que representa la composición del efluente para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las cuales se realizó su captación, reflejándose de esta forma las condiciones del sistema de tratamiento en un espacio de tiempo concreto (INEN 2176, 1998).

Las muestras fueron colectadas en varios recipientes y etiquetadas de acuerdo al parámetro analizar y la referencia del lugar muestreado elaborando para ello una bitácora de muestreo (INEN 2169, 1998). Se siguieron los siguientes pasos:

1. Se preparó los envases de muestras (rotulado) y se llenó los recipientes con una porción del efluente muestreado.
2. Se elaboraron las hojas de la cadena de custodia, registro y la localización del punto de muestreo mediante GPS.
3. Se coordinó el transporte de las muestras y el registro fotográfico.
4. Se calibraron y prepararon los equipos de campo para los análisis “*in situ*”, equipo de muestreo (guantes, coolers, etc.)
5. Se gestionó los equipos de seguridad y organizó la logística del proceso de muestreo, luego las muestras fueron refrigeradas hasta su llegada al laboratorio para su posterior análisis.

a) Fase de campo:

Para el registro de toma de muestras se utilizó una hoja de trabajo en la que se anotaron los datos correspondientes a cada uno de los sitios de muestreo y recipientes, verificando las coordenadas de ubicación y los parámetros medidos en el lugar (Anexo 19), Figura 15. Los valores de temperatura y el potencial hidrógeno (pH) se tomaron *in situ*, mediante el uso de un equipo de medición de multiparámetro modelo HQ40D, (Elicrom Cía Ltda, 2016).

Los cuatro puntos donde se tomaron las muestras de los efluentes industriales disponen de un lugar de recolección ubicado a aproximadamente dos metros de cada dispositivo de tratamiento, donde de manera manual se recoge los líquidos en envases plásticos o de vidrio estériles (lavados con agua y detergente, enjuagados con agua destilada o desionizada). Las muestras de aguas naturales correspondientes a los pozos A y B se obtuvieron de forma manual del dispositivo para dicho efecto ubicado en el punto de succión. Las muestras fueron etiquetadas y rotuladas, Figura 15.

Las muestras de agua para el análisis de Sólidos Suspendedos Totales (SST) la Demanda Química de Oxígeno (DQO) fueron colectadas en una jarra de polietileno y luego se colocó en frascos plásticos resistentes, enjuagándose el envase dos veces con el agua de la muestra, y se cerró herméticamente el frasco para evitar la evaporación, para ser analizados en el laboratorio antes de transcurridas 24 horas.

A las muestras de agua para detectar DQO, se les aplicó un tratamiento previo de acidificación del $\text{pH} < 2$ con H_2SO_4 , manteniéndolas a una temperatura entre 2°C y 5°C y protegiéndolas de la luz directa.

Se usaron envases de vidrio previamente lavados con Hexano para el análisis de Aceites y Grasas (AyG) e Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) para la colecta de muestras de agua e inmediatamente después de recogidas se les adicionó un agente de extracción HCl en proporción 1+1 y 5 ml/L y conservándolas a una temperatura entre 2°C y 5°C . Siendo analizadas en un tiempo máximo de 24 horas en el laboratorio.

Las muestras de agua para el análisis de Fenoles se conservaron a una temperatura entre 2°C y 5°C , la extracción se realizó en las primeras 24 horas luego de ser recogidas, en el laboratorio.

Se llenó el recipiente por completo y alcalinizó la muestra de agua con Hidróxido de Sodio a un $\text{pH} > 9$, para la detección de Sulfuros. Se empleó el mismo procedimiento de recolección al utilizado para SST y DQO, siendo enviadas de inmediato al laboratorio para su extracción en las primeras 24 horas.

Las muestras de agua para realizar el análisis de metales pesados: Cobre, Zinc y Plomo; fueron colectadas en un volumen de 200 mL y estabilizaron a un $\text{pH} < 2$, mediante la adición de 1 mL de ácido nítrico concentrado; manteniéndolas a temperatura ambiente hasta su análisis por Espectrofotometría de Absorción Atómica en el laboratorio. Para el análisis de Cromo Hexavalente en agua de efluente la muestra se refrigeró a una temperatura de 2°C a 5°C .

Las muestras de agua para los análisis de Coliformes Totales y Fecales, fueron colectadas en un volumen de 250 mL en envases de plástico resistente (estériles), previamente preparados con Tiosulfato de Sodio (0.1 cm^3 de una solución al 10 % de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ por cada 125 cm^3 de muestra) en su interior antes de su esterilización, pues las aguas a muestrear fueron clorinadas (Puntos M2 y M4). Se mantuvieron a una temperatura entre 2°C a 5°C previo a su traslado al laboratorio.

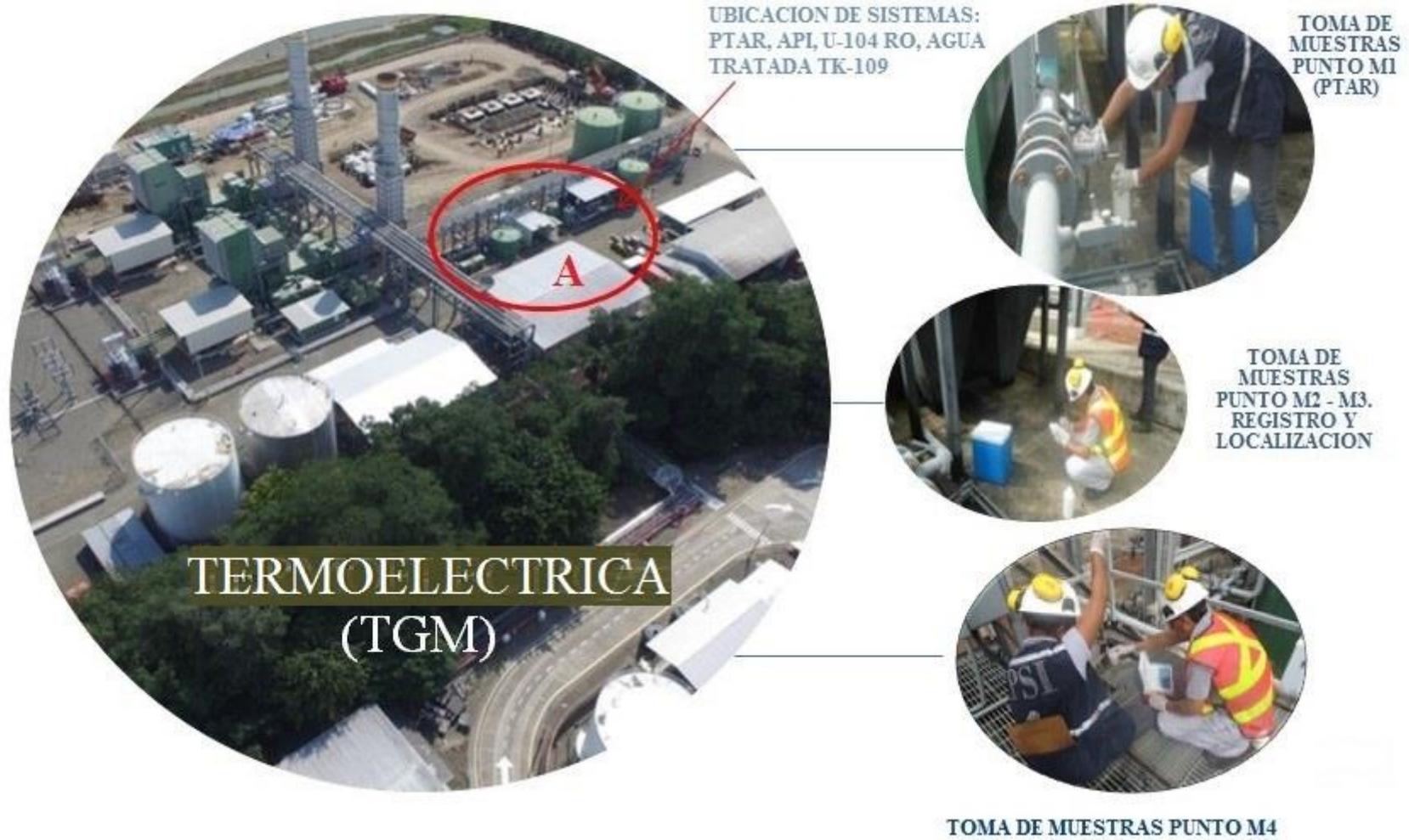


Figura 15. Fase de Campo. A. Punto de ubicación de los sistemas de tratamiento de agua (TGM). Procesos: PTAR, API, U-104 RO, agua tratada TK-109
Fuente: (Galarza, 2016).

En la Figura 16, se puede observar: A) Sistemas: PTAR y API hacia TK-109. B) sistema de válvulas y llaves de salida para toma de muestras del tanque TK-109, Punto M4 efluente de aguas hacia el cuerpo receptor. C) Procedimiento de toma de muestra en la PTAR. D) Envases rotulados para muestras del punto M3, U-104 RO.



Figura 16. A) Sistemas: PTAR y API hacia TK-109 B) Puntos de toma de muestras C) Toma de muestras en la PTAR y D) Envases rotulados para muestras del punto M3, U-104 RO.
Fuente: (Efficacitas Consultora Cía. Ltda., 2015)

b) Fase de laboratorio

Para este estudio se empleó la asistencia del laboratorio Productos y Servicios Industriales Cía. Ltda. (PSI), el cual, a su vez envió algunos parámetros a ser analizados al laboratorio Elicrom Cía. Ltda., de acuerdo a las normas ISO/IEC 17025 acreditados bajo la dirección del Organismo de Acreditación Ecuatoriano del Sistema de Calidad (MNAC), (Anexo 20).

Una vez que las muestras llegan al laboratorio, el personal inspeccionó la condición y el sellado de los frascos, comparando la información de las etiquetas de los frascos con los datos de registro de las hojas de control de la cadena de custodia, para ingresarlas correctamente a la base de datos del laboratorio.

Para determinar el impacto de la Central Termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga se analizaron: T°, pH, DQO, SST, de las muestras recogidas en los puntos M1, M2, M3 y M4, según los métodos de análisis y ensayo (Anexo 23). Posteriormente, a fin de detectar contaminantes químicos se determinaron los parámetros: HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros, Fenoles, y biológicos (Coliformes Totales y C. Fecales) en las aguas del proceso industrial de generación eléctrica. Elaborando los informes respectivos, Anexo 21.

3.4 Protocolos de análisis

Para la determinación del **Potencial de Hidrógeno (pH)** se utilizó el método SM 4500 H+B y como método de referencia Standard Methods, Ed. 21, 2005, 4500 pH B; que mide la concentración de iones de hidrónio presentes en el agua, mediante el uso *in situ* de un pH-metro que consta de un electrodo de cristal, previamente calibrado en una solución buffer. Estableciendo el equilibrio entre la muestra y el electrodo agitando la muestra para liberar el dióxido de carbono (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

Los **Coliformes Totales y Fecales** se midieron mediante el método SM 9221 ABCE, y como referencia el método Standard Methods, Ed. 2012; 9223 B. Denominado Prueba de Sustrato de Enzima 9223B, donde se mezcla un volumen específico de muestra (100 mL) con sustratos enzimáticos comercialmente preparados y se incuba a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. La beta-galactosidasa, una enzima producida por Coliformes Totales, se detecta por hidrólisis de los sustratos cromogénicos (NEMI, 2016).

La **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**, se midió usando el método EPA 410.4 teniendo como referencia la técnica Standard Methods, Ed. 22, 2012, 5220 D. La muestra se oxida con una medida conocida en exceso de dicromato de potasio en un medio ácido y con catalizadores, el remanente se determina por espectrofotometría a 600 nm (DINAMA, 1996).

Los **Sólidos Suspendidos Totales (SST)** se determinaron usando el método EPA 160.2 y como referencia el Standard Methods, Ed. 21 2005, 2540 D. Que consiste en

medir la materia retenida por un filtro estándar de fibra de vidrio, el cual fue previamente pesado; y el residuo retenido en el filtro fue secado hasta peso constante de 103 °C a 105 °C, el aumento en el peso del filtro representa el total de los sólidos suspendidos (DINAMA, 1996).

Para la detección de **Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)**, como de **Aceites y Grasas** se usó el método EPA 418.1 tomando referencia en el Standard Methods, Ed. 21 2005, 5520. Obteniéndose una medición de hidrocarburos y una medida de aceite y grasa. Se utiliza gel de sílice para separar los hidrocarburos de petróleo del aceite y la grasa totales sobre la base de la polaridad.

Los **compuestos Fenólicos (Fenoles)** se identificaron aplicando el método EPA 420.1 referenciado con el Standard Methods, Ed. 21 2005, 5530 C, B. Los materiales fenólicos reaccionan con 4-aminoantipirina en presencia de ferrocianuro de potasio a pH elevado para formar un colorante estable de color marrón rojizo. La cantidad de color obtenida es proporcional a la concentración de materiales fenólicos (ALS Environmental, 2016).

Los **Sulfuros (S)** se midieron usando el método EPA 376.2, contrastado con Standard Methods, Ed. 2012, 4500 S D. Consiste en medir todo el sulfuro presente como ácido sulfhídrico, sulfuro ácido y sulfuros metálicos solubles. El ión sulfuro se define por titulación potenciométrica con una solución estándar de perclorato de plomo, usando el electrodo de ión clasificado de plata/sulfuro como indicador del punto final de la valoración (DINAMA, 1996).

El **Cobre (Cu) y Zinc (Zn)**, se analizaron mediante el método SM 3111 B y referenciado con el Standard Methods, Ed. 22, 2012, 3120, Tabla 18. Donde la muestra es digerida para reducir la obstrucción por materia orgánica y transformar el metal a una estructura libre definible por Espectrofotometría de Absorción Atómica con una llama a 324,8 nm. El contenido de Cu se determina mediante una curva de calibración (DINAMA, 1996).

El **Cromo hexavalente (Cr⁺⁶)** se extrajo mediante el método EPA 7196 A, referenciado con el Standard Methods, Ed. 21 2005, 3500 Cr B, Tabla 18. Mediante colorimetría por reacción con difenilcarbazida en solución ácida. Se origina una coloración rojo violeta de mezcla desconocida. La reacción es muy perceptible, siendo el índice de absorbencia por átomo-gramo de cromo de aproximadamente 40.000 a 540 nm. La absorbancia se mide fotométricamente a 540 nm (EPA, 1992).

Para el **Plomo (Pb)**, la técnica utilizada para su determinación es la Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama, basado en el método SM 3111 B que proporciona el método de llama aire-acetileno directo, y referenciado con el Standard Methods, Ed. 22, 2012, 3120, (Anexo 23). Este método se fundamenta en la destrucción de materia orgánica usando calor, obteniéndose después de la digestión (ácido nítrico concentrado, grado analítico) una disolución acuosa ácida de la muestra, con la liberación de Plomo y Cadmio adecuada para su posterior análisis mediante el uso de un espectrofotómetro (Carpio, 2016).

3.5 Métodos de análisis estadístico

Se generó una matriz de datos por año y mes para cada una de las variables (parámetros) utilizando el programa Excel 2013 y se aplicó un análisis estadístico descriptivo obteniéndose las medias, la desviación estándar y los valores mínimos y máximos para cada parámetro. Para determinar la normalidad de los datos se utilizó el test de Anderson-Darling y para verificar la homocedasticidad se empleó un test de Levene.

Se realizó un análisis de varianza (Anova de una vía) y test a Posteriori de Tukey ($p < 0,05$) para comparar los parámetros (Temperatura, pH, DQO, SST, HTP, AyG, Cr⁺⁶, Cu, Zn, Pb, Sulfuros, Fenoles, CT y CF) entre los puntos de monitoreo (M1, M2, M3 y M4) y años (2012, 2013, 2014 y 2015).

Para evidenciar si existía relación entre las variables se aplicó un análisis de componentes principales, y un Dendrograma de Correlación de Pearson. Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa MINITAB versión 17.0. (Anexo 25).

Para determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la termoeléctrica TGM, se realizó una matriz en Excel 2013 con los valores obtenidos de Coliformes Totales y C. Fecales de los pozos A y B, relacionándolos con los puntos de muestreo M0 (relativo al agua residual doméstica previa al ingreso de la PTAR), M1, M2, M3, M4, y los puntos de toma de muestras ubicados a 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del lugar de descarga o difusión del emisario submarino hacia el cuerpo receptor, el mar. Estos datos fueron analizados con el programa graficador ORIGIN PRO 8.0.

4. RESULTADOS

4.1 Impactos de la termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos

En la Figura 17 A se observa que la temperatura no presentó diferencias significativas entre los años 2012 al 2015 para ninguno de los puntos de muestreo y no sobrepasó los 35 °C que representa el Límite Máximo Permisible según el Acuerdo Ministerial 097A TULSMA (2015).

El pH para todos los puntos de muestreo se conservó en el rango de 6 a 9 unidades sugerido por el TULSMA (Figura 17 B). En el punto M1 no hubo diferencias en el pH a través de los años, pero se evidenció un valor atípico para el año 2015 donde se registró un valor mínimo de 5,7. Al igual que en el punto M1 en el punto M2 no se apreció diferencias entre los años 2012 a 2014, pero hubo un registro de pH de 6,6 para el año 2015.

Por otro lado, en los puntos M3 y M4 se detectaron variaciones interanuales. En M3 y M4 se observó el valor mínimo de pH de $7,46 \pm 0,42$ en el año 2014 y un valor máximo de $7,94 \pm 0,29$ en el año 2015 ($F=4,47$; $p=0,009$). Comparativamente, los puntos M1 y M2 no presentaron diferencias significativas y varían con respecto a los puntos M3 y M4 que mostraron los mismos valores ($F=11,46$; $p=0,000$).

La Demanda Química de Oxígeno (Figura 18 C) no presentó diferencias interanuales para ninguno de los puntos de muestreo y tampoco supero el Límite Máximo Permisible de 600 mg/L sugerido en el Acuerdo Ministerial 097A para Termoeléctricas. El DQO se mantuvo en el rango 82,30 a 105,33 mg/L.

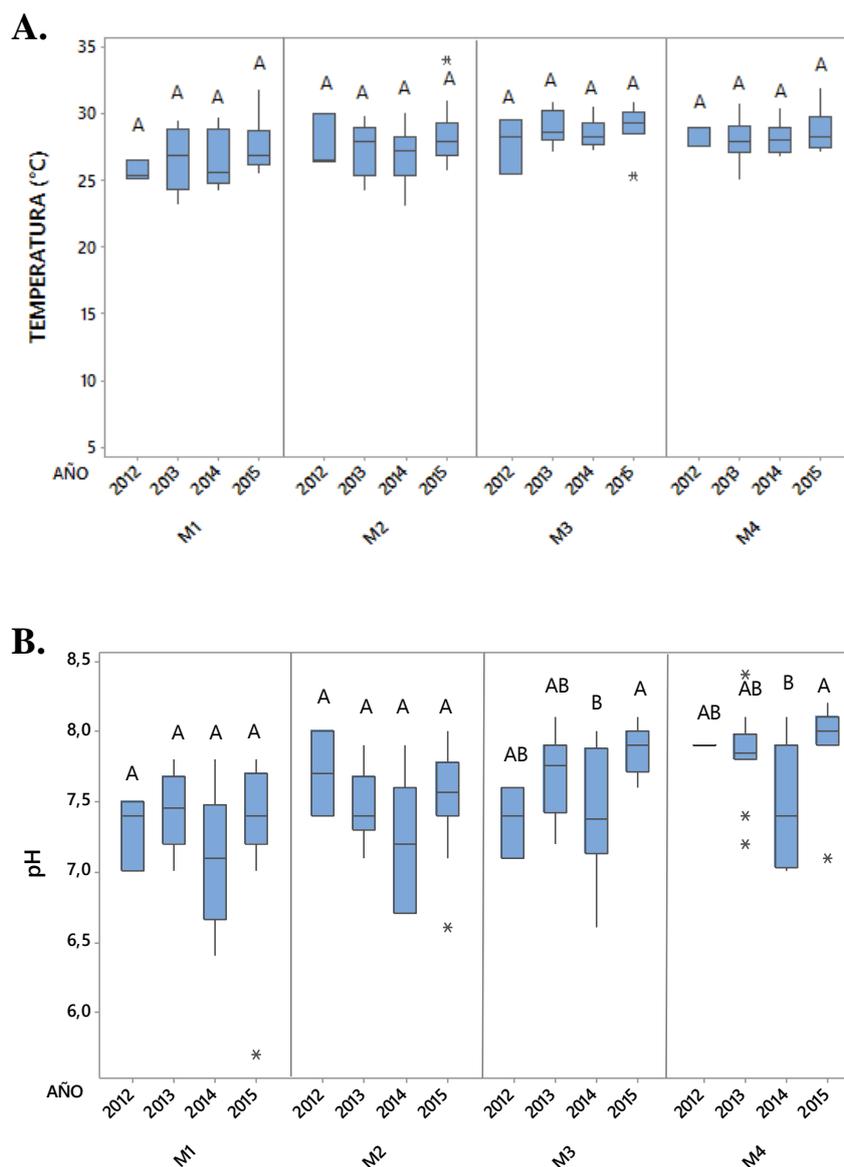


Figura 17. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga: A. Temperatura, B. pH. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

Los Sólidos Suspendedos Totales (Figura 18 D) no superaron los límites establecidos de 250 mg/L. Tampoco presentaron diferencias interanuales para los puntos M1-M3, sin embargo, en M4 hubo diferencias. Es importante destacar que para el punto M4 del año 2012 a 2014 no hubo presencia de SST y en el año 2015 presentó una concentración de $5,82 \pm 7,17$ mg/L.

Según el análisis de varianza los puntos M1 y M2 no presentaron diferencias significativas, pero se distinguieron de los puntos M3 y M4 ($F=10,32$; $p=0,000$). La media total para los SST por puntos fue la siguiente: $22,03 \pm 18,40$ mg/L (M1), $17,08 \pm 32,63$ mg/L (M2), $4,18 \pm 2,72$ mg/L (M3) y $1,68 \pm 4,58$ mg/L (M4).

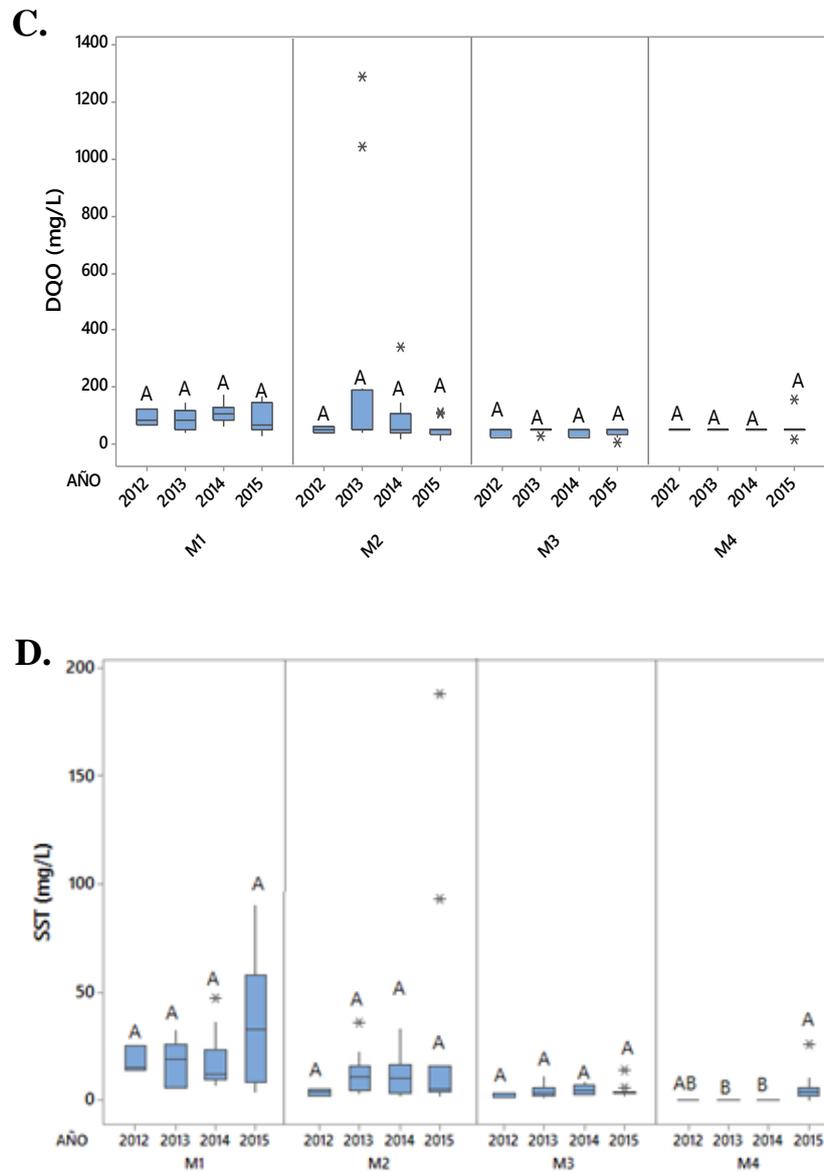


Figura 18. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga: C. Demanda química de oxígeno (DQO) y D. Sólidos Suspendidos Totales. M1: Efluentes/Agua Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Agua Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Agua hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

4.2 Impactos de la termoeléctrica sobre los contaminantes.

Los valores de Hidrocarburos Totales de Petróleo se encontraron dentro de los Límites Máximos Permisibles (20 mg/L) y no presentaron diferencias interanuales para los puntos de muestreo ($p < 0,05$). Por otro lado, entre los puntos de muestreo hubo diferencias presentándose la mayor concentración de HTP en M2 = $2,59 \pm 5,08$ mg/L, y la menor concentración en M3 = $0,88 \pm 0,79$ mg/L ($F=2,82$ $p=0,041$), Figura 19 A.

Sin embargo, en el punto de muestreo M2 en el año 2013 hubo un valor por encima del LMP de 25,90 mg/L y en el 2014 un valor elevado sobre la media de 12,80 mg/L, pero bajo el LMP de 20 mg/L, Figura 19 A.

Los Aceites y Grasas se manifestaron bajo los LMP (30 mg/L). Al igual que el HTP no presentaron diferencias entre los distintos años. Pero si se detectaron diferencias entre los puntos de muestreos con un valor máximo de $6,84 \pm 17,41$ mg/L en M2, y un valor mínimo de $1,10 \pm 1,10$ mg/L en M3 ($F=3,62$; $p=0,015$). Sin embargo, en M2 en el año 2013 hubo un pico elevado de concentración de Aceites y Grasas de 75,30 mg/L y en 2014 34,40 mg/L, superando ambos los LMP, Figura 19 B. Lo que indica un mal funcionamiento del sistema separador API (American Petroleum Institute), el que puntualmente (años 2013 y 2014) incidió en contaminar el efluente final de descarga hacia el cuerpo receptor de agua marina.

En cuanto a la concentración de Sulfuros (Figura 20 B) no se evidenciaron diferencias significativas entre los distintos puntos de muestreo y los valores se presentaron en el rango (0,01-0,03) por debajo del LMP (0,5 mg/L). El Punto M1 mostró diferencias entre los años 2012 y 2015 con valores de Sulfuros de $0,015 \pm 0,004$ mg/L y $0,030 \pm 0,011$ mg/L, respectivamente ($F=4,29$; $p=0,011$); lo que indica una contaminación del sistema de aguas residuales domésticas con el de aguas industriales para los años evaluados (2012 y 2015). Los puntos M2, M3 y M4 no presentaron variaciones interanuales.

Los Fenoles no presentaron diferencias interanuales ni entre puntos de muestreo (Figura 20 A). En promedio se encontraron en el rango 0,06-0,09 mg/L por debajo del

LMP 0,2 mg/L. No existiendo indicio de contaminación por compuestos fenólicos en ninguno de los tratamientos por año del recurso agua en TGM.

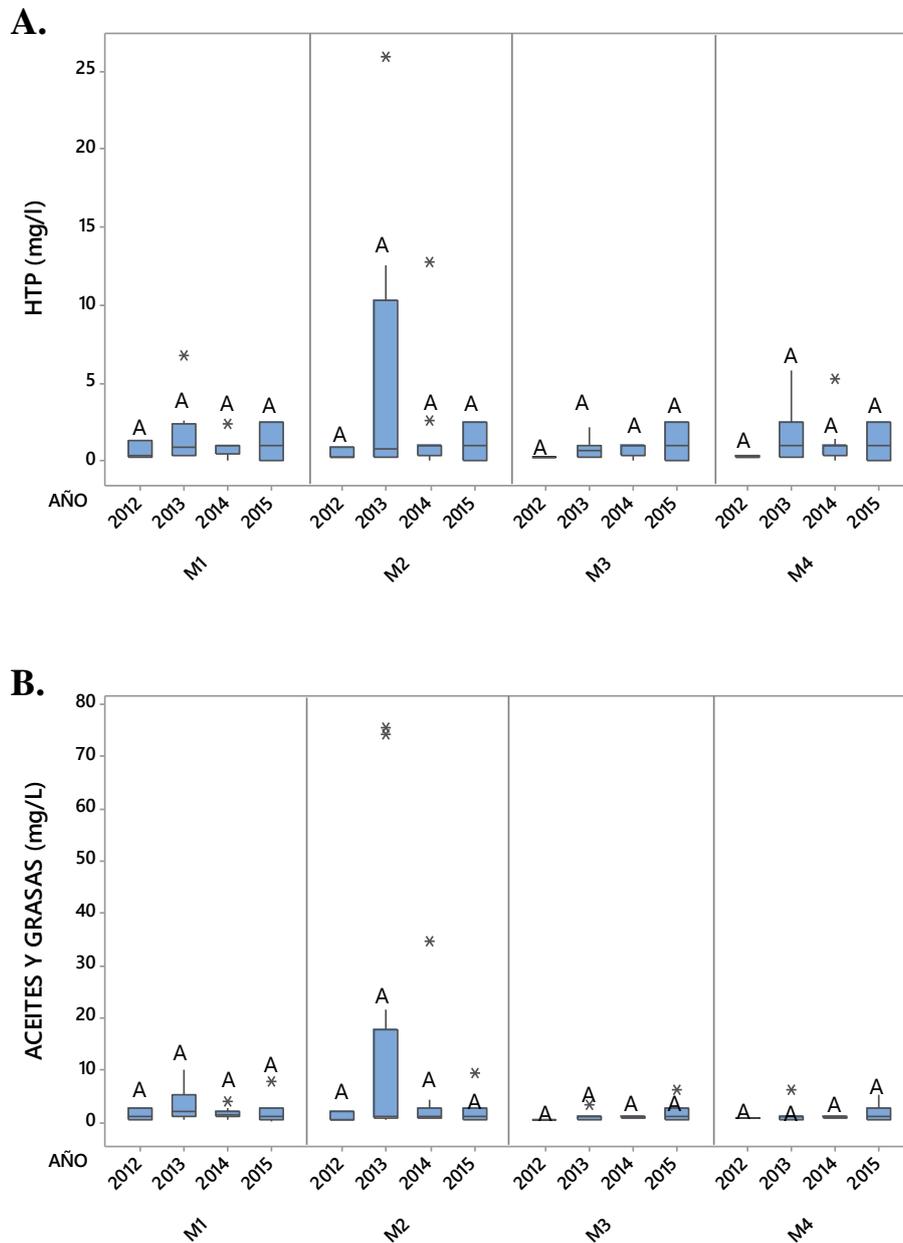


Figura 19. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los contaminantes HTP y aceites y grasas. En el agua de descarga: A. Hidrocarburos totales de petróleo (HTP) B. Aceites y Grasas. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

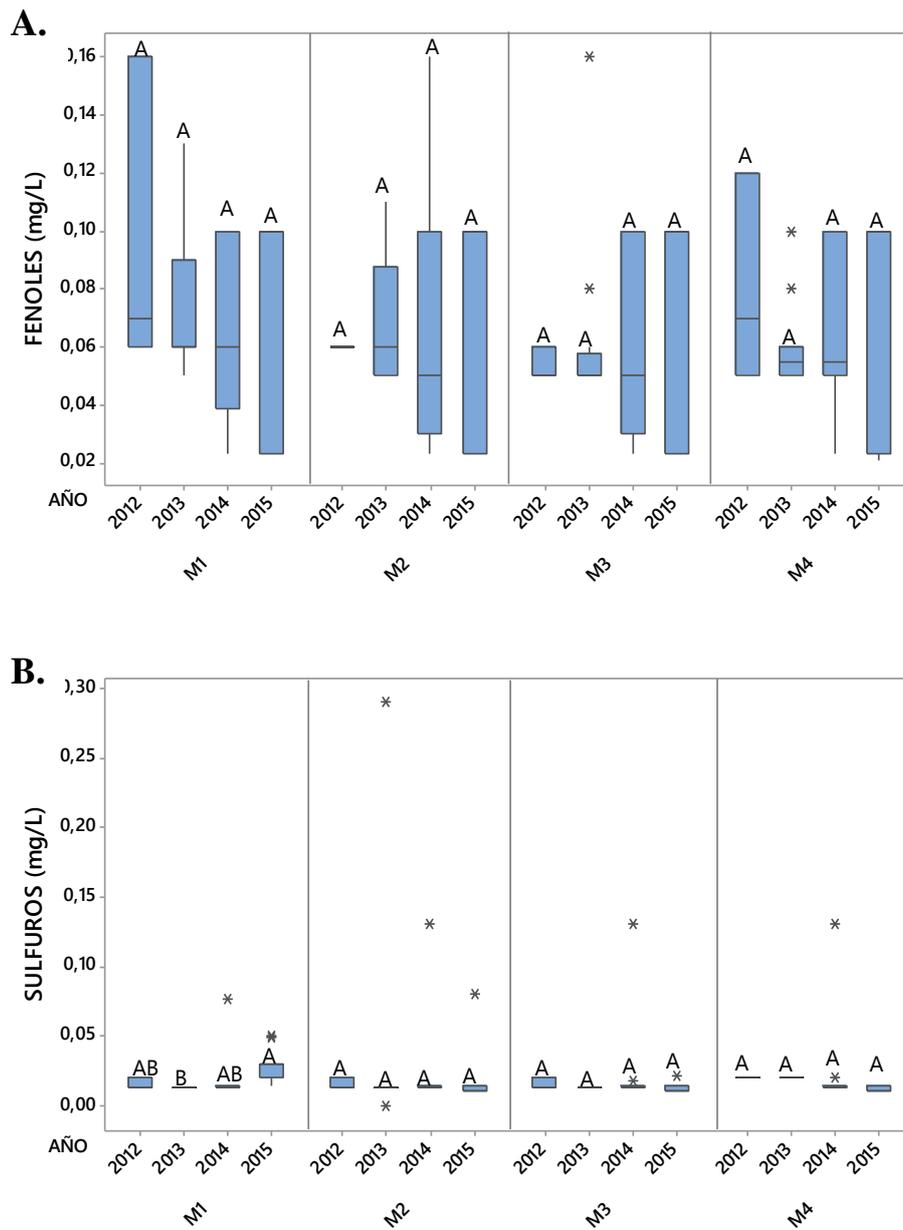


Figura 20. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros Sulfuros y Fenoles del agua de descarga: A. Sulfuros y B. Fenoles. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

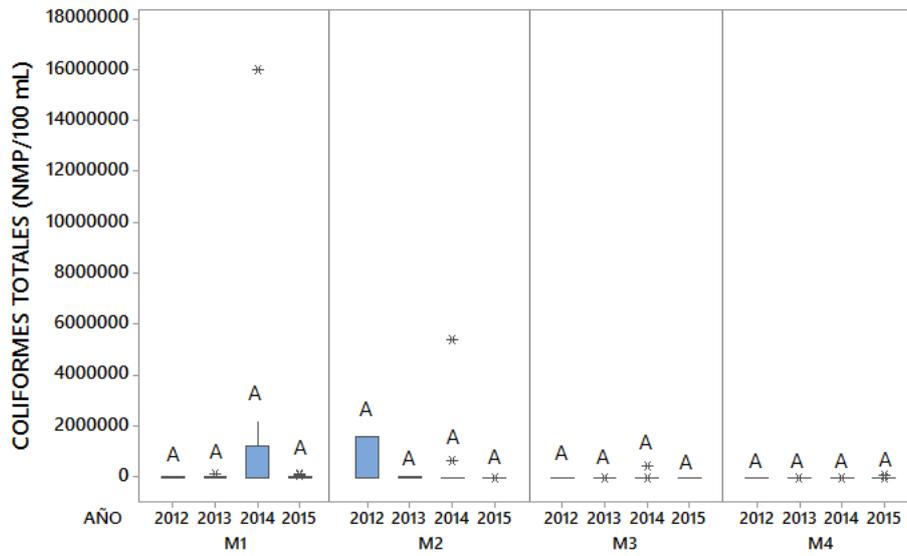
La contaminación de origen biológica si fue significativa ya que superó los Límites Máximos Permisibles de 2000 NMP/100, Figura 21.

El punto M1 presentó un valor mínimo de 0 y máximo de 16×10^6 NMP/100 mL con un promedio de 15333 ± 16623 NMP/100 mL de Coliformes Totales. Por otro lado, en M2 se registraron valores de Coliformes de 0 - 54×10^5 NMP/100 mL con un promedio 533500 ± 923616 NMP/100 mL. En el punto M3 se registraron valores de 0 - 47×10^4 con un promedio 39215 ± 135662 NMP/100 mL. En el punto M4 se observaron valores de 0 - 78×10^3 con un promedio 7193 ± 23485 NMP/100 mL, Figura 21 A.

Las Coliformes Fecales superaron los LMP de 2000 NMP/100 mL solo para los puntos M1, M2 y M3. Con valores promedio de 10000 - 1385171 NMP/100 mL (M1), 64 - 23379 NMP/100 mL (M2), 0,60 - 18335 NMP/100 mL (M3). En M1 se observó un valor atípico de 16×10^6 NMP/100 mL en el año 2014, Figura 21 B.

El punto M4 que es el que corresponde a la salida hacia el mar no supera los LMP con valores promedio de 18,5-260 NMP/100 mL, mínimos y máximos de 0 y 2000 NMP/100 mL, respectivamente. El valor de 2000 NMP/100 mL corresponde al año 2015 donde se observaron todas las anomalías para los otros parámetros, Figura 21 B.

A.



B.

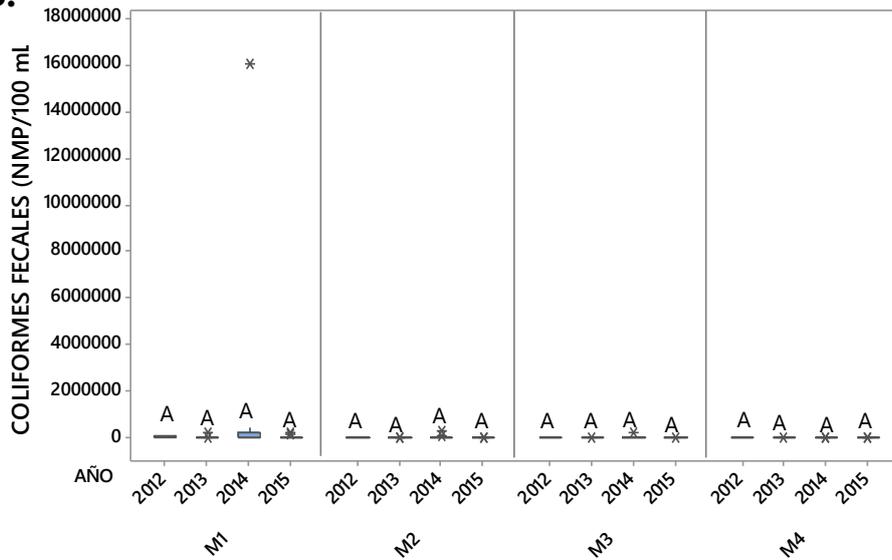


Figura 21. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los Coliformes del agua de descarga: A. Totales y B. Fecales. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

Los metales pesados Cobre (Cu), Cromo Hexavalente (Cr^{+6}), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) no fueron detectados por el equipo en ninguno de los puntos de muestreo.

Finalmente se realizó un análisis multivariado para observar si se encuentra relación entre los distintos parámetros. En el Dendrograma (Figura 22) se observa la similitud de los parámetros, HTP con Aceites y Grasas, Coliformes Totales (CT) con Coliformes Fecales (CF) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) con Demanda Química de Oxígeno (DQO). Para confirmar dicha información se realizó un análisis de correlación de Pearson y se observó correlación entre HTP y AyG ($r=0,673$; $p=0,000$), CT vs CF ($r=0,885$; $p=0,000$) y SST vs DQO ($r=0,791$; $p=0,000$), (Anexo 22).

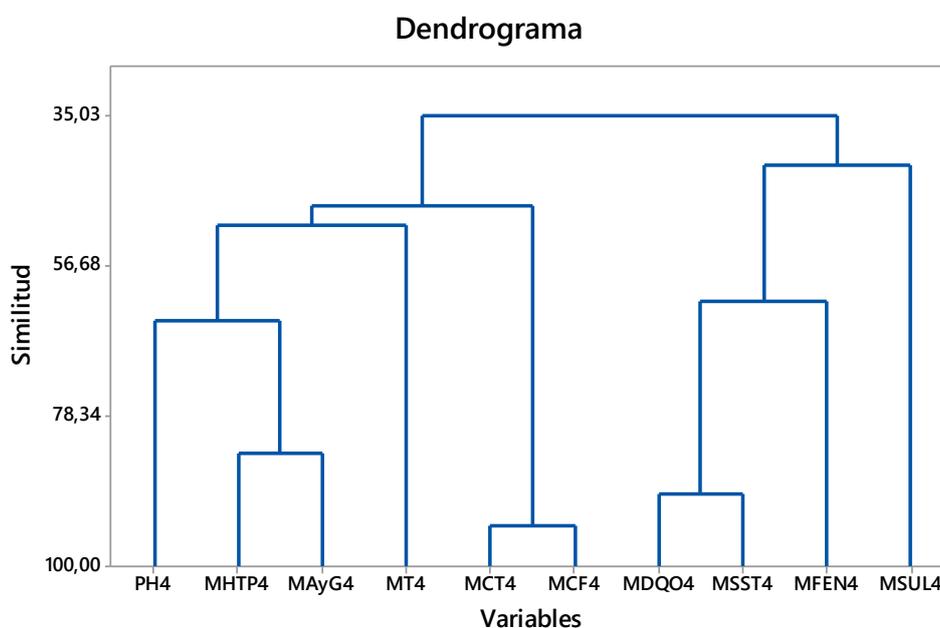


Figura 22. Dendrograma de correlación de entre los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de descarga de la termoeléctrica

De igual forma, el análisis de componentes principales mostró una correlación entre los Hidrocarburos Totales de Petróleo con Aceites y Grasas, Coliformes Totales (CT) con Coliformes Fecales (CF) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) con Demanda Química de Oxígeno (DQO), Figura 23.

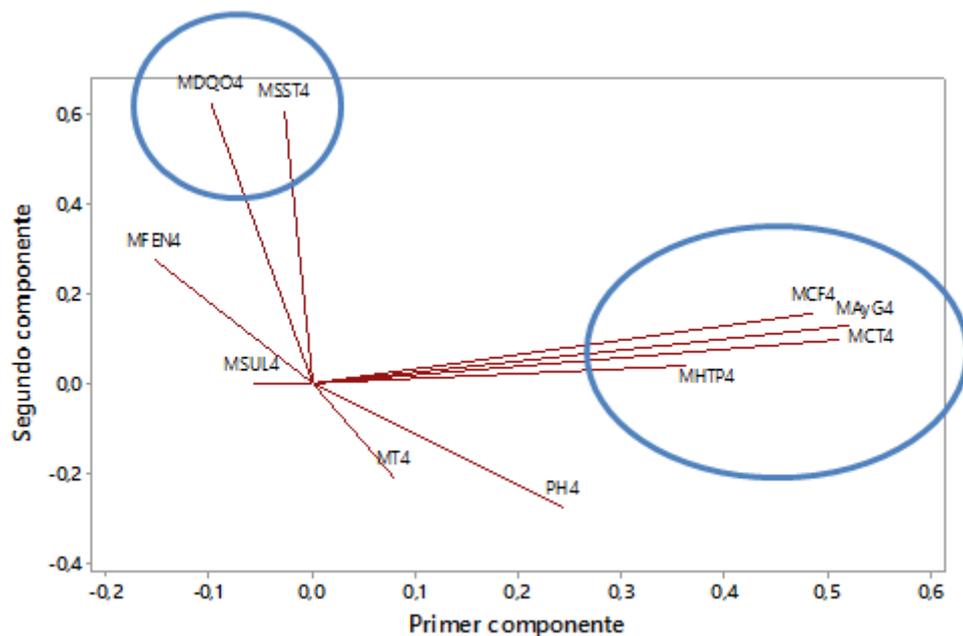


Figura 23. Análisis de componentes principales entre los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de descarga de la termoeléctrica.

4.3 Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de TGM.

La planta termoeléctrica TGM utiliza para su proceso industrial de generación eléctrica agua natural extraída de dos pozos denominados A y B. Los valores de Coliformes Totales no superaron los Límites Máximos Permisibles. Sin embargo, el pozo B el año 2014 en el mes de mayo presentó una concentración extremadamente alta de 1100000 NMP/100 mL de CT, además en ese mismo mes y año se observaron todas las anomalías de los otros puntos de muestreo, Figura 24.

Se obtuvieron valores 1100000 NMP/100 mL de Coliformes Totales en todas las muestras de agua residual doméstica, antes de ingresar a la PTAR para ser tratada. El punto M1 contrario a lo que se esperaba, puesto que se obtiene luego que el efluente ha recibido tratamiento; aunque algunos meses presentó cero Coliformes Totales el mes de mayo del 2014 mostró 2200000 NMP/100 mL de CT, el punto M2 reveló 5400000 NMP/100 mL de CT y el punto M3 indicó 470000 NMP/100 mL, Figura 24.

El punto M4 que se corresponde al efluente que se liberó al mar, en el mes de mayo del año 2014 mostró 2500 NMP/100 mL de CT, por encima del LMP. En cuanto al análisis de las muestras de agua de mar tomadas aguas arriba y aguas abajo del punto de inmisión del emisario submarino, estas no superaron los LMP, presentando promedios entre 45 y 130 NMP/100 de CT mL aguas arriba y de 23 y 45 NMP/100 mL de CT aguas abajo, Figura 24.

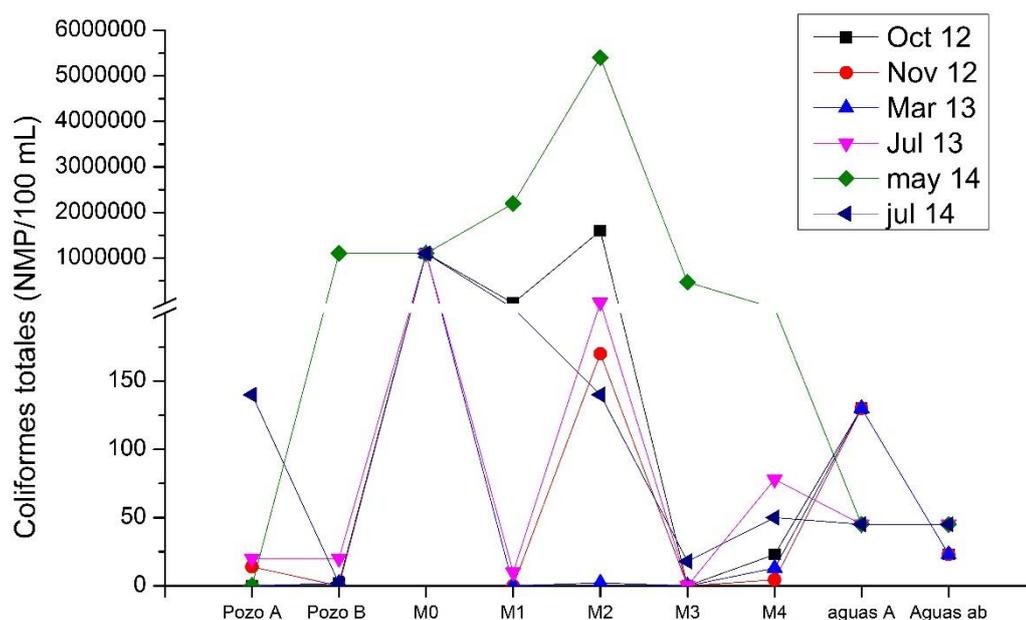


Figura 24. Coliformes Totales presentes en las diferentes fases de tratamiento del recurso agua: Aguas crudas (Poza A y Poza B), M0: Agua residual doméstica previa al ingreso a la PTAR, M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Aguas arriba. Aguas abajo. Se realizó un corte en el eje de la “Y” para que se puedan observar los valores bajos que se reportan para el punto M4 y los puntos de: Aguas abajo y Aguas arriba.

5. DISCUSIONES

Algunos estudios sugieren que la termoeléctrica Termogas Machala-Celec Ep (TGM) al descargar sus aguas residuales, están contaminando la zona de playa y el medio marino costero cercano a la comuna de Bajo Alto, ubicada en la parroquia Tendales, cantón de El Guabo, provincia de El Oro (Ministerio del ambiente, 2009; Gavilanes, 2015). Según la investigación de Barriga, 2010 la zona presenta evidencias de contaminación; en este trabajo se demuestra que no proviene de la empresa de generación eléctrica.

Los resultados de la evaluación de los impactos al recurso agua derivados de la operación de la termoeléctrica TGM, los compararemos con los registros de emisión de descargas de otra termoeléctrica, aunque esta funciona con un combustible distinto ambas descargan sus efluentes líquidos a un cuerpo de agua receptor sea este de agua dulce, agua marina o de estuario. Dicha información ha sido recogida de las auditorías ambientales internas, de las Cinco Barcazas de Termoguayas Generación S.A. – 150 MW (TGSA), correspondiente a los años 2011, 2012, 2013 y 2014.

Estas auditorías fueron entregadas en su momento al CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad), este organismo de regulación eléctrico fue reemplazado el 16 de enero de 2015, cuando la ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica fue promulgada y a su vez también se crea la actual Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL, 2015). Cabe destacar, que dentro de Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública se encuentra toda la información expuesta en esta investigación (Ministerio de Hidrocarburos, 2004).

A diferencia de la termoeléctrica de Machala (TGM) que funciona con gas natural proveniente del Campo Amistad ubicado en el Golfo de Guayaquil; las Barcazas de Termoguayas Generación S.A (TGSA), trabajan con combustible (Fueloil 6), el cual proviene de la Refinería de Esmeraldas y también de la Refinería de Shushufindi. Así también se destaca que dicha planta se conforma de cinco unidades de generación termoeléctrica, con un total de 51 motores de combustión interna accionados con un

número igual de turbinas con capacidad de generación total de 150 MW de energía eléctrica (Celec Ep. AA2, 2011).

En el proceso de generación eléctrica de las Barcazas (TGSA), se tienen identificados tres tipos de residuos o descargas líquidas, denominados: Aguas residuales domésticas, residuales industriales de enfriamiento y de cubeto de retención. Las muestras obtenidas fueron analizadas por laboratorios acreditados por el OAE (Moreno, 2015). Todos estos resultados cuantificados según lo establecido en la Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas en el Anexo 1A del Acuerdo Ministerial Nro. 155, 2007.

Para realizar la comparación de los resultados de este estudio, los datos obtenidos se agruparon en dos grupos, el primero concerniente a los impactos de las termoeléctricas TGM y TGSA sobre los parámetros físico-químicos (T°, pH, DQO, SST) del agua de descarga y el segundo sobre la detección de contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles), y biológicos (Coliformes Totales y Fecales) en los efluentes de descarga del proceso industrial de generación eléctrica a fin de ser comparados con los LMP indicados por la Autoridad Ambiental competente (MAE). Alcanzando los siguientes resultados.

Impactos sobre los parámetros físico-químicos (T°, pH, DQO, SST).

En cuanto a la temperatura del agua durante el proceso industrial de generación de la termoeléctrica TGM no presentó ningún tipo de variación, manteniéndose dentro del LMP según el Acuerdo Ministerial 097A TULSMA (2015) al igual que la termoeléctrica TGSA, que, aunque utiliza agua del Río Guayas para su sistema de enfriamiento, conserva la temperatura por debajo del LMP (SAMBITO. AA2, 2011).

Por otro lado, el pH para todos los puntos de muestreo de la termoeléctrica TGM se mantuvo bajo el LMP sugerido por el TULSMA para todos los años de muestreo. Con respecto a la generadora TGSA el pH también se conserva a lo largo de los años 2011 a 2014, dentro de los LMP.

La Demanda Química de Oxígeno resultante de analizar los efluentes de los procesos industriales de la termoeléctrica TGM no estuvo por sobre el LMP sugerido por Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, a diferencia de los efluentes de la termoeléctrica TGSA que se encuentran sobre los LMP.

Los Sólidos Suspendidos Totales de la planta de generación TGM, no superaron los LMP sugeridos por el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Por el contrario, los SST de la termoeléctrica TGSA estuvieron por encima de los LMP, para los años 2012, 2013 y muy por sobre norma en el caso del agua industrial de enfriamiento (Moreno, 2015).

Detección de contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles) y biológicos (Coliformes Totales y Fecales).

Los valores de Hidrocarburos Totales de Petróleo en TGM se presentaron dentro de los Límites Máximos Permisibles (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). De igual manera, en TGSA, los HTP se mantienen bajo los LMP con relación al agua residual industrial de enfriamiento y de cubeto (Moreno, 2015).

Aceites y Grasas se detectaron bajo el LMP en la termoeléctrica TGM. Al igual que HTP estos no presentaron diferencias entre diferentes años. La generadora TGSA, para el agua residual doméstica presentó valores que estuvieron bajo el LMP para todos los años de muestreo, pero en el agua residual de cubeto se presentaron promedios altos para los años 2011 y 2014, que, aunque se encuentran bajo norma son valores puntualmente elevados, (Moreno, 2015).

Por otro lado, en TGM, no se detectaron metales pesados, Cu, Cr⁺⁶, Pb y Zn por lo que sus valores se encuentran por debajo de los límites detectables del equipo y por ende dentro de los Límites Máximos Permisibles presentados en la Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas, Anexo 1A, R.O. No. 41, (Registro Oficial del Ecuador, 2007). Por otro lado, la termoeléctrica TGSA presentó valores bajo los LMP para el Cromo Total, Plomo y Zinc; mientras el Cobre superó el LMP establecido en la norma del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015.

Los Sulfuros y Fenoles en la termoeléctrica TGM se presentaron en valores por debajo del LMP. La planta TGSA presentó valores por encima de los LMP, tanto para Sulfuros como Fenoles según la norma del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015.

Se presentó contaminación de origen biológico por CT y CF en los procesos de generación de TGM con un valor puntual en el año 2015, además en ese mismo año se observaron todas las anomalías para los otros parámetros medidos indicando fallos en los sistemas de depuración. Pero los datos del punto de muestreo correspondiente al efluente hacia el emisario submarino estuvieron bajo los LMP del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Por el contrario, los contaminantes biológicos originados de los procesos de generación de TGSA superaron los LMP en todos los años medidos (Moreno, 2015).

Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales.

El sistema de tratamiento para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas en la termoeléctrica TGM, fue diseñado para 50 personas que produzcan un flujo de aguas crudas de 50 galones (189,27 litros) por individuo promedio/día, para un periodo de retención hidráulica mínimo de 20 horas.

Según el análisis de los resultados obtenidos sobre la presencia de los Coliformes Totales en el recurso agua durante todo el proceso de generación de electricidad por parte de la termoeléctrica desde su extracción de los pozos hasta su descarga a un cuerpo de agua marina. Se presentaron anomalías en el mes de mayo del 2014, coincidiendo con una marcada contaminación con Coliformes Totales del acuífero correspondiente al pozo B y el incremento de personal de hasta 180 trabajadores dentro de las instalaciones de la termoeléctrica a causa de las labores de construcción del proyecto anexo ciclo combinado concebido para incrementar la potencia energética de TGM.

Se realizaron análisis puntuales de CT y CF de otros 4 pozos subterráneos con profundidades desde los 50 m. hasta los 165 m. encontrando contaminación por

Coliformes Totales en uno de ellos, ubicado a aproximadamente 167 m. del pozo B de TGM, (Anexo 27) (GSA-TGM, 2013).

Se empleó una reingeniería al proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación en primer lugar de un procedimiento de recirculación del efluente entre el 35 % al 45 % entre la PTAR y el depósito TK-109, permitiendo así, reducir la carga orgánica que es enviada al sistema de lodos activados una vez estabilizado el pH en el tanque de equalización (TK-109), (Anexo 25) (Yabroudi, Almarza, Pedrique, Cárdenas, & Herrera, 2009).

En segundo lugar, se construyó dos reactores de primera generación (tanque séptico), para lograr una mayor eficiencia del tratamiento primario aplicado a las aguas residuales domésticas en el área de ingreso a la planta (garita) y en área de las TM-2500, además de repotenciar el tanque séptico del área del comedor, servicios generales y médico. Para su construcción se tomó en consideración: a) el tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación, b) el volumen de sedimentación, c) volumen de almacenamiento de lodos, d) volumen de natas y e) el espacio de seguridad, (Anexo 26) (CEPIS, 2003).

Se procedió a instalar sistemas de bombeo y tuberías nuevas de los reactores de primera y segunda generación interconectados a la PTAR, procurando que los tiempos de retención hidráulica sean mayores para una mejor eficiencia del tratamiento anaerobio (Anexo 25).

Los valores obtenidos de CT y CF en el punto de descarga de los efluentes (emisario submarino), tanto a 100 m. aguas arriba como a 100 m. aguas abajo del punto de emisión de la tubería, se mantienen muy por debajo el Límite Máximo Permisible de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Sobre los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Enfoque sobre la contaminación de las aguas del cuerpo receptor (Mares).

En el área de estudio otros investigadores registraron altas concentraciones de metales pesados. Barriga (2010), realizó un trabajo a lo largo del perfil costero de la comuna de Bajo Alto donde encontraron valores de 0,140 mg/L de Pb y 0,012 mg/L de Cd, todos estos valores sobre el LMP de 0,001 mg/L para el Plomo y 0.005 mg/L para el Cadmio dentro de los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Por otro lado, García (2014), señala contaminación por metales pesados (arsénico, mercurio, plomo y cadmio) en muestras de agua en el área de La Puntilla al norte de la termoeléctrica, encontrando valores superiores a los permisibles en el 50 % de las muestras por Hg con un valor promedio de 0.0016 mg/L y un máximo de 0,0032 mg/L por encima del LMP de 0,0001 mg/L. El Pb con un promedio de 0,0026 mg/L y un máximo de 0,006 mg/L superando el LMP de 0,001 mg/L (M.A.E. A.M-028, 2015).

De igual manera, Espinoza (2014), realizó una investigación al sur de la termoeléctrica, donde observó que existe contaminación por Hg, ya que este sobrepasa el LMP de 0,0001 mg/L con un valor promedio de 0,0005 mg/L en todas las muestras de agua y en sedimentos el Hg excede el LMP de 0,005 mg/Kg con un promedio de 0,0052 mg/Kg en el 50 % de las muestras y un máximo de 0,0074 mg/Kg, (Anexo 24) (M.A.E. A.M-028, 2015).

En cuanto a la contaminación biológica del cuerpo de agua marina un estudio elaborado por la Asociación de Estudios Marino Costeros para la Secretaria Técnica del Mar concerniente al análisis microbiológico realizado a distintas profundidades en el mar territorial y aguas interiores de la plataforma continental y relativo a la zona 5 donde se encuentra el Golfo de Guayaquil, determinó que en agosto del 2013 y enero del 2014 se encontraron valores por encima del LMP de Coliformes Totales y C. Fecales, indicando además que lo que podría estar causando esta anomalía serían los vertimientos de aguas contaminadas procedentes de poblaciones ribereñas o de factorías de la zona (SETEMAR, 2014).

6. CONCLUSIONES

Esta investigación determinó que la operación de la Central Termoeléctrica Termogas Machala, no alteró los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH, DQO, SST) del agua de descarga del proceso industrial de generación eléctrica y se concluye que no ocasiona contaminación de las aguas del cuerpo receptor.

Tampoco se detectó contaminación de tipo químico (HTP, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles, Aceites y Grasas), ya que los valores se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles de la norma ecuatoriana.

La contaminación de origen biológica con relación a los Coliformes Totales y C. Fecales, si fue significativa porque superó el LMP para los puntos de muestreo M1, M2 y M3. Se revela corrupción de los acuíferos desde donde es tomado el recurso agua, existiendo cierta tendencia de polución de la Cuenca Hidrológica por parte de las aguas superficiales afectadas por componentes antropogénicos, como son las actividades agrícolas y ganaderas.

Sin embargo, en el punto M4 de descarga al mar no se excedieron los Límites Máximos Permisibles de CT y CF. Por lo tanto, la biota marina no es afectada puesto que no se superó el LMP de la norma ecuatoriana para, descargas a un cuerpo de agua marina desde centrales termoeléctricas y para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, en aguas marinas y de estuario; establecidos en 200 NMP/100 mL para Coliformes Fecales, según el libro VI sobre la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

Al evaluar la calidad del agua vertida al cuerpo receptor se concluye que la termoeléctrica no está contaminando el cuerpo de agua marina adyacente a la planta termoeléctrica, por lo que posiblemente la contaminación tanto química como biológica en la zona, procede de fuentes externas a este proceso industrial de generación eléctrica.

7. RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se evidenció un irregular funcionamiento del sistema de tratamiento de afluentes al interior de la planta de termogeneración, por lo que se recomienda realizar un mantenimiento y repotenciación total del mismo, además de mejorar el método de cloración del proceso M4 (descarga al efluente marino), que evitaría descargas de CT y C. Fecales al cuerpo de agua marino receptor.

La Termoeléctrica TGM, dispone del monitoreo ambiental mensual de los efluentes descargados desde la central. Sin embargo, se observa que las muestras tomadas son colectadas de forma puntual (muestras simples), por lo que se recomienda se aplique el muestreo compuesto de seis horas, el cual, es el requerido por la Normativa Ambiental vigente (Art. 4.4.2.3. del Anexo 1A del Libro VI del TULSMA. A.M. 155, R.O. 41 del 14 de marzo de 2007), además de monitorear las aguas del cuerpo marino receptor (el mar) donde se encuentra el punto de evacuación del emisario submarino puesto que dicho emisario es compartido con la planta deshidratadora de Gas Natural perteneciente a Petroecuador Ep.

Por otro lado, se sugiere continuar el proceso de investigación sobre los impactos al ambiente por parte de otros modelos de termogeneración eléctrica y profundizar en las fuentes de contaminación por metales pesados y demás factores físico, químicos y biológicos que alteran el equilibrio de la zona marítimo costera inmediatamente más cercana a las mismas, como es el caso de las cuencas hidrográficas implicadas lo cual permitirá localizar los puntos de origen de polución para así tomar las medidas adecuadas a fin de mitigar el impacto que estos contaminantes causan al ambiente.

Se recomienda realizar estudios de contaminación de las aguas subterráneas de toda la Cuenca Hidrológica del Río Pagua, al existir indicios de contaminación por Coliformes Totales y C. Fecales.

También se sugiere al G.A.D de El Guabo, implemente un sistema adecuado de tratamiento de las aguas residuales domésticas de las comunas de Bajo Alto y La

Puntilla, para así disminuir la carga de contaminantes microbiológicos antes de ser descargados al cuerpo de agua marina.

8. LITERATURA CITADA

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C., & Barberis, R. (02 de 2002). *www.researchgate.net*. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de https://www.researchgate.net/publication/11229743_Distribution_and_mobility_of_metals_in_contaminated_sites_Chemometric_investigation_of_pollutant_profiles
- Acuerdo Ministerial 097-A. (04 de 11 de 2015). <http://gis.uazuay.edu.ec>. Recuperado el 13 de 10 de 2016, de http://gis.uazuay.edu.ec/ide2015/links_doc_contaminantes/REGISTRO%20FICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf
- Acuerdo Ministerial Nro. 155. (14 de 03 de 2007). *www.efficacitas.com*. Recuperado el 15 de 04 de 2016, de http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Tecnicas%20Ambientales.pdf
- Agudelo, R. (06 de 2005). *www.redalyc.org*. Recuperado el 13 de 10 de 2016, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12023109>
- Albert. (2004). <http://www.bvsde.paho.org>. Recuperado el 05 de 12 de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a14.pdf>
- Albert, L. (1999). *Cuso Básico de Toxicología Ambiental*. México: Noriega Editores.
- Alcaraz, M., Fabiano, S., & Cámara, M. (22 de 04 de 2012). *www.congresos.unlp.edu.a*. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de www.congresos.unlp.edu.ar/index.php/CCMA/7CCMA/paper/download/1105/303
- ALS Environmental. (2016). <http://www.caslab.com>. Recuperado el 11 de 12 de 2016, de http://www.caslab.com/EPA-Method-420_1/
- Andrade , H., Gutiérrez, S., & Andrade, H. (2013). *cpps.dyndns.inf*. (C. P. CPPS, Ed.) Recuperado el 02 de 06 de 2015, de http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/sept/CONPACSE_2013_FIN_v2.pdf
- Andrade V., H., Gutiérrez, S., & Andrade C., H. (2013). <http://www.cpps-int.org/>. (C. P. CPPS, Ed.) Recuperado el 02 de 06 de 2015, de http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/sept/CONPACSE_2013_FIN_v2.pdf
- Araujo, G. (07 de 2015). <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/>. Recuperado el 10 de 08 de 2016, de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1779/1/T-SENESCYT-00973.pdf>

- ARCONEL. (2015). *www.regulacionelectrica.gob.ec*. Recuperado el 17 de 08 de 2016, de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/016.pdf>
- Arcos, M., Avila, S., Estupiñán, S., & Gómez, A. (12 de 12 de 2005). *http://www.unicolmayor.edu.co*. Recuperado el 20 de 10 de 2016, de <http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/article/view/47/92>
- ATSDR. (1998). *https://www.atsdr.cdc.gov*. Recuperado el 08 de 12 de 2016, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html
- Baños, L. (2012). *repositorio.ug.edu.ec*. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11939/2/Tesis%20Grado%20Guillermo%20Banos%202.pdf>
- Barriga, A. (2010). Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Acuicola. *Determinación de los Índices de Contaminación por Metales Pesados (Plomo y Cadmio) en Aguas del Perfil Costero de la Parroquia Bajo Alto en el Cantón El Guabo*. El Oro, Ecuador.
- Boluda Botella, N. (2008). *Introducción a la contaminación marina. Principales fuentes de contaminación*. Universidad de Alicante, Ingeniería Química. Alicante: Facultad de Ciencias del Mar.
- CAAM . (1996). *Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil*. Quito: Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República del Ecuador.
- Cabarcos, J. (18 de 12 de 2006). *www.mundiagua.com*. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://www.mundiagua.com/publicaciones/adobe/boletin-agua.pdf>
- Camacho. (2009). *http://monografias.umcc.cu*. Recuperado el 2016, de <http://monografias.umcc.cu/monos/2009/AGRONOMIA/m09agr9.pdf>
- Camacho, R. (05 de 2013). *http://bibdigital.epn.edu.ec*. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6390/1/CD-4900.pdf>
- Campos , A. (2014). *www.academia.edu*. Recuperado el 25 de 08 de 2016, de http://www.academia.edu/8618821/Disponibilidad_de_agua_en_Ecuador_2014
- Campos. (1998). *books.google.com.ec*. Recuperado el 15 de 08 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=tkUYqd0Aac8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true
- Cárdenas. (2014). *http://dspace.ucuenca.edu.ec*. Recuperado el 05 de 07 de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20908>
- Cárdenas, C. (11 de 2014). *dspace.ucuenca.edu.ec*. Recuperado el 2016, de dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20908/1/TESIS%20PDF.pdf

- Carpio, N. (2016). Cuantificación de Cadmio(Cd) y Plomo (Pb) en agua, sedimento y plantas en el Río Chimbo del Cantón Marcelino Maridueña, Priv. Guayas. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Recuperado el 10 de 12 de 2016
- Castro. (11 de 2011). *www.amazonia-andina.org*. Recuperado el 09 de 10 de 2016, de http://www.amazonia-andina.org/sites/default/files/matriz_energetica_ecuador.pdf
- Castro, M. (02 de 2002). *www.eumed.net*. Recuperado el 16 de 10 de 2016, de <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/jmc/tesisjmcb.pdf>
- Celec Ep. (07 de 2013). *www.celec.gob.ec*. Recuperado el 19 de 09 de 2016, de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/EIA/cap4_2_lt_santo_domingo_esmeraldas.pdf
- Celec Ep. AA2. (07 de 08 de 2011). *www.celec.gob.ec*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/AA/aa2_1_t_esclusas_trinitaria.pdf
- CEPIS. (2003). <http://www.bvsde.paho.org>. Recuperado el 20 de 01 de 2017, de http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnologia/documentos/sanea/etTanque_septico.pdf
- CIDBIMENA. (03 de 2002). <http://cidbimena.desastres.hn>. Recuperado el 10 de 08 de 2016, de <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc14465/doc14465.pdf>
- Clark, R. (2001). *Marine Pollution* (Fifth ed.). Oxford, United States: Oxford University Press Inc.
- CLIMATE-DATA.ORG. (2016). *es.climate-data.org*. Recuperado el 22 de 08 de 2016, de <http://es.climate-data.org/location/181556/>
- Cortés, J. (1993). Metales pesados en agricultores expuestos a aguas residuales en el Distrito 03 - Tula. Instituto Nacional de Salud Pública. México, México.
- Costa, P. (2005). *www.sociedaduytopia.es*. (F. d. VI, Ed.) Recuperado el 2016, de <http://www.sociedaduytopia.es/images/revistas/26/26.pdf>
- DINAMA. (1996). <http://imasd.fcien.edu.uy>. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf
- Durán, M. (2004). <http://repositorio.ug.edu.ec>. Recuperado el 09 de 12 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3101/4/TESIS-Characterizaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados.pdf>
- Echavarrí, B. (2007). *Estudio de los efectos sobre el medio litoral derivados de la implantación de saneamientos integrales en la costa Cantábrica*. (D. d. ambiente, Ed.) Cantabria, España: Universidad de Cantabria.

- Echeverría, G. (2013). *www.dspace.espol.edu.ec*. Recuperado el 5 de 10 de 2016, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25207/1/TESIS%20GUSTAVO%20ECHEVERRIA%20FIGUERO%20%28INGENIERIA%20MECANICA%29%20%285%29.pdf>
- Edmunds , W., Neal, C., OsterKamp, W., Jones, D., & Ridgway, J. (2004). *www.lgt.lt*. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de www.lgt.lt/geoin/files/24_Calidad_del_agua_superficial.DOC
- Efficacitas Consultora Cía. Ltda. (Julio de 2015). *Auditoria Ambiental Interna de la Central TGM MACHALA correspondiente al periodo comprendido entre el 01 de Enero y 31 de Diciembre del año 2014*. Machala.
- El Telégrafo. (03 de 08 de 2016). *www.eltelegrafo.com.ec*. Obtenido de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto-de-vista/1/como-se-genera-la-energia-electrica-en-ecuador>
- Elicrom Cía Ltda. (2016). *www.elicrom.com*. Recuperado el 09 de 09 de 2016, de <http://multiparámetro-hq40d/>
- Enriquez, G. (2009). *Tecnologías de Generación de Energía Eléctrica*. Mexico: Autor-Editor.
- EPA. (1992). <https://www.epa.gov>. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/7196a.pdf>
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Santiago de Chile: CEPAL-Division de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Espejo, C. (2008). *dialnet.unirioja.es*. Recuperado el 5 de 10 de 2016, de <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2754229.pdf>
- Espinoza, C. (2014). *Incidencia de la Contaminación Orgánica y de metales Pesados sobre la Biodiversidad Marino Costera del Sitio Costa Rica*. Machala, El Oro, Ecuador.
- Esteller, M. (2002). *www.researchgate.net*. Recuperado el 14 de 01 de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Manel_Esteller/publication/228973687_Vulnerabilidad_de_acuíferos_frente_al_uso_de_aguas_residuales_y_lodos_en_agricultura/links/0046352823a59c3b66000000.pdf
- FAO. (1997). *www.fao.org*. Recuperado el 25 de 10 de 2015, de www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s03.htm
- FAO. (1997). *www.fao.org*. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s05.htm>
- FUNIBER. (2011). *Gestión de los Contaminantes Acuáticos. El agua y los seres humanos*. Barcelona: Funiber.

- GADPEO. (2015). <http://app.sni.gob.ec>. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0760000180001_PDYOT-PROVINCIA%20EL%20ORO-14-08-2015_14-08-2015_18-31-46.pdf
- Galarza, W. (2016). *Informe de Gestión Social y Ambiental, Termogas Machala-Celec Ep*. Termogas Machala-Celec Ep, G.S.A, Bajo Alto, parroquia Tendales, Cantón de El Guabo, prov. de El Oro.
- Galparsoro, C. (2011). Aguas litorales. Herramientas de gestión y control de la calidad. En A. C. Agua, *Gestión de los contaminantes acuáticos* (págs. 107-160). Barcelona, España: Funiber.
- García, W. (2014). Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Acuicola. *Incidencia De La Contaminación Orgánica Y De Metales Pesados Sobre La Biodiversidad Marino Costera Del Sitio La Puntilla, Cantón El Guabo*. Machala, El Oro, Ecuador. Recuperado el 14 de Mayo de 2015, de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1984/7/CD669_TESIS.pdf
- Gavilanez, A. (20 de 11 de 2015). repositorio.utmachala.edu.ec. Recuperado el 13 de 08 de 2016, de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3792/1/CD00278-2015-TRABAJO%20COMPLETO.pdf>
- GREENPEACE. (Julio de 2012). www.greenpeace.org. Recuperado el 20 de 08 de 2016, de <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/costas/DTC%202012.pdf>
- GSA-TGM. (2013). *Análisis físico químicos de aguas naturales subterráneas*. Machala. Recuperado el 13 de 01 de 2017
- Guirado, R., Asensi, R., Jurado, F., & Carpio, J. (03 de 2006). *issuu.com*. (McGrawHill, Ed.) Recuperado el 10 de 08 de 2016, de https://issuu.com/serginho78/docs/tecnologia_electrica
- Hart, C., & Fuller, S. (1974). *Pollution Ecology of Freshwater invertebrates*. Academic Press Inc. New York.
- Hernandez, A. (2000). *Abastecimiento y distribución del agua* (4ª edición ed.). (C. y Colegio de Ingenieros de Caminos, Ed.) Madrid: Colección Señor.
- Hurtado & Hurtado Asociados. (2012). <http://www.cpps-int.org/>. Recuperado el 02 de 01 de 2016, de http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/mar/xix_ag/025.%20INFORME_FINAL_ECU_CONTAMINACION%20MARINA.pdf

- IANAS. (2012). Recuperado el 2 de Enero de 2016, de http://www.ianas.org/http://www.ianas.org/water/book/diagnostico_del_agua_en_las_americas.pdf
- Illescas, J. (11 de 2016). <http://www.repositorio.usac.edu.gt>. Recuperado el 18 de 01 de 2017, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5903/1/Jonahatan%20Alexander%20Illescas%20Chico.pdf>
- INAMHI. (2016). <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>. Recuperado el 15 de 08 de 2016, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- INEN 2169. (11 de 1998). <https://law.resource.org>. Recuperado el 10 de 09 de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>
- INEN 2176. (08 de 1998). <https://law.resource.org>. Recuperado el 20 de 08 de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología. (07 de 2007). www.inecc.gob.mx. (O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, Edits.) Recuperado el 16 de 10 de 2016, de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/533.pdf>
- ISO. (1992). www.iso.org. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?number=11772
- Jeng, A., Daniels, R., Sinclair, R., & Englande, A. (01 de 06 de 2005). www.researchgate.net. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/230760184_Survival_of_Enterococci_facalis_in_estuarine_sediments
- Kemmer, F. (1993). *Manual del agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. México: McGraw Hill - Interamericana.
- Komex Internacional Ltd. (Enero,2001). *Estudio de Impacto Ambiental para la Planta de Generación Termoeléctrica EDC-Machala y Lineas de Transmisión*. Machala.
- Kraus, R. (1989). <http://www.insht.es>. Recuperado el 12 de 11 de 2016, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/78.pdf>
- Kuffó, A. (2013). repositorio.ug.edu.ec. Recuperado el 15 de 03 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3178/1/TESIS%20-%20KUFF%20C3%93%20NIVELES%20DE%20CADMIO%2c%20CROMO%2c%20PLOMO%2c%20Y%20SU%20BIOACUMU.pdf>
- Lazo, R. (30 de 04 de 2010). <http://opac.fmoues.edu.sv>. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://opac.fmoues.edu.sv/infolib/tesis/50107444.pdf>

- M.A.E. (31 de 03 de 2003). <http://www.ecuadorforestal.org>. Recuperado el 20 de 08 de 2016, de http://www.ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/TULAS_-1era_parte.pdf
- M.A.E. A.M-028. (13 de 02 de 2015). <http://ecuadorforestal.org>. Recuperado el 22 de 06 de 2016, de <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VI-Calidad-Ambiental.pdf>
- Majluf, P. (2002). *Los Ecosistemas Marino Costeros*. Lima, Perú: ATN/JF-5887/RG CAN-BID.
- Malacalza, L. (2013). <http://sedici.unlp.edu.ar>. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38507>
- McCambridge, J., & McMeekin, T. (02 de 03 de 1981). <http://aem.asm.org>. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://aem.asm.org/content/41/5/1083.full.pdf>
- McJunkin, E. (1988). *apps.who.int*. (S. d. Editorial Limusa, Ed.) Recuperado el 11 de 10 de 2016, de <http://apps.who.int/iris/handle/10665/173949>
- Mero, M. (2010). repositorio.ug.edu.ec. Recuperado el 20 de 08 de 2015, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/776/1/Determinaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20en%20moluscos%20bivalvos%20de%20inter%C3%A9s%20coemrcial%20de.pdf>
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). www.sectoresestrategicos.gob.ec. Recuperado el 13 de 08 de 2016, de <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Resumen-Balance-Energe%CC%81tico-20151.pdf>
- Ministerio de Hidrocarburos. (18 de 05 de 2004). www.hidrocarburos.gob.ec. Recuperado el 17 de 08 de 2016, de <http://www.hidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Transparencia-y-Acceso-a-la-Informaci%C3%B3n-P%C3%BAblica-publicada-en-el-Registro-Oficial-Suplemento-No.-337-del-18-de-mayo-de-2004-11.pdf>
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana. (2016). www.cancilleria.gob.ec. Recuperado el 11 de 10 de 2016, de <http://www.cancilleria.gob.ec/medio-ambiente-marino-y-costero/>
- Ministerio del Ambiente. (2009). <http://simce.ambiente.gob.ec>. Recuperado el 2016, de <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Estudio%20Final%20Zonificacion%20y%20Ordenamiento%20zona%20costera.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (20 de 04 de 2010). simce.ambiente.gob.ec. Recuperado el 18 de 07 de 2016, de

<http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/Conservaci%C3%B3n%20de%20la%20Biodiversidad%20Marina%20y%20Costera%20del%20Ecuador.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (23 de Agosto de 2001). Recuperado el 14 de Agosto de 2015, de <http://dspace.unm.edu/bitstream/handle/1928/19041/REGLAMENTO%20AMBIENTAL%20PARA%20ACTIVIDADES%20ELECTRICAS.pdf?sequence=1>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (13 de Febrero de 2001). Recuperado el 11 de Marzo de 2015, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/RAOHE-DECRETO-EJECUTIVO-1215.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (04 de Mayo de 2015). Recuperado el 10 de Junio de 2015, de <http://suia.ambiente.gob.ec:10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

Miranda, F. (18 de 10 de 2002). *www.cepal.org*. (CEPAL, Ed.) Recuperado el 15 de 10 de 2016, de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/25584>

Moncayo, D., Trejos, R., Maridueña, A., & Castro, R. (2010). Niveles de mercurio, Cadmio y Plomo en Productos Pesqueros de Exportación. *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 65-74.

Montaño, M., & Sanfeliu, T. (08 de 2008). <http://repositori.uji.es>. Recuperado el 25 de 08 de 2016, de <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/20033/32784.pdf?sequence=1>

Montes, P. (2001). <https://books.google.com.ec>. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=wbig4qCRQZAC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Medio+ambiente+y+desarrollo+sostenido+Escrito+por+Julio+Montes+Ponce+de+Le%C3%B3n&ots=MQL0uDX1oR&sig=XhXqhojvFzQiKKW7RWhzX_H3xc&redir_esc=y#v=onepage&q=Medio%20ambiente%20y%20d

Morales, P., & Valladarez, A. (2012). dspace.ucuenca.edu.ec. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/698/1/te329.pdf>

Moreno, H. (08 de 2015). Auditoria Ambiental Interna. Cinco Barcasas de Termoguayas Generation S.A.150 Mw. *Termoguayas Generation S.A.* Guayaquil, Guayas, Ecuador.

- Naranjo, Y., & Troncoso, W. (2008). <http://www.scielo.org.co>. Recuperado el 12 de 10 de 2016, de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v37n2/v37n2a07.pdf>
- NEMI. (2016). <https://www.nemi.gov>. Recuperado el 11 de 12 de 2016, de https://www.nemi.gov/methods/method_summary/5583/
- ONU-DAES. (22 de 10 de 2014). www.un.org. Recuperado el 14 de 10 de 2016, de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- PEMEX. (2009). www.pemex.com. Recuperado el 8 de Agosto de 2015, de http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/informes_art70/INFORME%20ANUAL%20PEMEX%202009.pdf
- Pérez, J., & Vallverdú, A. (02 de 1997). www.dipalme.org. Recuperado el 18 de 10 de 2016, de [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C13/\\$File/SA-C13.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C13/$File/SA-C13.pdf)
- PNUMA - FONAG. (06 de 2011). www.pnuma.org. Recuperado el 15 de 08 de 2016, de <http://www.pnuma.org/agua-miaac/Documentos/Asistenciatecnica/Sistematizacion%20PNUMA%20-%20FONAG.pdf>
- Pontón, D. (02 de 2016). <http://repositorio.ug.edu.ec>. Recuperado el 25 de 11 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11974/1/TESIS%20DIEGO%20PONTON%20C3%93N%2016%20feb%202016.pdf>
- Quintana, I. (2014). issuu.com. Recuperado el 20 de 08 de 2016, de https://issuu.com/tejemedios/docs/trabajo_final_termoelectricas
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). <https://books.google.com.ec>. Recuperado el 07 de 12 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=b8l-xhcHPEYC&pg=PA88&lpg=PA88&dq=materia+flotante&source=bl&ots=Ttt1OI9CCe&sig=_lWAeY665lBxbf1RAZUgH-0dzLU&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiN2tXw1uPQAhVE7CYKHVRCDkQ4ChDoAQgtMAM#v=onepage&q=s%20C3%B3lidos%20suspendidos&f=true
- Registro Oficial del Ecuador. (04 de Enero de 2007). Recuperado el 23 de Octubre de 2015, de www.derechoecuador.com: <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2007/enero/code/18807/registro-oficial-4-de-enero-del-2007>
- Registro Oficial del Ecuador. (14 de 03 de 2007). www.derechoecuador.com. Recuperado el 23 de 10 de 2015, de <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2007/marzo/code/18854/registro-oficial-14-de-marzo-del-2007>

- Rigola, M. (1990). *books.google.com.ec*. Recuperado el 15 de 10 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Rogner, H.-H., & Popescu, A. (2000). *www.undp.org*. (U. N. Programme, Ed.) Recuperado el 09 de 10 de 2016, de <http://www.undp.org/content/dam/aplaws/publication/en/publications/environment-energy/www-ee-library/sustainable-energy/world-energy-assessment-energy-and-the-challenge-of-sustainability/World%20Energy%20Assessment-2000.pdf>
- Rosero, N. (2014). *http://repo.uta.edu.ec*. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6798/1/tesis-007%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20221.pdf>
- Salazar. (2009). *http://documents.mx*. Recuperado el 5 de 10 de 2016, de <http://documents.mx/documents/proyecto-de-titulo-claudia-salazar.html>
- Salazar, C. (2009). *documents.mx*. Recuperado el 5 de 10 de 2016, de <http://documents.mx/documents/proyecto-de-titulo-claudia-salazar.html>
- Samaniego, C. (09 de 2015). *repositorio.educacionsuperior.gob.ec*. Recuperado el 22 de 06 de 2016, de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1803/1/T-SENESCYT-01176.pdf>
- SAMBITO . (03 de 2014 a). *www.celec.gob.ec/termogasmachala/*. Recuperado el 25 de Febrero de 2015, de www.celec.gob.ec/termogasmachala/EIA/EIA%20Ciclo%20Combinado%20Termogas%20Machala.pdf
- SAMBITO . (2014 b). *EIA. Para el proyecto de generación Termoeléctrica de Ciclo Combinado y generacion existente, de 480 MW, CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIO TERMOGAS MACHALA*. Guayaquil.
- SAMBITO. (2012). *Actualización del Plan de Manejo Ambiental Central Termoeléctrica termogas Machala 299,6 MW*. Guayaquil.
- SAMBITO, AAI. (2013). *www.celec.gob.ec/termogasmachala/*. Guayaquil. Recuperado el 25 de Febrero de 2015, de www.celec.gob.ec/termogasmachala/EIA/EIA%20Ciclo%20Combinado%20Termogas%20Machala.pdf
- SAMBITO. AA1. (2011). *www.celec.gob.ec*. Recuperado el 16 de 08 de 2016, de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/AA/aa1_1_t_esclusas_trinitaria.pdf

- SAMBITO. AA2. (07 de 08 de 2011). *www.celec.gob.ec*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/AA/aa2_1_t_esclusas_trinitaria.pdf
- SAMBITO. AA2. (07 de 08 de 2011). *www.celec.gob.ec*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/AA/aa2_1_t_esclusas_trinitaria.pdf
- SAMBITO. AA3. (2011). *www.celec.gob.ec*. Recuperado el 16 de 08 de 2016, de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/AA/aa3_1_t_esclusas_trinitaria.pdf
- Sánchez, A. (01 de 2011). *www2.inecc.gob.mx*. (S. d. Naturales, Ed.) Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/643.pdf>
- Sanchez, O. (2007). *www2.inecc.gob.mx*. Recuperado el 28 de Julio de 2015, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/533/ecosistemasa.pdf>
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R., & Zambrano, L. (07 de 2007). <http://www.inecc.gob.mx>. Recuperado el 15 de 08 de 2016, de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/533.pdf>
- Santos, F., Montes, C., Alcorlo, P., García, S., González, B., Vidal, M., . . . Benayas, J. (2015). *www.um.es*. (F. E. Pesca, Ed.) Recuperado el 16 de 10 de 2016, de <http://www.um.es/prinum/uploaded/files/2015-07-03-estudio-final-mejora-pesca-espana.pdf>
- Scelzo, M. (1997). <http://www.scielo.cl>. Recuperado el 09 de 12 de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-71781997002500013
- SENAGUA. (2011). *www.agua.gob.ec*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/InformeGestion2010-2011.pdf>
- SENAGUA. (2012). *Análisis de la calidad del agua en las cuencas de los ríos Balao, Gala, Tenguel, Siete y Pagua*. Machala: Demarcación Hidrográfica Jubones. Recuperado el 17 de 01 de 2017
- SENAGUA. (2013). *Informe de interpretación de los resultados de los análisis de calidad del agua de la cuenca de los ríos Chaguana, Pagua, Siete, Tenguel, Gala y afluentes*. Machala: Demarcación Hidrográfica Jubones. Recuperado el 17 de 01 de 2017
- SETEMAR. (2014). *ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN DEL MAR TERRITORIAL CONTINENTAL DEL ECUADOR, BASES PARA LOGRAR LA ZONIFICACION MARINA*. Guayaquil: CONSULSUA-GEOESTUDIOS.

- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). <http://www.eumed.net>. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). www.eumed.net. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Shiklomanov, I. (1993). www.academia.edu. (P. Gleick, Ed.) Recuperado el 10 de 08 de 2016, de http://www.academia.edu/902661/Water_in_Crisis_Chapter_2_Oxford_University_Press_1993
- Skiba, Y., & Parra, D. (2011). *Introducción a los métodos de dispersion y control de contaminantes*. Mexico, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- SMA. (2014). www.sma.gob.cl. Recuperado el 20 de 02 de 2015, de www.sma.gob.cl/index.php/.../guias.../217-guia-sma-termoelectricas
- SMA.Cl. (2014). www.sma.gob.cl. Recuperado el 20 de 02 de 2015, de www.sma.gob.cl/index.php/.../guias.../217-guia-sma-termoelectricas
- Smith, B., & Day, L. (2002). *System description & operating instructions plant drains system SDOI-10*. Washington: Machala Power Project.
- Spiegel, J., & Maystre, L. (2000). (O. I. TRABAJO, Ed.) Recuperado el 25 de 02 de 2015, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/55.pdf>
- Standard Methods. (2001). <https://www.standardmethods.org>. Recuperado el 11 de 12 de 2016, de <https://www.standardmethods.org/store/ProductView.cfm?ProductID=41>
- Suárez, E. (08 de 2013). www.kas.de. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de http://www.kas.de/wf/doc/kas_36621-1522-4-30.pdf?140120190142
- Suarez, J., Tejero, I., & Jácome, A. (1997). www.geama.org. Recuperado el 18 de Septiembre de 2015, de www.geama.org/sanitaria/index.php?o=downloads&i=214
- Tacon, A. (1989). <http://www.fao.org>. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/ab492s04.htm>
- Talavera, V., & Zapata, L. (07 de 1998). <http://www.nicovita.com>. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/jul_98_03.pdf
- Tarback, E., Lutgens, F., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra* (Octava edición ed.). (A. T. científicas, Trad.) Madrid: Pearson Educación S.A.

- Terleira, E. (05 de 2010). <http://tesis.unsm.edu.p>. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/327/1/Enrique%20Terleira%20Garc%C3%ADa.pdf>
- Torres. (12 de 2012). <https://dialnet.unirioja.es>. Recuperado el 22 de 01 de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5688315>
- Torres, P., Jenny, R., Barba, L., Morán, A., & Narváez, J. (06 de 2005). <http://rcientificas.uninorte.edu.co>. Recuperado el 22 de 01 de 2017, de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile/2405/1563>
- Torres, R. (2010). <dspace.ups.edu.ec>. Recuperado el 17 de 08 de 2016, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2637/15/UPS-CT002222.pdf>
- Tudurí, A. (2012). <http://www.bib.fcien.edu.uy>. Recuperado el 04 de 12 de 2016, de <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/etd/pasan/uy24-15753.pdf>
- U.S. Department of the Interior. (02 de 12 de 2016). <http://water.usgs.gov>. Recuperado el 20 de 10 de 2016, de <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>
- UNAD. (2012). <http://datateca.unad.edu.co>. Recuperado el 18 de 01 de 2016, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/356019/CONTENIDO_EXE/EXE%20Contenido%20Curso/leccin_4_partes_de_la_cuenca.html
- UPRM. (2016). <http://www.uprm.edu>. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf>
- Uribe, H., Amado, J., & Orozco, G. (2007). Rentabilidad del Algodonero tratado con Biosólidos en el Valle del Conchos, Chihuahua. En E. Salazar, H. Trejo, I. Orona, C. Vazquez, J. López, M. Fortis, . . . F. Jiménez, & S. M. Suelo (Ed.), *Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e inocuidad* (págs. 204-237). México: Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED.
- US. EPA. (03 de 2015). www.epa.gov. Recuperado el 18 de 10 de 2016, de https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-03/documents/list_of_lists.pdf
- Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., & Cano, Z. (2005). <https://books.google.com.ec>. Recuperado el 04 de 12 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=oHJqJzvVdQoC&oi=fnd&pg=PT5&dq=ecologia+y+medio+ambiente&ots=KQhLHFS58j&sig=hd6256OKbDPS7t9eW0NTTGRxXVE&redir_esc=y#v=onepage&q=ecologia%20y%20medio%20ambiente&f=false
- Veintimilla, L., Espinoza, K., & Metz, J. (2005). <http://repositorio.ug.edu.ec>. Recuperado el 21 de 01 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/736/1/967.pdf>

- Vera, L., Uguña, M., García, N., Flores, M., & Vásquez, V. (06 de 03 de 2015). *www.raco.cat*. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/308436/398451>
- Yabroudi, S., Almarza, J., Pedrique, F., Cárdenas, C., & Herrera, L. (11 de 2009). <http://www.scielo.org.ve>. Recuperado el 22 de 08 de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001100004
- Zambrano, M., Casanova, R., Prada, J., Arencibia, G., Vidal, A., & Capetillo, N. (2012). *www.scielo.cl*. Recuperado el 12 de 10 de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382012000200001

9. GLOSARIO

Afluente: Agua o líquido residual que ingresa a un cuerpo de agua el cual es receptor, reservorio, planta o proceso de tratamiento.

Agua dulce: Es aquella que no contiene importantes cantidades de sales. En general se consideran valores inferiores a 0.5 UPS (unidad práctica de salinidad que representa la cantidad de gramos de sales disueltas por kg de agua).

Agua marina: Es el agua de los mares y océanos. Se distinguen por su elevada salinidad, también conocida como agua salada. Las aguas marinas corresponden a las aguas territoriales en la extensión y términos que fijen el derecho internacional, las aguas marinas interiores, las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanentemente.

Agua doméstica residual: Mezcla de desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales.

Agua residual: Agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original.

Agua residual industrial: Agua de desecho generada en las operaciones o procesos industriales.

Aguas negras y grises: Residuo de agua de composición variada que proviene de actividades domésticas y/o industriales o también aquella por la cual su composición original ha sido degradada.

Abiótico: Los caracterizados por la ausencia de vida; incluyen temperatura, humedad, pH y otros factores físicos y químicos.

Agua superficial: Se la denomina a aquella masa de agua que está sobre la superficie de la tierra, la cual forma diversos cuerpos de agua y asimismo pueden ser naturales o artificiales.

Agua estuarina: Tramos de ríos que se hallan bajo la influencia de las mareas y que están limitadas en extensión hasta la zona donde existe una elevada concentración de cloruros.

Ambiente: Se le denomina al conjunto de leyes, interacciones, condiciones e influencias de orden químico, físico y biológico, permitiendo resguardar y que rigen la vida en todas sus formas.

Autoridad Ambiental Competente: Encargado de todos los procesos de prevención, control y seguimiento de la contaminación ambiental.

Área de influencia: Ámbito geográfico en el cual se generan los posibles impactos ambientales significativos ocasionados por un proyecto.

Área sensible: Que contiene especies, poblaciones, comunidades o grupos de recursos vivientes, artefactos o características arqueológicas, comunidades humanas densas, que son susceptibles a daños por las actividades normales de desarrollo del proyecto. Los daños incluyen interferencia con actividades diarias esenciales, o relaciones ecológicas, en el caso de la biota.

Biodiversidad: Se conoce como Biodiversidad al conjunto compuesto de organismos vivos (fauna y flora) de un área determinada.

Carga contaminante: Se llama así a la cantidad de uno o varios contaminantes, y que es aportada en una descarga de aguas residuales o está presente en un cuerpo receptor y se expresa en unidades de masa por unidades de tiempo.

Carga máxima permisible: Es el límite de carga de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.

Capacidad de auto depuración: Propiedad que posee un cuerpo de agua receptor y que le ayuda a mejorar su calidad por medio de procesos físicos, químicos y biológicos.

Caracterización de aguas residuales: Proceso destinado al conocimiento integral y estadísticamente confiable de las características del agua residual (doméstica e industrial) e integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos.

Central termoeléctrica: Es una instalación, que se emplea para la generación de energía eléctrica a partir de calor generado por la quema de combustibles fósiles.

Contaminación: Alteración de los elementos ambientales por causa de las actividades o acciones de un proyecto o causas naturales.

Contaminación del agua: Se le denomina así a la alteración de las características físicas, químicas o biológicas en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado.

Contaminación térmica: Cualquier alteración de la calidad del agua con una temperatura objetable para el uso deseado.

Cuerpo receptor: Cuenca, cauce, río o cuerpo de agua que sea susceptible de recibir directa o indirectamente el vertido de aguas residuales.

Desecho: Se aplica a todo producto residual, proveniente de la industria, la agricultura, el hogar, el comercio.

Depuración o tratamiento de aguas residuales: Término usado para representar la purificación o remoción de contaminantes de las aguas residuales.

Descarga de aguas residuales: Acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor.

Descarga Puntual: Cualquier fuente definida de la cual se descargan o pueden descargarse contaminantes.

Desechos peligrosos: Los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales aplicables.

Ecosistema: Comprende el conjunto de seres vivos que viven en un área determinada, los factores que lo caracterizan y las relaciones que se establecen entre los seres vivos y entre estos y el medio físico. El ecosistema equivale a la biocenosis más el biótomo, luego incluye los seres vivos que habitan un área o zona determinada y su ambiente. La tierra es un enorme ecosistema que incluye en su interior otros ecosistemas pequeños, como: montañas, bosques, lagos, etc.

Erosión: Procesos naturales de naturaleza física y química que desgastan y destruyen continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre; incluyen el transporte de material, pero no la meteorización estática. La erosión tiene un lugar en lapsos muy cortos y esta favorecida por la pérdida de la cobertura vegetal o la aplicación de técnicas inapropiadas en el manejo de los recursos naturales renovables (suelo, agua, flora y fauna).

Especie: Individuo o conjunto de individuos que comparte con otras características biológicas semejantes y con potencialidad para intercambiar genes entre sí dando descendencia fértil.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): Es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos.

Efluente: Descarga que proviene de una actividad determinada.

Emisario submarino: Se le conoce como un ducto de diferentes longitudes y su uso sirve para la disposición final de los efluentes residuales previamente tratados.

Fauna: Especies o conjunto de especies animales que habitan en una región geográfica determinada.

Flora: Conjunto de especies vegetales.

Gestión ambiental: Se entiende el "conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del Medio Ambiente, basándose en una coordinada información multidisciplinar y en la participación ciudadana".

Hidrocarburos: Cualquiera de una gran clase de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Los compuestos de hidrocarburos se dividen en dos clases amplias: aromáticos y alifáticos. Ocurren principalmente en petróleo, gas natural, carbón y bitúmenes.

Impacto Ambiental: Alteraciones producidas en el medio ambiente por la ejecución de actividades productivas (Glosario Petroecuador).

Industria: Sitio o lugar donde mediante procesos como: elaboración, procesos, manufacturas se produce la transformación de materia prima en diversas etapas.

Línea de Transmisión Eléctrica: Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de acero, cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión.

Laboratorio acreditado: Laboratorio o conjunto de ellos que puede ser público o privada y que acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Metales pesados: Elementos los cuales poseen una densidad relativa mayor de 4 o 5 y causantes de distintos problemas ambientales.

Monitoreo de la calidad en cuerpos de agua: Seguimiento de tipo sistemático mediante toma de datos de campo y muestreos a intervalos de tiempo definidos para la obtención de información y finalmente que con lo recopilado se pueda evaluar parámetros de calidad.

Muestra compuesta: Está formada por mezcla de alícuotas de muestras individuales, tomadas a intervalos y durante un período de tiempo predeterminado.

Muestra puntual: Muestra individual, tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua), representa la calidad del agua en el tiempo y en lugar en que fue tomada.

Muestreo: Proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas.

Monitoreo: Proceso de seguimiento permanente mediante toma de muestras, procesamiento, análisis y comparación con la legislación vigente a fin de determinar alteraciones ambientales.

Plan de Manejo Ambiental (PMA): Conjunto de programas, subprogramas y actividades planificadas tendientes a prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales.

Parámetro, componente o característica: Se le llama así a una variable o propiedad física, química, biológica y/o combinación de las anteriores que permite caracterizar la calidad del recurso agua o de las descargas que llegan a uno.

Planta de tratamiento de aguas residuales: Conjunto de obras, facilidades y procesos, implementados para mejorar las características del agua residual doméstica e industrial.

Punto de muestreo: Lugar de extracción para toma de muestras de agua.

Residuos peligrosos: Son residuos que debido a su naturaleza son potencialmente peligrosos para la salud humana y la del medio ambiente.

Restaurar: Restablecer las propiedades originales de un ecosistema o hábitat.

Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE): Organismo oficial de acreditación del Ecuador, encargado de las tareas de evaluación de la conformidad, de acuerdo a la Ley del Sistema Nacional de Calidad

HTP: Hidrocarburos totales de petróleo.

Zona de mezcla: Área determinada técnicamente partiendo de un sitio de descarga, y que es indispensable para que se produzca una mezcla homogénea en el cuerpo de agua receptor.

10. ANEXOS

Anexo 1. Grupos de contaminantes que llegan al mar (Boluda, 2008).

GRUPO DE CONTAMINANTES	PROCEDENCIA PRINCIPAL	EFECTOS NOCIVOS	PARÁMETROS INDICADORES DE SU PRESENCIA
<p><u>Petróleo y sus derivados</u></p>	<p>Su presencia se debe principalmente a pérdidas submarinas por exploración y explotación de pozos petrolíferos, operaciones navieras rutinarias o accidentes marítimos.</p>	<p>Sobre la vida de las especies que viven en las zonas costeras contaminadas por estos componentes. Los hidrocarburos contienen diversas sustancias cancerígenas peligrosas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de hidrocarburos • Determinación de aceites y grasas • Toxicidad • COT
<p><u>Aguas residuales de origen urbano</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales de origen humano • Residuos de materiales de uso doméstico, (detergentes) • Productos industriales o agrícolas 	<p>Llegan al mar por medio de los cursos de agua y a su vez también por emisarios submarinos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre la salud pública debido a las bacterias patógenas o debido a la acumulación de alguno de sus elementos en la cadena alimenticia. • Sobre los organismos marinos en general. • Sobre la estética. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbono Orgánico Total (COT). • Demanda Química de Oxígeno (DQO). • Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). • Contenido en fosfatos y nitratos.
<p><u>Metales pesados</u></p> <p>Entre los metales pesados más perjudiciales hay que destacar el mercurio,</p>	<p>Aunque llegan al mar a través de los ríos y emisarios o por vertidos directos</p>	<p>Son perjudiciales para la salud pública por acumulación en las cadenas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación del contenido en metales pesados. • Toxicidad

plomo, cadmio, arsénico, cobre, zinc, cromo y vanadio	procedentes de aguas residuales urbanas, la mayor aportación de estos metales tiene su origen en los efluentes industriales.	alimenticias y para los organismos marinos.	
<u>Biocidas</u> DDT (siendo el más frecuente) Endrin, Dieldrin Aldrin y Endosulfan...	Es frecuente su utilización a gran escala y existen zonas en el mundo donde su aplicación se hace con aviones, por lo que una parte más o menos grande pasa directamente a la atmósfera y de allí, una parte al mar.	Sus efectos nocivos son bastante conocidos ya que su utilización se remite a hace ya más de treinta años	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación del contenido en pesticidas. • Toxicidad
<u>Agua residual y otros desechos y productos industriales</u> <ul style="list-style-type: none"> • Aceites industriales (PCBs) • Productos químicos inorgánicos • Productos químicos orgánicos 	Llegan al mar a través de ríos, cloacas y emisarios submarinos. Ciertos desechos industriales, líquidos y sólidos, son vertidos al mar, fangos procedentes de la depuración de aguas residuales e industriales.	<ul style="list-style-type: none"> • Los ácidos y álcalis pueden producir daños localizados. • La presencia del fósforo y el nitrógeno puede provocar efectos de eutrofización. • Los PCBs producen efectos tóxicos similares a los Biocidas 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Determinación de fósforo y nitrógeno • Determinación de sulfito • Toxicidad • Otros.
<u>Sustancias radiactivas</u>	Proceden principalmente de la utilización de energía nuclear.	Efectos somáticos y genéticos asociados a	Controles de radiactividad

		<p>exposiciones agudas o crónicas. Cabe señalar que la descarga de residuos radiactivos está rigurosamente controlada a nivel internacional.</p>	
<p><u>Material inerte</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Arcillas y productos de dragados. • Residuos mineros • Plásticos 	<p>Proceden principalmente de depósitos y vertidos de basuras.</p>	<p>Entorpecen la navegación de embarcaciones pequeñas y ensucian aguas, costas y playas</p>	<p>Detección visual</p>
<p><u>Calor</u></p>	<p>Diversas actividades industriales en zonas costeras son causantes de la contaminación térmica, ya que requieren agua usada para enfriamiento de maquinaria y que sea de poco coste (centrales térmicas).</p>	<p>Reducción de la solubilidad del oxígeno aumentando la actividad metabólica del plancton y consecuentemente la DBO y la eutrofización</p>	<p>Detección de las fluctuaciones de temperatura.</p>

Anexo 2. Plano arquitectónico de la termoeléctrica TGM



Anexo 3. Turbinas 6FA#1 Y 6FA#2. Modelo PG6101



Anexo 4. Contenedores acoplados a las turbinas TM2500 (TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, TM6).



Anexo 5. Características del fuel gas empleado en la central termoeléctrica Termogas Machala

Compuesto	Fuel Gas % mol
Agua (lb/mmScf)	3
Azufre (ppm)	<1
Nitrógeno	0,684
Metano	98,3182
Etano	0,6413
CO ₂	0,0582
Propano	0,1941
Iso-Butano	0,0594
n-Butano	0,0176
Iso-Pentano	0,0135
n-Pentano	0,0032
Hexano y más pesados	0,0105

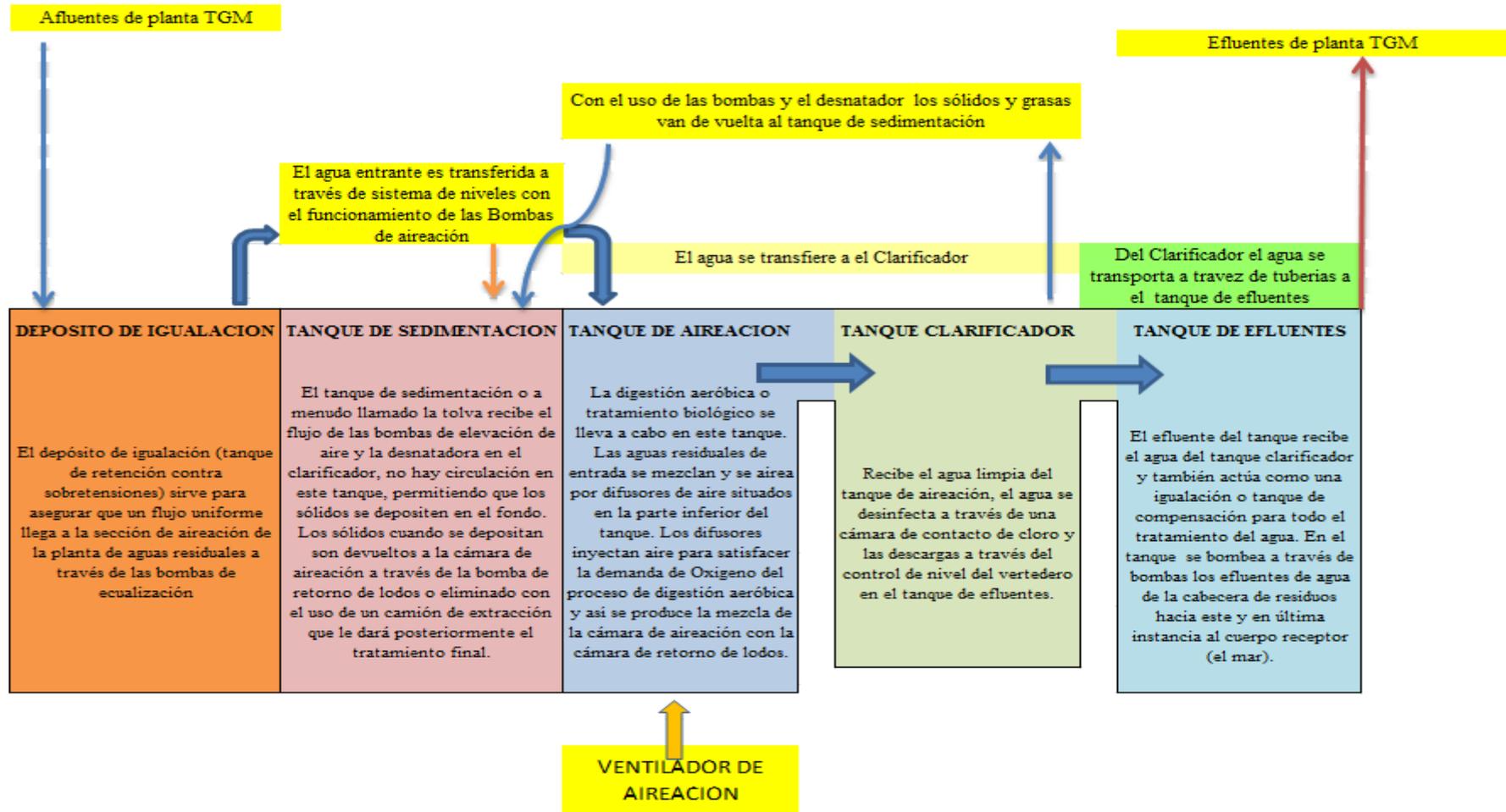
Anexo 6. A: Pozos subterráneos; B: Depósito TK-113 y TK-114



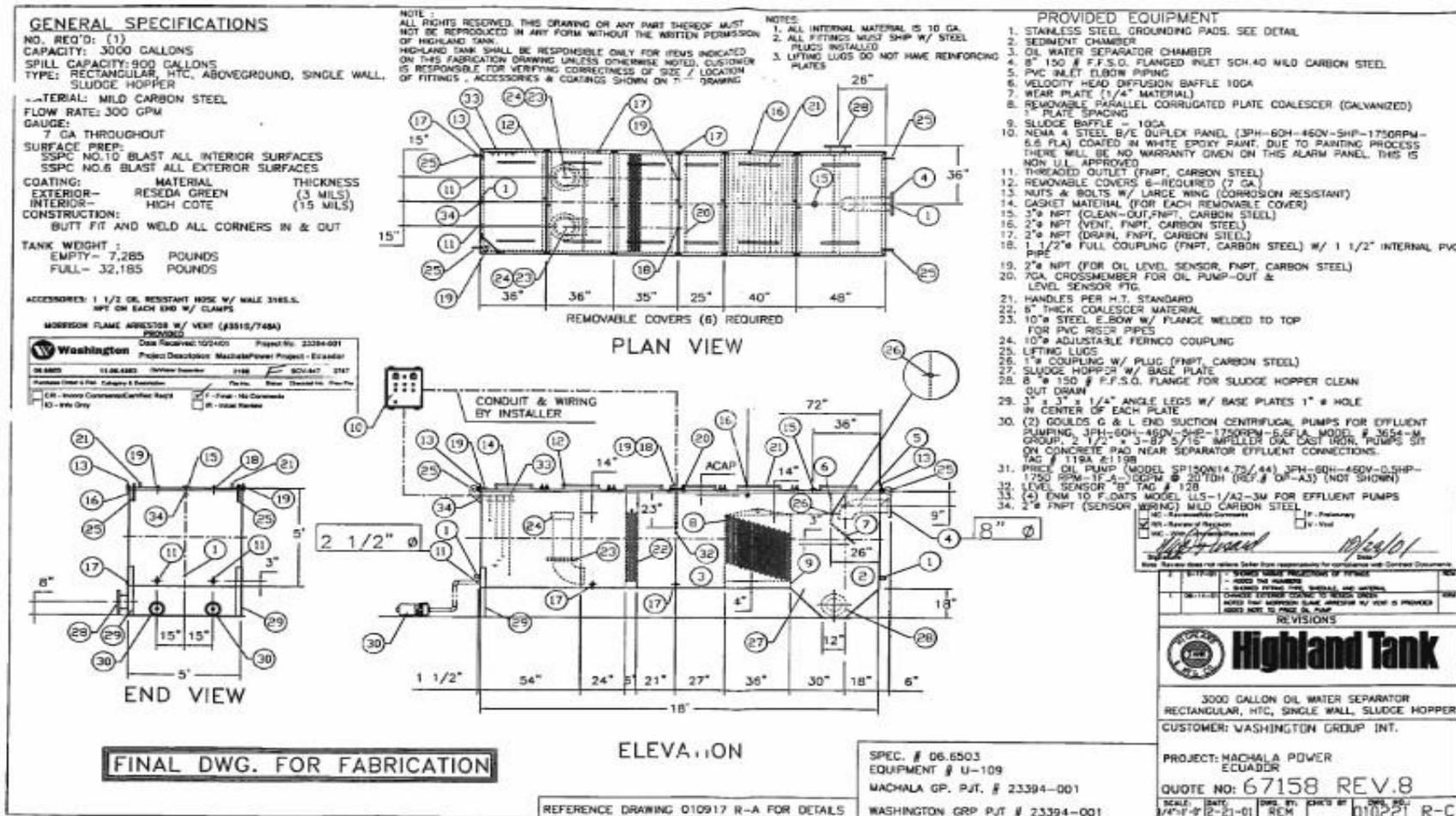
Anexo 7. Ubicación de las dos unidades de generación: 1) Machala 1 y 2) Machala 2.

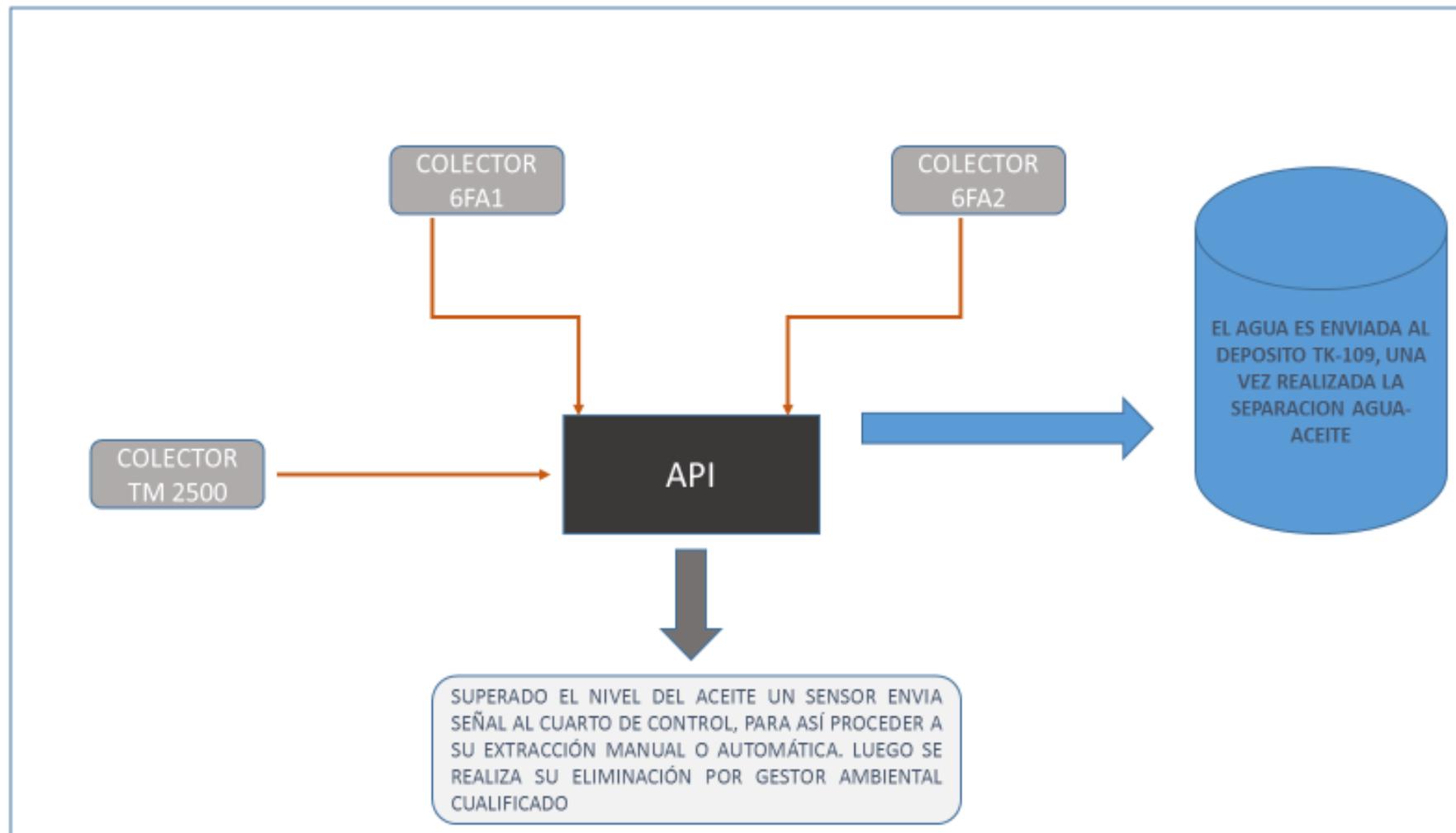


Anexo 8. Esquema de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTAR), en TGM



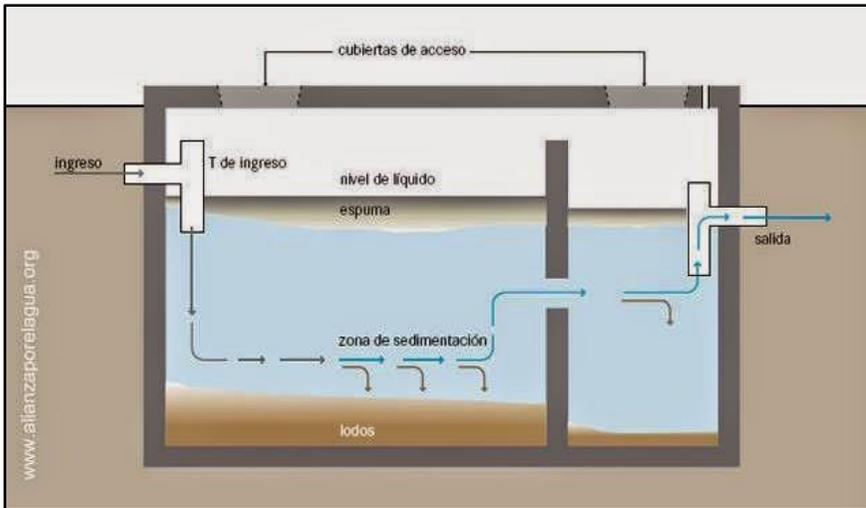
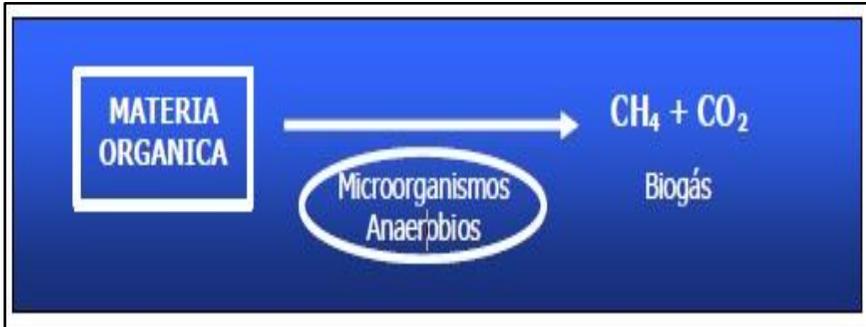
Anexo 9. Diagrama del sistema separador API.



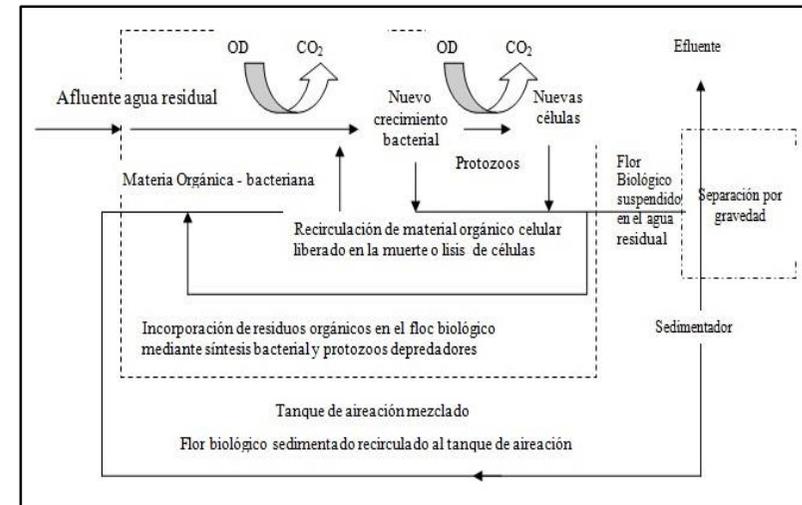
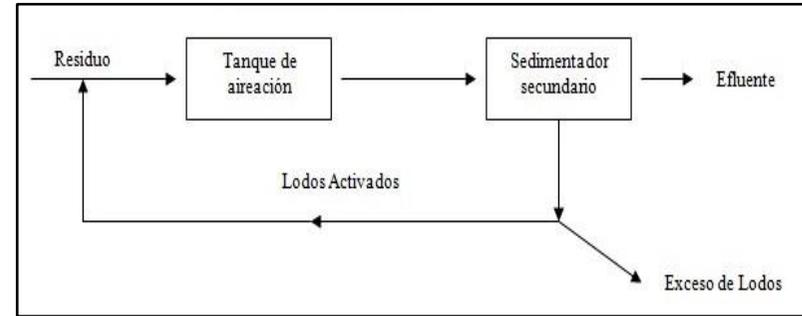


Anexo 10. Tratamientos de aguas residuales: A) Anaerobio, B) Aerobio.

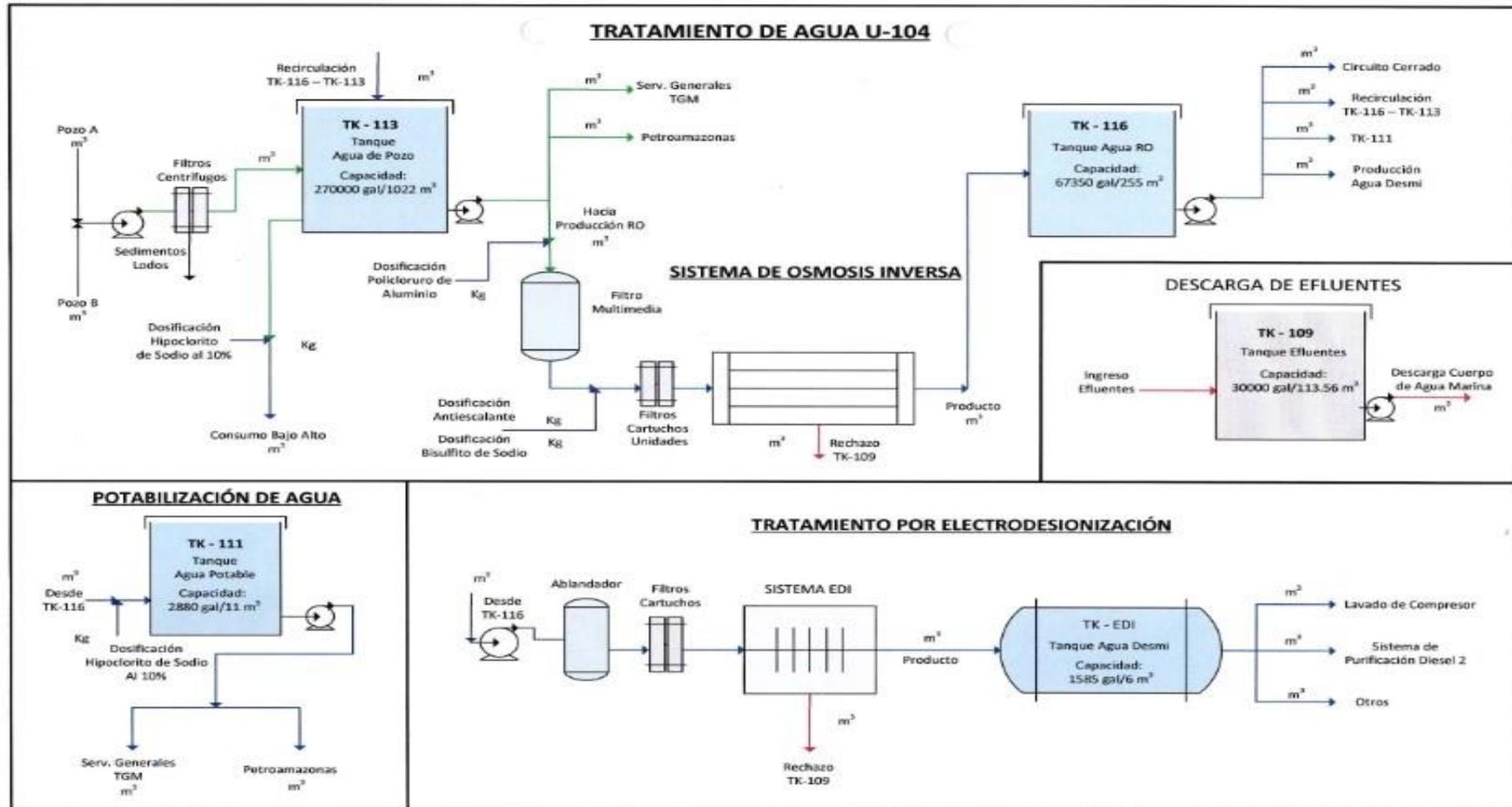
A.



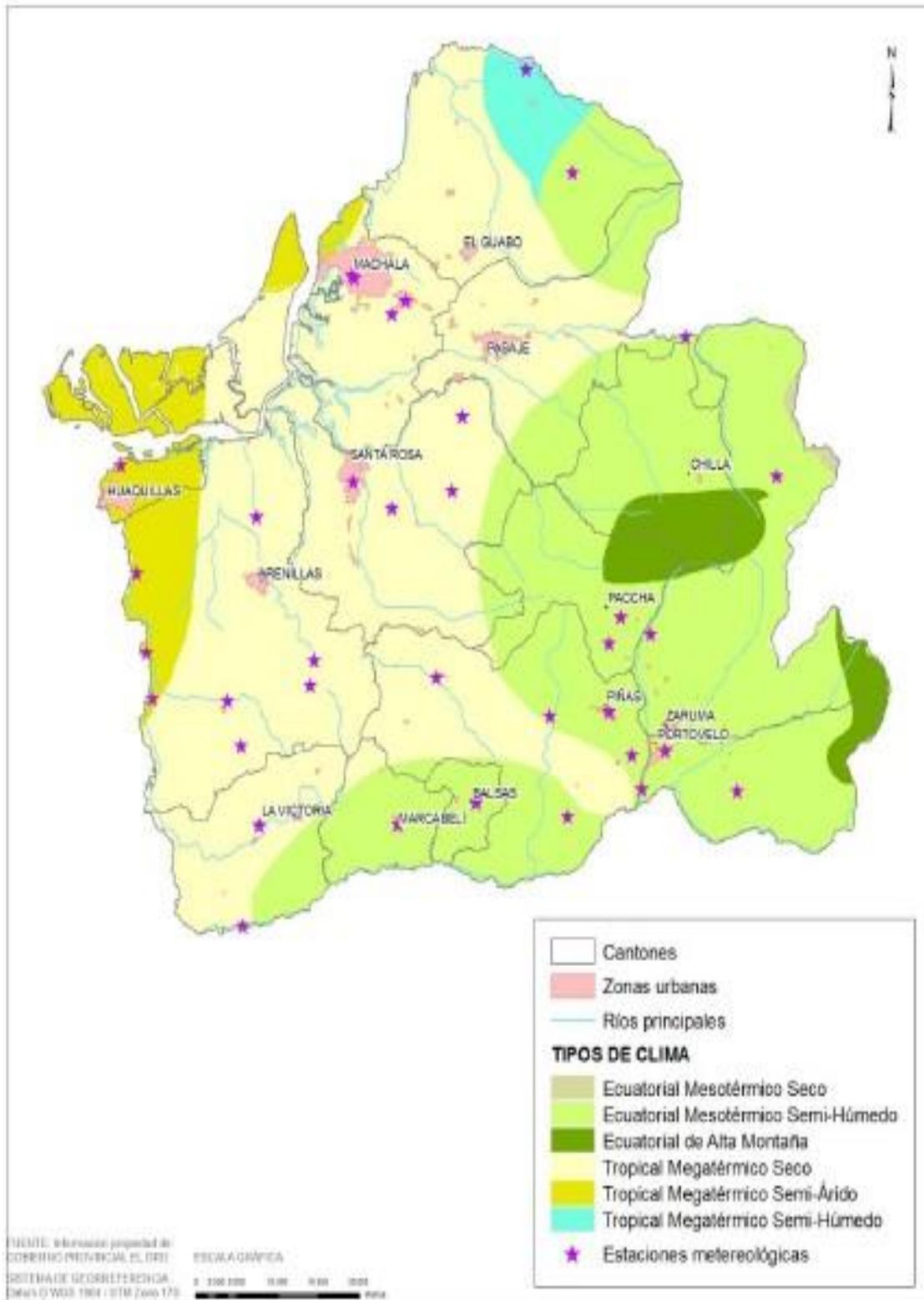
B.



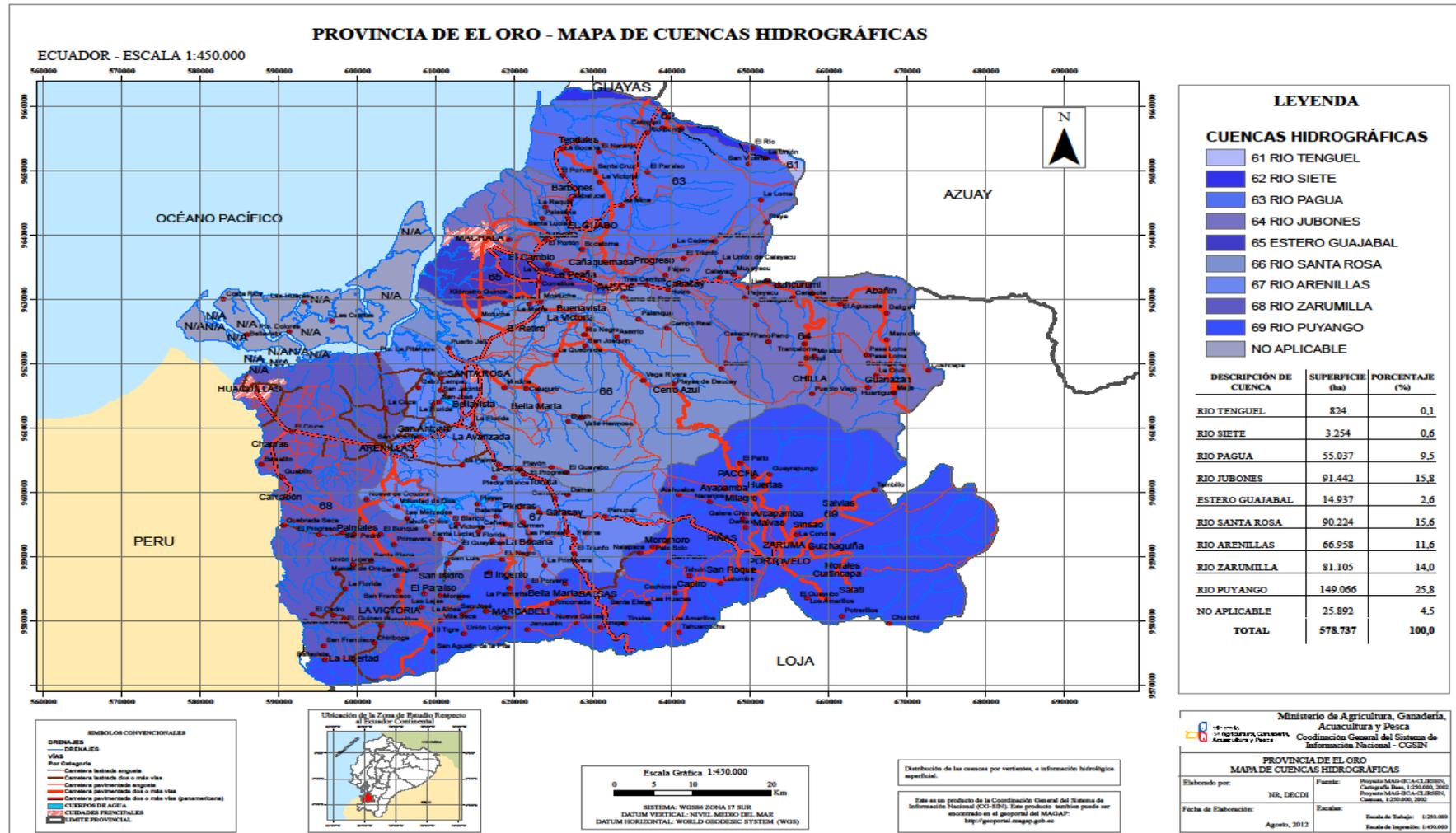
Anexo 11. Tratamiento de agua cruda U-104.



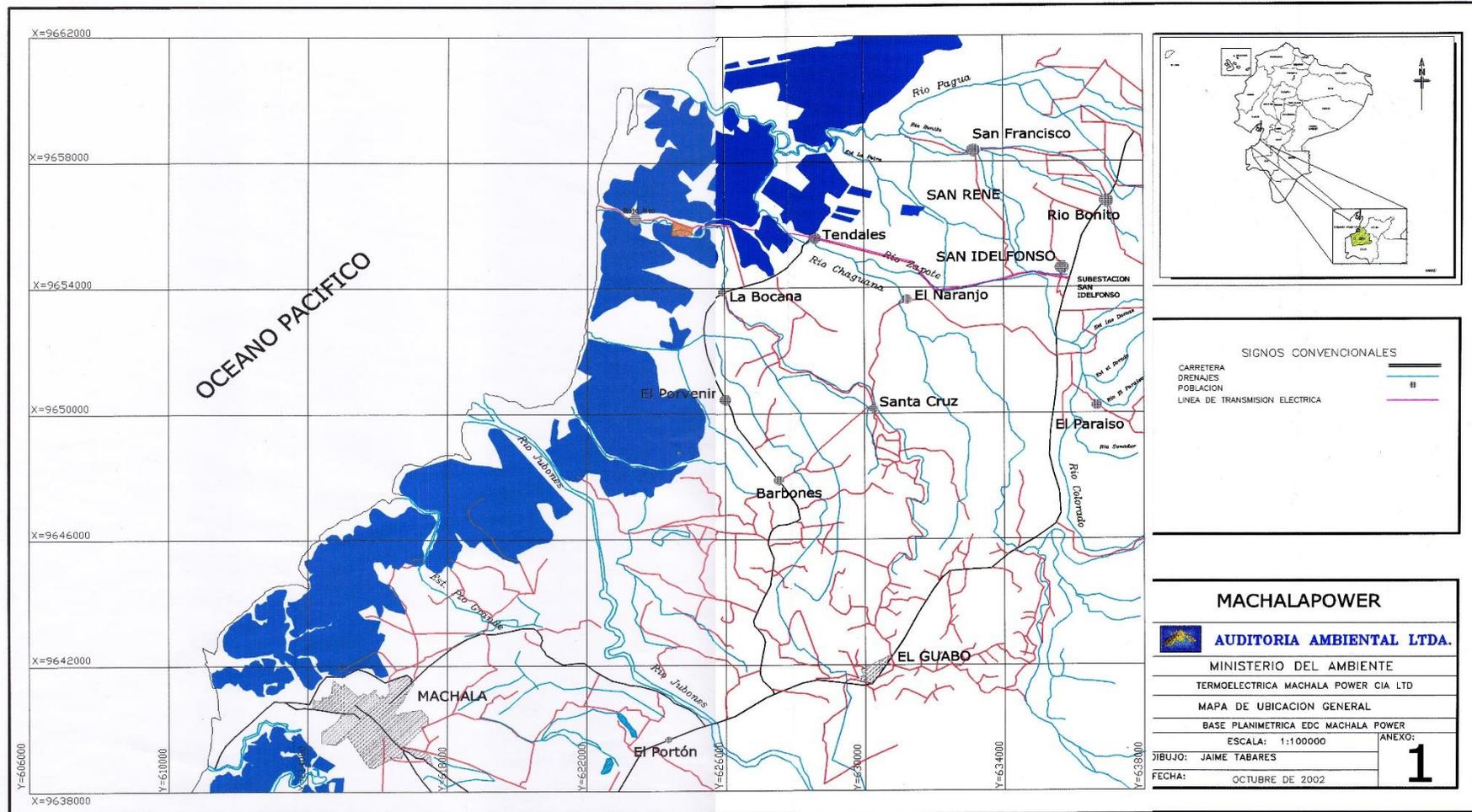
Anexo 12. Tipos de clima.



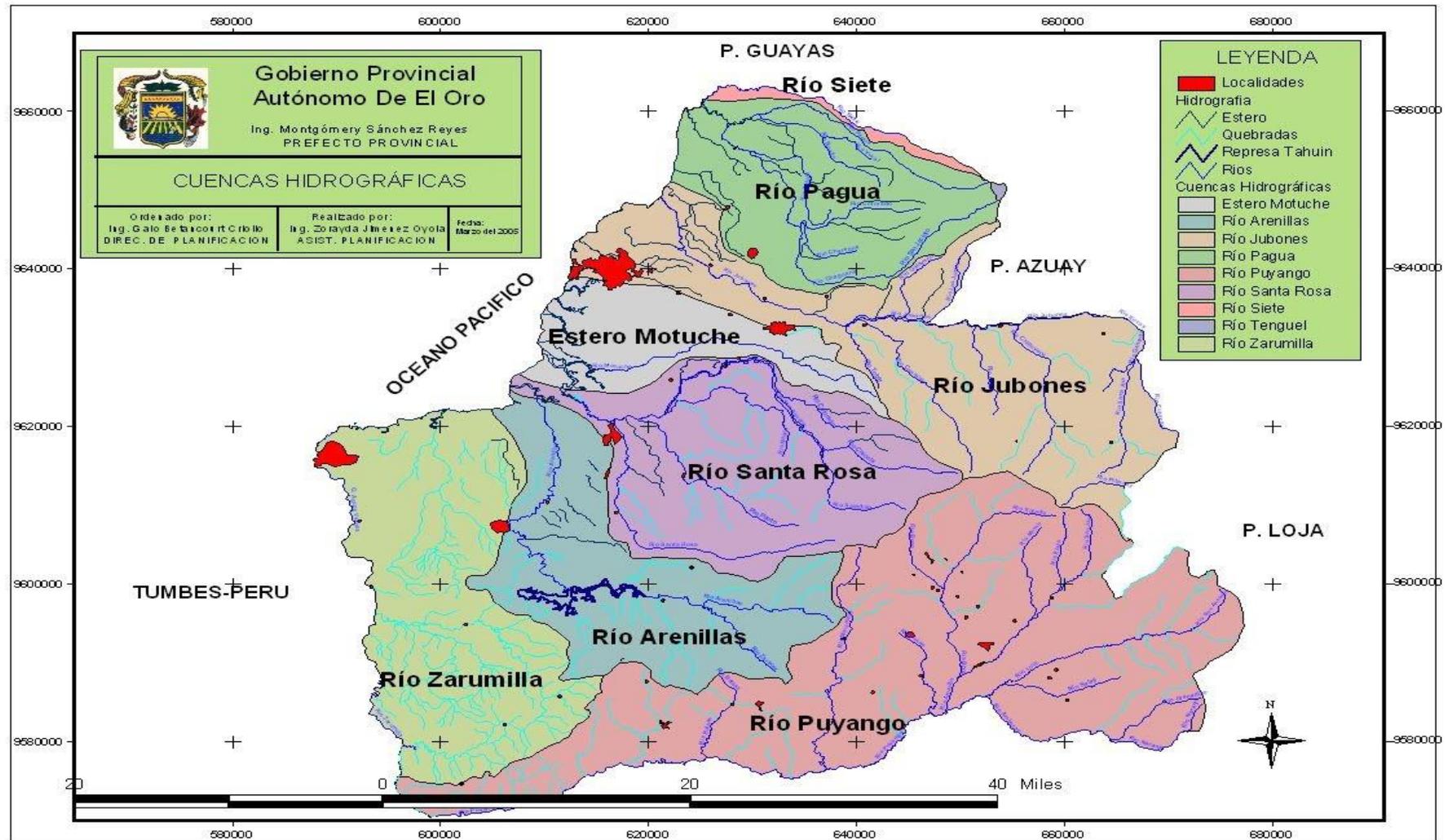
Anexo 13. Mapa de Cuencas Hidrográficas de la Provincia de El Oro.



Anexo 14. Mapa Hídrico y ubicación de planta termoeléctrica TGM.



Anexo 15. Cuencas Hidrográficas.



Anexo 16. Resultados de análisis de las Fuentes Hídricas.

Parámetros	Unidades	FUENTES HIDRICAS																		LMP USO DE RIEGO	LMP USO PRES FLORA Y FAUNA		
		DHU-SRB-01	DHU-SRB-02	DHU-SRB-03	DHU-SRB-04	DHU-SRGALA-01	DHU-SRGALA-02	DHU-SRGALA-03	DHU-SRGALA-04	DHU-SRTengel-01	DHU-SRTengel-02	DHU-SRSiete-01	DHU-SRSiete-02	DHU-SRSiete-03	DHU-SRPagua-01	DHU-SRPagua-03	DHU-SRPagua-02	DHU-SRSiete-04	DHU-SRSiete-05			DHU-SRSiete-06	
Conductividad	us/cm	61,3	84,9	99,7	129,4	98,7	87,0	244,0	131,1	87,9	179,0	63,8	837,0	996,0	59,1	76,0	97,7	230,0	470,0	341,0	NR	NR	
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	46	58	66	76	62	67	158	87	62	117	48	393	648	42	52	69	156	303	228	3000	NR	
pH		7,5	7,8	7,9	7,5	7,6	7,9	7,5	7,8	7,7	7,6	7,6	7,9	7,6	7,6	7,3	7,5	8,2	7,3	7,3	6-9	6-9	
Temperatura agua	°C	18,6	22,6	24,2	27,7	25,4	17,2	23,6	24,0	20,4	25,4	20,0	21,9	23,2	20,8	23,0	22,4	22,9	25,5	23,2	NR	32	
Temperatura ambiente	°C	23,6	28,9	34,5	28,0	28,0	26,8	29,3	27,2	26,4	25,1	21,8	25,2	25,5	26,2	26,9	24,9	25,0	28,4	26,5	NR	NR	
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,7	7,9	7,8	5,7	7,3	7,4	7,4	8,0	8,2	8,0	8,2	8,0	6,8	8,3	8,1	8,0	8,8	7,4	8,0	NR	5	
% Oxígeno disuelto	% OD	94,50	94,50	94,50	72,80	89,20	92,50	87,40	95,20	94,40	97,20	94,50	93,20	80,60	94,80	94,90	91,90	102,30	90,50	94,40	NR	60	
Turbiedad	NTU	5	7	4	10	3	0	790	215	20	23	1	1120	181	3	0	2	0	77	8	NR	NR	
Color	HAZEN	2	3	9	8	6	6	530	204	15	18	5	502	116	2	3	6	4	30	10	NR	NR	
Sólidos totales	mg/L	127	115	147	166	136	143	660	266	108	191	100	1826	1239	111	104	122	196	441	282	NR	NR	
Sólidos suspendidos	mg/L	15	14	8	64	14	15	338	97	42	43	43	1187	377	64	50	41	30	113	26	NR	NR	
Nitratos (N-NO3)	mg/L	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	1	0,5	0,2	1,1	0,2	11,2	11,5	0,2	0,2	0,19	5	4,1	4,4	NR	NR	
Nitritos (N-NO2)	mg/L	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005	0,005	0,008	0,005	0,003	0,004	0,02	0,02	0,032	0,009	0,005	0,009	0,004	0,005	NR	0,06	
Sulfatos	mg/L	7	7	14	12	7	7	29	8	9	7	7	350	415	7	7	7	25	210	120	NR	NR	
Fosfatos	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,05	0,1	0,02	NR	NR		
Alcalinidad	mg CaCO3/L	36	39	37	45	46	52	95	55	33	68	31	62	49	27	31	42	69	24	37	NR	NR	
Bicarbonato	mg/L	36	39	37	45	46	52	95	55	33	68	31	62	49	27	31	42	69	24	37	NR	NR	
Carbonato	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR	
Dureza Total	mg CaCO3/L	27	35	42	46	41	58	125	75	51	79	44	423	464	29	29	50	109	195	140	NR	NR	
Dureza Calcica	mg CaCO3/L	20	27	30	29	27	30	73	37	27	40	14	253	328	16	15	18	35	104	82	NR	NR	
Cloruros	mg/L	11	11	11	11	11	11	0,2	0,2	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,05	0,1	0,02	NR	NR		
DQO	mg O2/L	8	8	8	8	8	13	8	8	8	8	10	130	8	8	11	8	40	12	12	NR	NR	
DBO5	mg O2/L	1	2	1	1	1	5	1	1	1	2	1	8	3	1	1	1	9	7	8	NR	NR	
Hierro	mg/L	0,44	0,41	0,35	0,91	0,25	0,53	0,06	0,40	0,82	1,22	0,74	0,07	0,05	0,28	0,43	0,08	0,39	0,07	1,09	5	0,3	
Arsénico	mg/L	0,0004	0,0006	0,0029	0,0022	0,0003	0,0006	0,0076	0,0155	0,0030	0,0034	0,0035	0,0031	0,0011	0,0010	0,0021	0,0032	0,0130	0,0040	0,0243	0,1	0,05	
Aluminio	mg/L	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5	0,1	
Mercurio	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,001	0,0002	
Cadmio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,001	
Plomo	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	NR	
Zinc	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	2	0,18	
Cobre	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	2	0,02	
Cromo total	mg/L	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	NR	0,05	
Antimonio	mg/L	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	NR	NR	
Magnesio	mg/L	1,70	1,90	2,90	4,00	3,30	6,90	12,40	9,40	5,80	9,70	7,30	41,40	33,10	3,00	3,30	7,80	13,10	22,10	14,00	NR	NR	
Potasio	mg/L	0,35	0,4	0,4	0,68	0,4	0,4	0,43	0,27	0,4	0,64	0,4	1,84	4,67	0,4	0,4	0,4	0,4	2,25	0,55	NR	NR	
Cianuro libre	mg/L	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	NR	0,01	
Cianuro total	mg/L	0,007	0,007	0,007	0,014	0,014	0,007	0,007	0,007	0,007	0,014	0,014	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,016	0,12	0,25	0,2	NR	
Coliformes Totales	NMP/ml	130	400	33	100	100	540	1000	1000	920	100	920	10000	400	100	400	1000	100	1000	1000	1000	NR	NR
Coliformes Fecales	NMP/ml	22	50	13	30	33	46	30	30	49	130	49	30	10	13	30	30	30	30	30	NR	200	

El Laboratorio reporta como < n valor
 Sobrepasan los límites máximos permisibles

Anexo 17. Resultados de análisis de aguas Residuales del efluente de los sistemas de tratamiento.

AGUAS RESIDUALES								LIMIT DESCARGAS AGUA DULCE
Parámetros	Unidades	DHU-LgOx-E- Balao	DHU-LgOx-S- Balao	DHU-LgOX - E- Sta Mart	DHU-LgOx-S- Sta Mart	DHU-LgOX-E- PonEnr	DHU-LgOx-S- PonEnr	
Conductividad	us/cm	1305,0	1412,0	463,0	648,0	637,0	584,0	NR
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	791	781	306	430	412	381	NR
pH		6,9	8,6	7,3	6,9	7,0	6,9	5-9
Temperatura agua	°C	27,5	31,1	24,1	24,2	25,2	24,8	NR
Temperatura ambiente	°C	25,1	24,5	26,0	25,6	29,8	29,6	NR
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,1	11,1	5,1	1,6	2,0	2,0	NR
% Oxígeno disuelto	% OD	1,7	149,7	61,2	19,2	24,4	24,0	NR
Turbiedad	NTU	357	227	200	105	224	30	NR
Sólidos totales	mg/L	915	795	424	487	630	435	1600
Sólidos suspendidos	mg/L	435	110	295	188	197	39	100
Nitrógeno Total	mg/L	1	38	32	41	0,7	25	15
DQO	mg O2/L	34	39	37	37	32	44	250
DBOs	mg O2/L	0	11	5	2	2	2	100
Hierro	mg/L	0,07	0,07	0,07	0,07	0,17	0,12	10
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0003	0,0046	0,0006	0,0046	0,0030	0,1
Aluminio	mg/L	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	0,4	0,4	0,4	0,4	5
Zinc	mg/L	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	5
Cobre	mg/L	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	0,05	0,05	0,05	1
Magnesio	mg/L	1,7000	6,2000	3,7500	7,5000	8,6000	4,2000	NR
Potasio	mg/L	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	10,79	9,99	NR
Cianuro libre	mg/L	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	NR
Cianuro total	mg/L	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	0,1
Coliformes Totales	NMP/mL	16000000	7900	9200000	130000000	350000000	5400000	NR
Coliformes fecales	NMP/mL	79000	79	3500000	680000	2400000	2400000	3000
	El Laboratorio reporta como < n valor							
	Sobrepasan los límites máximos permisibles							

Anexos 18. Monitoreo 2013, SENAGUA. Resultados de análisis de calidad del agua TULSMA.

Parámetros	Unidades	PUNTOS DE MUESTREO				TABLA 1.- LMP AGUAS DE CONSUMO HUMANO DOMESTICO TRATAMIENTO CONVENCIONAL	TABLA 4.- CRITERIOS DE LA AGUAS DE USO AGRICOLA
		DHI-CPAG-01	DHI-CPAG-02	DHI-CCHAG-01	DHI-CCHAG-02		
pH		7,6	7,4	7,1	7,5	6-9	6-9
Conductividad	us/cm	58	268	52	263	NR	NR
Sólidos Disueltos	mg/L	32	147	29	145	1000,00	3000,00
Temperatura agua	°C	22	23,6	21,3	23,6	Condición natural ± 3°	NR
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,9	5,3	7,8	6	No menor al 80% del Oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l	NR
% Oxígeno disuelto	% OD	91,7	63,4	91,7	70,9		NR
Color Aparinte	APHA PtCo	8	46	10	75	NR	NR
Color Real	APHA PtCo	N/D	12	4	48	100,0	NR
Dureza Total	mg CaCO3/L	18	79	12	68	500,0	NR
Sólidos totales Gravimés	mg/L	46	224	58	208	NR	NR
Turbiedad	NTU	3	53	N/D	19	100	NR
Alcalinidad	mg CaCO3/L	28	40	27	86	NR	NR
Amonio	mg/L	0,028	0,74	0,068	0,042	0,05	NR
Amonio como amoníaco	mg/L	0,03	0,79	0,072	0,045	1	NR
Cloruro	mg/L	0,69	20,7	0,54	17		
Fosfatos	mg/L					NR	NR
Nitratos (N-NO3)	mg/L	0,38	13	0,47	1,3	10	NR
Nitritos (N-NO2)	mg/L	N/D	0,52	N/D	N/D	1	NR
Sulfatos	mg/L	2	56	1,2	18	400,0	NR
Cianuro Total	mg/L	0,006	0,07	0,002	0,003	0,1	0,20
Sulfuro	mg/L	N/D	0,009	N/D	N/D	NR	NR
Coliformes fecales	NMP/ml	90	11000	200	2400	600	NR
Coliformes Totales	NMP/ml	11000	11000	2100	110000	3000	1000
Aceites y Grasas	mg/L	N/D	0,2	N/D	N/D	0,3	0,3
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	N/D	2	1	1	2	NR
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	3	5	5	15	NR	NR
Fenoles	mg/L	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	NR
Arsénico	mg/L	0,00092	0,026	0,00069	0,006	0,05	0,10
Bario	mg/L	N/D	0,011	0,013	0,041	1,00	1,00
Boro	mg/L	N/D	N/D	N/D	0,063	NR	1,00
Cadmio	mg/L	N/D	N/D	N/D	N/D	0,01	0,01
Cobalt	mg/L	N/D	0,14	N/D	N/D	1	2
Hierro	mg/L	N/D	2,2	0,1	1	1	5,0
Manganeso	mg/L	N/D	0,23	0,0047	0,05	0,1	0,2
Mercurio	mg/L	N/D	N/D	N/D	N/D	0,001	0,001
Níquel	mg/L	N/D	0,0074	N/D	N/D	NR	0,2
Plata	mg/L	0,00024	0,0015	0,00044	0,0036		
Plomo	mg/L	N/D	0,0013	N/D	N/D	0,05	0,05
Sodio	mg/L	2,9	11	4,4	23	200	NR
Zinc	mg/L	N/D	N/D	N/D	N/D	5	2
Pesticidas Organoclorados totales	mg/L	N/D	N/D	N/D	N/D	0,01	0,20
Pesticidas Organofosforados totales	mg/L	N/D	N/D	N/D	N/D	0,10	0,10

Sobrepasan los límites máximos permisibles, Tabla 1

☒ Sobrepasan los límites máximos permisibles, Tabla 6

NR La norma no registra límite máximo permisible (LMP)

N/D El laboratorio lo reporta con estas siglas puesto que es un valor no detectado por el equipo

Anexo 19. Hoja de campo, sitios de muestreo, coordenadas y parámetros medidos.

EVALUACION DE LOS IMPACTOS AL RECURSO AGUA DERIVADOS DE LA OPERACIÓN DE UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA "TERMOGAS MACHALA"						
		COORDENADAS UTM-WGS84 17M				
PUNTOS	DESCRIPCION	ESTE	NORTE	VERIFICACION		
M1	Aguas Residuales Domésticas (PTAR)	624528	9655447		No. Muestra:	
M2	Aguas Residuales Industriales (Separador API)	624526	9655441		Fecha:	
M3	Sistema de Tratamiento U-104 RO	624492	9655444		Hora:	
M4	Aguas hacia el Cuerpo Receptor	624524	9655432		Muestreador:	
					Metodo de toma:	
PARAMETROS		REALIZADO	volumen de muestra	EQUIPO	CALIBRACION	CODIGO
Ph						
Temp.						
Mat. Flotante				NOTAS :		
SST						
DQO						
Sulfuros						
Fenoles						
Cu						
Cr+6						
Pb						
Zn						
A&G						
HTP						
C.Totales						
C.Fecales						
OBSERVACIONES:				Verificar		
Precipitación durante la toma de muestras						
Desprendimiento de gases						
Olores o colores anormales o extraños						

Anexo 20. Cumplimiento de Registro y Verificación de Consultores Ambientales, certificaciones y acreditaciones del laboratorio PSI.



Carretera Maipo y Ambato
Quito - Ecuador
Teléfono: (051) 21 5081000
www.mamta.gob.ec

Oficio No. MAE-SCA-2010-5018

Quito, 16 de diciembre de 2010

Señor
Jenny Astudillo V.
PRESIDENTE
PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES CIA
Presente.

REF : Trámite No. MAE-SG-2010-13298

De mi consideración:

En atención a su solicitud para la calificación de Compañía Consultora, se le comunica que luego de la revisión de la documentación presentada, se verificó el cumplimiento a lo dispuesto en el Instructivo para el Registro y Calificación de Consultores Ambientales, constante en el Acuerdo Ministerial No. 178, del 8 de Octubre del 2010, obteniendo un puntaje de **94** (Noventa y cuatro).

Por lo indicado en Reunion de Comité de Calificación de Consultores, efectuada el 30 de noviembre del 2010, se resolvió Registrar y Calificar a su Representada, en la **Categoría "A"**, para lo cual se adjunta el Certificado pertinente que tiene una duración de un año, a partir de la presente fecha.

Atentamente,


Dr. Juan Carlos Soria Cabrera
SUBSECRETARIO DE CALIDAD AMBIENTAL





Guayaquil, 05 de Enero 2011
EC/GYE 2007035

Señores:
**PSI PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES
C. LTDA.**
Cda. Kennedy Norte, Enma Ortiz Bermeo # 2004 y
Angel Barrera, Condominio Jennifer Lucía PB OF 1
Guayaquil Guayas

Atención:
Ing Jenny Astudillo
Presidenta

Referencia: Entrega de Certificado

De nuestras consideraciones:

Tenemos el honor y el agrado de anunciarle que el panel de evaluación de SGS ha decidido otorgar el certificado AR07/00701, mediante el cual se confirma que el Sistema de Gestión de **PSI PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES C. LTDA.** cumple con los requerimientos establecidos en la norma.

SGS del Ecuador S.A. Sector Systems & Services Certification, informa que de requerir nuestra asistencia para realizar una presentación formal, no duden en contactarnos.

Las auditorías de seguimiento correspondientes a la certificación obtenida han sido planificadas tal como se describe en el programa adjunto.

Por otra parte, como una compañía registrada por SGS tendrá derecho de utilizar la marca de SGS sector Systems & Services Certification, para los encabezados de sus cartas y material publicitario relacionado con su certificación. Adjunto encontrará un cd con la información correspondiente al uso permitido de la marca de certificación. Recomendamos remitir los borradores de los artes correspondientes para aprobación antes de generar su emisión definitiva.

Aprovechamos la presente para extender nuestras más sinceras felicitaciones por el logro alcanzado, en el conocimiento pleno de que este objetivo es tan sólo uno más en el camino de la excelencia que se ha marcado **PSI PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES C. LTDA.**

Atentamente,

Mauricio Rodriguez
Sector Manager
Systems & Services Certification
SGS Del Ecuador S.A.

Develter Firmada

1

Sección: Edición y Control de Datos al lado de Control de Datos
Banco Av. República de El Salvador 409 100 y 100-5, oficina Edición de Datos, P.O. Box 1111 • (051) 2281 2322/2614 528 • www.sgs.com
Banco 174 801111 1001



Certificate AR07X00701

The management system of

PSI PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES C. LTDA.

Cda. Kennedy Norte, Emma Ortiz Bermeo # 2004 y Angel Barrera,
Condominio Jennifer Lucia PB CF 1
Guayaquil, Guayas, Ecuador

has been assessed and certified as meeting the requirements of

ISO 9001:2008

For the following activities

Consultoría ambiental que comprende: Estudios de Impacto Ambiental, Auditorías Ambientales, Diagnósticos Ambientales, Monitoreos Ambientales, Remediaciones Ambientales, Diseños de plantas de tratamiento de Aguas Residuales y Agua Potable, Asesoría Legal-Ambiental.

Environmental Consultancy: Environmental Impact Studies, Environmental Auditing, Environmental Diagnostics and Monitoring, Environmental Remediation, Water and Wastewater Plant Design, Environmental Law Consulting.

Further clarifications regarding the scope of this certificate and the applicability of ISO 9001:2008 requirements may be obtained by consulting the organisation

This certificate is valid from 12 December 2010 until 12 December 2013 and remains valid subject to satisfactory surveillance audits.

Re certification audit due before 13 September 2013
Issue 2. Certified since 13 December 2007

Authorised by

SGS United Kingdom Ltd Systems & Services Certification
Ratcliffe Business Park, Eltonmore Park, Cheshire, CH65 3EN, UK
T +44 (0)151 350-8000 F +44 (0)151 350-6800 www.sgs.com

SGS 0001-8 01 1108

Page 1 of 1



This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Certification. Details available at www.sgs.com, and, pending their attention is drawn to their contractual liability, industrial and professional laws established therein. The authority of this document may be verified at <http://www.sgs.com/verification>, please note. Any unauthorised alteration, copies or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

SGS and the SGS logo are registered trademarks of SGS Group of Companies.



REPUBLICA DEL ECUADOR

ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO



Oficio N° OAE DG 11 - 427

Quito D.M., 02 de septiembre de 2011

Ingeniera
Jenny Astudillo
PRESIDENTE
PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES CIA. LTDA.
Presente.-

Asunto: Resolución Dirección General, Evaluación de Vigilancia 2 y Ampliación del Alcance del Laboratorio PSI Cia. Ltda. - **OAE PLE 2E 04-005**

De mis consideraciones:

El Comité Interno de Acreditación del OAE, en reunión realizada el día miércoles 17 de agosto, procedió al estudio del Informe N° OAE L 11-037, de la documentación aportada por el Laboratorio PSI Cia. Ltda., y del resto del expediente correspondiente a la Evaluación de Vigilancia 2 y Ampliación del Alcance, efectuadas los días 2011-05-15 y 2011-05-16.

A la vista de la información presentada, relativa a la implementación de la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025, de los criterios de Acreditación del OAE y el PA01, Procedimiento de Acreditación de Laboratorios, La Dirección General del OAE ha acogido las recomendaciones emitidas por la Comisión de Acreditación del Área de Laboratorios, Sector Ensayos y emite las siguientes resoluciones:

1. Mantener la acreditación del Laboratorio PSI Cia. Ltda., para el alcance anteriormente acreditado, según se establece en el Anexo I.
2. Otorgar la acreditación al Laboratorio PSI Cia. Ltda., para el alcance solicitado, según se establece en el Anexo II.
3. Reconocer las siguientes responsabilidades:
 - Responsable de Calidad: Ing. Francisco Torres
 - Responsable Técnico: Ing. Viviana Sánchez (Agua y Suelos)
Ing. Héctor Muzzi (Gases y Ruido)
4. Realizar la evaluación de Vigilancia 3 del Laboratorio PSI Cia. Ltda., en el mes de mayo del 2012, de acuerdo a lo establecido en el Plan de Mantenimiento de la Acreditación.

Para cualquier aclaración sobre lo indicado anteriormente, favor contactarse con el Responsable de su expediente, Btoq. Edgar Espinoza.

Atentamente,

Ing. Carlos Echeverría Cueva
DIRECTOR GENERAL (a)
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO - OAE
CEImo/wg



Ing. María Mercedes Canchig/ta
DIRECTOR DE LABORATORIOS

Pág 1 de 1

Quito: Robles E4-136 y Av. Amazonas, edif. Proinco Calisto, piso 8 Of.601
Telefax: (593-2) 2902 - 879 / 2903 - 499
Guayaquil: Edificio Las Cámaras, Torre Institucional, piso 2
Teléfono: (593-4) 2682 - 771 ext.: 243
www.oae.gob.ec

Certificado OAE



REPUBLICA DEL ECUADOR



Oficio N° OAE DG 11 - 427

ANEXO I

ALCANCE DE ACREDITACION

PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES CIA. LTDA.

ENSAYOS PARA LOS QUE SE MANTIENE LA ACREDITACIÓN

CATEGORÍA: 0 Ensayos en el laboratorio permanente.

CAMPO DE ENSAYO: Análisis Físico-químicos de aguas

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Aguas Naturales Aguas Residuales	pH, Electrometría, 4,0 – 10,0 unidades pH	PEE/LAB-PSV05 Método de referencia Standard Methods, Ed.21, 2005 4500-H'B
	Sólidos suspendidos totales, Gravimetría, 2 – 5 000 mg/l	PEE/LAB-PSV02 Método de referencia EPA 160.2 Ed. 1995
	Sólidos totales, Gravimetría, 350 – 3 000 mg/l	PEE/LAB-PSV07 Método de referencia Standard Methods, Ed.21, 2005 2540B
	Demanda Química de Oxígeno (DQO), reflujo cerrado, Colorimetría, 60 – 15 000 mg/l	PEE/LAB-PSV03 Método de referencia EPA 410.4 Ed. 1995
	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Espectrofotometría IR, 4 – 1 000 mg/l	PEE/LAB-PSV06 Método de referencia EPA 418.1 Ed. 1995
	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅), Winkler, 2 – 6 000 mg/l	PEE/LAB-PSV04 Método de referencia Standard Methods, Ed.21, 2005 5210B
	Conductividad, Electrometría, 10 – 111 000 µS/cm	PEE/LAB-PSV01 Método de referencia Standard Methods, Ed.21, 2005 2510B
	Dureza total, Volumetría, 10 – 1 000 mg/l	PEE / LAB-PSV / 15 Método Referencia Standard Methods Ed.21, 2005 2340C

Pág 2 de 2

Quito: Robles E4-136 y Av. Amazonas, edif. Príncipe Calisto, piso 6 Of.601
 Telefax: (593-2) 2902 - 879 / 2903 - 499
 Guayaquil: Edificio Las Cámaras, Torre Institucional, piso 2
 Teléfono: (593-4) 2682 - 771 ext.: 243
 www.oae.gob.ec

Certificado OAE



REPÚBLICA DEL ECUADOR

ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO

Cofico N° OAE DG 11 - 427



PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAJO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Aguas naturales Aguas residuales	Sólidos Disueltos Totales, Gravimetría, 30 – 3.000 mg/l	PEE LAB-PSI/09 Método Referencia EPA 160.1, 2003
	Aceites y grasas Espectrofotometría Infrarrojo, 2.5 - 20 mg/l	PEE LAB-PSI/06 Método Referencia EPA 413.2, 2003
	Ferroles, Espectrofotometría, 0.1 – 3.3 mg/l	PEE / LAB-PSI/10 Método Referencia Standard Methods Ed.21, 2005 5530 D EPA 420.1, 2003
Aguas residuales	Metales disueltos y metales totales, Espectrofotometría de Absorción Atómica, Llama aire- acetileno: Cadmio (Cd), 0.01 – 0.2 mg/l Cromo (Cr), 0.1 – 1.0 mg/l Plomo (Pb), 0.2 – 2.0 mg/l Níquel (Ni), 0.1 – 1.0 mg/l Cobre (Cu), 0.1 – 1.0 mg/l	PEE LAB-PSI/07 Método de Referencia Standard Methods Ed. 21, 2005 5111B, 5030B, 3030 D

[Handwritten signature]

Pág. 1 de 1

Quito: Robles E4-136 y Av. Amazonas, edif. Proinco Calleso, piso 6 Of.601
 Telefax: (593-2) 2902 - 879 / 2903 - 499
 Guayaquil: Edificio Las Cámaras, Torre Institucional, piso 2
 Teléfono: (593-4) 2682 - 771 ext.: 243
www.oae.gob.ec

Certificado OAE



REPÚBLICA DEL ECUADOR

ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO



Oficio N° OAE DG 11 - 427

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR	ENSAJO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Aguas residuales	Metales disueltos y metales totales. Espectrofotometría de Absorción Atómica. Llama gase- acetileno Cobalto (Co). 0.2 – 1.0 mg/l Zinc 0.2 – 1.0 mg/l	PSE/LAB-PS107 Métodos de Referencia Standard Methods Ed. 21, 2005 3111B, 3030B, 3030 D
Aguas Residuales	Metales disueltos y metales totales. Espectrofotometría de Absorción Atómica - Llama acetileno - óxido nítrico. Bario (Ba). 1.0 - 25 mg/l Vanadio (V). 0.8 - 8.0 mg/l	PSE/LAB-PS107 Métodos de Referencia Standard Methods Ed. 21, 2005 3111D, 3030B, 3030 D

Pág 1 de 1

Quito: Robles E4-136 y Av. Amazonas, edif. Proinca Calisto, piso 6 Of.601
 Telefax: (593-2) 2902 - 879 / 2903 - 499
 Guayaquil: Edificio Las Cámaras, Torre Institucional, piso 2
 Teléfono: (593-4) 2682 - 771 ext.: 243
www.oae.gob.ec

Certificado OAE



SUBSECRETARIA DE CALIDAD AMBIENTAL

**COMITE DE CALIFICACION Y REGISTRO DE CONSULTORES
AMBIENTALES**

REGISTRO DE CONSULTORES AMBIENTALES

CERTIFICADO DE CALIFICACION

COMPANIA CONSULTORA

En cumplimiento a lo dispuesto en el Instructivo para el Registro y Calificación de Consultores Ambientales, constante en el Acuerdo Ministerial No. 178 de 8 de octubre del 2010, publicado en el Registro Oficial No. 323 de fecha 18 de noviembre del 2010, Certifico que:

PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES CIA. - PSI

Ha sido inscrita en el Registro de Consultores Ambientales con el Número 2412 que le otorga el Comité de Registro y Calificación de Consultores Ambientales de la Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, con Categoría "A", lo que le habilita para realizar estudios ambientales con grado de complejidad, según el Art. 13 del Instructivo.

Este Certificado tiene una validez de (1) año, a partir de la fecha de emisión y podrá ser renovado o retirado de acuerdo a lo dispuesto en los Artículos 14 y 25 del Instructivo antes referido.

Quito, a



16 DIC 2010

Dr. Juan Carlos Soria Cabrera
**PRESIDENTE DEL COMITÉ PARA EL REGISTRO Y CALIFICACION
DE CONSULTORES AMBIENTALES**



Anexo 21. Modelo de informes de laboratorio.



RA-LABPSI-15 0930

**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES**

Abril

PARA:	UNIDAD DE NEGOCIO TERMOGAS MACHALA CELEC EP.			
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	Km 2 ½ vía Bajo Alto			
REPRESENTANTE LEGAL:	---			
SOLICITADO POR:	Ing. Danny Gonzalez			
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Ing. Aracely Quimbay			
MÉTODO DE MUESTREO:	PET/LAB-PSI/01			
SITIO DE MUESTREO:	M1: Efluente PTAR aguas domésticas			
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	M2	M3
	Este	624525	---	---
	Norte	9655437	---	---
FECHA DE MUESTREO:	19 de Mayo del 2015			
HORA DE MUESTREO:	17h14			
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual. Simple			
CODIGO DE LA MUESTRA:	M1: 15 0930			
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	19 de Mayo del 2015			
ANALIZADO POR:	Gerhard Gavilanez, Enrique Marrin. ***OAE LE IC 05-003			
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	19 de Mayo - 01 de Junio del 2015			
EMISIÓN DEL INFORME:	03 de Junio del 2015			

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Potencial de hidrógeno	U de pH	7,4	0,2	6-9	SM 4500 H B PEE/LAB-PSI/05
Temperatura	°C	31,8	2,5	<35	SM 2550B PEE/LAB-PSI/51
Sólidos Suspendidos (SST)	mg/l	8	10%	250	EPA 160.2 PEE/LAB-PSI/02
Coliformes Totales***	NMP/100ml	<1,8	---	---	SM 9221 ABC
Coliformes Fecales***	NMP/100ml	<1,8	---	10000	SM 9221 ABCE
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	<50	31%	400	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sulfuros	mg/l	0,02	55%	0,5	SM 4500-S2-D PEE/LAB-PSI/61
Hidrocarburos totales de petróleo ⁽¹⁾	mg/l	<1,0	25%	20	EPA 418.1 PEE/LAB-PSI/06
Aceites y Grasas ⁽¹⁾	mg/l	<1,0	11%	30	EPA 413.2 PEE/LAB-PSI/08
Material Flotante*	Visible	Ausencia	---	Ausencia	SM 2530B
Fenoles	mg/l	<0,10	34%	0,2	EPA 420.1 PEE/LAB-PSI/10
Cobre	mg/l	<0,10	20%	1,0	SM 3111B PEE/LAB-PSI/37
Zinc	mg/l	<0,20	15%	10	SM 3111B PEE/LAB-PSI/37
Cromo hexavalente	mg/l	0,20	15%	0,5	EPA 3500 D PEE/LAB-PSI/25
Plomo	mg/l	<0,20	20%	---	SM 3111B PEE/LAB-PSI/37

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera de rango de acreditación. ** Acuerdo Ministerial No. 028 Edición Especial N 270, Tabla 11: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina. Zona de rompientes. U: Incertidumbre.

⁽¹⁾ INTERPRETACION DE RESULTADOS: Según criterios establecidos en la normativa ambiental vigente en el país los resultados de la muestra analizada se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles.

Melissa Moyano

Melissa Moyano
Coordinador de Análisis LAB-PSI Aguas - Suelos

Ciayaquil, 03 de Junio del 2015

⁽¹⁾ Interpretación de resultados se encuentran fuera del alcance de acreditación.

Garantía de Confidencialidad y Confidencialidad LAB-PSI garantiza resultados confiables y respaldo técnico al cliente. Se mantendrá absoluta confidencialidad de los resultados.

Nota: Los resultados no podrán ser reproducidos de forma parcial. Los incertidumbres calculadas están a disposición del cliente. Los resultados obtenidos corresponden solo a la muestra ensayada.

MC2202-05

Página 1 de 1



Laboratorio: Cda. Kennedy Norte Mz. 411, Solar 10-11, Condominio Jennifer Lucia.
(593)42394800 - (593)42394803 - (593)42289733 - 0993665823
Oficina Administrativa: Km 1.5 vía Samborondón, Edf. XIMA, piso N.-3 of. 320
(593)43883490 - (593)43883491 - (593)43883492 - 0997095008
cotizaciones@psi.com.ec - www.psiecuador.com



INFORME DE ENSAYOS
N° IEM-4019-14
ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS
CENTRAL TERMOELECTRICA MACHALA

DATOS DEL SOLICITANTE

CENTRAL TERMOELÉCTRICA MACHALA
 Provincia de El Oro – Cantón El Guabo – Parroquia Tendales – Km 1.5 vía Bajo Alto
 Ing. Danny González

Guayaquil, 19 de enero de 2015

DATOS DE LA MUESTRA

<i>Origen de muestra:</i>	Agua Residual Industrial	<i>Fecha y hora de muestreo:</i>	06/01/15 11:20
<i>Dirección del punto de muestreo:</i>	Tendales – Km 1.5 vía Bajo Alto	<i>Fecha y hora de recepción de muestras:</i>	07/01/15 14:52
<i>Coordenadas geográficas:</i>	0624524 - 9655438	<i>Fecha inicio análisis:</i>	07/01/2015
<i>Punto e identificación de la muestra:</i>	Salida de Aguas Industriales Oleosas	<i>Fecha final análisis:</i>	16/01/2015
<i>Norma técnica de muestreo:</i>	NTE INEN 2176:98/2169:98	<i>Condiciones ambientales:</i>	27,5°C/64%HR
<i>Tipo de muestreo:</i>	Simple		
<i>Muestreado por:</i>	Elicrom Cía. Ltda.		
<i>Muestreador:</i>	Bricio Santana		

Parámetros	Resultado	Unidades	U K=2	Método de ensayo	Valor Límite Permisible	Evaluación	Analista responsable
Material Flotante(#)	0	mg/L	---	2530 B	Ausencia	CUMPLE	JV
Sólidos Suspendidos Totales(#)	5	mg/L	1	PEE-GQM-FQ-06	100	CUMPLE	ER
Sulfuros(#)	< 0,014	mg/L	---	PEE-GQM-FQ-36	0,5	CUMPLE	KE
Cobre(#)	0,0412	mg/L	0,0115	PEE-GQM-FQ-33	1,0	CUMPLE	ER
Cromo Hexavalente(#)	< 0,01	mg/L	---	PEE-GQM-FQ-09	0,5	CUMPLE	JV
Plomo(#)	0,0022	mg/L	0,0004	PEE-GQM-FQ-33	0,5	CUMPLE	ER
Zinc(#)	0,1833	mg/L	0,0257	PEE-GQM-FQ-33	10	CUMPLE	ER
Aceites y Grasas(#)	< 0,44	mg/L	---	PEE-GQM-FQ-03	0,3	CUMPLE	ER
Demanda Química de Oxígeno(#)	28	mg/L	3	PEE-GQM-FQ-16	250	CUMPLE	CT
Fenoles(#)	< 0,023	mg/L	---	PEE-GQM-FQ-20	0,2	CUMPLE	KV
Hidrocarburos Totales de Petróleo(#)	< 0,04	mg/L	---	PEE-GQM-FQ-07	20	CUMPLE	ER
Potencial de Hidrógeno	7,57	U pH	0,160	PEE.EL.021	6 - 9	CUMPLE	BRS
Temperatura	27,9	°C	0,249	PEE.EL.022	< 35	CUMPLE	BRS

1. Los parámetros marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano.
2. Los parámetros marcados con (**) el resultado está fuera del alcance de acreditación.
3. Los parámetros marcados con (#) el resultado corresponde al análisis realizado por el laboratorio acreditado subcontratado GRUPO QUIMICO MARCOS.

NORMATIVA

El marco legal utilizado está en la Legislación Ambiental libro VI Anexo 1A: Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas

TABLA 3. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGA UN CUERPO DE AGUA MARINA DESDE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

IEM-4019-14
 FO.PEE.020-02 Rev. 03

Página 2 de 4

Dirección: Cdla Guayaquil Mz. 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
 Pbx: 2282007; Cel: 0999337519, 0997448710; bsantana@elicrom.com
 GUAYAQUIL - ECUADOR



INFORME DE ENSAYOS
N° IEM-4019-14
ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS
CENTRAL TERMoeLECTRICA MACHALA

DATOS DEL SOLICITANTE

CENTRAL TERMOELÉCTRICA MACHALA

Provincia de El Oro – Cantón El Guabo – Parroquia Tendales – Km 1.5 vía Bajo Alto
Ing. Danny González

Guayaquil, 19 de enero de 2015

DATOS DE LA MUESTRA

<i>Origen de muestra:</i>	Agua Residual Industrial	<i>Fecha y hora de muestreo:</i>	06/01/15 11:20
<i>Dirección del punto de muestreo:</i>	Tendales – Km 1.5 vía Bajo Alto	<i>Fecha y hora de recepción de muestras:</i>	07/01/15 14:52
<i>Coordenadas geográficas:</i>	0624524 - 9655438	<i>Fecha inicio análisis:</i>	07/01/2015
<i>Punto e identificación de la muestra:</i>	Salida de Aguas Industriales Oleosas	<i>Fecha final análisis:</i>	16/01/2015
<i>Norma técnica de muestreo:</i>	NTE INEN 2176:98/2169:98	<i>Condiciones ambientales:</i>	27,5°C/64%HR
<i>Tipo de muestreo:</i>	Simple		
<i>Muestreado por:</i>	Elicrom Cía. Ltda.		
<i>Muestreador:</i>	Bricio Santana		

DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

No se presentó ninguna desviación del procedimiento durante el muestreo y el análisis.

REGISTRO FOTOGRAFICO



ING. QCA. CARLA PEÑAFIEL T.
Coordinadora Técnica de Aguas
APROBÓ

ING. QCO. BRICIO SANTANA S.
Analista de Aguas
ELABORÓ

Este informe afecta solamente a la muestra sometida a ensayo.

Este informe no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio ELICROM MEDIO AMBIENTE.

IEM-4019-14
FO.PEE.020-02 Rev. 03

Página 3 de 4

Dirección: Cdla Guayaquil Mz. 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
Pbx: 2282007; Cel: 0999337519, 0997448710; bsantana@elicrom.com
GUAYAQUIL - ECUADOR

Anexo 22. Correlación de Pearson

Análisis de Correlación de Pearson

Correlación: PH4; MT4; MCT4; MCF4; MDQO4; MSST4; MHTP4; MAyG4; MFEN4; MSUL4

	PH4	MT4	MCT4	MCF4	MDQO4	MSST4	MHTP4	MAyG4
MFEN4								
MT4	0,278 0,091							
MCT4	0,091 0,585	0,021 0,902						
MCF4	-0,033 0,846	-0,040 0,811	0,885 0,000					
MDQO4	-0,287 0,080	-0,152 0,364	-0,020 0,907	-0,036 0,832				
MSST4	-0,123 0,463	-0,073 0,664	0,008 0,960	0,075 0,656	0,791 0,000			
MHTP4	0,327 0,045	0,108 0,517	0,139 0,404	0,157 0,346	0,010 0,951	0,018 0,914		
MAyG4	0,291 0,076	0,015 0,927	0,521 0,001	0,517 0,001	0,005 0,977	0,095 0,569	0,673 0,000	
MFEN4	-0,115 0,493	-0,010 0,952	-0,259 0,117	-0,139 0,406	0,248 0,133	0,233 0,160	0,035 0,834	0,014 0,934
MSUL4	-0,299 0,133 0,426	-0,020 0,905	-0,054 0,749	0,164 0,325	-0,060 0,721	-0,156 0,350	-0,053 0,750	-0,081 0,627

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor p

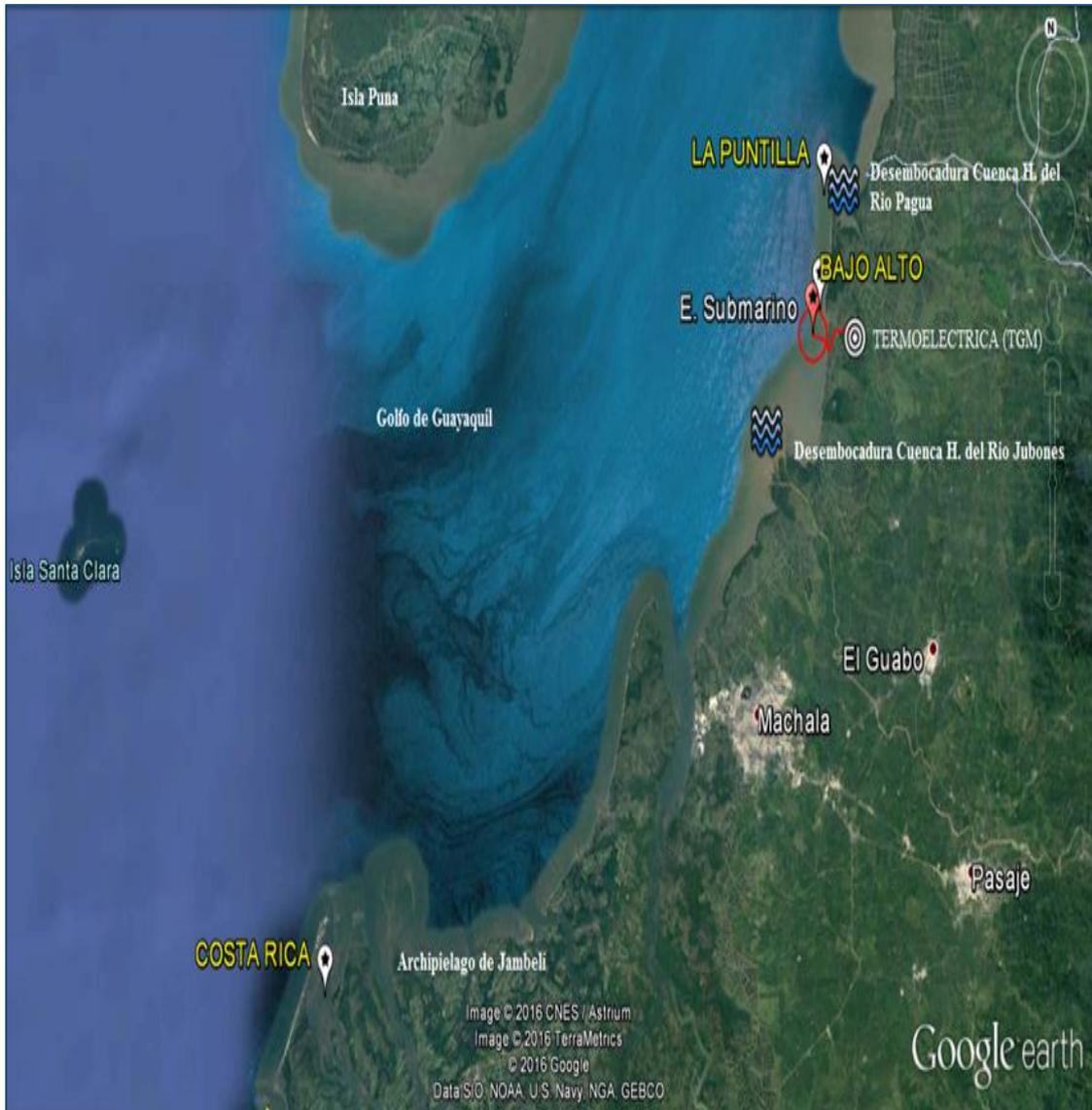
Anexo 23. Métodos de análisis, ensayo y referencia del laboratorio acreditado Laboratorio PSI. Parámetros.

PARÁMETROS	UNIDADES	LMP	METODOS DE ANALISIS (LAB. PSI)	METODO DE REFERENCIA
Potencial de Hidrógeno	U de pH	6 - 9	SM 4500 H+B	Standard Methods, Ed. 21, 2005, 4500 pH B
Temperatura	°C	<35	SM 2550 B - PEE.EL.022	Standard Methods, Ed. 21 2005, 2550 B
Coliformes Totales	NMP/100 mL	4000	SM 9221 ABCE	Standard Methods, Ed. 2012; 9223 B
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	4000	SM 9221 ABCE	Standard Methods, Ed. 2012; 9223 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	250	EPA 410.4	Standard Methods, Ed. 22 ,2012, 5220 D
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100	EPA 160.2	Standard Methods, Ed. 21 2005, 2540 D
Material Flotante	Visible	Ausencia	SM 2530B	Standard Methods, 2530 B
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)	mg/L	20	EPA 418.1	Standard Methods, Ed. 21 2005, 5520 F
Aceites y Grasas (AyG)	mg/L	30	EPA 413.2	Standard Methods, Ed. 21 2005, 5520 D
Fenoles	mg/L	0,2	EPA 420.1	Standard Methods, Ed. 21 2005, 5530 C, B
Sulfuros	mg/L	0,5	EPA 376.2	Standard Methods, Ed. 2012, 4500 S D
Cobre (Cu)	mg/L	1	SM 3111 B	Standard Methods, Ed. 22, 2012, 3120
Zinc (Zn)	mg/L	10	SM 3111 B	Standard Methods, Ed. 22, 2012, 3120
Cromo Hexavalente (Cr+6)	mg/L	0,5	EPA 7196 A	Standard Methods, Ed. 21 2005, 3500 Cr B
Plomo (Pb)	mg/L	0,5	SM 3111 B	Standard Methods, Ed. 22, 2012, 3120

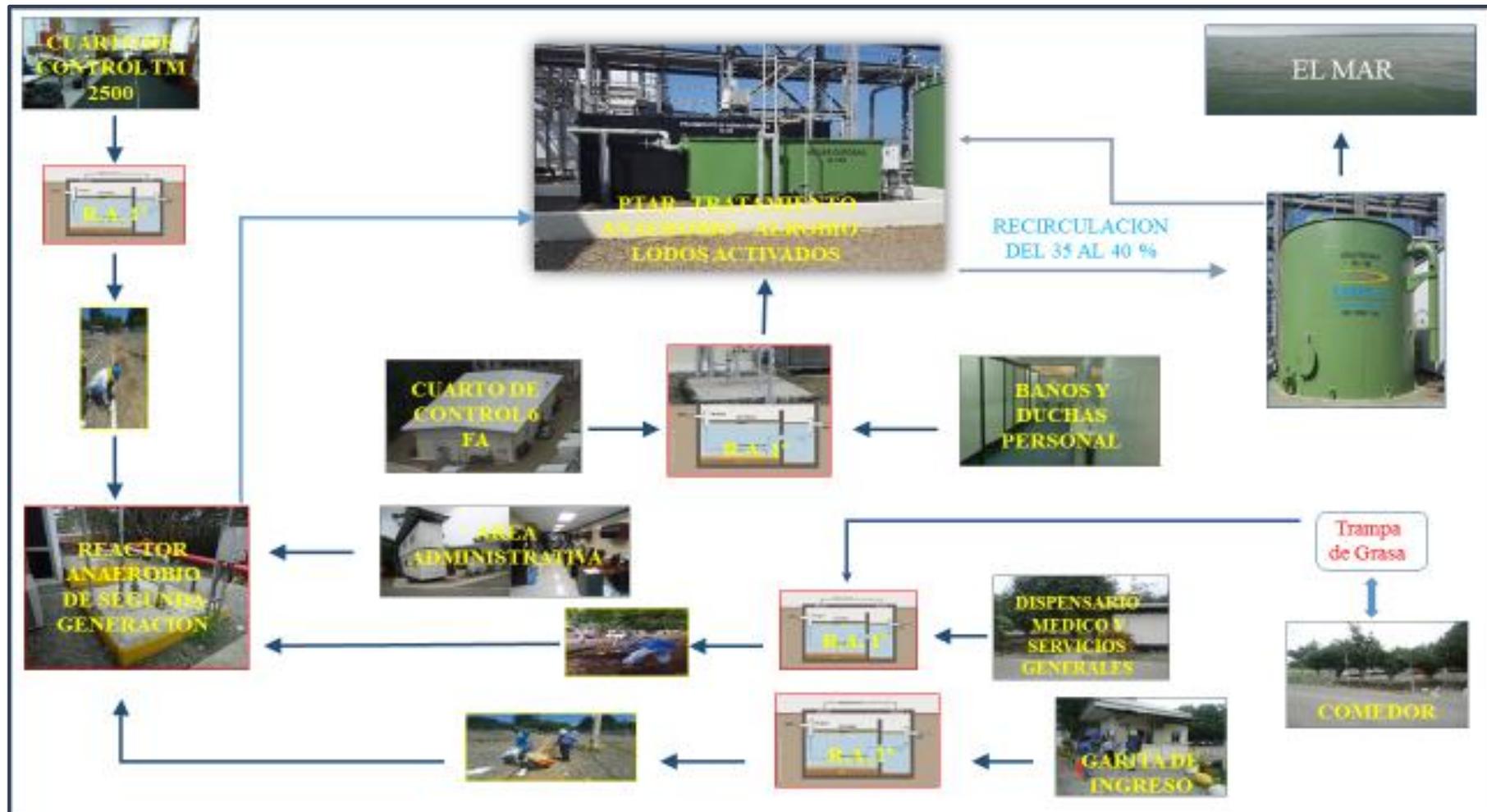
Nota. Para el Punto M4 (C.F) LMP = 2000 NMP/100 mL, para el Punto M4 (DQO) LMP = 600 mg/L, para el Punto M4 (SST) LMP = 250 mg/L.

Fuente: (Productos y Servicios Industriales C. Ltda., 2016; Galarza, 2016)

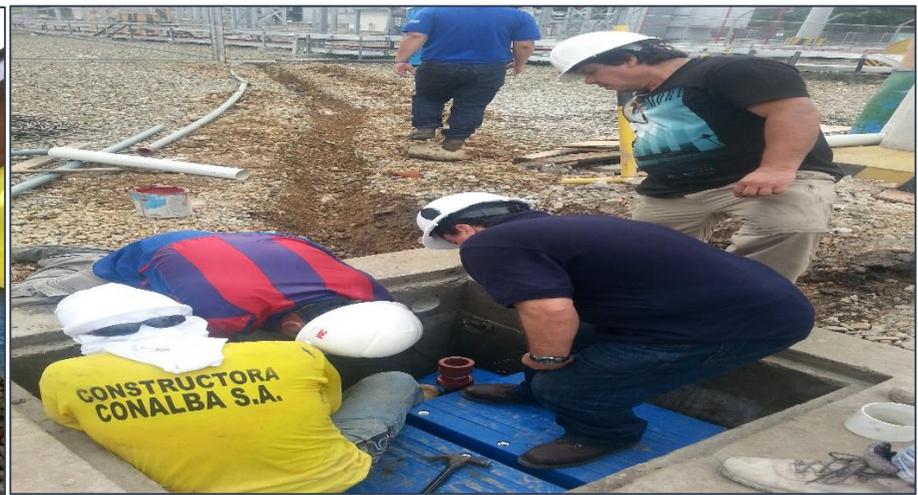
Anexo 24. Localización de Estudios: Barriga (2010), García (2014), Espinoza (2014).



Anexo 25. Reingeniería del proceso de tratamiento de aguas residuales.



Anexo 26. Construcción de reactores anaerobios de primera generación.



Anexo 27. Ubicación de los pozos analizados ubicados en la Cuenca Hidrográfica del Río Pagua.

