

**Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
UNPHU**

**Facultad de Ciencia, Ingeniería y Tecnología
Programa de Postgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental**



**Evaluación de Parámetros Hidráulicos y Ambientales para
Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
en los Hoteles "Todo Incluido" del Caso de Estudio:
Complejo Hotelero en Bávaro, R. D.**

**Tesis de Grado para Optar por el Título de:
Magíster en Ingeniería Ambiental**

**Sustentante:
Ing. Nanci Campusano Ovalles
Matrícula: 03-0168**

**Asesor:
Pedro Castillo, PhD**

**Santo Domingo, República Dominicana
Agosto, 2007**

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación e importancia de la investigación	4
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivos generales	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
II. FUNDAMENTOS TEORICOS	8
2.1 Legislación y normativa vigente	8
2.1.1 Leyes y decretos	8
2.1.2 Normas ambientales y norma de calidad de agua potable	10
2.2 Fundamentos teóricos generales	12
2.2.1 Agua subterránea. Explotación mediante pozos	12
2.2.2 Parámetros físicos-químicos en agua subterránea.....	13
2.2.3 Cloruros en agua subterránea. Importancia y efectos	15
2.2.4 Consumo de agua	18
2.2.5 Variaciones en los usos del agua	19
2.2.6 Agua residual. Clasificación	19
2.2.7 Caudales de agua residual. Cálculo de los caudales	21
2.2.7.1 Usos de los datos de caudales de agua residual.....	24
2.2.7.2 Variaciones en los caudales de agua residual	26
2.2.8 Características de las aguas residuales	27
2.2.8.1 Características físicas, químicas y biológicas.....	28
2.2.9 Caracterización de las aguas residuales	38
2.3 Fundamentos teóricos específicos.....	40
2.3.1 Tratamiento de las aguas residuales. Importancia	40
2.3.2 Sistemas de tratamiento de las aguas residuales	40
2.3.3 Clasificación de métodos de tratamiento.....	41
2.3.4 Tratamiento secundario. Objetivos	44
2.3.5 Clasificación de los procesos biológicos.....	46
2.3.5.1 Proceso de lodos activados	47

2.3.5.2	Filtros percoladores	50
2.3.6	Rendimiento de eliminación de los contaminantes	51
2.3.7	Desinfección	51
2.3.8	Reutilización de efluente. Aplicación.....	52
2.3.9	Muestreo. Tipos de muestras	54
2.3.9.1	Criterios a considerar en la selección del tipo de muestra..	55
2.3.9.2	Aspectos a considerar en el diseño del muestreo.....	57
III.	ESTADO ACTUAL DE LOS CONOCIMIENTOS	60
3.1	Dotaciones agua potable en hoteles	60
3.1.1	Valores de dotaciones en el ámbito internacional	60
3.1.2	Valores de dotaciones en República Dominicana	60
3.2	Caudales de aguas residuales en hoteles.....	66
3.2.1	Valores de caudales agua residual en ámbito internacional.....	66
3.2.2	Valores de caudales de agua residual República Dominicana.....	67
3.3	Estudio agua subterránea en la zona Este de República Dominicana	69
3.4	Parámetros calidad del agua subterránea y de la calidad de descarga de los efluentes en República Dominicana.....	70
3.5	Descripción del área de estudio	71
3.5.1	Descripción de la zona Bávaro- Macao.....	71
3.5.2	Descripción del complejo hotelero analizado en este estudio	74
3.5.2.1	Sistema de abastecimiento de agua potable	76
3.5.2.2	Sistema de tratamiento de aguas residuales	76
IV.	METODOLOGIA	81
4.1	Alcance general de esta investigación.....	81
4.2	Método y tipo de investigación.....	81
4.3	Metodología de la investigación.....	82
4.3.1	Metodología para la determinación de los caudales de agua potable y muestreo	82
4.3.2	Metodología para la determinación de los caudales de agua residual y muestreo	83
4.4	Diseño campaña muestreo: procedimiento, materiales e instrumentos	87
4.4.1	Diseño campaña de muestreo del agua potable	87
4.4.2	Diseño campaña de muestreo del agua residual	90

V. RESULTADOS	94
5.1 Consumo de agua potable	94
5.2 Caudales de agua residual	96
5.2.1 Caudales de agua residual en los registros de descarga	96
5.2.2 Caudales de agua residual afluyente a Planta Tratamiento de Aguas Residuales.....	101
5.3 Resultado análisis de los parámetros característicos del agua potable y agua residual	106
5.3.1 Resultados de los parámetros del agua potable	106
5.3.2 Resultados de los parámetros del agua residual	107
VI. ANALISIS Y DISCUSION	118
6.1 Sobre la dotación de agua potable	118
6.2 Sobre los caudales de agua residual	121
6.3 Sobre los parámetros característicos	126
6.3.1 Sobre los parámetros del agua potable.....	126
6.3.2 Sobre los parámetros del agua residual	127
6.3.3 Comparación entre resultados de este estudio con los valores existentes	129
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFIA	140
ANEXOS	145
ANEXO I Tablas de Cálculos de Caudales Agua Potable y Agua Residual.....	145
ANEXO II Tablas Resúmenes Resultados Análisis del Agua Potable y del Agua Residual. Reportes de Análisis Laboratorios.....	164
ANEXO III Valores de los Parámetros en las Normas	188
ANEXO IV Resultados Análisis Afluyente PTAR Los Jardines, Sto. Dgo., D.N.	191
ANEXO V Fotografías Planta de Tratamiento del Complejo Hotelero	192
ANEXO VI Fotografías de la Medición de Caudales y Muestreo.....	198
ANEXO VII Establecimientos de Alojamientos Turísticos Zona Este Rep. Dom.	200
ANEXO VIII Glosario de Términos.....	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1	Legislación que rige el sector agua potable, saneamiento y turismo.....	8
Tabla 2-2	Coefficiente de rugosidad de Manning.....	22
Tabla 2-3	Tipos de caudales en las plantas de tratamiento de aguas residuales	25
Tabla 2-4	Composición típica del agua residual doméstica bruta	39
Tabla 2-5	Rendimiento de eliminación de constituyentes del agua residual	51
Tabla 2-6	Valores permisibles de los parámetros para reuso de agua	53
Tabla 2-7	Criterios para la selección del tipo de muestra	56
Tabla 3-1	Valores típicos de consumos de agua en hoteles según diversos autores (ámbito internacional)	60
Tabla 3-2	Valores de dotación de agua potable en hoteles según diversas instituciones en República Dominicana	66
Tabla 3-3	Caudales típicos de agua residuales según diversos autores (ámbito internacional).....	66
Tabla 4-1	Actividades que generan agua residual en las instalaciones hoteleras	83
Tabla 4-2	Descripción registros en donde se determinaron los caudales de agua residual	86
Tabla 4-3	Diseño campaña de muestreo del agua potable.....	89
Tabla 4-4	Diseño campaña de muestreo del agua residual	93
Tabla 5-2-10	Lecturas acumuladas PTAR Año 2006	104
Tabla 5-2-12a	Carga Contaminante y Aporte Contaminación por turista en Afluente PTAR.....	117
Tabla 5-2-12b	Relación DQO/DBO5 en agua residual afluente a la PTAR.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figura 2-1	Diagrama de flujo del tratamiento lodo activado típico.....	49
Figura 2-2	Diagrama de flujo del tratamiento filtro percolador	50
Figura 3-1	Mapa de localización del área Bávaro-Macao	72
Figura 3-2	Foto aérea ubicación del complejo hotelero en IFA VILLAS BAVARO	74
Figura 3-3	Foto aérea ubicación PTAR del complejo hotelero	77
Figura 3-4	Esquema Procesos PTAR del complejo hotelero.....	77
Figura 3-4	Diagrama de flujo PTAR del complejo hotelero	80
Figura 4-1	Foto aérea ubicación de los puntos de muestreo	90
Figura 5-1	Esquema de tubería parcialmente llena.....	96
Gráfico 5.1.1	Consumo de Agua Potable por Mes	94
Gráfico 5.1.2	Consumo de Agua Potable-Cantidad Turistas por Meses	95

Gráfico 5.2.1	Caudales Agua Residual en Registro Descarga Edificio Habitaciones de Turistas. Mediciones del Día 1.....	97
Gráfico 5.2.2	Caudales Agua Residual en Registro Descarga Edificio Habitaciones de Turistas. Mediciones del Día 2.....	97
Gráfico 5.2.3	Caudales Agua Residual en Registro Descarga Cocina-Restaurant. Mediciones del Día 1	98
Gráfico 5.2.4	Caudales Agua Residual en Registro Descarga Cocina-Restaurant. Mediciones del Día 2	98
Gráfico 5.2.5	Caudales Agua Residual en Registro Descarga Lavandería. Mediciones del Día 1	99
Gráfico 5.2.6	Caudales Agua Residual en Registro Descarga Lavandería. Mediciones del Día 2	99
Gráfico 5.2.7	Caudales Agua Residual en Registro Descarga Edificio Administrativo y de Empleados. Mediciones Día 1 y 2	100
Gráfico 5.2.8a	Gráfico Caudales Afluentes a PTAR. Mediciones Día 1	101
Gráfico 5.2.8b	Gráfico Caudales Afluentes a PTAR. Mediciones Día 2	102
Gráfico 5.2.8c	Gráfico Caudales Afluentes a PTAR. Mediciones Día 3	102
Gráfico 5.2.8d	Gráfico Caudales Afluentes a PTAR. Mediciones Día 4	103
Gráfico 5.2.8e	Porcentaje de agua residual aportado cada instalación a la PTAR.....	105
Gráfico 5.3.1a	Valores Conductividad en Agua Potable	106
Gráfico 5.3.1b	Valores Cloruros y Sólidos Totales en Agua Potable	106
Gráfico 5.3.2a	Valores del pH en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel	107
Gráfico 5.3.2b	Concentración de Grasas y Aceites en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel	108
Gráfico 5.3.2c	Concentración de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel.....	108
Gráfico 5.3.2d	Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel.....	109
Gráfico 5.3.2e	Concentración de Sólidos en Suspensión en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel.....	109
Gráfico 5.3.2f	Concentración de Nitrógeno Total en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel	110
Gráfico 5.3.2g	Concentración de Fósforo Total en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel	110
Gráfico 5.3.2h	Concentración de Cloruro en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel	111

Gráfico 5.3.2i	Concentración de Coliformes Totales en Agua Residual en los Diferentes Registros de Descarga del Hotel.....	111
Gráfico 5.3.3a	Parámetro pH en Afluente y Efluente PTAR	112
Gráfico 5.3.3b	Concentración de Grasas y Aceites en Afluente y Efluente PTAR	112
Gráfico 5.3.3c	Concentración DBO5 en Afluente y Efluente PTAR.....	113
Gráfico 5.3.3d	Concentración DQO en Afluente y Efluente PTAR.....	113
Gráfico 5.3.3e	Concentración de Sólidos en Suspensión en Afluente y Efluente PTAR	114
Gráfico 5.3.3f	Concentración de Nitrógeno Total en Afluente y Efluente PTAR	114
Gráfico 5.3.3g	Concentración de Fósforo Total en Afluente y Efluente PTAR	115
Gráfico 5.3.3h	Concentración de Cloruros en Afluente y Efluente PTAR	115
Gráfico 5.3.3i	Concentración de Coliformes Totales en Afluente y Efluente PTAR	116
Gráfico 5.3.3j	Concentraciones Promedio Contaminantes en Afluente y Efluente PTAR..	116
Gráfico 5.3.3k	Concentración Coliformes Totales en Afluente y Efluente PTAR	117
Gráfico 6.1.1 a	Comparación Valores Dotación Agua Potable en Hoteles (por Habitación)	118
Gráfico 6.1.1 b	Comparación en Porcentajes Valores Dotación Agua Potable en Hoteles (por Habitación)	119
Gráfico 6.1.2 a	Comparación Valores Dotación Agua Potable en Hoteles (por Turista)	119
Gráfico 6.1.2 b	Comparación en Porcentajes Valores Dotación Agua Potable en Hoteles (por Turista)	120
Gráfico 6.2.1 a	Comparación Caudales Agua Residual en Hoteles (Por Habitación).....	124
Gráfico 6.2.1 b	Comparación en Porcentajes Caudales Agua Residual en Hoteles (Por Habitación)	124
Gráfico 6.2.2 a	Comparación Caudales Agua Residual en Hoteles (Por Turista)	125
Gráfico 6.2.2 b	Comparación en Porcentajes Caudales Agua Residual en Hoteles (Por Turista)	125
Gráfico 6.3.1	Comparación entre Concentraciones Promedio de los Contaminantes en la PTAR y Valores de los textos	130
Gráfico 6.3.2	Comparación entre Valor Coliformes PTAR y Valor Reportado en Texto...	130
Gráfico 6.3.3	Comparación entre Valores de los Contaminantes en Afluente PTAR Los Jardines y PTAR del Complejo Hotelero	132
Gráfico 6.3.4	Comparación entre Valores Coliformes Totales en Afluente PTAR Los Jardines y PTAR del Complejo Hotelero.....	132
Gráfico 6.3.5	Comparación entre Concentraciones Contaminantes en las Muestras del Efluente de la Planta de Tratamiento y los Límites de la Norma.....	133
Gráfico 6.3.6	Comparación entre Concentraciones Coliformes Totales en Efluente PTAR y Límites de la Norma	134

ABREVIATURAS

DBO5	Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días y a 20° C
DQO	Demanda química de oxígeno
mg/l	miligramos por litro
N-NH ₃	Nitrógeno amoniacal
NMP/100 ml	Número más probable en 100 ml
N-NO ₂	Nitrógeno de nitritos
N-NO ₃	Nitrógeno de nitratos
N	Nitrógeno
P	Fósforo
P-PO ₄	Fósforo de fosfatos
ppm	Partes por millón
R. D.	República Dominicana
SS	Sólidos en suspensión
µg/l	Microgramo por litro
µS/cm	Microsimiens por centímetro

SIGLAS

APHA	American Public Health Association
ASONAHORES	Asociación Nacional de Hoteles y Restaurantes
ASTM	American Society for Testing Material
AWWA	American Water Works Association
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAASD	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CORASAN	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago
CORAMOCA	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Moca
DIGENOR	Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad
IIBI	Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria
INAPA	Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillado
INDRHI	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
GTZ	Cooperación Técnica Federal de Alemania
PASCT	Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos
PNOTT	Plan Nacional de Ordenamiento del Territorio Turístico
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PTAR	Planta De Tratamiento de Aguas Residuales
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Oficina Panamericana de la Salud
ONE	Oficina Nacional de Estadística
SECTUR	Secretaría de Estado de Turismo
SEOPC	Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a Carlos Jiménez, Gerente General del complejo hotelero IFA Villas Bávaro, por permitir la realizar la investigación en sus instalaciones y por las facilidades brindadas durante el desarrollo de la misma.

A Wilfredo Machuca, Encargado de Mantenimiento de IFA Villas Bávaro, por el apoyo oportuno y colaboración durante el desarrollo del trabajo de campo.

A Pedro Castillo, asesor de esta investigación, no sólo por su asesoría académica, sino por el apoyo y colaboración brindados hasta la culminación de la misma.

Al ingeniero Mario Almonte, presidente de la empresa Acueductos y Alcantarillados, por el aporte de datos e informaciones del área de agua potable y saneamiento para instalaciones turísticas.

A los ingenieros Raymond Martínez y José Díaz Anderson, de la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), por facilitar valiosos textos de referencias.

A los profesores de la Maestría: Pedro Castillo, Guarocuya González, Mayra Alt. Sánchez, José Andrés Rodríguez, Olga Luciano, Yolanda de León, a Fausto Ventura, miembro del personal administrativo de la Maestría.

A Margarita Campusano, Rita Campusano, Juan Fco. Sanquintin y Patricio Santana por su ayuda en la medición de caudales y toma de muestras.

A Dominga Polanco, por sus observaciones y sugerencias al revisar la investigación, y el aporte de textos bibliográficos. A Lourdes Gerónimo, por facilitar bibliografía. A Alexander Guridi por su colaboración en los dibujos y fotos aéreas.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios, impulsor de todos mis actos, creador de la naturaleza que debemos cuidar.

La culminación de esta investigación es un hito en el trayecto profesional y mis estudios en el área ambiental. La conciencia ambiental adquirida es uno de los principales frutos. Por eso dedico esta investigación al Medio Ambiente y declaro mi interés de seguir siendo un ente difusor de las mejores maneras del accionar humano; para que el desarrollo técnico, social y económico de República Dominicana sea más armonioso y equilibrado con él.

A mi madre Dulce María Ovalles y a mi padre Luís Fco. Campusano, les dedico esta investigación por el amor, apoyo y motivación con que me han respaldado siempre.

A mis hermanos y hermanas y a Nino, por el cariño, apoyo y tolerancia y por haberme acompañado en la entrega y sacrificios que me ha exigido esta maestría.

A mis queridos amigos, Dominga Polanco, Lourdes Gerónimo y Juan José Rodríguez. Les dedico esta investigación por haber compartido inquietudes y esperanzas similares, las que nos unieron en la maestría en nuestra preocupación por el Medio Ambiente.

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación consistió en evaluar los parámetros hidráulicos y ambientales usados en los diseños de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de un complejo hotelero "todo incluido" analizado como caso de estudio. Se midieron: (1) los caudales y las concentraciones de contaminantes del agua residual y (2) los constituyentes del agua de abastecimiento. La dotación de agua potable se calculó en base a los registros históricos de consumo. Los propósitos de esta investigación fueron: comparar los valores medidos y las normativas vigentes; ampliar los datos existentes con los valores medidos en este estudio y aportarlos como dato base y/o de referencia. El complejo tomado como caso de estudio es IFA VILLAS BAVARO Beach Resort. Este opera con la modalidad "todo incluido" que incluye: alojamiento, comidas y bebidas gratis en el bar. Está compuesto por tres hoteles con un total de 652 habitaciones, ubicadas en Playa Bávaro, polo turístico Macao-Bávaro al este de Rep. Dom. La metodología aplicada se basó en mediciones in situ de los parámetros en los siguientes registros sanitarios: lavandería, edificio de alojamiento de turistas, cocina, edificio de empleados y administrativo; y en la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.

En esta investigación se obtuvieron los siguientes valores: (1) la dotación promedio de agua potable para los hoteles del complejo hotelero "todo incluido" estudiado es igual a $1.42 \text{ m}^3/\text{turista}/\text{día}$ y $2.79 \text{ m}^3/\text{habitación}/\text{día}$ y (2) el caudal de agua residual es igual a $0.65 \text{ m}^3/\text{turista}/\text{día}$ y $1,27 \text{ m}^3/\text{habitación}/\text{día}$. La dotación es: (a) el doble de la dotación del estudio de caso del Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos, (b) el triple de la establecida en el Plan Nacional de Ordenamiento del Territorio Turístico, (1996), (c) el 18% de la dotación en la norma de la CAASD. Los diseños elaborados con caudales menores que los generados conducen al infra-dimensionamiento de las unidades de tratamiento. El caudal medio diario afluente a la planta es $708.79 \text{ m}^3/\text{día}$. El tanque de homogenización de caudales es vital para laminar los caudales picos. La lavandería descarga el mayor caudal de agua residual, por el volumen y frecuencia. Los contaminantes evaluados reportan concentraciones menores que las establecidas en los textos de consultas, con excepción del cloruro, nitrógeno y coliformes totales. Esto es consecuencia de una mayor dilución por el mayor consumo de agua. Las concentraciones de DBO_5 , DQO y SS obtenidas son la mitad, aproximadamente, del valor establecido en Metcalf & Eddy (1995), uno de los textos más usados en consultas para diseños.

Capítulo I

Introducción y Objetivos

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En las últimas décadas, la República Dominicana ha experimentado un crecimiento ascendente en el sector turismo. El Informe Nacional de Desarrollo Humano (2005), elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), indica que el desarrollo turístico principal del país ocurre en zonas ambientalmente vulnerables y frágiles. Además, dicho informe hace referencia a un estudio del Banco Mundial en donde se plantea que el crecimiento futuro del turismo dependerá de la calidad del medio ambiente.

El incremento del número de habitaciones y de los servicios que demanda el sector turístico genera, a su vez, un aumento en los volúmenes de desechos sólidos y líquidos en dichas zonas. Estos residuos deben ser evacuados de manera que se reduzcan al mínimo los impactos al medio ambiente, con miras a lograr que el desarrollo turístico sea ambientalmente sostenible. La degradación ambiental ya conocida y estudiada por Abt Associates Inc. (2002), ha sido provocada por acciones como: manejo insostenido de las aguas subterráneas, descarga de residuos sólidos y líquidos que contaminan y afectan a los ecosistemas costero-marinos (por ejemplo: los arrecifes de coral), problemas sedimentación y residuos sólidos en las playas.

Otro factor que debe tomarse en consideración y que se suma a la problemática planteada, es la salinización del agua subterránea provocada por la intrusión marina en la región Este del país. En la mayoría de los complejos turísticos de dicha región, el agua subterránea constituye la principal fuente de abastecimiento de agua potable (Banco Central de la República Dominicana, 2002). Para satisfacer la demanda de agua en la zona Este, los acuíferos han sido sometidos a sobre-explotación; provocando en consecuencia, los fenómenos de intrusión marina y salinización de dichas fuentes de abastecimiento (Instituto

1.2 Planteamiento del problema

Los diseñadores de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales generadas por el sector hotelero en República Dominicana presentan como una de sus principales problemáticas la poca información preliminar para los diseños: insuficientes estudios sobre dotaciones y caudales, datos de laboratorio insuficientes y dispersos, carencia de estudios estadísticos. Esta problemática y otras más que afectan a los sistemas de tratamiento de aguas residuales en sentido general, fueron planteadas en el Seminario Manejo de Desechos Líquidos en la República Dominicana, organizado por la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (1999). En ese seminario participaron diferentes instituciones gubernamentales vinculadas al área de agua potable y saneamiento del país.

Para la elaboración de este trabajo, se realizaron investigaciones en instituciones estatales; también se consultaron diversos profesionales del área. Las fuentes investigadas reportan que los valores de los parámetros¹ de diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales contenidos en las normativas y reglamentos vigentes son adaptados de otros países o tomados directamente de bibliografías de países con características ambientales y culturas distintas a la nuestra.

Ante la situación descrita, gran parte de los diseñadores optan por utilizar los conocimientos obtenidos y experiencias adquiridas en el desempeño de su ejercicio profesional en el área de saneamiento en las zonas turísticas. Esto resulta beneficioso para los diseños; pues en la generalidad de los casos, se parte de valores medidos en las propias instalaciones. Al mismo tiempo, estas circunstancias se convierten, para los organismos reguladores, en oportunidades para revisar y evaluar los valores de los parámetros, toda vez que aprueban diseños y proyectos, los cuales están calculados con valores mayores a los contenidos en las normativas.

¹ Parámetro: variable que incluida en una ecuación modifica el resultado de ésta.

En tal sentido, los propósitos de este trabajo de grado son: (1) comparar los valores obtenidos en esta investigación con los contenidos en las normas y reglamentos vigentes, (2) ampliar los datos existentes hasta el momento, con los valores de los parámetros determinaremos en este caso de estudio, a través de mediciones en los registros sanitarios y en el sistema de tratamiento del complejo hotelero que analizaremos. Para lograr estos propósitos se aplicarán los conocimientos académicos-científicos de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

La ley marco para protección del medio ambiente, Ley 64-00, establece en su Artículo 27 que el desarrollo científico y tecnológico son instrumentos de gestión ambiental; para lo cual ordena en los subsiguientes Artículos 60 y 61 la promoción y realización de investigaciones científicas y tecnológicas en las instituciones de educación superior que contribuyan con el desarrollo sostenible. En tal sentido, el desarrollo de esta investigación cumple con el ordenamiento de esta ley.

1.3 Justificación e importancia de esta investigación

La importancia de esta investigación radica, en que a través de mediciones in situ, se obtendrán valores específicos de los siguientes parámetros de diseño: caudales de agua residual, concentración de contaminantes del agua residual, **constituyentes del agua de abastecimiento** y dotación de agua potable del complejo hotelero analizado. **Los valores que se obtendrán, se podrán utilizar como información base y/o de referencia para ampliar los datos disponibles hasta el momento.**

Los parámetros que se analizarán en el agua residual son necesarios para el diseño, operación y manejo de los sistemas de tratamiento en hoteles "todo incluido". En el caso del agua potable, los valores son necesarios para el control de la explotación de los recursos hídricos en las zonas turísticas, en función del volumen diario de extracción que pueden aportar dichos recursos. Del mismo modo, el análisis y diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se

podrán sustentar en valores de contaminantes determinados a través de mediciones en campo, permitiendo que los sistemas de tratamiento obtengan la eficiencia para la cual fueron diseñados y los efluentes sean descargados dentro de los límites fijados por las normas ambientales.

Al momento de la realización de este trabajo, respecto al tema investigado, en 1998, el Secretariado Técnico de la Presidencia (actual Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo) realizó un estudio como parte del Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos (PASCT). La finalidad del estudio citado consistió en la obtención de criterios básicos de planificación y parámetros para la evaluación de factibilidad de proyectos turísticos. En esa investigación se estimó la dotación y caudales de agua residual basados en datos históricos de bombeo de agua residual en un complejo turístico.

Breve descripción del área y del complejo hotelero analizado

Para la elaboración de esta investigación se tomó como caso de estudio el complejo hotelero IFA VILLAS BÁVARO Beach Resort & Spa, conformado por tres hoteles con un total de 652 habitaciones. Está ubicado en el "Polo Turístico III", zona turística de Macao-Bávaro, en el extremo este de la República Dominicana, a 40 km, aproximadamente, de la ciudad de Higüey, provincia La Altagracia. El Polo Turístico III abarca las zonas de Bávaro, Punta Cana, Cabeza de Toro, El Cortecito y Uvero Alto. Posee 69 km de playas.

Este polo turístico consta de 58 hoteles, con un total 24, 864 habitaciones. El 91.38% de estos hoteles funcionan con el plan de operación "todo incluido" (Asociación Nacional de Hoteles y Restaurantes (ASONAHORES), 2006). Esta modalidad abarca el uso de la habitación y todas las comidas, generalmente en tipo buffet, bebidas gratis en el bar, programa diario de actividades y espectáculos nocturnos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

1. Evaluar los parámetros hidráulicos y ambientales aplicables en los diseños de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para los hoteles "todo incluido" analizados en el caso de estudio.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar las diferencias existentes entre los valores de los parámetros medidos en este caso de estudio y las normas y reglamentos vigentes; así como otros documentos de referencias utilizados en la elaboración de los diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales.
2. Aportar los valores de los parámetros medidos en este estudio como información base y/o de referencia.
3. Realizar las mediciones de los caudales y los cálculos requeridos por los diseñadores para recomendar inversiones en sistemas de tratamiento ambiental y económicamente eficientes.
4. Calcular la dotación de agua potable en los hoteles del complejo y medir los caudales de agua residual afluentes a la planta de tratamiento procedentes de la cocina, lavandería, habitaciones de turistas y edificio de empleados para establecer cuál es la actividad que aporta mayor caudal de agua residual hacia la planta de tratamiento de aguas residuales
5. Calcular los caudales promedio y los picos máximos y mínimos.
6. Establecer cuál es la actividad que aporta mayor contaminación hacia la planta de tratamiento de aguas residuales
7. Medir la concentración de cloruros del agua abastecida y en el agua residual.
8. Cuantificar las concentraciones de los contaminantes básicos (DBO₅, DQO, SS, grasas y aceites, nitrógeno, fósforo) del diseño de las plantas de

tratamiento de aguas residuales y las concentraciones de los contaminantes descargados.

Dentro del marco de esta investigación, las mediciones y cálculos se categorizan como objetivos específicos. Se plantean de este modo, debido a que los propósitos de este trabajo incluyen la determinación de los valores de los parámetros a través de mediciones en los puntos analizados en el complejo hotelero; es decir, esta investigación se propone comparar los valores medidos con los valores contenidos en las normativas vigentes y proponer dichas mediciones como información base y de referencia. (Ver acápite 1.3).

Capítulo II

Fundamentos Teóricos

CAPITULO II FUNDAMENTOS TEORICOS

Este capítulo abarca dos vertientes: el marco teórico general y el específico; tanto del agua subterránea para abastecimiento como del agua residual. Primeramente, como eje transversal a ambos temas, se presenta la legislación que rige los sectores abordados en este trabajo.

2.1 Legislación y normativa vigente

2.1.1 Leyes y decretos

La revisión del marco legal en este estudio, está delimitada dentro del área ambiental de los sectores investigados. Se citan las leyes y decretos que rigen el sector agua potable y saneamiento; así como las que rigen el turismo. Las leyes se presentan ordenadas cronológicamente en Tabla 2-1 a continuación.

Tabla 2-1

Legislación que rige el sector agua potable, saneamiento y turismo

Leyes	Descripción y objetivo de la ley
Ley 64-00 del 2000	La Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales es ley marco que regula la protección del medio ambiente y los recursos naturales. Su objetivo es: "establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, asegurando su uso sostenible". Creó la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, organismo rector de la gestión del medio ambiente. Creó otros organismos e integró a la Secretaría de Medio Ambiente instituciones existentes.
Ley 84 de 1979	Crea la Secretaría de Estado de Turismo. Esta ley modificó la Ley 541 de 1969. Algunas de las funciones de la Secretaría de Turismo son: programar y promover la industria turística y la inversión estatal y privada en el sector, determinar y supervisar los polos turísticos, orientar el diseño y construcción de obras de infraestructura.

Ley 487 del 1969 y su reglamento No. 2889 del 1977	Sobre el Control de la Explotación y Conservación de las Aguas Subterráneas. Fue modificada por la Ley 64-00 para otorgarle a la Secretaría de Medio Ambiente el control de la explotación y conservación de las aguas subterráneas, funciones que antes correspondían al INDRHI.
Ley No. 498 de 1973	Crea la Corporación de Acueductos y Alcantarillados de Santo Domingo (CAASD). Esta institución ejecuta, opera y mantiene los sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales de la ciudad de Santo Domingo y las poblaciones dentro de su área de influencia.
Ley 305 del 1968	Establece una zona marítima de 60 metros de ancho en costas, playas y ríos.
Ley No. 6 del 1965	Crea el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI). La Ley 64-00 le otorga al INDRHI la máxima autoridad nacional en relación al control, aprovechamiento y construcción de las obras fluviales, hidráulicas agrícolas, presas y centrales hidroeléctricas. Así mismo, interviene en la conservación de las corrientes de agua y protección de las cuencas.
Ley No. 5994 del 1962 y su Reglamento Interno No. 8955 del 1963	Crea el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado (INAPA). Es la máxima autoridad en todo lo referente a sistemas de abastecimiento de agua para consumo doméstico, industrial y comercial; así como, la disposición de aguas residuales en el área urbana y rural, excepto Santo Domingo, Santiago, Moca, Puerto Plata y Romana.
Ley No. 5852 del 1962	Sobre Dominio de Aguas Terrestres y Distribución de Aguas Públicas. Fue modificada por La Ley 64-00 para otorgarle a la Secretaría de Medio Ambiente el manejo y otorgamiento de concesiones y permisos para la explotación y uso de las aguas subterráneas.

Además de estas leyes, existe el anteproyecto de la Ley de Aguas que plantea la reforma legal del sector agua a través de un nuevo marco jurídico e institucional orientado a la regulación del recurso agua bajo los lineamientos y principios del Manejo Integrado de los Recursos Hídricos como enfoque de gestión y uso múltiple del agua. El anteproyecto de ley introduce nuevos instrumentos de

gestión, dentro de los cuales se encuentran: el sistema de registro y planificación de usuario y el sistema de licencias para concesiones y permisos. Además, introduce otros elementos como son: pago volumétrico por el uso de agua, control de vertido a los cuerpos de agua, pago por vertidos.

La Ley 153 del 1971 y su Reglamento 1889 de 1980. Esta es la Ley de Promoción e Incentivo al Desarrollo Turístico. Fue derogada con la entrada en vigor de la Ley 11-92 que aprobó el Código Tributario, como parte de una política de restricción a los incentivos directos. Consideramos de importancia citarla en esta revisión del marco legal debido a que el desarrollo que ha alcanzado el turismo se fundamentó en los incentivos y facilidades de inversión que otorgaba dicha ley.

Decretos

Dentro de la legislación que rige el sector turismo, se encuentran los decretos que crean los polos turísticos en las distintas zonas del país. De manera específica, cito el decreto No. 1256 del 1986 mediante el cual se crea el "Polo Turístico III" que abarca la zona del área turística de Punta Cana - Bávaro, que nos ocupa en esta investigación.

2.1.2 Normas ambientales y norma de calidad de agua potable

La Ley 64-00 dispuso la elaboración de normas técnicas ambientales para regular las actividades que hacen uso de los recursos naturales, garantizar la explotación adecuada de los mismos y las condiciones para el desarrollo de los ecosistemas asociados. En relación con los recursos hídricos, la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ha elaborado y editado dos normas. Además, en este acápite, se incluye la norma NORDOM 1. Esta contiene las especificaciones vigentes para establecer la calidad del agua potable. Fue elaborada por la Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad (DIGENOR).

- **Norma Ambiental sobre Calidad de Agua y Control de Descargas.** Editada en el 2003. Los requerimientos de ésta son de observancia en los cuerpos hídricos superficiales en todo el país. En esta norma se clasifican las aguas superficiales y las costeras según su utilidad, se establecen los requisitos que deben cumplir las descargas de residuos líquidos o aguas residuales a los cuerpos receptores: valores máximos permisibles de descarga. También se establecen los estándares de calidad que se desea mantener o que adquiera el cuerpo hídrico receptor o sección del mismo. Ver Anexo No. III.

- **Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y Descargas al Subsuelo.** Fue editada en el 2004 por la Subsecretaría de Suelos y Aguas. Los requerimientos son aplicables en particular a las aguas subterráneas y descargas al suelo (ver Anexo No.III). Los objetivos específicos de esta norma son:
 - Establecer los estándares de calidad de las aguas subterráneas según su utilidad principal, definiendo los parámetros básicos y valores permisibles.
 - Establecer los requisitos y las especificaciones técnicas para la construcción de pozos y aguas subterráneas.
 - Establecer los requisitos de descarga de líquidos al suelo o sub-suelo
 - Clasificar los acuíferos, según su nivel de vulnerabilidad.
 - Establecer los estándares de calidad que debe poseer un cuerpo receptor.

- **Norma NORDOM 1.** Es la norma de Agua para Uso Doméstico. Establece los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que deben cumplir el agua destilada para uso doméstico. Fue elaborada por la Dirección General de Normas y Sistemas (DIGENOR) en el año 1980.

2.2 Fundamentos teóricos generales

2.2.1 Agua subterránea. Explotación mediante pozos

Las aguas subterráneas son las aguas existentes debajo de la superficie terrestre en una zona de saturación donde los poros del suelo o las rocas están llenos de la misma (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004b).

Corbitt et al (2003), define un acuífero como un estrato o formación que contiene agua aprovechable, y es capaz de transmitir la entrega de agua en cantidad suficiente para permitir su explotación. Estos pueden dividirse en dos categorías: confinados y no confinados, dependiendo de si existe o no una capa freática o superficie libre bajo presión atmosférica.

Henry y Heinke (1999), plantean que las aguas subterráneas no son tan susceptibles a la contaminación como las aguas superficiales, pero una vez que se han contaminado, su remediación es difícil y de larga duración. Casi todos los organismos patógenos y muchas sustancias indeseables se eliminan por la acción filtrante de las partículas del suelo.

Según Henry y Heinke (1999), para llevar el agua subterránea a agua potable se requiere mucho menos tratamiento y por tanto, menos gastos. El agua de pozo es de cantidad limitada, pero por lo general, es de calidad uniforme, carece de turbidez y puede requerir ablandamiento. La construcción correcta de un pozo es fundamental para impedir la contaminación; por tanto, la ubicación de los pozos sépticos es de importancia crítica para evitar la contaminación.

Explotación mediante pozos

La extracción de agua subterránea se realiza a través de la construcción de pozos o galerías de infiltración. El tipo de explotación utilizado en cada caso depende de las formaciones geológicas y las características hidrológicas de las

formaciones de agua productiva. Pueden dividirse en dos categorías principales (Corbitt et al, 2003):

- Explotación mediante pozos: no artesianos o capa freática y artesianos.
- Explotación de manantiales: gravitacionales y artesianos.

Un pozo se define como una perforación vertical generalmente cilíndrica que se practica en el terreno hasta llegar a las aguas subterráneas con la finalidad de obtener agua para riego, usos domésticos, industriales y otros (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004a). La cantidad de agua que puede bombearse desde cualquier pozo depende del carácter del acuífero y de la construcción del pozo.

Un depósito de agua subterránea sólo puede soportar una rapidez de extracción de la misma magnitud que la del suministro que recibe de manera continua por infiltración (Henry y Heinke, 1999).

2.2.2 Parámetros físicos-químicos en agua subterránea

El agua contiene sustancias disueltas o suspendidas. El agua disuelve los elementos químicos con los que ha estado en contacto en la atmósfera, en la superficie del suelo o en el subsuelo. Los compuestos químicos disueltos pueden ser de origen natural o industrial y ser benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración (Henry y Heinke, 1999).

Los parámetros físicos-químicos que caracterizan un agua subterránea dependen de los compuestos con los que ha estado en contacto. En este acápite sólo desarrollaremos el pH, cloruros, alcalinidad y sólidos disueltos. Se evaluarán estos parámetros por ser los que podrían incidir en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

pH: es el término empleado para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad de un agua. Expresa la concentración de los iones de hidrógeno o la actividad del ión hidrógeno. En los abastecimientos de agua, se debe tener en cuenta en la coagulación química, desinfección, ablandamiento de agua y el control de la corrosión (Sawyer, C. N., McCarty, P. L., Parkin, G.F., 2000).

La norma NORDOM 1 de DIGENOR: Agua para Uso Doméstico, establece el valor del pH entre 6.5 - 9.2.

Alcalinidad del agua: es la medida de su capacidad para neutralizar los ácidos. Es una medida de la capacidad de amortiguación para resistir la caída del pH resultante de la adición de ácido. Los carbonatos son los elementos que más contribuyen a la alcalinidad. Las aguas muy alcalinas tienen un sabor muy desagradable y el consumidor tiende a ubicar otras fuentes. La alcalinidad y el pH son factores importantes para determinar la viabilidad del tratamiento biológico de las aguas residuales (Sawyer et al, 2000).

Los datos de alcalinidad son útiles para la ingeniería ambiental en lo referente a la coagulación química, ablandamiento, control de la corrosión, capacidad de amortiguación del agua.

Sólidos: material en estado sólido. En las aguas potables la mayor parte de la materia se encuentra en forma disuelta (sólidos en solución), constituida principalmente por sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos. La dureza aumenta con el contenido de sólidos disueltos. La determinación de los sólidos disueltos totales es importante en los casos en los que se necesita ablandamiento.

Conductividad eléctrica: es la propiedad de una solución acuosa de transportar corriente eléctrica (Corbitt et al, 2003).

La conductividad eléctrica de un agua se utiliza como una medida indirecta de su concentración de sólidos disueltos totales. Este es el parámetro de mayor

importancia a la hora de determinar si un agua es apta para su uso en sistemas de riego. La conductividad permite evaluar la mineralización global del agua. (Metcalf & Eddy, 1995). Generalmente se mide en microsiemens/cm ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

La norma de calidad de agua potable, NORDOM 1 antes citada, no establece los valores del parámetro conductividad eléctrica. Por tal razón, para facilitar el análisis y discusión, en este trabajo mostraremos los valores correspondientes a la normativa francesa presentados por Rodier et al (1990). Dichos valores se muestran a continuación:

Conductividad (Ce)	Interpretación del resultado
$333 \mu\text{s}/\text{cm} < \text{Ce} < 666 \mu\text{s}/\text{cm}$	Mineralización media
$666 \mu\text{s}/\text{cm} < \text{Ce} < 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$	Mineralización importante
$> \text{Ce} < 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$	Mineralización excesiva

2.2.3 Cloruros en el agua subterránea. Importancia y efectos

La cantidad de cloruros presentes en el agua subterránea puede ser debida a la extracción de depósitos sedimentarios marinos, a la intrusión salina del agua de mar, por contaminación de salmuera, o de residuos industriales y domésticos (Corbitt et al, 2003).

Algunas aguas con un contenido de 250 mg/l de Cl^- pueden tener un sabor salado detectable si el catión es sodio. Sin embargo, el sabor típico podría estar ausente en aguas que contienen hasta 1,000 mg/l cuando los cationes predominantes son calcio y magnesio (American Public Health Association et al, 1989).

En todas las aguas naturales existen cloruros en concentraciones diversas. Normalmente, los cloruros aumentan a medida que aumenta el contenido de minerales.

El origen de los cloruros en las aguas naturales se debe a: disolución de suelos y rocas que contienen cloruros, evaporación de gotas de agua o cristales diminutos provenientes de los océanos, invasión de las aguas de mares y océanos.

Las aguas subterráneas de las áreas adyacentes del océano están en balance hidrostático con el agua de mar. El excesivo bombeo produce una diferencia en la presión hidrostática a favor del agua de mar que se introduce en el agua dulce (Sawyer et al, 2000).

La Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y Descarga al Subsuelo, descrita en el acápite 2.1.2, establece que el valor máximo de cloruros que pueden contener las aguas subterráneas Clase A (agua para abastecimiento doméstico, uso industrial, riego de vegetales de consumo crudo) es 350 mg/l, valor listado dentro de la categoría de sustancias y parámetros que pueden provocar quejas al ser consumidos (Ver Anexo No. III).

Importancia de los cloruros en el agua subterránea

Acorde con Sawyer et al (2000), los cloruros a concentraciones moderadas no ofrecen peligro para los humanos. Las concentraciones mayores de 250 mg/l dan un sabor salado al agua que es rechazado por muchas personas. Esto hace que en muchos sistemas de abastecimiento de uso público se limite el contenido de cloruro a 250 mg/l. El mismo autor informa que en muchas áreas del mundo en donde son escasos los abastecimientos para uso público, se utilizan aguas con concentraciones de cloruros de hasta 2,000 mg/l sin que se produzcan efectos adversos, cuando los sistemas humanos se han adaptado al agua.

Efectos de los cloruros

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que por encima de 250 mg/l los cloruros pueden incidir en la corrosividad del agua. Los límites en las normas de calidad se sustentan más en el gusto que en motivos de salubridad. A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción disolventes de

ciertas sales presentes en el agua y sobre algunos componentes del cemento, al generar acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo. Las características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros provocan que su remoción requiera métodos sofisticados y costosos, casi impracticables cuando el volumen de agua a tratar es alto.

La destilación es un método eficiente y práctico (<<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>>, fecha de publicación desconocida).

Los riesgos de corrosión en las tuberías y depósitos de acero inoxidable aumentan a partir de 50 mg/l. Los cloruros son fácilmente solubles, no participan en los procesos biológicos, no juegan ningún papel en los fenómenos de descomposición ni sufren modificaciones (Rodier et al, 1990).

En el agua utilizada para riego de cultivos agrícolas se controlan los cloruros y la salinidad. La presencia de estos compuestos provoca diferencia de presión osmótica entre el agua en el terreno y la célula, haciendo difícil que la planta capte el agua. Por esa razón, en la generalidad de los casos, las normativas de calidad de agua para riego establecen las concentraciones de cloruro y salinidad total en valores iguales o inferiores a los del agua potable.

Aplicación de los datos de cloruros

La determinación de cloruros se usa para controlar el bombeo de aguas subterráneas en sitios en donde la invasión del agua de mar es un problema. Un alto contenido de cloruro podría dañar las tuberías metálicas y las estructuras. La concentración de cloruros es un factor importante para: (1) La selección de fuentes de abastecimiento para uso humano, industrial y agrícola. (2) La determinación del tipo de aparato que se va a utilizar en la desalinización.

2.2.4 Consumo de agua

El consumo de agua es el volumen de agua utilizado por una persona en un día y se expresa por lo general, en litros por habitantes y por día (l/habitante.día). La determinación del consumo se debe hacer con base en datos estadísticos del consumo pasado o presente de la población o basándose en los mismos datos de otras poblaciones vecinas (López Cualla, 1995). Otra forma de nombrar el consumo es con el nombre de dotación: volumen que satisface en forma adecuada la necesidad de agua de la unidad de consumo en un tiempo determinado.

El agua que se suministra a una ciudad se clasifica de acuerdo con su uso conforme se describe en las categorías mostradas a continuación (Metcalf & Eddy, 1995; Steel & McGhee, 1981):

- **Uso doméstico:** Comprende el agua abastecida a zonas residenciales, hoteles, comercios, instituciones y espacios recreacionales. También incluye el agua para uso general y sanitario (beber, limpieza, higiene, fines culinarios, evacuación de residuos, y riego de jardines y zonas verdes particulares).
- **Uso comercial e industrial:** es el agua suministrada a tales instalaciones. La cantidad de agua requerida depende de los servicios y actividad industrial realizada.
- **Servicio público:** agua utilizada en extinción de incendio, mantenimiento de infraestructuras, riego de espacios verdes.
- **Pérdidas de red y fugas:** A veces, se clasifica como no computable. Es la que se pierde debido a deslizamiento en contadores y bombas, conexiones no autorizadas, fugas en cañerías de distribución, bombas o depósitos. También incluye derroche de los consumidores.

2.2.5 Variaciones en los usos del agua

Los aspectos que afectan la variabilidad en el uso del agua son los siguientes el clima, el tamaño de la comunidad, densidad poblacional, nivel económico, fiabilidad y calidad del servicio, economía del agua, redes de servicios con contadores, fluctuaciones en el consumo (Metcalf & Eddy, 1995). Además, el consumo de agua se ve afectado por el tipo de actividad (mercantil, comercial e industrial), administración del sistema, disponibilidad de abastecimiento privado. (Fair et al, 2002).

2.2.6 Aguas residuales. Clasificación

Aguas residuales son aguas cuya composición y calidad original han sido afectadas como resultado de su utilización. En función de su origen, se definen, como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y privadas, establecimientos industriales y comerciales, a los que puede agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003).

Clasificación de las aguas residuales

Los principales tipos de aguas residuales pueden clasificarse como urbanas (municipales), industriales y agrícolas. En esta investigación se pone especial atención al agua residual urbana, caso que nos ocupa.

Agua residual urbana. Origen

El agua residual urbana o municipal está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales, instituciones públicas y similares. Corbitt et al (2003), define el agua residual urbana como aquella que se origina en todas las operaciones que conlleva el uso sanitario del agua. Proviene de una combinación de efluentes de cocinas, cuartos de baño y lavanderías, junto con

lavatorios, aseos, baños, residuos cocinados, trituradores de basura, lavaplatos, lavadoras y ablandadores de agua. Las aguas domésticas, se originan sobre todo en los hogares, como su nombre lo indica. Los establecimientos públicos como comercios, industrias e instituciones contribuyen a las aguas residuales urbanas con sus propios residuos resultantes de la actividad humana.

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Al agua de abastecimiento se le agregan la materia orgánica e inorgánica, a lo que se añaden los residuos domésticos y sanitarios como heces, orina, papel, jabón, suciedad, residuos de alimentos, residuos inorgánicos de los ablandadores de agua y otras sustancias. Algunos de esos materiales quedan en suspensión, mientras que otros se disuelven o resultan tan finamente divididos que se vuelven de naturaleza coloidal (Corbitt et al, 2003).

Los caudales de infiltración también se incluyen dentro de las aguas residuales urbanas. Infiltración es el agua del sub-suelo que se introduce en el sistema de alcantarillado, generalmente a través de tuberías rotas o defectuosas, juntas, conexiones y pozos de registro (Corbitt et al, 2003).

La infiltración se produce cuando se sitúan conductos de alcantarillado por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Esto no es deseable, ya que impone una mayor carga de trabajo al tendido general y a la planta depuradora.

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas (Ver acápite 2.2.8).

2.2.7 Caudales de agua residual. Cálculo de los caudales

Caudal: es el volumen de un afluente medido en unidad de tiempo.

El flujo a superficie libre también es llamado a canal abierto (Ramírez, 1991). Un conducto cerrado puede trabajar a canal abierto si presenta una superficie libre, como las alcantarillas de drenaje, las cuales se diseñan para trabajar como canales porque el flujo se espera que mantenga una superficie libre la mayor parte del tiempo de funcionamiento (Ramírez, 1991).

Tirante de Flujo: es la profundidad del flujo en la sección de un canal.

Flujo uniforme: ocurre cuando el tirante, el área hidráulica y la velocidad en cada sección transversal son constantes.

Ecuaciones de Chezy y de Manning

La fórmula de Chezy es la primera fórmula de fricción que se conoce, presentada en 1779. Estableció experimentalmente que la velocidad media en flujo uniforme V es función del producto del radio hidráulico R del conducto por la pendiente S del mismo.

$$V = C\sqrt{RS}$$

Donde:

V: Velocidad media del flujo [m/s]

R: Radio hidráulico [m]

S: Pendiente de la línea de energía, adimensional

C: coeficiente de resistencia al flujo. Depende de las condiciones del lecho del canal [$m^{1/2} / s$]

El coeficiente de Chezy fue estudiado posteriormente por muchos investigadores quienes dedujeron sus propias expresiones para calcularlo.

Fórmula de Manning (1890)

La ecuación de Manning es el resultado del proceso de ajustes de curvas; por tanto, es completamente empírica en su naturaleza (French, R. 1991). Para el sistema de unidades técnico, internacional o M.K.S.

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad \left[\frac{m^{1/2}}{s} \right]$$

Donde:

n : es una constante que depende de la rugosidad. Es conocido como coeficiente de rugosidad de Manning y es el más usado en nuestro medio. En la Tabla No. 2-2 se muestran los valores de este coeficiente.

Tabla No. 2-2
Valores del coeficiente de rugosidad de Manning

Materiales	Valores de n
Asbesto cemento	0.010
Concreto liso	0.013
Concreto áspero	0.016
Acero galvanizado	0.014
Hierro fundido	0.013
Acero galvanizado sin revestir	0.014
Plástico PVC	0.009

Fuente: Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD). Normas de Diseño. Sistema de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial

Al sustituir C en la ecuación de Chézy se obtiene:

$$V = C\sqrt{RS} \quad C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad Q = A \times V$$

Para el cálculo de caudales en tuberías circulares se utilizan las siguientes ecuaciones (Chow, 1994):

$$A_m = \frac{1}{8} (\theta - \text{SEN}\theta) d^2 \quad R = \frac{A_m}{P_m} \quad P_m = \frac{\theta d}{2}$$

a. Caudales de diseño

La determinación de los caudales de agua residual a eliminar es fundamental para el diseño de las instalaciones de recogida, tratamiento y evacuación (Metcalf & Eddy, 1995). Normalmente se trabaja con tres tipos de caudales: caudal medio, caudal máximo diario y caudal máximo horario (López Cualla, 1995).

Metcalf & Eddy (1995) plantea que cuando es imposible medir directamente los caudales de aguas residuales y no se dispone de datos históricos de los mismos, los caudales de aguas residuales se pueden estimar a partir de los datos de abastecimiento de agua. Si no se tienen datos de abastecimiento de agua, existen valores típicos de dotaciones según el tipo de usuario, aparatos domésticos e industriales y, la fracción del agua de abastecimiento que se convierte en residual. Luego se aplican los porcentajes adecuados a los datos de abastecimiento (sin incluir la infiltración y aportaciones incontroladas).

Formas de obtención de caudales de agua residual

Tipo de instalaciones	Obtención caudales de agua residual
Zonas con redes de alcantarillado existentes	<ul style="list-style-type: none">⊕ A partir de series históricas⊕ Aforos por medición directa
Para redes de alcantarillado nuevas	<ul style="list-style-type: none">⊕ Análisis de población y dotaciones de agua⊕ Estimación en poblaciones con características similares

En la caracterización del caudal del agua residual doméstica debe tenerse en cuenta las fluctuaciones que se se experimentan normalmente con el día, con la hora del día y con el mes (Corbitt et al, 2003).

b Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno es el porcentaje del agua total abastecida que se convierte en agua residual. El remanente se emplea en riegos de prados y jardines, lavado de calles, extinción de incendios, generación de vapor y satisfacción de necesidades domésticas, comerciales e industriales misceláneas. El cuadro a continuación muestra los porcentajes a aplicar al agua abastecida según diferentes autores.

Porcentaje de agua abastecida que se convierte en agua residual según diversos autores

Autores	Porcentaje
Metcalfe & Eddy, (1995)	60% - 85%
López Cualla (1995)	65% - 85%
Glynn et al. (1999)	70% - 90%
Fair et al. (2002)	60% - 70%

2.2.7.1 Usos de los datos de caudales de agua residual

El análisis de las características y variaciones de los caudales de las aguas residuales es necesario; ya que afectan en gran medida el diseño hidráulico de las redes y las instalaciones de tratamiento. Deben analizarse los caudales de las estaciones de bombeo y de planta de tratamiento de por lo menos, los dos últimos años (Metcalfe & Eddy, 1995).

Tabla 2-3

Tipos de caudales en las plantas de tratamiento de aguas residuales

Caudal	Obtención u origen	Uso de este caudal
Caudal medio diario	Es el caudal medio en 24 horas obtenido a partir de los datos de todo el año.	Se emplea para: - Determinación de la capacidad de una planta de tratamiento. - Obtener los caudales de diseño - Evaluar los costos de bombeo, inversión en productos químicos, volumen de lodos y carga orgánica.
Caudal máximo diario	Máximo caudal en 24 horas obtenido a partir de los datos anuales de explotación.	De gran interés en proyectos de elementos que contemplen un cierto tiempo de retención, como puede ser el caso de tanques de homogeneización o de cloración.
Caudal punta horario	Es el caudal horario punta que se da en un período de 24 horas, obtenido a partir de los datos de explotación anuales.	Es de interés para el diseño de colectores, estaciones de bombeo de aguas residuales, medidores de caudal de aguas residuales, desarenadores, tanques de sedimentación, tanques de cloración, y conducciones y canales de una planta de tratamiento.
Caudal mínimo diario	El caudal mínimo registrado en 24 horas a partir de los datos de explotación.	Es importante para diseño de conducciones en las que se pueda producir sedimentación cuando circulan caudales pequeños.

Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Vol I. 1995

Acorde con Salas, L. (1991), los caudales de la planta de tratamiento se deben escoger de acuerdo con los volúmenes diarios aportados. El proceso de tratamiento se diseña para el caudal promedio diario o máximo diario, de cada etapa según sus valores:

- ✚ Para caudales promedio diario menores a 10 l/s, el proceso de tratamiento se diseñará para el caudal máximo diario.
- ✚ Para caudales promedio diario mayores a 10 l/s, el proceso de tratamiento debe diseñarse para el caudal promedio diario.

La hidráulica del proceso debe diseñarse para el caudal de diseño del proceso de tratamiento, verificarse para las condiciones del caudal máximo (al horizonte de diseño del proyecto) y (mínimo al inicio del proyecto del diseño). Esta verificación también debe realizarse para el proceso de tratamiento (Salas L. 1991).

2.2.7.2 Variaciones en los caudales de agua residual

a. Variaciones a corto plazo

Los caudales del agua residual doméstica siguen el mismo comportamiento o patrón de variación, en la generalidad de los casos. Los caudales mínimos tienen lugar a primeras horas de la mañana. El primer caudal punta ocurre cuando tiene lugar el consumo punta a última hora de la mañana. La segunda punta suele ser de 7 a 9 de la noche. Esto depende del tamaño de la comunidad. Cuando las aportaciones externas e incontroladas a la red son mínimas, las curvas de variación de los caudales de aguas residuales son muy semejantes a las curvas de abastecimiento con retardo de algunas horas (Metcalf & Eddy, 1995).

b. Variaciones estacionales

Son significativas en zonas turísticas, pequeñas comunidades con colegios y universidades y en zonas en las que las actividades comerciales e industriales se concentran en diferentes épocas del año.

2.2.8 Características de las aguas residuales

Para desarrollar este tema, se partirá del concepto de contaminación del agua tomado de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003.

Contaminación del agua: acción y/o efecto de introducir en el agua elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que alteran la calidad de ésta para usos posteriores, que incluye el uso humano y la función ecológica. La contaminación del agua altera sus propiedades físicos-químicas y biológicas de forma que puede producir daño directo o indirecto a los seres humanos y al medio ambiente.

La naturaleza del agua residual es un dato básico para el proyecto y explotación de las infraestructuras de recogida, tratamiento y evacuación de las aguas residuales y para la gestión de la calidad ambiental. Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica (Metcalf & Eddy, 1995).

2.2.8.1 Características físicas, químicas y biológicas

A Características físicas

Las características físicas más importantes del agua residual comprenden: contenido total de sólidos (materia en suspensión, materia sedimentable, la materia coloidal, y la materia disuelta), olor, temperatura, color, turbiedad.

Descripción de los constituyentes físicos

a.1 Sólidos totales: analíticamente se define como la materia que se obtiene como residuos después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103°C y 105°C. Los sólidos totales o residuos de evaporación, pueden clasificarse en filtrables y no filtrables (sólidos en suspensión), los cuales se obtienen haciendo pasar un volumen conocido por un filtro (Metcalf & Eddy, 1995). De acuerdo a la naturaleza de los compuestos que lo constituyen, los sólidos totales pueden dividirse en sólidos fijos y volátiles. Esta clasificación se obtiene secando el residuo total por segunda vez a 550°C (Salas, L. 1991). Los residuos o sólidos fijos son los que quedan después de calentar una hora a 550°C.

a.2 Sólidos disueltos (SD): son todos los sólidos que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada en laboratorio. Comprende sólidos en solución y los sólidos en estado coloidal no retenidos en la filtración. Los sólidos disueltos pueden causar un efecto perjudicial a los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales. Se estima que la concentración máxima permisible de sólidos disueltos es de 16,000 mg/l (Salas, L. 1991).

a.3 Sólidos en suspensión (SS): son aquellos que quedan retenidos por filtración de análisis de laboratorio. Puede decirse que son los que tienen partículas superiores a 1 micrón (1×10^{-6}). Los sólidos en suspensión de un agua residual se remueven parcialmente del agua por medios puramente físicos (Salas, L. 1991). La determinación de los sólidos en suspensión es importante porque son los que

dan lugar al desarrollo de depósitos de lodos y de condiciones anaerobias cuando se vierte el agua residual sin tratar al entorno acuático.

a.4 Sólidos sedimentables (SSed): se definen como el volumen de sólidos que se deposita en el fondo de un cono Imhoff después de un tiempo determinado de reposo del líquido. El ensayo de estos sólidos trata de medir la cantidad que puede retirarse por decantación simple. Corresponde al material que podría ser el principal formador de bancos de lodos en los ríos cuando se vierte el agua residual (Salas, L. 1991).

a.5 Temperatura: esta característica física es importante por su influencia sobre la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas de los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica, la solubilidad del oxígeno y su efecto directo sobre los ecosistemas acuáticos (Salas, L. 1991).

a.6 Olor: se considera como un parámetro estético (rechazo, tensión psicológica) y evaluativo indirecto. Cuando hay desprendimiento de sulfuro de hidrógeno (H_2S) huele a huevos podridos y esto indica condiciones anaeróbicas. Para caracterizar el olor se deben considerar los aspectos de: carácter, detectabilidad, sensación e intensidad (Salas, L. 1991).

a.7 Color: se considera más como aspecto estético. El color sintético y en altas concentraciones puede interferir con la penetración de los rayos solares y reducir la zona biótica vegetal en una laguna de estabilización y en el cuerpo receptor. El color también puede interferir con la actividad biológica y química del proceso de estabilización por parte de los microorganismos (Salas, L. 1991).

a.8 Importancia del conocimiento de las características físicas

Las características físicas son factores de gran importancia para el diseño de las plantas de tratamiento y los sistemas de evacuación de aguas residuales, para el cumplimiento de las normas de descarga exigidas para el cuerpo receptor, de

manera que no se vean afectados los ecosistema acuáticos (por los efectos de la temperatura, color, turbiedad) y el medio ambiente en general; por ejemplo, molestias en las poblaciones vecinas por los olores generados.

B Características químicas. Descripción de los constituyentes

Los constituyentes químicos del agua residual se pueden agrupar en (Metcalf & Eddy, 1995):

- **Orgánicos:** carbohidratos, grasas animales, aceites y grasas, pesticidas, fenoles, proteínas, agentes tensoactivos, compuestos orgánicos volátiles.
- **Inorgánicos:** alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, pH, fósforo, azufre, contaminantes prioritarios.
- **Gases:** oxígeno, sulfuro de hidrógeno, metano

b.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): refleja la materia orgánica existente en el agua, indicando el oxígeno necesario para alimentar a los microorganismos y para las reacciones químicas (Hernández M., Hernández L., Galán M., 1996). Acorde con Metcalf & Eddy (1995), la DBO a los 5 días (DBO₅) es el parámetro de medición de la contaminación orgánica más ampliamente empleado. Con éste se mide el oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Se emplea para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- Dimensionar las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales.
- Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento.
- Controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

Para asegurar la fiabilidad de los resultados, es preciso diluir convenientemente la muestra con una solución especialmente preparada que asegure la disponibilidad de nutrientes y oxígeno durante el período de incubación, el cual es normalmente, 5 días a 20°C. Esta temperatura se asume como un valor medio representativo de temperatura que se da en los cursos de agua que circulan a baja velocidad en climas suaves, y es fácilmente duplicada en un incubador. En un período de 20 días, se completa la oxidación del 95 a 99% de la materia carbonosa, y en los 5 días que dura el ensayo de la DBO, se llega a oxidar entre el 60% y 70% (Metcalf & Eddy, 1995).

La determinación de la materia orgánica biodegradable a través de la DBO es importante porque si se descarga agua residual sin tratar en un cuerpo hídrico receptor, su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

b.2 Demanda química de oxígeno (DQO): El análisis de la DQO se emplea para la medición de la materia orgánica en aguas residuales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que la DBO correspondiente. Esto es debido a que existe un mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En este ensayo se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. Se obtienen muy buenos resultados con el dicromato de potasio. El ensayo debe hacerse a elevadas temperaturas. Es posible determinar la DQO en un tiempo de 3 horas (Metcalf & Eddy, 1995).

La relación entre la DBO_5 y la DQO es utilizada para evaluar las posibilidades de biodegradabilidad del agua residual en vertidos industriales e indicará la importancia de estos dentro del agua residual analizada. Una relación de $DBO_5/DQO < 0.20$ indica un agua poco biodegradable (Hernández et al, 1996).

b.3 Grasas, grasas animales y aceites: el término grasa comprende las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. Las grasas animales y los aceites son compuestos de alcohol (ésteres) o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Las grasas y aceites llegan a las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca de cerdo, margarina y aceites y grasas vegetales. Las grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces y ciertas frutas. La presencia de grasas y aceites pueden provocar problemas en las redes de alcantarillado y pueden disminuir la eficiencia de la planta de tratamiento al interferir con los procesos biológicos (Metcalf & Eddy, 1995).

La existencia de grasas y aceites genera una película envolvente de los flóculos biológicos impidiendo su respiración, los aligeran llevándolos a la flotación y por tanto, dificulta la decantación secundaria (Hernández et al, 1996). Si no se elimina el contenido de grasas antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables (Metcalf & Eddy, 1995).

b.4 pH: La concentración de ión hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia para las aguas residuales. El agua residual con concentraciones de ión hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ión hidrógeno en las aguas naturales si el efluente no se modifica antes de la evacuación de las aguas (Metcalf & Eddy, 1995). El valor del pH debe mantenerse entre 6.2 y 8.5 para que no se produzcan problemas de inhibición en el tratamiento biológico (Hernández et al, 1996).

b.5 Nutrientes: nitrógeno y fósforo: son los principales nutrientes de importancia en el vertido de aguas residuales tratadas. Pueden acelerar la eutrofización de lagos y embalses y estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas arraigadas en los cursos de agua pocos profundos.

Eutrofización: es el proceso de enriquecimiento de nutrientes que se lleva a cabo en un cuerpo de agua. El crecimiento biológico resultante, principalmente de algas, muere en el epilimnio (capa más cálida) y se sedimenta al pasar al hipolimnio (capa inferior más densa y fría que llega hasta el fondo), en donde se descompone y se agota el oxígeno del agua.

La presencia de algas y plantas acuáticas interfieren con los usos beneficiosos de los recursos hidráulicos cuando se emplean para el abastecimiento de agua, crecimiento ictiológico y usos recreativos. Los crecimientos algáceos resultan estéticamente desagradables. Otros efectos negativos provocados por las concentraciones elevadas de nitrógeno en efluentes tratados son: reducción de la concentración de oxígeno disuelto en los cursos de agua receptoras, efectos negativos sobre la efectividad de la desinfección con cloro, peligro para la salud pública, efectos sobre el potencial de reutilización del agua residual (Metcalf & Eddy, 1995).

Según Henry y Heinke, 1999, las cantidades necesarias para generar floraciones algáceas no están bien establecidas, pero concentraciones tan bajas como 0.01 mg/l de fósforo y 0.1 mg/l de nitrógeno pueden ser suficientes para ocasionar eutrofización cuando otros elementos se encuentran presentes.

b.6 Nitrógeno

El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato. El contenido de nitrógeno orgánico se determina por el método Kjeldahl. El nitrógeno Kjeldahl total incluye ambas formas de nitrógeno: orgánico y amoniacal (Metcalf & Eddy, 1995). El ión amonio es la primera etapa de transformación del nitrógeno por transformación de la urea. El amonio procede también de la disolución del amoníaco, de algunas de sus sales o compuestos nitrogenados en la fase de descomposición de los vertidos (Hernández et al, 1996).

En el agua residual bruta, el nitrógeno suele estar presente en forma de amoníaco o de nitrógeno orgánico, ambas formas solubles y particuladas. El nitrógeno orgánico soluble, principalmente, se presenta en forma de urea y de aminoácidos. El agua residual bruta suele presentar bajas o nulas concentraciones de nitrito y nitrato. Durante el tratamiento biológico, la mayor parte del nitrógeno orgánico particulado se transforma en amonio y otras formas inorgánicas. Con los sistemas de tratamientos secundarios convencionales se elimina menos del 30% del nitrógeno total (Metcalf & Eddy, 1995).

Los nitritos y nitratos constituyen una segunda y tercera etapa del ciclo del nitrógeno al que se llega por la acción de las bacterias aerobias, los nitrosomas y los nitrobacter (Hernández et al, 1996). Si el efluente secundario es recuperado para recarga del agua subterránea, la concentración de nitrato es importante debido a que éste puede tener graves implicaciones para la salud, en especial de los niños (Metcalf & Eddy, 1995).

El nitrógeno de nitrito raramente excede la cantidad de 1 mg/l en el agua residual. A pesar de estas concentraciones pequeñas, los nitritos son importantes en el estudio de aguas residuales y contaminación de aguas, debido a la gran toxicidad para gran parte de la fauna piscícola y demás especies acuáticas.

Los nitritos presentes en los efluentes de aguas residuales se oxidan por adición de cloro, lo cual aumenta la cantidad de cloro a dosificar y por tanto, el costo de la desinfección (Metcalf & Eddy, 1995).

b.7 Fósforo

El contenido de fósforo en el agua residual se debe a los vertidos detergentes (Hernández et al, 1996). El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Los microbios utilizan el fósforo para la síntesis celular y el transporte de energía, eliminando entre el 10% y 30% del fósforo presente en el agua residual a través del tratamiento biológico secundario. Los métodos biológicos se basan en forzar a los microorganismos para

que consuman más fósforo del necesario para el crecimiento celular normal. El factor crítico en la eliminación biológica del fósforo es la exposición de los organismos a secuencias alternadas de condiciones aerobias y anaerobias. Esto fuerza a los microorganismos a consumir cantidades de fósforo superiores a los niveles normales. (Metcalf & Eddy, 1995).

b.9 Cloruros. Origen e incidencia en el agua residual

Acorde con Sawyer et al (2003), las excretas humanas, especialmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual a los que se consumen en los alimentos y el agua. El promedio de cloruro es 6 g por persona por día y aumenta la cantidad de cloruros de las aguas residuales municipales, aproximadamente a 15 mg/l, además del que contiene el agua que los transporta. Por tanto, los efluentes de las aguas residuales agregan una cantidad considerable de cloruros a las corrientes que los recibe.

Metcalf & Eddy (1995), indica que en los lugares en donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua también son una importante fuente de aportación de cloruros y que los métodos convencionales de tratamiento de las aguas no contemplan la eliminación de cloruros en cantidades significativas. Según Hernández et al (1996), un aspecto importante en relación con el ión cloruro es que el incremento de salinización de las aguas pueden inhibir la acción de microorganismos en las depuradoras. El valor a partir del cual se presentan problemas de inhibición del proceso es 3,500 ppm.

b.10 Importancia del conocimiento de las características químicas

El conocimiento de los constituyentes químicos del agua residual es importante para el diseño de las instalaciones de tratamiento y gestión del agua residual. Los constituyentes químicos caracterizados a través del parámetro DBO_5 , DQO, se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento, medir la eficacia de

algunos de los procesos de tratamiento del vertido y controlar el cumplimiento de los límites a que están sujetos los vertidos.

C Características biológicas. Descripción de los constituyentes

Los organismos presentes en el agua residual son: protistas (eubacterias, arqueobacterias), virus, animales y plantas.

c.1 Protistas: bacterias, algas y protozoos

Las bacterias juegan un papel importante en la estabilización de la materia orgánica. Las algas son importantes en procesos de estabilización de la materia orgánica en los que tiene lugar una relación simbiótica entre algas y bacterias, como en las lagunas de estabilización. Los protozoos también son importantes en estabilización de la materia orgánica porque mantienen un equilibrio entre los distintos grupos de microorganismos, pues se alimentan de bacterias, algas y otros protozoarios. De esta manera actúan como purificador microbiano de los efluentes de las plantas de tratamiento (Salas, L.1991).

c.2 Organismos patógenos. Organismos indicadores

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de determinadas enfermedades contagiosas, por esta razón es importante su determinación. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la desinteria, diarreas y cólera (Metcalf & Eddy, 1995).

Según Henry y Heinke (1999), la determinación de agentes patógenos en el agua es difícil, costosa y poco práctica en los análisis rutinarios del agua. Por esta razón se utilizan organismos indicadores de contaminación fecal. Las bacterias coliformes totales son las que se utilizan como organismos indicadores con mayor frecuencia. Su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. Los coliformes viven en el tracto intestinal de los animales de sangre caliente.

Se considera que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos. Las bacterias coliformes incluyen el género *Escherichia* y *Aerobacter* (Metcalf & Eddy, 1995).

El recuento de estreptococos fecales (EF), otro tipo de bacterias intestinales, más abundantes en los animales que en los humanos, suele hacerse en conjunto con los coliformes fecales (CF). La razón entre ambos grupos (EF/CF), se emplea para determinar la fuente de contaminación. Cuando la razón es 4 o mayor, la contaminación se considera debida a desechos humanos. Si la razón es menor de 0.7, se considera que la contaminación es producida por desechos animales. La presencia de *Clostridium perfringens* indica contaminación fecal remota (Henry y Heinke, 1999).

c.3 Importancia del conocimiento de las características biológicas

El conocimiento de las características biológicas de las aguas residuales es importante para identificar los principales grupos biológicos existentes y organismos patógenos presentes con el propósito de analizar, diseñar y evaluar los procesos biológicos del tratamiento. Las bacterias desempeñan un papel muy importante en la descomposición y estabilización de la materia orgánica de las plantas de tratamiento. El conocimiento de estos organismos resulta útil para determinar la vida biológica en los tratamientos secundarios para destruir los **residuos orgánicos y determinar la contaminación biológica evacuada al medio ambiente.**

2.2.9 Caracterización de las aguas residuales

Los estudios de caracterización del agua residual tienen el propósito de determinar las características físicas, químicas y biológicas y las concentraciones de los constituyentes. La caracterización del agua residual es importante porque permite conocer los diversos tipos de contaminantes que la componen y la concentración de los mismos. Con esta información se diseña el tratamiento escogiendo los procesos más efectivos para eliminar o reducir los contaminantes y cumplir las exigencias normativas de vertido.

La Tabla No. 2-4 muestra los valores típicos de los distintos constituyentes del agua residual doméstica bruta.

Tabla 2-4
Composición típica del agua residual doméstica bruta

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1,200
Disueltos totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	ml/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días, 20°C (DBO ₅ , 20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1,000
Nitrógeno (total en la forma de N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma de P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros ^a	mg/l	30	50	100
Sulfato ^a	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales	mg/l	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	µg/l	<100	100-400	>400

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Vol I, 1995.

^a Los valores se deben aumentar en la cantidad en que estos compuestos se hallen presentes en las aguas de suministro.

2.3 Fundamentos teóricos específicos

2.3.1 Tratamiento de las aguas residuales. Importancia.

Las necesidades de tratamiento de las aguas residuales abarcan las consideraciones de protección de la vida acuática y la preocupación por los constituyentes químicos que son perjudiciales al ambiente en general. Otras necesidades son: la protección de salud pública, control de la eutrofización, evitar la degradación de las aguas naturales con fines de su utilidad para la recreación, agricultura, comercio e industria, condiciones ofensivas a la vista y al olfato.

El objetivo primordial del tratamiento de aguas residuales consiste en modificar o eliminar los contaminantes perjudiciales para la salud humana o el entorno acuático, terrestre o aéreo (Henry y Heinke, 1999).

2.3.2 Sistemas de tratamiento de las aguas residuales

Un sistema de tratamiento de aguas residuales comprende un conjunto de procesos seleccionados para cumplir con los rendimientos de eliminación establecidos por la normativa del organismo de control. Se deben conocer de manera realista las posibilidades y limitaciones de cada sistema. Es necesario estudiar las limitaciones y requisitos establecidos por los organismos reguladores, incluidos los relacionados con la salud pública, la calidad atmosférica y la gestión de los residuos sólidos (Metcalf & Eddy, 1995).

Los factores más importantes que deben tenerse en cuenta en la selección y evaluación de las operaciones y procesos unitarios son: potencial de aplicación del proceso, intervalo de caudal aplicado, variación del caudal, características del agua a tratar, constituyentes inhibidores, limitaciones climáticas, cinética de

la reacción y selección del reactor, eficacia, tratamiento del lodo, necesidades energéticas y necesidades de personal (Metcalf & Eddy, 1995).

La elección final del método de tratamiento no sólo se basa en los análisis de ingeniería sino que influyen otros factores intangibles como la preferencia local, la experiencia del asesor y el historial del proceso (Henry y Heinke, 1999). La eficiencia de un proceso de tratamiento se expresa en términos de porcentaje de disminución de la DBO inicial.

2.3.3 Clasificación de métodos de tratamiento

Los métodos de tratamiento se pueden clasificar: según el medio de eliminación de los contaminantes, según la fase de depuración.

a) Según el medio de eliminación de los contaminantes

Los contaminantes del agua residual se pueden eliminar por medios físicos, químicos y biológicos. Los métodos individuales suelen clasificarse en: (1) operaciones físicas unitarias, (2) procesos químicos unitarios y (3) procesos biológicos unitarios (Metcalf & Eddy, 1995).

Normalmente, un sistema de tratamiento (o fase del proceso) es una combinación de los mismos. Para fines de clasificación se considera el efecto predominante. Los procesos se definen a continuación (Ulloa S., 1993):

- ⊕ **Procesos Físicos:** predomina la fuerza física para la eliminación del contaminante. Se denominan como operaciones físicas unitarias (Metcalf & Eddy, 1995). Los más usuales son: Desbaste (por rejillas, tamices, filtración mecánica), desengrasado, sedimentación, flotación, evaporación.

- ⊕ **Procesos Químicos:** la eliminación del contaminante es provocada por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas. Entre estos procesos están: floculación - coagulación, neutralización, oxidación, reducción, intercambio iónico, adsorción, desinfección.
- ⊕ **Procesos Biológicos:** Son los métodos de tratamientos en los cuales se consigue la eliminación de contaminantes por la actividad biológica. Entre estos métodos podemos citar: lodos activados, lechos bacterianos, lagunaje, biodiscos, sistemas de aplicación al suelo.

b) Según la fase de depuración

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales se pueden clasificar teniendo en cuenta también los rendimientos alcanzados en el proceso de depuración. Esta clasificación es utilizada todavía aunque no siempre es posible encuadrar un tratamiento dentro de una fase concreta (Ulloa S., 1993):

- **Pretratamiento y tratamiento primario:** Su rendimiento conjunto pocas veces excede del 30-40%. Afecta fundamentalmente a los sólidos en suspensión. El proceso predominante es fundamentalmente físico (por ejemplo, desbaste, flotación, otros).
- **Tratamiento secundario:** Suele ser de naturaleza biológica. El rendimiento de eliminación de materia orgánica suele estar entre 60-90%. Ejemplo de los procesos utilizados: lodos activados, lagunaje, reactores de lecho fijo, otros.
- **Tratamiento terciario:** De naturaleza biológica o físico-química. La finalidad es eliminar la carga orgánica residual y aquellas sustancias contaminantes no eliminadas en el tratamiento secundario (nutrientes, metales pesados, etc.). Ejemplo de procesos empleados: filtración granular, la adsorción por carbono activado, ósmosis, entre otros.

Pretratamiento. Objetivos

El pretratamiento de las aguas residuales es el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia puede provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Algunos de los procesos o dispositivos utilizados en el pretratamiento son: rejillas y tamices gruesos, trituradores, desarenadores, remoción de grasas, pre-aireación, homogenización del caudal (McGhee, 1999).

Tratamiento primario. Objetivos

El objetivo del tratamiento primario de las aguas residuales es eliminar una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Generalmente, la eliminación se realiza mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación (Metcalf & Eddy, 1995).

McGhee (1999), plantea que el tratamiento primario incluye un proceso de sedimentación simple, a veces, se incluyen rejillas y se añaden químicos para ayudar en la remoción de sólidos finamente divididos o coloidales o para precipitación del fósforo.

En la mayoría de los casos, el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado, pero también, es necesario producir un fango cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta. El tratamiento primario incluye las siguientes operaciones: a) Operaciones físicas (lagunas aerobias, decantador primario, flotador de aire disuelto, Tanque Imhoff. b) Tratamiento químico (Metcalf & Eddy, 1995).

Sedimentación simple

La sedimentación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el agua. Esta es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente. La sedimentación se utiliza para: eliminación de arenas de la materia en suspensión en flóculos biológicos en los decantadores secundarios en los procesos de fango activados, tanques de decantación primaria de los flóculos químicos cuando se emplea coagulación química, concentración de sólidos en los espesadores de fangos (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3.4 Tratamiento secundario. Objetivos

Se define tratamiento secundario como una combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables. Generalmente se incluye la desinfección como parte de este tratamiento. Incluye el tratamiento biológico con lodos activados, reactores de lecho fijo, sistema de lagunaje, sedimentación (Metcalf & Eddy, 1995).

Ulloa Santamaría et al, (1993), plantea que el rendimiento de eliminación de materia orgánica suele estar entre 60-90% en el tratamiento secundario.

Este tratamiento comprende una serie de reacciones complejas de digestión y fermentación efectuadas por un huésped de diferentes especies bacterianas. El resultado neto es la conversión de materiales orgánicos en dióxido de carbono (CO_2) y gas metano, este último se puede separar y quemar como una fuente de energía (Metcalf & Eddy, 1995).

Procesos biológicos. Objetivos y aplicación

Los procesos biológicos unitarios son los métodos de tratamiento en los que la remoción de los contaminantes se lleva a cabo por la actividad biológica de los microorganismos. Estos procesos se utilizan para convertir la materia orgánica disuelta y finamente dividida en flóculos biológicos sedimentables y en sólidos orgánicos que se pueden eliminar en los lodos de sedimentación. La principal aplicación de los procesos biológicos es la remoción de la materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, por acción biológica. Los procesos biológicos más comúnmente utilizados son: lodos activados, lagunas aireadas, filtros percoladores, biodiscos y estanques de estabilización (Metcalf & Eddy, 1995).

En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo del tratamiento biológico es la reducción de la materia orgánica presente y, en muchos casos, la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (Metcalf & Eddy, 1995). Las principales aplicaciones de los procesos biológicos son: la eliminación de la materia orgánica carbonosa del agua residual, nitrificación, desnitrificación, eliminación de fósforo y estabilización de lodos (Metcalf & Eddy, 1995).

Factores que afectan los procesos biológicos

Según Hernández Muñoz et al, (1996), los procesos biológicos son afectados por los siguientes factores:

- a. **Temperatura:** entre 12°C y 38°C.
- b. **pH:** generalmente es 7 en agua residual urbana. Debe mantenerse entre 6.2 - 8.5. Según Metcalf & Eddy (1995), el pH óptimo para el crecimiento bacteriano se sitúa entre 6.5 y 7.5.
- c. **Homogenización:** optimiza el proceso metabólico. Los sistemas más homogéneos son los lodos activados y los lechos bacterianos.

- d. **Inhibidores:** son las sales insolubles, iones de metales pesados, reactivos alcaloides, el cloro y sus compuestos. Los inhibidores puede actuar sobre los microorganismos destruyéndoles o dejándoles en estado latente.
- e. **La cantidad mínima de nutrientes:** Los principales nutrientes inorgánicos necesarios para los microorganismos son: N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, y Cl. La adición de nutrientes es uno de los factores que se debe controlar para que los microorganismos dispongan de un medio adecuado para su desarrollo (Metcalf & Eddy, 1995).

Hernández Muñoz et al, (1996), indica que el contenido de la cantidad de nutrientes (N y P) se estima por las siguientes relaciones:

$$\frac{DBO_5(ppm)}{N_{total}(ppm)} = \frac{100}{5}$$

$$\frac{DBO_5(ppm)}{P_{total}(ppm)} = \frac{100}{1}$$

2.3.5 Clasificación de los procesos biológicos

Acorde con Metcalf & Eddy (1995), los principales procesos biológicos aplicados al tratamiento de las aguas residuales son:

- **Aerobios:** son los procesos biológicos que se dan en presencia de oxígeno.
- **Anaerobios:** procesos biológico que se dan en ausencia de oxígeno.
- **Anóxicos:** son los procesos en los cuales los microorganismos utilizan oxígeno combinado (por ejemplo, del NO_3 para la desnitrificación).
- **Aerobios, anaerobios y anóxicos combinados y procesos de lagunaje.**

Los procesos biológicos, también se clasifican en: crecimiento adherido o cultivo fijo (película), o crecimiento suspendido o cultivo en suspensión. Existen técnicas que incorporan ambos tipos de procesos (McGhee, 1999).

Procesos tratamientos aerobios de cultivo en suspensión

Los procesos de cultivos suspendidos mantienen una masa biológica adecuada en suspensión dentro del reactor a través del empleo de cualquier mezcla natural o mecánica. En la mayoría de los procesos, el volumen requerido se reduce mediante el retorno de bacterias de un clarificador secundario a fin de mantener una alta concentración de sólidos (McGhee, 1999).

Los principales procesos de tratamiento biológico de cultivo en suspensión empleados para la eliminación de la materia orgánica carbonosa son: proceso de lodos activados y sus diversas modificaciones, lagunas aireadas, reactor de flujo discontinuo secuencial, proceso de digestión aerobia. De estos, el proceso de lodos activados es el más ampliamente empleado en el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3.5.1 Proceso de lodos activados

Este proceso consiste en la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia. Existen muchas variantes del proceso original, pero el fundamento de todas es igual (Metcalf & Eddy, 1995).

Henry y Heinke (1999), explican que Arden y Locket en 1914, dieron el nombre de lodos activados a la suspensión floculenta que se sedimenta y se devuelve al tanque de aireación para resembrar, porque encontraron que al devolver estos sólidos, la oxidación del sustrato se aceleraba o activaba. El residuo orgánico se introduce en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. El contenido del reactor se conoce con el nombre de "líquido mezcla o mixto" que es la mezcla de la materia orgánica con la población de microorganismos.

En el reactor ocurren dos tipos de fenómenos: oxidación-síntesis y respiración endógena. El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de

difusores o de aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa (Metcalf & Eddy, 1995).

Los sólidos se designan como sólidos en suspensión en licor mixto (SSLM). De los flóculos biológicos que se sedimentan en los tanques finales (también llamados clarificadores secundarios), entre el 25% y el 40% se devuelve al tanque de aireación. El resto, llamado lodos activados por residuos, debe recibir un tratamiento adicional (Henry y Heinke, 1999).

Las bacterias son los organismos más importantes en el proceso de lodos activados. Estas provocan la descomposición de la materia orgánica del efluente. En el reactor, las bacterias aerobias o facultativas utilizan parte de la materia orgánica del agua residual con el fin de obtener energía para la síntesis. En general, las bacterias que intervienen en el proceso de lodos activados incluye los géneros: *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia* y las dos bacterias nitrificantes más comunes: *Nitrosomas* y *Nitrobacter*. También se pueden presentar formas filamentosas como: *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothris*, entre otras. Los protozoos y los rotíferos ejercen una acción de refinado de los efluentes (Metcalf & Eddy 1995).

El tanque de sedimentación es un elemento integral del proceso de tratamiento de lodos activados. El diseño de un reactor no debe ser independiente del de las instalaciones de sedimentación asociadas. Las variantes del proceso de lodos activados son: proceso de aireación gradual, proceso de aireación escalonada, aireación extendida, lodos activados de alta tasa, entre otros (Metcalf & Eddy, 1995).

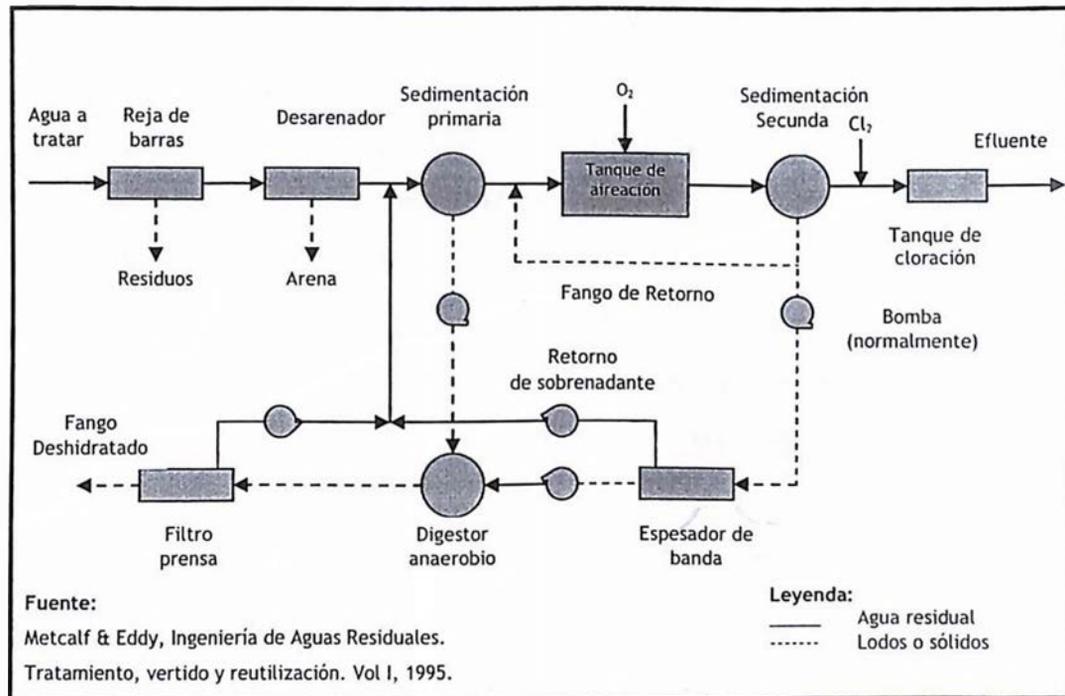


Figura 2-1:

Diagrama alternativo de flujo de procesos del tratamiento lodo activado típico

Procesos tratamientos aerobios de cultivo fijo

Los crecimientos de cultivos fijos o crecimientos adheridos utilizan un medio sólido inerte en el que las bacterias sólidas están acumuladas con el fin de mantener una alta población. El área requerida para el crecimiento es un parámetro de diseño importante (McGhee, 1999). Los microorganismos crecen en la superficie de roca, plástico, arena u otro medio con el cual los residuos se ponen en contacto (Henry y Heinke, 1999).

Estos tratamientos normalmente se emplean para eliminar la materia orgánica y para nitrificación. Dentro de los procesos de cultivos fijos se encuentran: los filtros percoladores (son lo más utilizados), los filtros de pretratamiento o desbaste, los reactores biológicos rotativos de contacto (biodiscos) y los reactores de nitrificación de lecho fijo (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3.5.2 Filtros percoladores

El filtro percolador moderno consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual percola el agua residual, fenómeno del que recibe el nombre el proceso. El medio filtrante suele estar formado por piedras, escorias o diferentes materiales plásticos de relleno. La materia orgánica presente en el agua se degrada por la acción de los microorganismos adherida al medio (Metcalf & Eddy, 1995).

Según Henry y Heinke (1999), los filtros percoladores en realidad no filtran el agua residual, sino que actúan como lechos de contacto, en donde las aguas residuales sedimentadas son extendidas por un distribuidor rotatorio sobre lechos circulares que contienen medios inertes con una alta relación de huecos. El exceso de biomasa comúnmente se saca del clarificador primario, el cual espesa los lodos primarios y secundarios combinados.

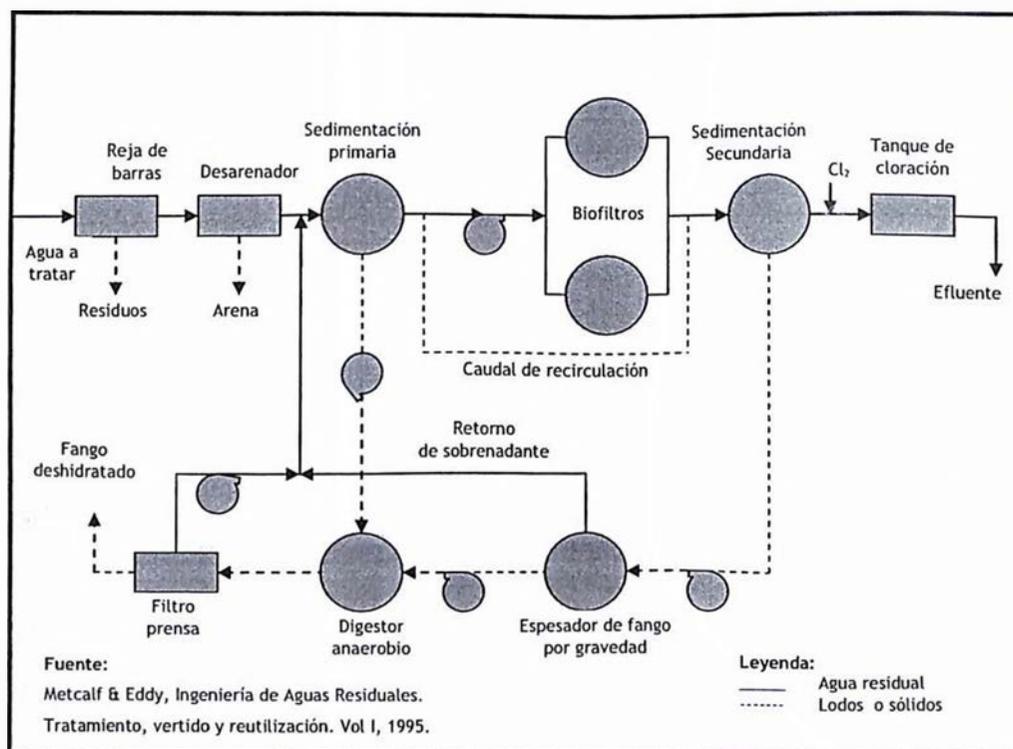


Figura No.2-2:

Diagrama alternativo de flujo de procesos del tratamiento filtro percolador

2.3.6 Rendimiento de eliminación de los contaminantes

Según el proceso de tratamiento empleado, se obtienen diferentes rendimientos de eliminación de los contaminantes. Estos rendimientos se muestran a continuación.

Tabla 2-5

Rendimiento de eliminación de constituyentes del agua residual

Unidad de tratamiento	%DBO	%DQO	%SS	%P ^b	%N-org ^c	%NH ₃ - N
Lodos activados (Proceso convencional)	80 - 95	80 - 85	80 - 90	10 - 25	15 - 50	8 - 15
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65 - 80	60 - 80	60 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
Carga muy alta, medio sintético	65 - 85	65 - 85	65 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
Biodiscos (CBR)	80 - 85	80 - 85	80 - 85	10 - 25	15 - 50	8 - 15

Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Vol I. 1995

^b Fósforo total

^c N-org^c = Nitrógeno orgánico

2.3.7 Desinfección

La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades. En este proceso no se destruyen todos los organismos. Esta es la principal diferencia entre dicho proceso y la esterilización. En este último se destruye la totalidad de los organismos. Los métodos de desinfección más empleados son: agentes químicos, agentes físicos, medios mecánicos, radiación. (Metcalf & Eddy, 1995).

Según Henry y Heinke (1999), el cloro es el producto químico más económico y de uso más frecuente para la desinfección de aguas residuales, aunque produce ciertos efectos colaterales; pues algunas sustancias orgánicas presentes en el

agua se combinan con cloro y pueden formar trihalometanos y otras sustancias orgánicas cloradas, algunas de las cuales son carcinógenos (capaces de causar cáncer) o se sospecha que lo son. Otra preocupación es la toxicidad de los residuos de cloro para la vida acuática. Las normas dominicanas de descargas de aguas residuales restringen la concentración de cloro residual a 0.05 mg/l.

La desinfección por radiación ultravioleta (UV), ofrece la ventaja de que no deja residuos químicos, pero no es muy eficaz en efluentes turbios (Henry y Heinke, 1999).

La desinfección con ozono no produce sólidos disueltos, no es afectada por la presencia del ión amonio ni por el pH del agua que entra en el proceso de desinfección. Una de las ventajas en el uso de ozono es que como éste se descompone rápidamente, en el efluente tratado con ozono no queda ningún compuesto químico residual que se deba eliminar, como es el caso del cloro residual. Los avances en la generación de ozono y la tecnología de disolución hacen que el ozono tenga posibilidad económica competitiva para la desinfección de las aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3.8 Reutilización de efluente. Aplicación

La reutilización de las aguas residuales consiste en el uso de estas para fines beneficiosos, tales como riego agrícola o la refrigeración industrial. La reutilización es un aspecto importante en la planificación de los recursos ante la problemática del crecimiento poblacional, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, la desigual distribución de los recursos hídricos y las sequías periódicas. El uso al que se destinará el agua, es el factor que normalmente determina el grado de tratamiento necesario y el nivel de confianza deseado de los procesos y operaciones de tratamiento (Metcalf & Eddy, 1995).

Las actividades en las que generalmente se reutiliza el agua residual ya tratada incluyen:

Riego agrícola y de espacios verdes: Se deben tener en cuenta tanto la salinidad del suelo como las características del cultivo. Los posibles problemas asociados a la calidad del agua son: salinidad, toxicidad de iones específicos, velocidad de infiltración, nutrientes, problemas varios (ejemplo: concentración del cloro por encima de 5 mg/l en las aguas residuales cloradas).

Reutilización industrial de las aguas residuales: consiste en el uso de dichas aguas en torres de refrigeración. Posibles problemas generados en esta reutilización: formación de incrustaciones, corrosión de metales, crecimientos biológicos, obturaciones en los intercambiadores de calor y en los condensadores.

Tabla No. 2-6

Valores Permisibles de los Parámetros para Reuso de Aguas con Tratamiento Terciario en Riego de Jardinería

Parámetros	Valor
pH	6.0-9.0
DBO ₅ (mg/l)	10
DQO (mg/l)	30
Turbidez (NTU)	2
Cloro residual (mg/l)	1
Coliformes totales (NMP/100 ml)	0

Fuente: Normativa de la EPA (1992) para reúso de aguas residuales tratadas (USA)

2.3.9 Muestreo. Tipos de muestras

El propósito esencial del análisis del agua residual consiste en encontrar la composición, concentración y condición del agua residual cruda, sus posibles efectos sobre el sistema de captación, las probables respuestas al tratamiento y las posibles influencias sobre la masa de agua receptora o el suelo (Fair et al, 2002).

American Public Health Association et al (1989), establece que el objetivo del muestreo es recoger una porción del agua a muestrear, lo suficientemente pequeña en volumen para ser transportada convenientemente y manejada en el laboratorio y aún sea representativa del agua que se va examinar. Por tanto, el aspecto más importante de la toma de muestra es la representatividad. Una muestra es representativa cuando refleja las características reales de las descargas o del cuerpo receptor que se está muestreando.

Tipos de muestras

Corbitt et al (2003) define tres tipos de muestras:

- a. **Muestra simple (también llamadas instantáneas o unitarias):** se toma un volumen determinado en un tiempo determinado. Este tipo de muestra no siempre proporciona una medida precisa de las características del agua residual, especialmente si el flujo es heterogéneo o varía con el tiempo.
- b. **Muestra compuesta simple:** se toma un mismo volumen a intervalos regulares de tiempo, luego se combinan en un recipiente único. Este puede proporcionar una evaluación parcial de la variabilidad de la composición del efluente con el tiempo.
- c. **Muestra compuesta proporcional:** se toman varias muestras en diferentes tiempos. Estas muestras son proporcionales al caudal. Este tipo de muestreo proporciona la medida más precisa de la calidad del agua residual y de la carga contaminante.

2.3.9.1 Criterios a considerar en la selección del tipo de muestras

Los criterios para la selección de un determinado tipo de muestras dependen de varios factores. Entre estos, los más importantes a considerar son: el tiempo disponible de los análisis, las características de la descarga o del cuerpo receptor, el propósito de los análisis, el tipo de componente a determinar, el grado de precisión de la evaluación, entre otros.

En el cuadro a continuación se presentan los criterios aplicados por distintos organismos, instituciones internacionales y autores, respecto al tipo de muestra a utilizar.

En relación con el muestreo y análisis del agua potable y del agua residual en República Dominicana, la mayoría de las instituciones estatales y privadas vinculadas al área del agua potable y saneamiento, utilizan los criterios establecidos por American Public Health Association et al(1989) en la bibliografía titulada: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 17th, 1989.

Tabla No. 2-7 Criterios para la selección del tipo de muestra		
Entidad	Criterios para selección de Muestras Simples	Criterios para selección de Muestras Compuestas
American Public Health Association et al (1989)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Cuando la composición de la fuente es bastante constante durante un período considerable de tiempo o distancia en todas direcciones. Ejemplos: algunas fuentes de abastecimiento de agua, algunas aguas superficiales y raramente algunos flujos de aguas residuales <input type="checkbox"/> En la determinación de parámetros sujetos a cambios significantes e inevitables: todos los gases disueltos, cloro residual, sulfuro soluble, temperatura y pH. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En observación de concentraciones promedio para cálculos de carga o eficiencia de la planta de tratamiento. ▪ Como alternativa ante el análisis separado de un gran número de muestras. ▪ Evaluar los efectos de descargas y operaciones especiales, variables, o irregulares.
Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> En plantas de tratamiento con tiempo disponible de muestreo muy cortos. En estos casos, las muestras deben tomarse a cuando la planta esté trabajando en su máxima capacidad. <input type="checkbox"/> Para algunos análisis: cloro residual y pH 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para determinar las características de las aguas residuales a tratar y la eficiencia de la planta de tratamiento.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003)	<p>Cuando se desean conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Las características "pico" o extremas de un determinado vertimiento <input type="checkbox"/> La variación de la composición en función del tiempo de un determinado vertimiento <input type="checkbox"/> El efecto de un evento puntual sobre un cauce receptor. 	<p>Cuando se desean conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las características medias de un cuerpo de aguas extenso ▪ Las características de un determinado vertimiento ▪ Se desea incluir en el análisis las variaciones de flujo del cauce o vertimiento examinado.
Sawyer et al (2000)	<p>En pozo para abastecimiento de agua, en funcionamiento durante mucho tiempo, donde la calidad del agua es uniforme</p>	

Métodos de recolección de muestras

Se pueden emplear dos tipos de métodos para recolectar las muestras: (1) De forma manual, cuando se trata de programas de muestreo a gran escala, este método podría resultar inapropiado, costoso y podría tomar mucho tiempo, (2) Con equipos automáticos. Con éste se pueden eliminar los errores humanos del muestreo manual, reducir los costos y se puede hacer un muestreo más frecuente. Se debe asegurar que los componentes del equipo utilizado en el muestreo automático no contaminen la muestra.

2.3.9.2 Aspectos a considerar para el diseño del muestreo

Las técnicas de muestro que se empleen en el agua residual deben asegurar la obtención de muestras representativas. No existen procedimientos universales de muestreo. Las condiciones locales de las plantas o de los puntos de muestreo varían; por tanto, las campañas deben diseñarse específicamente para cada situación (American Public Health Association et al, 1989).

Se debe hacer una adecuada selección de: los puntos de muestreo, el tipo de la muestra: simple, compuesta simple, compuesta proporcional, frecuencia del muestreo, el intervalo del muestreo (depende del grado de variación del caudal), del número de muestras.

El número de muestras depende de: el nivel de la evaluación, la frecuencia del muestreo, la representatividad, la duplicidad (con el propósito de comprobar los resultados del laboratorio), muestras usadas como "Blancos" (muestras no contaminadas, con el propósito de verificar la contaminación posterior de las mismas).

Características de los puntos o estaciones de muestreo

1. Deberán estar situados en lugares donde las características del flujo favorezcan las condiciones de mezcla de las aguas.
2. No deben incluirse en el muestreo los sedimentos, crecimientos o material flotante que se hayan acumulado en el punto de muestreo.
3. La velocidad de flujo en el punto de toma deberá ser siempre lo suficientemente alta como para asegurar que no se depositen los sólidos.
4. En el momento de recoger la muestra, es conveniente asegurar la no formación de excesiva turbulencia que pudieran liberar gases disueltos, lo cual podría hacer que la muestra sea no representativa.

Calidad e integridad de la muestra. Conservación

Para garantizar que los resultados, es importante tanto el proceso de la toma de muestra como los envases utilizados, los conservantes y el tiempo de conservación (ver Tabla 4-3). Lo más recomendable es hacer el análisis tan rápido como sea posible luego de que se ha tomado la muestra. Las muestras compuestas se deben mantener frías con hielo o refrigerar a 4°C durante la composición de las mismas.

Acorde con lo planteado por American Public Health Association et al (1989), los métodos de preservación son relativamente limitados y en general se hayan dirigidos a: retardar la acción biológica, retardar la hidrólisis de los compuestos y complejos químicos, reducir la volatibilidad de los constituyentes y reducir los efectos de absorción. Los métodos de preservación se limitan al control del pH, adición química, refrigeración, filtración y congelación.

Precauciones generales para el muestreo

American Public Health Association et al, (1989), recomienda que antes de llenar el envase de la muestra se enjuague la botella dos o tres veces con el agua a ser colectada, si no contiene preservante o un agente desinfectante.

Dependiendo del parámetro a analizar, se debe llenar el envase completamente (la mayoría de los parámetros orgánicos) o dejar un espacio para la aeración y la mezcla. Por ejemplo, si la muestra será transportada, preferiblemente se deja un espacio de cerca del 1% de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica.

Se debe hacer un registro de identificación de cada botella, preferiblemente se le coloca una etiqueta adherida. Se incluye el nombre de la persona que tomó la muestra, fecha, hora, localización del punto de muestreo, temperatura del agua y cualquier otro dato que pudiera ser necesario para correlacionar como es las condiciones climáticas, el nivel de agua, entre otros.

Capítulo III
Estado Actual
de los Conocimientos

CAPITULO III ESTADO ACTUAL DE LOS CONOCIMIENTOS

3.1 Dotaciones de agua potable en hoteles

3.1.1 Valores de dotaciones en el ámbito internacional

Se realizó una revisión de la bibliografía física (textos impresos) y electrónica (Internet) para determinar cuáles son los valores usados el ámbito internacional como dotación de agua para hoteles. La Tabla 3-1 contiene los valores típicos contenidos en los textos de los autores indicados.

Tabla 3-1

Valores típicos de consumos de agua para hoteles según diversos autores (ámbito internacional)

Usuario	Corbitt et al. (2003)	Hernández M. et al. (1996)	López Cualla, (1995)	Metcalf & Eddy, (1995)	Steel and McGhee, (1981)
	(l/día)	(l/día.pers)	(l/día)	(l/unidad.día)	(l/habitante.día)
Hotel					
Cliente	227 (2 pers por habit.) 189 (1 pers por habit.)	300	500 (por habitación)	190	190 - 340
Empleado	-	-	-	40	-

- : indica que el autor (referido en el encabezamiento de la columna) no presenta valor para este tipo de usuario

3.1.2 Valores de dotaciones en República Dominicana

La investigación del estado actual de los conocimientos abarcó las instituciones estatales rectoras y ejecutoras de proyectos en el área de saneamiento y agua potable ya citadas en el acápite 2.1. Además, se investigó en la Secretaría de Estado de Turismo (SECTUR), rectora de los aspectos turísticos y en el Secretariado Técnico de la Presidencia (actual Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo), organismo estatal de planificación.

a. Informaciones respecto a la CAASD

La CAASD es el organismo regulador, pero además diseña, ejecuta, opera y administra los proyectos de saneamiento y agua potable para Santo Domingo, con inversión estatal. Está encargada de la revisión y aprobación de planos y diseños de acueductos y alcantarillados de proyectos privados. Las informaciones obtenidas se presentan a continuación:

1. En esta institución no encontramos estudios para determinación de dotaciones. Cuentan con una norma que contiene parámetros de diseño para distintas instituciones y comercios, dentro de estos se encuentran los hoteles.
2. La norma existente se elaboró en respuesta a la carencia de una normativa dominicana y se fundamentó en una recopilación de normativas de otros países; por ejemplo, Venezuela. Ver los valores de dotaciones contenidas en las normas de la CAASD en la Tabla 3-2.
3. La CAASD posee una cobertura de micro medición del volumen de agua consumida que sirve de base para la facturación (Lizardo, M. y Guzmán, M., R., 2005). No obstante tener los medidores ya instalados en diferentes sectores (comercial, industrial, mixto, oficial, residencial), los datos aún no se han utilizado como línea base para establecer dotaciones en las respectivas áreas.

b. Informaciones respecto a INAPA

1. En INAPA se diseñan y ejecutan proyectos de agua potable y saneamiento para el área urbana y rural del sector público en las provincias del país, con excepción de algunas que ya cuentan con sus propios organismos. INAPA posee las mismas funciones descritas para la CAASD.
2. INAPA carece de macro medición y sólo mide al 7% de sus usuarios (Banco Interamericano de Desarrollo (BID)/SYNCONSULT S.L., 1999).

3. En la búsqueda información de sobre el tema abordado en este trabajo de grado, no se encontraron estudios de determinación de dotaciones y caudales.
 4. Al momento de la realización de esta investigación, el Departamento de Diseño y Supervisión de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales INAPA, está elaborando las especificaciones técnicas para la presentación y el diseño de las plantas potabilizadoras de filtración lenta y plantas de aguas residuales.
- c. Estudio realizado a través del Secretariado Técnico de la Presidencia (actual Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo)**

El Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos (PASCT), fue desarrollado por Secretariado Técnico de la Presidencia, parcialmente financiado por el Banco Mundial. PASCT realizó un estudio elaborado y recopilado por Farrer, H., L.P., Trejos S., Acuña, R. (1998). El objetivo de este estudio era la obtención de criterios básicos de planificación y parámetros para la evaluación de factibilidad de proyectos turísticos. Se abarcaba, entre otros aspectos, la determinación de dotaciones y caudales de aguas residuales en los centros turísticos que comprenden el proyecto. El documento final se denomina Criterios, Normas y Especificaciones Técnicas para la Evaluación y Diseño de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario para el Proyecto Agua y Saneamiento en Centros Turísticos (PASCT) y Base de Datos de Costos Unitarios, Octubre 1998.

Con este proyecto se obtuvieron valores del consumo de agua potable y generación y picos de aguas residuales en los hoteles de Juan Dolio, en donde opera un sistema de recolección de aguas residuales que ofrece servicio al complejo hotelero. El consumo de agua potable se estimó en 1,400 l/habitación-ocupada-día. Este valor se obtuvo asignando a cada habitación un consumo promedio en base al volumen de agua residual bombeado en el complejo Juan

Dolio - Guayacanes y al número de habitaciones. Se utilizó un factor de retorno de 0.75.

d. Diagnóstico realizado por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales

La Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales realizó un diagnóstico del sector hotelero que fue publicado en el 2004. El objetivo era determinar la situación ambiental y establecer una línea base cuantitativa del sector hotelero. Este diagnóstico se basó en la aplicación de entrevistas a gerentes o dueños de 140 hoteles en los diferentes polos turísticos de todo el país. Dicho trabajo incluía el diagnóstico del manejo de: residuos sólidos, agua, energía y sustancias potencialmente peligrosas en los hoteles de la muestra.

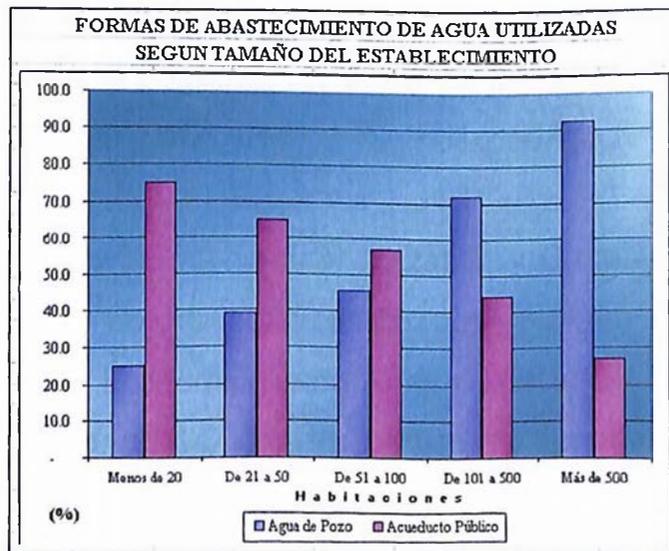
En lo concerniente al servicio de agua, se determinó que 62 de los hoteles encuestados utiliza el sistema público de abastecimiento y 59 hoteles restante utiliza agua subterránea. En el polo Bávaro-Punta Cana se reporta que de los 19 hoteles encuestados, todos se abastecían agua subterránea. El 62% contaba con un sistema de purificación. Se reporta que algunos hoteles habían adoptado algunas medidas para ahorro de agua.

e. Estudio realizado por el Banco Central de la República Dominicana

En el año 2002, el Banco Central de la República Dominicana realizó un estudio cuyo documento final se denomina Directorio de Establecimiento y Alojamiento, Metodología y Resultados. Las investigaciones se realizaron mediante visitas y entrevistas directas de la oferta hotelera para crear un sistema estadístico integrado. Incluía los alojamientos de forma habitual y profesional en el territorio nacional.

En esta investigación del Banco Central, respecto al servicio y abastecimiento de agua, se determinó que la forma de abastecimiento de agua en los hoteles está definida en base a tipología y tamaño del establecimiento. Los hoteles se abastecen esencialmente por el acueducto público (73.3%), mientras que la fuente básica de abastecimiento de los hoteles resort es el agua de pozo (80.9%), utilizando también el acueducto público en el 36.5% de los casos.

Además, el estudio determinó que existe una relación directa en las formas de abastecimiento de agua por pozo y la capacidad de los establecimientos y una relación inversa con la utilización del acueducto público, según se observa en el gráfico a continuación. En los hoteles de menos de 20 habitaciones, predomina el abastecimiento por acueducto público (75.0%); mientras que los hoteles con más de 500 habitaciones, sólo 26.9% se abastece del acueducto público y 92.3% se abastece de agua de pozo. El estudio no reporta los valores de los consumo de agua potable.



Fuente: Banco Central de la República Dominicana. Metodología y Resultados del Directorio de Establecimiento de Alojamiento. Santo Domingo, 2002.

f. Otras publicaciones

La Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones (SEOPC), en consenso con otras instituciones como la CAASD, elaboró una norma -aún pendiente de publicación - para agua potable e instalaciones sanitarias. En esta norma se establecen valores de dotación para distintos tipos de edificaciones y comercios según se detalla en la Tabla 3-2. Esa misma tabla incluye los valores de dotaciones para hoteles que utilizan algunas compañías e ingenieros independientes dedicados al diseño de acueductos y alcantarillados para hoteles turísticos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), analiza la situación del sector turismo en el Informe para el Desarrollo Humano, 2005. Este informe reporta el consumo de agua promedio obtenido por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el diagnóstico ya citado en el literal (d) de este acápite, los valores del consumo promedio de agua en los hoteles en el Caribe y el consumo según las mejores prácticas. Estos valores son, respectivamente: 411.6, 216.6 y 147.5 gal/huésped/noche.

En lo referente a la parte económica, Lizardo y Guzmán (2005) en su estudio titulado *Coordinación de las políticas fiscales y ambientales de la República Dominicana*, Comisión Económica para América Latina (CEPAL), reportan que en el 2003, INAPA cobraba RD\$4.00/m³ si el sistema de abastecimiento de pozo es privado. También reportan que en las zonas de Punta Cana, Bayahibe-La Romana la regulación informal ha tenido incidencia y que muchos de los hoteles tienen sus propias plantas de tratamiento y reutilizan el agua. Recomiendan que el volumen de agua consumido y vertido se refleje en la facturación para conducir a un uso más racional del agua en el sector turismo. En las investigaciones realizadas para este trabajo de grado, encontramos que 2007 INAPA cobra 6.00/m³ para este tipo de abastecimiento.

Tabla 3-2

Valores de dotación de agua potable en hoteles según diversas instituciones en República Dominicana

Entidades	Dotación
Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos (PASCT). Secretariado Técnico de la Presidencia	1,400 ^a l/habitación ocupada -día
Plan de Ordenamiento de la Costa Este del PNOTT, 1992, revisado en el 1996. (BID-SECTUR).	975 ^b l/hab/día
Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD)	250 l/día - cama
La Secretaría de Estado de Obras Públicas (SEOPC)	500 l/habitación-día (Para hoteles grandes)
	250 l/día - cama (Para hoteles)
Ingenieros independientes y compañías privadas	800 - 1,000 l/habitación - día

a El estudio supone que esta dotación disminuirá a 1,200 l/habitación ocupada-día, en el horizonte del proyecto a 20 años (2020) como consecuencia de la introducción de medición de los consumos, de políticas de economía y conservación del agua y aplicación de tarifas adecuadas.
El sistema servía a 2,353 habitaciones conectadas, al momento de la realización del estudio.

3.2 Caudales de aguas residuales en hoteles

3.2.1 Valores de caudales de agua residual en ámbito internacional

En la Tabla 3-3 se presentan los valores de los caudales de agua residual en hoteles, contenidos en las bibliografías indicadas.

Tabla 3-3

Caudales típicos de agua residuales en hoteles según diversos autores (ámbito internacional)

Usuario	Corbitt et al. (2003)	Metcalf & Eddy, (1995)	Steel and McGhee, (1981)
	(l/persona.día)	(l/persona.día)	(l/persona.día)
Cliente	190 (sin baño privado) 227 (con baño privado) Dos pers/habitación	180 -	190 (sin baño privado) 225 (con baño privado) Dos pers/habitación
Empleado	-	40	-

- : indica que el autor (referido en el encabezamiento de la columna) no presenta valor para este tipo de usuario

3.2.2 Valores de caudales de agua residual en República Dominicana

a. Estudio realizado a través del Secretariado Técnico de la Presidencia (actual Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo)

En el estudio del PASCT referido en el acápite 3.1.2, se determinó el caudal promedio de agua residual. Este dato se calculó en base a los volúmenes bombeados por el sistema de alcantarillado que recoge las aguas residuales del Complejo Hotelero de Juan Dolio, con un total de 2,353 habitaciones al momento de la realización del estudio en 1998. La planta de tratamiento del complejo hotelero está ubicada en la Autopista Las Américas y posee cuatro reactores anaerobios de flujo ascendente. El efluente es infiltrado al sub-suelo a través de 4 pozos filtrantes.

Se determinó un caudal promedio de 18.2 l/s. Este valor se obtuvo de los registros de bombeo de agua residual del 1997. Se determinó un factor máximo horario de agua residual igual a 2.43. Sobre la base de los volúmenes bombeados y del número de habitaciones ocupadas, se calculó la descarga promedio de aguas residuales igual a 1,074 l/habitación ocupada-día. Este valor corresponde al 75% de la dotación estimada.

Se determinó un factor máximo horario para agua residual de 2.5, que se daría entre las 18 y 20 horas del día.

b. Informaciones respecto a la CAASD e INAPA

1. Luego de investigar en dichas instituciones, no encontramos datos sobre mediciones de caudales de agua residual. De las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la CAASD, sólo la planta de la urbanización Los Jardines del Norte de Santo Domingo se encuentra en funcionamiento, según se determinó en esta investigación. En la actualidad, esta planta

está recibiendo caudales afluentes de una población mucho mayor para la cual fue diseñada.

2. INAPA cuenta con un Departamento de Diseño y Supervisión de Plantas de Tratamiento. Los proyectos de construcciones de este tipo de obra deben ser sometidos a dicho Departamento para su revisión. Para la revisión de plantas para el sector turístico se asume una dotación de agua potable 1.00 m³/habitación/día, la cual es afectada por un factor de retorno de comprendido entre 85%-95% para obtener los caudales de agua residual.
3. Respecto al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, Infante, J. A., planteó en el seminario sobre Manejo de Desechos Líquidos en la República Dominicana, organizado por la CAASD (1999), que se dispone de poca información preliminar para el diseño y dentro de estas cita: datos insuficientes de laboratorio, caudales, estadísticas previas, censos de estudio de situaciones similares.

c. Estudio realizado por el Banco Central de la República Dominicana

El Banco Central (2002) - ver acápite 3.1.2 - reportó que la tenencia de planta de tratamiento de aguas residuales dependía del tamaño y tipología de los establecimientos. Los hoteles resort, en su totalidad, disponían de planta de tratamiento de aguas residuales; mientras que, sólo el 15.0% de los hoteles y el 12% de los apartahoteles disponían de este servicio. El estudio no reporta los volúmenes de agua residual descargados o tratados por los establecimientos.

d. Diagnóstico realizado por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Respecto a las aguas residuales, el referido diagnóstico de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente reportaba que 45 de los hoteles encuestados (32%) contaba con planta de tratamiento de aguas residuales, sobre todo los de la zona

de Puerto Plata-Sosua-Cabarete y Bávaro-Punta Cana. Un total de 71 hoteles utiliza pozos sépticos y 11 usan el alcantarillado público. En el diagnóstico no se reportan los volúmenes de agua residual descargados.

3.3 Estudios sobre el agua subterránea en la zona Este de República Dominicana

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos/Aquater (1997-2000). Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana

Esta investigación fue realizada para el INDRHI por la firma Aquater (1997-2000). El estudio abarcó la determinación de caudales, inventario y caracterización de los acuíferos del país. Se estimó los volúmenes de agua subterránea disponibles en el país. Se reportó que toda la Planicie Costera Oriental comprendida por las provincias La Altagracia, La Romana, San Pedro de Macorís y Santo Domingo está sometida a un intenso aprovechamiento de las capas acuíferas, no sólo para fines potables. Se destacan dos características principales:

- ✚ Marcado decaimiento de las aguas subterráneas a lo largo de toda la franja costera por la salinización provocada por la intrusión de agua marina por el aprovechamiento excesivo de los acuíferos locales
- ✚ La extensión del fenómeno de enriquecimiento en cloro de las aguas por más de una decena de kilómetros a las espaldas de San Pedro de Macorís, en dirección de Los Llanos.

Se expone que el descenso de la calidad del agua por la presencia de cloruros también se registra en zona del interior sin vínculo aparente con aguas de origen marino. Se considera que esto se podría deber a la presencia hipotética de niveles ricos de sales solubles formados por la instauración de condiciones evaporíticas en las lagunas interiores del sistema arrecifal. Se indica que la concentración de industrias y el turismo desarrollados principalmente en la

franja costera, determina situaciones muy críticas que deben ser tomadas en cuenta para el mantenimiento de los recursos hídricos subterráneos.

3.4 Parámetros de calidad del agua subterránea y de la calidad de descarga de los efluentes en República Dominicana

Parámetros de calidad del agua subterránea

La Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y Descargas al Subsuelo, descrita en el acápite 2.1.2, establece los valores máximos de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas subterráneas para consumo humano y uso industrial, en una primera etapa de implementación de la norma. Ver Anexo III.

Parámetros de calidad de los efluentes

La regulación de la calidad de los efluentes queda establecida a través de las normas ambientales descritas en el acápite 2.1.2. En estas normas contienen los valores permisibles de los parámetros para descarga del agua residual municipal e industrial en aguas superficiales y en el subsuelo (Ver Anexo III).

El laboratorio de aguas de la CAASD realiza muestreos periódicos del afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Los Jardines, en la urbanización del mismo nombre. El sistema de tratamiento diseñado consiste en: pretratamiento (homogenización de caudales, desbaste grueso, desarenador), tratamiento primario (Tanque Imhoff), digestión de fango, desinfección con cloro y lechos de secado de fangos digeridos. La planta fue diseñada para dar servicio a una población de 6,225 habitantes, pero en la actualidad esa población se aumentado por lo que la planta opera en deficiencia (CAASD, 1999). En las investigaciones realizadas en la CAASD, no se pudo establecer si los resultados de estos análisis son utilizados para retroalimentación de los diseños.

3.5 Descripción área de estudio

3.5.1 Descripción de la zona Bávaro - Macao

El complejo hotelero analizado como caso de estudio está ubicado en la zona turística de Macao-Bávaro, extremo este de la República Dominicana, a 40 km, aproximadamente, de Higüey, provincia La Altagracia. La zona Macao-Bávaro corresponde al "Polo Turístico III", delimitado al Este por Juanillo y al oeste por Higüey. Su principal actividad económica es el turismo, seguido por la crianza de ganado y el cultivo de la caña de azúcar.

La provincia ocupa una superficie de 2,474 km² para una población de 182,020 personas (Oficina Nacional de Estadísticas (ONE), Censo 2002).

El Polo Turístico III abarca las zonas de Bávaro, Punta Cana, Cabeza de Toro, El Cortecito y Uvero Alto, (69 km de playas). A estos destinos se les llama comúnmente como "Bávaro" o "Bávaro-Punta Cana". Según el listado de Establecimiento de Alojamiento Turístico en la República Dominicana, elaborado por el Banco Central, SECTUR y ASONAHORES, actualizado al 2006 (Ver Anexo No. VII), el Polo Macao-Punta Cana consta de 58 hoteles, con un total 24, 864 habitaciones. El 91.38 % de estos hoteles funcionan bajo el plan de operación todo incluido, lo cual representa el 90.97% de las habitaciones con este tipo de operación.



Figura 3-1: Mapa de localización del área Bávaro - Macao

En el estudio realizado por el Banco Central en el año 2002 - referido en el acápite 3.1.2 - se reportó que al momento la ejecución de dicha investigación el polo Macao-Punta Cana contaba con 50 establecimientos de alojamiento (de estos 11 son hoteles, 36 son resorts y 3 correspondían a otro tipo de alojamiento), 16,797 habitaciones y 58,215 plazas. Concentraba el 32.5% de la oferta de habitaciones en el país, registraba una tasa promedio de ocupación igual a 76.7%. Poseía la mayor presencia de cadenas de hoteles internacionales (83.3%). En dicho estudio se determinó que el 53.3% de los establecimientos para turismo de playa funcionan bajo el plan de operación "todo incluido".

El área turística de Punta Cana - Bávaro comprende unas 22 empresas operadoras de hoteles. Consta de 4 campos de golf, 6 casinos.

Caracterización de la zona de Bávaro (Adaptado de Abt Associates Inc., 2002)

La zona de Macao-Bávaro forma parte de la Llanura Costera del Caribe. Se caracteriza por tener una serie de terrazas de caliza de origen arrecifal con diversos escalones, grietas y cenotes asociadas a fuentes de aguas subterráneas y escasos cursos de aguas superficiales. El clima es relativamente seco con una precipitación anual entre los 1,000 a 1,700 mm. La temperatura media es de 26.5°C. Los vientos alisios del E-SE son predominantes con una velocidad media de 12 km/h. Esta zona recibe con cierta frecuencia efectos de huracanes que penetran o se forman en ella.

La roca caliza coralina y porosa permite percolación, se originan procesos de disolución, se forman grandes cavernas en donde se almacenan y forman acuíferos subterráneos importantes. Los suelos son de tipo calizo-arrecifal distribuidos desde la zona montañosa hasta la costa, con una extensa plataforma de rocas coralinas. Poseen poca materia orgánica.

Esta zona presenta un sistema lagunar importante, constituido por las Lagunas de Bávaro o Laguna del Cuerno y la Laguna Mala Punta o Caletón, interconectadas por una franja estrecha de humedales unos 15 km hasta El Macao. Este sistema lagunar corresponde a una depresión en donde se captan la escorrentía de las precipitaciones. La Laguna de Bávaro posee una superficie de 17 km². La vegetación de esta zona posee dos tipos de bosques principales: bosque costero sobre rocas y bosque costero de las áreas pantanosas y manglares. La flora característica es de bosque húmedo subtropical y se encuentran diferentes especies de mangles. Los peces son un recurso de importancia en esta región. Como no existen aguas superficiales, ha ocurrido un aislamiento. En el proceso se han desarrollado hábitats específicos. El *Cyprinodon higuery*, especie endémica y específica de la Laguna de Bávaro, el hábitat único para este pez. En la zona anidan cuatro especies de tortugas marinas.

3.5.2 Descripción del complejo hotelero analizado en este estudio

El complejo hotelero IFA VILLAS BÁVARO Beach Resort & Spa es un complejo turístico funciona bajo la modalidad "todo incluido", la cual incluye no sólo el uso de la habitación y todas las comidas, generalmente en tipo buffet. También incluye bebidas gratis en el bar, programa diario de actividades y espectáculos nocturnos. Los horarios de las actividades son pre-establecidos.

El complejo está conformado por tres hoteles que están ubicados en Playa de Bávaro, polo turístico Macao - Bávaro (Ver mapa de ubicación).



Fuente: <http://earth.google.com/>

Figura 3-2: Foto aérea de la ubicación del complejo hotelero IFA VILLAS BAVARO

Los tres hoteles que componen el complejo son: IFA Bávaro Ocean, compuesto de 8 edificios de dos y tres niveles y cuenta con 156 habitaciones; IFA Bávaro Village, consta de 234 habitaciones en 8 edificios de 2 y 3 niveles; IFA Villas Bávaro: formado por pequeñas casas. Posee 23 villas/casas con 10 habitaciones cada una y dos edificios con 16 habitaciones cada una y un total de 262 habitaciones.

El complejo turístico cuenta con un total de 652 habitaciones para turistas. Cuenta, además de 6 restaurantes, 5 bares y 3 piscinas de 250,000 galones, 200,000 galones y 50,000 galones, respectivamente.

b) Horario y frecuencia de las actividades

Lavandería: Cuentan con 3 lavadoras industriales: dos con capacidad de 135 libras de ropa y una con capacidad de 50 libras. El lavado se realiza durante 24 horas en tres turnos. El primer turno se desarrolla en el horario de 9:00 a 15:00, durante el cual se realiza un promedio 10 lavados de las toallas de las habitaciones. En el segundo turno, de 15:00 a 24:00, se realizan un promedio de 5 lavados, de sábanas de las habitaciones y toallas de piscina. En el tercer turno, de 24:00 a 7:00, se realizan 3 lavados, de mantelerías y fundas de almohadas.

Cocina Restaurant Colibrí, IFA Bávaro Village. Este es el restaurante de mayor actividad dentro del complejo. Trabaja de 5:00 a 23:00, en dos turnos. Tiene tres áreas: cocina, propiamente dicha, área de cocina pantry y área de carnicería. Cuenta con una lavadora de vajillas y un área en donde se lavan los calderos manualmente.

Edificios de Empleados y Administrativos: Es un edificio de 3 niveles. En el primer nivel funciona el área administrativa. El segundo y tercer nivel aloja a los empleados. Se trabaja 24 horas en 3 turnos. Además de los baños interiores del edificio, existe un baño exterior para uso de los empleados. Al lado de este edificio, existe otro destinado al alojamiento de los empleados solamente. En total, se dispone de 48 habitaciones para los empleados.

Edificio Alojamiento Turistas:

El complejo IFA Villas Bávaro se compone de tres tipos de edificaciones para alojamiento de turistas (Ver acápite 3.5.2).

Las mediciones del agua residual del edificio de huéspedes se realizaron en el registro de descarga de una de las villas de 2 niveles y 26 habitaciones perteneciente a Bávaro Village. Cada habitación posee una ducha, un lavamanos y un inodoro.

3.5.2.1 Sistema de abastecimiento de agua potable del complejo hotelero

El hotel se abastece de un acueducto privado que da servicios a una población de 4000 habitantes de la Urbanización Bávaro y al complejo hotelero IFA Villas Bávaro. La fuente de abastecimiento de este acueducto es el agua subterránea extraída a través de varios pozos distantes a 5 kilómetros, respecto del hotel. El complejo hotelero consta de 3 cisternas de almacenamiento: 2 de 100,000 galones, aproximadamente, y 1 de 3,000 galones.

La desinfección consiste en un sistema de cloración a la entrada de la cisterna. La salida de la cisterna para la distribución consta de un sistema de tratamiento consistente en: filtros, carbón activado, ablandadores. El agua para beber también es sometida a ósmosis inversa y desinfección con lámpara ultravioleta.

3.5.2.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales del complejo hotelero

El sistema de tratamiento de aguas residuales del Hotel IFA Villas Bávaro está diseñada para tratar un caudal de 300,000 GPD (1,136 m³/d), con una contaminación de 3,750 habitantes - equivalentes. Se basa en el proceso de lodos activados con aireación extendida y un tiempo de retención de 16-24 horas. Se tiene previsto la ampliación de esta planta en una segunda etapa.



Figura 3-3: Foto aérea de ubicación PTAR del Complejo Hotelero

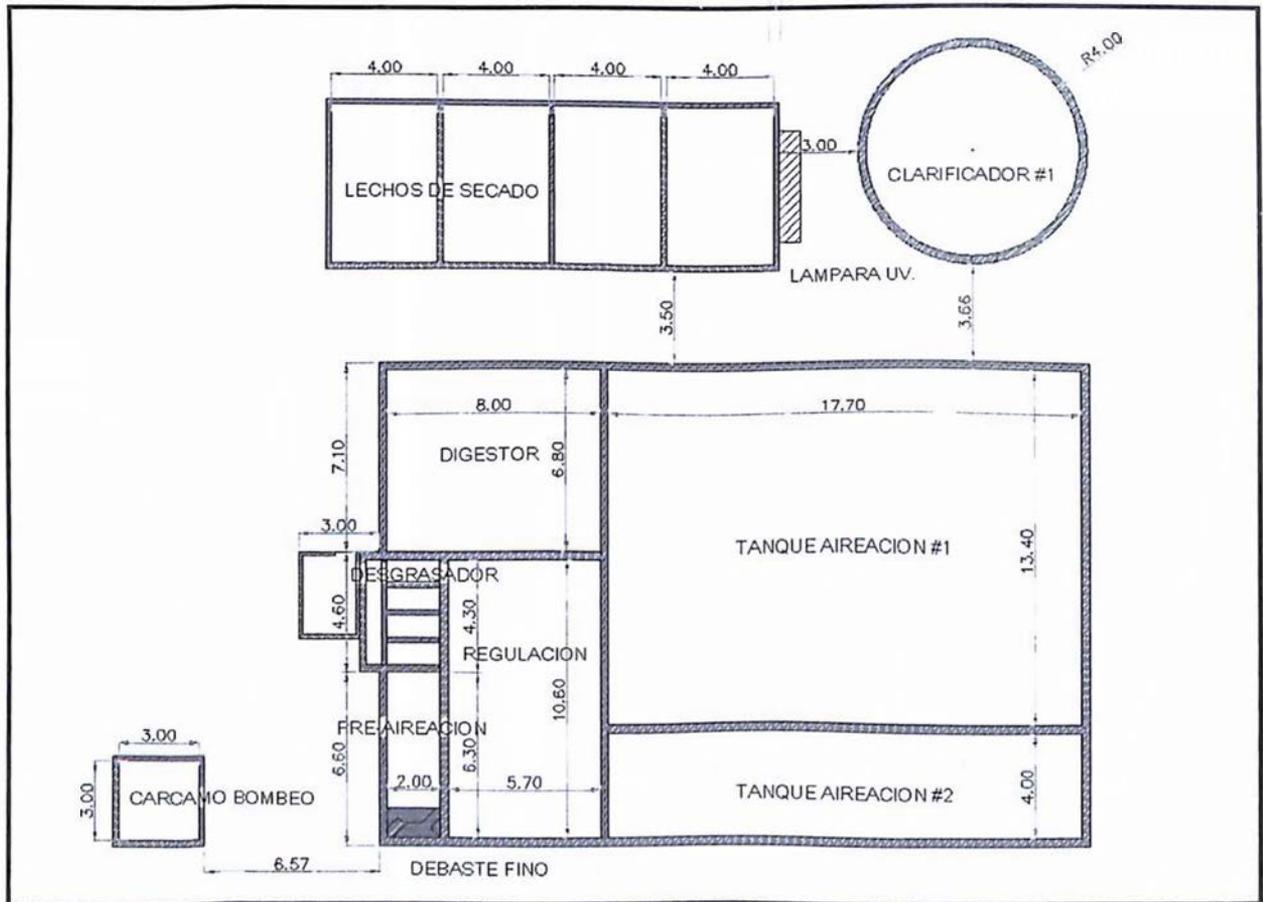


Figura 3-4: Esquema Procesos PTAR del Complejo Hotelero

Los procesos que componen el tratamiento son:

<p>PRETRATAMIENTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desbaste Fino: rotofiltro con separación de rejillas de 1.5 mm. • Cámara de Preaireación / Desgrasador: tanque de hormigón armado. Sistema de difusión de burbuja fina: difusores de 9", membrana EPDM (ethylene propylene diene monomer). • Tanque de Regulación: tanque de hormigón armado. Consta de dos Bombas Sumergibles ITT Flygt, Modelo CP 3085.182, imp 252, 4 HP, 460V, 3F, 60 HZ, Q = 200 gpm vs. 32' TDH, descarga en 3".
<p>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Depósito de Aireación: consiste en un tanque de hormigón armado. Cuenta con red de vaciado, rebose y by-pass. Sistema de aireación: 2 moto-sopladores de desplazamiento positivo. Sistema de difusión de burbuja fina: difusores circulares ϕ 9", membrana EPDM. • Clarificación Secundaria: consiste en tanque circular de hormigón armado. Cuenta con red de vaciado, rebose y by-pass. Sistema mecánico de recolección de lodos y natas: rasquetas de fondo y sistemas de desnatación. La recirculación de lodos, extracción de natas y purga de lodos se realiza con Air lift (bomba de aire).
<p>DESINFECCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfección con rayos ultravioleta. Q_{max} = 250 gpm, con 6 módulos de 2 lámparas UV.
<p>DESCARGA FINAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga a una laguna
<p>TRATAMIENTO DE LODOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Digestor: tanque de hormigón armado. Cuenta con red de vaciado, rebose y by-pass. Aireación por medio de derivación del grupo de moto-sopladores. Sistema de difusión de burbuja fina: difusores circulares ϕ 9", membrana EPDM. • Lechos de Secado: Cuatro cámaras secado de lodo de bloques hormigón 6", losa de fondo. Material de relleno grava ¾". • Bombeo de Lodo digerido a lechos de secado: Dos Bombas Sumergibles ITT Flygt, Modelo DP 3068.180, imp 471, 3.2 HP, 460V, 3F, 60 HZ, Q = 100 gpm vs. 32' TDH, descarga en 3".

Descripción del sistema de tratamiento (Ver diagrama de flujo)

El agua residual bruta entra en el tamiz, donde se eliminan los sólidos de grande y pequeño tamaño, así como las partículas sólidas que se comporten como arenas. El proceso siguiente es la pre-aireación en donde, las burbujas finas del aire inyectado ayudan a eliminar las grasas y aceites y a la disminución de la DBO. Luego de esta operación, el agua residual va al tanque de regulación, en donde se amortiguan los caudales puntas, de aquí va a depósito de aireación en donde se retiene por un período de 16 - 24 horas, y luego se envía a clarificación.

El aire necesario para el funcionamiento del proceso, se suministra por medio de difusión de burbuja fina, empleando un grupo dúplex de moto-sopladores, que distribuyen el aire a través de un manifold de tuberías hacia los difusores de burbuja fina.

En el depósito de aireación se desarrolla el "lodo activo" o "licor mixto", responsable de la degradación biológica de la materia orgánica carbonosa presente en el agua residual. Con el aporte de agua residual fresca, dicho lodo sale del depósito de aireación, hacia el clarificador en donde se produce una separación física por gravedad del licor mixto del agua. El efluente clarificado se evacua por la parte superior del clarificador, y el licor mixto se recoge en el fondo del mismo. Gran parte del licor mixto se recircula hacia el depósito de aireación, y el resto se purga hacia el digester de lodos. Las natas obtenidas en el decantador se purgan hacia el digester.

La recirculación de lodos, purga de lodos y purga de natas se realiza por medio de un sistema de "AIR LIFT" o bomba de aire. Este sistema funciona por medio del accionamiento de válvulas de $\frac{3}{4}$ " que se encuentran ubicadas en la parte superior de las tuberías. Al abrir la válvula, el aire ingresa en la tubería creando un sifonamiento, que hace que el lodo desde el fondo del clarificador, o recogida de natas, se conduzca hacia el reactor deseado. El efluente clarificado se envía a

desinfección la cual se lleva a cabo en un canal rectangular en donde se dispone de un sistema de lámparas ultravioleta. Después de la desinfección, el efluente tratado se vierte hacia la tubería de descarga final.

El "licor mixto o lodo" purgado hacia el digestor de lodo, se airea para su degradación aeróbica por medio de difusión de burbuja fina, empleando una derivación del sistema de aireación general. De esta forma, se produce la conversión del tejido celular del mismo en materia inerte. El lodo es retenido en el digestor por un período superior a los 20 días, luego es purgado hacia los lechos de secado en donde se realiza la deshidratación del mismo, alcanzando niveles de concentración de materia seca del 40%. Los lodos deshidratados se mezclan con cal para elevar el pH e inactivar las bacterias patógenas y virus presentes en estos lodos. Luego de esta estabilización con cal, los lodos pueden ser usados como abono en jardinería y el exceso puede ser dispuesto en vertederos controlados por una compañía autorizada para tales fines por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

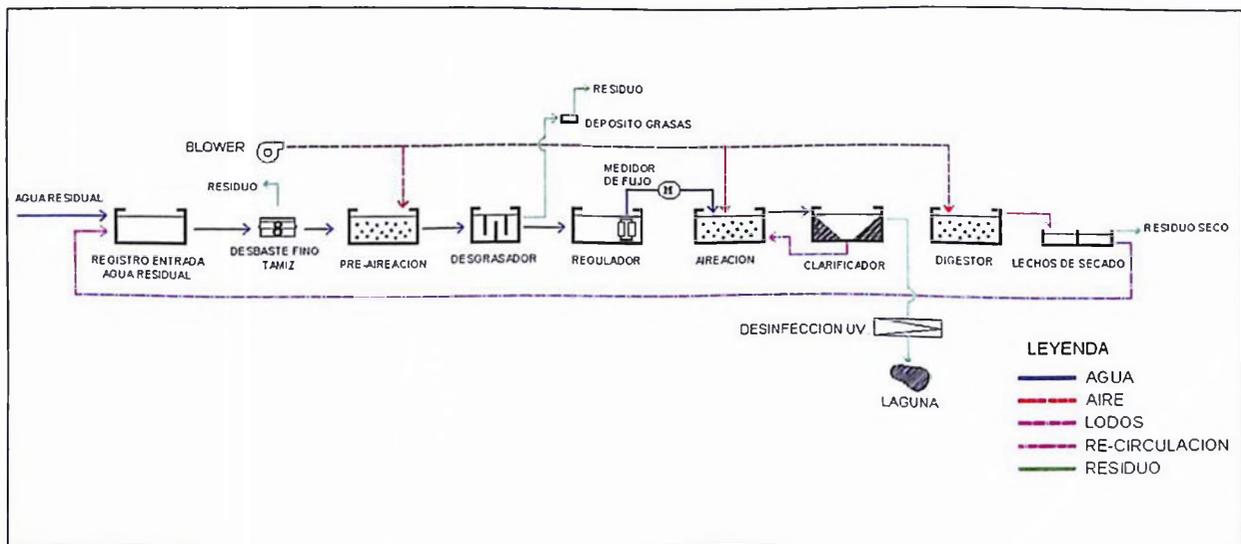


Figura 3-4: Diagrama de flujo Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Complejo Hotelero. Sistema de Tratamiento: Lodos Activados

Capítulo IV
Metodología

CAPITULO IV METODOLOGÍA

4.1 Alcance general de esta investigación

En esta investigación, se tomó como caso de estudio el complejo hotelero IFA Villas Bávaro Beach Resort & Spa, descrito en el acápite 3.5.2. Este funciona con el plan de operación "todo incluido", modalidad que incluye el alojamiento, comida y bebidas. El complejo hotelero analizado como caso de estudio está enmarcado dentro del tipo de alojamiento hotel-resort, según se define en el Sistema de Clasificación Hotelera de la República Dominicana de la Secretaría de Estado de Turismo (SECTUR):

Hotel-Resort: Son aquellos establecimientos que se encuentran ubicados a menos de trescientos metros de playa o en paraje de singular belleza y que en el sistema de edificación existen diferentes tipos de edificaciones predominando la horizontalidad (máximo tres niveles). Además, cuenta con una oferta variada de servicios de entretenimiento y atención especializada a la familia.

En cuanto al número de habitación, el complejo IFA Villas Bávaro, se enmarca dentro de la categoría de Hoteles grandes, según la clasificación establecida por la Caribbean Hotel Association (CAST) para los alojamientos de más de 75 habitaciones. Vale destacar que el 88% de los hoteles del Polo Bávaro-Macao se enmarcan dentro de esta categoría, esto conforme al listado de Alojamiento del Banco Central-SECTUR-ASONAHORES (Ver anexo No. VII).

4.2 Método y tipo de investigación

En esta investigación se desarrollará en base al método inductivo que va de lo particular a lo general. Este método se emplea cuando de la observación de hechos particulares se obtienen proposiciones generales.

Además, se utilizará el método deductivo, que va de lo general a lo particular. En éste se parte de datos generales aceptados como valederos para deducir por medio del razonamiento lógico.

Esta investigación es del tipo descriptiva; tomando en consideración que los resultados de este estudio se aportarán como base y punto inicial de otros estudios; además, está dirigido a determinar la situación de los parámetros investigados: "cómo son o cómo están".

4.3 Metodología de la investigación

4.3.1 Metodología para la determinación de la dotación de agua potable y muestreo

La dotación de agua potable se determinará a partir de los registros históricos del consumo del hotel y la ocupación hotelera.

Según se plantea en los objetivos específicos en esta investigación, en el muestreo del agua de abastecimiento, sólo se incluyen los parámetros pH, sólidos disueltos, alcalinidad, cloruros y temperatura. Sólo incluimos estos parámetros para determinar la concentración de los mismos y su incidencia en el sistema de tratamiento.

En la determinación de los componentes inorgánicos presentes en el agua potable, sólo se incluirá la determinación de cloruros (Cl⁻), debido a que estos se mantienen en el agua potable y aumentan su concentración en el agua residual.

4.3.2 Metodología para determinación de los caudales de agua residual y muestreo

a) Identificación de los procesos que generan agua residual

Previo a la determinación de los caudales de agua residual y su posterior muestreo, se identificarán los principales procesos que generan agua residual en las diferentes áreas del complejo hotelero.

En la evaluación del agua residual se incluirán los registros de descarga de los edificios para alojamiento de turistas, cocina-restaurant, lavandería, edificio de empleados y administrativo. También se incluirá el afluente y el efluente final de la planta de tratamiento. No se analizarán los efluentes de los procesos y operaciones unitarias intermedias dentro del ciclo de tratamiento de la planta.

Tabla 4-1

Actividades que generan agua residual en las instalaciones hoteleras

Areas/instalaciones	Actividades
Habitaciones de turistas	Uso inodoro Uso lavamanos Baño (ducha y bañera) Limpieza de las habitaciones
Cocina y restaurantes	Lavado y preparación de los alimentos Lavado de ollas, calderos y vajillas Limpieza general del área
Bares	Preparación de bebidas Limpieza general del área
Lavandería	Lavado de ropa
Baños áreas de piscinas	Uso inodoro Uso lavamanos Limpieza del baño
Salón de reuniones, oficinas, lobby, oficinas, centro de convenciones	Limpieza general de las áreas
Edificio administrativos y de empleados	Uso inodoro Uso lavamanos Baño (ducha y bañera) Limpieza general del área

El agua que se cambia a la piscina, por el contenido de cloro, no se conduce a la planta de tratamiento sino que se descarga en el sub-suelo. Por tanto, no se incluirá la descarga de la piscina como punto de muestreo.

b) Metodología para la determinación de los caudales de agua residual

Las mediciones para la evaluación de los caudales de agua residual de los registros de descarga se realizarán durante fines de semana, de 7:00 a 19:00. Se medirá durante fin de semana por ser los días en que se registra la mayor afluencia de turistas al hotel. En la Planta de Tratamiento, la lectura de los caudales de realizará durante 24 horas, de 6:00 a 23:00.

Metodología para la determinación de los caudales de agua residual en los diferentes registros

a En el Edificio Alojamiento de Turistas y en la Cocina-Restaurant

De los edificios de turistas se seleccionará uno de los edificios con mayor número de habitación (36 habitaciones) y que registre la mayor ocupación. Se medirá en uno de los registros de descarga de agua residual. En la tubería de descarga, se medirá la altura libre desde la superficie del agua hasta la parte superior del tubo y se calculará el tirante. Los parámetros hidráulicos (área mojada, perímetro mojado) se calcularán con las fórmulas expuestas en el acápite 2.2.7, correspondientes a tuberías circulares contenidas en el texto de Chow (1994). Luego, se calcularán los caudales aplicando la ecuación de Manning para los diferentes valores del tirante según las horas de medición.

En el registro de descarga de la cocina-restaurant se utilizará el mismo procedimiento descrito en el párrafo anterior para el edificio de turistas.

b En la Lavandería

Los caudales de agua residual de la lavandería se determinarán midiendo con un cronómetro la duración de los volúmenes de descarga del agua residual generado en el lavado y enjuague. Para determinar el volumen descargado en cada ciclo, se utilizarán los datos del consumo de agua especificado en el manual del fabricante de cada lavadora. Este dato se corroborará con las informaciones de del encargado de la lavandería.

c En Edificio Administrativo y de Empleados

Para determinar los caudales de agua residual del edificio de alojamiento de los turistas, se tomará un recipiente de un volumen conocido y con un cronómetro se medirá el tiempo que tardaba en llenar dicho volumen.

d En la Planta de Tratamiento de Agua Residual

Para determinar los caudales promedio diarios, horarios y los caudales pico en la entrada a la planta de tratamiento se registrará cada hora las lecturas de las variables en el transmisor de datos ubicado en la entrada del tanque de aireación. Este dispositivo electrónico reporta el caudal, velocidad del flujo de agua residual que ha pasado por el caudalímetro. Ambos dispositivos, caudalímetro y transmisor de datos están instalados en la planta de tratamiento.

Con el propósito de corroborar los datos obtenidos se utilizarán los registros históricos que tiene el hotel de las lecturas acumuladas (valor del caudal al final del día), se calcularán los caudales y se compararán con las lecturas tomadas para este trabajo.

Los caudales promedio de agua residual por día, por turista o por habitación ocupada se calcularán en base a los datos reportados en las lecturas y registros históricos.

Tabla 4-2

Descripción registros en donde se determinarán los caudales de agua residual

			
Registro descarga de la Lavandería	Registro descarga Edificios Administrativo y de Empleados	Registro salida Cocina y Restaurant Colibrí (IFA Bávaro Village)	Registro Edificio de Habitaciones Turistas
A x L x Prof. = (0.62 x 0.61 x 0.85) mt Tubería descarga: 6" PVC	A x L x Prof. = (0.90 x 0.90 x 0.90) mt Tubería descarga: 4" PVC	A x L x Prof. = (0.80 x 0.80 x 0.50) mt Tubería descarga: 6" PVC	A x L x Prof. = (0.70 x 0.60 x 0.45) mt Tubería descarga: 6" PVC

4.4 Diseño campaña de muestreo: procedimiento, materiales e instrumentos

El diseño de la campaña de muestreo, se dividirá en dos partes:

- Muestreo del agua de abastecimiento
- Muestreo del agua residual en los puntos seleccionados

La duración del muestreo será de 2 días. Se tomó en consideración las distintas temporadas de ocupación de los hoteles. Basándonos en esa información el muestreo se realizará durante los meses de Noviembre, temporada baja y Diciembre, temporada alta. Se evaluarán los análisis anteriores del agua residual de la planta realizados dentro de su programa de mantenimiento y control de la planta.

En los acápites presentados a continuación, se exponen los diseños de las campañas del muestreo. El muestreo y posterior análisis de los distintos parámetros se realizarán según lo estipulado por la American Public Health Association et al (1989). Los análisis tanto del agua potable como del agua residual se realizarán en el Laboratorio del Instituto Dominicano de Biotecnología e Industria (IIBI) y en el laboratorio de la CAASD.

4.4.1 Diseño campaña de muestreo del agua potable

Procedimiento de muestreo del agua potable

El agua potable proviene de un acueducto privado cuya fuente de abastecimiento es subterránea. Sobre la base de los criterios para la selección del tipo de muestra planteados en el acápite 2.3.9.1, se tomarán muestras simples del agua potable y se compararán los resultados obtenidos con ambas muestras.

Se siguió el procedimiento descrito a continuación (Ver cuadro No. 4-1):

- ⊕ Lavar los instrumentos con el agua a muestrear.
- ⊕ Tomar la muestra.
- ⊕ Colocar una etiqueta en el frasco llenada con los datos de identificación: número de la muestra, localización del punto de muestreo, fecha, hora, temperatura del agua y nombre de la persona que tomó la muestra.
- ⊕ Preservar las muestras conforme lo estipulado por los Métodos Estándar.
- ⊕ Determinar el pH y la temperatura del agua in situ.
- ⊕ Colocar el frasco en posición vertical dentro de una nevera a 4°C y enviar al laboratorio.

Materiales e instrumentos utilizados en muestreo del agua potable

- Frascos de polietileno de 1/2 galón (1,900 m l) para contener la muestra.
- Instrumentación para la medición del pH y de la temperatura del agua.
- Nevera portátil y hielo para refrigeración de la muestra.
- Guantes esterilizados.

Tabla 4-3

Diseño Campaña de Muestreo del Agua Potable

Nombre del Hotel	:	IFA Villas Bávaro
Localización	:	Bávaro, República Dominicana
Ubicación	:	Cisterna entrada agua potable
Fecha toma de la muestra	:	Noviembre (temporada baja) y Diciembre (temporada alta)
Hora toma de la muestra	:	8:00 - 8:30
Duración campaña de muestreo	:	2 días con muestras simples

Lugar toma de muestra	Parámetros a analizar		Tipo de muestra	Cantidad muestra / Período muestreo	Tipo de Frasco	Volumen mínimo muestra	Conservación	Tiempo máximo almacenamiento
Cisterna abastecimiento agua potable	pH	-	Simple	1 muestra al día	Polietileno ²	-	Análisis inmediato	-
	Temperatura del agua	°C	Simple		Polietileno ²	-	Análisis inmediato	-
Fuente: acueducto privado abastecido de fuente subterránea	Conductividad ¹	µS/cm	Simple		Polietileno ²	500 ml	Refrigerar a 4°C	28 días
	Alcalinidad	mg/l	Simple		Polietileno ²	100 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
	Cloruros	mg/l	Simple		Polietileno ²	100 ml	No requerido	28 días
	Sólidos Disueltos	mg/l	Simple		Polietileno ²	200 ml	Refrigerar a 4°C	7 días

¹ Determinar in situ, si es posible

² Puede usarse frasco de vidrio

4.4.2 Diseño campaña de muestreo del agua residual

Los puntos del muestreo del agua residual son los mismos registros en los cuales se evaluaron los caudales de descarga. Estos puntos son:

1. Registro salida edificio de turistas
2. Registro salida cocina
3. Registro salida lavandería
4. Registro salida edificio de empleados y administrativos
5. Entrada a la planta de tratamiento (afluente)
6. Salida de la planta (efluente).



Fuente: <http://earth.google.com/>

Figura 4-1: Foto aérea de la ubicación de los puntos de muestreo

Para la selección del tipo de muestra a utilizar, previamente se realizó una evaluación según las horas, de los caudales, a fin de determinar los rangos de variación y la ocurrencia de los pico.

Para el muestreo de la planta de tratamiento, se analizarán los datos del caudal afluente a la planta para evaluar la hora en que se producen los caudales pico.

De las tres cocinas existentes, se seleccionó la cocina de IFA Bávaro Village con su restaurant "Colibrí" por ser la más grande, registra mayor actividad y asistencia de parte de los turistas.

Sujeto a los criterios planteados, se establecieron los horarios de muestreo descritos a continuación:

Lugar	Hora toma de muestras
Registro Descarga Edificio de Turistas	8:45
Registro Descarga Cocina	9:15
Registro Descarga Edif. Administrativo y Empleados	8:50
Registro Descarga Lavandería	9:00
Entrada Planta de Tratamiento	4:00 y 10:00
Salida Planta de Tratamiento	4:00 y 9:50

En base a los criterios planteados en el acápite 2.3.8.1 y las consideraciones expuestas en los párrafos anteriores, se determinó que el tipo de muestras a utilizar son del tipo simples. La elección de este tipo de muestras se fundamentó en criterios planteados a continuación:

1. El sistema de tratamiento está diseñado para amortiguar los caudales punta en el tanque de regulación. Desde este tanque, se bombea un caudal controlado a través del caudalímetro y el transmisor de datos; por lo que, las muestras se tomarán cuando la planta esté trabajando a su máxima capacidad, según los criterios para selección del tipo de muestra y conforme a los objetivos planteados en esta investigación.
2. En los registros, se muestreó a hora pico a fin de conocer las características del agua en dichas horas.

3. Para cumplir con las especificaciones sobre el tiempo transcurrido entre la toma de muestras y su transporte al laboratorio para los análisis (en Santo Domingo), según lo establecido por American Public Health Association et al (1989).

Procedimiento de muestreo del agua residual

- ⊕ Lavar los instrumentos con el agua a muestrear.
- ⊕ Tomar la muestra del afluente a la planta de tratamiento en un punto posterior a la salida de la rejilla de limpieza inicial para evitar la recolección de sólidos de gran tamaño.
- ⊕ Para tomar la muestra, se introduce el recipiente y se toma la porción requerida.
- ⊕ Añadir el preservante indicado según el tipo de parámetro a analizar y tapar el recipiente que contiene la muestra.
- ⊕ Las muestras para determinación de DBO y coliformes se toman separadas de las que se utilizarán para determinaciones de DQO, y demás parámetros. Para la determinación de grasas y aceites se toman muestras simples en frascos de cristal.
- ⊕ Colocar al frasco una ficha de identificación con los siguientes datos: número de la muestra, localización del punto de muestreo, fecha, hora, temperatura del agua y nombre persona que tomó la muestra.

Materiales e instrumentos utilizados en muestreo del agua residual

- Frascos de cristal 1000 ml para contener la muestra para determinación de grasas y aceites. Recipientes plásticos de ½ galón (1,900 ml).
- Instrumentación para la medición del pH y de la temperatura del agua.
- Nevera portátil y hielo para refrigeración de las muestras.
- Guantes esterilizados.

TABLA 4.4

Diseño Campaña de Muestreo del Agua Residual

Nombre del Hotel	Ifa Villas Bávaro
Localización	Bávaro, República Dominicana
Tipo Planta de Tratamiento	Lodos activados. Tiempo de retención de 16-24 horas
Duración campaña de muestreo	2 días

Identificación y localización punto de muestreo	Parámetros a analizar en cada punto	Tipo de Frasco	Volumen mínimo muestra	Conservación	Tiempo máximo almacenaje	Tipo de muestra
1- Registro descarga Edificio de Turistas	Grasas y aceites	Vidrio	1,000 ml	Frío, 4°C H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días	Simple
	DBO ₅	Polietileno	1,000 ml	Frío, 4°C	48 horas	Simple
2- Registro descarga Cocina-Restaurant	DQO	Polietileno ¹	10 ml	Frío, 4°C H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días	Simple
	Sólidos suspendidos (SS)	Polietileno ¹	100 ml	Frío, 4°C	7 días	Simple
3- Registro descarga Lavandería	Nitrógeno Total	Polietileno ¹	250 ml	Frío, 4°C H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días	Simple
4- Registro descarga Edificio Administrativo y de empleados	Fósforo	Polietileno ¹	100 ml	Frío, 4°C	24 horas	Simple
	Cloruros	Polietileno ¹	100 ml	No requerido	28 días	Simple
5- Entrada a Planta de Tratamiento (Afluente)	pH	Polietileno ¹	100 ml	Análisis inmediato	2 horas	Simple
	Temperatura	Polietileno ¹	-	Análisis inmediato	-	Simple
6-Salida de a Planta de Tratamiento (Efluente)	Coliformes totales	Polietileno ¹	200 ml	Frío, 4°C 0.008% Na ₂ S ₂ O ₃	24 horas	Simple

¹ Puede usarse frasco de vidrio

Fuente: Corbitt, Robert A. et al (2003). Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental, McGraw-Hill. Madrid.

Capítulo V

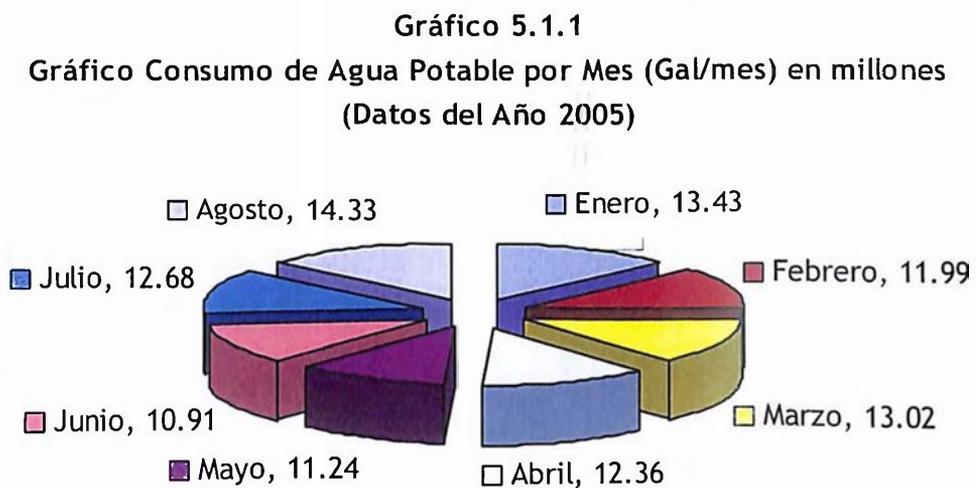
Resultados

CAPITULO V RESULTADOS

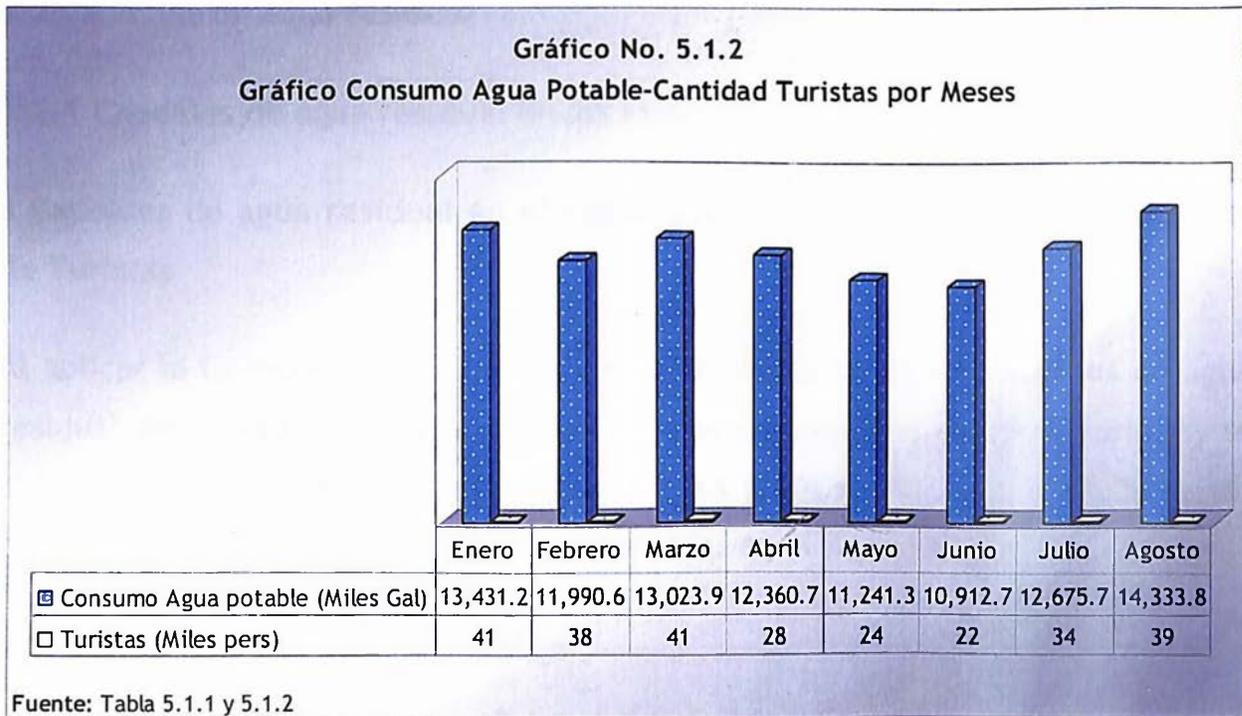
En este capítulo se presentan los resultados de manera gráfica con el propósito de mostrar la tendencia y comportamiento de los parámetros y al mismo tiempo, facilitar el análisis y discusión. Las tablas fuentes de algunos gráficos se presentan dentro del mismo gráfico; otras tablas se incluyen en el Anexo No. I, con el propósito dar manejabilidad a este capítulo.

5.1 Consumo agua potable

Los consumos de agua potable y afluencia de turistas por mes se muestran en el gráfico 5.1.1 a continuación.



Fuente: Tabla 5.1.1 y 5.1.2



Consumo Promedio Agua Potable = 412,167.44 gal/día
1,561.24 m³/día

Promedio Ocupación Diaria = 1,096 Turistas
Total habitaciones = 700 Habitaciones (Incluye 48 habit de empleados)
Porcentaje de Ocupación al Año = 80%

Consumo Agua Potable por turista = 375.24 gal/turista/día
1,420.29 l/turista/día
1.42 m³/turista/día

Consumo Agua Potable por Habitación = 736 gal/habitación ocupada/día
2,786 l/habitación ocupada/día
2.79 m³/habitación ocupada/día

5.2 Caudales de agua residual

5.2.1 Caudales de agua residual en los registros de descarga

a Caudales de agua residual en el registro descarga del Edificio Habitaciones de Turistas

Al aplicar la fórmula de Manning para la determinación de los caudales de agua residual descargados por uno de los edificios de alojamiento para turistas, se obtuvieron los valores que se muestran en los gráficos Nos. 5.2.1 y 5.2.2 y sus respectivas tablas (No. 5.2.1 y 5.2.2 contenidas en el Anexo No.1).

Medición Caudales Agua Residual

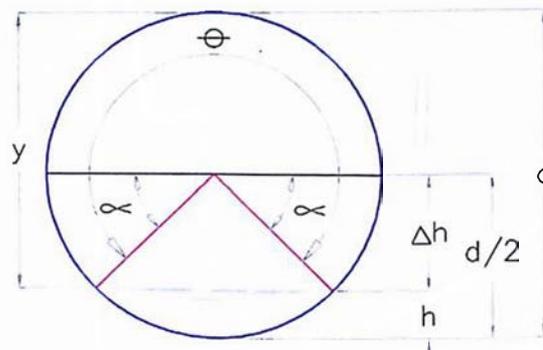


Figura 5.1: Esquema tubería parcialmente llena

Fórmulas:

$$A_m = \frac{1}{8} (\theta - \text{SEN}\theta) d^2$$

$$P_m = \frac{1}{2} \theta d$$

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Gráfico 5.2.1
Gráfico Medición de Caudales Agua Residual
en Registro Descarga Edificio Habitaciones de Turistas
Mediciones del Día 1

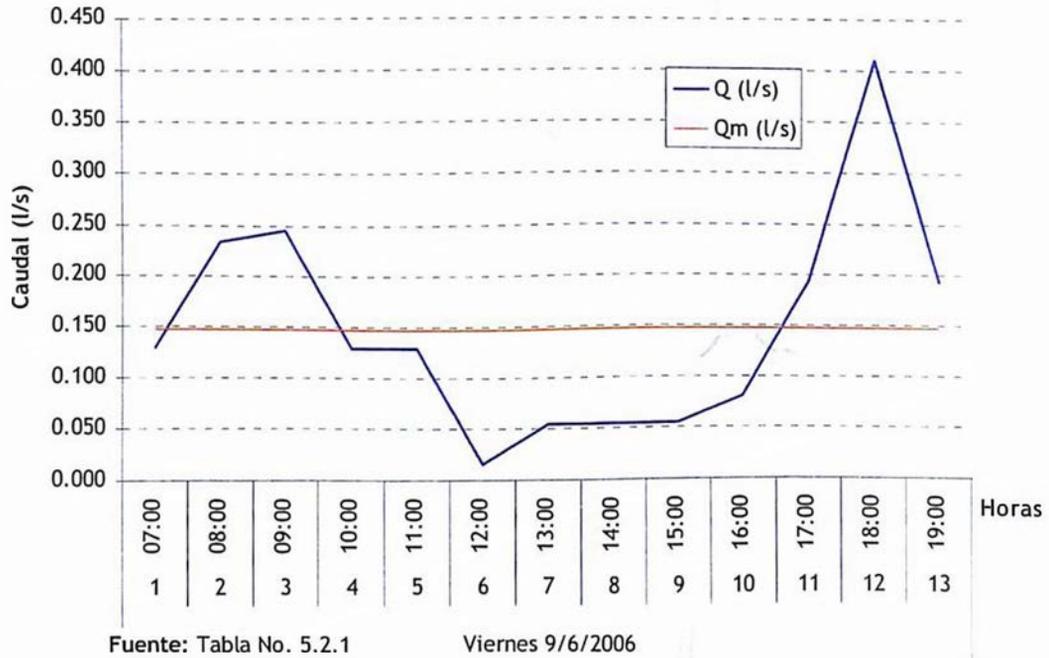
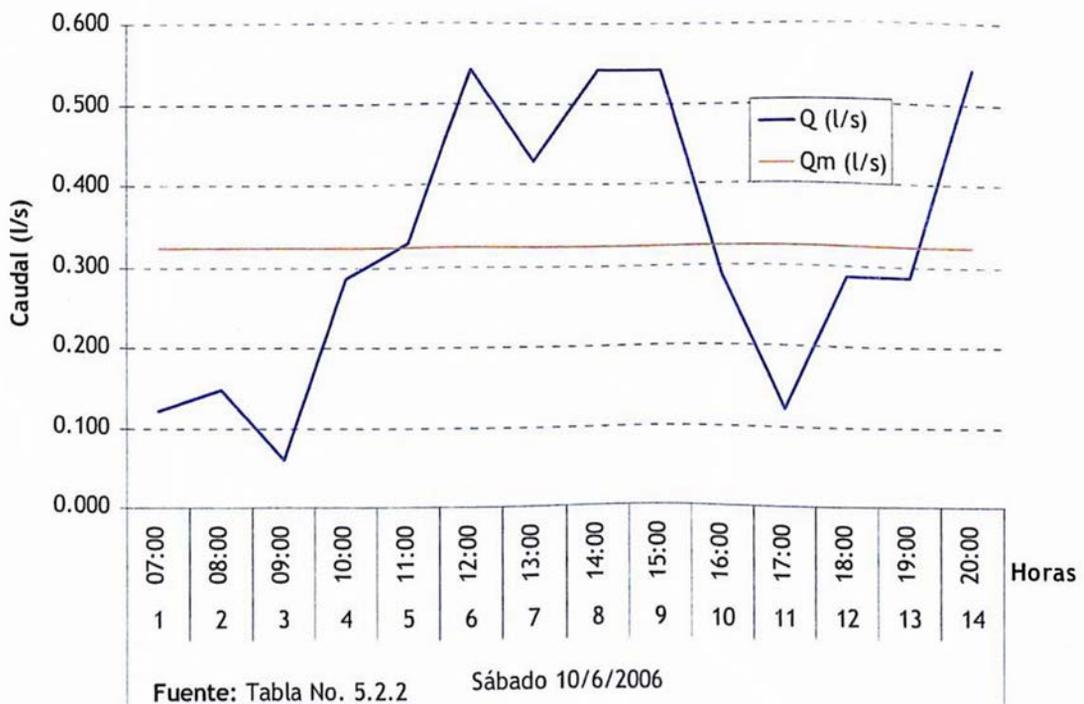


Gráfico 5.2.2
Gráfico Caudales Agua Residual
en Registro Descarga Edificio Habitaciones de Turistas
Mediciones del Día 2



b Caudales de agua residual en el registro de descarga de la Cocina-Restaurant

Los resultados de los caudales de agua residual descargados por la cocina se muestran en las tablas y gráficos a continuación.

Gráfico 5.2.3
Gráfico Caudales Agua Residual en Registro Descarga Cocina-Restaurant Mediciones del Día 1

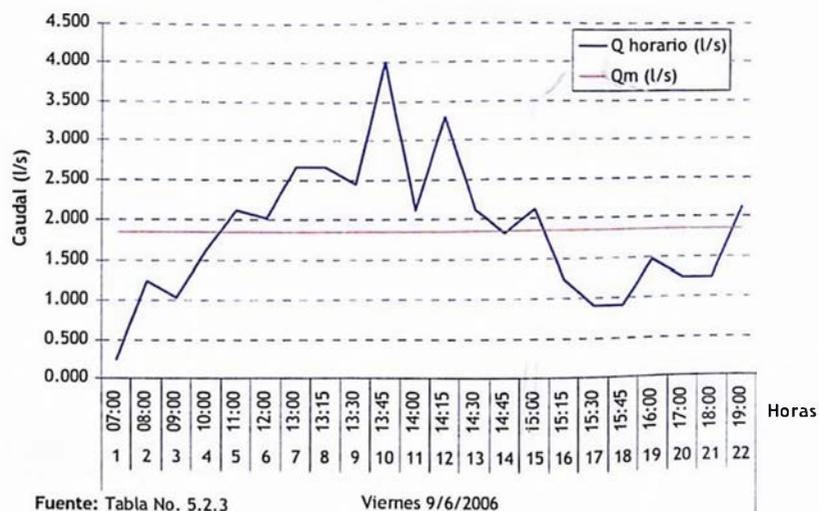
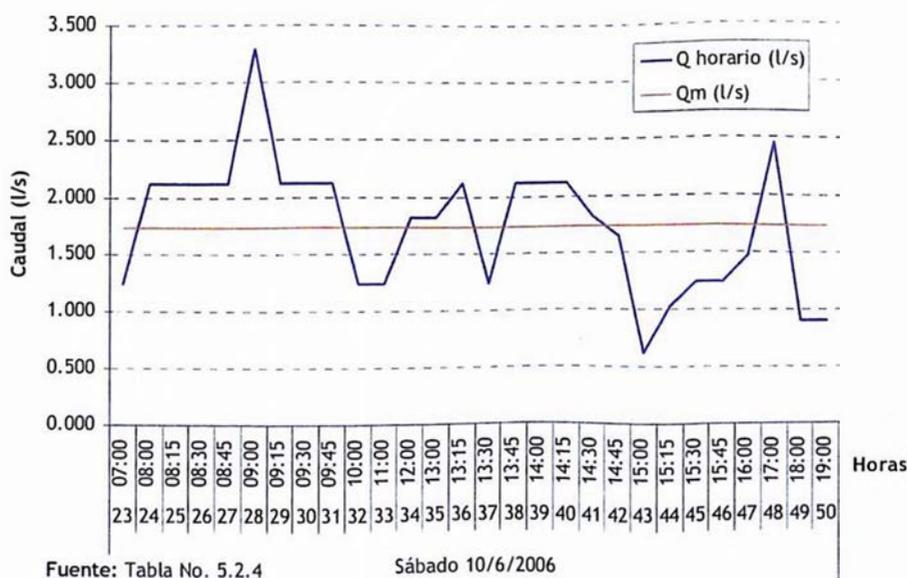


Gráfico 5.2.4
Gráfico Caudales de Agua Residual en Registro Descarga Cocina - Restaurant Mediciones del Día 2



c Caudales de agua residual en el registro de descarga de la Lavandería

A continuación se presentan los resultados de la medición de caudales en el registro de descarga de la lavandería.

Gráfico No.5.2.5
Gráfico Medición de Caudales en
Registro Descarga Lavandería
Mediciones del Día 1

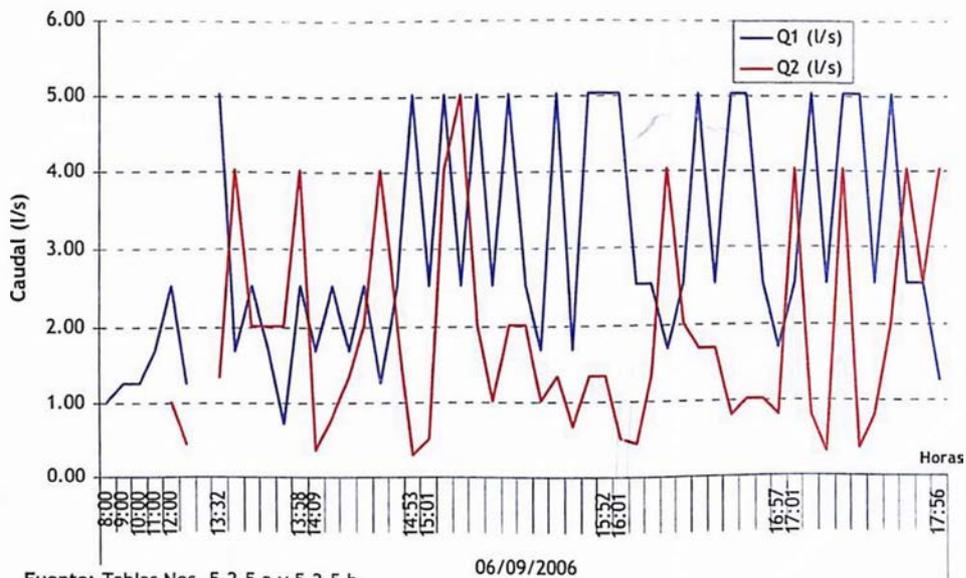
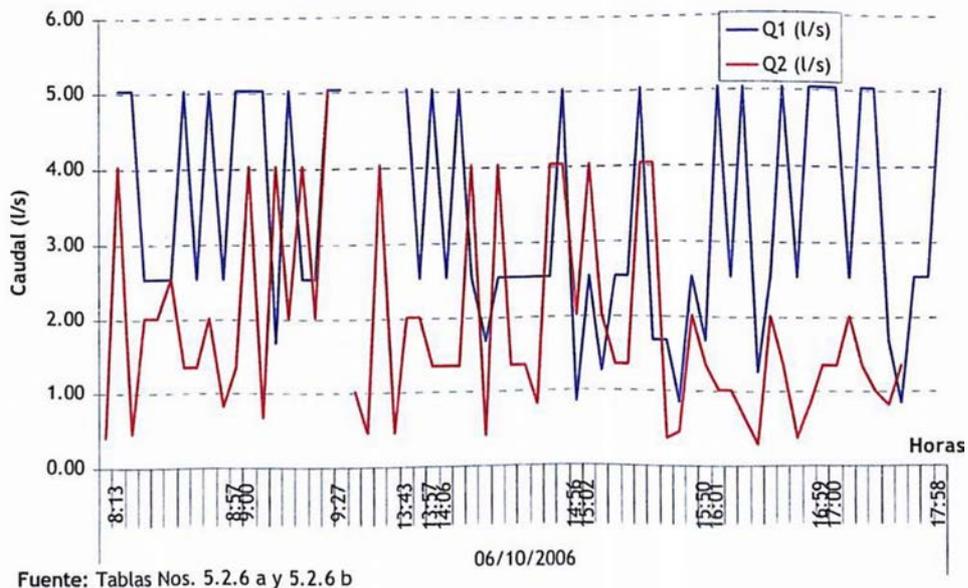


Gráfico No.5.2.6
Gráfico Medición de Caudales en
Registro Descarga Lavandería
Mediciones del Día 2

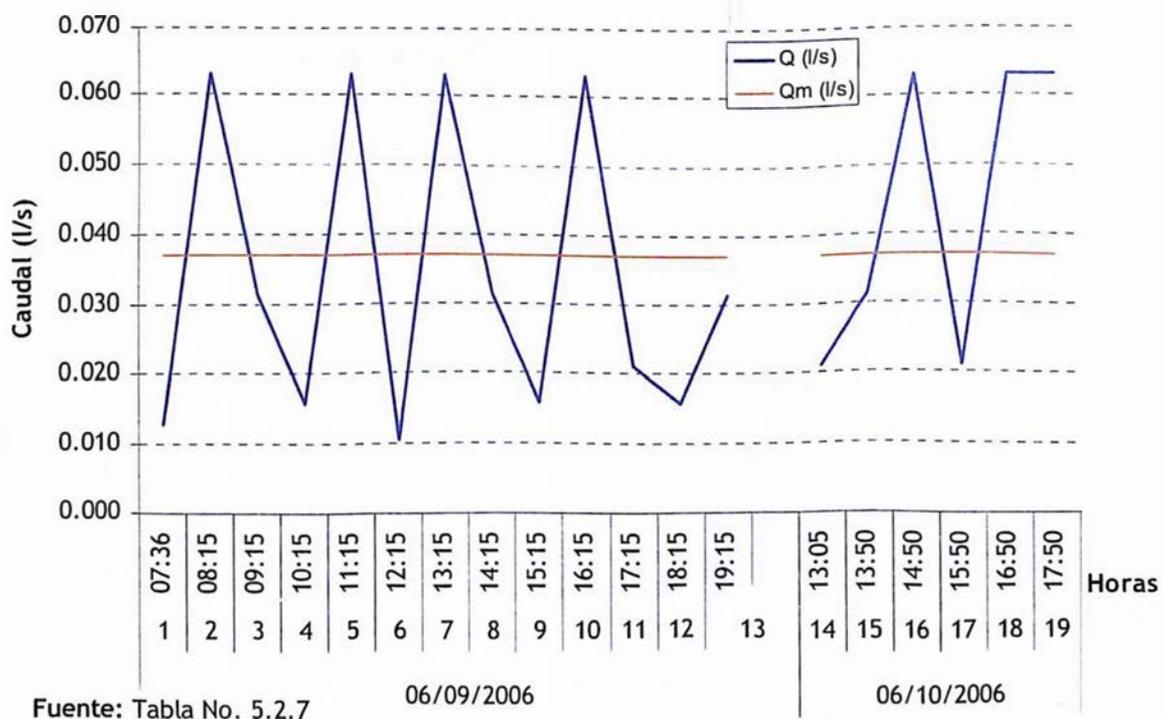


Hacemos la observación de que hubo interrupción en las mediciones en el registro de la lavandería; es decir, las mediciones no fueron consecutivas cada hora, según se muestra en las gráficas citadas, debido a trabajos que estaba realizando el hotel en los alrededores del registro de descarga de la lavandería.

d Caudales de agua residual en el registro de descarga Edificio Administrativo y de Empleados

Los resultados de la medición de caudales en el registro de descarga del Edificio Administrativo y de Empleados se muestran en las tablas y gráficos a continuación.

Gráfico 5.2.7
Gráfico Medición Caudales Agua Residual en
Registro Descarga Edificio Administrativo y de Empleados
Mediciones Días 1 y 2



e Desviación típica o estándar en los caudales los registros de descarga

Registro medición caudales	Caudal medio		Desv estándar	
	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)
Registro descarga edificio turistas	0.239	2.39E-04	0.168	1.68E-04
Registro descarga cocina_restaurant	1.783	1.78E-03	0.588	5.88E-04
Registro descarga lavandería	2.51	2.51E-03	1.394	1.39E-03
Registro descarga edificio Adm y Empl	0.037	3.70E-05	0.023	2.30E-05

Fuente: Tablas cálculos de los caudales de agua residual en Anexo I

5.2.2 Caudales de agua residual afluyente a Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Los caudales afluentes a la planta de tratamiento de aguas residuales se tomaron de las lecturas en el transmisor de datos. La tendencia de estos caudales se muestran en los gráficos números 5.2.8 a al 5.2.8 d.

Gráfico No. 5.2.8 a
Caudales Afluentes Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Medición del Día 1

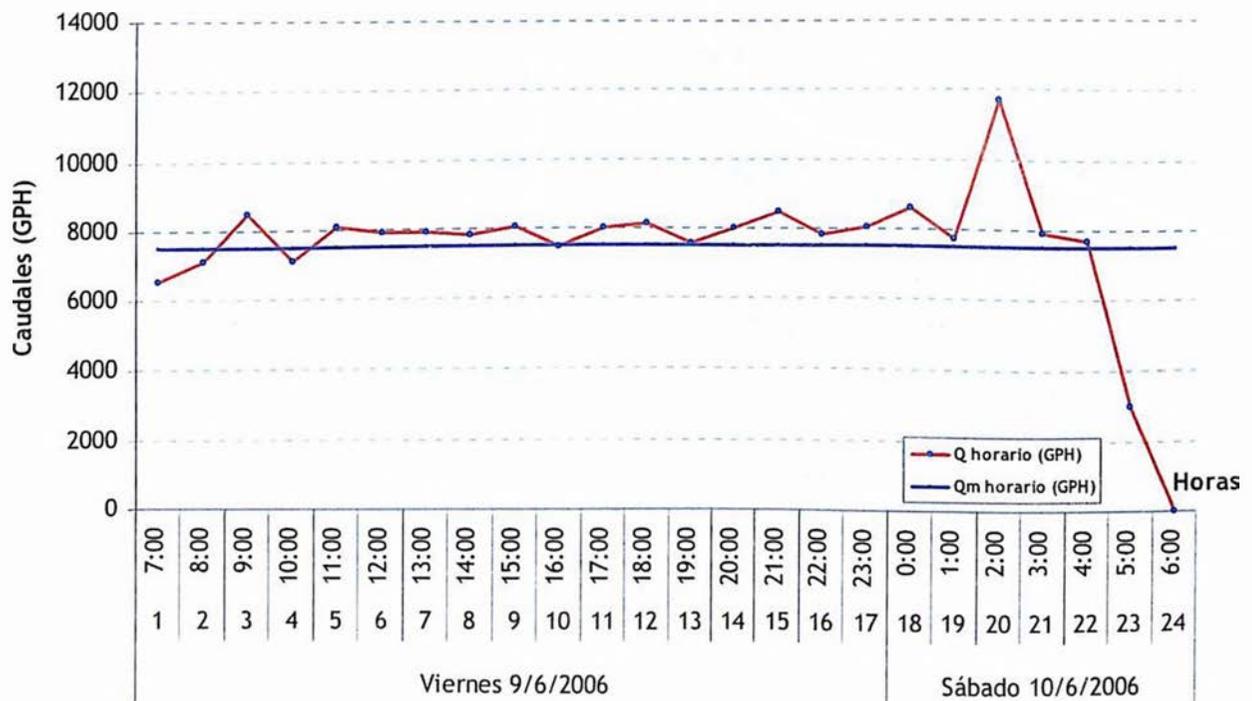


Gráfico No. 5.2.8 b
Caudales Afluentes Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Mediciones del Día 2

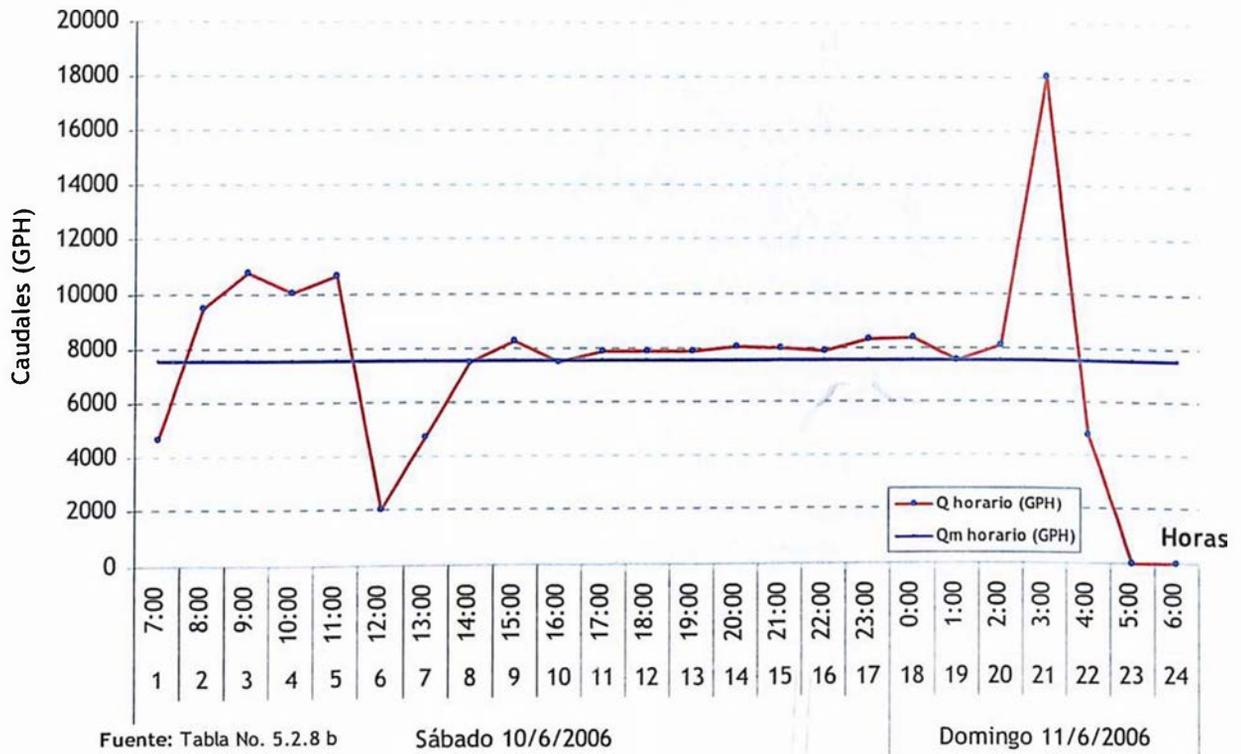


Gráfico No. 5.2.8 c
Caudales Afluentes Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Mediciones Día 3

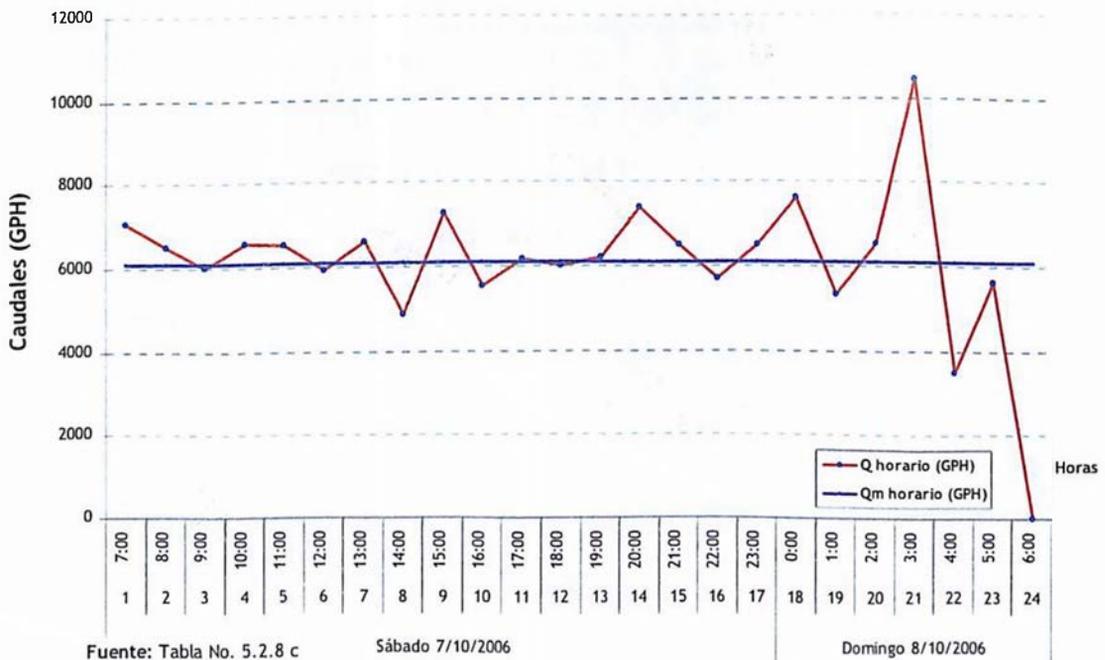
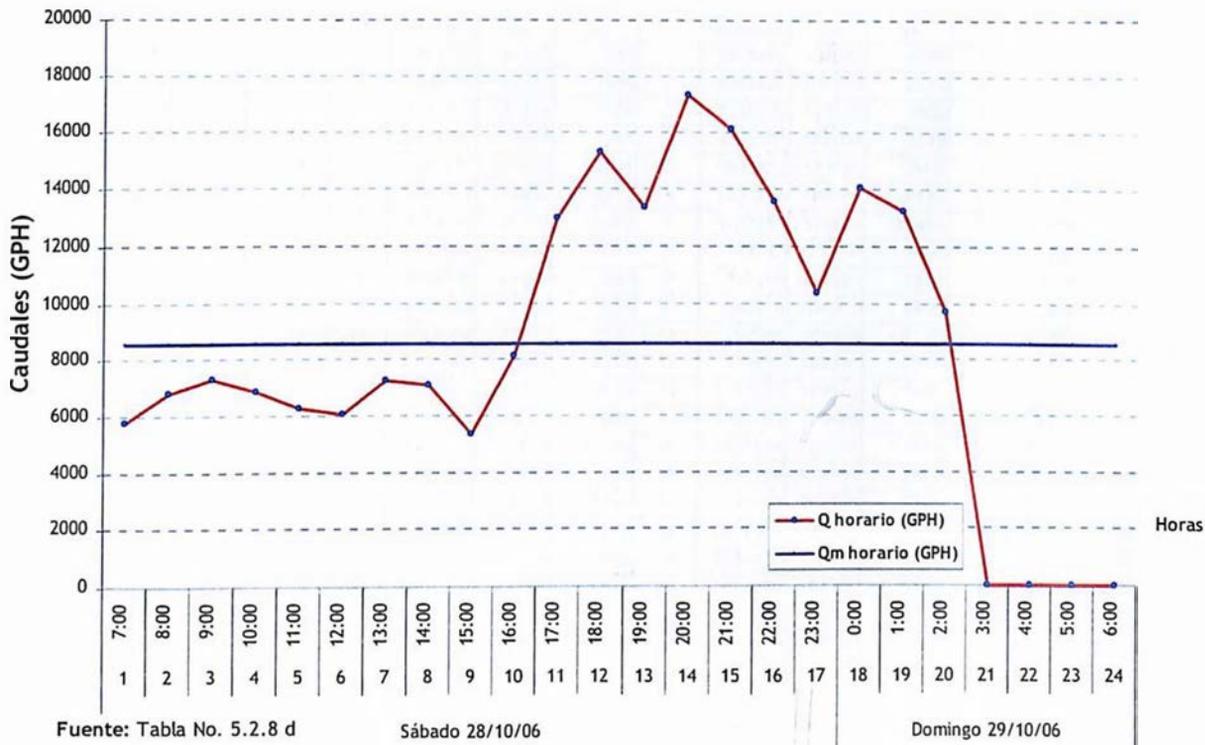


Gráfico No. 5.2.8 d
Caudales Afluentes Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Mediciones Día 4



Fuente: Tabla No. 5.2.8 d

Sábado 28/10/06

Domingo 29/10/06

Cálculo de los Valores Promedio

Parámetros	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Caudal medio horario (gal/h)	7,499.57	7,547.83	6,095.00	8,569.57
Caudal punta horario (gal/h)	11,710.00	18,040.00	10,450.00	17,320.00
Coef. Màx Agua Residual	1.56	2.39	1.71	2.02

Fuente: Tablas No. 5.2.8a al 5.2.8d (Anexo No. I)

Media Ponderada

$$Q_{pmedio} = \sum \frac{Q_{pi} \times K_i}{K_i}$$

Q medio horario = 7359.06 gal/h 27.88 m³/h

Q punta promedio = 14872.08 gal/h 56.33 m³/h

Coeficiente o factor máximo = 2.02

Tabla No. 5.2.10

Lecturas Acumuladas Caudales PTAR 2006															
JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
FECHA	Lecturas Acumuladas	Caudal		FECHA	Lecturas Acumuladas	Caudal		FECHA	Lecturas Acumuladas	Caudal		FECHA	Lecturas Acumuladas	Caudal	
		GPD	GPH			GPD	GPH			GPD	GPH			GPD	GPH
1	7505780	167720	6988	1	2867180	181570	7565	1	8709380	238740	9948	1	4918400	216390	9016
2	7673500	188260	7844	2	3048750	182304	7596	2	8948120	206950	8623	2	5134790	189550	7898
3	7861760	172120	7172	3	3231054	181346	7556	3	9155070	199320	8305	3	5324340	180320	7513
4	8033880	166980	6958	4	3412400	174810	7284	4	9354390	186600	7775	4	5504660	177920	7413
5	8200860	177880	7412	5	3587210	173100	7213	5	9540990	189730	7905	5	5682580	176620	7359
6	8378740	182650	7610	6	3760310	149830	6243	6	9730720	196430	8185	6	5859200	186010	7750
7	8561390	168800	7033	7	3910140	131790	5491	7	9927150	251190	10466	7	6045210	174950	7290
8	8730190	186710	7780	8	4041930	184610	7692	8	178340	179050	7460	8	6220160	181750	7573
9	8916900	180490	7520	9	4226540	189220	7884	9	357390	189520	7897	9	6401910	179260	7469
10	9097390	179270	7470	10	4415760	156900	6538	10	546910	204000	8500	10	6581170	181150	7548
11	9276660	181130	7547	11	4572660	175940	7331	11	750910	181070	7545	11	6762320	181010	7542
12	9457790	180991	7541	12	4748600	174640	7277	12	931980	180240	7510	12	6943330	182890	7620
13	9638781	166779	6949	13	4923240	231720	9655	13	1112220	179940	7498	13	7126220	186520	7772
14	9805560	168960	7040	14	5154960	168030	7001	14	1292160	179480	7478	14	7312740	152400	6350
15	9974520	165210	6884	15	5322990	251850	10494	15	1471640	180330	7514	15	7465140	185540	7731
16	13720	179880	7495	16	5574840	173240	7218	16	1651970	182960	7623	16	7650680	192860	8036
17	319600	178870	7453	17	5748080	258710	10780	17	1834930	182520	7605	17	7843540	193730	8072
18	498470	179820	7493	18	6006790	157240	6552	18	2017450	227250	9469	18	8037270	186660	7778
19	678290	184940	7706	19	6164030	237960	9915	19	2244700	199390	8308	19	8223930	180520	7522
20	863230	186320	7763	20	6401990	146810	6117	20	2444090	194980	8124	20	8404450	172450	7185
21	1049550	185380	7724	21	6548800	221200	9217	21	2639070	187880	7828	21	8576900	185930	7747
22	1234930	193590	8066	22	6770000	178820	7451	22	2826950	186230	7760	22	8762830	156630	6526
23	1428520	186300	7763	23	6948820	220740	9198	23	3013180	192220	8009	23	8919460	164000	6833
24	1614820	236390	9850	24	7169560	206110	8588	24	3205400	190150	7923	24	9083460	225720	9405
25	1851210	194870	8120	25	7375670	189900	7913	25	3395550	198410	8267	25	9309180	188020	7834
26	2046080	159850	6660	26	7565570	202290	8429	26	3593960	245920	10247	26	9497200	186550	7773
27	2205930	145880	6078	27	7767860	202040	8418	27	3839880	229090	9545	27	9683750	164740	6864
28	2351810	178200	7425	28	7969900	193310	8055	28	4068970	214650	8944	28	9848490	142160	5923
29	2530010	160970	6707	29	8163210	230370	9599	29	4283620	125980	5249	29	9990650	194655	8111
30	2690980	176200	7342	30	8393580	147050	6127	30	4409600	288200	12008	30	193720	149160	6215
			0	31	8540630	168750	7031	31	4697800	220600	9192				
TOTALES		223,392		243,425		258,709		258,709		258,709		258,709		225669	

$$\text{Caudal Medio Diario} = 187,120 \text{ gal/d} = 8.20 \text{ l/s}$$

$$708.79 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Caudal Medio Horario} = 7,797 \text{ gal/h}$$

$$\text{Promedio Ocupación Diaria} = 1,096 \text{ Turistas}$$

$$\text{Total habitaciones} = 700 \text{ Habitaciones}$$

$$\text{Porcentaje de Ocupación al Año} = 80\%$$

$$\text{Caudal de Agua Residual por Turista} = 171 \text{ gal/turista/día}$$

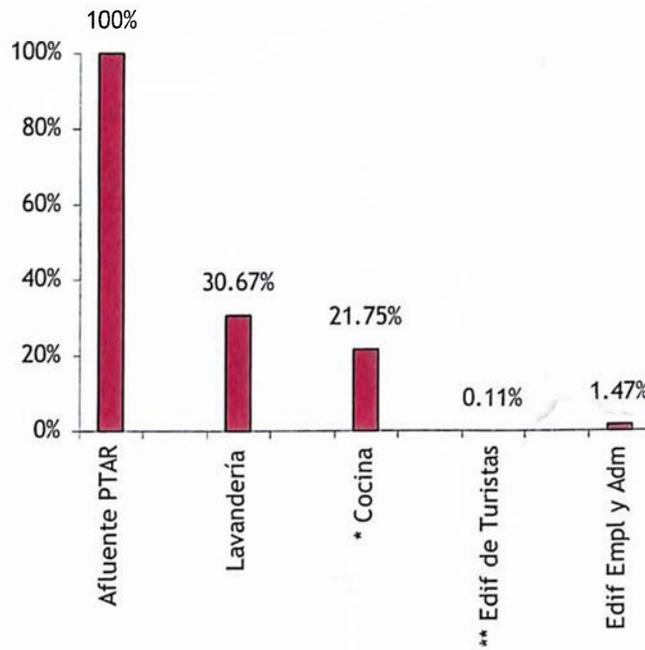
$$0.65 \text{ m}^3/\text{turista/día}$$

$$\text{Caudal Agua Residual por Habitación} = 334 \text{ gal/habitación ocupada/día}$$

$$1,265 \text{ l/habitación ocupada/día}$$

$$1.27 \text{ m}^3/\text{habitación ocupada/día}$$

Gráfico 5.2.8 e
Porcentaje de agua residual aportado por cada instalación a la PTAR



Fuente: Tabla No. 5.2.11

■ Porcentaje Agua Resid aportado

* Cocina mayor actividad

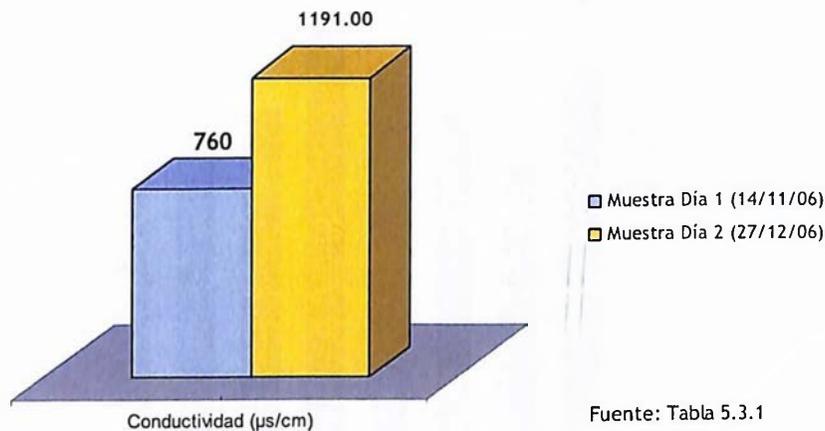
** Edificios de 36 habitaciones

5.3 Resultados análisis de los parámetros característicos del agua potable y del agua residual

5.3.1 Resultados de los parámetros del agua potable

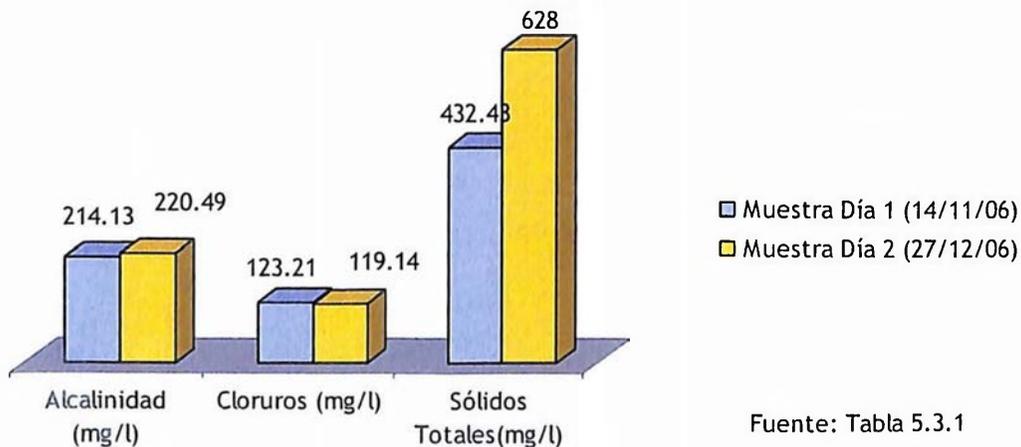
Los gráficos 5.3.1a y 5.3.1b muestran los resultados de los parámetros analizados en el agua potable.

Gráfico 5.3.1 a
Parámetro Conductividad en Agua Potable



Fuente: Tabla 5.3.1

Gráfico 5.3.1 b
Concentraciones de los Parámetros Cloruros y Sólidos Totales y Alcalinidad en Agua Potable



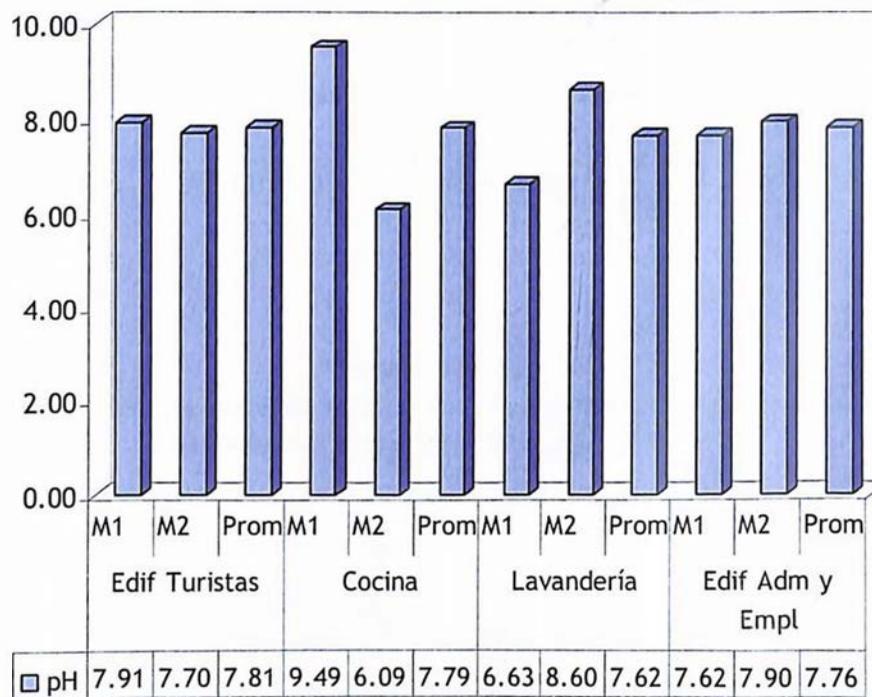
Fuente: Tabla 5.3.1

5.3.2 Resultados de los parámetros del agua residual

En los gráficos Nos. 5.3.2a al 5.3.2i, se muestran los valores promedio de las concentraciones de los contaminantes del agua residual en los puntos indicados.

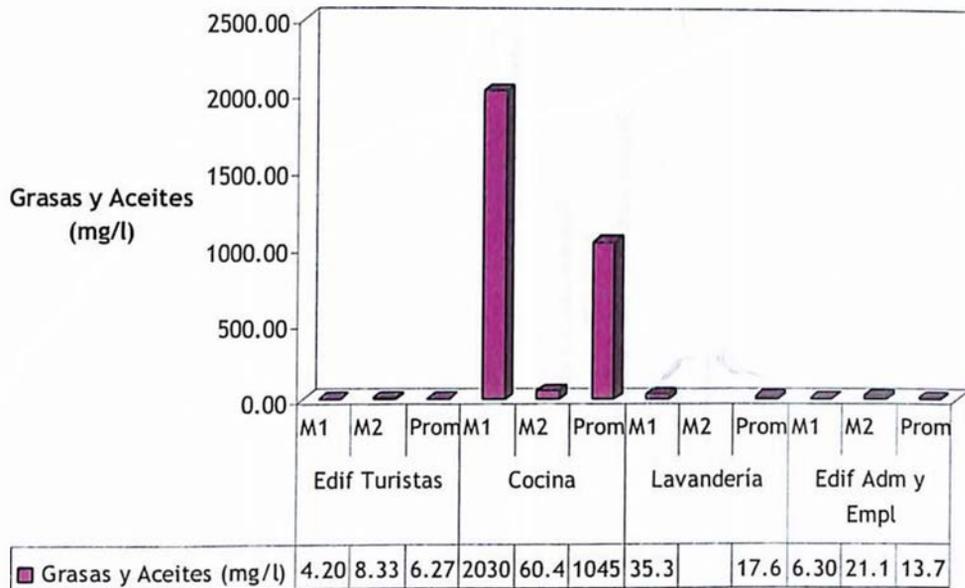
a Gráficos de los Contaminantes en los Registros de Descarga

Gráfico 5.3.2.a
Valores del pH en Agua Residual
en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



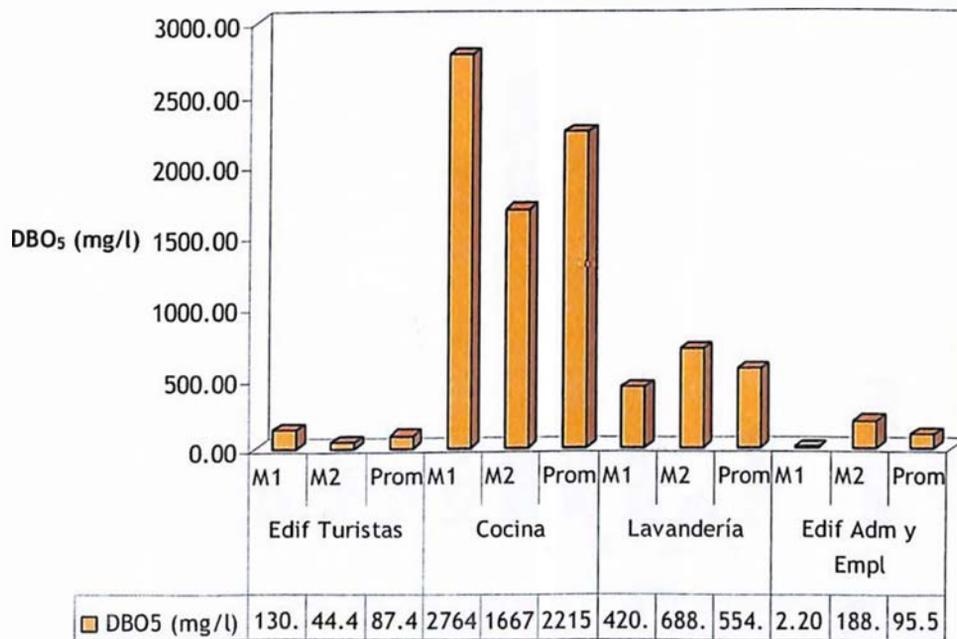
Fuente: Tabla 5.3.2

Gráfico 5.3.2.b
Concentración de Grasas y Aceites en Agua Residual en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



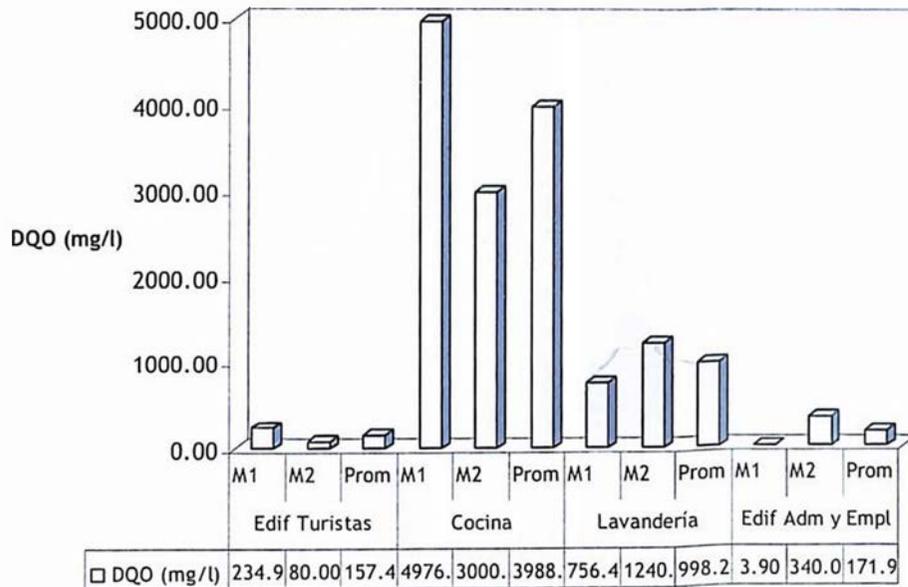
Fuente: Tabla 5.3.2

Gráfico 5.3.2 c
Concentración de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) en Agua Residual de en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



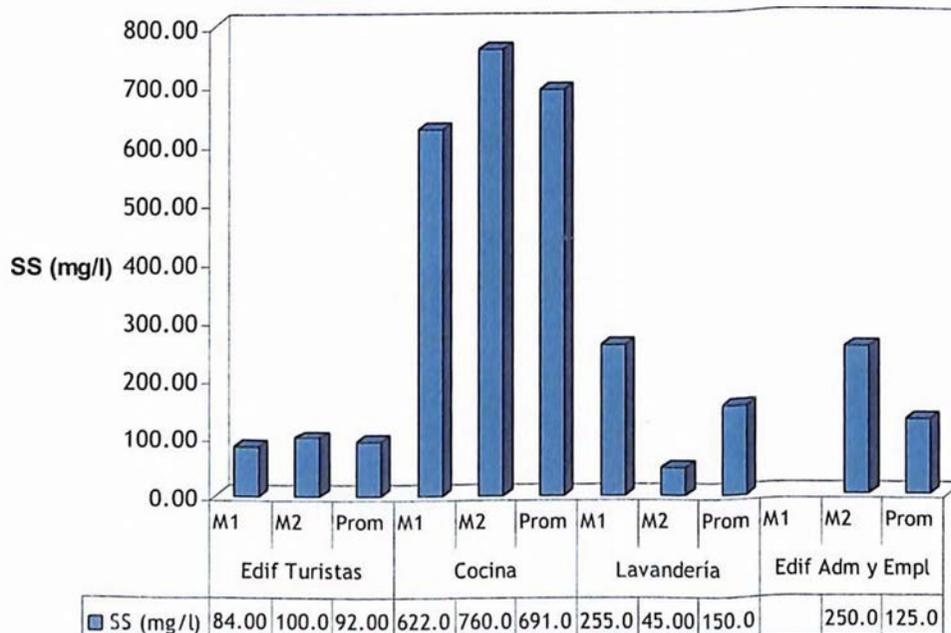
Fuente: Tabla 5.3.2

Gráfico 5.3.2 d
Concentración Demanda Química de Oxígeno (DQO) en Agua Residual en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



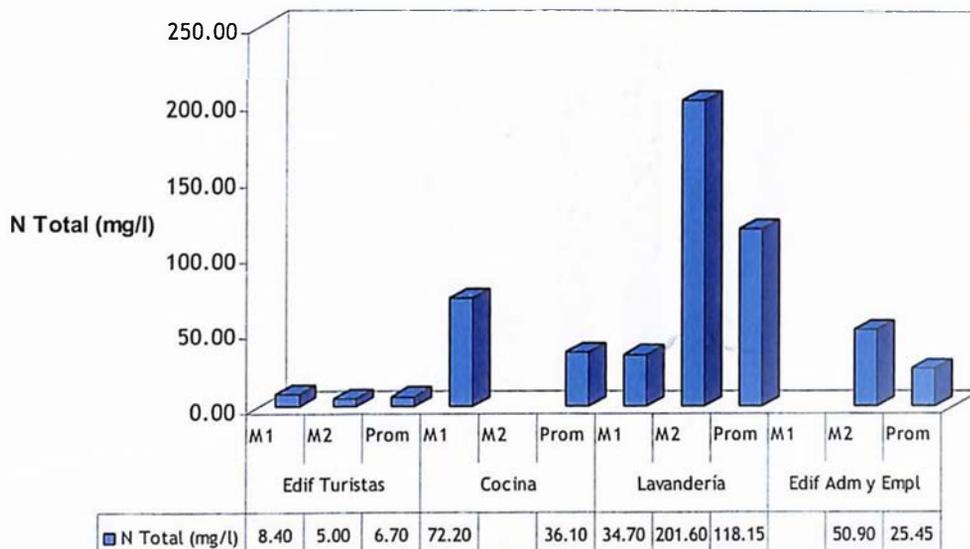
Fuente: Tabla 5.3.2

Gráfico 5.3.2 e
Concentración de Sólidos en Suspensión (SS) en Agua Residual en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



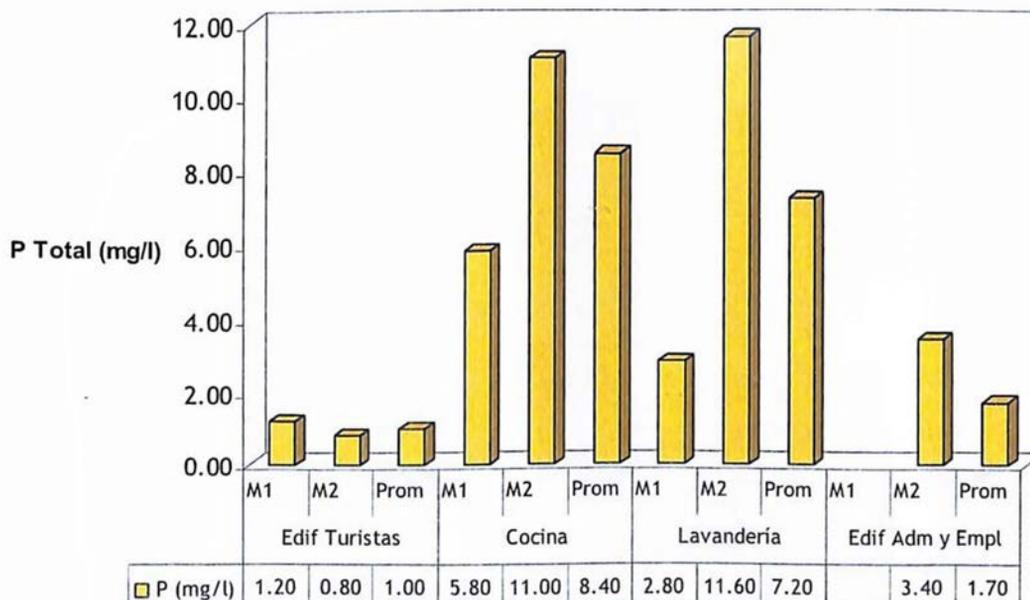
Fuente: Tabla 5.3.2

Gráfico 5.3.2 f
Concentración de Nitrógeno Total (N total) en Agua Residual en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



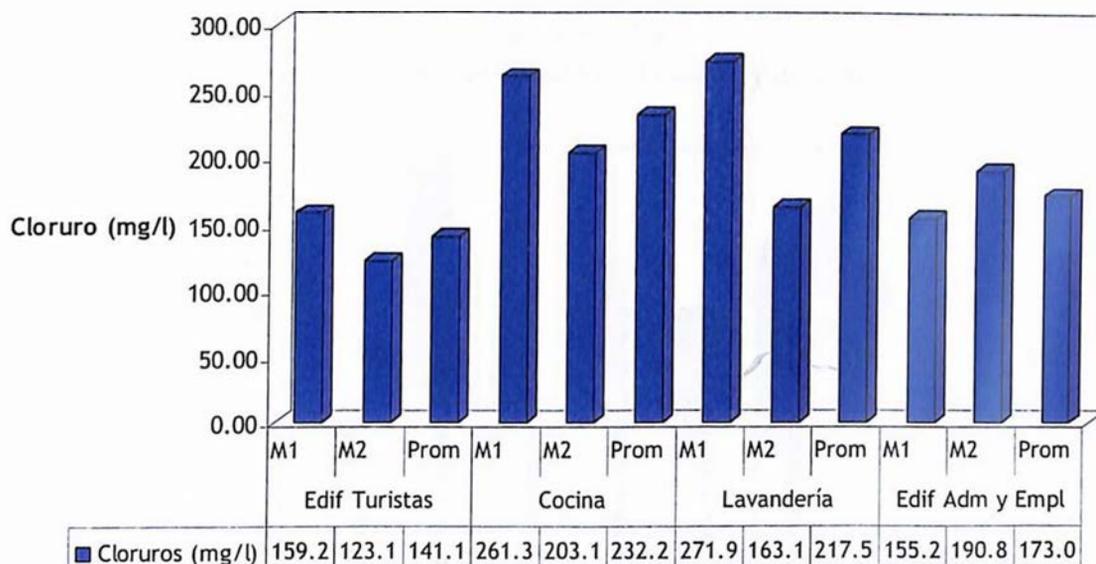
Fuente: Tabla 5.3.2

Gráfico 5.3.2 g
Concentración de Fósforo Total (P total) en Agua Residual en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



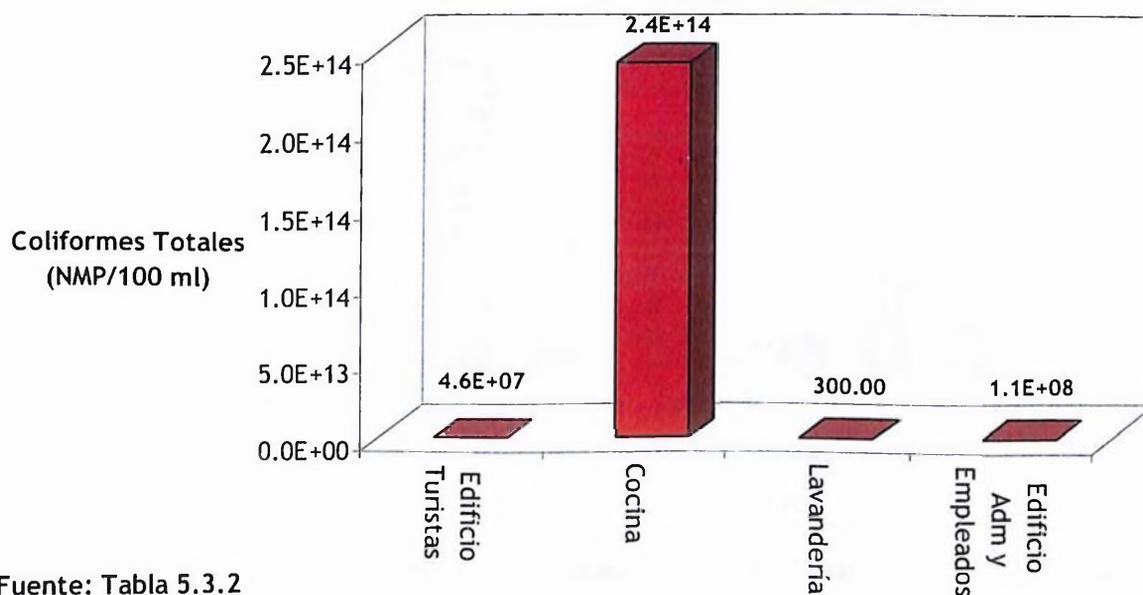
Fuente: Tabla 5.3.2

Gráfico 5.3.2 h
Concentración de Cloruro en Agua Residual en Diferentes Registros de Descarga del Hotel



Fuente: Tabla 5.3.2

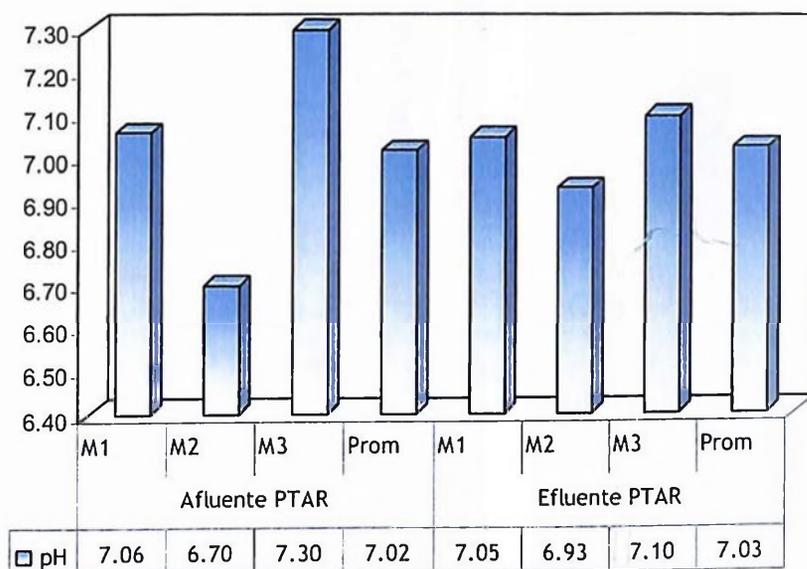
Gráfico 5.3.2 i
Concentración de Coliformes Totales (NMP/100 ml) en Agua Residual de Diferentes Puntos de Descarga del Hotel



Fuente: Tabla 5.3.2

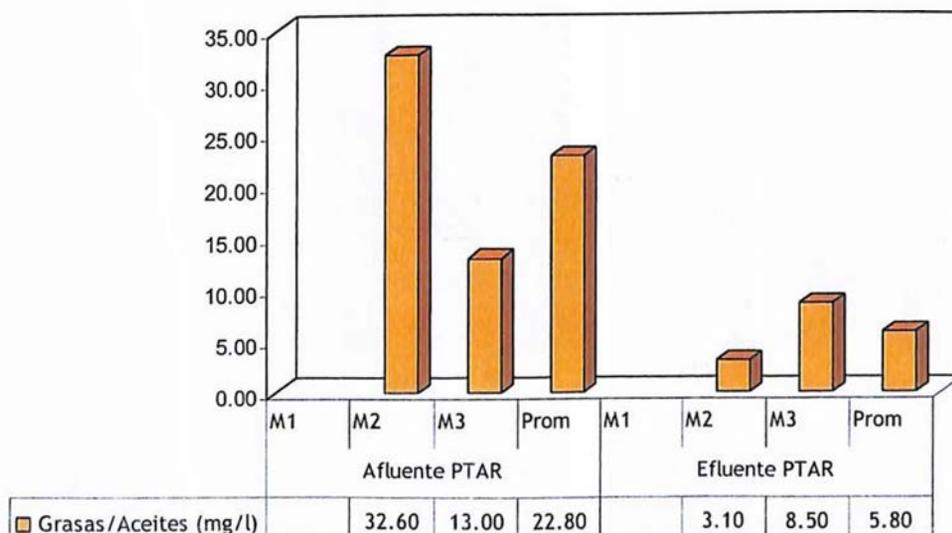
b Gráficos Concentraciones de los Parámetros en Afluente y Efluente de Planta de Tratamiento

Gráfico 5.3.3 a
Parámetro pH en Muestras del Afluente y Efluente Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

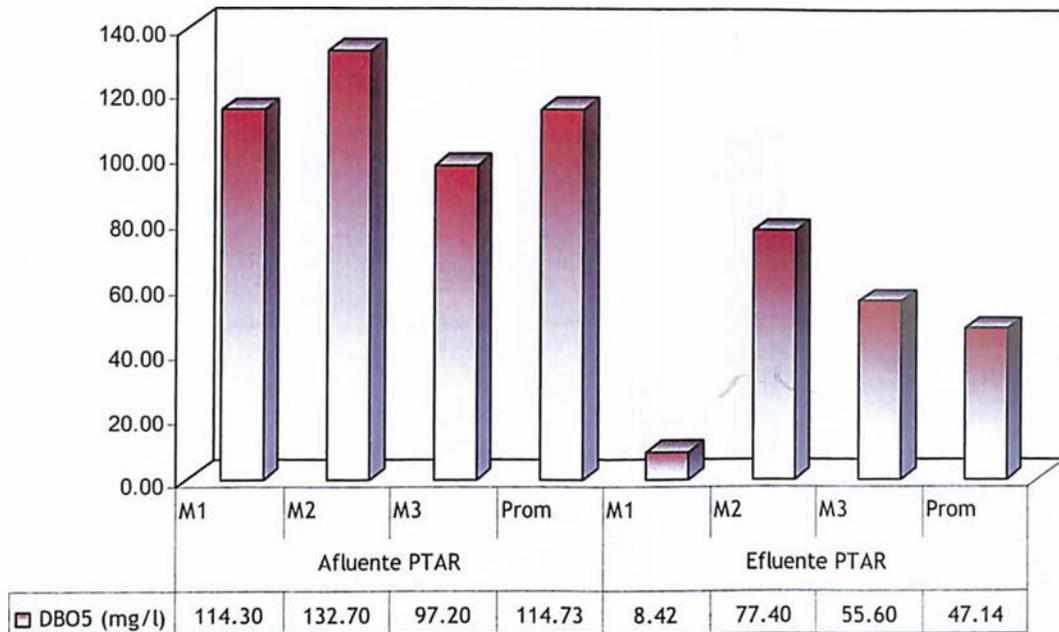
Gráfico 5.3.3 b
Concentración Grasas y Aceites en Muestras del Afluente y Efluente Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

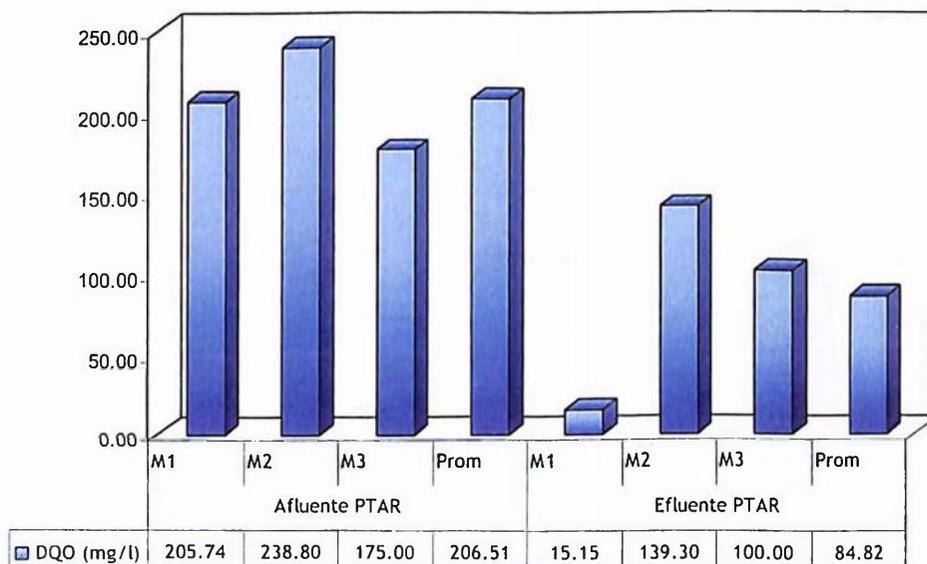
Nota: En la muestra M1 no se determinó la concentración de grasas y aceites

Gráfico 5.3.3 c
Concentración de DBO₅ en Muestras del Afluente y Efluente
Planta de Tratamiento



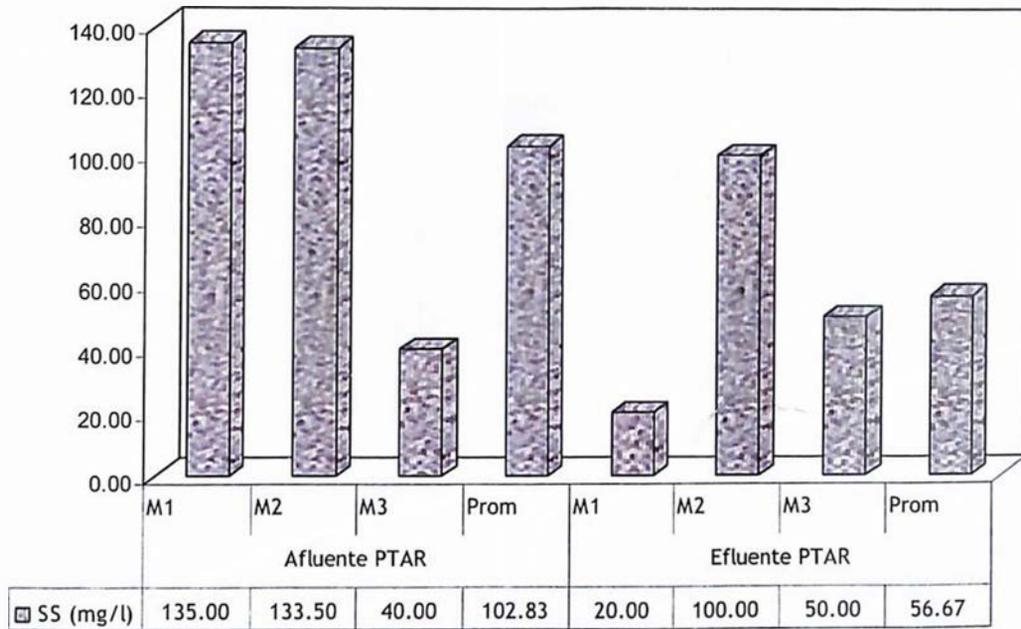
Fuente: Tabla 5.3.3

Gráfico 5.3.3 d
Concentración de DQO en Muestras del Afluente y Efluente
Planta de Tratamiento



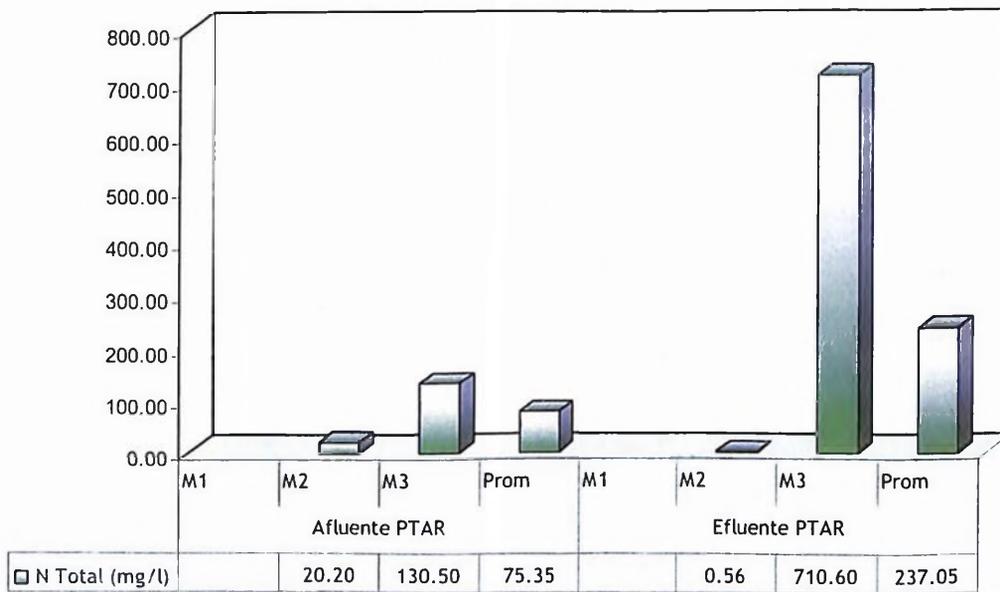
Fuente: Tabla 5.3.3

Gráfico 5.3.3 e
 Concentración de Sólidos en Suspensión en Muestras del Afluyente y Efluente
 Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

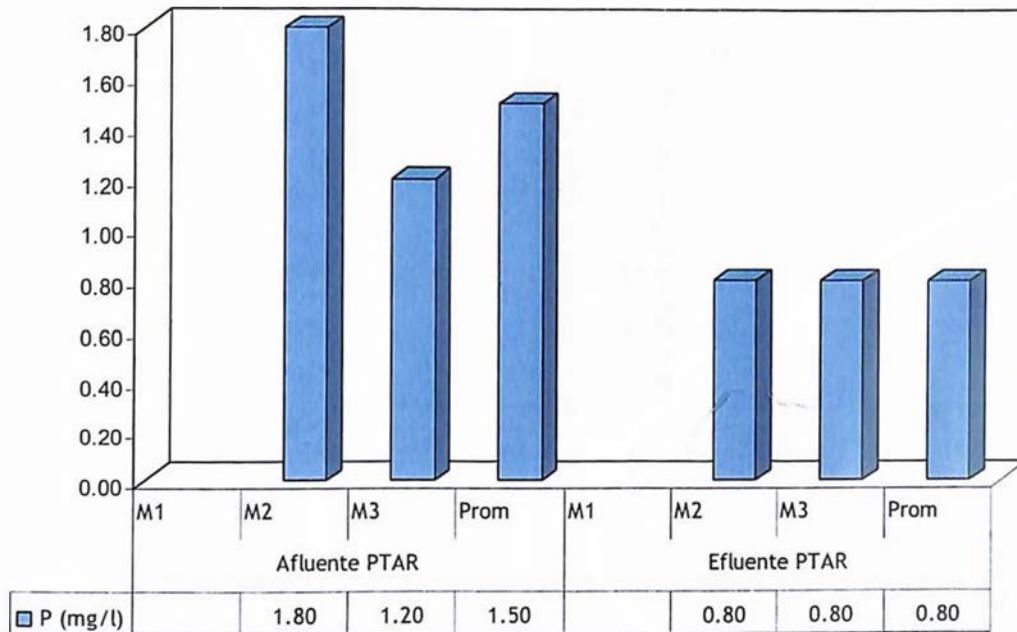
Gráfico 5.3.3 f
 Concentración de Nitrógeno Total (N Total) en Muestras del Afluyente y Efluente
 Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

Nota: En la muestra M1 no se analizó el nitrógeno total

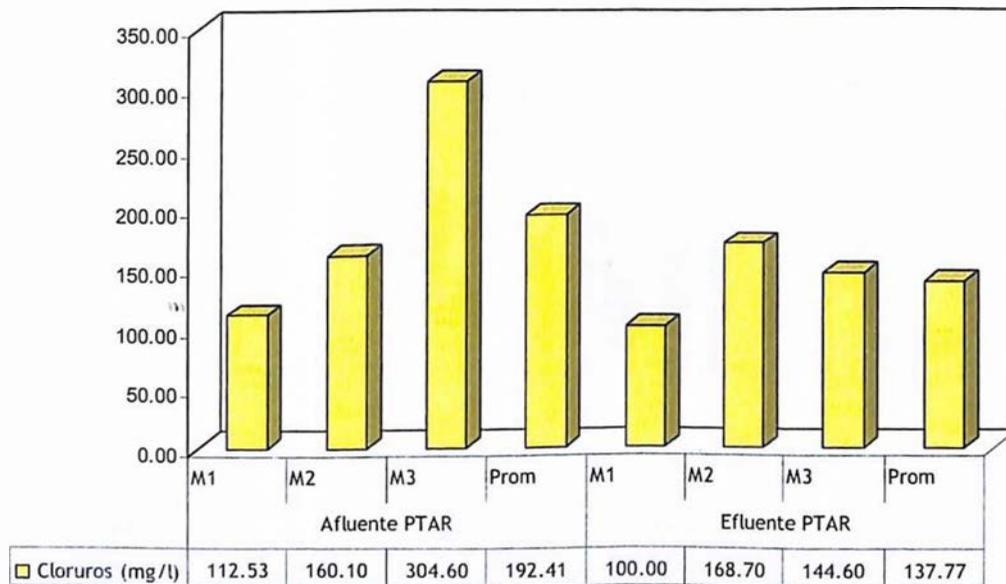
Gráfico 5.3.3 g
Concentración del Fósforo Total (P Total) en Muestras del Afluente y Efluente Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

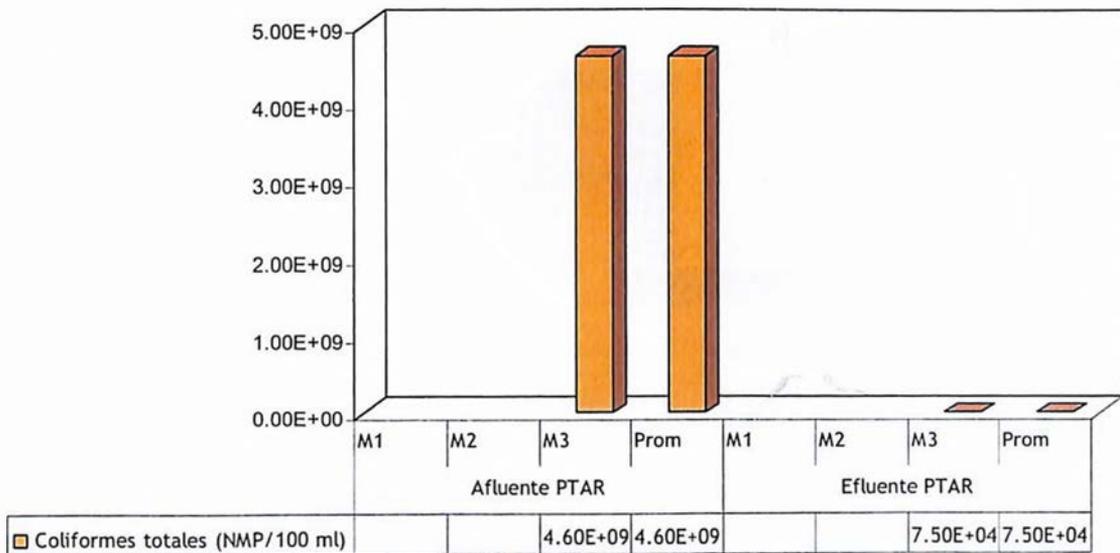
Nota: En la muestra M1 no se determinó la concentración del fósforo total

Gráfico 5.3.3 h
Concentración de Cloruros en Muestras del Afluente y Efluente Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

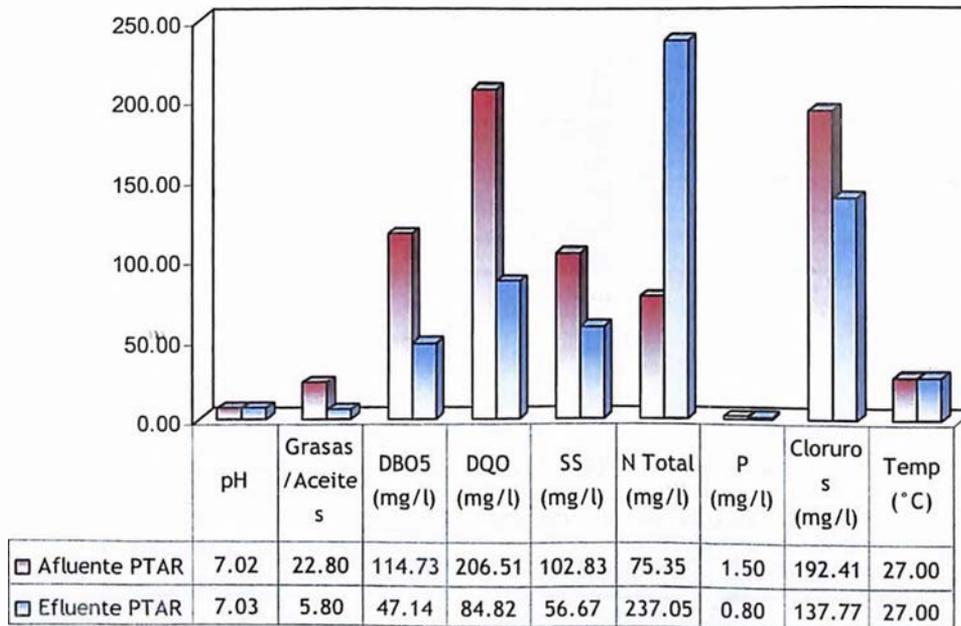
Gráfico 5.3.3 i
Concentración de los Coliformes Totales en Muestras del Afluyente y Efluente
Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

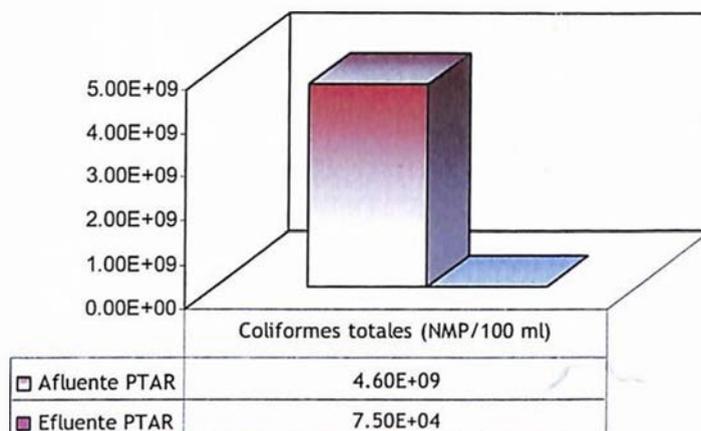
Nota: Los coliformes totales sólo se determinaron en la muestra M3

Gráfico 5.3.3 j
Concentraciones Promedio Contaminantes en Afluyente y Efluente
Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

Gráfico 5.3.3 k
Concentración Coliformes Totales en Afluente y Efluente Planta de Tratamiento



Fuente: Tabla 5.3.3

Promedio ocupación diaria 1,096 turistas/día
Q prom diario agua residual 187,120 gal/día
708.79 m³/d

Carga contaminante diaria, Kg/día = ((concentración, mg/l) x (caudal, m³/día))/1000

Tabla 5.2.12 a

Carga Contaminante y Aporte Contaminación por turista en Afluente PTAR

Parámetros	Concentraciones Contaminantes en Afluente PTAR (mg/l)			Concentraciones promedio (mg/l)	Carga contaminante diaria (kg/día)	Aporte Contaminación (g/turista.día)
	Muestra M1	Muestra M2	Muestra M3			
DBO ₅	114.30	132.70	97.20	114.73	81.32	74.20
DQO	205.74	238.80	175.00	206.51	146.37	133.55
SS	135.00	133.50	40.00	102.83	72.89	66.50
Grasas/Aceites		32.60	13.00	22.80	16.16	14.74
N Total		20.20	130.50	75.35	53.41	48.73
P		1.80	1.20	1.50	1.06	0.97
Cloruros	112.53	160.10	304.60	192.41	136.38	124.43

Fuente:Tablas 5.2.10 y 5.3.3

Tabla 5.2.12 b

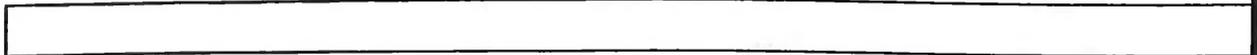
Relación DQO/DBO₅ del Agua Residual Afluente PTAR

Parámetros	Concentraciones en Afluente PTAR		
	Muestra M1	Muestra M2	Muestra M3
DBO ₅ (mg/l)	114.30	132.70	97.20
DQO (mg/l)	205.74	238.80	175.00
DQO/DBO ₅	1.800	1.800	1.800

Fuente:Tabla 5.3.3

Capítulo VI

Análisis y Discusión



CAPITULO VI ANALISIS Y DISCUSION

6.1 Sobre la dotación de agua potable

La dotación promedio de agua potable para los hoteles "todo incluido" resultante en este estudio es igual a 1.43 m³/turista/día (1,420.29 l/turista/día) y 2.73 m³/habitación ocupada/día (2,786 l/habitación ocupada/día).

1. Comparación entre los valores de dotaciones de agua potable establecidos y los resultados de esta investigación

En los gráficos a continuación se ilustran las comparaciones entre los valores de dotación establecidos por diversos autores y los resultados obtenidos en este trabajo. En estas comparaciones la dotación se expresa en l/habitación/día o l/turista/día, con el propósito de respetar la unidad de medida utilizada por los autores citados.

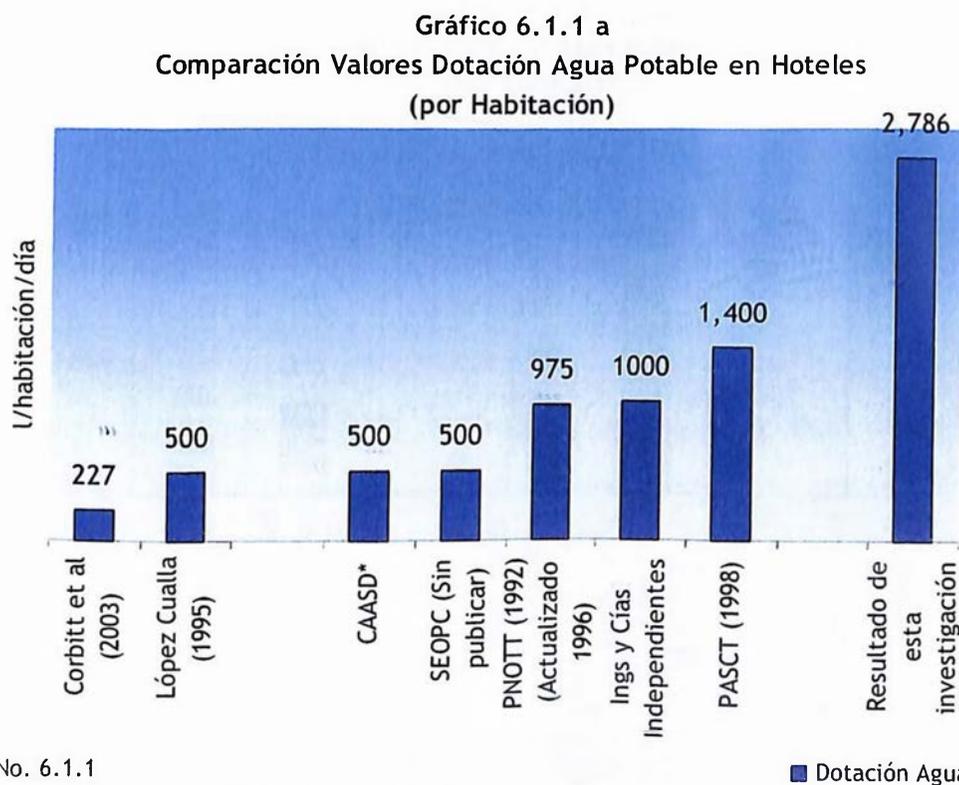
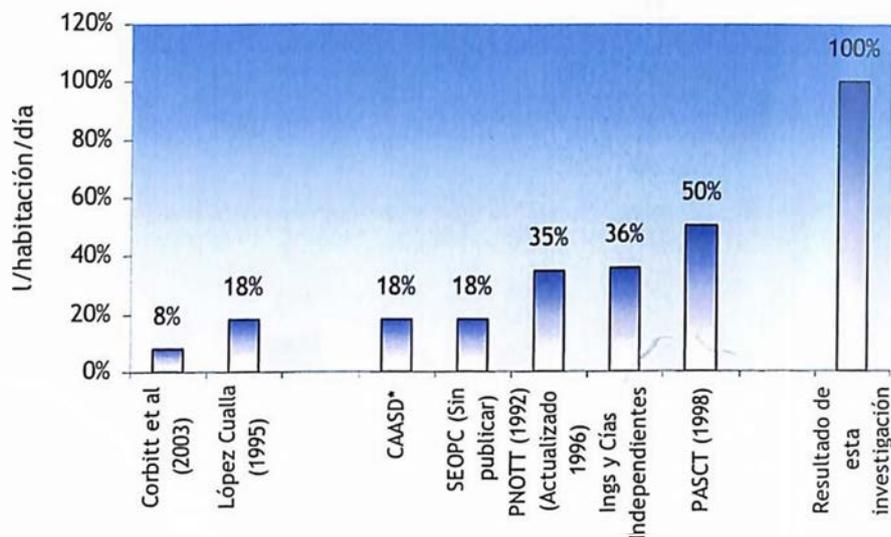


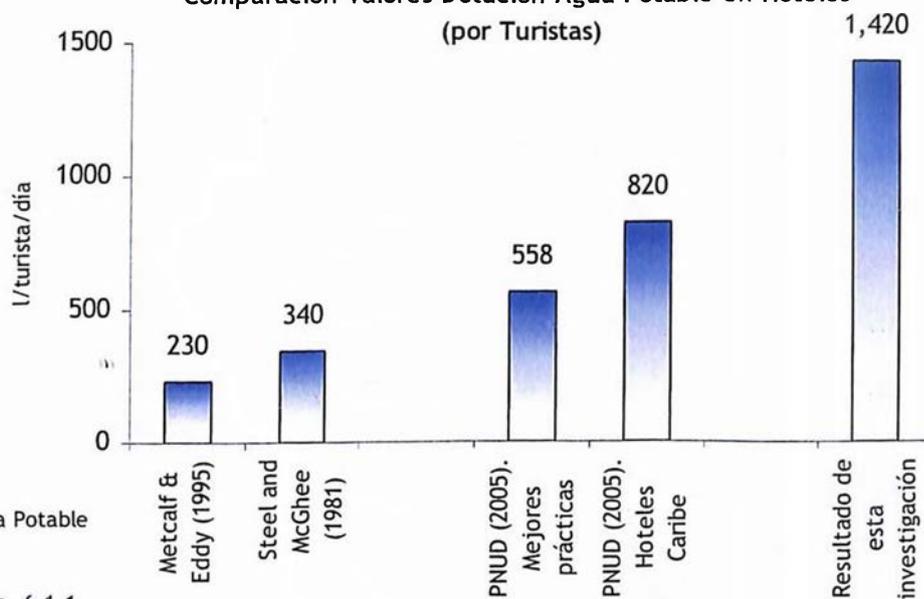
Gráfico 6.1.1 b
Comparación en Porcentaje de Dotación Agua Potable en Hoteles
(por Habitación)



□ Dotación Agua Potable

Fuente: Tabla No. 6.1.1

Gráfico 6.1.2 a
Comparación Valores Dotación Agua Potable en Hoteles
(por Turistas)

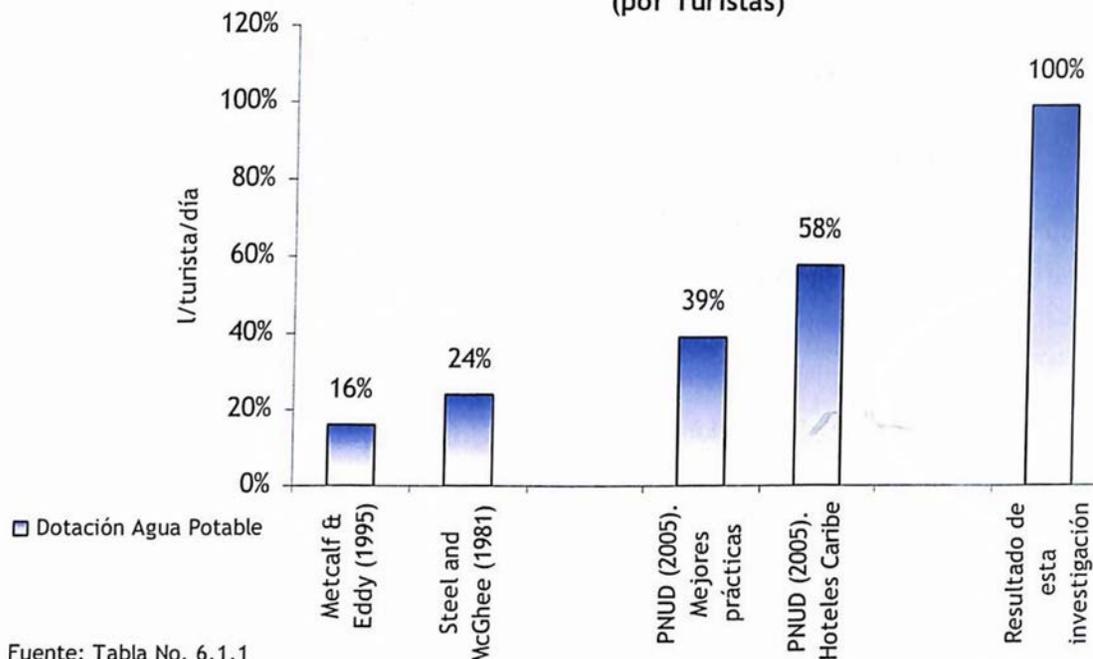


□ Dotación Agua Potable

Fuente: Tabla No. 6.1.1

PASCT: Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos
PNOTT: Plan Nacional de Ordenamiento del Territorio Turístico
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Gráfico 6.1.2 b
Comparación en Porcentaje de Dotación Agua Potable en Hoteles
(por Turistas)



Fuente: Tabla No. 6.1.1

En los gráficos comparativos de la dotación por habitación (Gráficos 6.1.1a y 6.1.1.b), se observa que la dotación establecida en la norma de la CAASD es el 18% del valor obtenido en esta investigación. Los textos internacionales de referencia establecen los menores valores, comprendidos entre 8% -18% respecto de la dotación resultante. El valor más cercano corresponde al estudio del PASCT (1998)², aunque sólo representa el 50% de nuestro resultado. La dotación recomendada por el PNOTT (1992)³ es el 35%. Es preciso destacar que el valor obtenido en el presente trabajo incluye el agua para la piscina, riego de jardines y el porcentaje correspondiente a las fugas incontroladas y derroches.

Los gráficos comparativos de la dotación por turistas (Gráficos 6.1.2a y 6.1.2.b) muestran que los valores de los textos internacionales son menores, al igual que la dotación por habitación. Según el informe del PNUD (2005)⁴, el consumo de agua por turistas en los hoteles caribeños es el 60% aproximadamente, de la

² PASCT: Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos (Ver capítulo III: Estado Actual de los Conocimientos).

³ PNOTT: Plan Nacional de Ordenamiento del Territorio Turístico (1992), actualizado al 1996.

⁴ PNUD (2005): Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Informe Nacional del Desarrollo Humano, 2005.

dotación resultante en este estudio; mientras que, los estándares recomendados como mejores prácticas en los hoteles son el 40% de la dotación obtenida en este trabajo. Estos valores indican que se está descargando al ambiente grandes volúmenes de agua. The Center for Environmental Leadership in Business, Tour Operators Initiative for Sustainable Tourism Development, establece en el Manual Guía Práctica de Buenas Prácticas, que los dispositivos que reducen el volumen de agua en las duchas permiten ahorrar hasta un 50% de agua sin disminuir el confort del usuario.

Las diferencias entre los valores pueden estar relacionadas con la gestión y el control del recurso agua. En República Dominicana se deben establecer sistemas tarifarios y de cobros que incentiven el ahorro de agua, según se planteó en el capítulo de Estado Actual de los Conocimientos. Estas circunstancias son más críticas en las zonas turísticas al Este del país. Los hoteles y resorts de esta zona, casi en su totalidad, se autoabastecen de fuentes de agua subterráneas a través de sistemas privados en donde los organismos estatales, a pesar de tener medidores, tienen escasos control de la explotación de estos acuíferos.

El estudio del PASCT (1998) estimó la disminución de la dotación que calculó. El valor obtenido en esta investigación refleja un comportamiento contrario al proyectado por dicho estudio.

6.2 Sobre los caudales de agua residual

a. Caudales en registro de descarga edificio habitaciones de turistas

Los caudales presentan tendencias opuestas en el período comprendido entre las 9:00 y 19:00 horas, durante los dos días de mediciones (Gráficos 5.2.1 y 5.2.2). Este hecho se corresponde con el incremento de la ocupación hotelera a partir del día sábado.

En el día 2 se observa la ocurrencia de picos entre las 12:00 y 15:00 horas con valor de $0.542\text{E-}03 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.542 l/s). Esto se debe a limpieza de las habitaciones en dichos horarios.

En ambos días se registran picos que tienen lugar entre las 18:00 y 20:00 horas. Estos picos guardan relación con las costumbres y el horario de las actividades programadas para los turistas en los hoteles "todo incluido" del caso de estudio analizado. Generalmente, en este horario los turistas regresan de la playa, se preparan para la cena y demás actividades nocturnas.

b. Caudales en registro de descarga cocina - restaurant

La cocina trabaja en horario corrido en dos turnos rotativos. Los caudales picos principales tienen lugar a las 9:00 y a las 13:45 horas con valores de $3.30\text{E-}03 \text{ m}^3/\text{s}$ (3.30 l/s) y $4.01\text{E-}03 \text{ m}^3/\text{s}$ (4.01 l/s), respectivamente (gráficos 5.2.3 y 5.2.4). En ambos días se registra disminución del caudal entre las 15:00 y 16:00 horas.

c. Caudales en registro de descarga lavandería

Las lavadoras están en funcionamiento 24 horas en tres turnos, por lo que, durante 24 horas ocurren descargas del agua de lavado, enjuague y exprimido, eventos que se reflejan en las gráficas 5.2.5 y 5.2.6. Por esta razón, los caudales picos se corresponden con las descargas continuas de las lavadoras; es decir, la ocurrencia de los caudales picos no son eventos unitarios que tienen lugar una o dos veces al día como ocurre en los edificios de habitaciones de turistas o en el edificio de empleados, sino que tienen lugar varias veces al día coincidiendo con las descargas de las 3 lavadoras, trabajando de manera simultánea, según se observa en los gráficos citados.

De las instalaciones estudiadas (edificio de turistas, edificio de empleados y cocina), la lavandería descarga el mayor caudal pico de agua residual igual $4.54\text{E-}03 \text{ m}^3/\text{s}$ (4.54 l/s).

d. Caudales en registro de descarga del edificio de empleados y administrativo

Los caudales descargados en este edificio mantienen una tendencia homogénea (Gráfico 5.2.7). La diferencia entre los picos máximos y mínimos se mantiene dentro de rangos constantes. La tendencia de estos caudales se relaciona con el aseo de los empleados en los turnos de trabajo.

e. Caudales en Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Los caudales picos del agua residual afluyente a la planta de tratamiento tienen lugar en la madrugada entre las 2:00 y 4:00 horas (Gráficos 5.2.8a al 5.2.8d). El caudal pico promedio horario es $56.34 \text{ m}^3/\text{h}$, equivalente a $14,873 \text{ gal/h}$ y 15.64 l/s . El coeficiente máximo promedio es igual a 2.02. El caudal medio diario afluyente a la PTAR es de $708.79 \text{ m}^3/\text{día}$ ($187,120 \text{ gal/día}$).

Estos resultados están más cercanos resultado del estudio PASCT el cual reportó un caudal de 18.2 l/s y un coeficiente máximo horario de 2.5.

En las aguas residuales domésticas típicas, el caudal pico ocurre al final de la mañana o al final de la tarde, en la generalidad de los casos. En los gráficos citados, se observa que los caudales pico afluentes a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ocurren entre las 2:00 y 4:00 horas.

La lavandería es la actividad que genera y aporta mayor caudal de agua residual a la Planta de Tratamiento (30.67%), tanto por el volumen como por la frecuencia de descarga. La cocina es la segunda en aporte de aguas residuales con 21.75% (Gráfico 5.2.8 e).

Comparación entre caudales de agua residual según diversos autores y los resultados de esta investigación

Gráfico 6.2.1 a
Comparación Caudales Agua Residual en Hoteles
(Por Habitación)

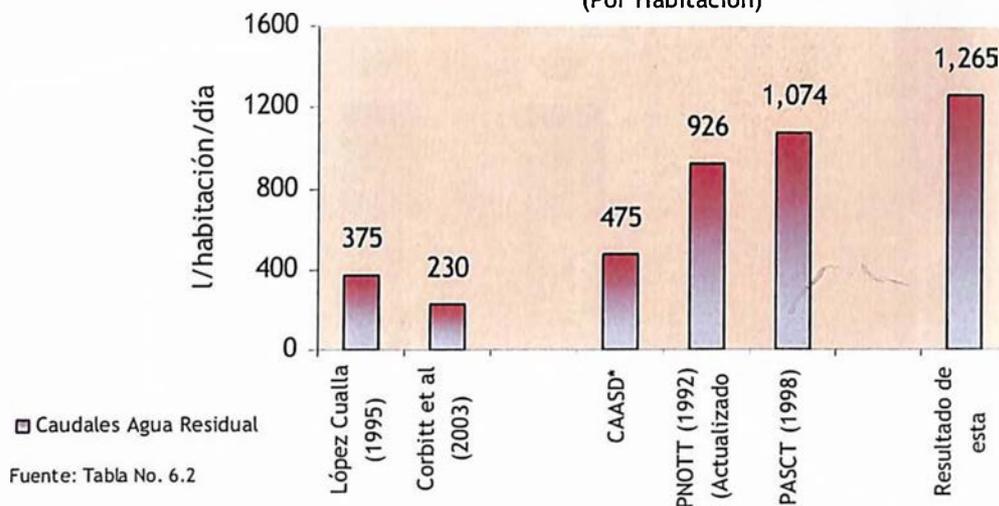


Gráfico 6.2.1 b
Comparación en Porcentaje Caudales Agua Residual en Hoteles
(Por Habitación)

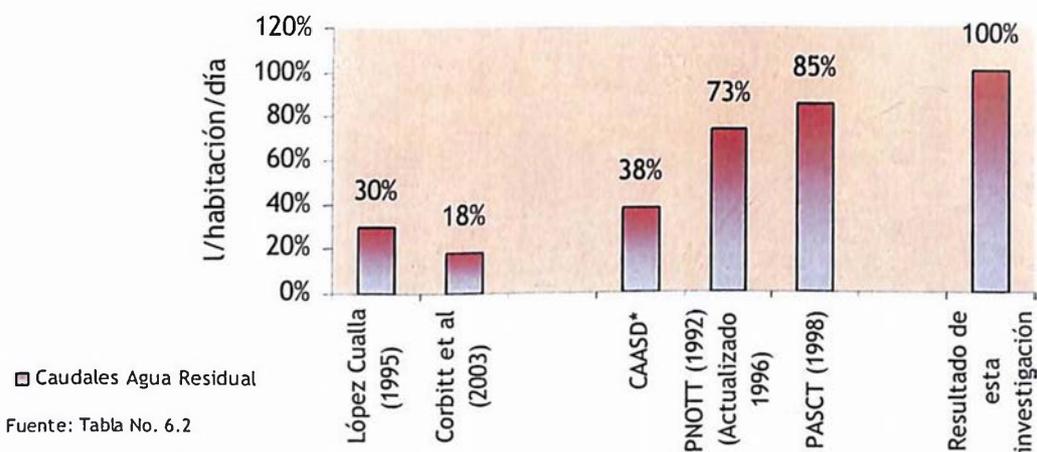


Gráfico 6.2.2 a
Comparación Caudales Agua Residual en Hoteles
(Por Turistas)

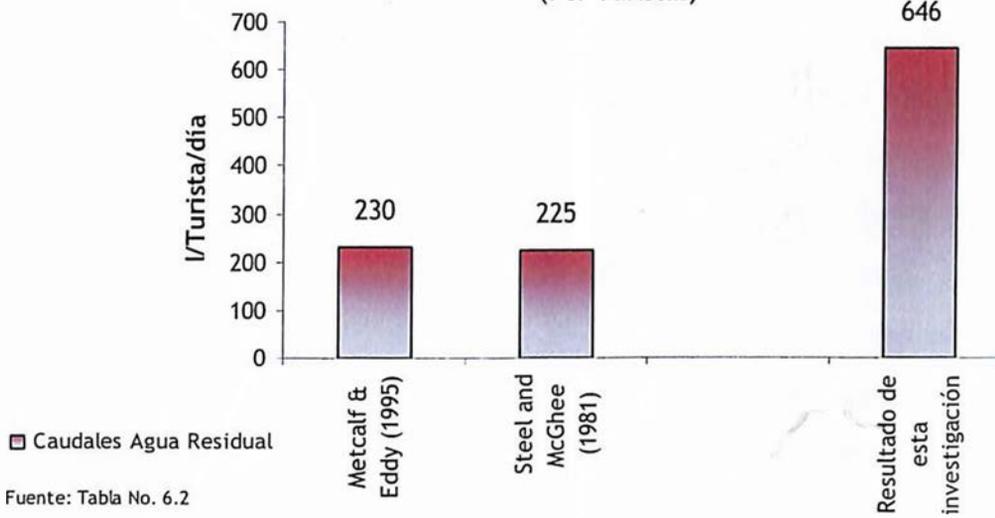
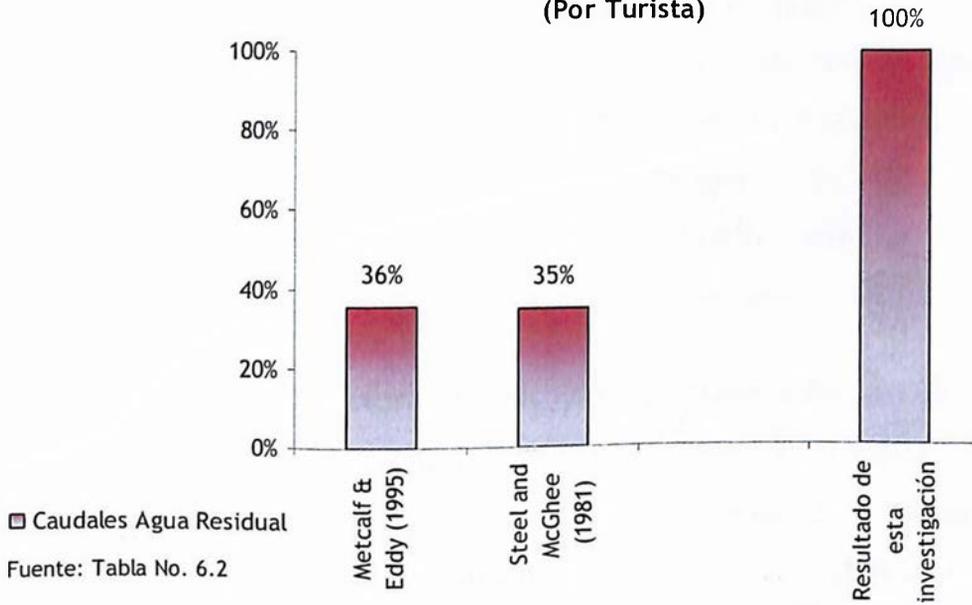


Gráfico 6.2.2 b
Comparación en Porcentaje Caudales Agua Residual en Hoteles
(Por Turista)



La comparación gráfica entre valores de los caudales de agua residual por habitación establecidos en la bibliografía extranjera y los caudales obtenidos en esta investigación, muestran que los primeros valores son el 30% del valor obtenido en este estudio (Gráficos 6.2.1a y 6.2.1b). En lo relativo a la bibliografía nacional, el valor resultante al aplicar la norma de la CAASD es el 38%. Los caudales reportados en el estudio del PASCT (1998) y el valor establecido por el PNOTT (1992), aunque son menores que el caudal resultante en esta investigación, son los más valores cercanos a nuestro resultado, representando el 77% y el 85%, respectivamente. Los caudales de agua residual por turistas contenidos en la bibliografía extranjera son el 36% del valor resultante en este estudio (Gráficos 6.2.2a y 6.2.2b).

6.3 Sobre los parámetros característicos

6.3.1 Sobre los parámetros del agua potable

Los valores de conductividad reportados en las muestras analizadas indican una mineralización excesiva del agua, según la clasificación de Rodier et al (1990). El valor promedio de los sólidos disueltos de ambas muestras, está por encima de 500 mg/l, límite recomendado en la Norma 1 de DIGENOR. Este valor se corrobora con el promedio de la conductividad igual a 975.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ambos parámetros reflejan un alto contenido de minerales y sales disueltas.

En relación con los cloruros, los valores reportados están por debajo de las concentraciones que podrían ocasionar quejas por el sabor, según la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2004a). Sin embargo, la concentración promedio resultante en el agua muestreada es mayor 50 mg/l y según lo planteado por Rodier et al (1990), esta concentración provoca riesgos de causar corrosión en las tuberías y depósitos de acero inoxidable, lo que generaría un incremento en los costos de mantenimiento y operación. Los sistemas de ablandamiento, eliminan las sales de calcio (Ca) y magnesio (Mg), pero los cloruros no son eliminados y pasan al agua residual.

6.3.2 Sobre los parámetros del agua residual

a En los registros de descarga

El pH del agua analizada en los registros indicados está dentro de rango de 7.11-7.81 (Gráfico 5.3.2 a). Este rango es favorable al crecimiento microbiano en los tratamientos biológicos. La concentración de grasas y aceites es mayor en la cocina y se observa que la concentración disminuye en un 98% en la entrada de la PTAR (Gráfico 5.3.2b). Esto se debe al proceso de dilución que ocurre en los cárcamos, además de la parte que queda retenida en la trampa de grasa y en las tuberías. La menor concentración de grasas y aceites se reporta en el edificio de turistas. Los resultados indican que con el tratamiento de lodos activados se logra la remoción del 75% de este contaminante.

En los registros de descargas, las mayores concentraciones de los parámetros DQO, DBO₅ y SS se registran en la cocina, en la lavandería, en el edificio de empleados y administrativo y en el edificio de turistas, respectivamente (Gráficos 5.3.2c, 5.3.2d y 5.3.2e).

La lavandería descarga la mayor concentración de N y luego sigue la cocina como segunda fuente contaminante (Gráfico 5.3.2f). En el caso del fósforo, la mayor concentración la descarga la lavandería, luego la cocina, edificio de empleados y administrativos y edificio de turistas, respectivamente (Gráfico 5.3.2 g). Estos compuestos (N y P) provienen de los detergentes utilizados y en el caso de la cocina, también provienen de la materia orgánica en descomposición.

En los puntos de descarga de agua residual, la concentración de cloruro está por encima de la concentración en el agua potable (Gráfico 5.3.2 h). Esto indica un enriquecimiento posterior de cloruro, teniendo especial atención el aportado por la cocina en donde se registra la mayor concentración de este constituyente, la cual es el doble de la existente en el agua potable, según muestran los resultados de los análisis.

De los registros evaluados, el recuento de coliformes totales es mayor en el registro de descarga de la cocina (Gráfico 5.3.2i). Esto se debe a la degradación biológica que experimenta la materia orgánica contenida en los restos de alimentos que llegan a este registro a través del agua residual.

b En la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Los valores del pH en el afluente se encuentran dentro del rango favorable para el crecimiento de los microorganismos en los procesos biológicos desarrollados en la PTAR. Los valores de la DBO₅, DQO y SS de cada uno de estos tres parámetros en las 3 muestras del afluente se mantuvieron dentro de un rango constante (Gráficos 5.3.3c a 5.3.3e); pero se registraron incrementos de dichas concentraciones en el efluente. Estos se deben a una excesiva acumulación de grasas y aceites en la cámara de desengrasado, la cual requiere del retiro de la grasa flotante de manera periódica (diariamente) para evitar malos olores e incremento de la carga orgánica.

Los análisis del nitrógeno en M2 y M3, registraron un aumento significativo de la concentración tanto en el afluente como en el efluente. La concentración del fósforo en las muestras M2 y M3, incrementó ligeramente en el afluente, pero no presentó variaciones en el efluente.

La concentración de cloruro en el afluente registró un aumento progresivo en las tres muestras analizadas y en comparación con la concentración existente en el agua potable de suministro. Esto puede deberse a los aportes de cloruro de sodio en el agua residual descargada por la cocina y a los aportes de la orina humana. Además, por la cercanía de la playa (localizada a 300 metros del hotel, aproximadamente) sería conveniente evaluar la ocurrencia de infiltraciones de agua marina que podrían estar incidiendo en el aumento de los cloruros en el agua residual.

La presencia de altos contenidos de cloruros tiene incidencia en la concentración del oxígeno disuelto en el agua. El cloruro no sufre transformaciones en los sistemas de tratamiento biológicos según lo plantea Rodier et al (1990), las concentraciones de cloruro existentes pueden incidir en las estrategias de reutilización del agua residual tratada para fines de riego en la jardinería de los hoteles, por ejemplo.

Los coliformes totales disminuyeron en el efluente, no obstante, el valor de estos permaneció por encima de lo estipulado por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). Es preciso evaluar la turbidez del efluente. Un incremento en este parámetro impide la penetración de los rayos ultravioleta, minimizando el número de microorganismos que son eliminados.

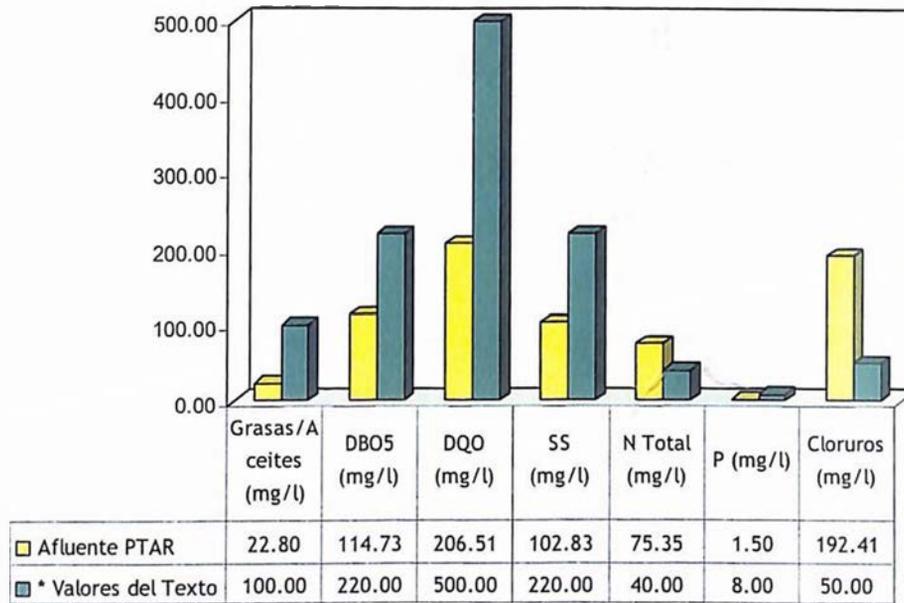
La relación DQO/DBO₅ es igual a 1.8 (Tabla 5.2.12b), valor útil para determinar la DBO₅ a partir del valor de la DQO, cuyo análisis de laboratorio se realiza en menos tiempo en comparación con la DBO₅.

6.3.3 Comparación entre los resultados de este estudio con los valores existentes

a Comparación entre los parámetros teóricos y los resultados de este estudio

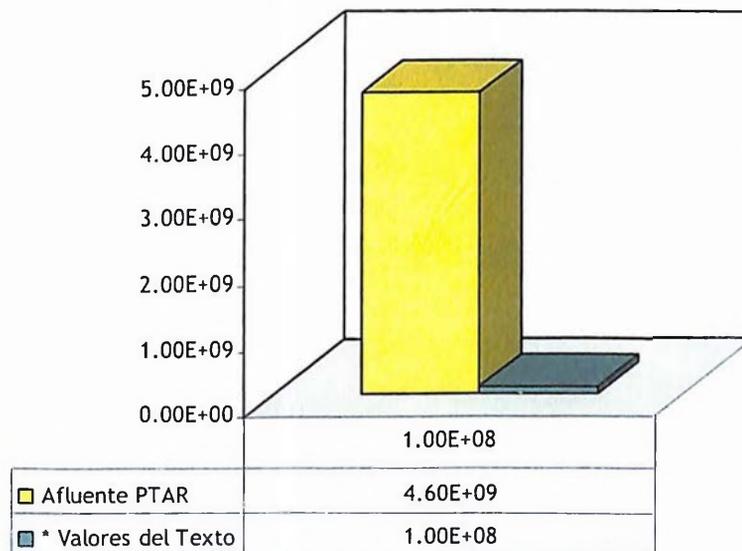
En los gráficos 6.3.1 a y 6.3.2 se muestran las comparaciones entre los valores de los parámetros de la planta de tratamiento con los valores contenidos en el texto de referencia indicado.

Gráfico 6.3.1
Comparación entre Concentraciones Promedio de los Contaminantes PTAR y Valores del Texto Metcalf and Eddy (1995)



Fuente: Tabla 5.3.4

Gráfico 6.3.2
Comparación entre Valor Coliformes PTAR y Valor Reportado en Texto



Fuente: Tabla 5.3.4

Las concentraciones promedio de los contaminantes reportadas en Metcalf & Eddy (1995) - uno de los textos más utilizados en las consultas para diseño - son mayores que los resultados obtenidos en este trabajo, con las excepciones de los cloruros, de los coliformes totales y del nitrógeno.

La DBO₅ obtenida en la investigación es el 52% del valor establecido en el texto referido; la DQO es el 41.30% y los sólidos suspendidos es el 46.70%, respectivamente. En estos valores incide la dilución. Los grandes volúmenes de aguas residuales desechados generan una mayor dilución de los contaminantes, obteniéndose menores concentraciones. En Metcalf & Eddy (1995), las concentraciones de los contaminantes se calculan en base a una dotación de 400 l/d (0.40 m³/d). Este caudal representa el 28% de 1.42 m³/turista/día, resultado obtenido en esta investigación.

El aporte de contaminación en el afluente generado por cada persona al día y calculado en función de la DBO₅, DQO y SS es igual a 74.20 g/turista.día, 134.55 g/turista.día, y 66.5 g/turista.día, respectivamente (Tabla 5.2.12b). Estos aportes son menores que los generados en el agua residual doméstica convencional, según el texto de Metcalf & Eddy (1995), aunque en los resultados obtenidos en este estudio, también inciden los procesos de dilución explicados en párrafos anteriores.

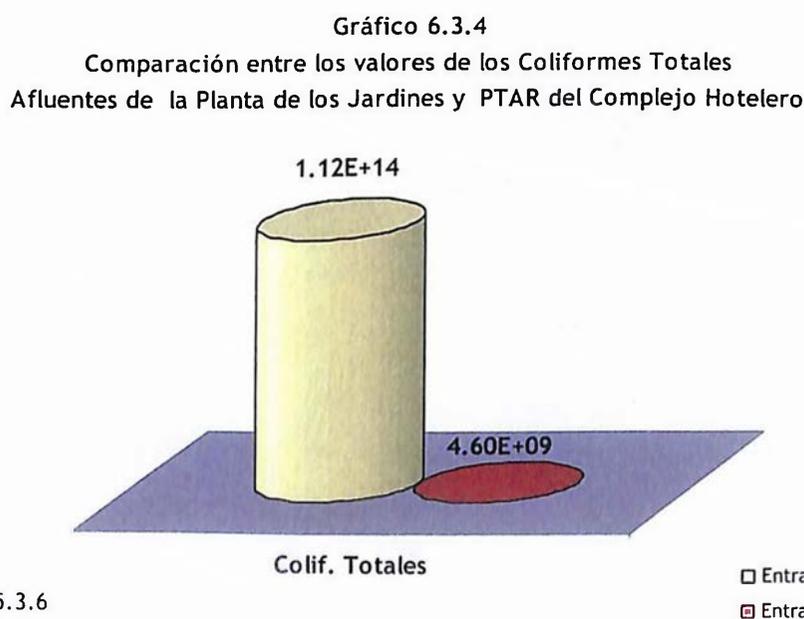
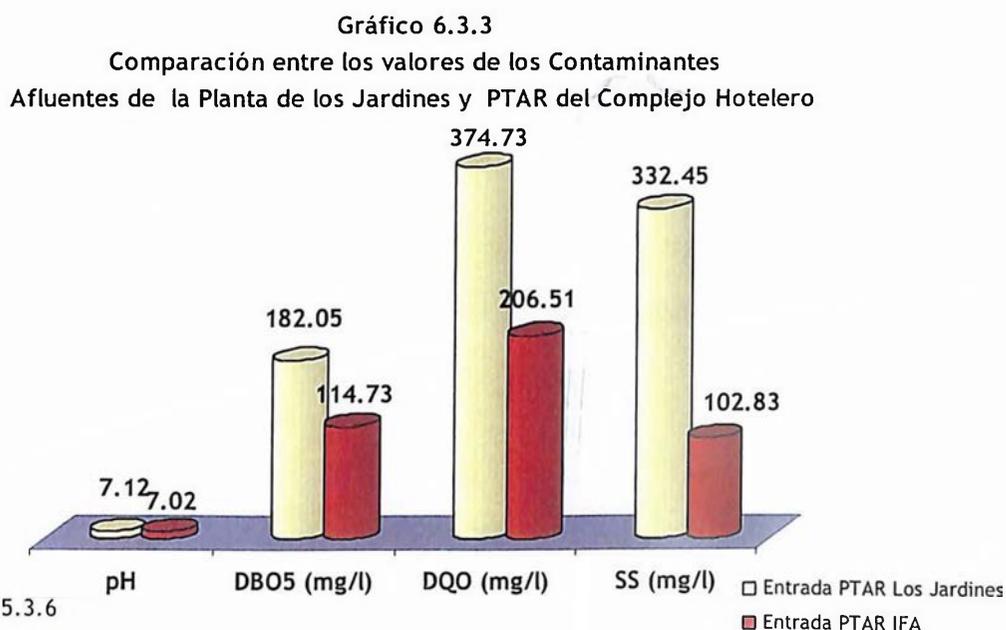
Del mismo modo, la concentraciones de DBO₅ y DQO afluente a la PTAR Los Jardines de Santo Domingo, son menores que los valores contenidos en el texto de referencia.

b Comparación entre los contaminantes afluentes a la PTAR Los Jardines de Santo Domingo y la PTAR del complejo hotelero

Los gráficos a continuación muestran la comparación entre los contaminantes en el afluente de la PTAR Los Jardines de Santo Domingo con los resultados de la PTAR del complejo hotelero. Se excluye la comparación entre los efluentes de

ambas plantas, debido a que según se describió en los acápites 3.2.2 y 3.4, la PTAR de Los Jardines está tratando un caudal mayor para el cual fue diseñada.

Además, el sistema de tratamiento de esta planta consiste en un tratamiento primario; mientras que la PTAR del complejo hotelero del caso de estudio se basa en un tratamiento secundario y por tanto, esta última planta tendrá un efluente cuya concentraciones de contaminantes son menores.



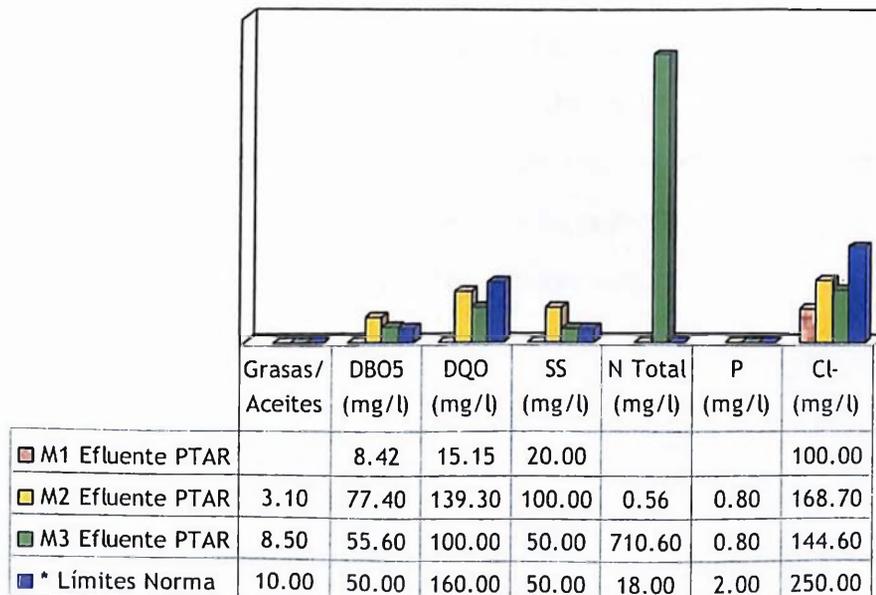
Las concentraciones de los contaminantes afluentes a la PTAR del complejo turístico "todo Incluido" del caso de estudio son menores que las concentraciones de la PTAR Los Jardines de Santo Domingo. Esto puede deberse a una mayor dilución de los contaminantes provocada por los mayores consumos de agua en los hoteles. Al mismo tiempo, indica la inconveniencia de diseñar y evaluar las plantas de tratamiento de un hotel "todo incluido" con los mismos valores de las concentraciones de los contaminantes en las aguas residuales domésticas convencionales.

c Comparación entre las concentraciones de los contaminantes en el efluente de la PTAR y los límites de las Normas

Esta comparación se establecerá entre los resultados de los análisis en cada muestra de manera individual, con el propósito de mostrar la tendencia de los parámetros de descarga, analizados en diferentes días.

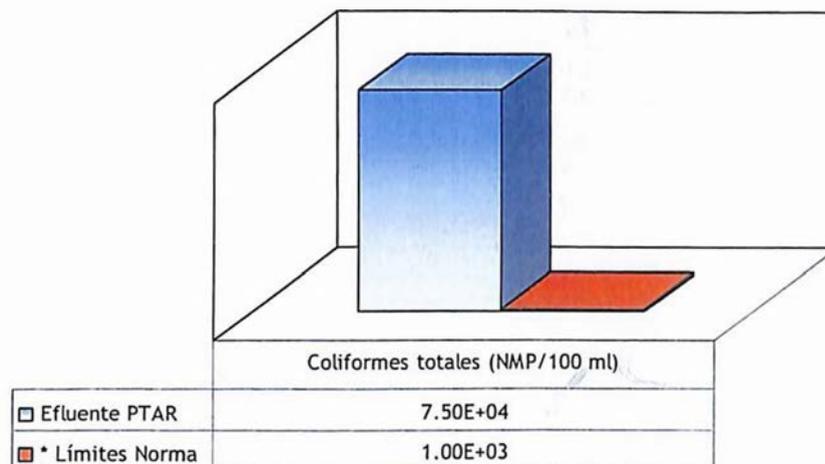
Gráfico 6.3.5

Comparación entre Concentraciones Contaminantes de las Muestras del Efluente de la Planta de Tratamiento y los Límites de la Norma



Fuente: Tabla 5.3.3

Gráfico 6.3.6
Comparación entre Concentraciones Coliformes Totales en Efluente
Planta de Tratamiento y Límites de la Norma

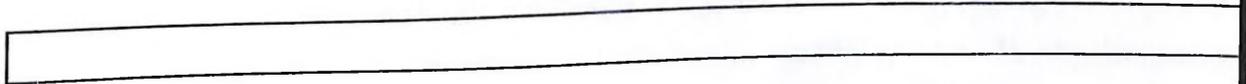


Fuente: Tabla 5.3.3

Al evaluar los resultados de las muestras de la PTAR por separado (Gráficos 5.3.3a-5.3.3i), se observa que en la muestra M1 los valores de los parámetros DBO_5 , DQO y SS en el efluente se mantuvieron muy por debajo de lo especificado en las normas, pero en las muestras M2 y M3 hubo incrementos en las concentraciones. Entendemos que estos incrementos incidió el aumento excesivo de grasas en la cámara de desengrasado. No obstante, las concentraciones promedio de los contaminantes del efluente, en la generalidad, se encuentran por debajo de los límites fijados en las normas ambientales ya citadas. El nitrógeno y los coliformes totales reportaron valores mayores a los contenidos en las normas, casos ya abordados en acápite anteriores.

Capítulo VII

Conclusiones y Recomendaciones



CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para contribuir con el cuidado del medio ambiente en las áreas turísticas, esta investigación aporta, como información base, los valores medidos de los parámetros hidráulicos y ambientales para el diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en los hoteles "todo incluido" analizados en este caso de estudio. Además, se han identificado algunos de los factores incidentes en la problemática que abordamos, los cuales repercuten en la gestión ambiental y, tratados en conjunto pueden contribuir con el desarrollo sostenible del turismo.

CONCLUSIONES

Los aportes y conclusiones son los siguientes:

1. La dotación promedio de agua potable obtenida en esta investigación para los hoteles "todo incluido" del caso de estudio es igual a 1.42 m³/turista/día y 2,786 m³/habitación ocupada/día. Estos valores incluyen el agua utilizada en el riego de jardines. El consumo agua por turistas obtenido en este estudio presenta un incremento del 75% respecto del consumo en los hoteles caribeños. La dotación por habitación es el doble del valor obtenido en el estudio del PASCT (1998), es el triple del valor recomendado por el PNOTT (1992). Además de la sobreexplotación de los acuíferos que supone estos consumos de agua, es de consideración la posterior descarga de estos volúmenes en las proximidades de la franja costera y las implicaciones ambientales para los ecosistemas marinos.
2. El caudal de agua residual aportado por cada turista es 0.65 m³/turista/día y 1.27 m³/habitación-ocupada/día. Los caudales en la bibliografía extranjera representan el 36% del valor obtenido en esta investigación. El valor más cercano es el reportado en el estudio PASCT (1998), aunque sólo es el 85% de nuestro resultado.
3. Los factores que hemos identificados como más incidentes en los volúmenes de agua consumidos y descargados son: (1) disponibilidad de

- abastecimiento privado unido a escasos mecanismos estatales de control para el ahorro de agua, (2) Uso poco frecuente de aparatos sanitarios y de limpieza con dispositivos de control para evitar desperdicio de agua, (3) pérdidas por derroche en actividades que involucran consumo de agua.
4. Los caudales de agua residual obtenidos en este estudio son mayores que los valores establecidos en la CAASD, INAPA y en las bibliografías de Estados Unidos. Cuando se diseña con caudales menores a los que se generan, se infra-dimensionan las unidades de tratamiento, se afecta el diseño de las tuberías y clarificadores, ocurren desbordamiento de cárcamos (pozos de bombeo), entre otros problemas.
 5. Los caudales puntas afluentes a la PTAR ocurren por la simultaneidad de bombeo desde los cárcamos, situación inherente en la hidráulica de los caudales de agua residual de los hoteles "todo incluido" de este caso de estudio. Regularmente, las actividades se realizan a la misma hora generando caudales que no son laminados como los caudales afluentes típicos de PTAR en una ciudad.
 6. El tanque de homogenización de caudales es vital y necesario en el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, por la razón explicada en el punto anterior. La incorporación de este tanque permite amortiguar los caudales instantáneos, posibilitando enviar un caudal controlado a los procesos sub-siguientes. Por ejemplo, el regulador existente en IFA lamina los picos mejorando bastante la hidráulica del sistema.
 7. La lavandería es la actividad que descarga mayor cantidad de agua residual, tanto por el volumen como por la frecuencia de descarga. Luego sigue la cocina, el edificio de turistas y el edificio de empleados y administrativo, respectivamente.
 8. La cocina y la lavandería, en ese mismo orden, son las instalaciones que generan mayor descarga de los contaminantes DBO_5 , DQO, sólidos suspendidos, grasas y aceites, fósforo y cloruros, coliformes totales. Con excepción del nitrógeno, cuya concentración es mayor en la lavandería.

9. Los valores promedio de los parámetros contaminantes medidos, son menores que los valores promedios contenidos en los textos de referencias más utilizados en República Dominicana, con excepción de los cloruros, nitrógeno y coliformes totales. Esto se debe a que en los hoteles se descargan mayores volúmenes de agua, lo que provoca una mayor dilución de los contaminantes, haciendo que las concentraciones sean menores. Esta situación ocurre tanto para las aguas residuales de los hoteles como para las aguas residuales domésticas convencionales.
10. Las concentraciones de nitrógeno y fósforo descargadas en la actualidad podrían causar problemas de eutrofización.

RECOMENDACIONES

Respecto a la investigación, nuestras recomendaciones son:

- Extender el período de la evaluación de los caudales de agua residual en los registros de descarga durante 24 horas para estudiar la tendencia de estos caudales durante un día completo.
- Medir y evaluar la contaminación generada por las piscinas.
- Medir los caudales de entrada en los cárcamos de bombeo.
- Incluir la medición de los caudales de infiltración y de fugas.

Respecto a los problemas detectados nuestras recomendaciones son:

- Promover una revisión y actualización de las normas vigentes, auspiciada por las instituciones rectoras del agua potable y saneamiento, en conjunto con el sector turismo y la Secretaría de Medio Ambiente.
- Integrar en la revisión, a los diferentes profesionales de la ingeniería sanitaria y ambiental, a nivel privado y estatal, para que aporten sus experiencias e informaciones.
- Incentivar el empleo de aparatos sanitarios y equipos con dispositivos de ahorro y control para la reducción del volumen de agua consumido en los hoteles.

- Reusar las toallas y sábanas por más de 1 días dentro de una misma habitación. Esta medida contribuye a disminuir el consumo de agua, al disminuir el volumen de ropa para lavado.
- Evitar jardinería que requiera grandes cantidades de agua para regadío.
- Implementar escalas tarifarias basadas en el consumo de agua del hotel. Esto incentivaría el ahorro y control ayudando a disminuir la demanda de los recursos subterráneos de la zona y posterior descarga de agua residual, beneficiando el medio ambiente en función de su capacidad de carga.
- Capacitar al personal que labora en los hoteles respecto a la importancia y beneficios que aporta el ahorro de agua.
- Incluir en los programas de manejo y adecuación ambiental, programas periódicos de detección y control de fugas.
- Implementar el uso de detergentes biodegradables para disminuir las concentraciones de nitrógeno y fósforo.
- Fortalecer e intensificar los mecanismos formales de coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente, SECTUR, la CAASD e INAPA con el propósito de transferir las informaciones de los sistemas de tratamiento y evacuación de las aguas residuales contenidos en los diseños, informes ambientales y estudios de impactos ambientales. A través de los mecanismos de coordinación se puede realizar y/o actualizar el inventario de las plantas de tratamiento existentes en los hoteles, con sus respectivos registros de caudales y análisis del agua residual. El inventario puede ser un instrumento de retroalimentación para las revisiones y modificaciones de las normas de diseño y control.
- Crear una base de datos para que las instituciones ligadas al área puedan crear un sistema efectivo de monitoreo de la calidad de los efluentes.
- En algunos hoteles es común el reuso de agua residual tratada para el riego en jardinería. Generalmente las aguas residuales que van a ser reutilizadas para estos fines, requieren de un tratamiento terciario para cumplir con requerimientos más exigentes en los efluentes; por ejemplo, el relacionado con la presencia de microorganismos. Además, antes de

adoptar la alternativa de reuso, es conveniente investigar el tipo de vegetación resistente a las concentraciones de los cloruros existentes. Del mismo modo, aunque las concentraciones de cloruros en el agua potable se mantuvieron dentro del límite especificado por las normas, es prudente desarrollar programas de monitoreo por la tendencia de salinización característica de los acuíferos de la zona debido a la sobreexplotación.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- Abt Associates Inc., Agroforsa (2002). Diagnóstico Ambiental y Análisis Económico Fiscal. Informe Final. República Dominicana. [Documento en línea]. Disponible desde internet en: <http://www.ambiente.org.do/PDF_finales/informes_ef/Vol4Cap7Cap8AbtAssociatesInformeFinalDiciembre2002.pdf>. Formato pdf. [Con acceso el 5 de Septiembre del 2005].
- American Public Health Association (APHA). American Water Works Association (AWWA). Water Pollution Control Federation. (1989). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th Washington, D.C. 1989. ISBN: 0-87553-161-x. ISSN: 8755-3546.
- ATV "Abwassertechnische Vereinigung", Asociación Alemana de Saneamiento. (1988). Determinación del grado de Eficiencia de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Hoja técnica M 755. Código de Regulaciones con respecto a Gestión de Aguas Residuales y Desechos. CAPRE, ANDESAPA, OPS/CEPIS, GTZ.
- Banco Central de la República Dominicana (2002). Metodología y Resultados del Directorio de Establecimiento de Alojamiento. Subdirección de Impresos y Publicaciones del Banco Central de la República Dominicana. Santo Domingo,. [Documento en línea]. Disponible desde Internet en: <http://www.bancentral.gov.do/publicaciones_economicas/otros/dir_establecimientos2002.pdf>. Formato pdf. [Con acceso el 29 de Abril del 2007].
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID), SYNCONSULT S.L. (1999). Consolidación de la Reforma del Sector Agua Potable y Saneamiento (República Dominicana DR 0123). Oficina Rectora de la Reforma y Modernización del Sector Agua Potable y Saneamiento.
- CEPIS, OPS-OMS. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Manual I: Teoría. [Web en línea]. Disponible desde Internet en: <<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual1/tomol/uno.pdf>>. Formato pdf. [Con acceso el 9 de Septiembre del 2005].
- Chow, V. T. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. Editora Martha Edna, ISBN:958-600-228-4.
- Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. (1993). Tratamiento de Aguas Residuales Basuras y Escombros en el Ambiente Rural, Editorial Agrícola Española, Madrid, 283 páginas. ISBN: 84-85441-25-7.
- Corbitt, R. A. (2003). Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental, McGraw-Hill, Madrid, España. ISBN: 84-481-3596-2.

- Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) (1999). Normas de Diseño. Sistema de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial.
- ___(1999). Seminario Situación de los Recursos Hídricos en la República Dominicana, Departamento de Planificación de la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo, Marzo.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Dirección de Saneamiento del Medio Ambiente y Oficina de Entrenamiento Profesional. (2002). Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Editorial Limusa S.A. México. Decimonovena reimpresión. ISBN: 968-18-0464-3.
- Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad. DIGENOR. (1980). Norma Dominicana NORDOM 1. Agua para Uso Doméstico, Especificaciones.
- Fair, G. M., Geyer, J. Ch., Okun, D. A. (2002). Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Volumen 2. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, México. 764 páginas. ISBN: 968-18-0167-9.
- Fair, G. M., Geyer, J. Ch., Okun, D. A. (2002). Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales. Volumen 1. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, México. 547 páginas. ISBN: 968-18-0466-X.
- Farrer, H., L.P., Trejos S., Acuña, R. (1998). Criterios, Normas y Especificaciones Técnicas para la Evaluación y Diseño de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario para el Proyecto Agua y Saneamiento en Centros Turísticos (PASCT) y Base de Datos de Costos Unitarios. Secretariado Técnico de la Presidencia. Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos.
- Gulf + Western Americas Corporation. (1970). División Central Romana, La Romana. Balance de Hidrología, Región del Este República Dominicana.
- GTZ Cooperación Técnica Federal de Alemania. Organización Panamericana de la Salud. (1989). Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Lima, Perú.
- Henry, J. G., Heinke, G. W. (1999). Ingeniería Ambiental, Prentice Hall, México. 800 páginas. ISBN: 970-17-0266-2.

- Hernández M., A., Hernández L., A., Galán M., P. (1996). Manual de Depuración Uralita, Sistema para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20,000 habitantes. Editorial Paraninfo, S.A., Madrid. 426 páginas. ISBN: 84-283-2162-0.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI)-AQUATER (1998-2000). Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana.
- ___(1989). Mapa Hidrogeológico de la República Dominicana. Compilación del Atlas Hidrogeológico del Caribe UNESCO.
- Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales, No. 64-00. Agosto 2000, Santo Domingo, República Dominicana.
- Lizardo M., Guzmán M. R. (2005). Coordinación de políticas fiscales y ambientales en la República Dominicana. CEPAL. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. No. 100. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL/GTZ (GER/02/70). Santiago de Chile. ISBN: 92-1-322692-6.
- López Cualla, R. A. (1995). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá. ISBN: 958-95742-0-3.
- Metcalf & Eddy, Inc. (Ed). (1995). Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización (Tercera Edición), Volumen I y Volumen II, McGraw Hill, España. 505 páginas. ISBN: 84-481-1727-1 (Vol. I), ISBN: 84-481-1606-2 (Vol. II).
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2005). "El Turismo: si no se modifica, se agota. Capítulo III. En: *Informe Nacional de Desarrollo Humano 2005: Hacia una inserción mundial incluyente y renovada*". República Dominicana. [Web en línea]. Disponible desde Internet en: <<http://portal.onu.org.do/contenidos/archivos/03%20Capitulo%20Naciones.pdf>> [Con acceso el 7 de Septiembre del 2005].
- Prando, R. R. (1996). *Manual de Gestión de la Calidad Ambiental*. Editorial Piedra Santa, S.A. Guatemala. [Publicación en línea]. Disponible desde internet en: <http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/Ambiental/cap6_amb.htm>. Formato pdf. [Con acceso el 5 de Diciembre del 2005].
- Ramírez, F. (1991). Hidráulica de Canales. Editora Universitaria UASD, Cuidad Universitaria. Santo Domingo, República Dominicana. Publicaciones de la Universidad Autónoma de Santo Domingo. Vol DCXL.

- Rodier, J., Geoffray, Ch., Kovacsik, G., Laporte, J., Plissier, M., Scheidhauer, J., Verneaux, J., Vial, J. (1990). *Análisis de las Aguas. Aguas naturales, aguas residuales, aguas de mar.* Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. ISBN: 84-282-0625-2.
- Sala Sarkis, L. A. (1991). *Curso Corto: Diseño Laguna de Estabilización. Módulo No. 1: Principios del Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.* San José. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. División de Recursos Humanos Departamento de Capacitación. Departamento Control de la Contaminación del Agua. División de Calidad del Agua.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., Parkin, G.F. (2000). *Química para Ingeniería Ambiental, 4ta. Edición,* McGraw Hill, Colombia. 716 páginas. ISBN: 958-41-0164-1.
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). *Karanjac J. Disponibilidad de Agua Subterránea en la República Dominicana, Preparado para International Resources Group Ltd. Washington, D.C., USA.*
- __(2003), *Norma Ambiental de Calidad del Agua y Control de Descargas.* Editorial BUHO, 2003, Santo Domingo. 47 páginas.
- __(2004a). *Subsecretaría de Estado de Suelos y Aguas. Normas Ambientales sobre Calidad del Agua Subterránea y Descarga al Subsuelo.* Editorial Amigos del Hogar, Santo Domingo, 2004. 64 páginas.
- __(2004b). *Diagnóstico Ambiental del Sector Hotelero en la República Dominicana. Serie de Estudios e Investigación, 2004.* Subsecretaría de Gestión Ambiental. Imprenta La Unión, Santo Domingo, 29 páginas.
- Steel, E. W., McGhee, T.J. (1981). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado.* Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona. ISBN: 84-252-0094-6. 636 páginas.
- Secretaría de Estado de Obras Públicas. *Reglamento General de Edificaciones de la República Dominicana. Unidad 4: Instalaciones Sanitarias y Mecánicas, inédito.*
- Secretaría de Estado de Turismo (1990). *Moreno, J., Figueroa P., M., Cabrera, P., Yokohama, Y., Peralta, N. Plan Nacional de Ordenación Territorial Turística de la República Dominicana. Convenio BID/SECTUR.*
- The Center for Environmental Leadership in Business, Tour Operators Initiative for Sustainable Tourism Development, *Manual Guía Práctica de Buenas Prácticas.* [Publicación en línea]. Disponible desde Internet en: <http://www.world-tourism.org/tour/supply_chain/HotelGuideSpanish.pdf>. Formato pdf. [Con acceso el 5 de Diciembre del 2006].

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). *Calidad de Aguas para Estudiantes de Ciencias Ambientales*. Edición: Camilo Perdomo. Bogotá. [Web en línea]. Disponible desde Internet en: <<http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/porcalaguas.htm>>. [Con acceso el 9 de Septiembre del 2005].

Water Environment Federation, American Society of Civil Engineers (1992). Book Press, Inc., Brattleboro, Vermont. USA. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. WEF Manual of Practice No. 8. ASCE Manual and Report on Engineering Practice No. 76. ISBN 0-943244-83-8 (set).

<http://www.asiex.org.do/pais/tur_legislacion.htm>. Fecha desconocida. *República Dominicana. La Legislación en Materia Turística*. República Dominicana. [Web en línea]. [Con acceso el 5 de Septiembre del 2005].

<http://earth.google.com/>

ANEXOS



ANEXO I

Tablas Cálculos de Caudales de Agua Potable y Agua Residual

Tabla No. 5.1.1

Valores Consumo Agua Potable (Galones al mes) - Cantidad de Turistas Año 2005																
Fechas	Enero	Turistas	Febrero	Turistas	Marzo	Turistas	Abril	Turistas	Mayo	Turistas	Junio	Turistas	Julio	Turistas	Agosto	Turistas
1	457,248	1,373	410,256	1,321	440,880	1,423	455,136	1,204	535,656	1,359	343,992	748	399,960	812	446,424	1,387
2	446,688	1,368	461,736	1,314	406,032	1,330	402,072	1,075	378,576	1,290	324,720	752	365,904	932	461,736	1,399
3	444,048	1,347	403,656	1,328	416,592	1,316	425,304	1,032	421,080	814	366,168	756	354,024	927	466,224	1,398
4	487,608	1,349	457,776	1,294	392,568	1,242	382,536	946	423,984	775	423,984	835	385,968	860	467,016	1,392
5	434,808	1,352	422,928	1,288	434,544	1,248	416,064	901	366,960	777	322,344	859	373,560	820	435,864	1,396
6	440,880	1,329	435,072	1,262	418,704	1,333	392,304	791	397,848	751	338,184	802	337,128	800	463,848	1,317
7	450,384	1,328	456,984	1,285	430,320	1,311	402,336	805	451,176	770	342,144	736	429,000	849	481,536	1,322
8	434,016	1,299	430,056	1,314	416,856	1,331	389,136	763	425,040	945	339,240	666	334,224	855	446,688	1,324
9	435,072	1,312	426,624	1,374	417,120	1,278	378,840	784	364,056	777	320,232	656	385,176	903	456,456	1,359
10	458,832	1,319	415,272	1,363	418,704	1,250	423,984	897	359,304	731	339,240	597	391,512	1,050	456,720	1,349
11	446,424	1,319	450,384	1,361	427,680	1,273	371,184	889	403,656	712	368,544	551	407,352	1,004	461,472	1,359
12	435,600	1,335	405,768	1,266	495,528	1,265	431,376	963	351,384	704	360,096	631	385,440	977	473,352	1,356
13	418,176	1,335	434,544	1,297	375,144	1,245	401,280	1,006	305,976	696	356,664	622	374,880	946	487,608	1,346
14	415,800	1,316	420,552	1,272	391,512	1,263	441,936	1,011	351,120	656	373,296	646	380,952	971	440,352	1,350
15	448,008	1,325	430,056	1,268	400,488	1,290	400,752	1,035	360,624	716	364,848	659	404,976	985	482,856	1,297
16	416,856	1,287	425,304	1,404	400,488	1,319	383,328	976	317,592	689	358,248	680	389,928	982	469,128	1,320
17	405,240	1,261	416,064	1,414	427,416	1,333	423,456	990	312,840	745	381,480	697	421,872	1,146	487,344	1,325
18	417,384	1,320	437,184	1,365	412,896	1,386	408,408	938	288,288	786	378,048	652	411,312	1,139	484,176	1,314
19	418,440	1,321	408,144	1,411	428,736	1,303	437,712	891	326,304	778	369,864	661	427,944	1,162	472,560	1,293
20	413,952	1,308	426,888	1,419	418,440	1,315	412,104	888	302,544	777	386,232	669	426,888	1,172	437,184	1,191
21	417,648	1,301	425,304	1,430	420,552	1,383	413,424	888	324,192	765	410,256	755	416,592	1,216	455,400	1,185
22	425,040	1,314	427,152	1,409	485,232	1,399	403,392	904	298,056	754	390,456	753	449,064	1,260	475,464	1,164
23	452,760	1,306	428,736	1,389	382,536	1,366	392,040	909	307,296	753	357,192	756	432,432	1,435	463,056	1,142
24	436,920	1,211	406,296	1,424	428,208	1,388	403,920	908	319,968	687	381,744	754	418,440	1,440	423,720	1,144
25	422,400	1,261	441,144	1,453	443,520	1,419	418,704	890	344,784	646	369,072	797	446,160	1,446	528,792	1,127
26	441,936	1,269	435,600	1,399	441,144	1,421	400,488	925	356,136	653	344,520	927	430,584	1,335	436,920	1,129
27	421,344	1,295	442,728	1,373	425,040	1,376	440,352	938	360,888	670	379,896	813	446,952	1,327	470,712	1,155
28	416,064	1,295	408,408	1,396	375,672	1,184	461,208	965	311,520	668	379,104	767	449,064	1,326	466,488	1,147
29	423,192	1,266			391,248	1,213	385,440	930	404,976	617	385,440	860	474,672	1,313	455,136	1,067
30	443,520	1,302			451,968	1,283	462,528	964	376,728	624	357,456	859	471,504	1,354	452,232	1,126
31	404,976	1,296			408,144	1,280			392,832	700			452,232	1,373	427,416	1,129
TOTAL	13,431,264	40,619	11,990,616	37,898	13,023,912	40,766	12,360,744	28,006	11,241,384	23,785	10,912,704	21,916	12,675,696	34,117	14,333,880	39,309

Consumo Promedio Agua Potable = $\frac{412,167.44 \text{ gal/día}}{1,561.24 \text{ m}^3/\text{día}}$

Fuente: Datos suministrados por el Complejo IFA Villas Bávaro

Tabla 5.1.2

Tabla Resumen Consumo Agua Potable (Galones al mes) - Cantidad de Turistas Año 2005

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Consumo Agua potable (Miles Gal)	13,431.26	11,990.62	13,023.91	12,360.74	11,241.38	10,912.70	12,675.70	14,333.88
Turistas (Miles pers)	41	38	41	28	24	22	34	39

Medición Caudales Agua Residual

Lugar: Registro Salida Edificio Alojamiento de Turistas
 Diámetro tubería descarga: 6.00 pulg
 0.1524 cm

Tabla No. 5.2.1

Caudales Descarga Edificio Turistas Alojamiento de Turistas Mediciones Día 1

FECHAS	No.	HORA	TIRANTE h (m)	y (m)	θ (rad)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Q horario (l/s)
Viernes 9/6/2006	1	7:00	0.0219	0.135	4.904	0.001	0.374	0.003	0.129
	2	8:00	0.022	0.130	4.724	0.002	0.360	0.005	0.235
	3	9:00	0.0224	0.130	4.709	0.002	0.359	0.005	0.246
	4	10:00	0.0174	0.135	4.904	0.001	0.374	0.003	0.129
	5	11:00	0.0174	0.135	4.904	0.001	0.374	0.003	0.129
	6	12:00	0.0074	0.145	5.394	0.000	0.411	0.001	0.015
	7	13:00	0.0124	0.140	5.126	0.001	0.391	0.002	0.055
	8	14:00	0.0124	0.140	5.126	0.001	0.391	0.002	0.055
	9	15:00	0.0124	0.140	5.126	0.001	0.391	0.002	0.055
	10	16:00	0.0144	0.138	5.033	0.001	0.384	0.002	0.080
	11	17:00	0.0204	0.132	4.785	0.001	0.365	0.004	0.194
	12	18:00	0.0274	0.125	4.532	0.002	0.345	0.006	0.410
	13	19:00	0.0204	0.132	4.785	0.001	0.365	0.004	0.194

Velocidad mínima : $V_{\min} = 0.600$ m/s Por Norma
 Coef Rugosidad de Manning : $n = 0.009$
 Pendiente: $S = 0.00227$
 Area tubería: $A = 0.018$ m²

Caudal medio horario Día 1 = 0.148 l/s
 Caudal pico instantáneo Día 1 = 0.410 l/s
 Coef. M_{ax} Horario Agua Resid = 2.76

Tabla No. 5.2.2

**Caudales Descarga Edificio Turistas Alojamiento de Turistas
Mediciones Día 2**

FECHAS	No.	HORA	TIRANTE h (m)	h (m)	θ (rad)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Q horario (l/s)
Sábado 10/6/2006	1	7:00	0.012	0.140	5.126	0.001	0.119	0.006	0.121
	2	8:00	0.013	0.139	5.079	0.001	0.118	0.007	0.147
	3	9:00	0.009	0.143	5.279	0.000	0.123	0.004	0.060
	4	10:00	0.017	0.135	4.904	0.001	0.114	0.010	0.286
	5	11:00	0.018	0.134	4.864	0.001	0.113	0.011	0.329
	6	12:00	0.022	0.130	4.709	0.002	0.109	0.015	0.542
	7	13:00	0.020	0.132	4.785	0.001	0.111	0.013	0.428
	8	14:00	0.022	0.130	4.709	0.002	0.109	0.015	0.542
	9	15:00	0.022	0.130	4.709	0.002	0.109	0.015	0.542
	10	16:00	0.017	0.135	4.904	0.001	0.114	0.010	0.286
	11	17:00	0.012	0.140	5.126	0.001	0.119	0.006	0.121
	12	18:00	0.017	0.135	4.904	0.001	0.114	0.010	0.286
	13	19:00	0.017	0.135	4.904	0.001	0.114	0.010	0.286
	14	20:00	0.022	0.130	4.709	0.002	0.109	0.015	0.542

Caudal medio horario Día 2 = 0.323 l/s

Caudal pico instantáneo Día 2 = 0.542 l/s

Coef. Màx Horario Agua Resid = 1.68

Caudal horario promedio = 0.239 l/s

Caudal pico instantáneo promedio = 0.476 l/s

Coef. Màx Promedio Agua Resid = 2.02

Medición Caudales Agua Residual

Lugar: Registro Salida Cocina - Restaurant
 Diámetro tubería descarga: 6.00 pulg
 0.1524 mt

Tabla No. 5.2.3

Medición Caudales Agua Residual en Descarga Cocina - Restaurant Mediciones Día 1

FECHAS	No.	HORA	TIRANTE h (cm)	y (m)	θ (rad)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Q horario (l/s)
Viernes 9/6/2006	1	7:00	2.24	0.130	4.709	0.002	0.359	0.005	0.246
	2	8:00	4.24	0.110	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	3	9:00	3.94	0.113	4.150	0.004	0.316	0.012	1.028
	4	10:00	4.74	0.105	3.917	0.005	0.298	0.016	1.642
	5	11:00	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	6	12:00	5.14	0.101	3.805	0.005	0.290	0.019	2.016
	7	13:00	5.74	0.095	3.640	0.006	0.277	0.023	2.667
	8	13:15	5.74	0.095	3.640	0.006	0.277	0.023	2.667
	9	13:30	5.54	0.097	3.695	0.006	0.282	0.021	2.438
	10	13:45	6.74	0.085	3.373	0.008	0.257	0.030	4.006
	11	14:00	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	12	14:15	6.24	0.090	3.506	0.007	0.267	0.026	3.295
	13	14:30	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	14	14:45	4.94	0.103	3.860	0.005	0.294	0.017	1.824
	15	15:00	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	16	15:15	4.24	0.110	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	17	15:30	3.74	0.115	4.210	0.003	0.321	0.011	0.901
	18	15:45	3.74	0.115	4.210	0.003	0.321	0.011	0.901
	19	16:00	4.54	0.107	3.974	0.005	0.303	0.015	1.472
	20	17:00	4.24	0.110	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	21	18:00	4.24	0.110	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	22	19:00	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117

Caudal medio horario Día 1 = 1.847 l/s
 Caudal pico instantáneo Día 1 = 4.006 l/s
 Coef. M_{áx} Horario Agua Resid = 2.17

Tabla No. 5.2.4

Medición Caudales Agua Residual en Descarga Cocina - Restaurant
Mediciones Día 2

FECHAS	No.	HORA	TIRANTE h (cm)	y (m)	θ (rad)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Q horario (l/s)
Sábado 10/6/2006	23	7:00	4.24	0.110	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	24	8:00	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	25	8:15	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	26	8:30	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	27	8:45	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	28	9:00	6.24	0.090	3.506	0.007	0.267	0.026	3.295
	29	9:15	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	30	9:30	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	31	9:45	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	32	10:00	4.24	0.11	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	33	11:00	4.24	0.11	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	34	12:00	4.94	0.103	3.860	0.005	0.294	0.017	1.824
	35	13:00	4.94	0.103	3.860	0.005	0.294	0.017	1.824
	36	13:15	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	37	13:30	4.24	0.110	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	38	13:45	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	39	14:00	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	40	14:15	5.24	0.100	3.777	0.006	0.288	0.019	2.117
	41	14:30	4.94	0.103	3.860	0.005	0.294	0.017	1.824
	42	14:45	4.74	0.105	3.917	0.005	0.298	0.016	1.642
	43	15:00	3.24	0.12	4.366	0.003	0.333	0.009	0.626
	44	15:15	3.94	0.113	4.150	0.004	0.316	0.012	1.028
	45	15:30	4.24	0.11	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	46	15:45	4.24	0.11	4.061	0.004	0.309	0.013	1.238
	47	16:00	4.54	0.107	3.974	0.005	0.303	0.015	1.472
	48	17:00	5.54	0.097	3.695	0.006	0.282	0.021	2.438
	49	18:00	3.74	0.115	4.210	0.003	0.321	0.011	0.901
	50	19:00	3.74	0.115	4.210	0.003	0.321	0.011	0.901

Caudal medio horario Día 2 = 1.732 l/s
 Caudal pico instantáneo Día 2 = 3.295 l/s
 Coef. M_{ax} Horario Agua Resid = 1.90

Lugar: Registro Salida Lavandería
 Diámetro tubería descarga: 6.00 pulg
 Capacidad lavadoras: 2 lavadoras de 135 libras y 1 de 50 libras

Tabla No. 5.2.5 a

Medición Caudales Agua Residual en Registro Descarga Lavandería
 Mediciones Día 1

FECHAS	Horas	Consumo Agua (l)	Tiempo de inicio (min)	Tiempo final (min)	Duración Descarga (min)	Q1 (l/s)
9/6/2006	8:00	302.40	8:00	8:05	0:05	1.01
	9:00	302.40	9:00	9:04	0:04	1.26
	10:00	302.40	10:00	10:04	0:04	1.26
	11:00	302.40	11:00	11:03	0:03	1.68
	12:00	302.40	12:08	12:10	0:02	2.52
		302.40	12:14	12:18	0:04	1.26
	13:32	302.40	13:32	13:33	0:01	5.04
		302.40	13:34	13:37	0:03	1.68
		302.40	13:39	13:41	0:02	2.52
		302.40	13:43	13:46	0:03	1.68
		302.40	13:48	13:55	0:07	0.72
	13:58	302.40	13:56	13:58	0:02	2.52
	14:09	302.40	14:09	14:12	0:03	1.68
		302.40	14:17	14:19	0:02	2.52
		302.40	14:22	14:25	0:03	1.68
		302.40	14:27	14:29	0:02	2.52
		302.40	14:30	14:34	0:04	1.26
		302.40	14:36	14:38	0:02	2.52
	14:53	302.40	14:52	14:53	0:01	5.04
	15:01	302.40	15:01	15:03	0:02	2.52
		302.40	15:04	15:05	0:01	5.04
		302.40	15:06	15:08	0:02	2.52
		302.40	15:10	15:11	0:01	5.04
		302.40	15:15	15:17	0:02	2.52
		302.40	15:19	15:20	0:01	5.04
		302.40	15:22	15:24	0:02	2.52
		302.40	15:28	15:31	0:03	1.68
		302.40	15:34	15:35	0:01	5.04
		302.40	15:41	15:44	0:03	1.68
		302.40	15:47	15:48	0:01	5.04
	15:52	302.40	15:51	15:52	0:01	5.04
	16:01	302.40	16:00	16:01	0:01	5.04
		302.40	16:10	16:12	0:02	2.52
		302.40	16:15	16:17	0:02	2.52
		302.40	16:18	16:21	0:03	1.68
		302.40	16:23	16:25	0:02	2.52
		302.40	16:28	16:29	0:01	5.04
		302.40	16:32	16:34	0:02	2.52
		302.40	16:39	16:40	0:01	5.04
		302.40	16:45	16:46	0:01	5.04
		302.40	16:50	16:52	0:02	2.52
	16:57	302.40	16:57	17:00	0:03	1.68
	17:01	302.40	17:01	17:03	0:02	2.52
		302.40	17:08	17:09	0:01	5.04
		302.40	17:22	17:24	0:02	2.52
		302.40	17:25	17:26	0:01	5.04
		302.40	17:37	17:38	0:01	5.04
		302.40	17:43	17:45	0:02	2.52
	302.40	17:47	17:48	0:01	5.04	
	302.40	17:49	17:51	0:02	2.52	
	302.40	17:53	17:55	0:02	2.52	
17:56	302.40	17:56	18:00	0:04	1.26	

Caudal medio horario Q1 Día 1 = 2.97 l/s
 Caudal pico instantáneo Día 1 = 5.04 l/s
 Coef. M_{ax} Horario Agua Resid: 1.70

Evaluación de parámetros hidráulicos y ambientales para diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en los hoteles "Todo Incluido" del caso de estudio: complejo hotelero en Bávaro, R.D.

Lugar: Registro Salida Lavandería
 Diámetro tubería descarga: 6.00 pulg

Tabla No. 5.2.6 b

Medición Caudales Agua Residual en Registro Descarga Lavandería
 Mediciones Día 2

FECHAS	Horas	Consumo Agua (l)	Tiempo de inicio (min)	Tiempo de final (min)	Duración Descarga (min)	Q2 (l/s)	
10/6/2006	8:03	241.92	8:03	8:13	0:10	0.40	
		241.92	8:14	8:15	0:01	4.03	
		241.92	8:16	8:25	0:09	0.45	
		241.92	8:27	8:29	0:02	2.02	
		241.92	8:31	8:33	0:02	2.02	
		241.92	8:35	8:37	0:02	2.52	
		241.92	8:38	8:41	0:03	1.34	
		241.92	8:43	8:46	0:03	1.34	
		241.92	8:47	8:49	0:02	2.02	
		241.92	8:51	8:56	0:05	0.81	
	8:56	241.92	8:57	9:00	0:03	1.34	
	8:57	241.92	9:01	9:02	0:01	4.03	
		241.92	9:03	9:09	0:06	0.67	
		241.92	9:12	9:13	0:01	4.03	
		241.92	9:14	9:16	0:02	2.02	
		241.92	9:18	9:19	0:01	4.03	
		241.92	9:21	9:23	0:02	2.02	
	9:26	241.92	9:24	9:26	0:02	5.04	
	13:39	241.92	13:39	13:43	0:04	1.01	
		241.92	13:44	13:53	0:09	0.45	
		241.92	13:55	13:56	0:01	4.03	
	14:06	241.92	13:57	14:06	0:09	0.45	
	14:08	241.92	14:08	14:10	0:02	2.02	
		241.92	14:11	14:13	0:02	2.02	
		241.92	14:15	14:18	0:03	1.34	
		241.92	14:21	14:24	0:03	1.34	
		241.92	14:26	14:29	0:03	1.34	
		241.92	14:31	14:32	0:01	4.03	
		241.92	14:34	14:44	0:10	0.40	
		241.92	14:46	14:47	0:01	4.03	
		241.92	14:49	14:52	0:03	1.34	
		241.92	14:53	14:56	0:03	1.34	
	14:56	241.92	15:02	15:07	0:05	0.81	
	15:02	241.92	15:09	15:10	0:01	4.03	
		241.92	15:14	15:15	0:01	4.03	
		241.92	15:17	15:19	0:02	2.02	
		241.92	15:21	15:22	0:01	4.03	
		241.92	15:23	15:25	0:02	2.02	
		241.92	15:28	15:31	0:03	1.34	
		241.92	15:34	15:37	0:03	1.34	
		241.92	15:43	15:44	0:01	4.03	
		241.92	15:46	15:47	0:01	4.03	
	16:01	241.92	15:50	16:01	0:11	0.37	
	16:02	241.92	16:02	16:11	0:09	0.45	
		241.92	16:13	16:15	0:02	2.02	
		241.92	16:16	16:19	0:03	1.34	
		241.92	16:23	16:27	0:04	1.01	
		241.92	16:29	16:33	0:04	1.01	
		241.92	16:34	16:40	0:06	0.67	
		241.92	16:42	16:56	0:14	0.29	
	16:59	241.92	16:57	16:59	0:02	2.02	
	17:00	241.92	17:00	17:03	0:03	1.34	
		241.92	17:04	17:15	0:11	0.37	
	241.92	17:17	17:22	0:05	0.81		
	241.92	17:23	17:26	0:03	1.34		
	241.92	17:27	17:30	0:03	1.34		
	241.92	17:33	17:35	0:02	2.02		
	241.92	17:41	17:44	0:03	1.34		
	241.92	17:46	17:50	0:04	1.01		
	241.92	17:52	17:57	0:05	0.81		
18:00	241.92	17:57	18:00	0:03	1.34		

Caudal medio horario Q2 Día 2 = 1.87 l/s
 Caudal pico instantáneo Día 2 = 4.03 l/s
 Coef. M_{ax} Horario Agua Resid = 2.16

Caudal horario promedio = 2.51 l/s
 Caudal pico instantáneo promedio = 4.54 l/s
 Coef. M_{ax} Prom Agua Resid = 1.82

Medición Caudales Agua Residual

Lugar: Registro Descarga Edif Adm/Empleados
 Diámetro tubería descarga: 6.00 Pulg
 0.1524 mt

Tabla No. 5.2.7

Medición Caudales Agua Residual en Registro Descarga Edificio Administrativo y de Empleados. Mediciones Días 1 y 2

FECHAS	No.	Horas	Vol conocido (lt)	Tiempo Inicio llenado	Tiempo Finalización del llenado	Tiempo llenado (Min)	Q horario (l/s)
9/6/2006	1	7:36	3.78	7:36	7:41	0:05	0.013
	2	8:15	3.78	8:15	8:16	0:01	0.063
	3	9:15	3.78	9:15	9:17	0:02	0.032
	4	10:15	3.78	10:15	10:19	0:04	0.016
	5	11:15	3.78	11:15	11:16	0:01	0.063
	6	12:15	3.78	12:15	12:21	0:06	0.011
	7	13:15	3.78	13:15	13:16	0:01	0.063
	8	14:15	3.78	14:15	14:17	0:02	0.032
	9	15:15	3.78	15:15	15:19	0:04	0.016
	10	16:15	3.78	16:15	16:16	0:01	0.063
	11	17:15	3.78	17:15	17:18	0:03	0.021
	12	18:15	3.78	18:15	18:19	0:04	0.016
	13	19:15	3.78	19:15	19:17	0:02	0.032

10/6/2006	14	13:05	3.78	13:05	13:08	0:03	0.021
	15	13:50	3.78	13:50	13:52	0:02	0.032
	16	14:50	3.78	14:50	14:51	0:01	0.063
	17	15:50	3.78	15:50	15:53	0:03	0.021
	18	16:50	3.78	16:50	16:51	0:01	0.063
	19	17:50	3.78	17:50	17:51	0:01	0.063

Caudal medio horario Día 1 y 2 = 0.037 l/s
 Caudal pico inst promedio Día 1 y 2 = 0.063 l/s
 Coef. M_{ax} Promedio de Agua Residual 1.71

Tabla No. 5.2.8 a

Caudales Afluentes Planta de Tratamiento Agua Residuales
Mediciones Día 1

FECHAS	No. Lecturas	HORA	LECTURAS	Q horario (GPH)
Viernes 9/6/2006	1	7:00	891837	6530
	2	8:00	892490	7090
	3	9:00	893199	8500
	4	10:00	894049	7110
	5	11:00	894760	8080
	6	12:00	895568	7910
	7	13:00	896359	7920
	8	14:00	897151	7800
	9	15:00	897931	8040
	10	16:00	898735	7450
	11	17:00	899480	7980
	12	18:00	900278	8130
	13	19:00	901091	7530
	14	20:00	901844	8010
	15	21:00	902645	8460
	16	22:00	903491	7830
	17	23:00	904274	8020
Sábado 10/6/2006	18	0:00	905076	8620
	19	1:00	905938	7730
	20	2:00	906711	11710
	21	3:00	907882	7900
	22	4:00	908672	7680
	23	5:00	909440	2990
	24	6:00	909739	0

Tabla No. 5.2.8 b

Caudales Afluentes a Planta de Tratamiento Agua Residuales
Mediciones Día 2

FECHAS	No. Lecturas	HORA	LECTURAS	Q horario (GPH)
Sábado 10/6/2006	1	7:00	909739	4670
	2	8:00	910206	9510
	3	9:00	911157	10760
	4	10:00	912233	10040
	5	11:00	913237	10670
	6	12:00	914304	2030
	7	13:00	914507	4700
	8	14:00	914977	7500
	9	15:00	915727	8260
	10	16:00	916553	7480
	11	17:00	917301	7860
	12	18:00	918087	7840
	13	19:00	918871	7890
	14	20:00	919660	8030
	15	21:00	920463	7970
	16	22:00	921260	7880
	17	23:00	922048	8340
Domingo 11/6/2006	18	0:00	922882	8380
	19	1:00	923720	7510
	20	2:00	924471	8110
	21	3:00	925282	18040
	22	4:00	927086	4800
	23	5:00	927566	0
	24	6:00	927566	0

Tabla No. 5.2.8 c

Caudales Afluentes a Planta de Tratamiento Agua Residuales
Mediciones Día 3

FECHAS	No. Lecturas	HORA	LECTURAS	Q horario (GPH)
Sábado 7/10/2006	1	7:00	133290	7060
	2	8:00	133996	6490
	3	9:00	134645	6000
	4	10:00	135245	6560
	5	11:00	135901	6540
	6	12:00	136555	5920
	7	13:00	137147	6600
	8	14:00	137807	4870
	9	15:00	138294	7240
	10	16:00	139018	5530
	11	17:00	139571	6160
	12	18:00	140187	5990
	13	19:00	140786	6200
	14	20:00	141406	7380
	15	21:00	142144	6480
	16	22:00	142792	5700
	Domingo 8/10/2006	17	23:00	143362
18		0:00	144011	7610
19		1:00	144772	5330
20		2:00	145305	6540
21		3:00	145959	10450
22		4:00	147004	3500
23		5:00	147354	5640
24		6:00	147918	0

Tabla No. 5.2.8 d

Caudales Afluentes a Planta de Tratamiento Agua Residuales
Mediciones Día 4

FECHAS	No. Lecturas	HORA	LECTURAS	Q horario (GPH)
Sábado 28/10/06	1	7:00	523050	5800
	2	8:00	523630	6800
	3	9:00	524310	7320
	4	10:00	525042	6860
	5	11:00	525728	6240
	6	12:00	526352	6050
	7	13:00	526957	7230
	8	14:00	527680	7080
	9	15:00	528388	5360
	10	16:00	528924	8100
	11	17:00	529734	12980
	12	18:00	531032	15340
	13	19:00	532566	13370
	14	20:00	533903	17320
	15	21:00	535635	16120
	16	22:00	537247	13570
	17	23:00	538604	10340
Domingo 29/10/06	18	0:00	539638	14050
	19	1:00	541043	13250
	20	2:00	542368	9720
	21	3:00	543340	0
	22	4:00	542549	0
	23	5:00	543273	0
	24	6:00	543976	0

Tabla No. 5.2.9 a

Cálculo Desviación Típica o Estándar Caudales Agua Residual

Registro Descarga Edificio Turista		Registro Descarga Edificio Empleados		Registro Descarga Cocina-Restaurant	
N	Q (l/s)	N	Q (l/s)	N	Q (l/s)
1	0.129	1	0.013	1	0.246
2	0.235	2	0.063	2	1.238
3	0.246	3	0.032	3	1.028
4	0.129	4	0.016	4	1.642
5	0.129	5	0.063	5	2.117
6	0.015	6	0.011	6	2.016
7	0.055	7	0.063	7	2.667
8	0.055	8	0.032	8	2.667
9	0.055	9	0.016	9	2.438
10	0.080	10	0.063	10	4.006
11	0.194	11	0.021	11	2.117
12	0.410	12	0.016	12	3.295
13	0.194	13	0.032	13	2.117
14	0.121	14	0.014	14	1.824
15	0.147	15	0.014	15	2.117
16	0.060	16	0.042	16	1.238
17	0.286	17	0.007	17	0.901
18	0.329	18	0.042	18	0.901
19	0.542	19	0.084	19	1.472
20	0.428	Desv Est (l/s)	0.023	20	1.238
21	0.542			21	1.238
22	0.542			22	2.117
23	0.286			23	1.238
24	0.121			24	2.117
25	0.286			25	2.117
26	0.286			26	2.117
27	0.542			27	2.117
Desv Est (l/s)	0.168			28	3.295
				29	2.117
				30	2.117
				31	2.117
				32	1.238
				33	1.238
				34	1.824
				35	1.824
				36	2.117
				37	1.238
				38	2.117
				39	2.117
				40	2.117
				41	1.824
				42	1.642
				43	0.626
				44	1.028
				45	1.238
				46	1.238
				47	1.472
				48	2.438
				49	0.901
				50	0.901
				Desv Est (l/s)	0.588

Desviación típica o estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Donde:

Xi: medidas

X: media

N: total de mediciones

Tabla No. 5.2.9 b

Cálculo Desviación Típica o Estándar Caudales Agua Residual

Registro Descarga Lavandería							
N	Q1 (l/s)	N	Q2 (l/s)	N	Q1 (l/s)	N	Q2 (l/s)
1	1.008	1	1.008	58	5.040	58	0.806
2	1.260	2	0.448	59	2.520	59	1.344
3	1.260	3	1.344	60	5.040	60	4.032
4	1.680	4	4.032	61	2.520	61	0.672
5	2.520	5	2.016	62	5.040	62	4.032
6	1.260	6	2.016	63	5.040	63	2.016
7	5.040	7	2.016	64	5.040	64	4.032
8	1.680	8	4.032	65	1.680	65	2.016
9	2.520	9	0.367	66	5.040	66	5.040
10	1.680	10	0.806	67	2.520	67	1.008
11	0.720	11	1.344	68	2.520	68	0.448
12	2.520	12	2.016	69	5.040	69	4.032
13	1.680	13	4.032	70	5.040	70	0.448
14	2.520	14	2.016	71	5.040	71	2.016
15	1.680	15	0.288	72	2.520	72	2.016
16	2.520	16	0.504	73	5.040	73	1.344
17	1.260	17	4.032	74	2.520	74	1.344
18	2.520	18	5.040	75	5.040	75	1.344
19	5.040	19	2.016	76	2.520	76	4.032
20	2.520	20	1.008	77	1.680	77	0.403
21	5.040	21	2.016	78	2.520	78	4.032
22	2.520	22	2.016	79	2.520	79	1.344
23	5.040	23	1.008	80	2.520	80	1.344
24	2.520	24	1.344	81	2.520	81	0.806
25	5.040	25	0.672	82	2.520	82	4.032
26	2.520	26	1.344	83	5.040	83	4.032
27	1.680	27	1.344	84	0.840	84	2.016
28	5.040	28	0.504	85	2.520	85	4.032
29	1.680	29	0.448	86	1.260	86	2.016
30	5.040	30	1.344	87	2.520	87	1.344
31	5.040	31	4.032	88	2.520	88	1.344
32	5.040	32	2.016	89	5.040	89	4.032
33	2.520	33	1.680	90	1.680	90	4.032
34	2.520	34	1.680	91	1.680	91	0.367
35	1.680	35	0.806	92	0.840	92	0.448
36	2.520	36	1.008	93	2.520	93	2.016
37	5.040	37	1.008	94	1.680	94	1.344
38	2.520	38	0.806	95	5.040	95	1.008
39	5.040	39	4.032	96	2.520	96	1.008
40	5.040	40	0.806	97	5.040	97	0.672
41	2.520	41	0.310	98	1.260	98	0.288
42	1.680	42	4.032	99	2.520	99	2.016
43	2.520	43	0.367	100	5.040	100	1.344
44	5.040	44	0.806	101	2.520	101	0.367
45	2.520	45	2.016	102	5.040	102	0.806
46	5.040	46	4.032	103	5.040	103	1.344
47	5.040	47	2.520	104	5.040	104	1.344
48	2.520	48	4.032	105	2.520	105	2.016
49	5.040	49	0.403	106	5.040	106	1.344
50	2.520	50	4.032	107	5.040	107	1.008
51	2.520	51	0.448	108	1.680	108	0.8064
52	1.260	52	2.016	109	0.840	109	1.344
53	5.04	53	2.016	110	2.520	110	
54	5.04	54	2.52	111	2.520	111	
55	2.52	55	1.344	112	5.040	112	
56	2.52	56	1.344				
57	2.52	57	2.016	Desv Est (l/s)	1.485	Desv Est (l/s)	1.304

Tabla 6.1

Comparación Valores de Dotación de Agua Potable en Hoteles

Instituciones/Textos	Dotación Agua Potable	Unidad	Porcentaje
Corbitt et al (2003)	227	l/habitación-día	8%
López Cualla (1995)	500	l/habitación-día	18%
CAASD*	500	l/habitación-día	18%
SEOPC (Sin publicar)	500	l/habitación-día	18%
PNOTT (1992) (Actualizado 1996)	975	l/hab/día	35%
Ings y Cías Independientes	1000	l/habitación - día	36%
PASCT (1998)	1,400	l/habitación ocupada -día	50%
Resultado de esta investigación	2,786	l/habitación ocupada -día	100%
Metcalf & Eddy (1995)	230	l/huésped.día	16%
Steel and McGhee (1981)	340	l/habitante.día	24%
PNUD (2005). Mejores prácticas	558	l/huésped-día	39%
PNUD (2005). Hoteles Caribe	820	l/huésped-día	58%
Resultado de esta investigación	1,420	l/turista/día	100%

NOTAS:

* Para fines de esta comparación, se duplicó el valor de la dotación contemplada en la norma de la CAASD, para tomar en consideración el caso de habitaciones con 2 camas.

PASCT: Proyecto de Agua y Saneamiento en Centros Turísticos

PNOTT: Plan Nacional de Ordenamiento del Territorio Turístico

PNUD (2005): Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Informe Nacional del Desarrollo Humano, 2005.

Tabla No. 5.2.11

Porcentaje de agua residual aportado por cada instalación a la PTAR		
	Q medio (gal/día)	Porcentaje Agua Resid aportado
Afluente PTAR	187,120.45	100%
Lavandería	57,381.41	30.67%
* Cocina	40,694.31	21.75%
** Edif de Turistas	209.59	0.11%
Edif Empl y Adm	841.41	1.47%

Notas:

*Caudal correspondiente a la cocina de mayor actividad

**Caudal correspondiente a un edificios de 36 habitaciones

Tabla 6.2

Comparación Valores Caudales de Agua Residual en Hoteles

Instituciones	Caudales Agua Residual	Unidad	Porcentaje
López Cualla (1995)	375	l/habitación-día	30%
Corbitt et al (2003)	230	l/habitación-día	18%
CAASD*	475	l/habitación-día	38%
PNOTT (1992) (Actualizado 1996)	926	l/habitación-día	73%
PASCT (1998)	1,074	l/habitación ocupada -día	85%
Resultado de esta investigación	1,265	l/habitación ocupada -día	100%
Metcalf & Eddy (1995)	230	l/turista-día	36%
Steel and McGhee (1981)	225	l/turista-día	35%
Resultado de esta investigación	646	l/turista-día	100%

Nota: Considerando un factor de retorno igual a 95% (fracción del agua potable que se convierte en agua residual)

ANEXO II

Tablas Resúmenes Resultados Análisis del Agua Potable
Tablas Resúmenes Resultados Análisis del Agua Residual
Reportes Análisis de Laboratorio

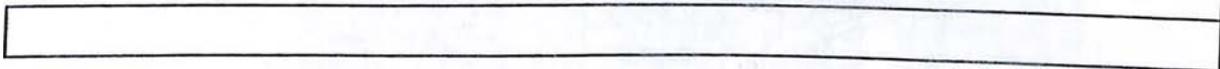


Tabla 5.3.1

Concentraciones de los Parámetros del Agua Potable

Parámetros	Muestra Día 1 (14/11/06)	Muestra Día 2 (27/12/06)	Promedios
Conductividad (µs/cm)	760	1191.00	975.5
Alcalinidad (mg/l)	214.13	220.49	217.31
Cloruros (mg/l)	123.21	119.14	121.175
Sólidos Totales(mg/l)	432.43	628	530.215
Temperatura (°C)	24	26	25

Fuente: Muestréos y análisis de laboratorio realizados en Noviembre y Diciembre del 2006 (Reportes de laboratorio en los anexos).

Tabla 5.3.2

Concentraciones de los Contaminantes del Agua Residual

Parámetros	Registros de Descarga											
	Edificio Turistas			Cocina			Lavandería			Edif Adm y Empleados		
	M1	M2	Promedio	M1	M2	Promedio	M1	M2	Promedio	M1	M2	Promedio
pH	7.91	7.70	7.81	9.49	6.09	7.79	6.63	8.60	7.62	7.62	7.90	7.76
Grasas y Aceites (mg/l)	4.20	8.33	6.27	2030.50	60.40	1045.45	35.30		17.65	6.30	21.10	13.70
DBO ₅ (mg/l)	130.50	44.40	87.45	2764.40	1667.00	2215.70	420.20	688.90	554.55	2.20	188.90	95.55
DQO (mg/l)	234.90	80.00	157.45	4976.00	3000.00	3988.00	756.40	1240.00	998.20	3.90	340.00	171.95
SS (mg/l)	84.00	100.00	92.00	622.00	760.00	691.00	255.00	45.00	150.00		250.00	125.00
N Total (mg/l)	8.40	5.00	6.70	72.20		36.10	34.70	201.60	118.15		50.90	25.45
P (mg/l)	1.20	0.80	1.00	5.80	11.00	8.40	2.80	11.60	7.20		3.40	1.70
Cloruros (mg/l)	159.20	123.10	141.15	261.30	203.10	232.20	271.90	163.10	217.50	155.20	190.80	173.00
Temperatura (°C)	24.00	26.00	25.00	30.00	29.00	29.50	28.00	26.00	27.00	26.00	28.00	27.00
Coliformes totales (NMP/100 ml)		4.6E+07			2.4E+14			300.00			1.1E+08	

Fuente: Muestréos y análisis de laboratorio realizados en Noviembre y Diciembre del 2006 (Reportes de laboratorio en los anexos).

M1: muestra 1, M2: muestra 2

Tabla 5.3.3

Concentraciones Promedio de los Contaminantes del Agua Residual Afluente y Efluente de la Planta de Tratamiento

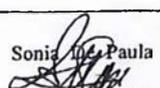
Parámetros	Afluente PTAR				Efluente PTAR				* Límites Norma
	M1	M2	M3	Prom	M1	M2	M3	Prom	
pH	7.06	6.70	7.30	7.02	7.05	6.93	7.10	7.03	7.50
Grasas/Aceites (mg/l)		32.60	13.00	22.80		3.10	8.50	5.80	10.00
DBO ₅ (mg/l)	114.30	132.70	97.20	114.73	8.42	77.40	55.60	47.14	50.00
DQO (mg/l)	205.74	238.80	175.00	206.51	15.15	139.30	100.00	84.82	160.00
SS (mg/l)	135.00	133.50	40.00	102.83	20.00	100.00	50.00	56.67	50.00
N Total (mg/l)		20.20	130.50	75.35		0.56	710.60	237.05	18.00
P (mg/l)		1.80	1.20	1.50		0.80	0.80	0.80	2.00
Cloruros (mg/l)	112.53	160.10	304.60	192.41	100.00	168.70	144.60	137.77	250.00
Temp (°C)		28.00	26.00	27.00		28.00	26.00	27.00	
Coliformes totales (NMP/100 ml)			4.60E+09	4.60E+09			7.50E+04	7.50E+04	1.00E+03

Fuente: Muestréos y análisis de laboratorio realizados en Noviembre y Diciembre del 2006 (Reportes de laboratorio en los anexos).

Notas:

1- Los resultados del laboratorio de la muestra 2 (M2) sólo reportaron la presencia de coliformes totales en la muestra sin determinar el valor específico del recuento de los coliformes. En la muestra 1 (M1) no se analizaron coliformes totales.

2- Valores permisibles de los parámetros tomados de la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga. El límite máximo del N total fue tomado de la Norma Ambiental sobre Calidad de Agua Subterránea y Descarga al Sub-suelo de la Sub-secretaría de Suelos y Agua.

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI) Calle Olof Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Apto. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N. INFORME DE LABORATORIO		- No.9866												
		2007	01	19										
RNC 430-00016-7		Año	Mes	Día										
DATOS DEL SOLICITANTE														
Nombre <u>NANCY CAMPUSANO</u> Tel. <u>809-472-1819</u> Fax: <u>809-</u>														
Institución: <u>INECO INTERNACIONAL</u> Apto. Postal <u>N/A</u>														
Dirección: <u>EUCLIDES DE MORILLO NO. 84, A-302</u>														
DATOS DEL SERVICIO														
Tipo servicio: <u>SAE - 1346</u> Fecha de recibo <u>2006-11/14</u> Fecha de entrega <u>2007/01/19</u>														
Muestra: <u>Dice: CISTERNA ABAST. AGUA POTABLE IFA, VILLAS BAVARO</u> No. Lote <u>N/A</u> No. de Registro <u>3192</u>														
Condiciones de la Muestra: <u>TAL COMO SE RECIBIO</u>														
Tipo de muestreo: <u>N/A</u>														
Resultado(s)														
EN LA MUESTRA ANALIZADA:														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">DETERMINACIONES</th> <th style="width: 50%;">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">CONDUCTIVIDAD</td> <td style="text-align: center;">760.00 µS/cm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PH</td> <td style="text-align: center;">7.12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ALCALINIDAD</td> <td style="text-align: center;">214.13 mg/L</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SÓLIDOS TOTALES</td> <td style="text-align: center;">432.43 mg/L</td> </tr> </tbody> </table>					DETERMINACIONES	RESULTADOS	CONDUCTIVIDAD	760.00 µS/cm	PH	7.12	ALCALINIDAD	214.13 mg/L	SÓLIDOS TOTALES	432.43 mg/L
DETERMINACIONES	RESULTADOS													
CONDUCTIVIDAD	760.00 µS/cm													
PH	7.12													
ALCALINIDAD	214.13 mg/L													
SÓLIDOS TOTALES	432.43 mg/L													
Metodología: <u>2510, 4500-H* B, 2320-B, 2540-C</u>														
Referencias: <u>STANDARD METHODS AND EXAMINATION OF WATER APHA-AWWA-WPCF</u>														
Material de Referencia: <u>N/A</u>														
Equipo(s) utilizado(s): <u>pHmetros, conductímetro y Equipos adecuados para la determinación.</u>														
Calibración: <u>Vigente</u>														
Firmas:														
 Sonia de Paula Analista o Investigador		 Jefe División		 Coordinador Responsable										

NOTA: Este Informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No. 3: División responsable de estudio

RNC 430-00016-7

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre NANCY CAMPUSANO Tel. 809-472-1819 Fax: 809-
Institución: INECO INTERNACIONAL Aptdo. Postal N/A
Dirección: EUCLIDES DE MORILLO NO. 84, A-302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE - 1346 Fecha de recibo 2006-11/14 Fecha de entrega 2006-11-27
Muestra: Dice: CISTERNA ABAST. AGUA POTABLE IFA, VILLAS BAVARO No. Lote N/A No. de Registro 3192
Condiciones de la Muestra: TAL COMO SE RECIBIO
Tipo de muestreo: N/A

Resultado(s)

EN LA MUESTRA ANALIZADA:

DETERMINACION	RESULTADO
CLORUROS	123.21 mg/L

Metodología: 4500-Cl B

Referencias: STANDARD METHODS AND EXAMINATION OF WATER APHA-AWWA-WPCF

Material de Referencia: N/A

Equipo(s) utilizado(s): Balanza, buretas, matraces y Equipos adecuados para la determinación.

Calibración: Vigente

Firmas:

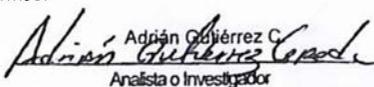
Sonia De Paula
Analista o Investigador

Jefe División

AD
Coordinador Responsable

NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI) Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N. INFORME DE LABORATORIO		No.10075											
		2007	01 02										
DATOS DEL SOLICITANTE													
Nombre	NANCY CAMPUSANO		Tel. 809-472-1818 Fax: 809-472-1819										
Institución:	INECO INTERNACIONAL		Aptdo. Postal N/A										
Dirección:	EUCLIDES DE MORILLO No. 84, A-302												
DATOS DEL SERVICIO													
Tipo servicio:	SAE -1534	Fecha de recibo	2006-12-27 Fecha de entrega 2007/01/02										
Muestra:	Dice: CISTERNA AGUA POTABLE IFA VILLAS BAVARO		No. Lote N/A No. de Registro 3579										
Condiciones de la Muestra:	Tal como se recibió en galón												
Tipo de muestreo:	N/A												
Resultado(s):	En la muestra analizada:												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DETERMINACIONES</th> <th>RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pH</td> <td>7.02</td> </tr> <tr> <td>ALCALINIDAD</td> <td>220.49 mg/L</td> </tr> <tr> <td>SÓLIDOS DISUELTOS</td> <td>628.00 mg/L</td> </tr> <tr> <td>CONDUCTIVIDAD</td> <td>1191.00 μS/cm</td> </tr> </tbody> </table>				DETERMINACIONES	RESULTADOS	pH	7.02	ALCALINIDAD	220.49 mg/L	SÓLIDOS DISUELTOS	628.00 mg/L	CONDUCTIVIDAD	1191.00 μ S/cm
DETERMINACIONES	RESULTADOS												
pH	7.02												
ALCALINIDAD	220.49 mg/L												
SÓLIDOS DISUELTOS	628.00 mg/L												
CONDUCTIVIDAD	1191.00 μ S/cm												
DETERMINACIONES POR DUPLICADO													
Metodología:	4500 H*B, 2320-B, 2540-C, 2510												
Referencias:	STANDARD METHODS AND EXAMINATION OF WATER												
Material de Referencia:	N/A												
Equipo(s) utilizado(s):	BALANZA, CONDUCTIMETRO, POTENCIOMETRO Y EQUIPOS ADECUADOS PARA LAS DETERMINACIONES												
Calibración:	Vigente												
Firmas:	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  Adrián Guzmán Capod Analista o Investigador </div> <div style="text-align: center;"> _____ Jefe División </div> <div style="text-align: center;">  _____ Coordinador Responsable </div> </div>												
NOTA: Este Informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI.													
Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable													

11-50-03

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI)
Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N.
INFORME DE LABORATORIO

No.10075

2007 01 02

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre NANCY CAMPUSANO Tel. 809-472-1818 Fax: 809-472-1819
Institución: INECO INTERNACIONAL Aptdo. Postal N/A
Dirección: EUCLIDES DE MORILLO No. 84, A-302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE -1534 Fecha de recibo 2006-12-27 Fecha de entrega 2007/01/02
Muestra: Dice: CISTERNA AGUA POTABLE IFA VILLAS BAVARO No. Lote N/A No. de Registro 3579
Condiciones de la Muestra: Tal como se recibió en galón
Tipo de muestreo: N/A

Resultado(s): En la muestra analizada:

DETERMINACION	RESULTADO
CLOURUOS	199.14 mg/L

DETERMINACION POR DUPLICADO

Metodología: 4500-Cl

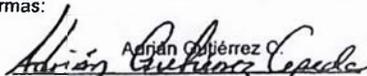
Referencias: STANDARD METHODS AND EXAMINATION OF WATER

Material de Referencia: N/A

Equipo(s) utilizado(s): EQUIPOS ADECUADOS PARA LA DETERMINACION

Calibración: Vigente

Firmas:


Adrían Gutiérrez Cepeda
Analista o Investigador

Jefe División


Coordinador Responsable

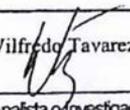
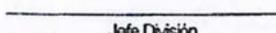
NOTA: Este Informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI.

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI) ANTES INSTITUTO DOMINICANO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL (INDOTEC) Calle Oloff Paimé Esq. Nuñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N. INFORME DE LABORATORIO		No.8740			
		2006	03	22	
RNC 430-00016-7		Año	Mes	Día	
DATOS DEL SOLICITANTE					
Nombre:	Nancy Campusano		Tel. 809-472-1818	Fax: 809-472-1819	
Institución:	Ineco Internacional		Aptdo. Postal N/A		
Dirección:	Euclides Morillo #84, A302				
DATOS DEL SERVICIO					
Tipo servicio:	SAE-0321	Fecha de recibo:	16/03/2006	Fecha de entrega:	22/03/2006
Muestra:	Dicen: AGUA	No. Lote:	N/A	No. de Registro:	0670-0674
Condiciones de la Muestra: TAL COMO SE RECIBIERON.					
Tipo de muestreo: REALIZADO POR EL CLIENTE					
Resultado(s) EN LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S):					
IFA VILLAS BAVARO					
	Afluente General	Desengrasado	Efluente #3		
Determinaciones					
PH	7.06	7.12	7.05		
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	114.30	89.50	8.42		
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	205.74	161.10	15.15		
Cloruros (mg/L)	112.53	109.00	100.00		
Sólidos Suspendidos (mg/L)	135.0	100.0	20.0		
Metodología: 4500H+, 5210, 5520, 2540, 4500-CL					
Referencias: APHA- AWWA-WPCF, EDICION 1995.					
Material de Referencia: BUFFER PH 4 Y 7					
Equipo(s) utilizado(s): PH METRO, HORNO, BALANZA, INCUBADORA					
Calibración: Vigente					
Firmas:	Lic. Rafaelina Vargas Ing. Wilfredo Tavaréz	Lic. Rafaelina Vargas	Coordinador Responsable		
	Analista o Investigador	Jefe División			

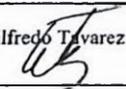
NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI)						No.9866	
Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N.						2006	11
INFORME DE LABORATORIO						Año	Día
RNC 430-00016-7						Mes	22
DATOS DEL SOLICITANTE							
Nombre <u>Nancy Campusano</u>		Tel. <u>809-472-1819</u>		Fax: <u>809-472-1819</u>			
Institución: <u>INECO Internacional</u>		Aptdo. Postal <u>N/A</u>					
Dirección: <u>Euclides Morillo #84, A302</u>							
DATOS DEL SERVICIO							
Tipo servicio: <u>SAE-1346</u>		Fecha de recibo <u>14/11/2006</u>		Fecha de entrega <u>22/11/006</u>			
Muestra: <u>Dicen: AGUA RESIDUAL</u>		No. Lote <u>N/A</u>		No. de Registro <u>3192-97</u>			
Condiciones de la Muestra: <u>TAL COMO SE RECIBIO.</u>							
Tipo de muestreo: <u>REALIZADO POR EL CLIENTE</u>							
Resultado(s) <u>EN LA S MUESTRAS ANALIZADAS:</u>							
Determinaciones	M-3192 Edificio Turistas	M-3193 Registro Cocina	M-3194 Registro Lavandería	M-3195 Descarga Edificio Empleado	M-3196 Salida Planta Tratamiento	M-3197 Entrada Planta Tratamiento	
pH	7.91	9.49	6.63	7.62	6.93	6.70	
Grasas y Aceites (mg/L)	4.2	2030.5	35.3	6.3	3.1	32.6	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	130.5	2764.4	420.2	2.2	77.4	132.7	
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	234.9	4976.0	756.4	3.9	139.3	238.8	
Nitrógeno Total (mg/L)	8.4	72.2	34.7	<L.D	0.56	20.2	
Fósforos (mg/L)	1.2	5.8	2.8	<L.D	0.8	1.8	
Sólidos Suspendidos (mg/L)	84.0	622.0	255.0	<L.D	100.0	133.5	
L.D= LIMITE DE DETECCION Para Nitrógeno Amoniacal = 0.10mg/L Para el Fósforo = 0.10mg/L Para Sólidos Suspendidos 0.10mg/L							
Metodología: <u>4500-H+, 5210, 5220, 4500-N, 4500-P, 2540-DD</u>							
Referencias: <u>APHA- AWWA-WPCF, EDICION 1995.</u>							
Material de Referencia: <u>KH₂PO₄, BUFFER PH 4 Y 7</u>							
Equipo(s) utilizado(s): <u>ESPECTROFOTOMETRO UV-VISIBLES, HORNO, BALANZA , pHMETRO</u>							
Calibración: <u>Vigente</u>							
Firmas:							
Ing. Wilfredo Tavarez		Jefe División		Coordinador Responsable			
							
Analista Investigador				Coordinador Responsable			

NOTA: Este Informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI)						No.9866		
Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N. INFORME DE LABORATORIO						2006	11	22
RNC 430-00016-7						Año	Mes	Día
DATOS DEL SOLICITANTE								
Nombre <u>Nancy Campusano</u>			Tel. <u>809-472-1819</u>		Fax: <u>809-472-1819</u>			
Institución: <u>INECO Internacional</u>						Aptdo. Postal <u>N/A</u>		
Dirección: <u>Euclides Morillo #84, A302</u>								
DATOS DEL SERVICIO								
Tipo servicio: <u>SAE-1346</u>			Fecha de recibo <u>14/11/2006</u>		Fecha de entrega <u>22/11/006</u>			
Muestra: <u>Dicen: AGUA RESIDUAL</u>			No. Lote <u>N/A</u>		No. de Registro <u>3192-97</u>			
Condiciones de la Muestra: <u>TAL COMO SE RECIBIO.</u>								
Tipo de muestreo: <u>REALIZADO POR EL CLIENTE</u>								
Resultado(s) <u>EN LA S MUESTRAS ANALIZADAS:</u>								
Determinaciones	M-3192 Edificio Turistas	M-3193 Registro Cocina	M-3194 Registro Lavanderia	M-3195 Descarga Edificio Empleado	M-3196 Salida Planta Tratamiento	M-3197 Entrada Planta Tratamiento		
Cloruros (mg/L)	159.2	261.3	271.9	155.2	168.7	160.1		
Metodología: <u>4500-CL-</u>								
Referencias: <u>APHA- AWWA-WPCF, EDICION 1995.</u>								
Material de Referencia: <u>N/A</u>								
Equipo(s) utilizado(s): <u>BURETA, AGITADOR MAGNETICO</u>								
Calibración: <u>Vigente</u>								
Firmas:								
<u>Ing. Wilfredo Tovar</u> 								
Analista o Investigador			Jefe División			Coordinador Responsable		
NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI								

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IBI)

Calle Obf. Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N.
INFORME DE LABORATORIO

No.10075		
2007	1	11
Año	Mes	Día

RNC 430-00018-7

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre Nancy Campusano Tel. 809-472-1819 Fax 809-472-1819
 Institución: INECO Internacional Aptdo. Postal N/A
 Dirección: Euclides Morillo #84, A-302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE-1534 Fecha de recibo 27/12/2006 Fecha de entrega 11/01/2007
 Muestra: Dicen: AGUA RESIDUAL No. Lote N/A No. de Registro 3571-3574
 Condiciones de la Muestra: TAL COMO SE RECIBIO.
 Tipo de muestreo: REALIZADO POR EL CLIENTE
 Resultado(s) EN LA S MUESTRAS ANALIZADAS:

Determinaciones	M-3571 Edificio salida Turistas	M-3572 Registro salida Cocina	M-3573 Registro Salida Lavandería	M-3574 Registro salida Edificio Empleado
pH	7.70	6.09	8.6	7.9
Grasas y Aceites (mg/L)	8.33	60.4	< L D	21.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	44.4	1666.7	688.9	188.9
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	80.0	3000.0	1240.0	340.0
Nitrógeno Total (mg/L)	5.0	< L D	201.6	50.9
Fósforos (mg/L)	0.8	11.0	11.6	3.4
Sólidos Suspendidos (mg/L)	100	760	45	250

LIMITE DE DETECCION:
 Para Nitrógeno total = 0.10mg/L
 Para grasas y aceites=0.20 mg/L
 Para Sólidos Suspendidos= 0.10mg/L

Metodología: 4500-IT, 5210, 5220, 4500-N, 4500-P, 2540-DD

Los resultados que se indican en este informe se refieren exclusivamente a la muestra analizada y

Referencias: APHA- AWWA-WPCF, EDICION 2005

no establece juicio alguno sobre la calidad del lote a que pertenece, ni la producción de la empresa.

Material de Referencia: KH₂PO₄ BUFFER PH 4 Y 7

Equipo(s) utilizado(s): ESPECTROFOTOMETRO UV-VISIBLES, HORNO, BALANZA , PHMETRO

Calibración: Vigente

Firmas:

Ing. Wilfredo Tavarez

Analista o Investigador

Jefe División

Coordinador Responsable

NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI)

Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N.
INFORME DE LABORATORIO

No.10075

2007	01	11
Año	Mes	Día

RNC 430-00016-7

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre Nancy Campusano Tel. 809-472-1819 Fax: 809-472-1819
 Institución: INECO Internacional Aptdo. Postal N/A
 Dirección: Fuclides Merillo #84, A302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE-1534 Fecha de recibo 27/12/2007 Fecha de entrega 11/01/2007
 Muestra: Dicen: AGUA RESIDUAL No. Lote N/A No. de Registro 3575-3578
 Condiciones de la Muestra: TAL COMO SE RECIBIO.
 Tipo de muestreo: REALIZADO POR EL CLIENTE
 Resultado(s) EN LA S MUESTRAS ANALIZADAS:

Determinaciones	M-3575 Salida Planta Tratamiento (Aguas residual)	M-3576 Entrada Planta Tratamiento	M-3577 Salida Planta Tratamiento 4:00 A.M	M-3578 Entrada Planta Tratamiento 4:00 A.M
pH	7.3	7.3	7.1	7.3
Grasas y Aceites (mg/L)	< L D	< L D	8.5	13.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	6.9	11.1	55.6	97.2
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	12.5	20.0	100.0	175.0
Nitrógeno Total (mg/L)	< L D	< L D	710.6	130.5
Fósforos (mg/L)	0.6	0.7	0.8	1.2
Sólidos Suspendidos (mg/L)	< L D	< L D	50	40

L.D= LIMITE DE DETECCION:
 Para Nitrógeno total = 0.10mg/L
 Para Sólidos Suspendidos= 0.10mg/L
 Para grasas y aceites =0.20 mg/L

Metodología: 4500-H+, 5210, 5220, 4500-N, 4500-P, 2540-DD

Referencias: APHA- AWWA-WPCF, EDICION 2005

Material de Referencia: KH₂PO₄, BUFFER PH 4 Y 7

Equipo(s) utilizado(s): ESPECTROFOTOMETRO UV-VISIBLES, HORNO, BALANZA , pHMETRO

Calibración: Vigente

Firmas:

Ing. Wilfredo Alvarez

Analista o Investigador

Jefe División

[Firma]
 Coordinador Responsable

NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

RNC 430-00016-7

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre Nancy Campusano Tel. 809-472-1819 Fax: 809-472-1819
 Institución: INECO Internacional Apto. Postal N/A
 Dirección: Euclides Morillo #84, A302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE-1534 Fecha de recibo 27/12/2006 Fecha de entrega 11/01/2007
 Muestra: Dicen: AGUA RESIDUAL No. Lote N/A No. de Registro 3571-3578

Condiciones de la Muestra: TAL COMO SE RECIBIO.

Tipo de muestreo: REALIZADO POR EL CLIENTE

Resultado(s) EN LA S MUESTRAS ANALIZADAS:

Determinación	
	Cloruros (mg/L)
M-3571 Edificio salida Turistas	123.1
M-3572 Registro salida Cocina	203.1
M-3573 Registro salida Lavanderia	163.1
M-3574 Registro salida Edificio Empleados	190.8
M-3575 Salida Planta Tratamiento (a.r)	147.7
M-3576 Entrada Planta Tratamiento (a. r)	147.7
M-3577 Salida planta tratamiento 4:00 A.M	144.6
M-3578 Entrada planta tratamiento 4:00 A.M	304.6

Metodología: 4500-CL-

Referencias: APHA- AWWA-WPCF, EDICION 2005

Material de Referencia: N/A

Equipo(s) utilizado(s): BURETA, AGITADOR MAGNETICO

Calibración: Vigente

Firmas:

Ing. Wilfredo Alvarez

Analista o Investigador

Jefe División

Coordinador Responsable

NOTA: Este Informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI)

Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N.

INFORME DE LABORATORIO

No 9866

2006	11	21
Año	Mes	Día

RNC 430-00016-7

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre Nancy Campusano Tel. (809) 472-1819 Fax: 472-1819
Institución: INECO INTERNACIONAL Aptdo. Postal No aplica
Dirección: C/ Eucides de Morillo No.84, Apto. A-302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE - 1346 Fecha de recibo 2006-11-14 Fecha de entrega 2006-11-21
Muestra: Dice: Agua (Registro lavandería, IFA, Villas Bávaro) No. Lote No aplica No. de Registro 3194
Condiciones de la Muestra: Tal como se recibió , en envase plástico con tapa de rosca .
Tipo de muestreo: No aplica

Resultado(s):

EN LA MUESTRA ANALIZADA:

Recuento total de Coliformes por el método del
número más probable en 100 mL de muestra _____ \geq 1600

Metodología: 9221C

Referencias: Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater. APHA-AWWA-WPCF. 19Th Edición en Inglés

Material de Referencia: ATCC 8739

Equipo(s) utilizado(s): Incubadora

Calibración: Vigente

Firmas:

Maria Bofa Cruz
[Firma]
Analista o Investigador

[Firma]
Jefe División

[Firma]
Coordinador Responsable

NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI)

Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N.

INFORME DE LABORATORIO

No 9866

2006	11	21
Año	Mes	Día

RNC 430-00016-7

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre Nancy Campusano Tel. (809) 472-1819 Fax: 472-1819
 Institución: INECO INTERNACIONAL Aptdo. Postal No aplica
 Dirección: C/ Euclides de Morillo No.84, Apto. A-302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE - 1346 Fecha de recibo 2006-11-14 Fecha de entrega 2006-11-21
 Muestra: Dice: Agua (Registro cocina, IFA, Villas Bávaro) No. Lote No aplica No. de Registro 3193
 Condiciones de la Muestra: Tal como se recibió , en envase plástico con tapa de rosca .
 Tipo de muestreo: No aplica

Resultado(s):

EN LA MUESTRA ANALIZADA:

Recuento total de Coliformes por el método del número más probable en 100 mL de muestra _____ \geq 1600

Metodología: 9221C

Referencias: Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater. APHA-AWWA-WPCF. 19Th Edición en Inglés

Material de Referencia: ATCC 8739

Equipo(s) utilizado(s): Incubadora

Calibración: Vigente

Firmas:

Maria Rosa Cruz
 Analista o Investigador

Jefe División

Coordinador Responsable

NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No.3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI)

Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Apto. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N.

INFORME DE LABORATORIO

No 9866

2006	11	21
Año	Mes	Día

RNC 430-00016-7

DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre Nancy Campusano Tel. (809) 472-1819 Fax: 472-1819
 Institución: INECO INTERNACIONAL Apto. Postal No aplica
 Dirección: C/ Euclides de Morillo No.84, Apto. A-302

DATOS DEL SERVICIO

Tipo servicio: SAE - 1346 Fecha de recibo 2006-11-14 Fecha de entrega 2006-11-21
 Muestra: Dica: Agua (Registro descarga , Edificio turistas IFA, Villas Bávaro) No. Lote No aplica No. de Registro 3192
 Condiciones de la Muestra: Tal como se recibió , en envase plástico con tapa de rosca .
 Tipo de muestreo: No aplica

Resultado(s):

EN LA MUESTRA ANALIZADA:

Recuento total de Coliformes por el método del
 número más probable en 100 mL de muestra _____ \geq 1600

Metodología: 9221CReferencias: Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater. APHA-AWWA-WPCF. 19Th Edición en InglésMaterial de Referencia: ATCC 8739Equipo(s) utilizado(s): IncubadoraCalibración: Vigente

Firmas:

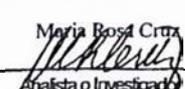
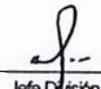
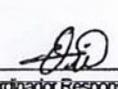
Maria Rosa Cruz
 Analista o Investigador

[Firma]
 Jefe División

[Firma]
 Coordinador Responsable

NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI

Original: Cliente; Copia No. 1: División Financiera; Copia No. 2: Coordinador responsable; Copia No 3: División responsable de estudio

INSTITUTO DE INNOVACION EN BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA (IIBI) Calle Oloff Palme Esq. Núñez de Cáceres, Tels.: 566-8121/29 Aptdo. Postal No. 329-2, Santo Domingo, D.N. INFORME DE LABORATORIO		No 9866						
		2006	11	21				
RNC 430-00016-7				Año	Mes	Día		
DATOS DEL SOLICITANTE								
Nombre	Nancy Campusano		Tel.	(809) 472-1819		Fax:	472-1819	
Institución:	INECO INTERNACIONAL			Aptdo. Postal			No aplica	
Dirección:	C/ Euclides de Morillo No.84, Apto. A-302							
DATOS DEL SERVICIO								
Tipo servicio:	SAE - 1346		Fecha de recibo	2006-11-14		Fecha de entrega	2006-11-21	
Muestra:	Díce: Agua (Entrada Planta de Tratamiento, IFA, Villas Bávaro)			No. Lote	No aplica		No. de Registro	3197
Condiciones de la Muestra:	Tal como se recibió , en envase plástico con tapa de rosca .							
Tipo de muestreo:	No aplica							
Resultado(s):	<p style="text-align: center;">EN LA MUESTRA ANALIZADA:</p> <p>Recuento total de Coliformes por el método del número más probable en 100 mL de muestra ----- \geq 1600</p>							
Metodología:	9221C							
Referencias:	Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater. APHA-AWWA-WPCF. 19Th Edición en Inglés							
Material de Referencia:	ATCC 8739							
Equipo(s) utilizado(s):	Incubadora							
Calibración:	Vigente							
Firmas:	 María Rosa Cruz Analista o Investigador		 Jefe División		 Coordinador Responsable			
NOTA: Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente, sin la previa autorización escrita del IIBI								

Original: Cliente; Copia No. 1. División Financiera; Copia No. 2. Coordinador responsable; Copia No.3. División responsable de estudio



Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo

SUB-DIRECCION GENERAL • LGERENCIA LABORATORIO DE VIGILANCIA
Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO

FECHA: 02/01/2007

PROCEDENCIA: <u>HIGUEY, R. D.</u> (M.#1)	RECOLECTADA No. _____
LOCALIZACION: <u>SAL. PTA. DE TRAT. AGUAS RES. IFA, VILLA BAVARO</u>	POR: <u>NANCI CAMPUSANO</u>
CLASIFICACION: <u>OTRAS</u>	FECHA: <u>27/12/2006</u>
TIPO DE TRATAMIENTO: _____	HORA: <u>4:00 A.M.</u>
COLOR RESIDUAL: _____ LIBRE: _____ COMBINADO: _____	FECHA DE RECIBO: <u>27/12/2006</u>
	FECHA Y HORA DE ANALISIS: _____
	SOLICITADA POR: <u>NANCI CAMPUSANO</u>

RECUENTOS DE COLONIAS EN: _____ / ml.

TIEMPO DE INCUBACION: 48 HORAS A 35.5 °C

a) NMP DE GERMEENES COLIFORMES: PP= 7.5x10⁴, PC= 7.5x10⁴ /100 ml.

b) NUMEROS DE COLONIAS DE GERMEENES COLIFORMES: _____ /100 ml.

NMP DE E. COLI: _____ /100 ml.

OTROS: COLIFORMES FECALES PRESENTES
PSEUDOMONAS AUSENTES

OBSERVACIONES: _____

APTA PARA EL CONSUMO

NO APTA PARA EL CONSUMO

MICROORGANISMOS PRESENTES

TECNICAS: { (a) TUBOS MULTIPLES
(b) MEMBRANA FILTRANTE

[Signature] Investigador

[Signature] Gerente



Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo

SUB-DIRECCION GENERAL - GERENCIA LABORATORIO DE VIGILANCIA
Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO

FECHA: 02/01/2007

PROCEDENCIA: HIGUEY, R. D. (M. #2)

LOCALIZACION: ENT. PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RES. IFA.

CLASIFICACION: OTRAS

TIPO DE TRATAMIENTO: _____

COLORO RESIDUAL: _____ LIBRE: _____ COMBINADO: _____

RECOLECTADA No. _____

POR: NANCI CAPIUSANO

V. BAVARO

FECHA: 27/12/2006

HORA: 4:00 P.M.

FECHA DE RECIBO: 29/12/2006

FECHA Y HORA
DE ANALISIS: _____

SOLICITADA POR: NANCI CAMPUSANO

RECUENTOS DE COLONIAS EN: _____ / ml.

TIEMPO DE INCUBACION: 48 HORAS A 35.5 °C

a) NMP DE GERMENES COLIFORMES: PP= 4.6×10^9 , PC= 4.6×10^9 /100 ml.

b) NUMEROS DE COLONIAS DE GERMENES COLIFORMES: _____ /100 ml.

NMP DE E. COLI: _____ /100 ml.

OTROS: COLIFORMES FECALES PRESENTES
PSEUDOMONAS AUSENTES

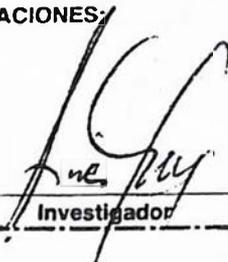
OBSERVACIONES:

APTA PARA EL CONSUMO

NO APTA PARA EL CONSUMO

MICROORGANISMOS PRESENTES

TECNICAS: { (a) TUBOS MULTIPLES
(b) MEMBRANA FILTRANTE


Investigador


Gerente



Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo

SUB-DIRECCION GENERAL - GERENCIA LABORATORIO DE VIGILANCIA
Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO

FECHA: 02/01/2007

PROCEDENCIA: HIGUEY, R. D. (M. #3)
 LOCALIZACION: SAL. PTA. DE TRAT. AGUA RES. IFA, BAVARO
 CLASIFICACION: OTRAS
 TIPO DE TRATAMIENTO: _____
 CLORO RESIDUAL: _____ LIBRE: _____ COMBINADO: _____

RECOLECTADA No. _____
 POR: NANCI CAMPUSANO
 FECHA: 27/12/2006
 HORA: 9:52 A.M.
 FECHA DE RECIBO: 27/12/2006
 FECHA Y HORA DE ANALISIS: _____
 SOLICITADA POR: NANCI CAMPUSANO

RECUENTOS DE COLONIAS EN: _____ / ml.
 TIEMPO DE INCUBACION: 48 HORAS A 35.5 °C
 a) NMP DE GERMENES COLIFORMES: PP= - DE 3000, PC= - DE 3000 /100 ml.
 b) NUMEROS DE COLONIAS DE GERMENES COLIFORMES: _____ /100 ml.
 NMP DE E. COLI: _____ COLIFORMES FECALES AUSENTES /100 ml.
 OTROS: _____ PSEUDOMONAS AUSENTES

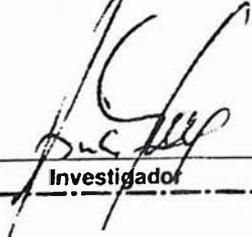
OBSERVACIONES:

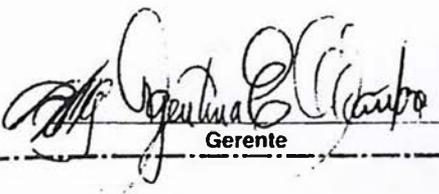
APTA PARA EL CONSUMO

NO APTA PARA EL CONSUMO

MICROORGANISMOS PRESENTES

TECNICAS: { (a) TUBOS MULTIPLES
(b) MEMBRANA FILTRANTE


Investigador


Gerente



Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo

SUB-DIRECCION GENERAL · GERENCIA LABORATORIO DE VIGILANCIA
Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO

FECHA: 02/01/2007

PROCEDENCIA: HIGUEY, R. D. (M. #4)

LOCALIZACION: REGISTRO SAL. LAVANDERIA IFA, BAVARO

CLASIFICACION: OTRAS

TIPO DE TRATAMIENTO: _____

CLORO RESIDUAL: _____ LIBRE: _____ COMBINADO: _____

RECOLECTADA No. _____

POR: NANCI CAMPUSANO

FECHA: 27/12/2006

HORA: 9:22 A.M.

FECHA DE RECIBO: 27/12/2006

FECHA Y HORA DE ANALISIS: _____

SOLICITADA POR: NANCI CAMPUSANO

RECUENTOS DE COLONIAS EN: _____ / ml.

TIEMPO DE INCUBACION: 48 HORAS A 35.5 °C

a) NMP DE GERMESES COLIFORMES: PP= - DE 300, PC= - DE 300 /100 ml.

b) NUMEROS DE COLONIAS DE GERMESES COLIFORMES: _____ /100 ml.

NMP DE E. COLI: _____ /100 ml.

OTROS: COLIFORMES FECALES AUSENTES
PSEUDOMONAS AUSENTES

OBSERVACIONES:

APTA PARA EL CONSUMO

NO APTA PARA EL CONSUMO

MICROORGANISMOS PRESENTES

TECNICAS: { (a) TUBOS MULTIPLES
(b) MEMBRANA FILTRANTE

[Signature]
Investigador

[Signature]
Gerente



Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo

SUB-DIRECCION GENERAL - GERENCIA LABORATORIO DE VIGILANCIA
Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO

FECHA: 02/01/2006

PROCEDENCIA: HICUEY, R. D. (M. #5)

LOCALIZACION: REGISTRO SALIDA COCINA IFA, BAVARO

CLASIFICACION: OTRAS

TIPO DE TRATAMIENTO: _____

CLORO RESIDUAL: _____ LIBRE: _____ COMBINADO: _____

RECOLECTADA No. _____

POR: NANCI CAMPUSANO

FECHA: 27/12/2006

HORA: 9:15 A.M.

FECHA DE RECIBO: 29/12/2006

FECHA Y HORA
DE ANALISIS: _____

SOLICITADA POR: NANCI CAMPUSANO

RECUENTOS DE COLONIAS EN: _____ / ml.

TIEMPO DE INCUBACION: 48 HORAS A 35.5 °C

a) NMP DE GERMENES COLIFORMES: PP= 2.4 x 10¹⁴, PC= 2.4 x 10¹⁴ /100 ml.

b) NUMEROS DE COLONIAS DE GERMENES COLIFORMES: _____ /100 ml.

NMP DE E. COLI: _____ /100 ml.

OTROS: COLIFORMES FECALES PRESENTES

PSEUDOMONAS AUSENTES

OBSERVACIONES:

APTA PARA EL CONSUMO

NO APTA PARA EL CONSUMO

MICROORGANISMOS PRESENTES

TECNICAS: { (a) TUBOS MULTIPLES
(b) MEMBRANA FILTRANTE

[Signature]
Investigador

[Signature]
Gerente

ANEXO III

Valores de los Parámetros en:

Norma de Agua Subterránea

Norma Descarga Agua Residual al Subsuelo

Norma NORDOM I

Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y Descargas al Subsuelo
Valores Máximos de Parámetros Físicos, Químicos y biológicos Presentes en
Aguas Subterráneas
 (Primera etapa de implementación de la norma)

Parámetro	Unidad	Tipos de Aguas Subterráneas		
		Clase A		Clase B
		A1	A2	
Calidad bacteriológica				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	100	1,000	2,400
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	3 (No en muestreos consecutivos)	100	< 1000 (No en muestreos consecutivos)
Parámetros Químicos de Importancia para la Salud				
Inorgánicos				
Arsénico	mg/l	0.05	0.05	0.05
Boro	mg/l	0.5	0.5	0.5
Cadmio	mg/l	0.005	0.005	0.005
Cianuro	mg/l	0.1	0.1	0.1
Cobre	mg/l	0.2	0.2	0.2
Cromo hexavalente	mg/l	0.01	0.01	0.01
Cromo total	mg/l	0.05	0.05	0.05
Fluoruro	mg/l	0.7	0.7	0.7
Níquel	mg/l	0.1	0.1	0.1
Nitrato	mg/l	10	10	10
Nitrito	mg/l	3.0	3.0	3.0
Plomo	mg/l	0.05	0.05	0.05
Orgánicos				
Hidrocarburos Totales*	ig/l	Reporte Obligatorio	Reporte Obligatorio	Reporte Obligatorio
Sustancias y parámetros que pueden provocar quejas de consumo				
Amoniaco	mg/l	1.5	1.5	No aplica
Cloruro	mg/l	350	350	"
Color	U.Pt-Co	5.0	15.0	
Dureza	mg/l	500	500	
Grasas y Aceites	mg/l	Ausentes	Ausentes	
Hierro	mg/l	0.3	0.3	
Manganeso	mg/l	0.1	0.1	No aplica
PH	mg/l	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	
Sodio	mg/l	200	200	
Sulfato	mg/l	400	400	
Sólidos Totales				
Sólidos Disueltos	mg/l	1,000	1,000	
Turbiedad	U.N.T.	5.0	15.0	
Zinc	mg/l	3.0	3.0	
* Este parámetro deberá muestrearse para tener valores de referencia y establecer tendencias				

Fuente: Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Subsecretaría de Estado de Suelos y Aguas (2004). Normas Ambientales sobre Calidad del Agua Subterránea y Descarga al Subsuelo. Editorial Amigos del Hogar, Santo Domingo, 2004. 64 páginas.

Valores máximos permisibles para descarga de algunos parámetros del agua residual municipal en aguas superficiales y en el subsuelo

POBLACION (HAB. EQUIV)	VALORES MAXIMOS PERMISIBLES								
	MG/L								(NMP/100 ML)
	pH	DBO5	DQO	SS	N-NH4	N-(NH4-NO3)	P-PO4	Cl. Res.	C.T.
< 5,000	6 - 8.5	50	160	50	—	—	—	0.05	1,000
5,001 - 10,000	6 - 8.5	45	150	45	—	—	—	0.05	1,000
10,001 - 100,000	6 - 8.5	35	130	40	10	18	3	0.05	1,000
>100,000	6 - 8.5	35	130	35	10	18	2	0.05	1,000

Notas:

La producción de DBO₅ de un habitante es aproximadamente 60 g/hab/día

Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

Nitrógeno del amonio y nitrato (N-NH₄-NO₃)

Demanda química de oxígeno (DBQ)

Fósforo de los ortofosfatos (P-PO₄)

Sólidos en Suspensión (SS)

Cloro residual (Cl Res)

Nitrógeno del amonio (N-NH₄)

Coliformes totales (C.T.)

Fuente: Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Norma Ambiental de Calidad del Agua y Control de Descargas. 2003, Santo Domingo.

NORMA 1

PAGINA 3/10

6874

3. REQUISITO DE POTABILIDAD

3.1 **Requisitos físicos.** El agua para uso doméstico no deberá presentar sabores u olores objetables y deberá cumplir con los requisitos especificados en la tabla No. 1.

TABLA No. 1 - Requisitos físicos

Características	Unidades	Límite Recomendado	Límite Máximo Permisible
Turbidez, expresado en unidades jackson de turbidez	Unidades de Turbidez	Menor de 5	10
Color, expresado en unidades de la escala platino-cobalto	Unidades Hazen (platino-cobalto)	Menor de 10	50

Observación. Los límites especificados como "recomendados" y "máximo permisible", ambos representan agua adecuada para consumo humano y para usos domésticos. El límite "recomendado" deberá ser, si es posible, aplicado a todas las aguas suministradas para uso doméstico y el límite "máximo permisible" no debe ser nunca sobrepasado.

3.2 **Requisitos químicos.** El agua para uso doméstico deberá cumplir con los requisitos especificados en la tabla No. 2.

TABLA No. 2 - Requisitos químicos

Requisitos	Límite recomendado en mg/l	Límite máximo permisible en mg/l
Agentes de tensión como Monoxol OT (1).	0,0	1,0
Cloruro, como Cl	250,0	600,0
Cloro residual	0,2 ⁽²⁾	1,0 ⁽³⁾
Cobre, como Cu	1,0	1,0
Hierro, como Fe	0,3 ⁽⁴⁾	0,3
Magnesio, como Mg	-	150,0
Calcio, como Ca	75	200,0
Manganeso, como Mn	0,1	0,1
Compuestos fenólicos como fenol	0,001 ⁽⁵⁾	0,002
Sulfato, como SO ₄	200,0	400,0
Sólidos totales disueltos	500,0	1500,0
Zinc, como Zn	5,0	15,0
Dureza total como CaCO ₃	(50-200)	500,0
pH Mínimo	7,0	6,5
pH Máximo	8,5	9,2

ANEXO IV

**Resultados Análisis Afluyente
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Los Jardines, STO. DGO., D. N.**

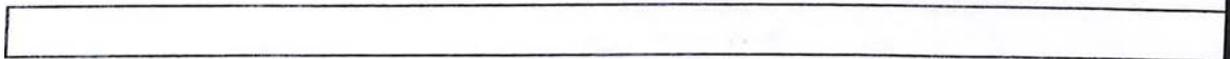


Tabla 5.3.5

Análisis del Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Los Jardines (CAASD). Año 2006

	pH		DBO5		DQO		SS		Colif. Totales	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Enero	7.41		215.00		360.00		420.00		1.50E+10	
Febrero	6.99	6.94	239.00	67.00	513.00	244.00	377.00	219.00	7.50E+10	3.50E+09
Marzo	7.15		180.00		430.00		315.00		2.40E+13	
Abril	6.99	7.31	203.00	146.00	467.00	394.00	349.00	207.00	2.40E+13	3.60E+09
Mayo	6.92	7.09	183.00	213.00	441.00	302.00	301.00	301.00	2.40E+15	1.10E+09
Junio	7.00	7.04	177.00	187.00	392.00	343.00	305.00	338.00	2.10E+12	2.40E+11
Julio	7.23	7.23	182.0	170.00	502.00	293.00	463.00	472.00	2.00E+09	2.10E+11
Agosto	7.11	6.98	236.0	147.00	320.00	405.00	198.00	300.0	1.10E+12	2.40E+09
Septiembre	6.87	7.28	214.00	115.00	258.00	363.00	332.00	181.00	5.30E+10	1.10E+11
Octubre	7.22	7.62	268.00	132.00	397.00	411.00	404.00	452.00	2.40E+09	2.40E+07
Noviembre	7.84	7.21	215.00	105.00	388.00	225.00	486.00	201.00	7.30E+08	2.40E+12
Diciembre	7.38	5.84	144.00	267.00	366.00	430.00	364.00	329.00	2.10E+11	2.24E+11
Promedio	7.12		182.05		374.73		332.45		1.12E+14	

Fuente: Tomado de los Reportes de Análisis del afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Jardines, Sto. Dgo., D. N. Realizados por el Laboratorio CAASD. Año 2006.

Leyenda :

pH: contenido de hidrogeniones
 OD: Oxígeno Disuelto
 DBO5: Demanda bioquímica de oxígeno
 DQO: Demanda química de oxígeno
 SS: Sólidos suspendidos
 Colif. T. Colif. Totales: Coliformes totales

M1: Muestra 1
 M2: Muestra 2
 Prom: Promedio

Nota: Las celdas sin número reflejan los meses en los cuales se realizó un sólo muestreo.

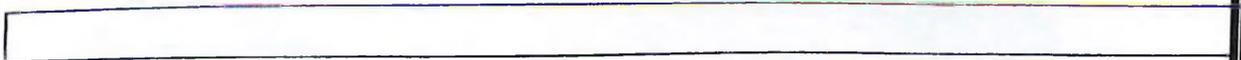
Tabla 5.3.6

Comparación Valores de los Contaminantes Afluentes en Planta de los Jardines con la PTAR del Complejo Hotelero

Parámetros	Entrada PTAR Los Jardines	Entrada PTAR IFA
pH	7.12	7.02
DBO ₅ (mg/l)	182.05	114.73
DQO (mg/l)	374.73	206.51
SS (mg/l)	332.45	102.83
Colif. Totales	1.12E+14	4.60E+09

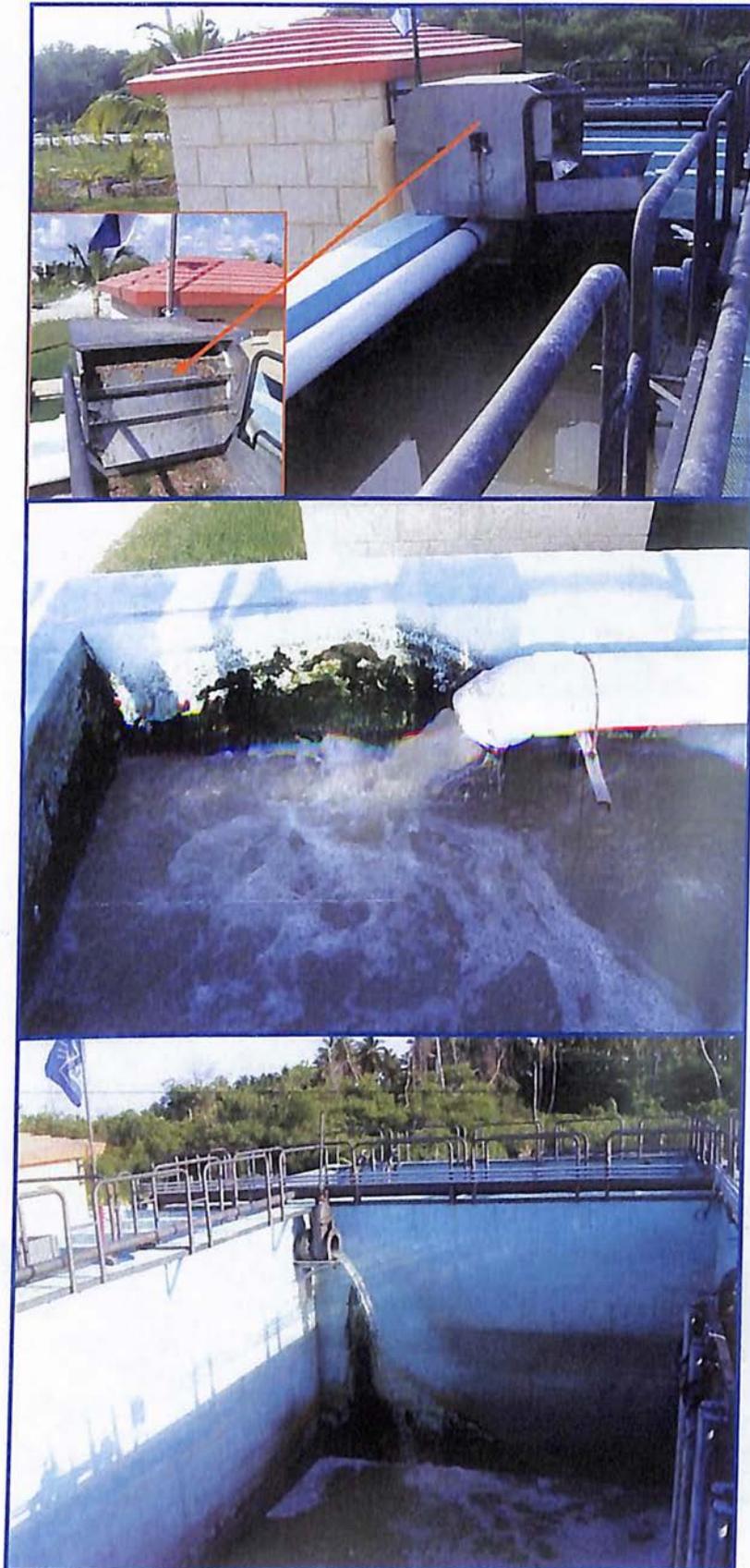
ANEXO V

Fotografías Planta Tratamiento del Complejo Hotelero

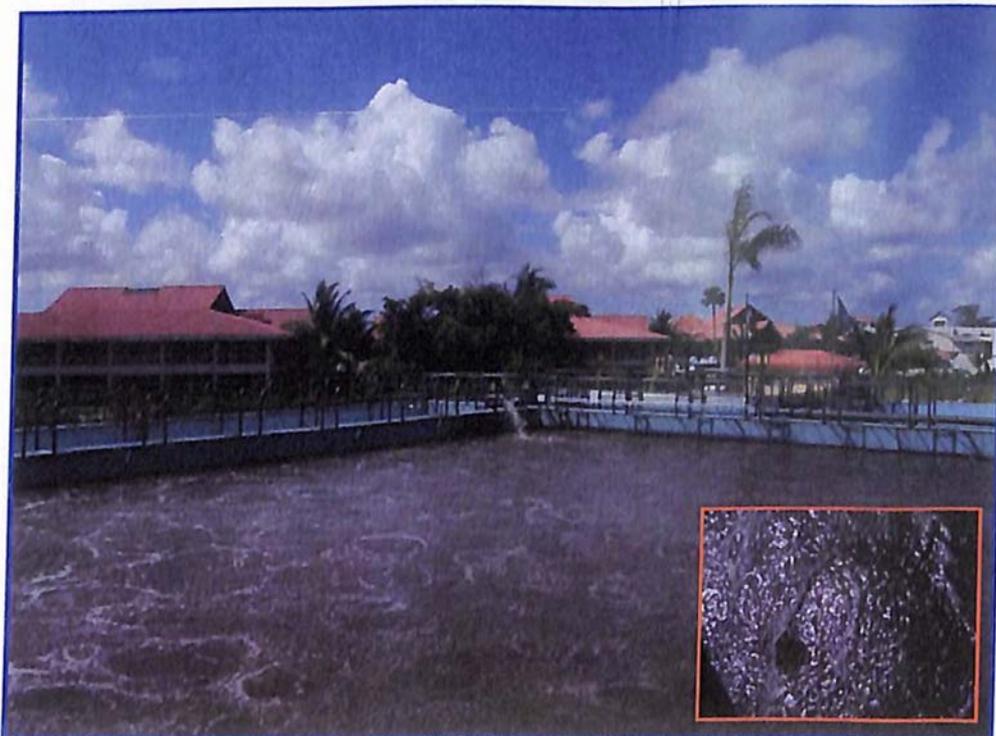




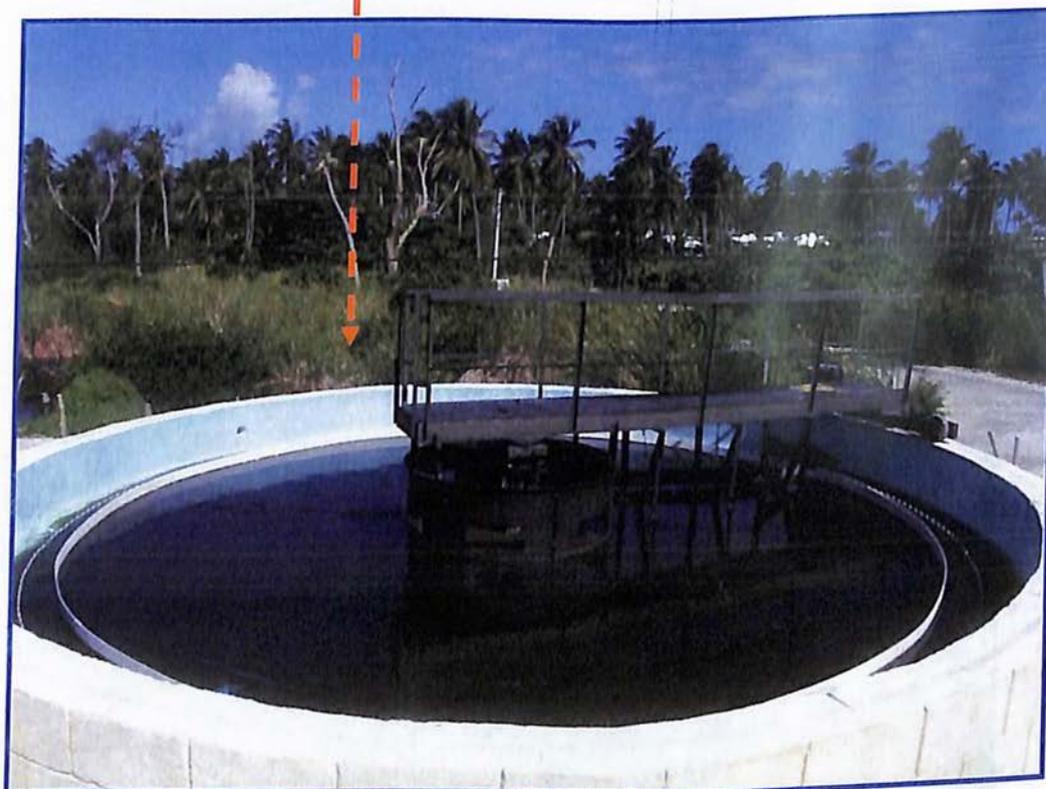
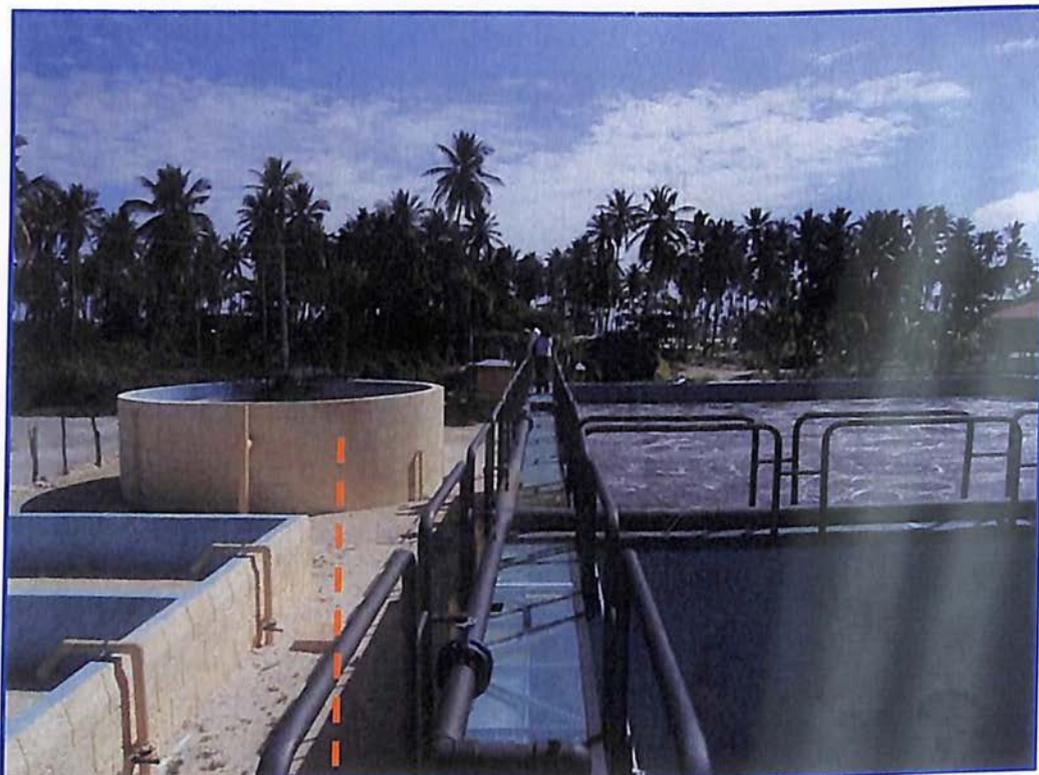
Vistas frontales Planta de Tratamiento de Agua Residual



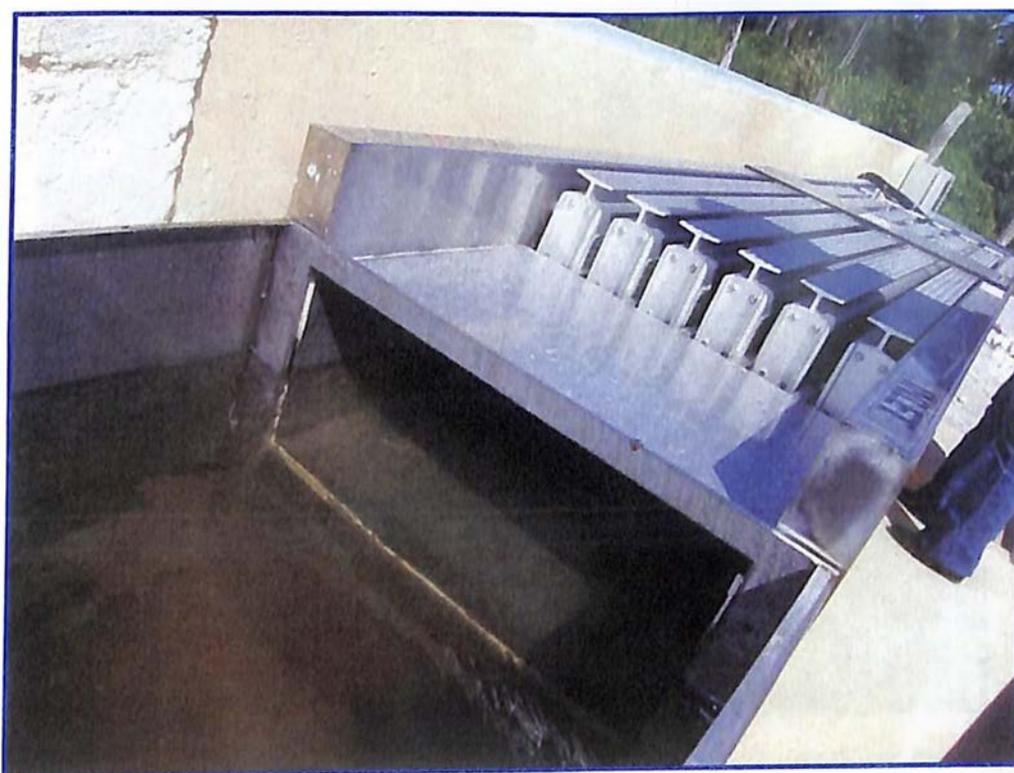
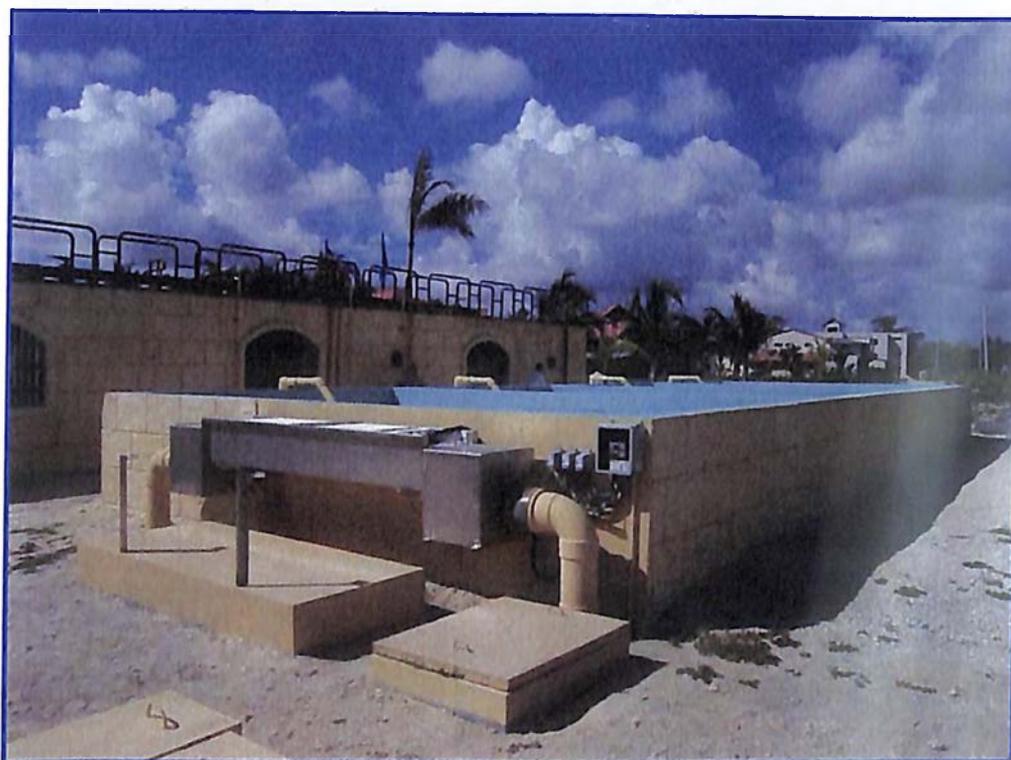
Pretratamiento: Desbaste fino, Pre-aereación y Regulación de Caudal



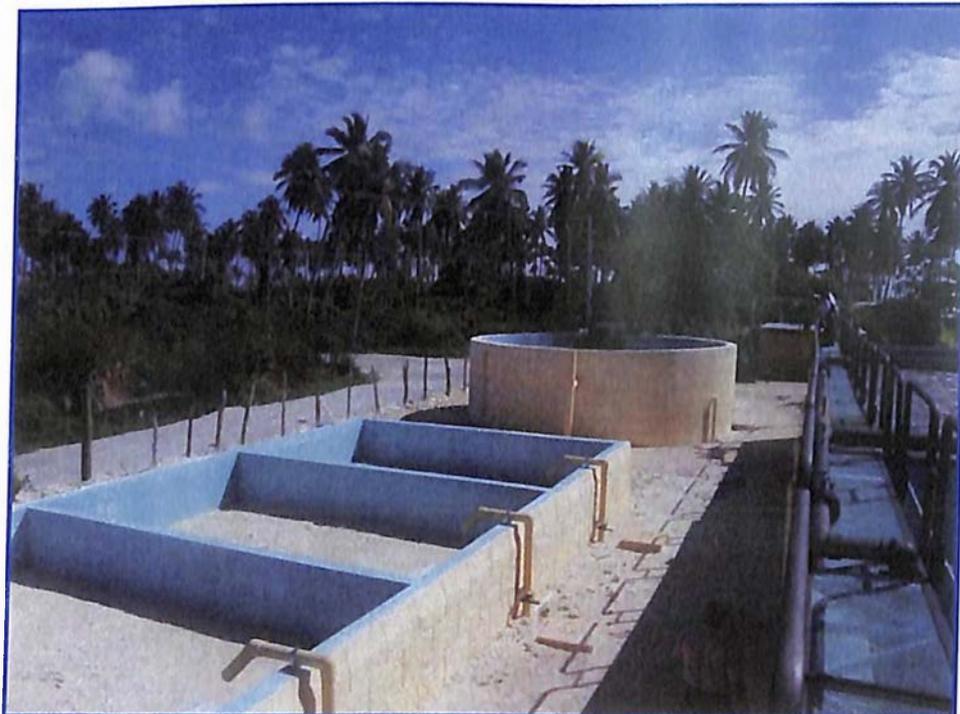
Tratamiento Biológico: Fango Activado con aeración extendida



Clarificación Secundaria



Desinfección Ultravioleta



Tratamiento de Lodos: Digestor de Lodos y Lechos de Secado

ANEXO VI

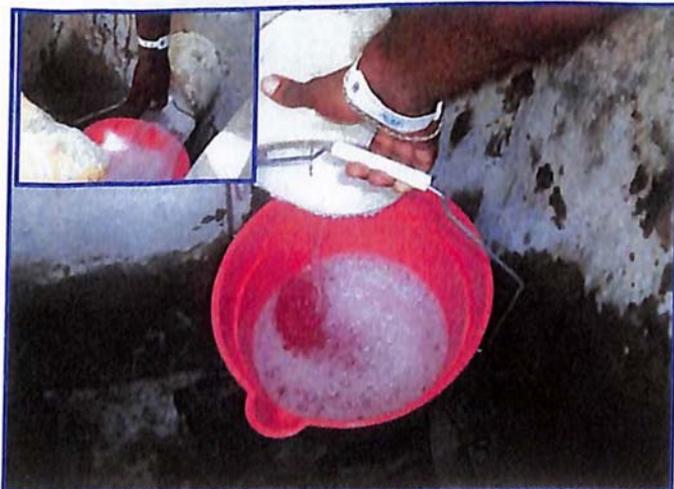
Fotografías de la Medición de Caudales y Muestreo



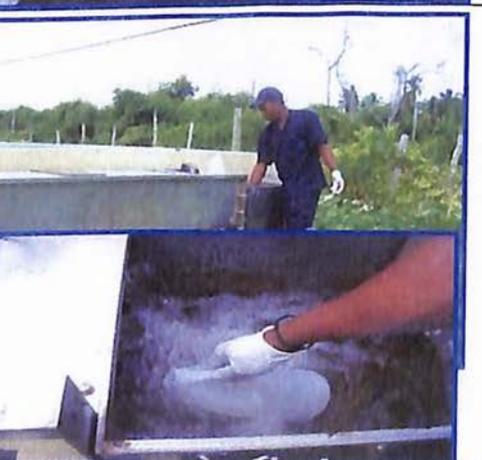
**Medición de caudales
en Registro Edificio
Administrativo y de Empleados**



**Medición de caudales
en Registro Cocina-Restaurant**

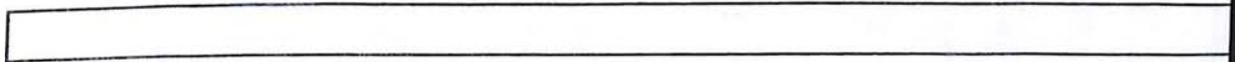


**Medición de caudales en
Registro Lavandería**

	<p>Muestreo del agua potable En entrada a cisterna</p>
	<p>Muestreo en Registro Descarga Lavandería</p>
	<p>Muestreo del Afluente PTAR</p>
	<p>Muestreo del Efluente PTAR</p>

ANEXO VII

**Establecimiento de Alojamiento Turísticos
Zona Este Rep. Dom.**



Evaluación de parámetros hidráulicos y ambientales para diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en los hoteles "Todo Incluido" del caso de estudio: complejo hotelero en Bávaro, R.D.

BANCO CENTRAL DE LA REP. DOM.-SECTUR-ASONAHORES
ESTABLECIMIENTO DE ALOJAMIENTO TURISTICO EN LA REPUBLICA DOMINICANA
(VERSION PRELIMINAR)

ESTABLECIMIENTO	PROVINCIA	LOCALIDAD	NUMEROS DE ESTABLECIMIENTO				TIPO	2003	2004	2005	2006	TELEFONO
			2003	2004	2005	2006		ENE-DIC	ENE-DIC	ENE-DIC	ENE-DIC	
4.2 ARENA GORDA	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA	10	10	10	11		4,309	4,309	4,309	5,099	
CLUB HOTEL RIU BAMBU	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	560	560	560	560	221-7575
HOTEL RIU TAINO, RIU HOTELS	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	360	360	360	360	221-2290
IBEROSTAR BAVARO RESORT	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	588	588	588	588	221-6500
IBEROSTAR DOMINICANA	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	506	506	506	506	221-6500
IBEROSTAR PUNTA CANA	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	347	347	347	427	221-6500
RIU MELAO	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	445	445	445	494	221-6500
RIU NAIBOA	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	244	244	244	244	221-7171
RIU PALACE MACAO	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	372	372	372	372	221-7171
RIU PALACE PUNTA CANA	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA									646	221-7171
PARADISUS PUNTA CANA	LA ALTAGRACIA	ARENA GORDA					HO	523	523	523	536	1-800-33 MELIA
4.3 CABEZA DE TORO	LA ALTAGRACIA	CABEZA DE TORO	4	5	5	5		1,582	2,122	2,266	2,328	
HOTEL CATALONIA BAVARO BEACH	LA ALTAGRACIA	CABEZA DE TORO					HO	711	711	855	855	412-0000
HOTEL SUNSCAPE PUNTA CANA GR..	LA ALTAGRACIA	CABEZA DE TORO					HO	354	354	354	413	686-9898
NATURA PARK RESORT & SPA	LA ALTAGRACIA	CABEZA DE TORO					HO	500	500	500	500	221-2626
OCCIDENTAL ALLEGRO RESORT	LA ALTAGRACIA	CABEZA DE TORO					HO		540	540	540	687-5747
HOTEL RESTAURANTE NARAGUA	LA ALTAGRACIA	CABEZA DE TORO					HO	17	17	17	20	
4.4 EL CORTECITO	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO	11	12	14	16		4,120	4,721	5,095	5,753	
GRAN PALADIUM (ANT. FIESTA BAVARO)	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	580	580	580	636	221-8149
GRAN PALADIUM PUNTA CANA	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	339	339	339	451	221-8149
FIESTA CLUB LOOKEA	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	252	252	252	224	
FIESTA PALACE RESORT	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	272	272	272	280	221-0719
H10 BAVARO (OCEAN BAVARO)	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	638	739	739	739	221-0714
HODELPA CARIBE CLUB	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	355	355	355	355	476-0770
HODELPA TROPICAL	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO						310	310	310	310	
CARABELA BAVARO BEACH RESORT	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	400	400	400	471	221-2728
HOTEL CORTECITO INN	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	67	67	67	75	552-0640
SUNSCAPE ON THE BEACH	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO		500	500	620	682-0404
OCCIDENTAL FLAMENCO BAVARO	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	872	872	872	877	
PARADISUS PALMA REAL (GRAN MELIA E	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO								350	554	688-5000
LOS CORALES	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO									20	
LOS ALISIOS	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO									82	
SUEÑO RESORT	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO								24	24	
HOTEL RESTAURANT CAYACOA	LA ALTAGRACIA	EL CORTECITO					HO	35	35	35	35	552-0624
4.5 PLAYA BAVARO	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO	13	14	17	21		5,963	7,499	8,948	9,418	
BARCELO BAVARO BEACH RESORT	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	600	600	600	600	686-5797
BARCELO BAVARO CASINO	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	236	236	236	236	686-5797
BARCELO BAVARO GARDEN	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	401	401	401	401	686-5797
BARCELO BAVARO GOLF	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	126	126	126	126	686-5797
BARCELO BAVARO PALACE	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	594	594	594	594	686-5797
IFA OCEAN VILLAGE	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	156	156	156	156	221-8555
GRAN PARADISE BAVARO	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	504	504	504	504	472-3985
THE CLUB GRAN PARADISE											258	
OCEAN VILLAGE	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	234	234	234	234	221-8555
HOTEL GRAN BAHIA PRINCIPE BAVARO	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO		1536	1536	1536	552-1958
IFA VILLAS BAVARO	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	262	262	262	262	221-8555
HOTEL BAVARO PRINCESS	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	750	750	750	760	221-2311
(BRESSE) LTI SOL DE PLATA PUNTA CANA	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	774	774	774	774	476-7777
PUNTA CANA PRINCESS	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO					HO	270	270	270	270	
OCEAN BLUE	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO									708	728
MAGESTIC COLONIAL	LA ALTAGRACIA	PLAYA BAVARO								659	650	221-9898
ALISIO											82	82
SIVORY PUNTA CANA							HO					55

BANCO CENTRAL DE LA REP. DOM.-SECTUR-ASONAHORES
ESTABLECIMIENTO DE ALOJAMIENTO TURISTICO EN LA REPUBLICA DOMINICANA
(VERSION PRELIMINAR)

ESTABLECIMIENTO	PROVINCIA	LOCALIDAD	NUMEROS DE				TIPO	2003	2004	2005	2006	TELEFONO
			2003	2004	2005	2006		ENE-DIC	ENE-DIC	ENE-DIC	ENE-DIC	
MELIA CARIBE TROPICAL (SOL MELIA)							1056	1056	1056	1056	221-1290	
HOTEL 2 BAVARO										40		
GOLF SUITE										96		
4.6 PUNTA CANA	LA ALTAGRACIA	PUNTA CANA	2	2	2	2	3,338	3,338	3,338	3,403		
NEUCO, S.A. CLUB MEDITERRANE	LA ALTAGRACIA	PUNTA CANA					HO 522	522	522	522	686-5500	
PUNTA CANA BEACH RESORT & CLUB	LA ALTAGRACIA	PUNTA CANA					HO 292	292	292	292	541-2209	
HOTEL TORTUGA BAY	LA ALTAGRACIA	PUNTA CANA								65		
4.7 UVERO ALTO	LA ALTAGRACIA	UVERO ALTO	3	3	3	3	1,262	1,262	1,262	1,262		
SECRET'S EXCELLENCE PUNTA CANA	LA ALTAGRACIA	UVERO ALTO					HO 446	446	446	446	685-9880	
SIRENIS COCOTAL	LA ALTAGRACIA	UVERO ALTO					HO 427	427	427	427	688-6490	
SIRENIS TROPICAL	LA ALTAGRACIA	UVERO ALTO					HO 389	389	389	389	688-6490	

ANEXO VIII

Glosario de Términos



GLOSARIO DE TERMINOS

Ablandamiento del agua: tratamiento del agua para reducir la concentración de iones de calcio y magnesio.

Agentes tensoactivos: son las sustancias contenidas en los detergentes y que poseen propiedades de limpieza (carbonatos, fosfatos, polifosfatos, entre otros). Su biodegradabilidad es muy variable. La presencia de estos productos se caracteriza por la formación de espumas abundantes que obstruyen las canalizaciones, por la no sedimentación de las partículas en suspensión y por la reaireación difícil de los fangos activados en la depuración biológica, así como inhibición de los fenómenos anaerobios en los digestores y las fosas sépticas.

Arqueobacterias: son bacterias procariotas caracterizadas por tener una química celular distintiva. Carecen de núcleo.

Bacterias facultativas: aquellas bacterias que pueden vivir tanto en ambientes aerobios (presencia de oxígeno) como anaerobios (ausencia de oxígeno).

Cenotes: reservorios naturales de agua dulce que se forman en terrenos cársticos (carbonatados), en los cuales todo o parte del techo se ha derrumbado dando acceso al agua.

Contaminantes prioritarios: son compuestos orgánicos e inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad (cambios sobre la información genética ocasionada por tóxicos), teratogenicidad (nacimiento con deformaciones causada por tóxicos ingeridos durante el desarrollo embrionario) o toxicidad conocida o sospechada. El agua residual puede contener algunos de estos compuestos.

Concentración: es la cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución. Generalmente se expresa en mg/l. La unidad ppm se usa como equivalente de mg/l.

Corrosividad: indica la capacidad de corrosión del agua. Se describe mediante indicadores como pH, alcalinidad, dureza, temperatura, sólidos disueltos totales, concentración de oxígeno disuelto y el índice de Langelier. **Corrosión:** es la descomposición gradual o descomposición de un material por acción química, a menudo originada por acción electroquímica.

Desarrollo sostenible: es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

Desnitrificación: proceso biológico mediante el cual el nitrato se convierte en nitrógeno gas y en otros productos gaseosos.

Digestión: conversión biológica de la materia orgánica en metano y en dióxido de carbono en condiciones anaerobias.

Dureza: característica del agua debido a la presencia de sales de calcio, magnesio y hierro que reaccionan con el jabón para formar precipitados (originando mayor consumo de jabón), deposición de costras en las tuberías de agua caliente, incrustaciones en las calderas, interferencia en algunos procesos industriales y, a veces, origina sabor objetable. Generalmente se expresa la dureza y la alcalinidad en términos de mg/l de CaCO_3 .

EPDM: Ethylene Propylene Diene Monomer (Monómero Eliteno Propileno Dieno). Es un material plástico de alta resistencia a la abrasión, a solventes, roturas y a un alto rango de bajas y altas temperaturas.

Estabilización: es el proceso biológico en el cual la materia orgánica presente en el agua residual es degradada por los microorganismos convirtiéndola en materia inerte, en energía para sobrevivir y para la reproducción.

Eubacterias: (del griego *eu* = bueno, verdadero; *bakterion* = bastón). Carecen de un núcleo rodeado por membrana.

Evaporación: proceso por el cual el agua u otro líquido se convierte en gas (vapor de agua o vapor de amoníaco).

Evapotranspiración: es la combinación de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación.

Fermentación: cambio en la materia orgánica que resulta del crecimiento de microorganismos en la ausencia de aire.

Flóculo: pequeña masa gelatinosa formada en un líquido por la acción de coagulantes o por medio de procesos bioquímicos o por aglomeración.

Habitantes - equivalentes: representa el número de personas que pueden contribuir con las aguas residuales domésticas que tienen la misma cantidad orgánica. La producción promedio per cápita de la DBO se toma usualmente como 0.07 kg por día. Por lo tanto, los desperdicios producidos por una industria pueden convertirse a una carga de aguas residuales domésticas equivalente dividiendo la producción industrial de DBO, en Kg por día, entre 0.07.

Hidrólisis: reacción química en la que un compuesto se convierte en otro por captación de agua.

Homogeneización de caudal: consiste en amortiguar las variaciones de caudal, con el objeto de conseguir un caudal constante o casi constante. Este proceso

mejora la mayoría de las operaciones y procesos de tratamiento, y es una opción alternativa para incrementar el rendimiento de las plantas de tratamiento que se encuentran sobrecargadas.

Impacto ambiental: cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del medio ambiente y los recursos naturales, provocada por la acción humana y/o acontecimientos de la naturaleza.

Ión: es una especie cargada formada a partir de átomos o moléculas neutras que han ganado o perdido electrones como resultado de un cambio químico. Un **cación** es un ión con carga neta positiva, por ejemplo: Na^+ . Un **anión** es un ión con carga neta negativa debido a un incremento en el número de electrones, por ejemplo: Cl^- .

Laguna de estabilización: Los estanques o lagunas de oxidación también se les denominan estanque de estabilización. Es una pileta de tierra poco profunda (de 1 a 2 m) que se utiliza para el tratamiento biológico de diversos efluentes municipales e industriales. Las condiciones de la laguna varían de aeróbicas a facultativas hasta anaeróbicas.

Medio ambiente: sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en que viven, y que determinan su relación y supervivencia.

Nitrificación: Es el proceso biológico mediante el cual el amoníaco se transforma, primero en nitrito y posteriormente en nitrato.

Oxidación: adición de oxígeno, la pérdida de hidrógeno o el aumento de la valencia de un elemento. En la oxidación química, la valencia de un elemento se incrementa debido a la pérdida de uno o más electrones. En la oxidación

biológica, la materia orgánica se convierte en moléculas más simples, más estables con la emisión de energía.

Presión artesiana o piezométrica: en el acuífero confinado, el agua está atrapada entre los estratos impermeables de la roca o entre intersticios de la formación rocosa. Dicha agua podría encontrarse almacenada a presión, y a esta presión se le llamaría artesiana. Si se hinca un pozo en un acuífero confinado, el nivel del agua en el pozo aumenta en proporción a la presión artesiana.

Presión osmótica: es la presión necesaria para evitar el paso de agua u otro solvente a través de una membrana semipermeable que separa un solvente de una solución

Protistas: se definen como aquellos organismos eucariotas que no son animales ni plantas ni hongos.

Reactor: son los recipientes, tanques y depósitos en los que tienen lugar las reacciones químicas y biológicas.

Relación simbiótica: relación entre dos organismos distintos que viven juntos en estrecha asociación.

Respiración endógena: es la fase en la cual los microorganismos se ven forzados a metabolizar su propio protoplasma sin reposición del mismo, ya que la concentración del alimento disponible se encuentra al mínimo. Durante esta fase, se puede presentar el fenómeno conocido como lisis.

Salmuera: es el agua con importante contenido de sal o sales, en especial cloruro de sodio. Considerada como residuo, puede generarse en diversos procesos industriales, tales como la obtención de sales, la minería de disolución, la extractiva de petróleo o gas y la desalinización de aguas salobres.

Sulfuro de hidrógeno (H₂S): es un gas incoloro, inflamable, con un olor típicamente característico a huevos podridos. Se produce durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales a por acción de microorganismos anaerobios. Su formación queda inhibida por la presencia de grandes cantidades de oxígeno.

Superficie piezométrica: superficie ideal que pasaría por todos los puntos hasta los cuales asciende el agua si el acuífero es perforado por un pozo.

Sustrato: término empleado para representar la materia orgánica o los nutrientes que sufren una conversión o que pueden constituir un factor limitante en el tratamiento biológico. Por ejemplo, la materia orgánica carbonosa presente en el agua residual es el sustrato objeto de conversión en el tratamiento biológico.

Tiempo de retención hidráulico: representa el tiempo que el agua residual permanece en el tanque de aireación. Teóricamente el tiempo de retención es igual volumen del tanque dividido entre el caudal.

Tiempo de retención celular: también es llamado "edad del lodo", representa el tiempo que los microorganismos permanecen en el tanque de aireación.

Trihalometano: familia de compuestos orgánicos, nombrados como derivados del metano. Se producen en las plantas de tratamiento de agua potable y agua residual cuando los compuestos orgánicos naturales se combinan con el cloro que se agrega para desinfectar. Se discute su carcinogenicidad.

Urea: es uno de los compuestos orgánicos más conocidos del amonio. El nitrógeno está presente en la orina principalmente en forma de urea. El proceso de descomposición de la urea es bastante rápido, por lo que raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes.

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA
Vicerrectoría de Desarrollo e Investigación

PROGRAMA: MAESTRIA EN INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

MENCION: INGENIERIA AMBIENTAL

EVALUACIÓN FINAL DEL PROYECTO DE TESIS

SUSTENTANTE

APELLIDOS: CAMPUSANO OVALLES

NOMBRE: NANCI

MATRICULA: 03-0168

NACIONALIDAD: DOMINICANA

TITULO DE TESIS:

Evaluación de Parámetros Hidráulicos y Ambientales para Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en los Hoteles "Todo Incluido" del Caso de Estudio: Complejo Hotelero en Bávaro, R.D.

ASESOR (ES)

ING. PEDRO CASTILLO DE CASTRO, PhD **FIRMA** _____

JURADOS

NOMBRE _____ **FIRMA** _____

NOMBRE _____ **FIRMA** _____

NOMBRE _____ **FIRMA** _____

CALIFICACIÓN

NUMERAL

LITERAL

FECHA _____

ING. VICTOR BERAS CARPIO, Ph.D.
Vicerrector de Desarrollo e Investigación