

2008

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR**



**MARY CONTRERAS MARTINEZ
DANIEL EDUARDO PRIETO PRADO
UNIVERSIDAD LIBRE**

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR**

**MARY CONTRERAS MARTINEZ
DANIEL EDUARDO PRIETO PRADO**

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2008**

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR**

**MARY CONTRERAS MARTINEZ
DANIEL EDUARDO PRIETO PRADO**

Proyecto de Grado

**Director(a) de proyecto:
Claudia Patricia Gómez Rendón
Ingeniera Sanitaria**

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2008**

HOJA PARA ACEPTACIÓN

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., 27 de Junio del 2008

Contenido

INTRODUCCION.....	9
OBJETIVOS.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACION	12
3. MARCO CONCEPTUAL.....	13
3.1 AGUAS RESIDUALES Y FUENTES RECEPTORAS	13
3.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	14
3.2.1 Por procesos de eliminación de contaminantes	14
3.2.2 Por fase de tratamiento	15
4. MARCO GEOGRAFICO	18
4.1 LOCALIZACIÓN.....	18
4.2 LÍMITES.....	18
4.3 ALTITUD.....	18
5.1 DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA	20
5.1.1 Limites Detallados	21
5.1.2 Área Urbana	21
5.1.3 Demografía.....	21
5.2 SERVICIOS PUBLICOS.....	22
5.2.1 Empresa de Servicios Públicos de Puerto Salgar.....	22
5.2.3 Acueducto	23
5.2.4 Captación	24
5.2.5 Almacenamiento	24
5.2.6 PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable)	24
5.2.8 ALCANTARILLADO PLUVIAL (AGUAS LLUVIAS).....	28
5.2.9 Análisis situación actual del alcantarillado pluvial.....	30

5.2.10 Situación Actual del Manejo de Residuos Sólidos.	31
5.2.10.1 Rutas y Frecuencia de Recolección:	32
5.3 Diagnostico ambiental del Matadero Municipal	33
5.3.1 Impacto Ambiental Matadero.....	33
6. MARCO LEGAL.....	36
6.1. POLÍTICAS Y PLANES.....	36
6.1.1 El Plan Nacional de Desarrollo	36
6.1.2 Lineamientos de Política para el Manejo Integral del agua.....	36
6.1.3 La Ley 152 de 1994.....	36
6.2. NORMAS AMBIENTALES.....	37
6.2.1 Decreto 2811 de 1974.....	37
6.2.2 Ley 9 de 1979	37
6.2.3 Decreto No 1594 de 1984	37
6.2.4 La Ley 99 de 1993.....	38
6.2.5 Decreto 1753 de 1994.....	38
6.2.6 Decreto 901/97	38
6.2.7 Ley 142 de 1994	38
6.3. REGLAMENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RAS.....	39
7. INFORMACIÓN BÁSICA MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR	41
7.2 ASPECTOS FISICOS.....	43
7.2.1 GEOLOGIA	43
7.2.2 GEOMORFOLOGIA.....	43
7.2.3 SUELOS	44
7.2.4 CLIMA	45
7.2.9 HIDROGRAFIA.....	62
7.2.10 TOPOGRAFIA	62
7.3 ASPECTOS BIOTICOS.....	63
7.3.1 FORMACIONES VEGETALES.....	63
7.3.2 INDICE DE DIVERSIDAD	63
7.3.3 FAUNA	64

8. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	65
8.1.1 Oxígeno disuelto:	69
8.1.2 pH:.....	69
8.1.3 Temperatura:	69
8.1.4 Sólidos:.....	70
8.1.5 DBO:	70
8.1.6 DQO:.....	70
9. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	71
9.1. CRITERIOS TECNOLÓGICOS A CONSIDERAR.....	75
9.1.1 Costos de inversión y operación	79
9.2 Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales	81
9.2.1 Periodo de diseño	81
9.2.2 Estimación del nivel de complejidad del sistema NCS.....	82
9.2.3 Estimación de la población. Estimación de la población.	82
9.2.5 Estimación de áreas (Actualización usos del suelo).....	83
9.2.6 Estimación de la densidad poblacional (D).	83
9.3 Cálculo de Caudales	84
9.3.1 Caudal domestico.....	84
9.3.2 Caudal industrial	85
9.3.3 Caudal comercial.....	85
9.3.4 Caudal Institucional.....	86
9.3.5 Caudal Medio Diario	86
9.3.6 Caudal máximo horario.....	87
9.4 DISEÑO ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO – PTAR	88
9.4.1 Cribado	88
9.4.2. Canaleta Parshall.....	92
9.4.2.4. Cálculo pérdida de carga.....	94
9.4.3 Diseño del zanjón de oxidación	96
9.4.4. SEDIMENTADOR SECUNDARIO	101
9.4.5 Vertedero perimetral	108

9.4.6 Lechos de secado	108
9.4.7 Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales	109
10. EVALUACIÓN AMBIENTAL	113
10.1. Etapa de construcción:.....	113
10.2. Operación y mantenimiento:	114
10.3. CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	116
10.4. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:	119
10.5. ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	119
10.6. CALIFICACIÓN AMBIENTAL.....	120
10.6.1. REVERSIBILIDAD	120
10.6.2. Duración: Cantidad o duración de tiempo del impacto ambiental.....	120
10.6.3. Carácter:.....	121
10.7. MITIGACIÓN DE IMPACTOS.....	124
10.7.1. Suelo:	124
10.7.2. Alteración en la calidad del agua	124
10.7.3. Emisión COx, SOx:	124
10.7.4 Generación de polvo	124
10.7.5. Generación de residuos sólidos / lodos	125
10.7.6. Generación ruido:	125
10.7.7. Compactación:	125
10.7.8. Erosión:	125
10.7.9. Estética e intereses humanos:	125
10.8. FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL	126
RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN.....	130
11. CONCLUSIONES.....	131
12. RECOMENDACIONES.....	132
13. BIBLIOGRAFIA.....	133

INTRODUCCION

En este proyecto de grado se busca implementar una alternativa para el debido tratamiento de las aguas residuales del municipio de Puerto Salgar (Cundinamarca); por otro lado se pretende obtener el título de Ingeniero ambiental por parte de los autores.

El diseño se realizara de acuerdo a la información recolectada, como lo es la información económica, técnica, administrativa, ambiental y social, teniendo así que involucrar entidades públicas del municipio de Puerto salgar como lo son la Alcaldía municipal y la Empresa de Servicios Públicos de puerto Salgar ya que etas entidades darán el mayor porcentaje de apoyo para el desarrollo de este proyecto, otras entidades involucradas serán las ambientales como la Corporación Autónoma Regional (CORMAGDALENA) importante entidad en cuanto a la coordinación de proyectos ambientales para el municipio se refiere y por el ultimo se tendrá que involucrar a los habitantes del municipio por ser estos últimos los más beneficiados con este proyecto.

Actualmente el Municipio de Puerto Salgar, como la mayoría de los municipios de Colombia, poseen una gran problemática, como lo es el tratamiento de sus aguas residuales domésticas (municipio); puesto que los vertimientos se hacen de manera directa, sin ningún tipo de tratamiento previo, al sistema de alcantarillado el cual tiene como fuente receptora al río Magdalena, causando un grave deterioro en la calidad de esta importante fuente hídrica que aguas abajo abastece otros Municipios y/o centros poblados de la Región del Magdalena Medio que no poseen otras fuentes de agua para su sustento y labores diarias.

En las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que manejan bajos Caudales existen amplias fluctuaciones de flujo, observándose valores máximos y mínimos con una amplia diferencia entre ellos, lo que podría ocasionar problemas con el funcionamiento de la maquinaria y el equipamiento en caso que los parámetros y condiciones de diseño no se encuentren correctamente establecidos; por lo tanto, las soluciones que se utilizan en las pequeñas instalaciones dan prioridad a los procesos que requieren cortos tiempos de atención del personal; el equipamiento que se instala, así como su mantenimiento, deben ser mínimos.

Sustentado en lo anterior, tanto la Alcaldía Municipal como la Empresa de Servicios Públicos E.S.P. de Puerto Salgar, ven como una de sus prioridades el diseño de un Sistema de Tratamiento económico (en cuanto a costos de construcción, operación y mantenimiento) y eficiente para el manejo de las aguas residuales urbanas e industriales, que ayuden a dar solución a la problemática ambiental que aqueja al Río Magdalena y cumpliendo así con las disposiciones ambientales vigentes emitidas por la Autoridad Ambiental (CAR).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el municipio de Puerto Salgar Cundinamarca.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar análisis físico - químico y biológico al efluente para determinar el grado de contaminación.
- Evaluación técnica y económica de las alternativas del tratamiento del agua residual.
- Selección y justificación del tratamiento a diseñar.
- Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Costos del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Elaborar y entregar para la empresa de Servicios Públicos de Puerto Salgar E.S.P, el respectivo informe final, que contendrá la información del área de estudio y de campo, el diagnostico de los vertimientos existentes, aspectos de diseño, memorias de cálculo, planos de procesos, planta y perfil.

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. La existencia de vertidos líquidos urbanos e industriales, sin ningún tratamiento previo, que alcanzan cursos superficiales de agua y/o acuíferos, provocan una contaminación artificial de las aguas que agrava significativamente su carencia con una importante pérdida de calidad y uso de éstas, aguas abajo, por otra Comunidad o Ciudad para su abastecimiento y sustento. Lo anterior hace énfasis en el tratamiento de las aguas residuales ya que éste es el factor principal de degradación de los cuerpos de agua los cuales conforman los principales abastecedores de vida y sustento para la existencia humana actual y futura.

Actualmente, en el municipio de Puerto Salgar los vertimientos de las aguas residuales se hacen directamente al río Magdalena, sin ningún tipo de tratamiento previo, ocasionando graves problemas ambientales, observando destrucción del ecosistema, generando problemas ambientales como la erosión, pérdida de la estabilidad del suelo y de los taludes, emigración y muerte de especies predominantes en la zona e igualmente se está afectando la salud de los habitantes.

La problemática que se aborda en el contexto ambiental pone de manifiesto la necesidad de diseñar La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, permitiendo así una mejor calidad de vida para los habitantes, no sólo evitando la contaminación en el río Magdalena, sino también mejorando las oportunidades y perspectivas económicas que los habitantes adquirirán a través de su pesca.

El proyecto será elaborado en el marco del convenio de cooperación celebrado entre la Universidad Libre y la empresa de Servicios Públicos de Puerto Salgar el cual busca brindar apoyo para la puesta en marcha del diseño de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

2. JUSTIFICACION

Los municipios colombianos como consecuencia de la descentralización administrativa han venido adquiriendo una mayor responsabilidad en la gestión para orientar el desarrollo socioeconómico y ambiental de los entes territoriales. Aunque los recursos económicos propios de la nación son el eje de dicha gestión, también lo son los instrumentos procedimentales y normativos con que cuentan las administraciones municipales para realizar una labor diferente.

Una de las problemáticas ambientales que se ha intensificado durante los últimos años y que exige de una acción inmediata de los municipios, es la de contaminación del recurso hídrico generada por las aguas residuales municipales. Solo el 22% de los municipios del país realizan un tratamiento de aguas residuales, un porcentaje realmente bajo si se considera que tampoco se ha reportado una aceptable eficiencia y operación de la mayoría de estas plantas de tratamiento¹.

La necesidad del diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el municipio de Puerto Salgar es de vital importancia ya que los vertimientos se realizan directamente al Río Magdalena sin ningún tratamiento previo, lo cual incide específicamente en el deterioro del recurso.

Con este diseño ambientalmente y sanitariamente evitaremos un daño tanto a la salud de la comunidad como a los ecosistemas que son afectados por los vertimientos puntuales que se realizan.

Legalmente, se obliga al municipio a cumplir con el tratamiento de sus vertimientos para evitar la contaminación del recurso hídrico de acuerdo a la ley 9 del año 1979, decreto 2811 del 1974, decreto 1594 de 1984, ley 99 de 1993, ley 194 de 1994.

¹ Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. SINA. Gestión para el manejo, Tratamiento y disposición final de Aguas Residuales Municipales.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 AGUAS RESIDUALES Y FUENTES RECEPTORAS²

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados por el sistema de alcantarillado.

En general se consideran Aguas Residuales Domesticas los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan Aguas Residuales Municipales los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal. También se denominan aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógenos y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domesticas, excluyendo las de inodoros.

Cuando el municipio tiene un alto desarrollo industrial pueden predominar compuestos inorgánicos poco biodegradables (metales pesados, plaguicidas, sólidos, etc.) y dependiendo del estado de alcantarillado (fugas o conexiones erradas) o si es combinado (aguas lluvias y negras) o sanitario (sólo aguas negras), pueden estar más o menos diluidas.

La composición típica de un agua residual municipal se muestra en la tabla No 1.

La materia orgánica (grasas, proteínas, carbohidratos) presente en las aguas residuales domésticas es biodegradada por los microorganismos, en condiciones aeróbicas cuando los cuerpos de agua no están altamente contaminados, o en condiciones ana-aerobicas cuando se superan los niveles de asimilación, agotando el oxígeno disuelto, limitando la vida acuática y generando malos olores producto de los procesos de descomposición.

² ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales Teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p. 17.

Tabla 1. Características típicas del Agua Residual Municipal

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN (mg/L)		
	Alta	Media	Baja
Sólidos totales	1000	5000	200
Sólidos Suspendidos	500	300	100
Sólidos Sedimentables	12	8	4
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO	300	200	100
Demanda Química de Oxígeno DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	80	50	25
Fósforo total	20	15	5
Grasas y Aceites	40	20	0
Coliformes Fecales(NMP/100ml)	10 ⁹	10 ⁷	10 ⁵

Fuente: Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de la Aguas Residuales Municipales

3.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los métodos de tratamientos en los que predomina la aplicación de fuerzas físicas son conocidos como operaciones unitarias. Aquellos en los que la eliminación de contaminantes se consigue mediante reacciones químicas o biológicas se conocen como procesos unitarios. Las operaciones y procesos unitarios se agrupan para constituir lo que se conoce como tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario. Con estos tratamientos se pretende eliminar sólidos, materia orgánica, microorganismos patógenos y a veces los elementos contenidos en un agua residual.

3.2.1 Por procesos de eliminación de contaminantes³

Los contaminantes del agua residual se pueden eliminar por medios físicos, químicos y biológicos, normalmente un sistema de tratamiento o fase del proceso es una combinación de los mismos.

- **Proceso Físico.** Los métodos de tratamientos en los que predominan los fenómenos físicos que es la aplicación de fuerza gravitatorias, centrifugas, retención física, etc., se conocen como procesos físicos, en este grupo se

³ METCALF&EDDY. Ingeniería de aguas residuales. Madrid: McGraw-Hill, 1995. P. 221.

puede incluir desbaste de sólidos (rejilla), desengrasado, desarenado, sedimentación, flotación, evaporación, desinfección y absorción.

- **Proceso Químico.** Los métodos de tratamiento en los que la eliminación de contaminantes es provocada por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas se conocen con el nombre de procesos químicos. Entre estos podemos incluir: floculación y coagulación, neutralización, oxidación, reducción, intercambio iónico, absorción y desinfección (cloro, ozono).
- **Proceso Biológico.** Los métodos de tratamiento en los cuales se consigue la eliminación de contaminantes por una actividad biológica son conocidos como procesos biológicos. El tratamiento biológico se usa esencialmente para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas) presentes en el agua residual. Básicamente, estas sustancias se transforman en gases que pueden escapar a la atmósfera y en tejido celular biológico que puede posteriormente eliminarse por sedimentación. Entre ellos se citan: lodos activados, lechos bacterianos, lechos de piedra, lagunaje, filtros percoladores, biodiscos y sistemas de aplicación al suelo.

3.2.2 Por fase de tratamiento⁴

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales se clasifican en función de los rendimientos alcanzados en el proceso de depuración o según la fase de depuración en la que se sitúan. Esta clasificación es la más utilizada, aunque como en el caso anterior, no siempre es posible encuadrar un tratamiento dentro de una fase concreta, o la fase de depuración se adopta por extensión para denominar el proceso completo.

- **Pre tratamiento y tratamiento primario.** El pre tratamiento es común a todos los sistemas de depuración, solo varía en los niveles de automatización que incorpora. No se considera un tratamiento propiamente dicho, pero su utilidad en cabeza de las instalaciones de depuración, está demostrada al eliminar elementos presentes en el agua, que de entrar en el proceso, podrían comprometer gravemente su funcionamiento (sólidos flotantes, arenas, grasas, aceites, etc.). Puede incluir desbaste de sólidos, tanque trampa de grasas, en esta fase se elimina entre un 25 – 50 % de DBO₅, entre un 50 – 70% de Sólidos y un 65% de los aceites y grasas del afluente.

⁴ CRITES & TCHOBANOGLOUS. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill, 2000. P. 241.

- **Tratamiento secundario.** Suele ser de naturaleza biológica, incorporándose, normalmente, a la línea de tratamiento de una planta depuradora, después del tratamiento primario. Pueden citarse los siguientes: Filtro percolador, lodos activados, lagunaje facultativo, lagunas aireadas, lechos de piedra y biodiscos. Todos ellos constituyen ejemplos de tratamiento secundario del agua residual, aunque, por extensión, dan nombre a sistemas de tratamiento completos. Podemos dividir los procesos de tratamiento biológico en 2 grandes grupos:
 - **De alta carga.** Se caracterizan por el volumen relativamente reducido de sus tanques y por la concentración tan elevada de microorganismos en comparación a los procesos de baja carga. De entre los procesos más comunes de alta carga encontramos los **Procesos de Lodos Activados** (Tanque de aireación donde los microorganismos se encuentran en suspensión en el agua residual. Cuando se eliminan los lodos biológicos una parte se recircula para mantener la relación alimento/microorganismos, F/M, estable), Filtros **Percoladores** (tanque lleno de un material de soporte donde el agua se vierte encima de forma intermitente o continuada y los microorganismos se adhieren al material soporte formando una película biológica donde la materia orgánica penetra por difusión y es metabolizada); **Biodiscos** (el medio de soporte suelen ser discos rotativos que permanecen parcialmente sumergidos en afluente). Los procesos biológicos de alta carga conjuntamente con una decantación primaria eliminan normalmente entre un 85-95 % de la DBO5 contenidas inicialmente en el agua residual, así como la mayor parte de los metales pesados. Elimina de forma mínima las concentraciones de fósforo y nitrógeno del afluente residual.
 - **De baja carga.** Son grandes extensiones de agua donde los microorganismos realizan el tratamiento del agua residual. Tanto la concentración de microorganismos como su velocidad de crecimiento son inferiores a los procesos de alta carga. Además estos procesos no suelen disponer de métodos de separación de microorganismos del agua. De los procesos más comunes de baja carga se encuentran las **Lagunas Aireadas** (se forman dos capas diferenciadas, la más superficial aeróbica y la más profunda anaerobia, encargada de la mineralización de la materia orgánica decantada) y las **Lagunas de Estabilización** (utilizan las algas como fuente de oxígeno). Al no separar la materia en suspensión la calidad del afluente comparado a los procesos de alta carga es inferior y limita mucho la utilización de estos tipos de tratamientos.

- **Tratamiento terciario.** De naturaleza biológica o físico-química, reúne un conjunto de instalaciones de tratamiento, que normalmente, se sitúan detrás del tratamiento secundario. Se incluyen: procesos de nitrificación-desnitrificación, procesos de eliminación de fósforo, biodiscos y lechos bacterianos, lagunaje de maduración y sistemas de aplicación al suelo en general, filtros y ultra filtración, ozonización y radiación ultravioleta.
- **Desinfección.** Consiste normalmente en la inyección de una disolución de cloro al inicio del canal de cloración. La dosis de cloro depende entre otros factores del contenido microbiano y suele oscilar entre 5-10 mg/ l. También puede utilizarse como desinfectante el ozono o cámara de contacto de cloro. El máximo tiempo de contacto del agua con el cloro suele ser de 15 minutos (Aunque para ciertos proyectos con agua regenerada se han llegado a tiempos de contacto de 2 7 horas). La eficacia de la desinfección se mide en términos de concentración de organismos indicadores, tanto de coliformes totales como de coliformes fecales, presentes en el afluente a la salida del tanque de cloración. Se están estudiando alternativas debido a que en la cloración se forman algunos productos como los trihalometanos que se suponen son cancerígenos, así como muchos otros compuestos organoclorados tóxicos. Entre las alternativas se encuentra la desinfección por rayos ultravioletas, tratamiento con ozono, dióxido de cloro y la solarización (desinfección por luz solar).

4. MARCO GEOGRAFICO

4.1 LOCALIZACIÓN

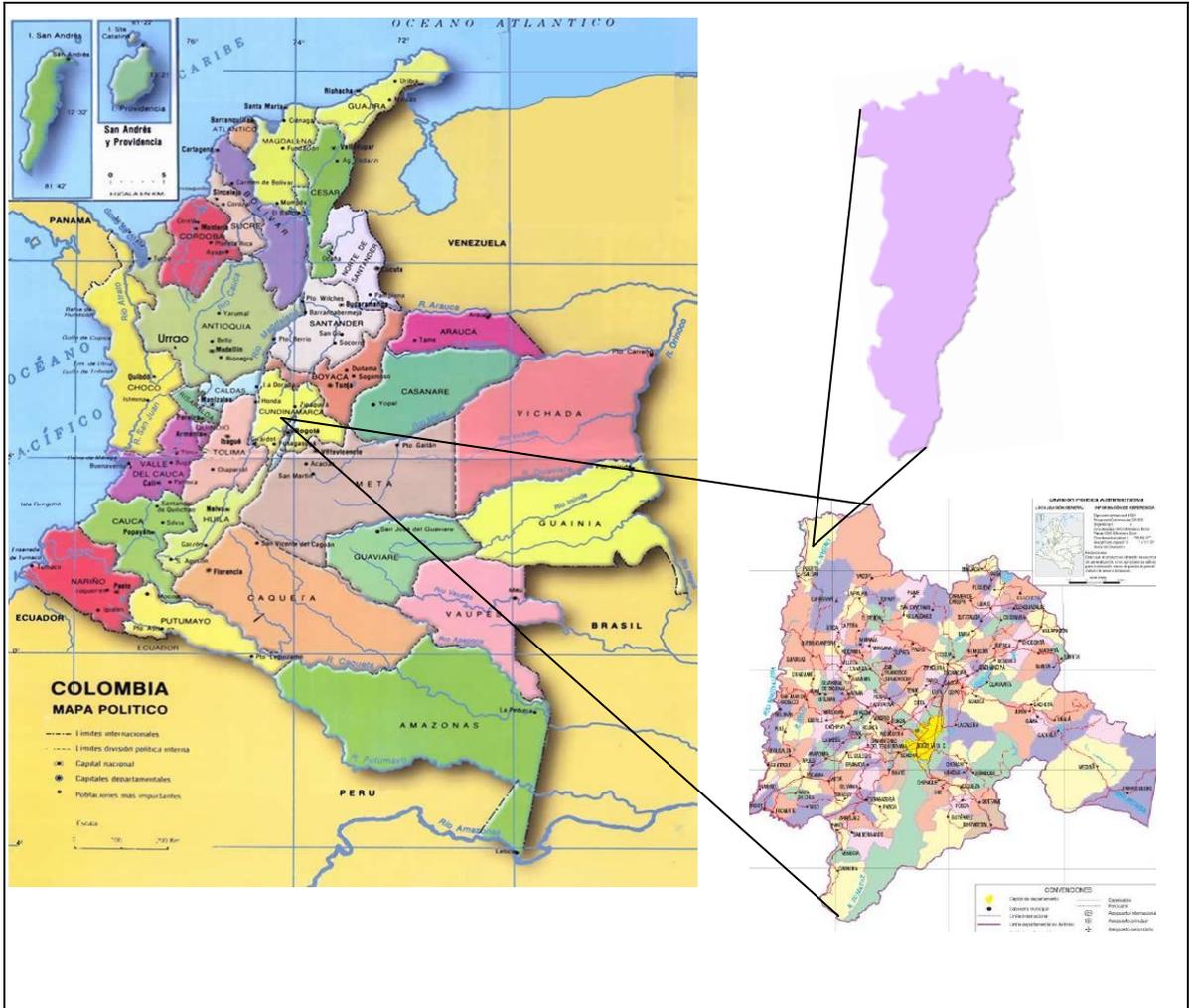
El municipio de Puerto Salgar, se encuentra ubicado en la parte Noroccidental del Departamento de Cundinamarca, pertenece a la provincia del Bajo Magdalena, integrada además por los municipios de Guaduas, y Caparrapí; igualmente, pertenece a la Asociación de Municipios del Gualiva, y hace parte de la Mesa Directiva de La Corporación del Río Grande de la Magdalena (**Cormagdalena**).

4.2 LÍMITES

- ✚ NORTE: Municipio de Puerto Boyacá (Boyacá)
- ✚ SUR: Municipio de Guaduas (Cundinamarca)
- ✚ Oriente: Municipio de Yacopí y Caparrapí (Cundinamarca)
- ✚ Occidente: Municipio de La Dorada (Caldas)

4.3 ALTITUD

El municipio, comprende alturas desde los 177 m.s.n.m. en el sector urbano y hasta 500 m.s.n.m. en el sector rural (Cuchilla de San Antonio Alto).



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PUERTO SALGAR-CUNDINAMARCA



LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR

GRAFICO 1 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

AUTORES 2008

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA GÓMEZ RENDÓN

5. MARCO DEMOGRAFICO

5.1 DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA

Actualmente, el Municipio de Puerto Salgar – Cundinamarca, cuenta con la siguiente división política:

Cuadro 1. División Político Administrativa

DESCRIPCION	NUMERO
Veredas	21
Centros Poblados	3
Barrios	11
Urbanizaciones	7
Manzanas	164

Fuente: Plan de desarrollo 2004-2007.

Cuadro 2. Veredas

VEREDAS		
8. Caño Pescado	7. La Ceiba	13. Las Brisas
8. Galápagos	8. San Antonio	14. Risaralda
8. La Reines	9. San Cayetano	15. Salamina
8. El Taladro	10. La Viuda	16. Isla Rayadero
8. Rio Negrito	11. Tres y Medio	17. Yerbabuena
8. La Colombia	12. Las Balsas	18. Puerto Rojo

Fuente: Plan de desarrollo 2004-2007.

Cuadro 3. Centros Poblados

CENTROS POBLADOS		
1. Puerto Libre	2. El Guayabo	3. Colorados

Fuente: Plan de desarrollo 2004-2007.

5.1.1 Límites Detallados. A continuación se describe los límites detallados del Municipio de Puerto Salgar:

Cuadro 4. Límites Municipales

Coordenada	Límites Municipales
Norte	Municipio de Puerto Boyacá (Boyacá)
Sur	Municipio de Guaduas (Cundinamarca)
Oriente	Municipio de Yacopi y Caparrapi (Cundinamarca)
Occidente	Municipio de La Dorada (Caldas)

Fuente: Plan de desarrollo 2004-2007.

5.1.2 Área Urbana. El actual perímetro urbano del Municipio, está constituido por los siguientes barrios:

Cuadro 5. Barrios Área Urbana

Barrios Área Urbana		
1. Tres Esquinas	5. Santa Inés	9. Primero de Mayo
2. Gaitán	6. La 52	10. Centro
3. Alto Buenos Aires	7. Seis de Enero	11. Nariño
4. La Consolata	8. Santander	

Fuente: Plan de desarrollo 2004 – 2007.

5.1.3 Demografía. El censo poblacional del Municipio de Puerto Salgar presenta dos fuentes de información:

- Fuente DANE del censo poblacional hecho en el año 2005 presentada en la siguiente tabla:

Tabla 2. Proyección demográfica

POBLACION HABITANTES	AÑOS								
	1938	1951	1964	1973	1985	1990	1993	2000	2005
Cabecera	1525	3300	6398	6336	7454	7498	7756	8845	11090
Resto	2259	2904	4521	3896	4555	4854	5006	5252	4147
TOTAL	3784	6204	11019	10232	12021	12352	12762	14097	15237

Fuente: DANE

La población desde 2000 al 2005 ha tenido un crecimiento del 10.4%. El Municipio de Puerto Salgar Presenta una Disminución Poblacional durante el periodo de 1964 a 1973. Este despoblamiento (en el sector rural) obedece a diversos factores como son la compra de grandes extensiones de tierra, la violencia que se genero en la zona y el éxodo campesino en busca de mejorar su situación económica, por cual se concluye que el desplazamiento se ocasiona en la parte rural del Municipio.

- Otra fuente es la obtenida de la base de datos sistematizada de la oficina del SISBEN de la Alcaldía Municipal de Puerto Salgar, la información recolectada a través de las encuestas familiares llevadas a cabo por la promotoras de salud en el casco urbano y rural del municipio para el año 2007:

Tabla 3. Población área Urbana 2007.

Área	Población Hab.
Urbana	10523
Rural	4449
Total	14972

Fuente: SISBEN 2007.

Nota: Esta información de población urbana y rural, para el año 2007, será utilizada para estimar la población futura del proyecto y con base en esta, realizar los demás cálculos de diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR); ya que esta cuenta con mayor fiabilidad en cuanto al método usado para la recolección de información poblacional (por medio de encuestas casa a casa hechas por las promotoras de salud).

5.2 SERVICIOS PUBLICOS

A continuación, se describen de manera resumida, el equipamiento de servicios públicos con que cuenta el municipio:

5.2.1 Empresa de Servicios Públicos de Puerto Salgar. La empresa de Servicios públicos de Puerto Salgar E.S.P., domiciliada en el municipio de Puerto Salgar (Cundinamarca), fue creada por el acueducto municipal el 14 de Abril de 1998; es una empresa industrial y comercial del orden municipal, dotada de

personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente, regida exclusivamente por las reglas del derecho público.

La E.S.P., tiene como objeto la prestación de los servicios públicos esenciales domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y aseo, en el área jurisdiccional del municipio de Puerto Salgar (2477 usuarios área urbana) y el Centro Poblado de Puerto Libre (300 usuarios área rural).

5.2.3 Acueducto. Con base en el PBOT, para el año 2000, la Empresa tenía inscritos a 2337 usuarios al servicio de acueducto (casco urbano: 1995 y Puerto Libre: 342), teniendo una cobertura aproximada del 90%. En el área urbana se localizaron **1858 viviendas, es decir un 93.13%** que cuentan con el servicio, el **6.87% equivalente a 137 viviendas**, se abastecen del líquido por medio de otros sistemas. De acuerdo a lo anterior, podemos observar que entre los años 2001 a 2007, la Empresa aumentó su número de suscriptores a 399 nuevos usuarios – aprox. 117.1%; así mismo, se ha mejorado la cobertura del servicio en al área urbana del Municipio, ya que se incrementó en aproximadamente **123.7% ≈ 440 viviendas**, y de igual forma se disminuyó el número de casas sin servicio (**62 ≈ 54.7%**), (en la página 27 **Análisis situación actual alcantarillado** se explica con más detalle la cobertura de la empresa de servicios públicos en el municipio de Puerto Salgar).

Lo anterior, se debió a factores como:

- Optimización de las unidades de bombeo y remodelación de las instalaciones físicas de los pozos.
- Ampliación y rehabilitación de la red de distribución (cambio de tuberías de AC por PVC, ampliación de diámetros nominales, cambio de válvulas de sectorización, etc.).
- Ampliación de la planta de personal operativo (operadores de pozo y fontaneros).
- Optimización de los procesos de tratamiento con la puesta en marcha de un tanque dosificador de coagulante (sulfato de aluminio tipo B*), y mejoramiento de los análisis fisicoquímicos, practicados en el laboratorio, con la adquisición de nuevos kits de análisis (como: cloro, nitratos, dureza, cloruros, etc.).
- Lo anterior, en conjunto, ha permitido proyectar en la comunidad una imagen de la Empresa más fortalecida, respaldada en sus procesos y recurso humano calificado.

5.2.4 Captación. El municipio de Puerto Salgar cuenta con un sistema de abastecimiento por bombeo conformado por cinco pozos profundos localizados a una distancia promedio de 750 m de la Planta de Tratamiento de Agua Potable. A continuación en el cuadro 6, se hace una breve descripción de cada uno de estos:

Cuadro 6. Pozos de Bombeo

POZO	UBICACION	CARACTERISTICAS					
	Distancia a PTAP (m)	PROFUND (m)	CAUDAL (L/S)	Φ pulg	AÑOS FUNCION	Unidad de captación	ESTADO
1	En la planta	50	5	4	25	Bomba y motor sumergible	Actualmente fuera de servicio
2	450	57	7	4	25	Bomba y motor sumergible	Actualmente están fuera de servicio
3	738	90	60	6	20	Bomba sumergible de 75 H.P.	próximos a realizarles mantenimiento.
4	730	98	28	10	5	Bomba sumergible de 40 H.P.	Actualmente estas unidades son las q abastecen al municipio de agua, son unidades nuevas.
5	899	125	51	10	4	Bomba y motor sumergible de 60 H.P.	

Fuente: E.S.P. Puerto Salgar

5.2.5 Almacenamiento. En la actualidad se cuenta con un tanque metálico elevado que tiene una capacidad de 150 m³ aprox. Existe, atrás de la planta de tratamiento, un tanque semienterrado con una capacidad de 100 m³ aprox.

5.2.6 PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable). De tipo convencional diseñada en su conjunto para tratar 80 L/s, pero solo se construyó la mitad, se han o sea para tratar 40 L/s; las características de los componentes son:

- **Torre de Aireación.** El agua al llegar a la planta por el sistema de bombeo, proveniente de los pozos, ingresa a la torre, conformada por cinco (5) bandejas cuyos fondos son placas en asbesto – cemento con poros para el descenso del agua. Las bandejas en la actualidad no cuentan con carbón (coque), cuyo fin sería el de: Transferir oxígeno al agua y aumentar con ello el oxígeno disuelto, oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn) y remover compuestos orgánicos volátiles COV.

El agua cae a un piso en concreto, en la actualidad posee coque y se vierte a una cámara de aquietamiento con desagüe para remover el material depositado.

- **Mezcla Rápida – Coagulación.** El agua al pasar por la cámara de aquietamiento de 3.19 m³ de capacidad, llega a un vertedero rectangular que permite medir el Caudal aproximado por medio de la lectura de la altura de la lámina de agua que pasa en ese momento. Actualmente se está utilizando como coagulante el sulfato de aluminio – Al₂SO₄ tipo B, al aplicar en el resalto hidráulico (cresta), se está aprovechando la turbulencia que trae, con el fin de minimizar el uso de coagulante y obtener un mejor proceso de mezcla rápida.
- **Floculador.** La planta de tratamiento de agua potable del acueducto de Puerto Salgar posee un floculador con doble celda de tipo Alabama, así mismo, tiene 18 cámaras que están divididas en dos filas de nueve cada una, con sentido de flujo opuesto. La longitud interna de cada fila es de 11.73m. El fondo tiene una pendiente del 8.27%; en la fila de las primeras nueve celdas, el sentido de la pendiente es el mismo del agua, en la otra, es contraria al sentido del agua. Cada cámara tiene una celda que impulsa el agua hacia arriba y la vuelve a tomar en el fondo; las celdas se encuentran alternadas. El tiempo de retención del floculador corresponde a 17.5 minutos para un Caudal promedio de 51 L/s.
- **Sedimentador.** Este proceso consiste en la separación o remoción de partículas acondicionadas en los procesos de coagulación y floculación, para adquirir el tamaño y peso deseado, mediante la acción de la fuerza de la gravedad. El acueducto cuenta con un sedimentador de alta tasa de placas inclinadas, de material de asbesto-cemento y cuentan con las siguientes dimensiones: e = 1 cm, Ancho = 2.40 m y Largo = 1.20 m; las placas se encuentran colocadas con una inclinación de 60°.
- **Filtros.** El sistema de filtración de la planta corresponde a filtros rápidos descendentes y auto-lavables, este sistema está conformado por cinco (5) tanques de sección rectangular en concreto, con lecho doble filtrante de antracita y arena, lecho de soporte de grava, y falso fondo con viguetas en V, cada vigueta cuenta con trece (13) orificios por cada lado. Cada uno tiene su propio vertedero de salida y descargan a un canal común Colector de agua filtrada.

5.2.7 Alcantarillado - Situación actual. En la actualidad el Municipio de Puerto Salgar cuenta con una red de alcantarillado de tipo combinado, compuesto por tres colectores principales: Colector Caño Rockefeller – ø 36”, Colector Centro - ø 24” y Colector Norte - ø 16”; los cuales están en funcionamiento, captando y evacuando los afluentes residuales del área urbana del Municipio hacia el Río Magdalena (Fuente Receptora). A continuación se describe de manera detallada, en el cuadro 7, las redes de Alcantarillado Sanitario (colectores) existentes en el área urbana del Municipio:

CUADRO 7. Colectores de Aguas Residuales existentes en Puerto Salgar

Colector	Barrios servidos	DIAMETRO NOMINAL ACTUAL		Estado Actual	Ubicación	Fuente Receptora
		Colector	Red			
Colector Caño Rockefeller	Antonio Nariño (y parte del Centro, Alto Buenos Aires y Santander)	36"	8" 12" 14"	En Funcionamiento, actualmente en mantenimiento y limpieza, aguas arriba de su recorrido éste recibe los afluentes domésticos de otros barrios (Centro, Alto Buenos Aires y Santander). Tubería red: Gress y concreto Tubería colector: Concreto	Toma la ruta del Caño Rockefeller, canalizado en tubería de concreto reforzado. El sitio de vertimiento final está en buen Estado.	Río Magdalena
<i>Colector Centro</i>	Alto B. Aires Centro Santander 1º de Mayo	21" - 24"	8" 8" - 12" 8" - 10" 8"-16"-21"	En Funcionamiento, aunque en épocas de invierno por el aumento de los niveles del Río que sobrepasan los del sitio de vertimiento final, se presenta situaciones de represamiento en el sistema; a esto se le suma la poca capacidad hidráulica que poseen las tuberías, que conforma esta red, para evacuar los Caudales residuales y pluviales que capta durante su recorrido. Tubería red: Gress y concreto Tubería colector: Concreto	Este colector comienza al terminar el Barrio Santander, luego entra al Barrio 1º de Mayo (baja por la calle 10) y el emisario final vierte sus aguas cerca al Estadero Picapiedra. El sitio de vertimiento se observa en buenas condiciones de funcionamiento.	Río Magdalena
<i>Colector Norte</i>	La Consolata Consolata I, II y III Etapa Santa Inés Tres Esquinas Villa Hermosa II Villa Ángela La 52 Villa Luz Divino Niño Seis de Enero	12" - 16"	8" - 10" 8" - 10" 8" - 10" 8" 8" - 10" 8"-10"-12" 8" 8" - 12" 8" - 10" 8" - 12" 8" - 12" 8"-10-12" (En este Barrio existen 2 sistemas de alcantarilla do y ambos en mal estado físico y de	En Funcionamiento, presenta problemas de operación durante las épocas de invierno, ya que su capacidad nominal lo hace insuficiente para ayudar a evacuar las aguas residuales y lluvias que capta durante su recorrido. En la Ciudadela Divino Niño se presenta problemas de niveles, puesto que las cotas de entrega de este sistema están por debajo de las cotas de este Colector, razón por la cual este sector cuenta con un sistema de bombeo para evacuar sus aguas	Está localizado paralelo a la vía férrea, fue construido por la Gobernación de Cundinamarca en la década de los 80. Es uno de los sistemas de transporte y disposición de aguas residuales más importante con que cuenta el Municipio, ya que evacua los afluentes domésticos e industriales de más del 50% del área urbana de este	Río Magdalena

			operación. Actualmente la E.S.P. adelanta una jornada de mantenimiento de estas redes).	residuales domésticas aguas abajo, en un pozo de inspección cerca al Estadero Mantequilla. Con respecto a lo anterior, la E.S.P. actualmente se encuentra adelantando un estudio para analizar la alternativa del sistema por gravedad, para evacuar las aguas residuales de esta ciudadela hacia el colector norte, en el sector de la carrilera cerca de la cra. 3 - barrio villa Ángela. Tubería red: Gress y concreto Tubería colector: Concreto	Municipio.	
--	--	--	---	--	------------	--

Fuente: E.S.P. Puerto Salgar.

- **Análisis situación actual alcantarillado:**

Para el año 2004, la Empresa de Servicios Públicos de Puerto Salgar E.S.P. contaba con 2736 usuarios matriculados al servicio de alcantarillado (casco urbano: 2376 y Puerto Libre: 360), de los cuales hacen uso de la red de alcantarillado municipal 2373; se tiene una cobertura del servicio de alcantarillado en el área urbana del **93.3% ≈ 2214 viviendas**; el restante (**6.70% ≈ 159 casas**) utilizan sistemas de disposición in situ como la letrina o pozo séptico; en la mayoría de los casos éstos se encuentran contruidos de manera inadecuada, sin obedecer algún tipo de diseño técnico y por ende funcionando de manera inadecuada.

De acuerdo a la información contenida en el PBOT, para el año en el año 2000, la Empresa tenía inscritos a 2337 usuarios al servicio de alcantarillado (en el casco urbano: 1995 y Puerto Libre: 342). En el área urbana se encontraban conectadas al alcantarillado **1670 viviendas, es decir un 83.7%**, el **16.3% equivalente a 325 viviendas**, poseen o no otros sistemas diferentes para la evacuación de sus aguas residuales: Letrina, Pozo séptico o inodoro sin conexión.

De acuerdo a lo anterior, se puede observar que durante los años 2001 a 2007, la Empresa mejoró la cobertura del servicio en al área urbana del Municipio, ya que se incrementó en aproximadamente un **132.6% ≈ 544 viviendas**, y de igual forma se disminuyó el número de casas sin servicio (**166 ≈ 48.9%**).

La Empresa de Servicios Públicos en conjunto con la Unidad de Planeación Municipal, adelantan los respectivos estudios de diseño para renovar y/o construir los sistemas de alcantarillado en los barrios: Seis de enero, Santa Inés, Divino niño y Tres Esquinas.

5.2.8 ALCANTARILLADO PLUVIAL (AGUAS LLUVIAS). Actualmente, el Municipio de Puerto Salgar cuenta con una red de alcantarillado Pluvial (de aguas lluvias) compuesto por cinco (5) sistemas principales: Dos (2) sistemas naturales: Caño Rockefeller y Caño El Guanábano, y tres (3) colectores: Barrio Nariño, Primero de Mayo y Divino Niño.

- **Caño Rockefeller.** Atraviesa el Municipio desde el centro en dirección sur–occidente por la transversal 8 en dirección a la calle 2 para llegar al río Magdalena en el sector del barrio Antonio Nariño (sitio de vertimiento final), este caño ha sido canalizado en estructura de box-coulbert y en tubería de $\varnothing=36''$ en concreto reforzado. Durante su recorrido se observa que encima de éste han sido construidas viviendas las cuales han hecho sus conexiones domiciliarias de alcantarillado de forma clandestina. Esta situación ha contribuido en mayor proporción a que la calidad fisicoquímica de este cuerpo de agua disminuya, además de ayudar a la generación de olores ofensivos para la comunidad aledaña a este caño por la actividad de descomposición de la materia orgánica proveniente de este tipo de conexiones. En el sector del barrio Antonio Nariño se observa represamiento del flujo, posiblemente ocasionado por la acumulación de material sedimentable (arena y escombros menores) proveniente de los vertimientos generados por la actividad minera ilegal que funciona en esta zona, llevada a cabo de forma irregular; estas descargas favorecen los procesos de obstrucción y/o colmatación de la tubería que afectan de manera significativa el funcionamiento hidráulico de este sistema
- **Caño el Guanábano.** Atraviesa el Municipio en sentido sur–norte, ubicado en el costado oriental de la ciudad, inicia su trayecto con aportes de la cuenca hidrográfica - Sector Laguna del Coco. Este sistema natural (ancho prom. = 2m) no se encuentra canalizado, durante su trayecto recibe los aportes de aguas lluvias de los siguientes sectores: Zona aledaña al Cementerio Central, Transversal 8ª, Barrio Gaitán, Consolata parte baja, Urbanización Villa Ángela, Ciudadela El Divino Niño, Barrio Santa Inés y entrada al Barrio Seis de Enero.
Vale la pena anotar que este canal al igual que el Rockefeller, presenta la misma situación de conexiones erradas de aguas servidas a partir de la calle 14, pero además, este afluente sufre un mayor problema ya que en sectores de su recorrido, como el ubicado atrás del ancianato, se observa cómo la gente ha convertido esta zona en un improvisado botadero de basuras y demás desechos nocivos que ayudan en mayor proporción, junto con los vertimientos residuales, a minimizar aceleradamente la calidad y condiciones fisicoquímicas normales de este cuerpo de agua, además de

crearse los medios propicios para la generación de olores y diferentes tipos de vectores (roedores, moscas, mosquitos, etc.) que pueden llegar a afectar la salud de la comunidad aledaña a este sitio.

- **Colector Antonio Nariño.** Este sistema se encuentra localizado al sur del Municipio en el barrio Antonio Nariño. Se terminó de construir en el año 2004 con recursos de la Gobernación de Cundinamarca y de la Administración Municipal.

Antes de construirse este colector las aguas lluvias eran captadas y evacuadas por la misma red de aguas residuales existente en este sector, la cual trabajaba de manera irregular durante las épocas de verano y empeoraba al presentarse la temporada de lluvias, ya que el diámetro nominal de la tubería que conforma este sistema (8" – gress) lo hacen hidráulicamente insuficiente para manejar ambos Caudales.

En la actualidad este sistema capta y transporta las aguas lluvias de este barrio hacia el punto final de entrega, Caño Rockefeller, para que este posteriormente las vierta en la fuente receptora (Río Magdalena); el alcantarillado pluvial del barrio Nariño está diseñado bajo la Norma RAS 2000 y se utilizó para su construcción tubería en concreto TITÁN de diferentes diámetros (12", 16" y 27"), actualmente el sistema se encuentra funcionando de manera óptima.

- **Colector Primero de Mayo.** Se encuentra localizado al sur-occidente del casco urbano del municipio en el barrio Primero de Mayo; este sistema se diseñó y construyó, por parte de la Alcaldía Municipal, para transportar y evacuar las aguas lluvias de este barrio hacia el río Magdalena – fuente receptora, además para ayudar a minimizar los problemas de inundación que aquejaban a este sector durante las épocas de invierno; lo anterior se presentaba debido a que los sumideros existentes en este barrio se encontraban conectados al alcantarillado de aguas residuales y éste hidráulicamente presentaba el mismo fenómeno del barrio Antonio Nariño, viéndose de igual manera los problemas de refluo de las aguas servidas hacia sus casas; otro aspecto importante que ahondaba el problema era el que presentaba el río Magdalena durante estas temporadas de lluvias, ya que éstas aumentan la altura de su lámina normal de agua haciendo que se superen los niveles del emisario final existente de alcantarillado, lo que ocasionaba un problema de represamiento del flujo y por ende el mal funcionamiento del sistema. Este sistema se construyó por etapas, y acorde a los parámetros técnicos de diseño establecidos en la normatividad existente.

ETAPA I: Comienza en la carrera 14 con calle 10 y va hasta la calle 12 ($\varnothing = 12"$ – concreto TITÁN), gira a la izquierda y luego va hasta el río Magdalena – fuente receptora ($\varnothing = 16"$ y $27"$ – tubería concreto TITÁN). Fecha de construcción: Noviembre de 2004.

ETAPA II: Callejón cra. 14 con la línea férrea hasta la carrera 14 con calle 12 donde entrega al sistema construido en la Etapa I ($\varnothing = 10''$, $12''$ y $16''$ – tubería concreto TITÁN). Fecha de Construcción: Marzo de 2005.

- **Colector Divino Niño.** Este sistema se encuentra localizado al costado nor-oriental del Municipio e inicia su recorrido desde el costado izquierdo de la transversal 8 (vía a Colorados) con carrera 6; este alcantarillado está conformado por los siguientes tramos: Primer tramo de la transv. 8 – cra. 6 hasta la transv. 8 - cra. 4 en tubería de $12''$; Segundo tramo ubicado entre la transv. 8 – cra. 4 hasta la calle 14A en tubería de $14''$; Tercer tramo desde la cra. 4 – calle 14^a hasta la cra. 2 en tubería de $14'' - 36''$; Cuarto tramo sigue por la cra. 2 hasta llegar a la calle 14C en tubería de $36''$ y el Tramo final va desde la cra. 2 – calle 14C hasta el sitio de disposición final – Caño El Guanábano, en el sector del barrio Divino Niño, en tubería de $36''$. Este colector está construido en su totalidad con tubería de concreto TITAN, durante su trayecto recoge y transporta las aguas lluvias provenientes de los barrios: Consolata, Consolata I y II, Villa luz, la 52, Villa Ángela y Divino Niño. El colector se encuentra en buen estado físico y de funcionamiento.

5.2.9 Análisis situación actual del alcantarillado pluvial:

Los sistemas pluviales naturales presentan problemas en su componente ambiental debido a factores como:

- Se observa un avanzado estado de colmatación en el cauce de estos sistemas, debido a la gran cantidad de material sedimentable (arena, piedra, hojas, material orgánico, etc.) que arrastra el agua lluvia por fenómenos de escorrentías durante su recorrido por el suelo, además de los aportes que también hacen obras de captación como: sumideros y cunetas conectados a estos sistemas, y muchos de éstos se observan que están ubicados sobre vías o calles sin pavimentar, lo que hace que el aporte de sedimentos hacia estos cuerpos de agua sea mayor; así mismo pasa con aquel material orgánico proveniente de las conexiones erradas de aguas residuales (plásticos, papel, residuos de comida, etc.), puesto que éstos alteran los procesos naturales de degradación natural ocasionando un averías de las condiciones fisicoquímicas de estos cuerpos. Lo anterior afecta la capacidad hidráulica del sistema generando en algunos sectores fenómenos de rebose y/o represamiento.

- Estos Sistemas, en sus tramos finales de recorrido (especialmente el Caño Rockefeller), se percibe la generación de olores posiblemente ocasionados por la disminución en la concentración (ppm) de oxígeno disuelto – OD, parámetro determinante en los procesos de degradación natural de la materia orgánica. Lo

anterior se produce debido a que en el sistema se presentan aportes de cargas contaminantes provenientes de conexiones de aguas residuales erradas (aguas arriba durante su trayecto), las cuales requieren de concentraciones altas de OD para su degradación, esto hace que gradualmente se baje dicha concentración, creándose así condiciones anóxicas⁵ – anaeróbicas, ideales para la generación de dichos gases (H₂S, SO₄, etc.) desagradables y perjudiciales, en altas concentraciones, para la salud humana.

5.2.10 Situación Actual del Manejo de Residuos Sólidos.

El Municipio de Puerto Salgar contaba, aproximadamente 5 años atrás, con un botadero de basuras a cielo abierto para la disposición final de los residuos sólidos (basuras) generados por las 2.000 viviendas registradas en ese tiempo, en la Tesorería Municipal, dicho botadero funcionaba en un lote que cuenta con un área aprox. de 1 Ha. Esta localizado a 3.5 Km del área urbana, a la margen izquierda de la Autopista Bogotá – Medellín, vía a Puerto Boyacá; no contaba, para su funcionamiento, con ningún tipo de medida o plan de manejo ambiental, ni mucho menos con la debida licencia ambiental emitida y otorgada por la CAR para llevar a cabo las tareas de disposición final de residuos sólidos. El Municipio, por recomendación de la Autoridad Ambiental – CAR, adelantó las tareas de recuperación y manejo ambiental del terreno que ocupaba dicho botadero. Este Lote está registrado en la Oficina de Planeación Municipal bajo la cédula catastral No. 00-00-0004-0089-000. Además de la inadecuada disposición de los residuos sólidos bajo la figura de botadero a cielo abierto, se presentaba una afectación a la Quebrada Caño Dorada, por cuanto no se contaba con una franja de ronda de protección y los aislamientos requeridos técnicamente (zanjas perimetrales, impermeabilización, etc.), constituyéndose en un factor de degradación ambiental alto para este cuerpo superficial de agua. Esta quebrada se caracteriza por poseer bajo Caudal y un gran volumen de sedimentos acumulados, que complican aún más la afectación ambiental en este sector por bajar las concentraciones de OD. Por la pendiente natural del terreno, los lixiviados generados por la descomposición de los residuos, discurrían en dirección hacia dicha Quebrada. Así mismo, dependiendo de la altura del nivel freático y de las características del suelo, los acuíferos subterráneos podrían estar siendo afectados por efectos de la infiltración de los lixiviados en éstos, provocados por el alto grado de permeabilidad del terreno.

Actualmente, la Empresa de Servicios Públicos de Puerto Salgar E.S.P. es el Ente encargado de prestar el Servicio Público Domiciliario de Aseo, el cual lo hace a través de la Empresa de Servicios Públicos de La Dorada E.S.P., mediante un

⁵ Incapacidad de los tejidos de fijar el oxígeno.

Convenio de Servicios; esta Empresa presta el servicio de Recolección, Transporte y Disposición Final de los residuos sólidos generados en Puerto Salgar y el Centro Poblado de Puerto Libre, la disposición final se hace en el Relleno Sanitario Regional “Doña Juana” el cual cuenta con la respectiva licencia ambiental emitida por la Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS para llevar a cabo este tipo de actividad, este relleno se encuentra localizado en el Km 14 en la vía que conduce al Corregimiento de Buenavista, jurisdicción de La Dorada - Caldas. Esta Empresa, además, presta el servicio de barrido de calles y recolección de ramas (resultado de la poda de árboles y jardines). La cantidad promedio de residuos generados, para el año 2004, en el Municipio de Puerto Salgar y el Centro Poblado de Puerto Libre, era de: **137 Ton/mes**. Debe aclararse que de este valor el 20% aproximadamente, es la producción correspondiente a Puerto Libre (27.4 Ton/mes). también se generan nueve (9) puestos de trabajo directos distribuidos de la siguiente forma:

- Cuatro (4) Colectores – asignados al camión compactador.
- Tres (3) Escobitas.
- Dos (2) Guadañadores.

5.2.10.1 Rutas y Frecuencia de Recolección:

DIA	BARRIOS SERVIDOS-RUTA	HORARIO	FRECUENCIA
Lunes	Centro Poblado - Puerto Libre	5:00 am a 8:00 am	Una (1) vez a la semana
Lunes Viernes	Zona Urbana: Autopista, Seis de Enero, Divino Niño, Tres Esquinas, Santa Inés, La 52, Consolata y Villa Ángela.	8:00 am a 12:00 pm	Dos (2) veces a la semana
Lunes Viernes	Zona Urbana: Centro, Alto Buenos Aires, Santander, Antonio Nariño, 1º de Mayo, Barichara, Hospital, Empresa de Gas y Ferro- Salgar.	8:00 am a 12:00 pm	Dos (2) veces a la semana
Miércoles	Recorrido Comercial – Locales Comerciales del Centro del Municipio.	12:00 pm a 6:00 pm	Una (1) vez a la semana

Fuente: Empresa de Servicios Públicos de La Dorada-Caldas.

5.3 Diagnostico ambiental del Matadero Municipal

Actualmente las instalaciones físicas del Matadero se encuentran clausuradas para llevar a cabo las tareas de sacrificio, debido en gran manera a su avanzado estado de deterioro; además, se puede observar que éste carece de las mínimas medidas de higiene y salubridad requeridas y exigidas por las respectivas autoridades sanitarias municipales y departamentales encargadas de vigilar este tipo de establecimientos. Así mismo el personal encargado de las operaciones de sacrificio (matarifes) no cuentan con la debida capacitación, dotación e indumentaria apropiada para llevar a cabo este tipo de labores; lo anterior, ha requerido la visita de funcionarios de la CAR y de la Secretaría de Salud Departamental las cuales han constatado dichas anomalías y han concluido de manera conjunta en que las actuales instalaciones del matadero son inadecuadas para llevar a cabo las actividades de sacrificio y manejo de carnes destinadas para el consumo humano, y por tanto han procedido a su cierre definitivo desde el mes de Noviembre de 2005.

Lo anterior, ha hecho que la Administración Municipal adelante los respectivos estudios de mejoramiento y optimización de las instalaciones físicas y línea de procesamiento, teniendo para ello en cuenta, las recomendaciones y especificaciones técnicas emitidas por la CAR y la Secretaría de Salud departamental. Para suplir la demanda de carne en el municipio, la Administración Municipal ha suscrito un convenio con el frigorífico Primavera S.A., situado en el municipio de La Dorada, para que en sus instalaciones se sacrifique y procese la carne para Puerto Salgar.

La única característica con que cuenta a favor este matadero es su ubicación y superficie, pues se encuentra localizado a 1.5 km del casco urbano sobre el costado izquierdo de la autopista Bogotá – Medellín (vía a Puerto Boyacá) y cuenta con un área aproximada de 5320 m².

5.3.1 Impacto Ambiental Matadero

- **Contaminación puntual por vertimientos.** No se cuenta con un adecuado sistema de tratamiento de aguas residuales que permita tratar de forma óptima los vertimientos contaminantes generados durante el proceso de sacrificio, este tipo de manejo permitiría minimizar las altas cargas contaminantes presentes de forma característica en este tipo de afluentes (normalmente expresadas en: DBO, G y A y sólidos sed) antes de ser vertidos en la fuente receptora – Quebrada Caño Dorada y no como se hace actualmente que es de forma directa sin recibir ningún tipo de tratamiento previo.

- **Mal manejo del contenido ruminal.** La unidad estercolera no cuenta con las adecuadas especificaciones técnicas de diseño y construcción para manejar este tipo de material; la unidad que existe actualmente consiste en una tanque excavado en el terreno de geometría rectangular el cual carece de las respectivas conexiones hidráulicas que permitan conducir el material ruminal a esta unidad para su tratamiento, pues en la actualidad el rumen es llevado allí de forma manual en baldes y/o carretillas; además esta “estructura” no cuenta con algún tipo de medida de impermeabilización, artificial o natural, que ayude a minimizar los procesos de infiltración del afluente contaminante al subsuelo, puesto que las características del terreno pueden ayudar a favorecer este tipo de fenómenos que pueden conllevar a la afectación de las características fisicoquímicas de acuíferos subterráneos posiblemente ubicados en esta zona y que pueden estar conectados con el Caño Dorada.

- **Generación de emisiones y olores ofensivos.** Esta situación se presenta en dos sitios específicos del matadero: Estercolero y Cocina; en el primero se percibe la generación de olores ofensivos debido a la inadecuada disposición y tratamiento que recibe dicho material ruminal dentro de esta unidad de características técnicas inadecuadas para llevar a cabo este tipo de manejo, además hay que tener en cuenta el efecto de la temperatura (31° C promedio) ya que ayuda a acelerar los procesos de descomposición; en la cocina se observa la formación de una pluma de humo negro de características consistentes la cual es producida durante los procesos de precocción de las vísceras blancas, no se observa algún tipo de dispositivo (chimenea u otro) que permita disponer estas emisiones a la atmósfera a una altura adecuada que por Norma debe ser mínimo de 15 m.

- **Disposición inadecuada de residuos.** Se observa la disposición inadecuada de materiales como cuernos, cascos, sangre, huesos y pieles (cueros) de la siguiente forma:
 - **Cuernos, cascos y sangre:** Son dispuestos, sin tener en cuenta ningún tipo de medida adecuada para su manejo y/o aprovechamiento, en la actual unidad estercolera. Generación de olores ofensivos y presencia de vectores: moscas, roedores y gallinazos.
 - **Osamentas:** Los huesos de los animales son llevados y colocadas atrás del sitio de curado de pieles, hasta su posterior venta. Se observa presencia de moscas y generación de olores ofensivos.
 - **Pieles:** En la actualidad el tratamiento y comercialización de los cueros es llevado a cabo por particulares, las instalaciones de los sitios de curado consiste en unos cuartos en ladrillo rústico en obra negra y permanentemente cerrados. Se percibe la generación de olores ofensivos y vectores a causa de: la temperatura, la inadecuada

preparación (curado) y la mala disposición de este material (por falta de espacio).

- **Alteración del paisaje.** El perímetro de la instalaciones está demarcado por cercas vivas con árboles ficus solamente en la entrada y debería encerrarse todo éste con especies aromáticas y/o frutales que ayuden a amortiguar o minimizar los olores generados dentro del matadero por las malas prácticas de disposición de diferentes materiales o residuos (cuernos, rumen, cascos, pieles, etc.); se observa el mal estado de los corrales, además de la presencia de gallinazos (chulos) los cuales son atraídos por los olores altamente ofensivos generados por la descomposición de dicho material, además de presentarse las condiciones ideales para la formación y proliferación de focos de vectores como: moscas, mosquitos, roedores; afectando esto tanto al propio matadero como a la comunidad vecina a sus instalaciones.

- **Impacto Sanitario.**
 - Dentro de las instalaciones de sacrificio se observa condiciones higiénicas deficientes pues el despiece del animal se hace en un piso de cemento de terminación corrugado y agrietado lo que permite que en éstas queden residuos o trazas de sangre u otros líquidos corporales que no son retirados con las operaciones de lavado convencional (solo agua) y que sirven de medio de cultivo para la formación de colonias de bacterias y/o microorganismos nocivos que afecten de alguna manera la calidad de la carne al momento del despiece; este piso es el mismo donde se colocan los animales vivos y allí van esperando su turno y durante este tiempo éstos hacen sus necesidades fisiológicas; además el animal no recibe la debida insensibilización lo que hace que en algunas ocasiones el proceso de sacrificio comience aún con el animal vivo, y más aun el sacrificio se hace delante de los demás animales lo que manifiesta una situación de tensión y angustia en los semovientes.

 - El personal encargado del despiece y manejo de la carne (matarifes), no cuenta con una adecuada capacitación, ni con la debida dotación e indumentaria exigida para realizar este tipo de tareas; además no cuentan con algún tipo de certificado y/o permiso expedido por la autoridad sanitaria competente y/o entidad educativa que los identifique como aptos para llevar a cabo las tareas de manipulación y procesamiento de carnes, esta última es la situación más delicada ya que actualmente el personal encargado del despiece lo hace sin tener en cuenta las medidas mínimas de higiene y salubridad, pues lo hacen sin guantes, sin camisa y en algunos casos fumando.

6. MARCO LEGAL

Los vertimientos de aguas residuales y los aspectos institucionales para su manejo están fundamentados en las políticas nacionales y normas específicas referidas desde los años 70. Se destacan principalmente el Código de los Recursos Naturales (decreto ley 2811 de 1974), el decreto 1594 de 1984 y el Reglamento técnico de Agua Potable y Saneamiento (RAS), entre otras normas de regulación ambiental y sanitaria.

6.1. POLÍTICAS Y PLANES.

6.1.1 El Plan Nacional de Desarrollo En su proyecto colectivo Ambiental tiene como objetivo general “restaurar y conservar áreas prioritarias promoviendo y fomentando el desarrollo regional y sectorial sostenible”, hecho que se refleja en un programa exclusivo para el recurso agua, en el cual se plantea como prioridad la gestión regional para el manejo, tratamiento y disposición final de aguas residuales, la consolidación de la aplicación de las tasas retributivas por contaminación hídrica y la creación de fondos regionales de descontaminación.

Los municipios como parte de la estructura jerárquica del Sistema Nacional Ambiental SINA (ley 99/93, art. 4), tienen en el proyecto Colectivo funciones compartidas de protección y recuperación ambiental, específicamente referidas al recurso hídrico.

6.1.2 Lineamientos de Política para el Manejo Integral del agua Plantea como objetivo específico; disminuir la contaminación y recuperar las condiciones de calidad de las fuentes según los usos requeridos, planteando para ello una estrategia de “Transformar los patrones tecnológicos para disminuir las descargas de sustancias contaminantes en los vertimientos de las actividades extractivas, agropecuarias, industriales y de servicios”. Este importante frente de política no puede ser desarrollado sin el consorcio directo de los municipios.

6.1.3 La Ley 152 de 1994 También llamada ley orgánica de planeación. Esta por su connotación argumenta los criterios y procedimientos de planeación, especificando q es necesario incluir la dimensión ambiental en el plan de

desarrollo municipal, hecho que garantiza que actividades como el manejo y tratamiento de aguas residuales sean parte importante de la gestión.

6.2. NORMAS AMBIENTALES.

6.2.1 Decreto 2811 de 1974 Establece el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En su capítulo II define la regulación cuando a la prevención y control del recurso hídrico.

6.2.2 Ley 9 de 1979 Denominada Código Sanitario Nacional, en su título I especifica los aspectos generales referentes a residuos líquidos. Esta se reglamentó con el decreto 1594/84.

6.2.3 Decreto No 1594 de 1984 Esta norma reglamentaría del código nacional de recursos naturales desarrolla ampliamente lo referente a los vertimientos de agua residual, determinando los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, los permisos de vertimientos, estudios de impacto ambiental y procesos sancionatorios.

Los municipios deben atender las normas establecidas en el art. 72 (ver tabla 4y 5), entre otros límites establecidos para otros parámetros de interés sanitario establecidos en el art 74.

Tabla No 4. Normas de Vertimiento a un cuerpo de agua (Art 72)

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40 °C	< 40 ° C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y Aceites	Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
Sólidos suspendidos	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
DBO: Domestica industrial	Remoción >30% en carga >20% en carga	Remoción >80% en carga > 80% en carga

Fuente: Decreto 1594 de 1984

Tabla No 5. Normas de Vertimiento A un Alcantarillado Público (Art 72)

REFERENCIA	VALOR	
pH	5 a 9 unidades	
Temperatura	< 40 ° C	
Ácidos, bases, sustancias explosivas	Ausente	
Sólidos Sedimentables	10 ml/L	
Sustancias Solubles en hexano	100 ml/L	
	Usuario Existente	Usuario Nuevo
Sólidos suspendidos	Remoción >50%	Remoción >80%
DBO:	Remoción	Remoción
Desechos Domésticos	>30%	>80%
Desechos Industriales	>20%	>80%
Caudal Máximo	1.5 Veces el Caudal promedio horario	

Fuente: Decreto 1594 de 1984

6.2.4 La Ley 99 de 1993 Establece la norma que reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, identifica en los municipios una función específica de “ejecutar obras o proyectos de descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por los vertimientos municipales”, (art. 65). Igualmente se establece en esta ley la base normativa para la implementación de tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a los cuerpos de agua y la competencia de las corporaciones en la evaluación control y seguimiento de las descargas de aguas residuales.

6.2.5 Decreto 1753 de 1994 Reglamenta la ley 99/93 respecto a las Licencias Ambientales, específicamente para proyectos de construcción y operación de sistemas de alcantarillado, interceptores marginales, sistemas de estaciones de bombeo y plantas de tratamiento y disposición final de aguas residuales de las entidades territoriales. Esta norma es de alto interés en la etapa de factibilidad, diseño y ejecución de proyectos sobre el tratamiento de aguas residuales.

6.2.6 Decreto 901/97 Reglamenta la ley 99/93 (artículos 42 y 43), respecto a la implementación de tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a un cuerpo de agua. La tasa es planteada como el costo que debe asumir el estado en recuperar la calidad del recurso hídrico por permitir utilizar el medio ambiente como receptor de los vertimientos.

6.2.7 Ley 142 de 1994 Expide el régimen de los servicios públicos domiciliarios; establece que es competencia de los municipios asegurar que se preste de

manera eficiente el servicio domiciliario de alcantarillado, el cual incluye el tratamiento y la disposición final de las aguas residuales (art. 5). Además el artículo 11 establece que las entidades prestadoras deberán cumplir con una función ecológica relacionada con la protección del medio ambiente cuando las actividades lo afecten, como es el caso de las descargas de aguas residuales a un cuerpo de agua.

6.3. REGLAMENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RAS

Los municipios cuentan actualmente con un instrumento para conocer los criterios técnicos unificados que deben tenerse en cuenta cuando se va a implementar un sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales, estos son los títulos D y E del reglamento de agua potable y saneamiento, denominado RAS, expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico en el año 1998 y ajustado en el año 2000. Este reglamento es la referencia para que la administración municipal defina los procedimientos y términos para la ejecución de proyectos de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales respectivamente.

El Documento Técnico Normativo está dividido en tres secciones:

Sección I - Título A: “Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”, el cual contiene el acto resolutivo mediante el cual el Ministerio de Desarrollo Económico, con base en las facultades que le otorga el Decreto No. 1112 de 1.996, lo expide como tal y le confiere carácter oficial para su aplicación en todo el territorio nacional. Los requisitos, procedimientos, prácticas y normatividad vigente, allí contenidos o mencionados, tiene el carácter de mandatorios y se reafirman por el uso frecuente de la palabra debe en cualquiera de sus acepciones.

Sección II: Contiene los siguientes Títulos:

B. Acueducto

C. Potabilización

D. Recolección y evacuación de aguas residuales, domésticas y pluviales

E. Tratamiento de aguas residuales

F. Aseo urbano

G. Aspectos complementarios

La Sección III – Título H: Contiene, a manera de información, el listado completo de las Normas Técnicas Colombianas y extranjeras que se aplican para los productos terminados, sus procesos de fabricación y procedimientos propios del Sector. También incluye información sobre las principales leyes, decretos y resoluciones del orden nacional, que aplican al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico a la fecha de su publicación.

Análisis: La ejecución de los proyectos de tratamiento de aguas residuales, considera una priorización con respecto a otros proyectos de agua potable y

saneamiento; en general se plantea en el RAS (capítulo A) que los proyectos de mayor prioridad son los de abastecimiento de agua potable hasta alcanzar un 85% y 95%. Le siguen los proyectos de alcantarillado sanitario (de aguas residuales) con rezagos de cobertura respecto al acueducto en menor a 10% y 15%. Continúa en prioridad proyectos de recolección y disposición final de residuos sólidos y de tratamiento de aguas residuales.

Si el impacto ambiental y sanitario es considerable por los vertimientos de agua residual, se puede realizar una gestión paralela a los proyectos de agua potable y saneamiento.

7. INFORMACIÓN BÁSICA MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR

Localización: El municipio de Puerto Salgar, se encuentra ubicado en la parte Noroccidental del Departamento de Cundinamarca, pertenece a la provincia del Bajo Magdalena, integrada además por los municipios de Guaduas, y Caparrapí; igualmente, pertenece a la Asociación de Municipios del Gualiva, y hace parte de la Mesa Directiva de La Corporación del Río Grande de la Magdalena **Cormagdalena**.

Limites:

- NORTE: Puerto Boyacá (Boyacá).
- SUR: Guaduas (Cundinamarca)
- Oriente: Yacopi y Caparrapi (Cundinamarca).
- Occidente: La Dorada

ALTITUD: El Municipio, comprende alturas desde los 177 M.S.N.M. en el sector urbano y hasta 500 M.S.N.M. en el sector rural (Cuchilla de San Antonio Alto).

Temperatura: 27 a 30 grados centígrados.

Ubicación Espacial:

Latitud Norte: 5° - 29°

Longitud Oeste: 74° - 39° del M. de G.

Extensión: Puerto Salgar, tiene una extensión de 521 K2, distribuidos en la parte urbana de 2,12 Km² y en la parte rural de 518,88 Km².

Piso Térmico: Cálido.

Climatología: Presenta una climatología de bosque seco tropical, con un promedio anual de precipitaciones de 2152,1; con humedad relativa entre un 75% a 80% y evaporación de 2000 a 2100 horas/sol/año.

El municipio de Puerto Salgar se encuentra ubicado en el extremo noroccidental del departamento de Cundinamarca, enmarcado dentro de las siguientes coordenadas X= 957000 Y=1087300 y X= 935000 Y=1132200, área estratégica y de alta vocación funcional de la geografía nacional. La localización de la cabecera municipal se encuentra a los 5° 28' de latitud norte y 74° 39' al oeste de Greenwich, en lo que se denominaría el corazón geográfico del territorio Colombiano.

7.1 TENDENCIAS DE OCUPACIÓN DEL SUELO

Se pueden desagregar las tendencias de ocupación del suelo estableciendo una gama de actividades, relacionadas de manera directa e indirecta por los tipos de cobertura vegetal:

- Predominio pastos manejados
- Predominio pastos naturales o no manejados
- Predominio bosques
- Cultivos semestrales y anuales
- Cultivos semipermanentes y permanentes
- Áreas sin uso agropecuario y/o forestal
- Área urbana y centros poblados

Los cambios y procesos de transformación ambiental y la evolución de los recursos naturales generados por la presión antropica, han modificado la condición biofísica del territorio, su tendencia a la homogeneización respecto de los usos en la región dentro de los que predominan las actividades asociadas con usos agropecuarios, factor que le ha dado un reconocimiento desde la perspectiva del desarrollo regional.

7.2 ASPECTOS FISICOS

7.2.1 GEOLOGIA

En la superficie de Puerto salgar predomina la topografía plana, con excepción de la zona montañosa de la cuchilla de San Antonio.

La planicie de Puerto salgar es de un tamaño considerable y consta esencialmente de material gredoso pardo y rojizo, descendiente de las gredas terciarias del cordón de la Perrera. Avanzando hacia Puerto Salgar aumenta la presencia de material Tobáceo, transportado por el río Magdalena desde las formaciones Tobácea post-oligógenas que se hallan aguas arriba. El grosor de la capa gredosa es de más de 6 m y la capa vegetal que cubre el cuaternario es de 20 cm.

El municipio de Puerto Salgar se encuentra en una zona que se caracteriza por una región de diversidad de relieves en lo que se denomina el Valle de Magdalena, en el cual se emplea una nomenclatura estratigráfica para designar dichas unidades litostrostratigráficas, las cuales están representadas de base a techo por: grupo Guaguaqui, grupo Olini, formaciones Córdoba, Seca, San Juan de Río seco, Grupo Honda y Formación Mesa.

La evolución geológica recobra importancia debido a que influye directamente en las formaciones existentes, en la composición y constitución de la corteza terrestre, y en los fenómenos que en esta acaecen tanto en las leyes físicas como químicas.

La evolución de las eras, genera lo que se conoce como unidades geológicas que generalmente afloran de manera significativa en la región donde los elementos básicos de cada formación influyen directamente en los procesos de productividad y usos alternos al suelo.

7.2.2 GEOMORFOLOGIA

Puerto salgar en un contenido geomorfológico presenta dos condiciones fisiográficas dentro de su territorio, son las dos posiciones más destacadas y con mejores características:

Una correspondiente a la forma aluvial y/o lacustre situada en el Valle Magdalena; esta zona es propensa a inundaciones, ya que se encuentra por debajo de los límites que alcanza el río Magdalena en crecida.

Otra forma fisiográfica importante que se presenta en el municipio es la correspondiente a colinas situadas sobre el Valle del Magdalena, la altura de estas colinas no sobrepasa los 500 m.s.n.m.

7.2.3 SUELOS

En el municipio de Puerto Salgar se puede considerar que los patrones de drenajes son de carácter subdendriticó ordenado. Se debe tener en cuenta que el comportamiento de este patrón de drenaje en pendientes mayores de 40% con características geológicas de areniscas y depósitos del cuaternario es muy propenso a presentar erosión laminar y por surco especial en áreas demarcadas con la clase agrologica IV y VII.

Se presenta problemas de patrones de drenaje-subparalelo de primer orden- que asociado a su clase agrologica revierte en erosión hídrica gracias a su alta precipitación y características de afloramientos geológicos, se puede considerar una zona de protección con fines de protección – o implementando sistemas de conservación.

En el municipio de Puerto Salgar se presenta asociaciones de suelos como Afa1, Gncd, nd y Tdde que relacionado con su grupo agrícola IV son suelos aptos únicamente para ganadería en potreros de pastos con la restricción de no recargar los potreros y aprovecharlos en periodos cortos, fortaleciéndolos con cercas vivas de protección.

En los sectores donde se presenta características de tierras muy quebradas con pendientes del 50%; suelos superficiales a profundos; excesivamente drenados y fertilidad baja, susceptibles a la erosión. Siendo suelos apropiados para establecer cobertura vegetal permanente o elaborando practicas encaminadas a conservar y recuperar áreas erosionadas.

En los suelos Rtal que tienen clase agrologica III, que en algunos lugares presenta relieve fuertemente escarpado de pendientes mayores del 50% se presenta erosión hídrica severa.

Los suelos del municipio de Puerto Salgar tienen en gran parte vocación agrícola estando en este momento subutilizados y dedicados a la ganadería en un 90%. Las principales explotaciones ganaderas son de tipo comercial y viene presentándose una transición hacia la ganadería doble propósito: una mínima porción el suelo está dedicada a la agricultura, principalmente al cultivo del plátano y se localiza en las riberas de los ríos Magdalena y Negro.

7.2.4 CLIMA

En el municipio de puerto Salgar se destacan dos regiones: una al occidente en donde predomina el terreno plano y la vegetación exuberante; otra hacia el oriente en donde se encuentra un relieve montañoso, con alturas que no sobrepasan los 600 m.

Debido a la magnitud de sus principales alturas, el territorio comprendido por el municipio corresponde a su totalidad al piso térmico cálido.

Los valores climáticos que a continuación se presentan fueron consultados en el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales):

Estación: 2303502 Aeropuerto Palanquero.

Fecha instalación: Enero de 1957

Latitud: 0529 N

Longitud: 7439 W

Elevación: 0172 m.s.n.m.

Tipo Estación: Sinóptica Principal⁶

Entidad: IDEAM

Regional: Tolima

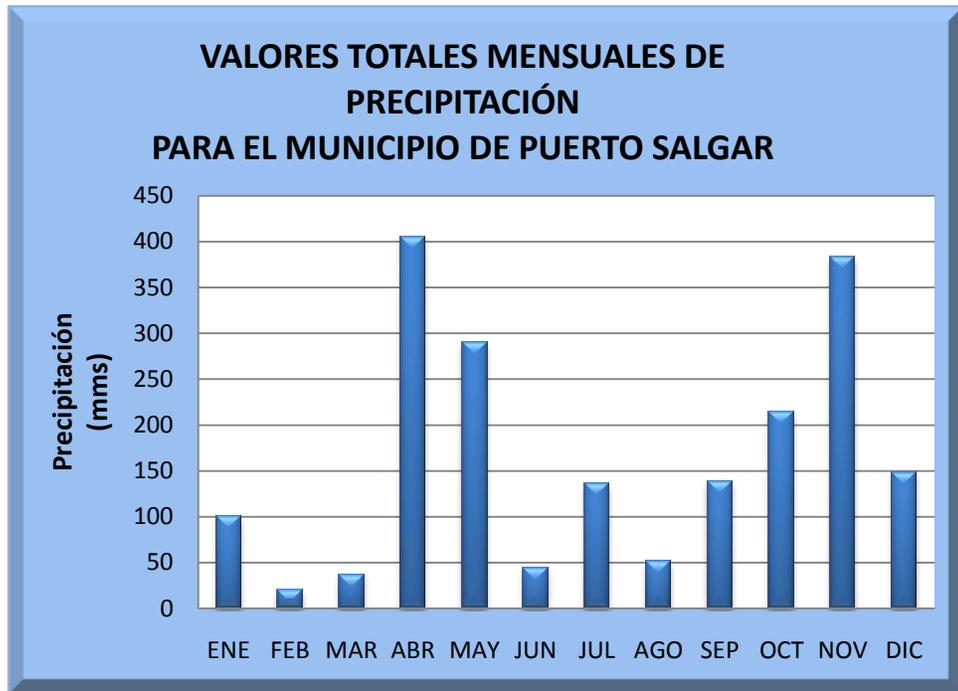
Departamento: Cundinamarca

Municipio: Puerto Salgar

Corriente: Magdalena

- **Precipitación:** Los meses con mayor precipitación son Abril, Mayo, Octubre y Noviembre, teniendo como los de mínima precipitación febrero y marzo (grafico 2).

⁶ Estación Meteorológica que mide: Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa, Evaporación, Brillo Solar y velocidad del viento.



**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA**



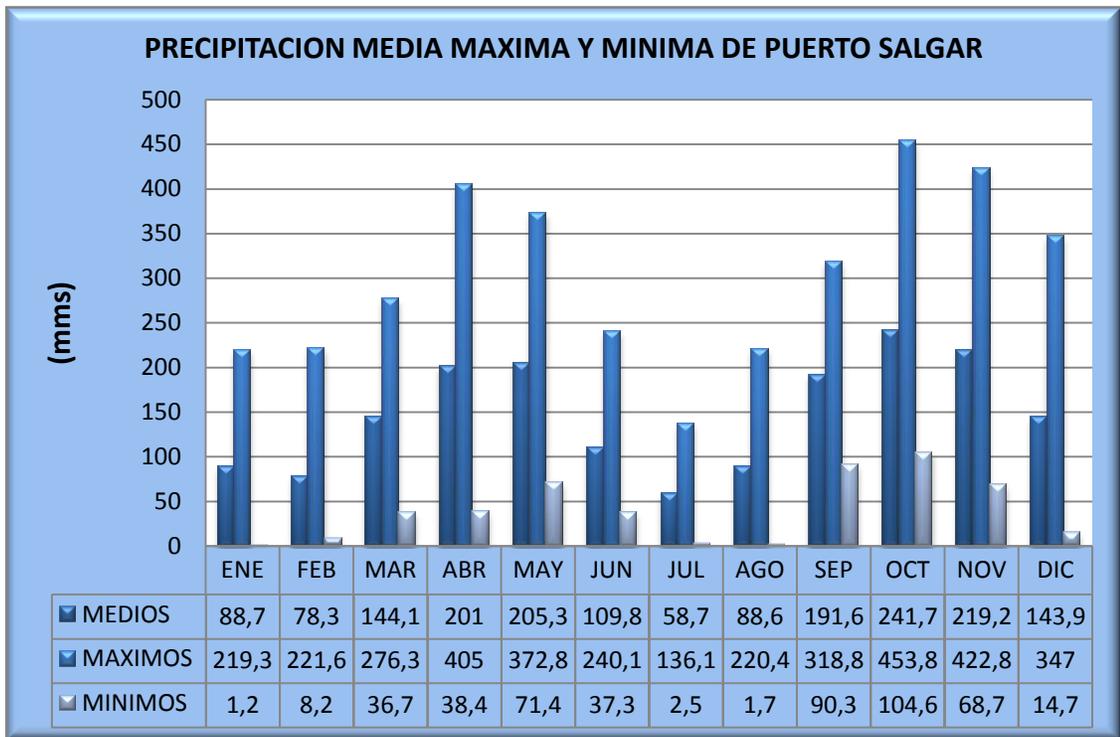
VALORES TOTALES
MENSUALES DE
PRECIPITACIÓN
PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR

GRAFICO N° 2 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2004



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA



**PRECIPITACION MEDIA
MAXIMA Y MINIMA DE
PUERTO SALGAR**

GRAFICO N° 3 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

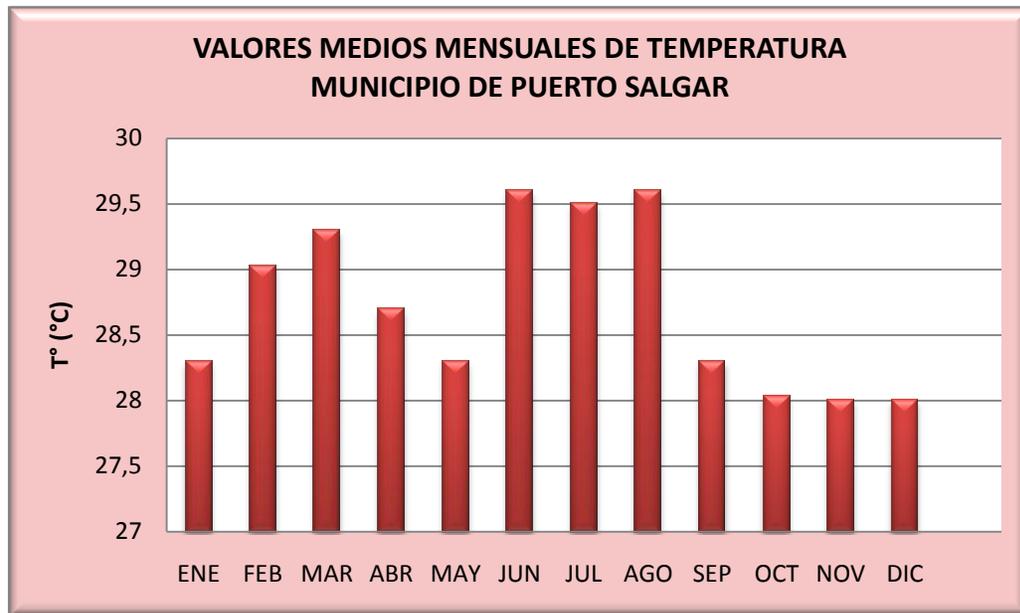
Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2004

La precipitación alta, influye en el crecimiento vegetal indirectamente. En las partes planas el drenaje es deficiente y en las laderas aumenta el peligro de erosión.

Aunque Puerto Salgar es un municipio de baja precipitación, en los últimos años ha presentado varios problemas de inundaciones por lluvia, por lo general cuando llueve son precipitaciones de gran volumen y el problema se debía al mal mantenimiento del sistema de alcantarillado el cual ha mejorado gracias a la labor de la empresa de servicios públicos de Puerto Salgar mejorando el mantenimiento de este sistema. Para este proyecto preocupa las inundaciones que se presentan a orillas del río Magdalena por las crecientes que se dan en el momento de precipitaciones de largo tiempo y alto volumen; viéndose afectados los vertimientos finales que se encuentran ubicados en esta zona crítica cuando estas inundaciones se presentan aumentando representativamente el valor de los Caudales en el sistema de alcantarillado, y en los vertimientos finales de este, según lo anterior el saber el comportamiento de las lluvias será de gran utilidad en el momento de diseñar el sistema de tratamiento de agua residual.

- **Temperatura:** La Temperatura promedio en el municipio de Puerto Salgar es de 28°C, registrando las temperaturas más altas en los meses de Junio, Julio y Agosto con un registro de casi los 30°C, y sus temperaturas más bajas en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre con un registro entre los 27°C y 28 °C, como se muestra en el grafico 4 y 5.



**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA**



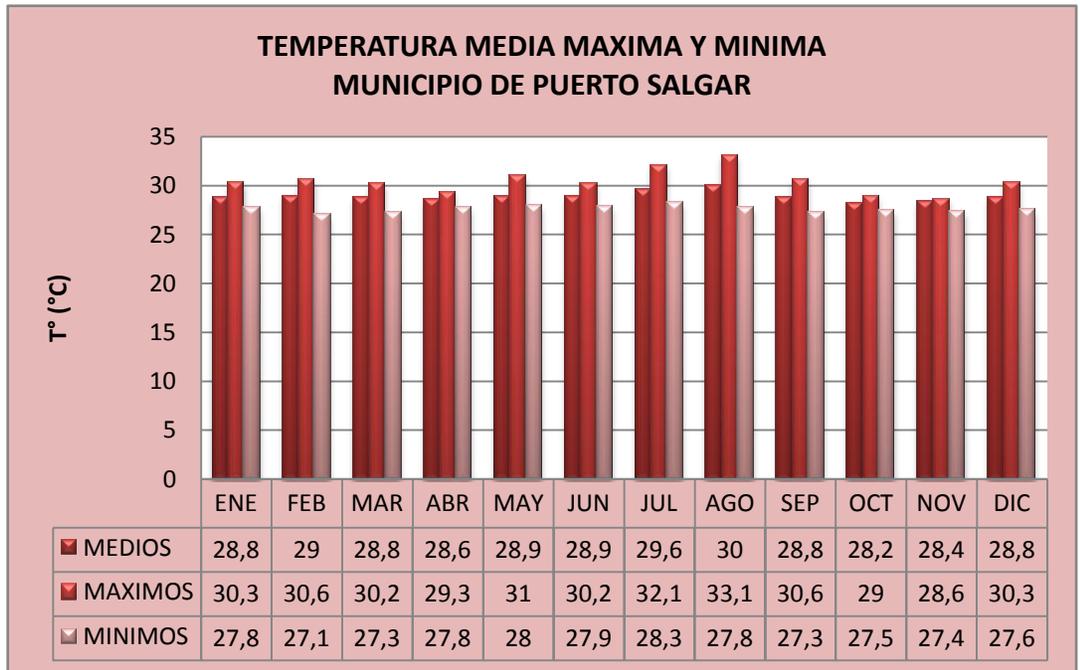
**VALORES MEDIOS
MENSUALES DE
TEMPERATURA
MUNICIPIO DE PUERTO
SALGAR**

GRAFICO N° 4 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2005



**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA**



**TEMPERATURA MEDIA
MAXIMA Y MINIMA
MUNICIPIO DE PUERTO
SALGAR**

GRAFICO N° 5 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2005

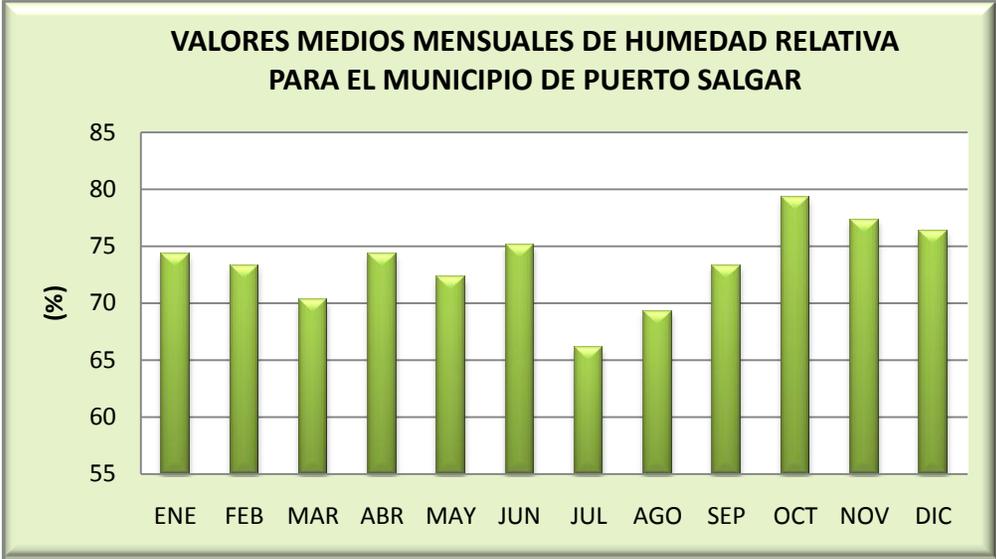
Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamientos de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. La temperatura del agua residual varía según la posición geográfica. La temperatura del agua es un parámetro importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos.

En regiones cálidas como Puerto Salgar la variación de temperatura del agua residual es de 13 a 30 °C; la temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango de 25 a 35°C⁷, según lo anterior al municipio de Puerto Salgar le favorecería de gran manera procesos biológicos por su temperatura, pero las alternativas para seleccionar los procesos adecuados serán evaluadas más adelante.

- **Humedad relativa:** La humedad relativa en Puerto Salgar es alta, con un promedio de 75%. Esta desciende hasta un 65% en los días soleados y aumenta al 80% en las épocas de alta precipitación. El comportamiento a través del año es bimodal en el municipio, con dos picos máximos entre octubre y diciembre, y los mínimos entre julio y septiembre, (Gráficos 6 y 7).

⁷ TCHOBANOGLOUS, George. y CRITES, Ron. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Bogotá: Mc Graw Hill, 2000. p. 46-47.



**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA**



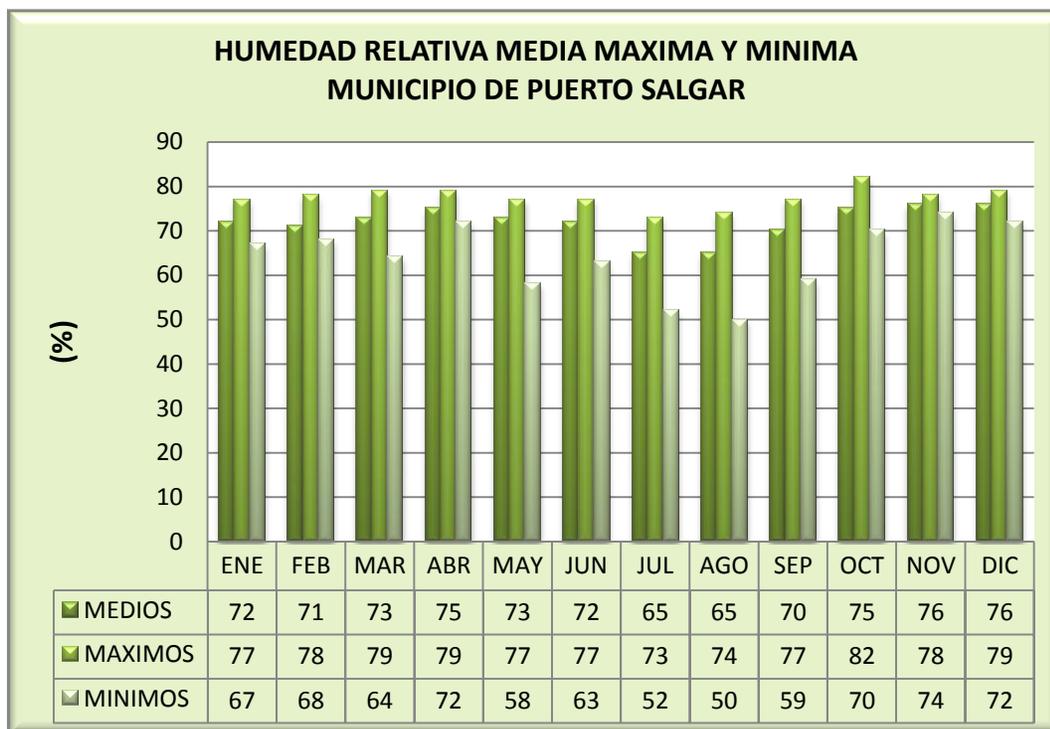
**VALORES MEDIOS
MENSUALES DE
HUMEDAD RELATIVA
PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR**

GRAFICO N° 6 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2005



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA



HUMEDAD RELATIVA MEDIA MAXIMA Y MINIMA MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR

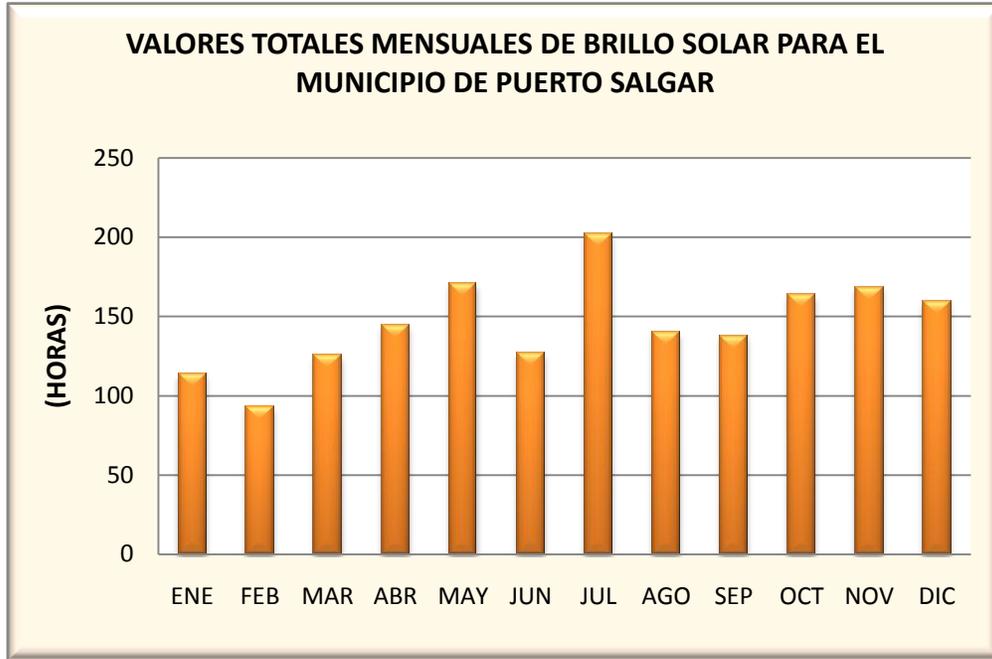
GRAFICO N° 7 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2005

- **Brillo solar y radiación:** Los días de mayor brillo solar coinciden con los meses de mayor temperatura en el municipio de Puerto Salgar, con valores entre 150 y 200 horas por mes, para un promedio de 1800 horas al año.



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA



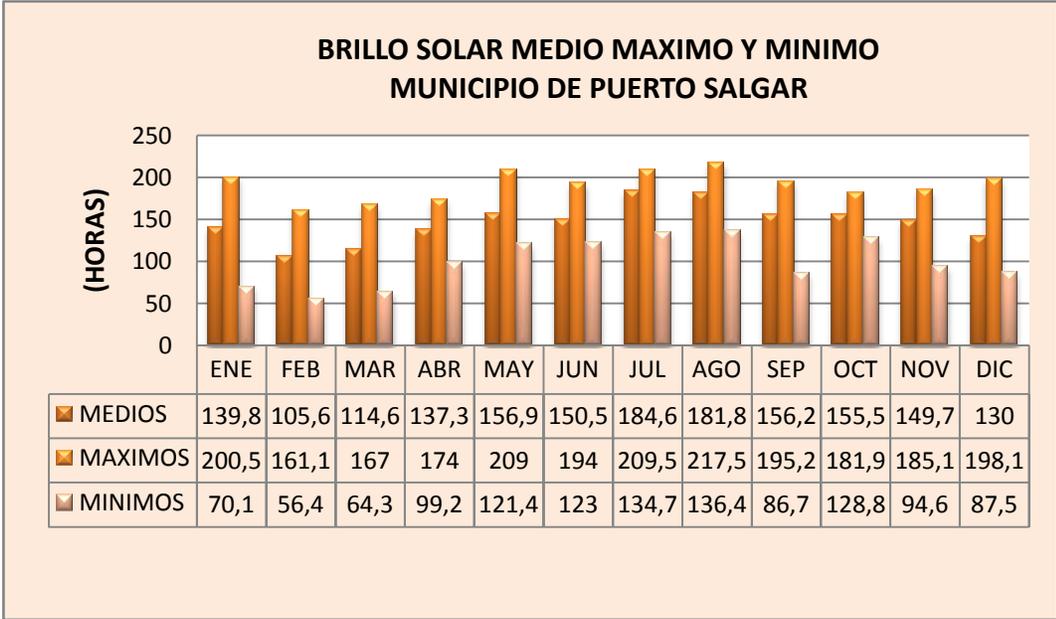
VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR

GRAFICO N° 8 DE 12

Elaborado:
 MARY CONTRERAS MARTINEZ
 CODIGO: 64051044
 DANIEL PRIETO PRADO
 CODIGO: 64995009

Revisó:
 ING. CLAUDIA PATRICIA GÓMEZ
 RENDÓN

Fuente: IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) 2005



**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA**



**BRILLO SOLAR MEDIO
MAXIMO Y MINIMO
MUNICIPIO DE PUERTO
SALGAR**

GRAFICO N° 9 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

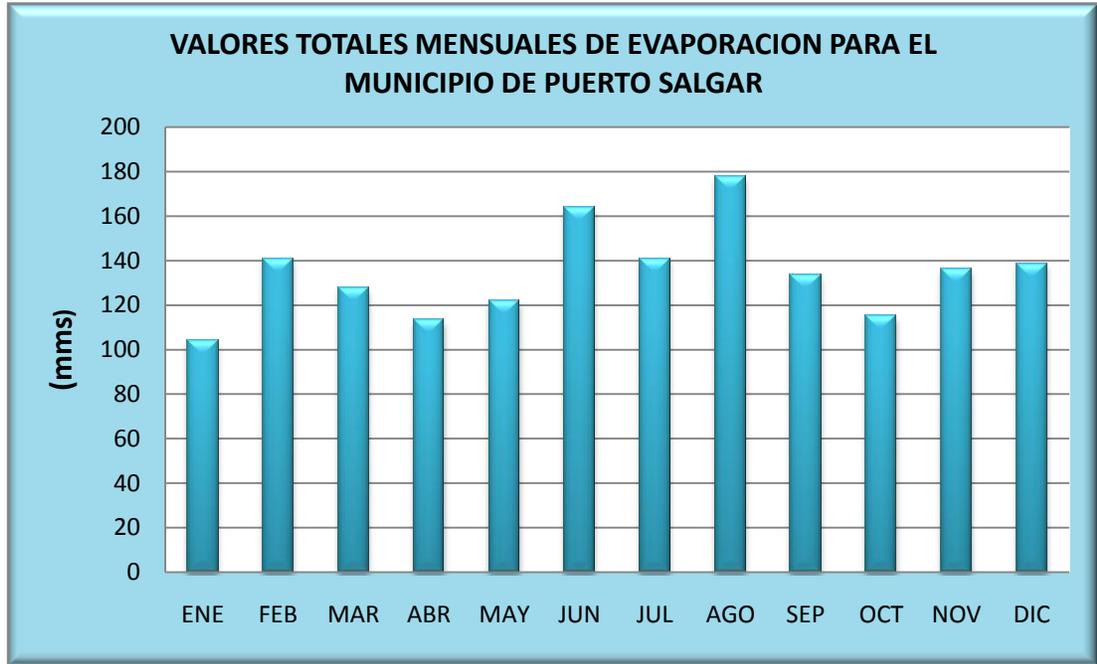
Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2005

El municipio de Puerto Salgar tiene un promedio de 5 a 6 horas de brillo solar al día⁸, este dato de brillo solar nos ayuda con un parámetro importante como lo es el de la turbiedad en las aguas residuales, la turbiedad se toma como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. . Por otra parte, la nubosidad disminuye la radiación solar, la cual interfiere en el crecimiento de los cultivos.

- **Evaporación:** La evaporación es bastante alta en el municipio de Puerto Salgar. Los meses de máxima evaporación son Junio, Julio y Agosto, oscilando en torno a los 140-200 mm mensuales, mientras que en épocas de mayor precipitación es mínima para los meses- de Enero, Abril y mayo (Grafico 10 y 11).

⁸ http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA



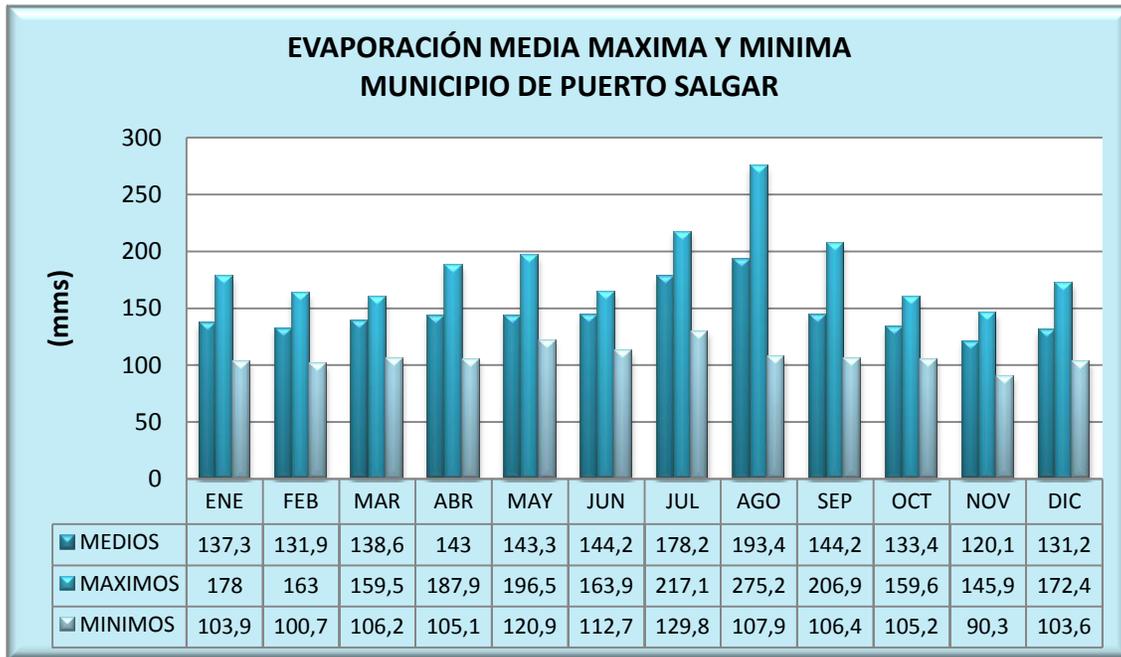
VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACION PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR

GRAFICO N° 10 DE 12

Elaborado:
 MARY CONTRERAS MARTINEZ
 CODIGO: 64051044
 DANIEL PRIETO PRADO
 CODIGO: 64995009

Fuente: IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales)
 2004

Revisó:
 ING. CLAUDIA PATRICIA GÓMEZ RENDÓN



DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA



EVAPORACION MEDIA
MAXIMA Y MINIMA
MUNICIPIO DE PUERTO
SALGAR

GRAFICO N° 11 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
2004

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

- **Vientos**

La zona está influenciada por los vientos Alisios del Noroeste y los vientos locales, los cuales se manifiestan por corrientes de aire ascendentes, provocados por fuertes calentamientos en las épocas de baja precipitación. En época de lluvias la acción de los vientos es menos intensa.

Los vientos alisios del Noreste tienen una acción poco intensa, pero predomina la acción de los vientos locales. En los meses de Enero a Marzo y Julio a Septiembre se registran las más altas velocidades. El promedio registrado es de cinco (5) Km por hora, con dirección Sur-Norte siguiendo el curso del río Magdalena.



**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA**



**VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL
MUNICIPIO DE PUERTO
SALGAR**

GRAFICO N° 12 DE 12

Elaborado:
MARY CONTRERAS MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Fuente: IDEAM (Instituto de
Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales)
1988

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA GÓMEZ
RENDÓN

En el grafico No. 12 se registran unos datos del IDEAM pero son demasiado antiguos dando baja confiabilidad de estos, la estación al parecer en esta época tuvo inconvenientes ya que no registra si no 5 meses del año, por esto se tendrá más confiabilidad en la información requerida por el PBOT del municipio que se encuentra antes del grafico No. 10.

Esta información facilitara al ubicar la PTAR el control de olores, ya que el viento es el principal factor para que la población aledaña se vea afectada por los olores, de acuerdo a la dirección y velocidad del viento registrada en el municipio se realizaran acciones de control y mitigación necesarios para este posible impacto.

7.2.9 HIDROGRAFIA

El territorio de Puerto Salgar hace parte de la cuenca hidrográfica del río Magdalena, la cual se encuentra al occidente del municipio, y al oriente de la cuenca del río Negro, esta ultima desemboca al Magdalena en el extremo norte del municipio.

La principal sub cuenca del Río Magdalena es la del río negrito, que a su vez está conformada por una serie de caños y quebradas de corto recorrido que se desprenden de la ladera Occidental de la Cuchilla de San Antonio; de la Ladera Oriental de la citada Cuchilla se forman varios caños que se desembocan al Río Negro, entre estos los siguientes: Caño Hondo, Caño Balso, Caño Loro, Caño Zorra, Caño la Reines y Caño Alarcona.

7.2.10 TOPOGRAFIA

La topografía del territorio de Puerto Salgar es en un alto porcentaje plana. El principal accidente orográfico es la cuchilla de San Antonio que se extiende de Sur a norte, en el oriente del municipio. La máxima altura es de 600 m.s.n.m.

La condición plana del municipio debería facilitar la posible ubicación de la PTAR, pero debido al crecimiento poblacional y al apropiamiento ilegal de lotes que ha venido ocurriendo en el municipio cada vez hay menos espacio, teniendo que recurrir a la búsqueda de un lote posiblemente muy distanciado de lo que debería ser en cuanto a la ubicación de la PTAR aumentando gastos en el diseño y la construcción , existe otra posibilidad de ubicación cercana a la base área de la FAC (Fuerza Aérea Colombiana) Germán Olano Piedrahita que se encuentra a una distancia considerable del municipio de Puerto Salgar.

7.3 ASPECTOS BIOTICOS

7.3.1 FORMACIONES VEGETALES

De acuerdo con el sistema de clasificación ecológica de Holdridge, el área bioclimática del municipio de Puerto Salgar, es Bosque Húmedo tropical (bh-T).

La vegetación está compuesta por varios estratos arbóreos y arbustivos. Al nivel del suelo por una cobertura vegetal en la mayoría por gramíneas, en las áreas dedicadas a la ganadería. La mayor parte de la vegetación se encuentra localizada a lo largo de las redes fluviales e interfluvios. Solo subsisten pequeñas manchas de bosque, donde se explotan principalmente las siguientes especies: abarco (*Cariniana pyriformes*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), y Chingale (*Jacaranda sp.*).

En los potreros hay pocos árboles nativos, predominan en cambio los árboles sembrados los cuales forman un dosel de vegetación, a cuya sombra crecen otros conjuntos de especies diferentes en su fisonomía tales como arbolitos, arbustos, bejucos, palmares, hierbas, helechos y parásitas.

Entre las principales especies vegetales se encuentran las siguientes: Croto, Hobo, Pomarrosa, Cedro, Matarratón, Guarumo y Guamo.

Es una región ganadera en la que existe una intensa actividad antropica, al extremo de que el bosque primario que se analiza, constituye un relicto de la cobertura vegetal natural.

7.3.2 INDICE DE DIVERSIDAD

Respecto a la composición de la diversidad florística, para los estratos arbóreos en este tipo de bosque en la escala de valoración, el índice de 3.6 indica una diversidad media, en la que de acuerdo con el grado de agregación, muy pocas especies tienen tendencia al agrupamiento, siendo por tanto una unidad florística que puede alcanzar buenos niveles de carácter ambiental si se limitan las intervenciones antropica que puedan causar impactos negativos.

Entre los árboles comunes se encuentran: guaque, sangregao, higueron, cucharo, canaleta, caraño, balso, comino oloroso, pavito, cieba, guacharaco,, chicada, cartaro, guajiro, salvio, came de vaca.

Especies nativas: La Ceiba, Dinde, Acacias, Guayacan.

Las especies propuestas dentro del plan maestro de alcantarillado son: Almendro, Matarratón, Gualanday, Caimo, Cajeto, Árbol del Pan, Higuierilla, Cambulo, Ocobo, Saman, Guadua y Bambú.

7.3.3 FAUNA

El ecosistema de Bosque ecuatorial en el municipio de Puerto Salgar ha sido intervenido desde principios del siglo por actividades antropicas, como la agricultura, la ganadería, y la cacería, causando disminución sensible en el número de individuos de algunas especies y la desaparición total de otras.

Son las especies de mamíferos las más afectadas por intervenciones en su ecosistema con fines agropecuarios así como por la cacería arraigada en las veredas San Antonio Alto, La Ceiba, La Colombia, Caño Pescado y el Galápagó.

Otras especies han logrado adaptarse a la vida en los pastizales.

La mayoría de la población existente en las veredas son agregados o cuidanderos, procedentes de otras zonas del país, por lo tanto no existe en ellos el sentido de pertenencia con la tierra en que habitan ni con sus recursos.

En cuanto especies comerciales dentro del Rio Magdalena, es el INPA con sede en Honda, departamento del Tolima, quien regula la pesca, el tallaje e impone las vedas, especialmente en la pesca del bagre, por ser el más apetecido en los comedores es víctima de la pesca indiscriminada.

Es muy difícil predecir o establecer las variaciones en el número de individuos allegados en la subvenida, pues después de cinco años seguidos de crecimiento, se presenta en el 2000 un aumento en el número de individuos de las especies comerciales.

8. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La caracterización de las aguas residuales da a conocer los parámetros que son determinados bajo un análisis de laboratorio para mayor precisión y exactitud en los resultados, y poder llegar al control y calidad de las aguas.

La cantidad y concentración de las aguas residuales es función de su origen y de sus componentes, por lo que las cargas equivalentes o contribuciones varían de un día a otro y de una ciudad a otra.

Las muestras tomadas para la realización de este diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Puerto Salgar – Cundinamarca se realizaron en el emisario final del Colector Centro el cual recolecta las aguas al terminar los barrio Santander y primera de mayo así como las aguas de las actividades industriales del pueblo donde se vierten al Río Magdalena.

Para efectos de la caracterización de las aguas residuales se realizó un muestreo compuesto por alícuotas tomadas cada seis horas, el 11 de noviembre de 2007, referenciado en la tabla N°6.

Los equipos utilizados para el análisis de las muestras se encuentran relacionados en la tabla N° 7.

Los parámetros caracterizados y analizados en el laboratorio de aguas residuales de la Universidad Libre – Bogotá fueron:

Tabla N° 6. Hoja de Registro

HOJA DE REGISTRO Y CONTROL (MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES)			
Proyecto:	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR		
Punto de Muestreo:	Emisario final del colector Centro el cual recolecta las aguas residuales y se vierten al río Magdalena		
Tipo de Muestreo:	Compuesto		
Fecha de inicio: (dd/mm/aa)	11 nov-2007	Fecha de terminación:	11 nov-2007
Hora de inicio	6:00 am	Hora de terminación	7:00 pm
OBSERVACIONES:			
A pesar de que existen 3 colectores, las muestras fueron tomadas en el colector más representativo que es el colector centro donde se recogen las aguas municipales y de las microempresas lácteas y de actividades porcinas.			
No. De Muestra:	1		
Hora de Muestreo	6:30 am		
Fecha	11 nov-2007		
Nombre del Colector:	Centro		
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico		
Caudal Aforado	0.30 L/s		
Volumen de la Muestra	3 L		
No. De Muestra:	2		
Hora de Muestreo	6:50 am		
Fecha	11 nov-2007		
Nombre del Colector:	Centro		
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico		
Caudal Aforado	0.28 L/s		
Volumen de la Muestra	3 L		
No. De Muestra:	3		
Hora de Muestreo	7:00 am		
Fecha	11 nov-2007		

Nombre del Colector:	Central
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico
Caudal Aforado	0.25 L/s
Volumen de la Muestra	4L
No. De Muestra:	4
Hora de Muestreo	12:00 pm
Fecha	11 nov-2007
Nombre del colector:	Central
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico
Caudal Aforado	0.20 L/s
Volumen de la Muestra	4L
No. De Muestra:	5
Hora de Muestreo	12:30 pm
Fecha	11 nov-2007
Nombre del colector:	Central
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico
Caudal Aforado	0.40 L/s
Volumen de la Muestra	4 L
No. De Muestra:	6
Hora de Muestreo	12:55 pm
Fecha	11 nov-2007
Nombre del colector:	Central
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico
Caudal Aforado	0.38 L/s
Volumen de la Muestra	4L
No. De Muestra:	7
Hora de Muestreo	6:00 pm
Fecha	11 nov-2007
Nombre del colector:	Central
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico
Caudal Aforado	0.26 L/s
Volumen de la Muestra	4 L
No. De Muestra:	8
Hora de Muestreo	6:15 pm
Fecha	11 nov-2007
Nombre del colector:	Central
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico
Caudal Aforado	0.22 L/s
No. De Muestra:	9
Hora de Muestreo	6:30 pm

Fecha	11 nov-2007
Nombre del colector:	Central
Método de Aforo - Caudal	Volumétrico
Caudal Aforado	0.23 L/s
Volumen de la Muestra	4 L

FUENTE: Autores del proyecto

TABLA N° 7 EQUIPOS

NOMBRE	MARCA	MODELO
OXIMETRO	WTW	Inolab level 3
POTENCIOMETRO	SCHOTT	CG840 B
TURBIDIMETRO DE CAMPO	HANNA	HI 9835
CONDUCTIMETRO	HANNA	
FOTOMETRO	Merck	Nova 60

FUENTE: Manual Procedimiento del manejo de Equipos. Laboratorio de aguas universidad Libre Bogotá D.C.

Tabla N° 8 Caracterización aguas residuales Puerto Salgar - Cundinamarca

PARAMETRO	RESULTADO
*Oxígeno disuelto (OD)	0.73 mg/l
pH	7.1 UN
Temperatura	31.3°C
Sólidos Totales (ST)	33.79 mg/l
*Conductividad	524 ppm
DQO	620 mg/l
Sólidos Sedimentables (SS)	3.8 mg/l
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0.875 mg/l
DBO ₅	370 mg/l
*Parámetros analizados in situ.	

Fuente: Los autores

8.1. Análisis de los parámetros

Para el análisis de los parámetros de las aguas residuales de Puerto Salgar, se tuvo en cuenta los vertimientos que van directamente al Río Magdalena de las actividades industriales y domésticas y el decreto 1594/84 determinando así:

8.1.1 Oxígeno disuelto: gas de baja solubilidad en el agua, el cual es requerido para la vida acuática aerobia. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces oscila entre 7 mg/L a 35°C y 14,6 mg/L a 0° C para presión de una atmósfera.

En general, todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0,5 mg/L, donde la caracterización muestra un resultado de 0.73 mg/L cumpliendo con lo requerido.

8.1.2 pH: la concentración del pH se mide generalmente en forma instrumental empleando un pH metro, también se emplean soluciones y papeles indicadores que cambian de color a diferentes valores de pH.

El intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9. Las aguas residuales con valores de pH menores de 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos. Si el pH del agua tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamientos de aguas residuales deben ser descargados dentro de los límites específicos de pH.

El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5. Para descarga de efluentes de tratamiento secundario se estipula un pH de 6,0 a 9,0; para procesos biológicos de nitrificación se recomienda valores de pH de 7,2 a 9,0; y para desnitrificación de 6,5 a 7,5.

En aguas residuales duras, cuando el pH aumenta, puede predominar la alcalinidad por carbonatos e hidróxidos y producirse la precipitación del carbonato de calcio, lo cual impide que el pH siga aumentando. Para el caso Puerto Salgar el pH se encuentra entre el rango establecido por el decreto 1594/84, por lo tanto no perturbará ningún proceso de tratamiento. Al hacer un tratamiento biológico el pH debe mantenerse en un intervalo de 6.5 a 7.5 unidades, el cual es favorable a los organismos para que desarrollen su metabolismo eficazmente ya que estos no toleran pH mayores a 9.5 o inferiores 4.0 unidades presentándose como un rango ideal el mencionado anteriormente.

8.1.3 Temperatura: el valor de la temperatura es de 31,3 °C no afecta la vida acuática, y se encuentra en el rango según el decreto 1594/84. La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno

disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial. La tasa de sedimentación de sólidos en aguas cálidas es mayor que en aguas frías, por el cambio en la viscosidad del agua. Los tiempos de retención para tratamiento biológico disminuyen a mayor temperatura lo cual para el municipio de Puerto Salgar sería de gran conveniencia.

8.1.4 Sólidos: El contenido de sólidos de un agua afecta directamente la cantidad de lodo que se produce en el sistema de tratamiento o disposición. Se considera como sólidos totales de un agua al residuo de evaporación y secado a 103 – 105 C°. Los sólidos sedimentables son una medida de volumen de sólidos asentados al fondo de un cono imhoff, en un periodo de una hora, y representan la cantidad de lodo removible por sedimentación simple. La muestra tomada indica un valor de 33.79 mg/L en sólidos totales y 3.8 mg/L en sólidos sedimentables, aunque estos valores son un poco menor a los normales no quiere decir que no se les deba dar importancia al momento de definir el diseño, pero gracias a esto la producción de lodos será baja y su tratamiento y disposición serán más viables.

8.1.5 DBO: La DBO es el método más usado en el campo de tratamiento de aguas residuales: Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. Este parámetro es el más usado para medir la calidad de las aguas residuales, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. El valor de la DBO en la caracterización es de 370 mg/L lo cual es un poco alto al normal, esto se debe a que la muestra fue tomada en punto de vertimiento más representativo, indicando una concentración de materia orgánica, incrementando los microorganismos que agotan el oxígeno disuelto en el agua, este incremento se debe a las aguas residuales que llegan del matadero y actividades porcícolas, actividades principales en el municipio de Puerto Salgar. Cuando los niveles de DBO son altos el nivel de OD disminuye ya que el oxígeno disponible en el agua es consumido por las bacteria, afectando la vida acuática presente en la fuente receptora en este caso puntual al río Magdalena.

8.1.6 DQO: La prueba de la DQO es usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado químicamente con una solución de dicromato en medio ácido.

El valor de la DQO es de 620 mg/L, es un valor alto debido a las aguas residuales que llegan de las industrias lácteas y parte de las porcícolas. La actividad láctea es la actividad principal en el municipio de Puerto Salgar, y se descargan grandes cantidades de aguas residuales por parte de estas microempresas.

Los valores de la relación DBO/DQO en aguas residuales no tratadas oscilan entre 0.3 y 0.8. Si la relación DBO/DQO es mayor que 0.5, los residuos se consideran fácilmente tratables mediante procesos biológicos. Si la relación DBO/DQO es menor de 0.3, el residuo puede contener constituyentes tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización⁹. Para el caso de la caracterización hecha en Puerto Salgar la relación es de:

$$DBO/DQO = \frac{370 \frac{mg}{L}}{620 \frac{mg}{L}} = 0.58$$

El valor de 0.58 indica que los residuos son más viables para tratarlos mediante procesos biológicos.

9. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La identificación de una alternativa de tratamiento de aguas residuales requiere de un análisis de las ventajas y desventajas de las tecnologías disponibles relacionadas con las características biofísicas y socioeconómicas del municipio.

Se tuvieron en cuenta estas variables:

- Costo del sistema de tratamiento en su etapa de inversión
- Costo de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento
- Área requerida para su construcción
- Complejidad de la tecnología
- Potencial producción de olores
- Generación de subproductos (lodos, gases)

⁹ CRITES & TCHOBANOGLOUS, Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Bogotá: Mc Graw Hill 2000. Pág. 68-69.

- Impacto ambiental en poblaciones y recursos naturales cercanos

Se realizó un análisis típico de promedio ponderado en el cual cada variable (V) tiene una importancia relativa de acuerdo a las condiciones del municipio, por tal razón se establece:

1. Ponderación (P) para cada variable (V).
2. P se encuentra entre 0 – 1 entonces $\sum P= 1$.
3. Se considero un rango de calificación de 0 – 100 para calificar cada variable (V) en relación con las condiciones del municipio.
4. Calificación tecnología= $\sum (V \times P)$
5. El mayor puntaje permitió identificar la tecnología con mayores probabilidades de implementación y adecuada operación.

Los valores entre 0 y 100 son subjetivos de los autores:

Calificación 0: no es viable para el municipio no existen recursos para aplicar la tecnología.

Calificación 25: Poco viable para el municipio los recursos económicos y humanos son muy escasos.

Calificación 50: Es viable pero se debe hacer un estudio económico y geofísico detallado entre todas las partes interesadas en aplicar la tecnología.

Calificación 75: Es viable, la situación socioeconómica y los aspectos geofísicos del municipio permite aplicar esta tecnología con muy pocas restricciones.

Calificación 100: Es la más viable para el municipio, cuenta con los recursos necesarios para aplicar la tecnología.

Tabla N°9.

Calificación Variable

Tecnología	Calificación variable V (0 – 100)					
	Costo inversión	Costo operación	Área	Complejidad	Costos disposición final	Impacto ambiental
LODOS ACTIVADOS	50	50	75	75	50	100
LODOS ACTIVADOS (AIREACIÓN PROLONGADA)	50	75	100	100	75	100
FILTRO ANAEROBIO	25	25	50	25	75	25
LAGUNAS	75	100	25	100	25	25
UASB	50	50	100	50	50	50
BIODISCOS	25	25	100	50	75	75
FILTRO PERCOLADOR	50	50	50	50	75	75

Calificación 0: No conviene la tecnología; Calificación 100: Si conviene la tecnología.

TABLA N° 10.

Ponderación Para Cada Variable

Suma $\Sigma P = 1$	Ponderación P (0 – 1) Para cada variable V					
	Costo inversión	Costo operación	Área	Complejidad	Costos disposición final	Impacto ambiental
1.0	0.25	0.20	0.15	0.10	0.15	0.15

Fuente: Autores del proyecto

La variable con mayor ponderación es la de costos de inversión con un valor de 0.25, la parte económica a la hora de aplicar un proyecto es la que más se tiene en cuenta por parte de las autoridades municipales quienes poseen la información

sobre el presupuesto que se tendrá disponible para poner en marcha el proyecto, por esta misma razón la variable que le sigue en importancia es la de costos de operación con un valor de 0.20, al mismo tiempo se debe pensar en la estructura física y económica con que se cuenta para el control de olores y producción de lodos por esta razón con este mismo valor se encuentran los costos de disposición final 0.15, y finalmente se le da una ponderación de 0.15 a las variables de área e impacto ambiental, de acuerdo al área que se tenga para la tecnología se podrá seleccionar la complejidad del sistema y el impacto ambiental dependerá en gran parte de cómo se maneje la disposición final de los lodos y olores.

TABLA N°11.

Calificación Parcial

Tecnología	Calificación Parcial (V x P)						SUMA TOTAL $\Sigma(VxP)$
	Costo inversión	Costo operación	Área	Complejidad	Costos disposición final	Impacto ambiental	
LODOS ACTIVADOS	12,5	10	7,5	7,5	7,5	15	60
LODOS ACTIVADOS (AIREACIÓN PROLONGADA)	12,5	15	15	10	11,25	15	78,75
FILTRO ANAEROBIO	6,25	5	7,5	2,5	11,25	3,75	36,25
LAGUNAS	18,75	20	3,75	10	3,75	3,75	60
UASB	12,5	10	15	5	7,5	7,5	57,5
BIODISCOS	6,25	5	15	5	11,25	11,25	53,75
FILTRO PERCOLADOR	12,5	10	7,5	5	11,25	11,25	57,5

Fuente: Autores del proyecto

9.1. CRITERIOS TECNOLÓGICOS A CONSIDERAR

Entre los criterios tecnológicos es importante considerar las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías y procesos de tratamiento como se muestra en el cuadro No. 8.

Cuadro No 8. **Comparación de sistemas de tratamiento de aguas residuales**

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Estructuras preliminares		
Estructuras de impulsión y bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Control de inundaciones zonas bajas Aportan carga hidráulica 	<ul style="list-style-type: none"> Mayores costos energéticos Requieren mantenimientos y operación mas técnica Las bombas de tornillo pueden generar malos olores
Estructuras de medición de flujo	<ul style="list-style-type: none"> Control adecuado de Caudales Permite regular otros procesos y estructuras de alivio 	<ul style="list-style-type: none"> En medidores de flujo automáticos se requiere personal especializado
Pretratamientos		
Rejillas	<ul style="list-style-type: none"> Retención de sólidos gruesos y abrasivos indeseables Mayor vida útil y de mantenimiento en otras estructuras 	<ul style="list-style-type: none"> Las rejillas mecánicas requieren mayor mano de obra calificada, no son recomendadas en PTAR pequeñas
Desarenadores	<ul style="list-style-type: none"> Retención de arenas abrasivas Facilita la digestión anaeróbica que requiere mayor mantenimiento en presencia de arenas 	<ul style="list-style-type: none"> Un mal diseño puede generar malos olores por depósito de material orgánico.
Tanques de homogenización	<ul style="list-style-type: none"> Permite regular Caudales Evita la construcción de unidades de tratamiento de mayor dimensión para Caudales pico Homogenizan la concentración de sustancias nocivas a procesos 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor requerimiento de mantenimiento para evacuar sólidos sedimentados.
Tratamientos Primarios		

Sedimentadores Primarios	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten la remoción de un importante porcentaje de sólidos sedimentables • Facilitan el funcionamiento de tratamientos biológicos de compuestos orgánicos disueltos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren de un control, manejo y disposición adecuada de lodos sedimentados • En plantas grandes se requiere de dispositivos mecánicos y bombes para evacuar sobrenadantes y lodos.
Tamices	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten una aceptable remoción de sólidos sin necesidad de grandes infraestructuras 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren mayores costos energéticos • Personal especializado para mantenimiento.
Tratamientos Secundarios		
<p>Proceso de lodos activados</p> <p>Lodos activados significa la masa de bacterias activas a la cual remueve los contaminantes orgánicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Baja generación de malos olores. • Es un sistema que permite controlar diferentes calidades del afluente • Las variables de operación son conocidas y controlables • Requieren áreas moderadamente pequeñas • En aireación extendida se generan menos lodos y hay nitrificación • Requiere infraestructura adicional de sedimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayores costos operativos por el requerimiento de energía para suministrar oxígeno • Se genera un alto volumen de lodos que requieren un adecuado manejo y disposición. • Requiere profesional especializado para operación • Cuando la aireación es extendida se requiere mayor área
Filtros percoladores	<ul style="list-style-type: none"> • Es un sistema aeróbico que no requiere de aireación superficial • Es de fácil operación y mantenimiento • Es un sistema menos costoso por qué no requiere equipos de aireación • Requiere infraestructura adicional de sedimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtiene remociones orgánicas bajas • Requiere áreas más grandes • Potencial generación de olores • Baja generación de lodos
Biodiscos	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren menos energía que los lodos activados 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de personal especializado y mayor mantenimiento

	<ul style="list-style-type: none"> • Es un sistema costoso en la inversión 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere grandes áreas en relación con lodos activados.
Lagunas de estabilización	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil operación y mantenimiento • Bajos costos de operación, no requieren energía • Baja producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren grandes áreas para el tratamiento • En lagunas anaerobias se tiene un alto potencial de producción de malos olores • Se pueden generar procesos de eutroficación
UASB (Reactor anaeróbico de manto de lodos y flujo ascendente)	<ul style="list-style-type: none"> • Bajos consumos de energía • Se genera gas metano aprovechable energéticamente • Baja producción de lodos • Requiere un área relativamente baja 	<ul style="list-style-type: none"> • El arranque y operación es más complejo • El manto de lodos es muy sensible a cambios operativos • Potencial alto de generación de olores • Requiere de personal especializado
Reactores RAP (reactor anaeróbico de flujo de pistón)	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren áreas menores en comparación con otros sistemas • Las remociones orgánicas no son tan altas • Bajos consumo de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden generar malos olores • No se aprovecha el gas generado
Filtros anaerobios	<ul style="list-style-type: none"> • Son de fácil operación y mantenimiento • Requieren áreas menores • Las remociones orgánicas no son tan altas • Bajos consumos de energía • Baja producción de lodos 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden generar malos olores
Tratamiento de Lodos		

Espesamiento Deshidratado Digestión de lodos Secado Incineración Compostaje	<ul style="list-style-type: none"> • La digestión y deshidratado permite reducir el volumen generado. • Puede ser utilizado o aprovechado cuando es alto el contenido de nutrientes y orgánico 	<ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas de manejo requieren de personal especializado • Se requiere de energía para digestión y deshidratado • La incineración no es viable en altos volúmenes y genera subproductos indeseables • Los costos de disposición final son relativamente altos.
--	--	---

Tabla N° 12.

Nivel de Complejidad

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACIÓN ZONA URBANA (HABITANTES)	CAPACIDAD ECONOMICA DE LOS USUARIOS
BAJO	< 2500	BAJA
MEDIO	2501 A 12500	BAJA
MEDIO ALTO	12501 A 60000	MEDIA
ALTO	>60000	ALTA

RAS 2000 Tabla A.3.1

Para el municipio de Puerto Salgar se tiene un nivel de complejidad medio alto, con una capacidad económica media.

• **Análisis de resultados calificación parcial-criterios tecnológicos**

De acuerdo a lo anterior, y después de haber analizado la información allí contenida, se pudo observar que el sistema seleccionado para el municipio en cuanto a tratamiento de aguas residuales se refiere, fue el de lodos activados de aireación prolongada, ya que como se puede notar en la tabla No 11 y el cuadro No 8 esta alternativa reúne las condiciones ideales en cuanto a: costos flexibles de inversión, operación y mantenimiento, aunque requiere un área mayor para su construcción el municipio cuenta con lotes para su implementación, su puesta en marcha y operación no generaría mayores impactos al ecosistema que lo rodea, además la complejidad del sistema permitiría que fuera operado por un solo operario, previamente capacitado, en turnos de 12 horas y no como el de otros sistemas que requerirían un mayor empleo de mano de obra y tiempo de supervisión. Anexo a lo anterior, se puede también encontrar que los tipos de tratamiento que preceden en puntaje al de los filtros son en su orden: lodos activados, lagunas, UASB; pero éstos tienen grandes implicaciones en cuanto a

adquisición de áreas extensas de terreno (lagunas), costos para su construcción, puesta en marcha y mantenimiento (UASB), lo anterior son aspectos a tener en cuenta por parte de la Administración Municipal ya que existen restricciones para su implementación las cuales fueron anteriormente expuestas.

9.1.1 Costos de inversión y operación

Son múltiples los estudios e investigaciones que se han realizado para determinar tendencias en los costos de inversión y operación en sistemas de tratamiento, hecho que es favorable por la información disponible para cualquier valoración respectiva, pero que a su vez, dificulta el análisis por la variabilidad de criterios aplicados, diversidad en las fuentes de información, falta de representatividad de los datos, entre otros. Los Ministerios del Medio Ambiente y de Desarrollo Económico han integrado de varios estudios algunos costos de inversión de sistemas de tratamiento que se presentan en la tabla No 12.

TABLA N° 13. Costos directos de inversión para sistemas de tratamiento de aguas residuales.

PROCESO	(\$/hab)		(US \$/hab)	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Preliminar	4.400	17.600	2	8
Primario	44.000	66.000	20	30
Lagunas	22.000	66.000	10	30
Filtros Percoladores	66.000	132.000	30	60
Lodos Activados	88.000	264.000	40	120
UASB	44.000	88.000	20	40

FUENTE: Guía ambiental. Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales. Min. Ambiente. 2002

La tabla N° 14 presenta las ecuaciones obtenidas por el Ministerio del Medio Ambiente para determinar los costos de inversión de diferentes procesos y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

TABLA N° 14. Ecuaciones de costo directo de inversión de PTAR

Etapas de tratamiento	Tecnología	Ecuación	Coefficiente de determinación
Primario y preliminar	Rejillas, desarenador sedimentador	$C_{PP}=233200Q^{0.8464}SS^{0.4271}$	69%
Secundario	Lagunas	$TR=162.6^{\circ}T^{-2.715}DBO^{1.002}$	79%
	TR	$C_{Ldgo}=688400 Q^{1.1866}TR^{1.0866}$	78%
	Alto DQO	$C_{Lg}=44455500 Q^{0.3684}TR^{0.4366}$	48%
	Bajo DQO		
	Filtros	$C_F=36397000 Q^{0.3440}$	60%
	Lodos Activados	$C_{LA}=1110100 Q^{1.5633}T^{-0.6038}$	71%
	UASB	$C_U=1472165000Q^{0.5725}T^{-1.278}$	47%
Tratamiento de lodos		$C_{TDL}= 0.05$ Costo secundario	

FUENTE: Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales. Guía Ambiental 2002. Min Ambiente.

La tabla N° 15, presenta los costos de operación de sistemas de tratamientos de aguas residuales.

Si el diseño se desarrolla en el municipio, el planificador municipal debe establecer las tendencias de costos de inversión y operación para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales y verificar la posibilidad real para gestionar estos recursos ante las diferentes entidades de financiación.

TABLA N° 15. Costos de operación de PTAR

TRATAMIENTO	RANGO DE COSTO US \$/HAB* año
Preliminar	0.07 – 0.30
Sedimentación primaria	0.15 – 0.27
Filtros percoladores y lodos activados	0.23 – 0.81
Lagunas aireadas	0.23 – 0.41
Lagunas facultativas	0.23 – 0.33
Lagunas anaerobias	0.07 – 0.27
Lechos de secado	0.1 – 2.08

FUENTE: Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales. Guía Ambiental 2002. Min Ambiente.

Nota: Las ecuaciones de la tabla No 14 y No 15 son objeto de actualización periódica de acuerdo al valor del dólar.

Después de hacer la **Evaluación de Alternativas** se considera que la mejor alternativa para el municipio de Puerto Salgar es la de lodos activados de aireación prolongada (Zanjón de Oxidación). Con un tratamiento preliminar de Cribado donde se separan los sólidos de gran tamaño para proteger bombas, válvulas, tuberías, etc., del taponamiento o interferencia con este material grueso.

Tratamiento primario el Zanjón de Oxidación que adecuadamente diseñado y operado, provee remociones promedio de DBO y SS mayores del 85% con aguas residuales municipales; tiene capacidad de efectuar un nivel alto de nitrificación por el tiempo de retención prolongado (24 horas) y contar con edades de lodos mayores de diez días, como equipo de aireación y circulación del licor mezclado usa aireadores mecánicos del tipo cepillos horizontales, de jaula o de disco.

Tratamiento secundario se utiliza un sedimentador secundario circular con un mecanismo de remoción de tipo paletas y cadena metálicas o preferiblemente de plástico, y lechos de secado como disposición final.

9.2 Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales

9.2.1 Periodo de diseño. El criterio utilizado para la selección del periodo de diseño del sistema de tratamiento de agua residual, se determinó con base en el ***criterio de Modularidad***, el cual se basa en los siguientes aspectos:

- Situación de orden público de la zona de emplazamiento de la PTAR
- Emigración de la población (temporal y definitiva)
- Reduce los costos de inversión
- Deja como alternativa la posibilidad de ampliar o no el sistema de tratamiento, de acuerdo a los resultados obtenidos durante el periodo de diseño seleccionado (%remoción cargas y eficiencias).

“Basado en lo anterior, y para llevar a cabo los diferentes cálculos y diseños, se determinó un periodo de diseño para la planta de tratamiento de diez (10) años; completado este periodo de trabajo y con base en los resultados de remoción de cargas obtenidos durante éste, se analizaría la alternativa de ampliación o no del tren de tratamiento propuesto aquí; ó por el contrario se puede optar por la construcción de una unidad auxiliar y/o mejoramiento de las ya existentes”.

9.2.2 Estimación del nivel de complejidad del sistema NCS. Para el caso del Municipio de Puerto Salgar, con una población estimada en 14972 Habitantes, el NCS asignado es Medio Alto, además, como aspecto complementario, esta asignación se baso también en los siguientes aspectos:

- Nivel de Estratificación Municipal: Según el DNP actualmente el municipio de Puerto Salgar ocupa la categoría sexta (6); lo que hace que los ingresos Nacionales, Departamentales, por participación y regalías, disminuyan.
- Salarios Promedio Municipal: Actualmente oscila entre 0.7 y 1.5 millones de pesos.

9.2.3 Estimación de la población. Debido al NCS asignado por la normatividad RAS 2000, que para el caso de Puerto Salgar fue “Medio Alto”, pueden aplicarse cualquiera de los siguientes métodos de proyección de población: Aritmético, Geométrico y Exponencial. Según lo explicado, se selecciona el **Método Geométrico**, por ser de útil aplicación en aquellas poblaciones que presentan las siguientes características: Actividad económica, de desarrollo y de crecimiento estable, poseer áreas de expansión que puedan ser dotadas de servicios públicos sin dificultad¹⁰; los anteriores, son aspectos que reúne y cumple el municipio de Puerto Salgar – Cundinamarca.

• **Cálculo de población de diseño.**

$$Pf = Puc \times (1 + r)^n \quad \text{Ecuación No 1.}$$

Donde:

Pf = Población proyectada hacia el periodo de diseño. Población de diseño.

Puc = Población último censo 2007. 14972 habitantes (SISBEN 2007).

r = Tasa de crecimiento poblacional anual. 1.66% (DANE 2007).

n = Periodo de diseño. 10 años. (Estimado en el numeral 9.2.1).

Reemplazando en la ecuación No 1 .:

$$Pf = 14972 \text{ hab} \times (1 + 0.0166)^{10}$$

$$Pf = 17651 \text{ hab}$$

9.2.4 Estimación Dotación neta (Dn).

¹⁰ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 – Literal B.2.2. Bogotá D.C.: 2000.

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. La dotación neta se puede obtener de dos formas:

1- Estimándolo con base en lo establecido en el RAS 2000 – Literal B.2.4 “Dotación Neta”; lo anterior cuando no se tiene acceso o no existe la información de la dotación suministrada por la Empresa de Servicios Públicos E.S.P. y/o encargada del sistema de abastecimiento y suministro de agua – PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable).

2- Teniendo acceso a la información sobre la dotación entregada por la E.S.P. y/o empresa encargada del abastecimiento y suministro de agua – PTAP.

Para el caso nuestro, la E.S.P. de Puerto Salgar estima una dotación actual de **185 L/hab.día**, la cifra anterior ya contempla los factores de corrección por temperatura y el porcentaje de pérdidas.

9.2.5 Estimación de áreas (Actualización usos del suelo). Las áreas que eran requeridas para determinar los aportes de Caudal, por uso del suelo, se determinaron y actualizaron en conjunto con la Oficina de Planeación Municipal, de acuerdo a la estimación de las áreas: residencial, comercial, institucional e industrial, existentes en el municipio. La nueva área urbana del Municipio está determinada por el Acuerdo Municipal No. 149 de 2002, el cual estipula una superficie total de: 168.30 Ha \approx 1'683.041,7 m², esta superficie está conformada por el área de servicios públicos (1'586.229,7 m² – Artículo 15) y el suelo suburbano conformado por el sector del barrio Seis de Enero (96.812 m² – Artículo 21).

En la tabla N° 16 se describe los usos del suelo del municipio, que conforman la totalidad del suelo de Puerto Salgar.

TABLA N° 16. Distribución del suelo municipio de Puerto Salgar

DISTRIBUCIÓN	AREA (Ha)	%
RESIDENCIAL	89.2533	53.03
COMERCIAL	2.66	1.58
INSTITUCIONAL	11.27	6.69
INDUSTRIAL	2.03	1.21
SIN DESARROLLAR	63.09	37.49
TOTAL	168.3	100

Fuente: PLANEACIÓN MUNICIPAL 2007

9.2.6 Estimación de la densidad poblacional (D). Los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben diseñarse para la máxima densidad de

población futura o densidad de saturación, la cual depende de la estratificación socioeconómica, el uso de la tierra y el ordenamiento urbano. Para este estudio, se determinó la densidad poblacional actual (año 2007) y para el periodo de diseño (2017).

- **Cálculo densidad poblacional**

Actual

$$D = \text{Pob actual} / \text{Área Total} \quad \text{Ecuación No 2.}$$

$$D = 14972 \text{ hab} / 168.3 \text{ Ha}$$

$$D = 88.96 \text{ hab} / \text{Ha}$$

Futura (para periodo de diseño)

$$D = \text{Pob futura} / \text{Área Total} \quad \text{Ecuación No 3.}$$

$$D = 17651 \text{ hab} / 168.3 \text{ Ha}$$

$$D = 104.87 \text{ hab} / \text{Ha}$$

9.3 Cálculo de Caudales

9.3.1 Caudal domestico

$$QD = \frac{(Dn \times D \times Ares \times F)}{86400} \quad \text{Ecuación No 4.}$$

Donde:

Dn: Dotación neta (L/hab - día)

D: densidad poblacional (Hab/Ha)

A res: Área residencial (Ha)

F: Factor mayorización Para el NCS Medio Alto = 80% (tabla D.3.1 - RAS 2000)

Reemplazando en ecuación No 4 ∴

$$QD = \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} \times \frac{185 \text{ l}}{\text{Ha} - \text{día}} \times \frac{104.84 \text{ hab}}{\text{Ha}} \times 89.25 \text{ Ha} \times 0.8$$

$$QD = 16 \text{ L/s}$$

9.3.2 Caudal industrial

$$Q_{ind} = A_{p_{ind}} \times A_{ind} \quad \text{Ecuación No 5.}$$

Donde:

Q_{ind} : Caudal industrial (L/s).

$A_{p_{ind}}$: Aporte industrial 0.8 (L/s.Ha) (tabla D.3.2 - RAS 2000, de acuerdo al NCS medio alto).

A_{ind} : Área industrial 2.03 (Ha) Planeación municipal 2007

Reemplazando en la ecuación No 5 ∴

$$Q_{ind} = 0.8 \text{ L/s.Ha} \times 2.03 \text{ Ha}$$

$$Q_{ind} = 1.62 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

9.3.3 Caudal comercial

$$Q_{com} = A_{p_{com}} \times A_{com} \quad \text{Ecuación No 6.}$$

Donde:

Q_{com} : Caudal comercial (L/s)

$A_{p_{com}}$: Aporte comercial 0.5 L/s.Ha (tabla D.3.3 - RAS 2000, de acuerdo al NCS).

A_{com} : Área comercial 2.66 Ha Planeación municipal 2007.

Reemplazando en ecuación No 6 ∴

$$Q_{com} = 0.5 \text{ L/s.Ha} \times 2.66 \text{ Ha}$$

$$Q_{com} = 1.33 \frac{L}{s}$$

9.3.4 Caudal Institucional

$$Q_{ins} = A_{p_{ins}} \times A_{ins} \quad \text{Ecuación No 7.}$$

Donde:

Q_{ins} : Caudal institucional (L/s).

$A_{p_{ins}}$: Aporte institucional 0.5 L/s.Ha (tabla D.3.4 - RAS 2000, de acuerdo al NCS).

A_{ins} : Área institucional 11.27 Ha (Planeación municipal 2007).

Reemplazando en ecuación No 7 .:

$$Q_{ins} = 0.5 \frac{L}{s.Ha} \times 11.27 Ha$$

$$Q_{ins} = 5.63 \frac{L}{s}$$

9.3.5 Caudal Medio Diario

$$Q_{MD} = Q_D + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{ins} \quad \text{Ecuación No 8.}$$

Donde:

Q_{MD} : Caudal medio diario (L/s)

Q_D : Caudal domestico (L/s)

Q_{ind} : Caudal industrial (L/s)

Q_{com} : Caudal comercial (L/s)

Q_{ins} : Caudal institucional (L/s)

Reemplazando en la ecuación No 8 .:

$$Q_{MD} = \frac{16L}{s} + \frac{1.62L}{s} + \frac{1.33L}{s} + \frac{5.63L}{s}$$

$$Q_{MD} = 24.58 \text{ L/s}$$

9.3.6 Caudal máximo horario

- Factor de mayorización: Se puede dar por medio del Caudal medio diario según Tchobanoglous Ecuación D.3.7 del RAS 2000 como se muestra en la ecuación No 9:

$$F = \frac{3.53}{Q_{MD}^{0.0914}} \quad \text{Ecuación No 9.}$$

Donde:

Q_{MD} : Caudal medio diario (L/s)

F: Factor de mayorización (adimensional)

Reemplazando en la ecuación No 9 .:

$$F = \frac{3.53}{24.58L/s^{0.0914}} \quad F = 2.63$$

- Caudal máximo horario

$$Q_{MH} = F \times Q_{MD} \quad \text{Ecuación No 10.}$$

Donde:

Q_{MH} : Caudal máximo horario (L/s)

F: Factor de mayorización (adimensional)

Q_{MD} : Caudal medio diario (L/s)

Reemplazando en la ecuación No 10 .:

$$Q_{MH} = 2.63 \times \frac{24.58L}{s}$$

$$Q_{MH} = 64.7 \frac{L}{s}$$

- Según la tabla D.3.5 del RAS 2000 los aportes máximos para conexiones erradas en el nivel de complejidad del sistema medio alto son 0.1 L/s.hab o sea un 10% del Caudal máximo horario, entonces tenemos un Caudal máximo horario de:

$$Q_{MH} = 71.2 \frac{L}{s}$$

- Caudal de diseño:

$$Q_D = 71.2 \frac{L}{s} \rightarrow 0.0712 m^3$$

9.4 DISEÑO ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO – PTAR

9.4.1 Cribado

9.4.1.1 Especificaciones de rejilla:

- Limpieza manual
- Forma barra: Circular ($\beta = 1.79$)
- Inclinación $\theta = 45^\circ$
- Separación entre barras ($b=3$ cm)
- Ancho de barra ($w = 1.5$ cm)
- Velocidad de aproximación ($v=0.6$ m/s)

9.4.1.2 Pérdida en rejillas

$$H = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{v^2}{2g} \sin \theta \quad \text{Ecuación No 11.}$$

Donde:

H: Perdida de energía (m)

β : Factor Forma barra: Circular (adimensional)

b: Separación entre barras (m)

w: Ancho de barra (m)

v: Velocidad de aproximación (m/s)

θ : Inclinación de la reja

Reemplazando en la ecuación No 11:

$$H = 1.79 \left(\frac{0.015m}{0.03m} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{0.6m^2}{2 \times \frac{9.8m}{s^2}} \sin 45$$

$$H = 0.015m$$

9.4.1.3 Área:

$$Q = A \times v \quad \text{Ecuación No 12.}$$

Donde:

A: Área del canal (m²)

Q: Caudal de diseño (m³/s)

v: Velocidad de aproximación (m/s). Definida con base en las recomendaciones literarias.

Despejando A y reemplazando en la ecuación No 12 ∴

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0.0712m^3/s}{0.6m/s}$$

$$A = 0.12m^2$$

9.4.1.4 Ancho canal y altura lamina de agua

$$h = \frac{A}{a} \quad \text{Ecuación No 13.}$$

Donde:

h: Altura lamina de agua (m)

A: Área del canal (m²)

a: Ancho del canal (m), asumido según criterio de los diseñadores con base en sugerencias literarias.

h: 0.199 m viene del diseño de la canaleta Parshall.

9.4.1.5 Longitud de la reja

$$L = \frac{h}{\sin 45} \quad \text{Ecuación No 14.}$$

Donde:

L: Longitud de la reja (m)

h: altura de la lámina de agua (m)

Reemplazando en la ecuación No 14 ∴

$$L = \frac{0.199m}{\sin 45}$$

$$L = 0.28m$$

- Replanteo de L:

$$L = \frac{h^1}{\sin 45} \quad \text{Ecuación No 15.}$$

Donde:

L: Longitud de la reja

h^1 : altura concreto (m) asumida por criterio de diseñadores

Reemplazando en la ecuación No 15 ∴

$$L = \frac{0.7m}{\sin 45}$$

$$L = 0.98 \text{ m}$$

9.4.1.6 Ancho canal

$$h = \frac{A}{a} \quad \text{Ecuación 16.}$$

Donde:

h: altura de la lámina de agua (m)

A: Área del canal (m^2)

a: ancho del canal (m)

Despejando a y reemplazando en la ecuación No 16 ∴

$$a = \frac{A}{h} = \frac{0.12m^2}{0.199m}$$

$$a = 0.60 \text{ m}$$

9.4.1.7 Número de barras

$$n \times 2 + (n - 1)b = a \quad \text{Ecuación No 17.}$$

Donde:

n: número de barras (adimensional)

b: separación entre barras (cm) criterio diseñadores con base en sugerencia literaria.

a: ancho de canal (cm)

Reemplazando en la ecuación No 17 ∴

$$2n + (n - 1)3 = 60$$

$$2n + 3n - 3 = 60$$

$$n = \frac{63}{5} \rightarrow n = 12.6 \approx 13$$

9.4.2. Canaleta Parshall

9.4.2.1. Cálculo de la profundidad del agua: se realiza de acuerdo a la ecuación No 18¹¹.

$$Q = 0.690 H_a^{1.522} \quad \text{Ecuación No 18}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/s)

Ha: Profundidad del agua

Reemplazando en ecuación No 18∴

¹¹ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Teoría y Principios de diseño. Mc Graw Hill: Bogotá. p.89. Tabla 2.8.

$$H_a = \left(\frac{0.0712}{0.690} \right)^{1/1,522}$$

$$H_a = 0.199m$$

9.4.2.2. Cálculo de la distancia del piezómetro en la garganta: usando una Sumergencia máxima del 60% para evitar que ocurra flujo sumergido o ahogado, se utiliza la ecuación:

$$\frac{H_b}{H_a} = 0.60 \quad \text{Ecuación No 19}$$

Donde:

H_b: profundidad para sumergencia máxima (cm).

H_a: Profundidad del agua (cm).

Reemplazando y despejando H_b en la ecuación No 19.:

$$H_b = 0.60 \times 19.9cm$$

$$H_b = 11.94 \text{ cm} \rightarrow 0.119 \text{ m}$$

9.4.2.3. Para una Sumergencia del 60% el nivel del agua en la garganta, en el piezómetro de medida H_b, es igual al nivel en el canal aguas abajo, es decir H=40 cm.

$$X = H - H_b \quad \text{Ecuación No 20}$$

Donde:

X: Elevación de la cresta por encima del fondo del canal (cm)

H_b: profundidad para sumergencia máxima (cm).

H: nivel en el canal aguas abajo (cm).

Reemplazando en la ecuación No 20.:

$$X = 40 - 11.94$$

$$X = 28.06 \text{ cm}$$

9.4.2.4. Cálculo pérdida de carga:

Del diagrama de pérdida de carga (figura 2.8) para canaleta Parshall de 30.5 cm, con un Q= 71.2 L/s y $\frac{H_b}{H_a} = 0.60$ se obtiene que la pérdida de energía h= 13.5 cm

La profundidad aguas arriba sobre el fondo del canal será.:

$$H_x = H + h \quad \text{Ecuación No 21}$$

Donde:

H_x: Profundidad aguas arriba (cm)

H: nivel en el canal aguas abajo (cm)

h: perdida de energía (cm)

Reemplazando en la ecuación No 21.:

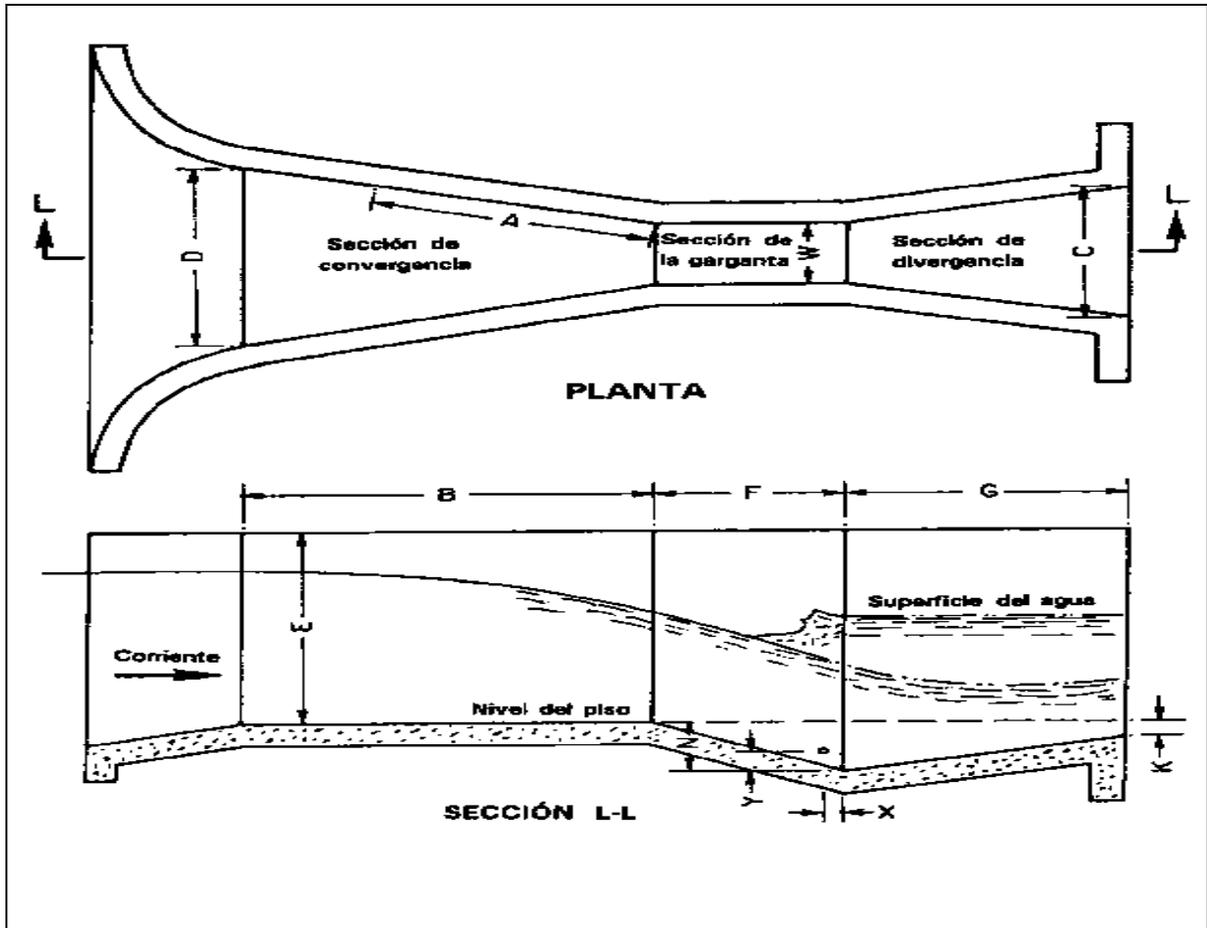
$$H_x = 40 + 13.5$$

$$H_x = 53.5 \text{ cm}$$

Tabla N° 17. Dimensiones de la Canaleta Parshall

W cm	A cm	B cm	C cm	D cm	E cm	F cm	G cm
30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5
K cm	N cm	R cm	M cm	P cm	X cm	Y cm	
7.6	22.9	50.8	38.1	149.2	5.1	7.6	

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Teoría y Principios de diseño. Mc Graw Hill: Bogotá. p.89. Tabla 2.7.



**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL MUNICIPIO DE
PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA**



**CONFIGURACIÓN DE LA
CANALETA MPARSHALL**

FIGURA N° 1

Elaborado:
MARY CONTRERAS
MARTINEZ
CODIGO: 64051044
DANIEL PRIETO PRADO
CODIGO: 64995009

Revisó:
ING. CLAUDIA PATRICIA
GÓMEZ RENDÓN

Fuente: ROMERO ROJAS,
Jairo Alberto.
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES. Teoría y
Principios de diseño. Mc
Graw Hill: Bogotá. p.88.
Figura. 2.7

9.4.3 Diseño del zanjón de oxidación

9.4.3.1 Aireador (mecánico tipo eje horizontal):

- Q = 71.2 L/s
- DBO = 370mg/L
- Diámetro Φ = 70 cm
- T° diseño= 32°C
- Altura = 190 m.s.n.m.

9.4.3.2 Tasa real de transferencia de oxígeno:

$$N = N_o \propto (1.024)^{T-20} \left[\frac{\beta C_{s(T,A)} - C}{C_{s(20)}} \right] \quad \text{Ecuación No 22.}$$

Donde:

- N: Tasa real de transferencia de oxígeno (Kg O₂/m.h)
- No: Para obtener el valor de No, se hace necesario tomar como referencia las características del rotor de aireación para el cepillo con el propósito de establecer la Sumergencia del cepillo de aireación, condición que se observa en la siguiente tabla, (tabla N° 18):

TABLA N° 18. Características de un cepillo de aireación

INMERSIÓN cm	No Kg O₂/m.h	POTENCIA REQUERIDA kW/m
7	1.7	0.7
12	2.3	1.2
15	4.2	1.9
22	6.0	2.7

FUENTE: ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de aguas residuales, teorías y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p. 512 tabla 18.2.

Inmersión del cepillo (cm): Se encuentra entre 5-25 para cepillos de 70 cm de diámetro¹² para este caso se toma un valor de 15 cm de Sumergencia
De acuerdo a lo anterior se tiene:

- No: Para 15 cm de inmersión según tabla No 15 es 4.2 Kg O₂/m.h
- α : Relación promedio de la tasa de transferencia de oxígeno en agua residual, a la tasa de transferencia de oxígeno en agua potable generalmente igual a 0.7-0.95. Por criterio de diseñadores $\alpha = 0.95$.
- C : Concentración promedio de oxígeno disuelto en el zanjón = 1.5 mg/L, según referencia literaria generalmente con valores de 1.0-1.5 mg/L.
- Cálculo $C_{s(T,A)}$:

$$C_{s(T,A)} = C_{s(T,O)} \left(1 - \frac{A}{9450} \right) \quad \text{Ecuación No 23.}$$

Donde:

- $C_{s(T,O)}$: Concentración de saturación de Oxígeno Disuelto para temperatura T y 0 m.s.n.m. en agua potable¹³ = 7.63 mg/L.
- A: Altura sobre el nivel del mar =190 m.s.n.m. (altura del municipio de Pto Salgar)

Reemplazando en la ecuación No 23:

$$C_{s(T,A)} = 7.63 \left(1 - \frac{190}{9450} \right)$$

$$C_{s(T,A)} = 7.47 \frac{mg}{L}$$

- β : Relación entre la concentración de saturación de oxígeno en el agua residual y la concentración de saturación en agua potable, según referencia literaria generalmente con valor igual 0.9 para aguas residuales domesticas.
- T°: Temperatura de diseño (°C)

¹² ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de aguas residuales, teorías y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p. 509 tabla 18.1.

¹³ ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de aguas residuales, teorías y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.p.1029. Apéndice C.

- $C_{s(20)}$: Concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua destilada a 20°C y al nivel del mar, según referencia literaria generalmente con valor igual 9.1mg /L.

Para calcular N se reemplaza en la ecuación No 22:

$$N = 4.2 \times 0.95(1.024)^{32-20} \frac{0.9 \times 7.47 - 1.5}{9.1}$$

$$N = 3.02 \text{ Kg } \frac{O_2}{m.h}$$

9.4.2.2 Numero de cepillos

$$UN = \frac{No}{N} \quad \text{Ecuación No 24}$$

Donde:

UN: Número de cepillos (adimensional)

No: Para 15 cm de inmersión según tabla No 15 es 4.2 Kg O₂/m.h

N: Tasa real de transferencia de oxígeno (Kg O₂/m.h)

Reemplazando en la ecuación No 24.:

$$UN = \frac{4.2}{3.02} = 1.39 \approx 1$$

9.4.3.3 Potencia del Cepillo de Aireación y velocidad del Cepillo de Aireación

- Inmersión = 15 cm
- Con base en la tabla No 15 se define la potencia teniendo como referencia la inmersión del caso en estudio, la potencia requerida por el cepillo es de 1.9 Kw/m.
- Velocidad del cepillo = 70 RPM (estándar)

9.4.3.4 Longitud de cepillos de Aireación

$$L = \frac{C_c}{24 \times N} \quad \text{Ecuación No 25.}$$

Donde:

- C_c : Carga contaminante (Kg DBO/día).
 - Cálculo C_c :

$$C_c = 370 \text{ mg/L} \times 71.2 \text{ L/s} \times 0.0864$$
$$C_c = 2276.12 \text{ Kg DBO/día}$$

- N : Tasa real de transferencia de oxígeno (Kg O_2 /m.h)

Reemplazando en la ecuación No 25:

$$L = \frac{2276.12}{24 \times 3.02}$$

$$L = 21 \text{ m}$$

La longitud del cepillo se ajustara a dos unidades de cepillos de 10 m cada uno, basándonos en referencia literaria y esto también para mayor facilidad al momento de dar especificaciones de fabricación.

9.4.3.5 Tanque de aireación (Zanjón De Oxidación)

- Población = 17651 hab
- $Q = 71.2 \text{ L/s} = 6151.7 \text{ m}^3/\text{día}$
- $\text{DBO} = 370 \text{ mg/L}$
- Relación $A/M = 0.16 \text{ d}^{-1}$
- Concentración de sólidos en el reactor $\text{SSML} = 5000 \text{ mg/L}$ (Tabla E.4.11 Ras 2000)
- $T^\circ \text{ diseño} = 32^\circ\text{C}$
- Tasa de recirculación = 85% (Tabla E.4.11 Ras 2000)
- Localización = 190 m.s.n.m.
- Edad lodos = 20 días (Tabla E.4.11 Ras 2000)
- Tiempo de aireación = 12 horas
- Volumen del reactor :

$$V = \frac{QS_0}{\left(\frac{A}{M}\right)X} \quad \text{Ecuación No 26}$$

Donde:

V: Volumen del reactor (m^3)

Q: Caudal de diseño ($m^3/\text{día}$)

S_0 : Concentración DBO del afluente (mg/L)

A/M: Relación alimento/microorganismo o factor de carga de lodo¹⁴ (d^{-1})

X: Concentración de sólidos en el reactor (Tabla E.4.11 Ras 2000), con base en esto se tomo el valor de 5000 mg/L.

Reemplazando en la ecuación No 26:

$$V = \frac{6151.7m^3/d \times 370mg/L}{(0.16d^{-1}) \times 5000mg/L}$$

$$V = 2845.16 m^3$$

- Tiempo de retención θ

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación No 27}$$

Donde:

θ : Tiempo de retención (días)

V: Volumen del reactor (m^3)

Q: Caudal de diseño ($m^3/\text{día}$)

$$\theta = \frac{2845.16m^3}{6151.7 m^3/d}$$

¹⁴ ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de aguas residuales, teorías y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p. 509 tabla 18.1.

$$\theta = 0.46d \rightarrow 11 h$$

- Carga volumétrica = 0.20 KgDBO/m³/d (Tabla E.4.11 Ras 2000)
- Carga contaminante = 128 gDBO/c.d
- Caudal 348.6 L/c.d

TABLA No. 19 Dimensiones del Zanjón

DIMENSIÓN DEL ZANJÓN						Rotor de jaula de $\Phi = 70$ con inmersión de 15 cm	
A	B	C	D	E	F	Longitud m	RPM
76	25	13	2	12.65	11.65	21	70

Fuente: autores del proyecto

9.4.4. SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Los criterios para diseño de tanques secundarios de sedimentación para después de aireación prolongada se incluyen en la tabla No 20.

TABLA No. 20 Parámetros de diseño de sedimentador secundario

TIPO TRATAMIENTO	CARGA SUPERFICIAL m/d		CARGA DE SÓLIDOS Kg/dm ²		PROFUNDIDAD m
	CAUDAL PROMEDIO	CAUDAL PICO	CAUDAL PROMEDIO	CAUDAL PICO	
Sedimentación después de aireación prolongada	8 - 16	32	98 - 147	245	3.7 – 4.6

FUENTE: ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de aguas residuales, teorías y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.p. 644. Tabla 22.3.

9.4.4.1 Datos de diseño

- $Q = 0.0712 m^3/s = 6151.7 m^3/d$
- Carga superficial promedio = 16 m/d (tabla No 20).
- Carga superficial pico = 32 m/d (tabla No 20).
- Carga de sólidos promedio = 140 Kg/dm² (tabla No 20).

- Carga de sólidos pico = 245 Kg/dm² (tabla No 20).
- Concentración SSLM según tabla E.4.11 RAS 2000 = 5000 mg/L
- Profundidad de agua = 4 m Criterio de diseñadores, con base en referencias literarias.
- Forma circular.

9.4.4.2 Área sedimentador

- Área del sedimentador para Caudal promedio afluente de la planta

$$A_{Qpr} = \frac{Q}{C_{Spr}} \quad \text{Ecuación No 28}$$

Donde:

A_{Qpr} : Área del sedimentador para Caudal promedio afluente de la planta (m²)

Q: Caudal de diseño (m³/d)

C_{Spr} : Carga superficial promedio (m/d) según tabla No 20.

Reemplazando en la ecuación No 28 ∴

$$A_{Qpr} = \frac{6151.7m^3}{16 \frac{m}{d}}$$

$$A_{Qpr} = 384.5 m^2$$

- Cálculo del Caudal pico afluente al sedimentador secundario

$$Q1 = (2 + 1)Q \quad \text{Ecuación No 29}$$

Donde:

Q1: Caudal pico afluente al sedimentador secundario (m³/d)

Q: Caudal de diseño (m^3/d)

Reemplazando en la ecuación No 29 .:

$$Q_1 = \frac{(2 + 1)6151.7m^3}{d}$$

$$Q_1 = 18455 m^3/d$$

- Cálculo del área del sedimentador para el Caudal pico

$$A_{Q_{pi}} = \frac{Q_1}{C_{Spi}} \quad \text{Ecuación No 30}$$

Donde:

$A_{Q_{pi}}$: Área del sedimentador para el Caudal pico (m^2)

Q_1 : Caudal pico afluente al sedimentador secundario (m^3/d)

C_{Spi} : Carga superficial pico (m/d) según tabla No 18.

Reemplazando en la ecuación No 30 .:

$$A_{Q_{pi}} = \frac{18455m^3}{32 \frac{m}{d}}$$

$$A_{Q_{pi}} = 576.7 m^2$$

- Cálculo del flujo pico de sólidos

$$Q^1 = Q_1 \times C_{SSLM} \times 10^{-3} \quad \text{Ecuación No 31}$$

Donde:

Q^1 : flujo pico de sólidos (Kg/día)

C_{SSLM} : Concentración SSLM (mg/L) según tabla E.4.11 RAS 2000

Factor de conversión: 10^{-3}

Reemplazando en la ecuación No 31 ∴

$$Q^1 = \frac{18455m^3}{d} \times \frac{5000mg}{L} \times 10^{-3}$$

$$Q^1 = 92275 \frac{Kg}{d}$$

- Área de sedimentación requerida por carga de sólidos

$$A_{CS} = \frac{Q^1}{C_{Sp}} \quad \text{Ecuación No 32}$$

Donde:

A_{CS} : Área de sedimentación requerida por carga de sólidos (m^2)

Q^1 : flujo pico de sólidos (Kg/día)

C_{Sp} : Carga de sólidos pico (Kg/d. m^2) (tabla No 20).

Reemplazando en la ecuación No 32 ∴

$$A = \frac{92275 \frac{Kg}{d}}{245 \frac{Kg}{dm^2}}$$

$$A = 376.6m^2$$

- Área de diseño correspondiente a Caudal pico:

$$A = 576.7 m^2$$

- Diámetro del sedimentador

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad \text{Ecuación No 33}$$

Donde:

ϕ : Diámetro del sedimentador (m)

A: Área de diseño del sedimentador (m^2)

Reemplazando en la ecuación No 33 ∴

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times 576.7m^2}{\pi}} = 27m$$

- Volumen del sedimentador para una profundidad de agua de 4m

$$V = A \times h \quad \text{Ecuación No 34}$$

Donde:

V: Volumen del sedimentador (m^3)

A: Área de diseño del sedimentador (m^2)

h: Profundidad del agua (m)

Reemplazando en la ecuación No 34 ∴

$$V = 576.7m^2 \times 4m$$

$$V = 2308.8m^3$$

- Carga de rebose sobre el vertedero perimetral para el Caudal pico

$$CV = \frac{Q1 \times 1000}{\pi\phi \times 86400s} \quad \text{Ecuación No 35}$$

Q1: Caudal pico afluente al sedimentador secundario (m^3/d)

ϕ : Diámetro sedimentador (m)

Reemplazando en la ecuación No 35.:

$$CV = \frac{\frac{18455m^3}{d} \times 1000}{\pi(27m) \times 86400s}$$

$$CV = 2.51 \frac{L}{m.s} \rightarrow 216.8 \frac{m^3}{m.d}$$

- Tiempo de retención

$$\theta = \frac{V \times C_{spr}}{Q} \quad \text{Ecuación No 36}$$

Donde:

θ : Tiempo de retención (horas)

V: Volumen del sedimentador para una profundidad de agua de 4m (m³)

C_{spr}: Carga superficial promedio (m/d) según tabla No 20

Q: Caudal de diseño (m³/d)

Reemplazando en la ecuación No 36 .:

$$\theta = \frac{2308.8m^3 \times \frac{16m}{d}}{\frac{6151.7m^3}{d}}$$

$$\theta = 6.0 h$$

9.4.4.3 Bomba de recirculación

Ubicada después del sedimentador y antes de los lechos de secado.

- Datos:

$$Ef = \frac{\text{No horas bombeo}}{24h} \quad \text{Ecuación No 37}$$

$$Ef = \frac{12h}{24h} \times 100$$

$$Ef = 50\%$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.0172 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cálculo del diámetro

Tubería de impulsión: (Ecuación de Bréese)

$$D = 1.3 \times X^{1/4} \times \sqrt{Q} \quad X = 39.15 \quad \text{Ecuación No 38}$$

$$D = 1.3 \times 39.15^{1/4} \times \sqrt{\frac{0.0172 \text{ m}^3}{\text{s}}}$$

$$D = 0.42 \text{ m} \rightarrow 42 \text{ cm}$$

- Velocidad turbina

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación No 39}$$

$$v = \frac{\frac{0.0712 \text{ m}^3}{\text{s}} \times 4}{\pi 0.0254^2} = 3.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Bomba de recirculación

Ver anexo 1

9.4.5 Vertedero perimetral

$$A_o = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad \text{Ecuación No 40}$$

Donde:

A_o : Área diseño sedimentador (m^2)

ϕ : Diámetro vertedero (m)

Despejando A_o y reemplazando en la ecuación No 40 .:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times 576.7m^2}{\pi}} = 27m$$

$$\text{Perimetro vertedero} = 2\pi r = 85m$$

9.4.6 Lechos de secado

- Área de lechos de secado

$$A = F \times Hab \quad \text{Ecuación No 41}$$

Donde:

- A: Área lechos de secado
- F: Se supone un área de $0.025 m^2$ por habitante¹⁵

$$A = 0.025m^2 \times 17651$$

$$A = 441 m^2$$

Para obtener los valores de las capas se hace necesario tomar como referencia datos obtenidos en la literatura más específicamente en el libro de Orozco, Alvaro. Tratamiento biológico de las aguas residuales, pág. 451:

¹⁵ Orozco, Jairo. Tratamiento biológico de las aguas residuales. Bogotá: Acodal.2001.p.451.

- Capa de arena 20 cm. Tamaño 1.5 mm.
- Capa de grava 30 cm. Tamaño 2.0 mm.
- Estas capas van sobre un sistema de drenaje que consiste en tuberías PVC colocadas a junta perdida con un diámetro de 10 cm y una pendiente de 1%.
- Las tuberías de drenaje separadas entre sí a 3 m.
- Borde libre muro lateral 60 cm.

9.4.7 Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

9.4.7.1. Sistema de cribado

- Verificar que la rejilla no contenga residuos sólidos adheridos a las barras.
- Si se presentan residuos sólidos en la rejilla, se debe realizar limpieza manual con un rastrillo y disponerlos en la bandeja de recolección hasta que estén totalmente deshidratados y por ultimo disponerlos en su respectiva caneca de recolección que luego será llevada al lugar de disposición final de los residuos sólidos municipales.

9.4.7.2. Zanjón de oxidación

El tanque de aireación requiere mantenimiento y limpieza especialmente cuidadosos, en el tanque de aireación prolongada hay que poner atención a una correcta disposición de las aguas residuales y de los lodos de recirculación.

El contenido de lodos deben mantenerse en los límites fijados por la jefatura de la planta de tal forma que se logren las condiciones de sedimentabilidad de los lodos y de eficiencia de remoción requeridos y de acuerdo a estos valores se extrae el lodo residual.

Debe prestarse especial atención al cambio de lodo y a sus propiedades de floculación y decantación.

Con el fin de evitar depósitos debe prestarse atención a que haya suficiente circulación en el tanque. Los posibles depósitos pueden constatarse tocando el fondo del tanque.

- Sistema de aireación

El cepillo de aireación debe sacarse de operación, en forma inmediata, en caso de un consumo de electricidad excesivamente alto y no permitido, o en caso de un comportamiento irregular (oscilaciones de la estructura de soporte).

Deben tomarse las siguientes medidas:

- Controlar el accionamiento eléctrico
 - Bajar el nivel del agua y revisar el cepillo de aireación (daños de las aspas, desequilibrios por depósitos no uniformes).
-
- Suministro de oxígeno

La concentración de oxígeno disuelto no debe ser menor de 1.0 mg/L¹⁶, si el contenido mínimo de oxígeno baja de este valor pueden esperarse trastornos en el proceso de degradación biológica.

Medidas que deben tomarse:

- Aumentar la entrada de oxígeno con más aireación.
 - Limpiar reparar o reemplazar las instalaciones de aireación.
-
- Formación de espuma en el zanjón de oxidación

La formación de espuma puede producirse cuando el cepillo de aireación se pone en marcha, debido a su bajo contenido de lodos, pero a menudo también por una composición de de las aguas en la cual predomina una sustancia, o por la existencia de sustancias especiales en las aguas residuales del municipio (detergentes, grasas o aceites).

Medidas que deben tomarse:

- Aumentar rápidamente el contenido de lodos cuando la instalación se ponga en marcha.
- Eliminar las estructuras internas en los tanques (por ejemplo columnas sumergibles), que eviten que la espuma fluya del tanque de aireación.
- Eliminar mecánicamente la espuma, por medio de un chorro de agua (solo como medida de emergencia).

¹⁶ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000. Sección II, Título E. p.E 134.

- Utilizar antiespumantes biológicos no nocivos.

9.4.7.3. Sedimentador secundario

Para evitar la formación de lodos flotantes se recomienda seguir uno o varios de los siguientes procedimientos:

1. aumentar el retorno al Aireador y para disminuir el tiempo de permanencia de los lodos en el clarificador.
2. Disminuir la entrada de flujo al clarificador con problemas de lodos en el fondo.
3. Mejorar la colección de lodos del fondo.
4. Disminuir la edad de los lodos del sistema.

Para evitar el abultamiento se recomienda investigar los siguientes parámetros y en caso de encontrar inadecuados, corregirlos:

1. Características del residuo líquido.
2. Contenido de oxígeno disuelto.
3. Carga Orgánica.
4. Retorno de lodos.
5. Contenido de nutrientes.
6. Operación del clarificador.

9.4.7.4 Lechos de secado

Es recomendable agregar un kilogramo de alumbre por cada 800 a 2500 L de lodo para aumentar el desprendimiento de gases. Se tendrá en cuenta la humedad de los lodos que se apliquen, la superficie del lecho disponible, así como la necesidad de espacio para almacenamiento en los digestores. Una capa delgada se seca más rápidamente, y permite la más rápida remoción de lodo. La superficie del lecho se mantendrá limpia y libre de todos los lodos que se hayan descargado

anteriormente. Nunca se descargara lodos sobre otros lodos ya secos o parcialmente secos. Una vez descargados los lodos de un digestor, las tuberías de lodos deben escurrirse bien y hacer circular agua por ellas. Esto no solo evitara el taponamiento de las tuberías, sino también el desarrollo de grandes presiones originadas por los gases emanados de lodos que quedan dentro. Por esto debe evitarse encender fósforos, cigarrillos o cualquier fuego, cuando se abran las válvulas de lodos.

Se debe retirar los lodos con carretillas de mano, teniendo tabloncillos sobre el lecho, a modo de andén. Si llegase a utilizarse camiones de volteo, se deberá tener andenes de concreto suficientemente anchos para que pasen estos vehículos sin dañar el lecho.

Después de retirar los lodos, el lecho debe prepararse para la siguiente carga. Debe reponerse la arena que se haya perdido en limpiezas anteriores.

10. EVALUACIÓN AMBIENTAL

Esta fase tiene como meta estimar el comportamiento del impacto ambiental en la etapa de construcción, operación y mantenimiento.

Para ello se tuvo como herramienta la matriz de Leopold modificada, que evalúa la importancia (afectación puntual a especies o al medio ambiente) y magnitud (intensidad del impacto), en la que se ubican las acciones del proyecto.

La matriz contiene una fila que con las actividades que son indispensables tanto en la etapa de construcción, operación y mantenimiento. Dentro de estas actividades se encuentran:

10.1. Etapa de construcción:

- **Alteración de la capa superficial:** será necesaria la remoción de la capa superficial original del terreno en el lugar donde se haga la construcción del sistema de tratamiento y sus respectivas instalaciones, lo que generara un impacto inevitable por las características mismas del proyecto.
- **Alteración del drenaje:** al modificarse el tipo de cobertura, que en el caso actual es permeable, por uno impermeable como geotextil, cemento, concreto u otro material utilizado en la construcción del proyecto, es ineludible la alteración del drenaje en esta zona específicamente.
- **Caminos y senderos:** posiblemente no sea necesaria la construcción de nuevas vías, pero sí de algunos senderos que faciliten el acceso al sistema de tratamiento de aguas residuales, para su operación y mantenimiento.

- **Construcción de depósitos de agua:** esto dependerá del sistema finalmente diseñado y de los requerimientos físicos que el mismo demande, pero sin importar el tipo de tratamiento se considera inevitable que esta fase del proyecto se realice, por lo tanto es indispensable considerarlo en la evaluación ambiental y su impacto al medio.
- **Transporte y uso de materiales:** busca determinar los impactos generados por el traslado de los materiales que serán utilizados en la etapa de construcción del proyecto. Adicional a ello la vulnerabilidad generada por los vehículos y maquinaria utilizada para tal fin.
- **Descapote:** ligada a la etapa de construcción del proyecto y que puede generar alteración en la fauna, flora y fuentes subterráneas.
- **Material de residuo:** la evaluación de esta variable dirige al manejo de los residuos luego de la etapa de construcción del sistema y encamina a procesos de rehúso, reciclaje o disposición final de los mismos.
- **Readaptación de la zona:** esta variable tendrá gran relevancia en la finalización de la construcción del proyecto y de la obra, ya que en gran medida de ella depende la recuperación y adaptación de los impactos generados al medio ambiente en la etapa de construcción.

10.2. Operación y mantenimiento:

- **Sistema de tratamiento de aguas residuales:** se busca determinar el impacto derivado de la implementación del sistema, desde el punto de vista ambiental y social; lo cual ayudara en la selección del sistema de tratamiento de aguas residuales a diseñar.
- **Descarga de líquidos efluentes:** se calificara el impacto al final del proceso del tratamiento de aguas residuales, para de esta manera comprobar si se reducen realmente los impactos ya generados por las aguas residuales sin tratamiento.

- **Lubricantes y aceites usados:** a pesar de encontrarse en bajas concentraciones en las aguas residuales a tratar, es necesario determinar el impacto de estos constituyentes.
- **Emisión de gases:** factor particularmente importante en instituciones o zonas residenciales por su alcance e impacto especialmente en las personas, por lo tanto será muy relevante en la selección del sistema de tratamiento a diseñar.
- **Lodos:** ayuda también en la selección del sistema en función de la complejidad de la operación y manejo de este tipo de residuos. Por lo que es relevante el impacto mínimo que generan estos al medio.
- **Actividades administrativas:** se debe evaluar el impacto del personal administrativo ya este puede generar residuos de oficina y de baños u otro tipo de impactos en su desplazamiento en el área de trabajo.

La columna consignada en la matriz identifica los recursos susceptibles a ser afectados por el proyecto; dentro de los que fueron considerados:

- **El recurso suelo:** contempla aspectos de forma, es decir su modificación en el uso del suelo diferente al ya establecido.
- **Recurso agua:** se da prioridad a la calidad del mismo, teniendo en cuenta fuentes superficiales y subterráneas.
- **Recurso aire:** califica impactos debido a la generación de olores y partículas, relacionadas con todas las etapas contempladas para el desarrollo, operación y mantenimiento del proyecto.
- **Flora:** se realiza en función de especies de cobertura, ya que son las especies más comunes en la mayor parte de los suelos con probabilidad de construcción y desarrollo del proyecto.
- **Fauna:** se realiza teniendo en cuenta especies acuáticas, ya que estas recibirán las aguas tratadas en la planta y especies subterráneas ya que serán las más afectadas por las características propias del proyecto.

No se tuvo en cuenta otro tipo de especies, ya que las condiciones operativas de la Base Aérea han hecho que aves y animales terrestres hayan emigrado densamente a otras zonas del municipio, debido a la continua generación de ruidos y ocupación del espacio aéreo.

- **Uso de la tierra:** El P.B.O.T del municipio de Puerto Salgar contempla un uso netamente institucional para el área correspondiente a la Base Aérea, desde este punto de vista se realizó la calificación del proyecto, teniendo en cuenta también los requerimientos exigidos por la legislación Colombiana.
- **Estética e intereses humanos:** por ser un área de carácter institucional, es necesario tener cuidado en el aspecto físico y estético que esta proyecte, y que su infraestructura no desentone o atente contra el carácter social que esta ejerce.
- **Estatus cultural:** el desarrollo, operación y mantenimiento del sistema de tratamiento debe garantizar los mínimos requisitos de seguridad industrial, para evitar accidentes, o generación de agentes que atenten contra la salud de los trabajadores y habitantes circundantes.
- **Instalaciones y actividades creadas por el hombre:** se debe evaluar, además, el impacto producido por el proyecto en cualquiera de sus etapas, sobre la infraestructura ya existente en la Base Aérea.

10.3. CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

La escala de las variables aplicadas para su valoración es propuesta y definida por el evaluador en función de la significancia que las componentes ambientales y las acciones así como de los valores de la ponderación. Para interpretar la matriz y emitir las conclusiones, se utilizan los siguientes indicadores:

Indicador del total de impactos (positivos, negativos y neutros) recibidos por componentes ambientales:

- Muy Alta(5): El impacto se produce en una situación crítica en el medio
- Alta(4): Generalizando en todo el entorno
- Media (3):Afecta una gran parte del medio
- Baja (2): Incide apreciablemente en el medio
- Muy Baja (1): Afectación mínima en el medio
- Nula (0): No se presenta ninguna afectación al medio.

Muy Alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy baja	1
Nula	0

Fuente: Autores del proyecto

Con base en la anterior escala, se evaluó cada actividad de acuerdo a su potencial de degradación o impacto al respectivo recurso.

Por último se realizó una sumatoria de cada actividad y recurso según puntajes obtenidos de la evaluación, para así identificar qué actividad genera mayor impacto y que recurso se ve más afectado. Para una identificación más directa se utilizan colores que dependen del puntaje final y que se pueden identificar de la siguiente manera:

Muy Alta	Rojo
Alta	Naranja
Media	Amarillo
Baja	Verde
Muy baja	Azul
Nula	Azul claro

Fuente: Autores del proyecto

- Muy Alta(Rojo): El impacto se produce en una situación crítica en el medio
- Alta(Naranja): Generalizando en todo el entorno
- Media (Amarillo):Afecta una gran parte del medio
- Baja (Verde): Incide apreciablemente en el medio
- Muy Baja (Azul): Afectación mínima en el medio
- Nula (Azul claro): No se presenta ninguna afectación al medio.

En la matriz 1 se ven los resultados de la metodología Leopold.

Matriz 1. Cuantificación de los Impactos Ambientales.

RECURSO / ACTIVIDAD		ETAPA DE CONSTRUCCIÓN								Σ	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						Σ
		MODIFICACIÓN AL MEDIO		TRANSFORMACION DE TIERRAS Y CONSTRUCCIONES			CIERRE Y ABANDONO				EMPLAZAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS			RESIDUOS GENERADOS EN EL PROCESO			
		ALTERACION DE LA CAPA SUPERFICIAL	ALTERACIÓN DEL DRENAJE	CAMINOS Y SENDEROS	CONSTRUCCIÓN DE DEPOSITOS DE AGUA	TRANSPORTE Y USO DE MATERIAL	DESCAPOTE	MATERIAL DE RESIDUOS	READAPTACION DE LA ZONA		SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	DECARGA DE LIQUIDOS EFLUENTES	LUBRICANTES Y ACEITES USADOS	EMISION DE GASES	LODOS	ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS	
SUELO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	5	4	2	3	3	3	4	0	24	3	0	0	0	4	0	7
AGUA	CALIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AIRE	OLORES	0	0	2	3	0	0	0	0	5	3	3	3	4	3	0	16
	PARTICULAS	4	3	4	3	5	5	3	2	29	0	0	0	0	0	0	0
FLORA	VEGETACIÓN DE COBERTURA	3	2	1	0	1	1	0	0	8	0	0	0	0	1	0	1
FAUNA	ESPECIES ACUÁTICAS Y SUBTERRANEAS	3	2	0	1	2	3	2	0	13	0	0	0	1	0	0	1
USO DE LA TIERRA	INSTITUCIONAL	1	0	0	2	3	0	2	0	8	3	0	0	4	4	0	11
ESTETICA E INTERESES HUMANOS	PRESENCIA DE ELEMENTOS QUE DESENTONEN	1	0	0	3	3	0	3	0	10	3	0	0	0	0	0	3
	CUALIDADES DE ESPACIOS ABIERTOS	2	0	0	2	3	0	1	0	8	3	0	0	4	4	0	11
ESTATUS CULTURAL	SALUD Y SEGURIDAD	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	3
FACILIDADES Y ACTIVIDADES CREADAS POR EL HOMBRE	ESTRUCTURAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RED DE TRANSPORTE (MOVIMIENTO)	0	0	2	0	4	0	2	0	8	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL		19	11	11	17	25	12	17	2		15	3	3	15	17	1	

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN						ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					
IMPACTO EN EL RECURSO			IMPACTO EN LA ACTIVIDAD			IMPACTO EN EL RECURSO			IMPACTO EN LA ACTIVIDAD		
MUY ALTA	24 EN ADELANTE		MUY ALTA	24 EN ADELANTE		MUY ALTA	16 EN ADELANTA		MUY ALTA	16 EN ADELANTE	
ALTA	20 A 24		ALTA	20 A 24		ALTA	12 A 15		ALTA	12 A 15	
MEDIA	15 A 19		MEDIA	15 A 19		MEDIA	9 A 11		MEDIA	9 A 11	
BAJA	10 A 14		BAJA	10 A 14		BAJA	6 A 8		BAJA	6 A 8	
MUY BAJA	5 A 9		MUY BAJA	5 A 9		MUY BAJA	3 A 5		MUY BAJA	3 A 5	
NULA	0 A 4		NULA	0 A 4		NULA	0 A 2		NULA	0 A 2	

Para el análisis de la matriz se consideran de gran importancia aquellos puntajes que representan impactos medio, alto y muy alto, con algunas excepciones, ya que a pesar de que algunas actividades no se encuentran en este rango si son representativas en la afectación en algún recurso en particular.

10.4. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:

Se consideran prioritarias las afectaciones a los siguientes recursos:

- **Aire:** Reflejado por la generación de partículas sobre todo en la etapa de adecuación del terreno, construcción del sistema y en el transporte de materiales. También se destaca embargo la generación de gases (NOx, SOx, CO, y material particulado) producidos por vehículos y maquinaria.
- **Suelo:** Afectado por la alteración de la capa superficial lo que condicionaría de alguna manera el drenaje del sitio de construcción y por una inadecuada disposición del material de residuo al finalizar las obras.

10.5. ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

Se consideran prioritarias las afectaciones a los siguientes recursos:

- **Aire:** La generación de olores es de vital importancia por el uso actual de la tierra de carácter institucional, por lo tanto es un aspecto importante a tener en cuenta en la etapa de selección del sistema de tratamiento a implementar. Es importante tener en cuenta el sitio de ubicación del sistema para no alterar demasiado la cualidad de los espacios abiertos dentro de la zona operativa y domiciliaria.

Contrario a lo que se esperaba el suelo no presenta gran impacto teniendo en cuenta que existen buenas vías de acceso lo que evita mayor impacto al terreno. También se cuenta con que se realizara una buena disposición de lodos, de lo

contrario podría convertirse en un problema a tener en cuenta en las medidas para mitigar o evitar impactos.

10.6. CALIFICACIÓN AMBIENTAL

Para la realización de esta calificación se usó la matriz 2 en la que se califican nuevamente los recursos con respecto a las actividades del proyecto, solo que esta determina características meramente cualitativas representadas por:

10.6.1. REVERSIBILIDAD

Este depende de las posibilidades de recuperación del medio al que se afecta. Se tienen tres posibles resultados que se distinguen por:

- Si el impacto sobre el medio afectado es reversible en su totalidad.
- Si el impacto sobre el medio afectado es compensable.
- Si el impacto sobre el medio afectado es irrecuperable.

10.6.2. Duración: Cantidad o duración de tiempo del impacto ambiental.

- En caso de que el periodo de duración del impacto sea permanente, se denominara de carácter largo.
- Si la duración del impacto no es permanente, pero persiste en alto porcentaje de tiempo en que se desarrollo o entre en operación el proyecto será de carácter medio.
- Si el impacto es transitorio será de carácter corto.

10.6.3. Carácter:

Determina el cambio producido por una actividad, dependiendo si degrada o mejora el ambiente.

Ya que el proyecto generara beneficios en el medio ambiente pero también impactos negativos, se determina que efectos resultantes de él son:

- Positivos
- Negativos
- Irrelevantes

Cada actividad es evaluada por las tres características al mismo tiempo. El fin de dicha matriz es detectar aquellas actividades que generan impactos al medio ambiente o a la sociedad de una manera irreversible y negativa para que de esta manera se puedan desarrollar planes de contingencia que eviten o mitiguen dicho impacto.

MATRIZ 2. Actividades y su Afectación al Recurso

ACTIVIDAD		ETAPA DE CONSTRUCCIÓN								OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					
		MODIFICACIÓN DE REGIMEN		TRANSFORMACIÓN DE TIERRAS Y CONSTRUCCIÓN				CIERRE Y ABANDONO DE LA OBRA		EMPLAZAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS			RESIDUOS GENERALES EN EL PROCESO		ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS
		ALTERACIÓN DE LA CAPA VEGETAL	ALTERACIÓN DEL DRENAJE	CAMINOS Y SENDEROS	CONSTRUCCIÓN DEPOSITO DE AGUA	TRANSPORTE Y USO DE MATERIALES	DESCAPOTE	MATERIAL DE RESIDUO	REAVILITACIÓN DE LA ZONA	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	DESCARGA DE LIQUIDOS EFLUENTES	LUBRICANTES Y ACEITES USADOS	EMISIONES DE GASES	LODOS	
SUELOS	CARACTERISTICAS FISICAS	■	■	■	■	■	■	■	■					■	
		■	■	■	■	■	■	■	■					■	
		■	■	■	■	■	■	■	■					■	
AGUA	CALIDAD		■		■					■	■	■			
			■		■					■	■	■			
			■		■					■	■	■			
AIRE	OLORES				■	■				■	■	■	■	■	
					■	■				■	■	■	■	■	
					■	■				■	■	■	■	■	
	PARTICULAS	■			■	■	■	■	■						
		■			■	■	■	■	■						
		■			■	■	■	■	■						
FLORA	VEGETACIÓN DE COBERTURA	■	■			■	■	■							
		■	■			■	■	■							
		■	■			■	■	■							
FAUNA	ESPECIES ACUATICAS Y SUBTERRANEAS	■			■		■		■	■	■		■		
		■			■		■		■	■	■		■		
		■			■		■		■	■	■		■		
USO DE LA TIERRA	INSTITUCIONAL			■	■	■	■	■	■	■			■	■	■
				■	■	■	■	■	■	■			■	■	■
				■	■	■	■	■	■	■			■	■	■
ESTETICA E INTERESES HUMANOS	PRESENCIA DE ELEMENTOS QUE DESENTONENE				■	■	■	■			■				
					■	■	■	■			■				
					■	■	■	■			■				
	CUALIDADES DE ESPACIOS ABIERTOS	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	
		■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	
		■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	

ESTATUS CULTURAL	SALUD Y SEGURIDAD		■		■	■				■			■	■	
			■		■	■				■			■	■	
			■		■	■				■			■	■	
FACILIDADES Y ACTIVIDADES CREADAS POR EL HOMBRE	ESTRUCTURAS			■		■									
				■		■									
				■		■		■							
	RED DE TRANSPORTE (MOVIMIENTO)	■		■		■									■
		■		■		■									■
		■		■		■								■	

REVERSIBILIDAD	■	TOTAL
	■	COMPENSABLE
	■	IRRECUPERABLE
DURACIÓN	■	LARGO
	■	MEDIANO
	■	CORTO
CARACTER	■	POSITIVO
	■	NEGATIVO
	■	IRRELEVANTE

FUENTE: Autores del proyecto

En este caso los recursos más comprometidos por ser afectados de una manera irreversible, a largo plazo y negativa, se pueden observar en la matriz, resaltados con color, a los que corresponde en este caso en particular el recurso suelo y flora (representada por la vegetación de cobertura). Esto se debe a las actividades conducentes a la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales.

10.7. MITIGACIÓN DE IMPACTOS

10.7.1. Suelo: ya que el descapote del suelo es indispensable para la construcción, operación y mantenimiento del sistema de tratamiento, se recomienda la protección de las áreas cercanas al lugar de instalación, evitando la pérdida de protección vegetal por medios antropicos que puedan ocasionar erosión y de esta manera una mayor alteración del drenaje.

10.7.2. Alteración en la calidad del agua: la alteración de las aguas en lo general tendrían un carácter positivo gracias al objetivo propio del proyecto, mas sin embargo no se descarta el derrame de combustibles en la etapa de construcción ocasionado por equipos y maquinaria, que por infiltración pueda llegar al cuerpo de agua; lo cual puede ser prevenido mediante el mantenimiento anticipado en lugares expresamente dispuestos para tal fin.

10.7.3. Emisión COx, SOx: un impacto incidente, generado en la etapa de construcción, es la emisión gases provenientes de la quema de combustible de la maquinaria, se logra mitigar de forma tal que los vehículos de la obra, sean sometidos a mantenimiento previo al inicio de operaciones. La proliferación de olores, es uno más de los impactos que se presentan en la etapa de operación de la planta, que puede incidir en el bienestar de la comunidad domiciliaria como administrativa.

10.7.4 Generación de polvo: la generación de polvo debido al transporte, disposición de materiales y descapote del terreno, emitidos en la etapa de construcción, ocasionan la suspensión de pequeñas partículas en el ambiente, afectando la salud de los trabajadores y habitantes cercanos. Como medidas para minimizar el impacto, se propone evitar la disposición de materiales desde alturas considerables y la humectación permanente del área, provocando disminuciones en la dispersión de material particulado, además de realizar el cierre perimetral en el área del proyecto.

10.7.5. Generación de residuos sólidos / lodos: se presentan tanto en la etapa de construcción como de operación debido a actividades propias de la construcción; y ya en operación, residuos generados en el área administrativa y los generados en la etapa residual del proceso del sistema de tratamiento de aguas residuales que en este caso serían lodos. Los residuos tienen un bajo impacto por que se aconseja su transporte al lugar de disposición final de residuos sólidos que ha destinado el municipio de Puerto salgar. Entre tanto, los lodos producto del tratamiento de las aguas residuales son objeto de manejo al interior del proyecto.

10.7.6. Generación ruido: la utilización de maquinaria en etapa de construcción y el posible funcionamiento de bombas y unidades de la planta en operación, son los responsables de tal impacto.

10.7.7. Compactación: el tránsito continuo de maquinaria provoca la compactación del suelo pero esto depende de la ubicación final del sistema de tratamiento por lo tanto para tal fin se tendrá en cuenta las condiciones de accesibilidad aprovechando la extensa red de transitables con las que cuenta la Base Aérea, adicionalmente manejado y utilizando las vías de acceso debidamente delimitadas.

10.7.8. Erosión: al tenerse un terreno desprotegido debido al descapote y si la construcción se diera lugar en época de precipitaciones, se presentaría erosión por escorrentía; es un proceso que se entraría a resarcir con la cobertura de suelo posterior a la construcción.

10.7.9. Estética e intereses humanos: en cuanto a la estética del sistema de tratamiento en áreas institucionales se realizara una selección para su respectiva instalación fuera de sitios con amplia afluencia de gente; y en caso de no ser posible esto, realizar adecuación con cercas vivas arbustivas, las cuales garantizan la disminución del impacto visual que desentone con el uso actual del suelo y de la institución como tal, entre otras.

10.8. FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL

Ficha No 1. Fauna y Flora

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA No. 1
PROGRAMA	Flora y Fauna	
OBJETIVO(S)	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar que en todas las fases del proceso del Proyecto, se genere el mínimo impacto sobre la operación de la zona. • Adelantar medidas de operación que permitan incrementar la cobertura vegetal en el área de influencia directa e indirecta del proyecto. 	
IMPACTO CONSIDERADO	<ul style="list-style-type: none"> • Ahuyentar o alejamiento de la fauna • Cambio de especies en la operación florística • Alteración del ecosistema 	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<p>Este programa comprende el establecimiento de material vegetal en las siguientes áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas intervenidas y zonas no intervenidas • Establecimiento de barreras vivas en áreas aledañas a las vías y zonas del sistema de tratamiento de aguas residuales. <p>Las labores se deben adelantar durante la adecuación inicial del predio y se complementarán durante las etapas de operación y clausura del proyecto.</p> <p>Para el establecimiento de la masa arbórea se deben atender las siguientes medidas mínimas: Plateo, ahoyado, fertilización, resiembras, mantenimiento y control de las especies sembradas.</p>	
RECURSOS UTILIZADOS	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Especies vegetales nativas • Organismos para control biológico 	<p>El contratista de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales, serán responsables de velar por el buen manejo de la operación, la recuperación del entorno y el manejo de plagas.</p>	

Ficha No 2. Suelos

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA No. 2
PROGRAMA	Suelos y estructuras	
OBJETIVO(S)	Brindar soluciones y herramientas técnicas que garanticen la estabilidad de las instalaciones del sistema de tratamiento y los lugares aledaños al mismo, adecuaciones y zonas que presenten fenómenos de inestabilidad.	
IMPACTO CONSIDERADO	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de las características edáficas. • Pérdida de suelo. 	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<p>Desde el punto de vista operativo y constructivo, se deberán tener en cuenta las recomendaciones hechas en las fichas referentes a excavaciones.</p> <p>Las alternativas técnicas a considerar son entre otras, revegetalización</p>	

con biomanto, cobertura vegetal e impermeabilización en el lugar donde se fijen las estructuras hidráulicas.	
RECURSOS UTILIZADOS	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN
Según alternativa.	El contratista de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Ficha No 3. Aguas Subterráneas y Subsuelo

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA No. 3
PROGRAMA	Aguas Subterráneas y Subsuelo.	
OBJETIVO(S)	Evitar la contaminación de los cuerpos de agua tanto superficiales como: subterráneas y de los suelos, a causa del mal manejo del sistema de tratamiento de aguas residuales.	
IMPACTO CONSIDERADO	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del subsuelo. Contaminación de aguas subterráneas. 	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de un sistema de impermeabilización y de drenaje en el fondo del sistema de tratamiento, que garantice que el agua que está siendo tratada no se filtre en el subsuelo y contamine el agua subterránea o que el tratamiento no cumpla con las condiciones requeridas. 	
RECURSOS UTILIZADOS	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	
Membrana sintética impermeabilizante Sistema de tratamiento.	El contratista de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales.	

Ficha No 4. Calidad del Aire

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA No. 4
PROGRAMA	Calidad del Aire.	
OBJETIVO(S)	Evitar la contaminación del aire por emisiones atmosféricas.	
IMPACTO CONSIDERADO	Contaminación del aire por emisiones gaseosas. Alteración de la fase sólida del aire (material particulado). Emisiones de fuentes móviles.	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> Previo a la iniciación del proyecto, será indispensable verificar el buen estado de los escapes en los motores, vehículos, etc. Se deberá corroborar que todos los equipos funcionen adecuadamente y que sus motores estén sincronizados y no emitan gases de carbono fuera de lo normal. Regado periódico las vías de operación interna para evitar la emisión y dispersión de material particulado. 	
RECURSOS UTILIZADOS	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	
Revisión técnico mecánica de vehículos y maquinaria. Vehículo cisterna (carro tanque).	El contratista de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales.	

Ficha No 5. Salud Pública

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA NO. 5
PROGRAMA	Salud Pública	
OBJETIVO(S)	Brindar al operador del proyecto, al personal vinculado a la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales y a la población residente, un instrumento tendiente a prevenir y controlar los riesgos que durante la construcción y operación del sistema de tratamiento de aguas residuales se puedan presentar.	
IMPACTO CONSIDERADO	Evitar daños a la salud de las personas	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Definir la política sobre saneamiento ambiental y la salud ocupacional del proyecto. • Análisis de las bases legales de Salud Ocupacional. • Elaborar o acogerse al reglamento de Medicina, Higiene y Seguridad desarrollado por el municipio de Puerto Salgar. • Programa de saneamiento de las edificaciones y áreas construidas, para personal y equipos. • Elaboración del Panorama General de Riesgos (Proyecto de Emergencia y Contingencia). • Aplicar normas de Seguridad Industrial. • Control de roedores y vectores sanitarios. • Asignar los recursos y la logística del programa 	
RECURSOS UTILIZADOS		RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN
Según las políticas definidas por el municipio de Puerto Salgar		La Interventoría se encargará de verificar que el personal vinculado al proyecto llene los requisitos exigidos de higiene y seguridad industrial.

Ficha No 6. Aspectos Visuales y Paisajísticos

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA NO. 6
PROGRAMA	Aspectos visuales y paisajísticos	
OBJETIVO(S)	Conformar una estructura visual estética	
IMPACTO CONSIDERADO	Cambios en las formas del relieve Cambios en la estructura del paisaje Alteración de la características edáficas Inducción de procesos erosivos	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de diseño para adaptarse a las geoformas del lugar • Prevegetalización • Barreras visuales • Manejo de coberturas similares a la tipología de la zona 	
RECURSOS UTILIZADOS		RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN
Equipo de Movimiento de tierra Cobertura vegetal Especies seleccionadas para el manejo del paisaje		El contratista de la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Ficha No 7. Ruido

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA NO. 7
PROGRAMA	Ruido.	
OBJETIVO(S)	Evitar le generación excesiva de ruidos en niveles que ocasionen perturbaciones y daños a la salud humana y la fauna.	
IMPACTO CONSIDERADO	Desplazamiento o muerte de la fauna. Daños y perturbaciones a la salud.	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Efectuar controles en la fuente: mofles, silenciadores, cambios de equipos • Prohibir el uso de cornetas y pitos que emitan altos niveles de ruido. • Establecer límites de velocidad para la circulación de vehículos en clarea del sistema de tratamiento de aguas residuales. • Se deberá corroborar que todos los equipos funcionen adecuadamente • Los vehículos, maquinaria y equipos deberán permanecer encendidos únicamente el tiempo estrictamente necesario para la operación. Los silenciadores y exhostos de los vehículos deberán estar funcionando bien para evitar la contaminación por ruido. • Pantallas sónicas, diseños anti ruidos. 	
RECURSOS UTILIZADOS		RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN
Maquinaria, equipos y personal técnico.		Contratista en cargado de la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Ficha No 8. Impacto Socioeconómico

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA No. 8
PROGRAMA	Impacto Socioeconómico.	
OBJETIVO(S)	Evitar conflictos con la comunidad. Evitar los efectos en la salud de las personas por contaminantes o vectores. (Insectos, olores).	
IMPACTO CONSIDERADO	Cambios en la calidad de vida.	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un programa de información y participación comunitaria. • Establecer un programa de educación ambiental. • Controlar en la fuente la emisión de contaminantes para evitar su dispersión a zonas habitadas. 	
RECURSOS UTILIZADOS		RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN
Talleres educativos. Reuniones con la comunidad.		El contratista de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Ficha No 9. Impactos Imprevistos

FICHAS PARA IMPACTOS		FICHA No. 9
PROGRAMA	Impactos Imprevistos.	
OBJETIVO(S)	<p>Reducir los daños y efectos adversos al ambiente y a las comunidades aledañas al lugar destinado a la disposición de los residuos, que puedan derivarse de la operación del mismo.</p> <p>Minimizar el impacto generado al ambiente ante un siniestro.</p> <p>Reducir los costos y reclamos derivados de las emergencias presentadas en el sistema de tratamiento de aguas residuales.</p>	
IMPACTO CONSIDERADO	<p>Impactos imprevistos.</p> <p>Situaciones de emergencia y contingencias.</p>	
LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un programa de Gestión Ambiental del proyecto. • Establecer una Interventoría Ambiental del proyecto. • Efectuar un programa de monitoreo y seguimiento de variables ambientales. • Establecer un Plan de Emergencias y Contingencias. 	
RECURSOS UTILIZADOS	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	
Personal de Interventoría ambiental, cuyos costos se incorporan a los de operación del relleno.	El contratista de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales.	

11. CONCLUSIONES

- Con base en la información recolectada y suministrada por el municipio de Puerto Salgar Cundinamarca mediante su plan básico de ordenamiento territorial (PBOT); se logro recolectar la información general básica y técnica ambiental necesaria para llevar a fines el objetivo general del presente proyecto.
- Tras analizar la información existente del sistema de recolección de aguas residuales y de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de los emisarios existentes, se logro una perspectiva más clara de las necesidades y de las medidas a tener en cuenta para mitigar los impactos al medio ambiente y a la salud pública a los que actualmente se están incidiendo.
- El sistema de tratamiento de aguas residuales diseñado, para el presente proyecto, es resultado de un análisis previo de varias alternativas de tratamiento de acuerdo a las condiciones económicas, sociales y aspectos físicos como uso de suelos, vegetación presente, vías de acceso, condiciones climatológicas dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del municipio de Puerto Salgar
- El sistema de tratamiento propuesto, por ser un sistema amigable con el medio ambiente y la comunidad además de los resultados de eficiencia en remoción que tendrá, será la mejor opción al ponerse en marcha el sistema durante un corto, largo y mediano plazo.
- En el municipio de Puerto Salgar y de acuerdo con las condiciones biofísicas y socioeconómicas la mejor alternativa de tratamiento es el ZANJON DE OXIDACION, de Bajos costos de inversión y operación.
- Se elaboro y entrego a la empresa de Servicios Públicos de Puerto Salgar E.S.P, el respectivo informe final, que contiene la información del área de estudio y de campo, el diagnostico de los vertimientos existentes, aspectos de diseño, memorias de cálculo, planos de procesos, planta y perfil.

12. RECOMENDACIONES

- La PTAR planteada en este estudio, está diseñada para manejar las cargas generadas en el Municipio, pero podrían mejorar aún más su eficiencia, si se implementara, por parte de las Autoridades competentes, la aplicación del concepto de la tasa retributiva.
- Es esencial en la etapa de construcción realizar un levantamiento topográfico y estudio de suelos del área en la que se decida hacer el montaje del proyecto, para que de esta manera se puede evaluar el dimensionamiento y ubicación real del sistema de tratamiento de aguas residuales diseñado.
- Para que el sistema de tratamiento de aguas residuales tengan una vida útil prolongada, deben diseñarse e implementarse programas de limpieza y mantenimiento periódicos sobre los sistemas de recolección de agua.
- Estudiar la posibilidad técnica de evaluar y en algunos casos reemplazar y ampliar las actuales redes de alcantarillado para optimizar el funcionamiento de de la planta.
- se podría implementar un programa de monitoreo periódico a los vertimientos generados en cada una de las industrias, identificadas en el presente estudio, con el fin de evaluar las cargas contaminantes y así poder implementar el cobro de la tasa retributiva; lo anterior ayudaría minimizar los aportes contaminantes generados en cada uno de los procesos productivos (Lácteas y Porcícolas), minimizando así la carga contaminante final (Municipio), ayudando a mejorar la calidad fisicoquímica de la fuente receptora final (río Magdalena).

13. BIBLIOGRAFIA

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Resolución 1096 de 2000 - Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000. Bogotá D.C.: Ministerio de desarrollo Económico, 2000.

MINISTERIO DE DESARROLLO SALUD. Decreto 1594 de 1984 - Normas para vertimientos de aguas residuales. D.C.: Ministerio de salud, 2000.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales – Teoría y principios de diseño. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2001.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. NTC 1486.

MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR CUNDINAMARCA. Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT. Puerto Salgar. 2002.

CRITE, Ron; TCHOBANOGLIOUS, George. Sistemas de manejo de aguas residuales, Para núcleos pequeños y descentralizados. Bogotá D.C.: Mc Graw Hill, 2000.

GUIA AMBIENTAL. Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales. Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente. 2002.

METCALF, Franz Au *et al.* Ingeniería de aguas residuales. Redes y alcantarillado. Bogotá D.C.: Mc Graw Hill. 2001.

METCALF, Franz Au *et al.* Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilizado. Bogotá D.C.: Mc Graw Hill. 1996.

ANEXO 1

- **Selección bomba recirculación**

Hazen Williams:

$$hf = \frac{10,7 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Donde:

hf: Pérdida de energía (m)

Q: Caudal de diseño (m³/s)

L: Longitud tubería (m)

C: Coeficiente de Hazen Williams para PVC

D: Diámetro tubería (m)

Reemplazando:

$$hf = \frac{10,7 \times 0,0172 \text{ m}^3/\text{s} \times 5\text{m}}{150^{1,85} \times 0,2032\text{m}^{4,87}}$$

$$hf = 0,45 \text{ m}$$

Para hallar altura dinámica de la bomba se tiene:

$$HB = (Z1 - Z2) + hf$$

Donde:

HB: Altura dinámica (m)

Z1: Cota en el punto de salida del sedimentador (m)

Z2: Cota en el punto de entrada de lechos de secado (m)

hf: Perdida de energía (m)

Reemplazando:

$$HB = (190m - 188m) + 0,45m$$

$$HB = 2,45 m$$

- De acuerdo a la altura dinámica y al caudal en m^3/h se selecciono la bomba según las curvas comparativas de Ignacio Gómez IHM anexo 2

ANEXO 2

CURVA COMPARATIVA PARA SELECCIÓN DE BOMBA

ANEXO 3

Historial de datos meteorológicos del municipio de Puerto Salgar Según el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales IDEAM

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2008/04/11
2303502 APTO PALANQUERO

ESTACION :

LATITUD	0529 N	TIPO EST	SP	DEPTO	CUNDINAMARCA
FECHA-INSTALACION	1957-ENE	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	PUERTO SALGAR
LONGITUD	7439 W	REGIONAL	10 TOLIMA	CORRIENTE	MAGDALENA
FECHA-SUSPENSION					
ELEVACION	0172 m.s.n.m				

 A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB *
 NOVIE * DICIE * VR ANUAL *

1988	2	01	83.0	60.2	3	54.6	3	214.5	8	138.8	3	87.2	3	47.4	8	220.4	304.1	369.4	
360.6			285.2															2225.4	3
1989	2	01	71.5	72.0		203.7		184.7		230.7		81.2	3	30.2		146.5	245.0	246.8	
68.7			84.5															1665.5	3
1990	2	01	72.6	3	103.8	246.6	3	401.2		111.4		37.3		103.6	3	31.6	130.3	453.8	
142.6			133.3	3	1968.1														3
1991	2	01	19.8	82.4		267.5		226.2		106.6		97.8		60.5		12.2	295.8	165.5	
260.8			48.0															1643.1	
1992	2	01	34.0	75.3	3	87.3		57.1		74.3	3	80.7	8	2.5		77.6	150.5	104.9	
167.1			150.0															1061.3	3
1993	2	01	69.7	8.2		276.3		254.6	3	262.2	3	65.1		13.0		148.0	217.7	245.4	
244.6			311.5	3	2116.3														3
1994	2	01	219.3	127.4		205.7		156.3		340.7		61.8		36.6	8	66.0	8	161.6	8
176.3	8		71.0	8	1857.8														
1995	2	01	60.3	34.7		54.0		100.1		159.2		74.5		88.6		84.2	114.5	104.6	
78.6			33.5															986.8	
1996	2	01	68.7	3	65.7	134.7		83.4		294.9		173.7		108.2		123.5	90.3	274.3	
178.0			90.0	3	1685.4														3
1997	2	01	58.3	102.4		87.8		152.0		210.5		105.3		3.4		1.7	133.5	318.9	
191.9			14.7															1380.4	
1998	2	01	72.0	64.5		159.9		236.3		235.9		91.7		60.6		204.0	318.8	191.7	
418.3			347.0															2400.7	
1999	2	01	140.3	216.2		103.4		153.9		158.8		136.7		18.1		149.1	251.1	182.8	
198.4			216.7															1925.5	
2000	2	01	58.3	221.6		89.3		215.8		372.8		240.1		97.0		36.3	232.4	363.4	
139.9			64.7															2131.6	
2001	2	01	213.1	3	44.4	209.2		38.4		268.6		179.2		60.9		13.1	176.2	142.7	
422.8			161.9															1930.5	3
2002	2	01	55.1	28.0		62.4		245.2	3	161.6		200.4		72.9		52.0	105.0	254.0	
76.4			141.6															1454.6	3
2003	1	01	1.2	39.0		170.8		292.7	3	71.4	3								
575.1																			3
2004	1	01	100.1	20.0		36.7		405.0		290.9		44.1		136.1		50.7	139.0	213.8	
382.8			148.4															1967.6	
2005	1	01	199.5	44.3															
243.8																			3
MEDIOS			88.7	78.3		144.1		201.0		205.3		109.8		58.7		88.6	191.6	241.7	
219.2			143.9															1770.9	
MAXIMOS			219.3	221.6		276.3		405.0		372.8		240.1		136.1		220.4	318.8	453.8	
422.8			347.0															453.8	
MINIMOS			1.2	8.2		36.7		38.4		71.4		37.3		2.5		1.7	90.3	104.6	
68.7			14.7															1.2	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2008/04/11
2303502 APTO PALANQUERO

ESTACION :

LATITUD 0529 N TIPO EST SP DEPTO CUNDINAMARCA
FECHA-INSTALACION 1957-ENE ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO PUERTO SALGAR
LONGITUD 7439 W REGIONAL 10 TOLIMA CORRIENTE MAGDALENA
FECHA-SUSPENSION
ELEVACION 0172 m.s.n.m

A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB *
NOVIE * DICIE * VR ANUAL *

1988	2	01	29.4	29.1	30.2	3	28.8	28.0	27.8	3	27.8	27.5												
27.4			27.6	3	28.4	3																		
1989	2	01	*	27.7	27.3	3	28.6	28.4	28.1	3	29.3	3	29.2	3	27.9	27.5								
28.2			28.0	3	28.2	3																		
1990	2	01	28.5	3	28.4	28.6	3	28.0	3	29.0	3	30.2	29.2	3	30.9	29.3	28.2	3						
28.3			28.1	3	28.9	3																		
1991	2	01	29.4	29.3	28.2	3	28.9	28.6	29.3	29.9	31.3	30.6	3	28.6										
27.8			28.3	3	29.2	3																		
1992	2	01	*	*	29.4	3	29.3	3	29.0	3	30.5	3	29.8	3	*	*								
28.3			28.3	3	29.3	3																		
1993	2	01					31.0	3												29.0	3			
28.1			28.8	3	29.2	3																		
1994	2	01	29.0	28.9			28.9	29.8			30.6	3	*	28.2	3									
*			29.1	3	29.2	3																		
1995	1	01	30.3	3	30.6	3	29.2	3	29.0	3	29.1	3	29.4	3	29.3	3	28.8	3	29.8	3	28.5	3		
28.4			28.5	3	29.2	3																		
1996	2	01	28.3	3	28.4	3	28.3	3	28.9	28.0	28.4	29.1	3	28.9	29.0	27.8								
27.8			28.2	3	28.4	3																		
1997	2	01	28.4	3	29.1	28.8	28.4	29.2	28.3	32.1	3	33.1	3	29.9	28.9	3								
28.5			30.3	3	29.6	3																		
1998	1	01	29.6	30.1	3	29.7	3	28.9	28.9	29.2	29.2	28.8	28.4	28.5										
27.9			27.8	3	28.9	3																		
1999	1	01	27.8	27.1	3	28.3	28.1	28.4	27.9	29.7	28.8	27.3	27.5											
27.8			27.8	3	28.0	3																		
2000	1	01	27.9	28.1	28.0	28.5	28.4	28.5	3	28.3	29.5	27.9	28.5											
28.2			28.1	3	28.3	3																		
2001	1	01	28.5	29.2	28.2	29.0	28.8	29.2	29.5	32.1	29.2	28.7												
28.1			28.6	3	29.1	3																		
2002	1	01	28.9	3	29.1	3	29.4	28.2	3	29.3	29.4	29.9	30.8	29.5	3	28.7								
28.6			28.5	3	29.2	3																		
2003	1	01	30.0	3	29.9	29.0	28.5	29.1	28.5	29.6	29.7	28.8	27.7											
27.9			28.2	3	28.9	3																		
2004	1	01	28.3	30.1	29.6	3	27.8	28.2	29.6	3	28.3	3	30.4	28.3	28.0	3								
27.9			28.2	3	28.7	3																		
2005	1	01	28.3	3	29.0	3	29.3	3	28.7	3	28.3	3	29.5	3	29.6	3	*	28.0	3					
28.0			28.0	3	28.7	3																		
2006	1	01	28.4																					
28.4																								
MEDIOS			28.8	29.0	28.8	28.6	28.9	28.9	29.6	30.0	28.8	28.2												
28.1			28.4	28.8																				
MAXIMOS			30.3	30.6	30.2	29.3	31.0	30.2	32.1	33.1	30.6	29.0												
28.6			30.3	33.1																				
MINIMOS			27.8	27.1	27.3	27.8	28.0	27.9	28.3	27.8	27.3	27.5												
27.4			27.6	27.1																				

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2008/04/11
2303502 APTO PALANQUERO

ESTACION :

LATITUD 0529 N TIPO EST SP DEPTO CUNDINAMARCA
FECHA-INSTALACION 1957-ENE ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO PUERTO SALGAR
LONGITUD 7439 W REGIONAL 10 TOLIMA CORRIENTE MAGDALENA
FECHA-SUSPENSION
ELEVACION 0172 m.s.n.m

A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB *
NOVIE * DICIE * VR ANUAL *

1988	2	01	69	72	64	3	75	74	73	3	75	3	77	3									
78	3	76	3	73	3																		
1989	2	01	*	72	1	75	3	73	1	72	3	75	3	66	3	69	3	74	1	77	1		
76	3	76	3	73	3																		
1990	2	01	75	3	74	3	73	3	77	3	71	3	63	3	66	3	56	1	66	1	73	3	
75	1	77	1	71	3																		
1991	2	01	67	1	68	1	75	3	72	1	74	3	69	1	64	1	52	1	59	3	70	3	
76	3	74	1	68	3																		
1992	2	01	*	*		71	3	73	3	73	3	59	3	65	3	*				*			
75	3	75	3	70	3																		
1993	2	01					58	3														74	3
78	1	76	3	72	3																		
1994	1	01	73	1	73		74	73				74	3	*								82	3
*		*	75	3																			
1995	1	01	67	3	71	3	79	3	*	75	3	73	3	72	3	73	3	67	3	75	3		
78	3	78	3	73	3																		
1996	1	01	*	*	75	3	72	1	76	3	75	3	68	3	73	3	71	3	75	3			
77	3	75	3	74	3																		
1997	1	01	72	3	70	1	73	75	3	70	77	3	52	3	50	3	68	1	74	3			
77	1	72	3	69	3																		
1998	1	01	74	1	71	3	74	3	79	1	77	3	72	3	68	1	73	3	75	1	76	1	
78		79		75	3																		
1999	1	01	77	1	78	3	73	1	74	3	72	1	74	1	64	68	1	77	3	76	3		
76	3	77	1	74	3																		
2000	1	01	72	73	74	74	1	76	74	3	73	1	68	3	74	1	73	3					
75	1	74	3	73	3																		
2001	1	01	71	1	69	3	74	3	72	3	73	3	67	3	67	3	52	3	65	1	73	3	
76		77	3	70	3																		
2002	1	01	75	3	71	3	70	3	75	3	70	3	67	3	65	3	57	1	68	3	73	3	
74	3	76	3	70	3																		
2003	1	01	68	3	68	3	73	1	74	3	74	1	75	1	66	1	68	1	72	1	78	1	
77	1	76	1	72	3																		
2004	1	01	76	3	68	3	74	3	79	3	76	3	*	*	*		73	3	75	3			
*		*	74	3																			
2005	1	01	74	3	73	3	70	3	74	3	72	3	*		69	3	*		79	3			
77	3	76	3	74	3																		
2006	1	01	74	3																			
74		74	3																				

MEDIOS			72	71	73	75	73	72	65	65	70	75											
76	76		72																				
MAXIMOS			77	78	79	79	77	77	73	74	77	82											
78	79		82																				
MINIMOS			67	68	64	72	58	63	52	50	59	70											
74	72		50																				

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACION (mms)

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2008/04/11
2303502 APTO PALANQUERO

ESTACION :

LATITUD 0529 N TIPO EST SP DEPTO CUNDINAMARCA
FECHA-INSTALACION 1957-ENE ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO PUERTO SALGAR
LONGITUD 7439 W REGIONAL 10 TOLIMA CORRIENTE MAGDALENA
FECHA-SUSPENSION
ELEVACION 0172 m.s.n.m

A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB *
NOVIE * DICIE * VR ANUAL *

1988	2	01	*	*	*			121.9	3	*		107.9	3	*	*	
*		*		229.8	3											
1990	2	01	106.2	3	*	106.2	3								*	
125.4				337.8	3											
1991	2	01	178.0	145.8	*	173.0	170.0	137.4	188.1	193.1	*	133.7				
104.3			107.9	1531.3	3											
1992	2	01	141.1	117.3		144.7	3	136.2	3	*		150.0	3	172.0	3	
102.5	3		172.4	3	1393.0	3										
1993	2	01	117.6	153.6		134.7		120.9	133.6	185.0	202.4	116.2	140.3	3		
*			103.6	3	1407.9	3										
1994	2	01	150.6	134.1		142.5	130.3	128.3	150.8							
836.6	3															
1995	1	01		129.9	*	*	*	112.7				117.1	*			
97.6			113.5	570.8	3											
1996	1	01	115.7	3	*	143.0	3	187.9	124.0	3	146.1	3	129.8	3	172.6	3
90.3	3		123.1	3	1483.3	3										
1997	1	01	144.3	145.7	3	153.4	129.6	139.4	127.6	213.6	3	246.3	176.5	119.8		
122.4			166.9	1885.5	3											
1998	1	01	149.7	163.6		114.0	3	139.4	124.6	162.8	197.8	162.9	3	122.8	3	
145.9	3		104.8	3	1747.9	3										
1999	1	01	144.0	3	108.3	3	159.5	3	143.4	3	172.5	3	147.4	217.1	187.0	3
107.1	3		141.6	3	1751.0	3										
2000	1	01	154.9	3	128.7	3	158.2	159.6	138.9	3	146.0	163.9	175.0	164.6	151.9	3
136.6	3		128.7	1807.0	3											
2001	1	01	114.2	3	135.4		135.9	3	155.1	139.2	3	144.7	3	176.7	248.3	3
129.2			104.8	1803.3	3											
2002	1	01	147.4	100.7		152.8	105.1	3	196.5	157.4	196.9	275.2	206.9	3	144.8	
144.2			167.8	1995.7	3											
2003	1	01	153.9	131.0		129.4	*	164.8								
579.1	3															
2004	1	01	103.9	140.6		127.8	3	113.3	122.0	163.9	141.0	177.7	133.3	3	115.2	
136.0			138.7	1613.4	3											
2005	1	01	*	111.9												
111.9	3															
MEDIOS			137.3	131.9		138.6	143.0	143.3	144.2	178.2	193.4	144.2	133.4			
120.1			131.2	1738.7												
MAXIMOS			178.0	163.6		159.5	187.9	196.5	163.9	217.1	275.2	206.9	159.6			
145.9			172.4	275.2												
MINIMOS			103.9	100.7		106.2	105.1	120.9	112.7	129.8	107.9	106.4	105.2			
90.3			103.6	90.3												

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (Horas)

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2008/04/11
2303502 APTO PALANQUERO

ESTACION :

LATITUD 0529 N TIPO EST SP DEPTO CUNDINAMARCA
FECHA-INSTALACION 1957-ENE ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO PUERTO SALGAR
LONGITUD 7439 W REGIONAL 10 TOLIMA CORRIENTE MAGDALENA
FECHA-SUSPENSION
ELEVACION 0172 m.s.n.m

A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB *
NOVIE * DICIE * VR ANUAL *

1988	2	01	200.5	127.8	90.4	3		181.1	3	173.6		136.4	3	161.1	155.8
147.1			169.4	1543.2	3										
1989	2	01	162.4	137.4	3	153.0	171.0	165.6	3	139.6	3	190.3	3	197.8	164.5
156.5			130.2	1948.1	3										
1990	2	01	142.5	86.1	121.1	3	136.8	179.9		183.3		195.7	3	202.9	152.2
152.4			125.9	1874.0	3										
1991	2	01	187.0	101.5	95.2	3	174.0	139.4		148.2	3	144.5		150.0	86.7
94.6			87.5	1561.0	3										
1992	2	01	70.1	56.4	67.7	3	*			*		175.4	3	183.3	149.0
125.4			113.7	1094.1	3										
1993	2	01	109.5	101.6	154.2		108.9	3	121.4	3	147.6	202.8		185.8	149.2
141.3			126.7	1722.7	3										
1994	2	01	126.0		*				127.6		159.8	3	182.7	3	172.4
154.0	3		119.7	1321.9	3										
1995	2	01		72.5	64.3	3	119.0	141.8	3	123.1	3	149.3	3	155.3	180.9
154.5	3		120.0	1415.2	3										
1996	2	01	115.6	120.5	139.0	3	158.6	135.9		123.3		134.7	3	173.7	154.9
130.0			101.1	1629.2	3										
1997	1	01	97.7	101.3	87.4	3	99.2	149.8		123.0		209.5		172.8	147.3
140.5			141.9	1633.1	3										
1998	1	01	123.7	80.4	75.6	3	128.5	151.2		139.4		190.2		199.8	169.6
148.2			105.5	1689.9	3										
1999	1	01	123.7	76.1	167.0		141.4	209.9		142.1		208.5		194.2	114.9
157.9	3		198.1	1887.4	3										
2000	1	01	182.4	161.1	141.1		148.2	150.0	3	172.5		195.9		199.3	152.5
156.9			111.0	1923.8	3										
2001	1	01	160.3	94.6	112.5		132.7	174.4		167.7		195.6		179.7	166.6
160.8			141.6	1849.8	3										
2002	1	01	178.6	128.0	128.6		135.4	3	176.2	3	194.0	187.2		214.3	190.9
185.1			141.2	2041.4	3										
2003	1	01	136.1	113.5	104.7	3	140.6	3	163.0		143.0	3	194.0	197.6	3
156.7	3		127.2	1772.6	3										
2004	1	01	147.0	144.1	120.4	3	120.3	129.7		151.8		179.4	3	217.5	160.4
163.9	3		119.7	1809.0	3										
2005	1	01	113.9	93.0	125.4	3	144.3	170.9	3	126.8		202.1		140.0	137.8
168.4			159.6	1745.5	3										
MEDIOS			139.8	105.6	114.6		137.3	156.9		150.5		184.6		181.8	156.2
149.7			130.0	1762.5											
MAXIMOS			200.5	161.1	167.0		174.0	209.9		194.0		209.5		217.5	195.2
185.1			198.1	217.5											
MINIMOS			70.1	56.4	64.3		99.2	121.4		123.0		134.7		136.4	86.7
94.6			87.5	56.4											

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES MEDIOS (V) MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2008/04/11
2303502 APTO PALANQUERO

ESTACION :

LATITUD 0529 N TIPO EST SP DEPTO CUNDINAMARCA
FECHA-INSTALACION 1957-ENE
LONGITUD 7439 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO PUERTO SALGAR
FECHA-SUSPENSION
ELEVACION 0172 m.s.n.m REGIONAL 10 TOLIMA CORRIENTE MAGDALENA

A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB *
NOVIE * DICIE * VR ANUAL *

1988 1 01 N 3.0 N 3.0 N 3.4 W 1.0 W .8
MAXIMOS N 3.0 N 3.0 N 3.4 W 1.0 W .8
N 3.4
MINIMOS N 3.0 N 3.0 N 3.4 W 1.0 W .8
W .8

ANEXO 4 PLANOS