



UNIVERSIDAD VILLA RICA

**ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“REACTIVACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN
DE BRAVO, VER.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

GERMÁN DAVID LEÓN GONZÁLEZ

Director de Tesis

Revisor de Tesis

ING. EDUARDO FABIÁN NIETO GARCÍA

ING. JOSÉ VLADIMIRO SALAZAR SIQUEIROS

BOCA DEL RÍO, VER.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Primero y antes que nada, dar gracias a dios.

Por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres y hermanos.

Por su cariño, comprensión y apoyo. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación y el poder hacerme un hombre de bien, sus consejos y enseñanzas siempre estarán plasmadas en mi camino como profesional, siempre estaré agradecido con ustedes.

A mi asesor el Ing. Eduardo Fabián Nieto García.

Por sus consejos, paciencia y opiniones que sirvieron para que me sienta satisfecho en mi participación dentro de este proyecto.

A cada uno de los maestros que participaron en mi desarrollo profesional durante mi carrera, sin su ayuda y conocimientos no estaría en donde me encuentro ahora.

Gracias a todos mis amigos que estuvieron conmigo y compartimos tantas aventuras, experiencias, desveladas, triunfos y derrotas de las cuales fuimos saliendo adelante, nunca los olvidare siempre estarán en mi corazón.

ÍNDICE

	Pagina.
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGIA	2
CAPITULO I ANTECEDENTES GENERALES	4
1.1 Historia del agua	4
1.2 El origen de las aguas residuales	6
1.3 ¿Por qué se necesita una planta de tratamiento de aguas residuales?	7
1.4 Normas oficiales de las aguas residuales	9
1.4.1 NOM-001-ECOL-1996	9
1.4.2 NOM-002-ECOL-1996	13
1.4.3 NOM-003-ECOL-1997	16
1.5 Datos descriptivos del municipio	18
1.6 Naturaleza del proyecto	29
1.7 Antecedentes del proyecto	30
1.8 Proceso y operación del proyecto	32
1.9 Objetivo y alcance del proyecto	35

1.10	Fotografías de la planta de tratamiento de aguas residuales en abandono	37
 CAPITULO II FUNDAMENTOS EN LA REACTIVACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		 40
2.1	Composición de las aguas residuales	40
2.2	Fuentes de contaminación del agua	41
2.3	Propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual	43
2.4	Parámetros de control en el análisis fisicoquímico	45
2.4.1	temperatura	45
2.4.2	potencial de hidrogeno (pH)	46
2.4.3	sólidos sedimentables	47
2.4.4	sólidos totales	48
2.4.5	sólidos suspendidos totales	48
2.4.6	Sólidos suspendidos volátiles y fijos	49
2.4.7	Demanda química de oxígeno	49
2.4.8	Demanda bioquímica de oxígeno	50
2.4.9	Cloro residual libre	51
2.4.10	Nitratos	51
2.4.11	Nitritos	51
2.4.12	Nitrógeno amoniacal	52
2.4.13	Fosfatos	52
2.4.14	Detergentes	53
2.4.15	Grasas y aceites	54

2.4.16	Oxígeno disuelto	55
2.5	¿Por qué la necesidad del tratamiento de las aguas residuales?	56
2.6	Conceptos básicos y variantes al proceso de lodos activados	57
2.6.1	Proceso de lodos activados	57
2.6.2	Componentes del sistema de lodos activados	58
2.6.3	Proceso de lodos activados en el proyecto	59
2.6.4	Control de lodos	60
2.7	Objetivos específicos de eliminación y transformación en una planta de tratamiento de aguas residuales	61
2.8	Los re-usos del agua tratada	62
2.9	¿Que se tiene en cuenta para reactivar una planta de tratamiento de aguas residuales?	63
2.10	Descripción del tren de tratamiento	64
2.10.1	Pre-tratamiento	64
2.10.2	Cámara de rejillas	64
2.10.3	Canales desarenadores	65
2.10.4	Cárcamo de bombeo	66
2.10.5	Tanques aereadores	66
2.10.6	Tanques sedimentadores	67
2.10.7	Tanque de contacto	68
2.10.8	Digestor de lodos	68

CAPITULO III CÁLCULO POBLACIONAL Y ESTIMACION DE FLUJOS DE DISEÑO	69
3.1 Evaluación poblacional del proyecto	69
3.2 Determinación del gasto hidráulico del proyecto	70
3.2.1 Tipos de consumo del agua	71
3.2.2 Determinación del caudal del agua residual	72
3.2.3 Determinación del caudal de agua residual en función de la aportación del agua potable para su consumo doméstico	72
3.3 Estimación del flujo de diseño	80
3.4 Cargas contaminantes del proyecto	82
CAPITULO IV DESCRIPCION Y DIAGNOSTICO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	83
4.1 Descripción y diagnostico general	83
4.1.1 Caja de llegada	83
4.1.2 Bypass	85
4.1.3 Homogenizador y cárcamo primario	85
Pre-tratamiento	
4.1.4 Cámara de rejillas	87
4.1.5 Desarenadores hidráulicos	88
4.1.6 Cárcamo de bombeo de agua residuales crudas	90
Tratamiento secundario	
4.1.7 Reactores biológicos aerobios	91
4.1.8 Sedimentadores secundarios o clarificadores	92

4.1.9	Recirculación de lodos activados	93
4.1.10	Tanque de desinfección (cloración)	95
4.1.11	Descarga de agua tratada	96
4.1.12	Digestor de lodos	97
4.1.13	Lechos de secado	97
4.1.14	Infraestructura de operación y servicios	98
4.2	Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.	99
CAPITULO V PROYECTO PARA LA RED DE ALCANTARILLADO		100
5.1	Descripción de la infraestructura existente y de proyecto	100
5.2	Diseño y cálculo dimensional de la estación de bombeo de la localidad de Medellín de Bravo, Ver.	102
5.3	Diseño y cálculo dimensional de la estación de bombeo de la localidad del Tejar, Ver.	107
5.4	Diseño estructural de los cárcamos de bombeo	112
5.5	Selección de la bomba	113
5.6	Muestreo de Control	113
5.7	Mantenimiento general de las estaciones de bombeo	113
5.7.1	Mantenimiento Eléctrico	113
5.7.2	Mantenimiento de Pintura	114
5.7.3	Mantenimiento de Áreas Verdes	114
5.7.4	Mantenimiento de Caseta de control	114
5.8	Presupuesto general y control de obra de la red de alcantarillado	115
5.9	Ubicación de las estaciones de bombeo	118

CAPITULO VI IMPACTO AMBIENTAL	119
6.1 Evaluación ambiental del proyecto	119
6.3 Solución a los problemas del medio ambiente	123
CONCLUSIONES	124
BIBLIOGRAFIA	127
ENLACES ELECTRONICOS	128

LISTA DE TABLAS

	Pagina.
TABLA 1. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.	11
TABLA 2. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.	12
TABLA 3. Límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. (CNA, 2005).	15
TABLA 4. Límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas. (CNA, 2005).	17
TABLA 5. Servicios públicos en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.	24
TABLA 6. Población económicamente activa por el sector productivo en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.	27
TABLA 7. Evaluación poblacional para la clase socio-económica del tipo interés social de las localidades del Tejar y Medellín de Bravo, Ver.	70
TABLA 8. Tabla N°16 de CONAGUA.	73
TABLA 9. Tabla N° 17 de CONAGUA.	74
TABLA 10. Consumo de agua de la población socio-económico habitacional de las localidades del Tejar y Medellín de Bravo, ver.	75
TABLA 11. Tabla N° 18 de CONAGUA.	76
TABLA 12. Tabla N° 19 de CONAGUA.	77

TABLA 13. Consumo de agua de uso domestico en áreas comerciales y gastronómicas.	78
TABLA 14. Consumo de agua de uso domestico en Hotelería.	79
TABLA 15. Consumo de agua de uso domestico de áreas recreativas y servicios públicos.	80
TABLA 16. Abastecimiento total de agua potable para cada uno de los grupos socioeconómicos que conforman las localidades del Tejar y Medellín de Bravo, Ver.	81
TABLA 17. Determinación del gasto para la población de Medellín de Bravo, Ver.	102
TABLA 18. Determinación del gasto para la población de el Tejar, Ver.	107
TABLA 19. Resumen general de presupuesto para la red de alcantarillado.	115
TABLA 20. Programa de obra.	116

LISTA DE FIGURAS

	Pagina.
FIGURA 1. Ciclo hidrológico del agua.	6
FIGURA 2. Principales regiones en Veracruz.	19
FIGURA 3. Ubicación del Municipio de Medellín de Bravo, Ver.	20
FIGURA 4. Localización de la planta de tratamiento de aguas residuales.	34
FIGURA 5. Vista de los tanques aireadores donde se logra apreciar el daño debajo del pasillo elevado de operación.	37
FIGURA 6. Vista lateral de conjunto de la planta de tratamiento de aguas residuales.	37
FIGURA 7. Vista del pre-tratamiento y el cárcamo de bombeo de aguas residuales crudas.	38
FIGURA 8. Vista frontal de la caseta de operación y la caseta de control y maquinaria.	38
FIGURA 9. Vista de daños en los tanques aireadores, clarificadores y digester de lodos desde el pasillo elevado de operación.	39
FIGURA 10. Caja de llegada.	84
FIGURA 11. Cárcamo primario.	86
FIGURA 12. Cámara de rejillas.	87

FIGURA 13. Desarenadores hidráulicos.	89
FIGURA 14. Cárcamo de bombeo de agua residuales crudas.	90
FIGURA 15. Reactores biológicos aerobios.	91
FIGURA 16. Sedimentador secundario.	93
FIGURA 17. Cárcamo de bombeo.	94
FIGURA 18. Tanque de desinfección (cloración).	95
FIGURA 19. Plano de conjunto.	99
FIGURA 20. Ubicación de las estaciones de bombeo.	118
FIGURA 21. Planta de tratamiento de aguas residuales en proceso de reactivación.	125
FIGURA 22. Vista de los tanques aireadores, clarificadores y digestor de lodos desde el pasillo elevado de operación en su proceso de reactivación.	126
FIGURA 23. Vista del pre-tratamiento y el cárcamo de bombeo de aguas residuales crudas en su proceso de reactivación.	126

INTRODUCCIÓN

Los centros urbanos e industriales del país sufren problemas de suministro de agua potable a un crecimiento desproporcionado en la demanda y agotamiento de las fuentes de abastecimiento que han explotado tradicionalmente. Es en estas áreas donde el agua residual, que en volumen generado llega a ser de alrededor del 80% de la dotación de agua potable, se constituye en un recurso valioso por el potencial que posee a la satisfacción de una parte de la demanda.

La descarga de agua residual se ha efectuado tradicionalmente a cuerpos receptores sin conferirle a este recurso ninguna otra aplicación particular salvo en los casos en que se utiliza para riego en áreas agrícolas. Esta práctica ocasiona problemas de contaminación que aumenta con el tamaño de población y su grado de industrialización, haciendo el tratamiento de la descarga una necesidad a fin de evitar la degradación de los cuerpos receptores.

Las aguas residuales recogidas en pueblos y ciudades deben ser conducidas finalmente a cuerpos de agua receptores o a la misma tierra. La compleja pregunta acerca de que contaminantes de las aguas residuales deben ser eliminados para proteger el entorno y en qué cantidad, precisa de una contestación específica en cada caso concreto. Por ello en el diseño o reactivación de una planta de tratamiento de aguas residuales se requiere el análisis de las condiciones y necesidades locales, junto con la aplicación del conocimiento científico, de la experiencia previa de ingeniería y de las normas de calidad del agua existente.

METODOLOGIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Reactivación de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.

JUSTIFICACION.

Las aguas residuales originadas en la localidad del Municipio de Medellín de Bravo, Ver. Son desalojadas mediante un emisor (tubería de 38 cms. de diámetro) descargando dicho efluente en un cuerpo de agua natural (Rio Jamapa); debido al progresivo incremento regional industrial como (la fabrica Agrover, la planta potabilizadora del Tejar, etc...), los majestuosos conglomerados urbanísticos como (Fraccionamiento El Dorado, Fracc. Lomas del Conchal, Fracc. Punta Tiburón, la construcción de la Riviera Veracruzana, autopista de ocho carriles que une las localidades de Boca del Río, Ver. y Antón Lizardo, Alv.). Los centros recreativos como (el Club de Golf, Marinas etc.) y por sobre todo, establecer el criterio de la COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA), no contaminación y protección del medio ambiente como (Zona de Manglares, zona Ostrícola, granjas de siembra del Camarón y Tilapia).

OBJETIVO.

El objetivo específico de este proyecto es la Protección de la Salud Pública de los habitantes del Municipio de Medellín de Bravo, Ver. y zonas conurbadas, alternando con el cuidado del medio ambiente al reactivar la planta de tratamiento de aguas residuales de Medellín y no permitir la descargas de aguas residuales no tratadas (aguas crudas) al río Jamapa.

HIPOTESIS.

La protección de la salud pública es el propósito fundamental del tratamiento de los residuos sólidos, bíosólidos o líquidos y le sigue en jerarquía la protección del medio ambiente. Por tanto, es responsabilidad de los ingenieros civiles proyectistas, asegurar que los sistemas o plantas de tratamiento de aguas residuales logren este específico objetivo.

CAPITULO I ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Historia del agua.

El agua es una molécula formada por 2 átomos de Hidrógeno (H) y uno de Oxígeno (O), por lo que su fórmula química es (H₂O). Esta unión es tan fuerte que por mucho tiempo se creyó que el agua era un elemento y no un compuesto. Al unirse estos 3 átomos se forma una nueva nube de electrones alrededor de los 3 núcleos, que se sitúan en forma de triángulo (no en línea). De esta forma se obtiene una molécula bipolar, es decir que tiene dos polos: uno negativo en el lado del oxígeno y positivo en el lado de los átomos de hidrógeno. La nube de electrones adopta una forma extraña (enlace de hidrógeno) que hace que atraiga a los átomos de hidrógeno de otras moléculas de agua, uniéndose fuertemente y causando algunas de las curiosas y necesarias propiedades que tiene el agua. Esto ha sido posible gracias a un ciclo cerrado (evaporación, precipitación, infiltración, salida al mar) conocido como ciclo hidrológico del agua. Estas aguas contaminadas nos vuelven en forma de lluvias, por lo que antes de ser consumida la debemos tratar, y esta es la función básica de las plantas potabilizadoras, con el objetivo de conseguir un agua desinfectada y limpia de contaminación, evitando así el riesgo de salud, epidemias, entre otras enfermedades. El uso del agua para

nuestro consumo diario y como elemento para el desarrollo de muchas actividades industriales, agrícolas y también urbanas hace que las aguas limpias se conviertan en aguas residuales, es decir, aguas contaminadas.

Como hemos visto, el agua no es un bien ilimitado, por lo tanto al contaminarla nos estamos perjudicando a nosotros mismos. Por esta razón controlar la contaminación de las aguas es uno de los factores más importantes para la continuidad del equilibrio entre el hombre y el medio en el cual vive y la prevención, reducción y eliminación de los contaminantes del agua, lo cual es una necesidad prioritaria en la actualidad. Para mantener este control se lleva a cabo la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Actualmente gracias a programas de saneamiento y el tratamiento de aguas residuales, eliminando los elementos contaminantes y protegiéndola, se está consiguiendo una mejor calidad en el agua de los ríos.

Actualmente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- Vertidos urbanos
- Vertidos industriales
- Contaminación difusa (lluvias...)

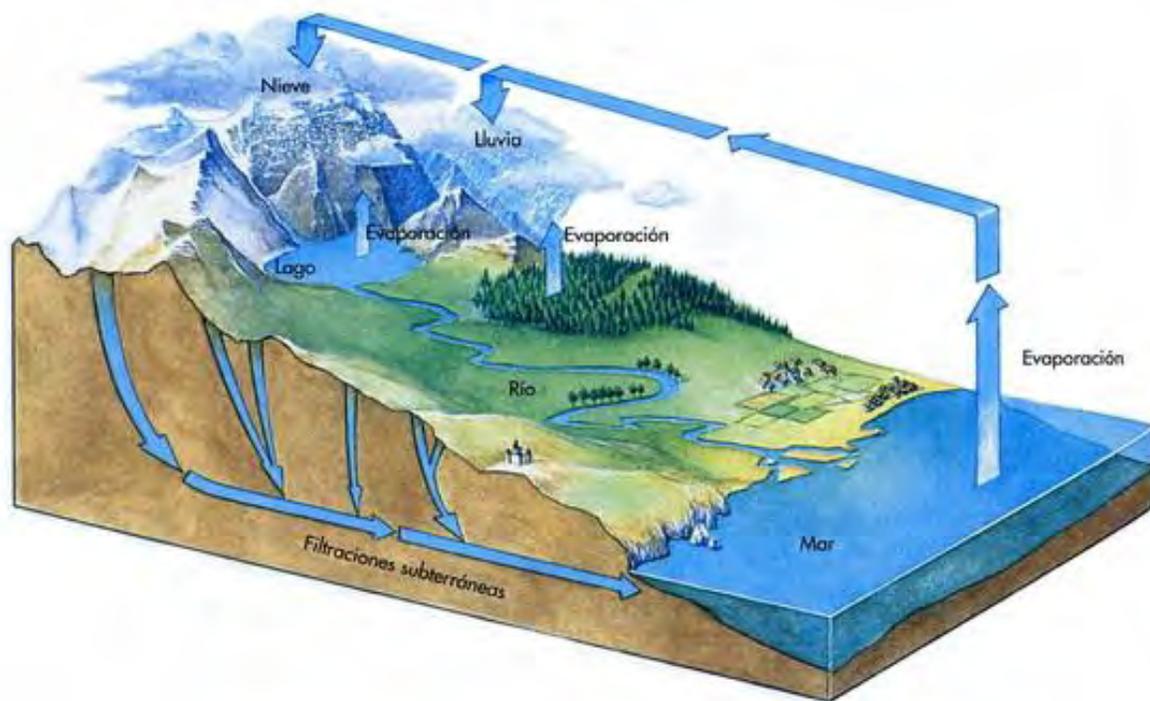


FIGURA 1. Ciclo hidrológico del agua.

1.2 El origen de las aguas residuales.

Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. Se sustenta en la NOM-001-ECOL-1996 de la COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA), del cual contiene 99% de agua potable y 1% de otros componentes (basura, contaminantes orgánicos e inorgánicos, etc..).

Las aguas residuales conforman esos desechos líquidos a tratar para su vertido o reutilización, que se originan bien sea por procesos industriales o por uso doméstico donde su tratamiento contempla una serie de procesos. Las aguas residuales domésticas son resultado de las actividades cotidianas de las personas. La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo

del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que reciben antes de su descarga. Por ejemplo, en una fábrica de acero se puede descargar entre 5 700 y 151 mil litros por tonelada de acero fabricado (De acuerdo a la revista conozca mas del mes de abril del año 2009); si se practica el re-uso, se necesita menos agua. La infiltración de aguas residuales se produce cuando se sitúan conductos de alcantarillado por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

1.3 ¿Por qué se necesita una planta de tratamiento de aguas residuales?

El agua es un recurso no renovable, de tal forma que en la actualidad las reservas de agua limpia son cada vez más escasas. La especie humana es la única capaz de asegurar el futuro de este planeta, y para eso es necesario contar con agua limpia. **Debemos tener conciencia de la distribución del agua en nuestro planeta**, donde la mayor parte que es un 97.23 %, la almacenan los océanos y los casquetes polares un 2.15 %; los acuíferos, la verdadera reserva para el hombre, un 0.61 %. Los lagos encierran el 0.009 %, mientras que la cifra descende en los mares interiores a un 0.008 %. La humedad del suelo acumula el 0.005 % la atmósfera el 0.001 % y los ríos tan sólo 0.0001 % del total. Esta

cantidad ha estado circulando siempre por la Tierra, originando y conservando la vida en ella.

Según su origen, las aguas residuales resultan de las actividades cotidianas del hombre y la naturaleza, llevando a cabo una combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. Estas aguas tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

Se sabe que el agua es un elemento indispensable para la vida e impredecible como herramienta de trabajo, resulta de gran importancia el cuidado del abastecimiento de agua limpia y potable y el reconocimiento de métodos que se deben emplear para el tratamiento de esta, a fin de que pueda ser utilizada nuevamente para uso en jardines, el riego o incluso uso doméstico.

El tratamiento de aguas residuales es alcanzado por la separación física inicial de sólidos de la corriente de aguas domésticas o industriales, seguido por la conversión progresiva de materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida, el agua tratada puede experimentar una desinfección adicional mediante procesos físicos o químicos. Este efluente final puede ser descargado o reintroducidos de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial o subsuelo) etc. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada tutelada bajo las Normas Oficiales Mexicanas y La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en nuestro país para el uso y cuidado del agua.

1.4 Normas Oficiales de las aguas residuales.

La Legislación mexicana prevé Normas Oficiales Mexicanas donde se mencionan las características que debe tener el agua residual antes de descargarse a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado municipal:

1.4.1 NOM-001-ECOL-1996

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de enero de 1997 y entró en vigor el día 7 de enero de 1997.

Esta norma se complementa con la aclaración publicada en el mismo medio de difusión del día 30 de abril de 1997. (CNA, 2005).

Especificaciones:

- 1) La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 1 y 2 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.
- 2) Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como

número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

- 3) Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas al suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta norma.

TABLA 1. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

TABLA 1.2																				
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARAMETROS	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
	USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		USO PUBLICO URBANO (B)		PROTECCION DE VIDA ACUATICA (C)		USO EN RIEGO AGRICOLA (B)		USO PUBLICO URBANO (C)		EXPLORACION PESQUERA, NAVEGACION Y OTROS USOS (A)		RECREACION (B)		ESTUARIOS (B)		USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
(MILIGRAMOS POR LITRO, EXCEPTO CUANDO SE ESPECIFIQUE)	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
TEMPERATURA °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
GRASAS Y ACEITES (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
MATERIA FLOTANTE (3)	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
SOLIDOS SEDIMENTABLES (ML/L)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO5	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
NITROGENO TOTAL	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
FOSFORO TOTAL	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Tabla 1.2 Límites máximos permisibles para contaminantes básicos (CNA).

(1) Instantáneo, (2) Muestra Simple Promedio Pondera, (3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual; N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

TABLA 2. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.

TABLA 1.3																				
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																				
PARAMETROS (*)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO					
	USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		USO PUBLICO URBANO (B)		PROTECCION DE VIDA ACUATICA (C)		USO EN RIEGO AGRICOLA (B)		USO PUBLICO URBANO (C)		EXPLOTACION PESQUERA, NAVEGACION Y OTROS USOS (A)		RECREACION (B)		ESTUARIOS (B)		USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
(MILIGRAMOS POR LITRO)	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
ARSENICO	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2
CADMIO	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,05	0,1	0,1	0,2
CIANUROS	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	3,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	3,0	1,0	2,0
COBRE	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0
CROMO	1,0	1,5	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	1,5	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	1,5	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
MERCURIO	0,01	0,02	0,005	0,01	0,005	0,01	0,01	0,02	0,005	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,005	0,01	0,005	0,01
NIQUEL	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
PLOMO	0,5	1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	1	0,2	0,4	5	10	0,2	0,4
ZINC	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(*) MEDIDOS DE MANERA TOTAL.

P.D.= PROMEDIO DIARIO P.M.= PROMEDIO MENSUAL N.A.= NO ES APLICABLE

(A),(B) Y(C): TIPO DE CUERPO RECEPTOR SEGÚN LA LEY FEDERAL DE DERECHOS

1.4.2 NOM-002-ECOL-1996

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de junio de 1998 y entró en vigor el día 4 de junio de 1998. (CNA, 2005).

Especificaciones:

- 1) Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la Tabla 3 Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.
- 2) Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo, son únicamente valores de referencia, en el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezcan los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.
- 3) El rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 10 (diez) y 5.5 (cinco punto cinco) unidades, determinado para cada una de las muestras simples. Las unidades de pH no deberán estar fuera del intervalo permisible, en ninguna de las muestras simples.
- 4) El límite máximo permisible de la temperatura es de 40°C. (Cuarenta grados Celsius), medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples. Se permitirá descargar con temperaturas mayores, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente por medio de un estudio sustentado, que no dañe al sistema del mismo.

- 5) La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006.
- 6) Los límites máximos permisibles para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 referida en el punto 2 de esta Norma, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.
- 7) No se deben descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regulación vigente en la materia.

TABLA 3. Límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

(CNA, 2005)

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES			
PARAMETROS	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)			
Grasas y aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables (ml/l)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

1.4.3 NOM-003-ECOL-1997

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen servicios al público. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de septiembre de 1998 y entró en vigor el día 22 de septiembre de 1998. (CNA, 2005).

Especificaciones:

- 1) Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la Tabla 4 de esta Norma Oficial Mexicana.
- 2) La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada.
- 3) El agua residual tratada rehusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta Norma.
- 4) Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que rehúsen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

TABLA 4. Límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas. (CNA, 2005).

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES					
	PROMEDIO MENSUAL				
TIPO DE RE-USO	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO₅ mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	1	15	20	20
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	5	15	30	30

A la postre se pasó al estudio en sí de la teoría del tratamiento de aguas residuales tomando como base una serie de textos, entre los que destacan “Aguas residuales municipales y biosólidos” (UNAM Facultad de Ingeniería), “Manual de tratamiento de aguas residuales” de la compañía (Metcalf & Eddy, Inc. México 1996), “Tratamiento biológico de aguas de desecho” (editorial Limusa), entre otros.

En todo lo que al tratamiento de obtención de lodos, se hizo referencia únicamente de forma teórica, mencionando las principales características que se deben tomar en cuenta para el manejo de los mismos.

Posteriormente se realizó un estudio de impacto ambiental sobre el proyecto, realizando una identificación y evaluación de los impactos generados por el mismo, mediante una lista de control y evaluación, de tal forma que se lograra proponer medidas de mitigación y corrección sobre el proyecto.

1.5 Datos descriptivos del Municipio.

Localización del Municipio.

Se encuentra ubicado en la zona centro del Estado, en las llanuras del Sotavento, en las coordenadas 19° 03' latitud norte y 96° 09' longitud oeste, a una altura de 52 metros sobre el nivel del mar. Limita con los municipios de: al norte con Veracruz, al noreste con Boca del Río, al este con Alvarado, al sur con Tlalixcoyan, al oeste con Jamapa y Manlio Fabio Altamirano.



FIGURA 2. Principales regiones en Veracruz.



FIGURA 3. Ubicación del Municipio de Medellín de Bravo, ver.

Extensión

Tiene una superficie de 370.14 Km², cifra que representa un 0.0051% del total del Estado que tiene una superficie de 7, 257,647 Km².

Orografía

El Municipio se encuentra ubicado en la zona central del Estado, dentro de las llanuras de Sotavento.

Hidrografía

Se encuentra irrigado por los ríos Jamapa y Cotaxtla.

Clima

Su clima es cálido-húmedo-extremoso con una temperatura promedio de 25° C; su precipitación pluvial media anual es de 1,417.8 mm.

Principales ecosistemas

Los ecosistemas que coexisten en el Municipio son el de bosque perennifolio con encinos y donde se desarrolla una fauna silvestre característica del trópico húmedo cálido, compuesta por poblaciones de armadillos, ardillas, conejos, tlacuaches, comadreja, zorrillos, aves, reptiles y perros de agua (nutria).

Recursos naturales

Existen yacimientos de petróleo y gas natural, así como explotación moderada de maderas.

Características y Uso del Suelo.

Su suelo es de tipo feozem (H), se caracteriza por tener una capa superficial rica en materia orgánica, nutriente, obscura y suave; susceptible a la erosión. Se utiliza un 69% a la agricultura, 29.2% a la ganadería, 1.8% para viviendas, espacios públicos y oficinas.

Perfil socio demográfico.

Grupos Étnicos

De acuerdo a los resultados obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En su Censo de Población y Vivienda del año 2010, en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver. 98 hombres y 79 mujeres, en total 177 personas hablan alguna lengua indígena que representan el 0.42% de la población municipal; la lengua indígena predominante es la zapoteca.

Evolución Demográfica

De acuerdo a los resultados que presenta el último censo de Población y Vivienda del año 2010, el Municipio cuenta con un total de 59,126 habitantes, 28,431 hombres y 30,695 mujeres. Anualmente se reportan 1,034 nacimientos y 262 defunciones.

Religión

La religión cuenta con una población mayor de 5 años de 41,896 que se encuentra dividida entre las siguientes: católica 30,197, evangélica 6,705, otras 1058 y ninguna 3,936.

Infraestructura social y de comunicaciones

Educación

La educación básica es impartida por 37 planteles de preescolar, 54 de primaria, 7

de secundaria, 5 instituciones que brindan el bachillerato. Además se encuentra instalada la universidad TEC. MILENIO ubicada en el fraccionamiento Puente Moreno.

Salud

En este Municipio la atención de servicios médicos es proporcionada por unidades médicas que a continuación se enlistan: 4 de servicios de Salud, 2 del IMSS, 1 del ISSSTE. Cabe señalar que en esta Municipalidad se prestan los servicios de consulta externa.

Abasto

El Municipio satisface sus necesidades de abasto mediante 8 tiendas Diconsa y 1 centro receptor de productos básicos, 3 tianguis temporales, 78 tiendas de abarrotes, 40 carnicerías.

Vivienda

Acorde a los resultados preliminares del Censo 2010, se encontraron edificadas en el Municipio 18,129 viviendas, con un promedio de ocupantes por vivienda de 3.3, la mayoría son propias y de tipo fija, los materiales utilizados principalmente para su construcción son: Concreto, muros de tabique, madera, lámina y block. (De acuerdo a los resultados que presenta el censo de Población y Vivienda 2010.)

Servicios Públicos

TABLA 5. Servicios públicos en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.

Servicios públicos	100%	75%	50%	25%	0%
Alumbrado Público.			x		
Mantenimiento del Drenaje.			x		
Recolección de Basura y Limpia Pública.		x			
Seguridad Pública.		x			
Pavimentación.				x	
Mercados y Centrales de Abasto.			x		
Rastros.			x		
Servicios de Parques y Jardines.			x		
Monumentos y Fuentes.				x	

Medios de Comunicación

El Municipio cuenta con publicaciones periodísticas, estaciones de radio 8 de AM y 14 de FM y recibe canales de televisión.

Tiene servicio telefónico por marcación automática en la cabecera y en 9 localidades; así como con telefonía celular; además 8 oficinas postales y 1 de telégrafos.

Vías de Comunicación

El Municipio cuenta con infraestructura de vías de comunicación conformada por un total de 210 Km de carreteras y caminos vecinales, teniendo conexión hacia los Municipios de Veracruz, Boca del Río, Jamapa, Alvarado, Manlio Fabio Altamirano.

Actividad económica

Agricultura

El Municipio cuenta con una superficie total de 37,000 hectáreas, de las que se siembran 25, 530 hectáreas, en las 2,180 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el Municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz 1,622, frijol 128.25, sandía 3, arroz 2, chile verde .75, naranja 10, mango 1,190.50, piña 497.50. En el Municipio existen 755 unidades de producción rural con actividad forestal, de las que 114 se dedican a productos maderables.

Ganadería

Tiene una superficie de 10,804 hectáreas dedicadas a la ganadería, en donde se ubican 1,857 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales. Cuenta con ganado bovino de doble propósito, además de la cría de ganado porcino, ovino y equino, caprino. Las granjas avícolas y apícolas tienen cierta importancia.

Industria

El Municipio se ha visto favorecido con la implantación de nuevas industrias entre las cuales destacan: Compañía de refrescos y embotelladora Pepsi Cola, Central termoeléctrica Dos Bocas (generadora de energía eléctrica), Planta procesadora y comercializadora de alimentos Herdez, productos químicos e industriales Fertimex (Fertilizantes), Sub - planta de almacenamiento y distribución PEMEX.

Comercio

Cuenta con trescientos once establecimientos comerciales como almacenes de ropa, zapaterías, muebles y artículos de línea blanca, materiales para la construcción, ferreterías, etc... Otorgando empleo a 730 familias

Servicios

El Municipio cuenta con un hotel y 50 restaurantes.

Población Económicamente Activa por Sector Productivo

TABLA 6. Población económicamente activa por el sector productivo en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.

Sector primario.	
(Agricultura, ganadería, caza, y pesca.)	32%
Sector secundario.	
(Minería, extracción de petróleo y gas natural, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.)	30%
Sector terciario.	
(Comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, de administración pública y defensa, comunales y sociales, profesionales y técnicos, restaurantes, hoteles, personal de mantenimiento y otros.)	30%
No especificado	04%

Atractivos culturales y turísticos

Monumentos Históricos

Se encuentra la iglesia de Medellín una de las más antiguas de América, su construcción data del siglo XVII.

Fiestas, Tradiciones y Danzas

- El 2 de febrero se celebra la Fiesta Tradicional de la Candelaria.
- El 29 de septiembre se realiza la Fiesta Tradicional y Religiosa en honor de San Miguel Arcángel, patrono del lugar, con bailes populares, danzas autóctonas y folklóricas, actos religiosos, juegos mecánicos y encuentros deportivos.
- El 12 de diciembre se festeja a la Virgen de Guadalupe.
- Para enaltecer las cosechas del mango y de la piña preciados frutos que dan orgullo y prestigio a la localidad, se celebran en los meses de Mayo y Junio las tradicionales Ferias del Mango y de la Piña.

Música

Los sones jarochos.

Artesanías

Se realizan productos típicos de la costa y de la región como son las artesanías de productos del mar, conchas, caracoles, sombreros de palma, etc.

Gastronomía

Se ha hecho un canto con su gastronomía en lo relacionado con el tradicional succulento y bien sazonados tamales de masa y elote con carne de puerco, la barbacoa de res, las carnitas de cochino y dulces de leche, cocadas, pepitorias, además de la comida típica de la costa como son el pescado y el camarón.

1.6 Naturaleza del proyecto.

El proyecto denominado “Reactivación de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.”. En el municipio del mismo nombre, consiste en elaborar estudios factibles para poder reactivar estas instalaciones, donde solo estarán dedicadas al tratamiento de aguas residuales que se generaran en las zonas urbanas de las localidades del Tejar y Medellín (cabecera municipal).

El proceso en el tratamiento de las aguas residuales es por medio de mezcla completa con lodos activados. El proyecto se pretende llevar a cabo como resultado del diagnóstico ejecutado a las instalaciones existentes, en el cual se observó daño severo a la instalación actual; aunada a ello se buscara una solución por la cantidad de agua residual que llegara a la planta de tratamiento, lo cual será superior al caudal para el que fue diseñada.

El diseño de la planta de tratamiento fue realizado de acuerdo a las características de las aguas residuales que se generaban solamente en las zonas urbanas de Medellín siendo éstas de tipo doméstico, por lo que cada uno de los elementos que la componen, se han propuesto en base a los requerimientos técnicos y normativos en materia de saneamiento y protección ambiental.

1.7 Antecedentes del proyecto.

La planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver. Es una planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activados de mezcla completa, que fue construida hace 20 años, para dar el servicio de saneamiento y tratamiento a los habitantes de dicha localidad, sin embargo debido a problemas legales y sociales, dicha planta nunca fue entregada al organismo operador del servicio de agua y saneamiento, quedando fuera de servicio, desde entonces a la fecha, no se pudo cumplir con el objetivo principal para lo cual fue construida.

La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada en un predio rustico de 1,180.00 m², en el Municipio de Medellín, a un costado de la margen derecho del rio Jamapa en las coordenadas geográficas 19°03'44.50" N, y 96° 09' 39.70" O, a una elevación de 12.00 M.S.N.M., integrada por las siguientes etapas de su tren de tratamiento:

- Pre-tratamiento.
- Reactor de lodos activados.
- Sedimentador secundario.
- Recirculación.
- Desinfección.

Tratamiento de lodos con:

- Digestión aeróbica.
- Lechos de secado.

Y para poder cumplir con las diversas etapas de tratamiento mencionado cuenta con la siguiente infraestructura:

- Caja de llegada y control.
- By-pass.
- Tanque de homogenización.
- Cárcamo de bombeo primario.
- Cámara de rejillas.
- Desarenadores hidráulicos.
- Cárcamo de bombeo de agua cruda.
- Reactores biológicos aeróbicos.
- Sedimentadores secundarios.
- Cárcamo de recirculación y purga de lodos.
- Digestor aerobio de lodos.
- Lechos de secado.
- C.C.M. (caseta de control y maquinaria).
- Caseta de operación.

En la reactivación de la planta de tratamiento de agua residual, resulta de gran importancia el visualizar la afectación que puede generar la construcción de una planta de tratamiento de agua residual a su entorno, la cual será beneficiosa, siempre y cuando, se sigan los procedimientos adecuados para el análisis de impacto ambiental. La descarga de aguas residuales, previo tratamiento, deberá realizarse en un emisor de salida que descargará finalmente en el río Jamapa. A este respecto, de acuerdo, a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-

1996, “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”, a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en sus artículos I fracción VI, artículo 117 fracciones I a la V “que establecen los criterios para prevenir la contaminación por aguas residuales de origen urbano” ; y a la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en sus artículos 84,85 y 95, “que marcan los criterios de prevención y control de la contaminación del agua y normas técnicas residuales de origen urbano”, es necesario que el efluente lleve una calidad lo suficientemente alta que limite al mínimo la contaminación del cuerpo de agua receptor (río Jamapa).

1.8 Proceso y operación del proyecto.

El objetivo de esta planta es de tratar las aguas residuales que provienen de las zonas urbanas de Medellín de Bravo, Ver. Que para nuestro caso son consideradas como tipo domésticas.

El proceso que se habla es de lodos activados de tipo biológico, en la modalidad de aireación por difusión, que tiene la ventaja de efectuar en conjunto con el tratamiento del agua, un tratamiento aerobio de los lodos, de manera que estos puedan retirarse sin causar problemas en el lugar donde sean depositados, con este tipo de planta y la operación adecuada se puede obtener una reducción de la DBO₅ de 90-95%, logrando con esto tener una eficiencia, que nos permita cumplir con las Normas Mexicanas que nos rigen en los parámetros de descarga a cuerpos receptores.

El proceso en mención consta inicialmente de: un sistema de desbaste conformado por dos rejillas, los cuales tienen la función de retener los sólidos gruesos, que pudieran llegar a dañar los equipos. Posteriormente el agua es

almacenada en un cárcamo de bombeo, del cual mediante una bomba sumergible es enviado hacia los tanques aireadores, siendo el objetivo principal de este tanque, el de suministrar el oxígeno necesario para la oxidación biológica, así como el de mantener los lodos en suspensión por medio de la agitación producida por turbinas movidas por sopladores. El agua así tratada se hace llegar a los tanques clarificadores a través de su cono central y se recolecta en la periferia exterior para su salida.

Los lodos son dirigidos hacia el centro del mismo, para de ahí ser sacados y mandados al cárcamo de lodos de donde son bombeados posteriormente al digestor de lodos y al tanque según sea necesario. En el tanque digestor se efectúa la digestión biológica de los lodos mediante una forma aerobia.

El tanque de contacto de cloro está previsto para hacer reaccionar el hipoclorito o cloro gaseoso, con el agua tratada procedente del clarificador, impartiendo a esta, características organolépticas aceptables.

Finalmente el agua tratada será conducida al río Jamapa por dos efluentes, uno será el efluente principal y el efluente auxiliar, solo se usará cuando se presenten problemas en el efluente principal. En ocasiones el agua tratada será requerida para riego en áreas verdes, escuelas, entre otros lugares.



FIGURA 4. Localización de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.

1.9 Objetivo y alcance del proyecto.

Objetivo

Los objetivos principales de una planta de tratamiento de aguas residuales son:

- Proteger la salud pública y los ecosistemas.
- Reducir el consumo de agua de calidad potable al rehusar el agua tratada en aquellas aplicaciones en las que no se requiere calidad potable.
- Reducir los efectos negativos en los cuerpos receptores.
- Control de la contaminación del agua para cumplir con la legislación vigente.

Alcance

El tratamiento de lodos activados es un sistema biológico, aeróbico, el cual aprovecha las relaciones metabólicas de los microorganismos para obtener un efluente de calidad aceptable, esencialmente removiendo aquellas sustancias que ofrecen una demanda de oxígeno. El alto crecimiento demográfico en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río-Medellín está orientando nuevos asentamientos hacia el Municipio de Medellín, por lo que es urgente reactivar la infraestructura de saneamiento para evitar la contaminación y riesgos a la salud. Con estas obras se evitará seguir contaminando ríos y arroyos aledaños a la localidad de Medellín de Bravo, Ver. y lograr el objetivo principal que es el saneamiento integral recolectando, conduciendo y tratando el agua para su vertido final sobre el río Jamapa. Se propone que todas las aguas negras generadas en las localidades del Tejar y Medellín de Bravo, sean integradas al emisor que las conducirá hasta la Planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en Medellín de Bravo. Por condiciones topográficas y otorgar más eficiencia a la planta de tratamiento, se

diseñaran dos estaciones de bombeo donde se encuentran cárcamos de bombeo conectados a una red de alcantarillado para las localidades mencionadas conectados con dicha planta. Para las aguas residuales industriales, la finalidad es eliminar o reducir la concentración de los compuestos orgánicos o inorgánicos. Al tratar el agua que ha de ser utilizada para fines agrícolas se pretende eliminar los nutrientes, tales como nitrógeno y fósforo, que son capaces de estimular el crecimiento de las plantas acuáticas.

Solución propuesta

Aceptada la necesidad de dar un tratamiento se procederá en su rehabilitación, lograr hacer un estudio de las alternativas de diversos procesos de tratamiento en el cual los parámetros de juicio más importantes son:

- En el proceso de diseño, poder seleccionar procesos de tratamiento simples, confiables, de eficiencia regular y sostenida.
- La facilidad de operación y mantenimiento, que aseguren una operación continua y sin problemas para personal no especializado.
- Personal muy bien preparado para la operación de equipos eléctricos.
- Uso del mínimo de equipo electro - mecánico, pudiendo éste ser seleccionado y/o reemplazado entre las varias líneas de fabricación nacional.
- El poder ahorrar energía eléctrica.
- Todo ello a traducirse en bajos costos de construcción, equipamiento y costos operacionales.

1.10 Fotografías de la planta de tratamiento de aguas residuales (abandonada).



Figura 5. Vista de los tanques aireadores donde se logra apreciar el daño debajo del pasillo elevado de operación.



FIGURA 6. Vista lateral de conjunto de la planta de tratamiento de aguas residuales.



FIGURA 7. Vista del pre-tratamiento y el cárcamo de bombeo de aguas residuales crudas.



FIGURA 8. Vista frontal de la caseta de operación y caseta de control y maquinaria.



FIGURA 9. Vista de daños en los tanques aireadores, clarificadores y digester de lodos desde el pasillo elevado de operación.

CAPITULO II FUNDAMENTOS EN LA REACTIVACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.1 Composición de las aguas residuales.

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO₅ y DQO. La DBO₅ es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20°C. De modo similar, la DQO es la cantidad de

oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución acida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de DQO es siempre superior al DBO_5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO_5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales. La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos.

2.2 Fuentes de contaminación del agua.

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan solo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas.

Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; el tratamiento terciario, el que seguidamente es filtrado y en el cual también, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y

métodos físicos químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costos operativos de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no solo de sus características comunes, como de la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. El control puede tener lugar allí donde se genera dentro de la planta; las aguas que pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizados o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

La agricultura, la ganadería comercial y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fosforo y materia consumidora de oxígeno y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías.

Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales.

2.3 Propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual.

Propiedades físicas:

El color de los afluentes urbanos produce cierto efecto sobre las aguas de aplicación cuando se siguen sistemas agrarios de tratamientos de las aguas residuales. Generalmente la coloración es indicadora de la concentración y composición de las aguas contaminadas, y puede ser del gris al negro. En la medida que éste es más intenso, la capacidad de absorción de energía solar es mayor, y ello redundará en una ligera elevación de las temperaturas del suelo. La temperatura de efluentes urbanos no plantea grandes problemas, ya que oscila entre 10°C y 20° C; facilita así el desarrollo de una fauna bacteriana y una flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en verano como en invierno, y en cualquier tipo de tratamiento biológico. El olor causado por la descomposición anaerobia es debido, a la presencia del ácido sulfhídrico, indol, escatoles, mercaptanos y otras sustancias volátiles, es eliminado por aireación o por aspersión del agua en los diferentes sistemas biológicos que se están tratando.

Propiedades químicas:

Las propiedades químicas de las aguas residuales son proporcionadas por componentes que podemos agrupar en tres categorías según su naturaleza: materia orgánica, compuestos inorgánicos y componentes gaseosos, conjunto que podemos reunir, a su vez, en dos grandes grupos:

- Sólidos en suspensión.
- Compuestos de disolución.

Tanto el grupo de suspensión como disolución, presenta una composición más o menos homogénea, en la que se encuentran, en forma predominante, las proteínas, los hidratos de carbono y algunos aceites y grasas.

También existen elementos, como el nitrógeno, que se encuentran bajo diferentes formas:

El nitrógeno orgánico puede aparecer como amonio, en los nitratos orgánicos y en los nitritos, siendo las dos primeras formas mayoritarias. La presencia de nitratos es muy importante cuando se aplican sistemas de vertidos a suelos. Y además, por la capacidad de eutrofización que desarrollan estos compuestos cuando aparecen en concentraciones elevadas en la parte superficial de los suelos. Otros elementos como el zinc, el cobre y el níquel son los metales que más contribuyen a acrecentar las cifras de elementos pesados, siendo el zinc el metal usado como referencia de toxicidad. El boro es el otro elemento que puede afectar mucho a los sistemas biológicos de tratamientos de aguas. Es esencial en la micronutrición vegetal, pero puede ser tóxico para muchos sistemas de fauna y flora que están presentes en los procesos de las aguas residuales.

Propiedades biológicas:

Es claro que el componente orgánico de las aguas residuales es un medio del cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el azufre, el carbono, el nitrógeno o el fósforo, entrando frecuentemente en consecuencia y eliminando los elementos que son fundamentales para los sistemas biológicos de tratamientos de las aguas residuales.

Este componente biológico se manifiesta fundamentalmente en 5 áreas diferentes:

- Descomposición de los compuestos orgánicos contenidos en las aguas residuales.

- Eliminación de determinados compuestos orgánicos que sean tóxicos para los vegetales y microorganismos del suelo.
- Desaparición de microorganismos patógenos.
- Participación de los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, del fósforo y del azufre.
- Reacciones de la materia orgánica transformada y del componente micro orgánico frente a los constituyentes minerales del suelo.

Un último aspecto del componente biológico de las aguas residuales, es la presencia de determinados virus, como pueden ser el adenovirus, enterovirus, hepatitis A, etc. Quienes aún en muy baja proporción respecto a bacterias y microorganismos en general, manifiestan enorme peligrosidad desde el punto de vista de protección a la salud.

2.4 Parámetros de control en el análisis fisicoquímico.

2.4.1 Temperatura

El concepto de temperatura se refiere a la propiedad termodinámica que determina la existencia o inexistencia de equilibrio térmico entre dos o más sistemas.

Esta propiedad influye notablemente en las características físicas y bioquímicas de los cuerpos de agua. Es por esto que es importante su determinación en cualquier intento de evaluar la calidad de las aguas. Su importancia puede resumirse bajo los siguientes aspectos:

- Es un elemento fundamental en el ciclo hidrológico, influyendo principalmente en la evaporación y transpiración.

- La temperatura de los cuerpos de agua influye directamente en los procesos de auto purificación de los desechos vertidos.
- La temperatura tanto del agua como del aire y otros factores climatológicos, gobiernan la disipación de calor de los cuerpos de agua, lo cual es especialmente importante cuando estos se encuentran sujetos a descargas térmicas.
- La temperatura del agua es importante para la conservación de la vida acuática.
- Parámetros físicos y químicos que tienen importancia sanitaria, tales como la densidad, la conductividad, el pH, etc., son influenciados por la temperatura.

Bajo condiciones naturales (sin fuentes de contaminación térmica), el medio meteorológico determina la temperatura de los cuerpos de agua. Estos pueden incrementar su temperatura principalmente por la radiación que proviene del sol y de la atmósfera de la tierra.

2.4.2 Potencial de hidrogeno (pH)

El símbolo pH representa el “potencial de iones hidrogeno” o “exponente de hidrogeno”, y ha sido adoptado universalmente por la comodidad que presta para expresar la concentración de iones de hidrogeno, o más precisamente, de la actividad del ion de hidrogeno, en moles por litro, sin necesidad de recurrir a anotaciones largas y complicadas; así por ejemplo, la concentración de dichos iones correspondientes a 1×10^{-8} , simplemente se indica por $\text{pH}=8$, la escala practica del pH comprende del 0, muy acido, al 14, muy alcalino con el valor promedio de 7 que corresponde a la neutralidad exacta de 25°C .

El tratamiento de aguas residuales y desechos industriales en el que se emplean procesos biológicos, el pH debe ser controlado dentro de un ámbito favorable a los

microorganismos. Tanto un pH elevado como bajo puede ser perjudicial, ocasionando la muerte de los peces y esterilidad general en corrientes naturales, e inactivando los microorganismos esenciales en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Los residuos de bajo pH son corrosivos para las estructuras de acero y concreto en los sistemas de vías acuáticas o de alcantarillado. Afortunadamente, los valores extremos de pH en aguas residuales se eliminan por neutralización.

2.4.3 Sólidos sedimentables

Este término se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentan por influencia de la gravedad; solo se sedimentan los sólidos suspendidos más gruesos con una gravedad específica mayor que la del agua. Los lodos son acumulaciones de sólidos sedimentables. Su medida es importante en ingeniería práctica para determinar la conducta física de las corrientes residuales que entran a las masas de agua naturales.

La determinación de sólidos sedimentables tiene aplicaciones muy importantes. Primero se usa extensamente en el análisis de aguas residuales industriales, para determinar la necesidad y el diseño de tanques de sedimentación primaria en plantas que emplean procesos de tratamiento biológico. Para determinar la eficiencia de las unidades de sedimentación es necesario realizar una prueba en forma amplia a las operaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales.

La prueba se efectúa ordinariamente en un cono de Imhoff, permitiendo un tiempo de sedimentación de 1 hora. Las muestras se deben ajustar casi a la temperatura ambiente, y deben llevarse a cabo en lugares en donde la luz directa del sol no interfiera con la sedimentación normal de los sólidos.

2.4.4 Sólidos totales

Este término se aplica al material que queda en un recipiente previamente tapado, después de la evaporación de una muestra determinada de agua y del secado subsecuente a una temperatura definida.

Las determinaciones de sólidos totales son ordinariamente de escaso valor en los análisis de aguas contaminadas y aguas residuales domesticas, debido a que son difíciles de interpretar con exactitud.

2.4.5 Sólidos suspendidos totales

La determinación de sólidos suspendidos totales es extremadamente valiosa en los análisis de aguas contaminadas y aguas residuales. Es uno de los mejores parámetros usados para valorar la concentración de las aguas residuales domesticas y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento. En el trabajo de control de la contaminación de corrientes, se considera que todos los sólidos suspendidos totales, son sólidos sedimentables, no siendo el tiempo un factor limitante. La sedimentación se espera que ocurra a través de la floculación biológica y química; de aquí que la medida de sólidos suspendidos se considere tan significativa como la DBO.

La determinación de sólidos suspendidos está sujeta a errores considerables si no se toman las precauciones adecuadas. Usualmente el tamaño de muestra limita a 50 ml o menos, debido a las dificultades encontradas para filtrar pruebas mayores. Esto a menudo requiere la filtración de 500 ml o más de muestras de agua residuales tratadas biológicamente o aguas ligeramente contaminadas.

2.4.6 Sólidos suspendidos volátiles y fijos

En la determinación del contenido volátil de sólidos suspendidos, las sales inorgánicas disueltas no se consideran, debido a que se eliminan durante el procedimiento de filtración. En análisis de lodos, los compuestos de amonio que existen principalmente como bicarbonato de amonio, se volatilizan completamente durante procedimientos de evaporación y secado, y no están presentes para interferir en la determinación de sólidos de volátiles.

Otras sales inorgánicas inestables presentes en lodos, están normalmente en tan pequeñas cantidades con relación a la cantidad de sólidos totales, que generalmente se ignora su influencia.

2.4.7 Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO), es una medida del equivalente de oxígeno de la fracción orgánica en la muestra que puede ser oxidada con permanganato o dicromato de potasio en solución ácida. Durante la determinación de la DQO, la materia orgánica se convierte en dióxido de carbono y agua sin importar si es biológicamente asimilable, como la glucosa; o no lo es, como la lignina. De aquí se deduce que la DQO siempre será igual o mayor que DBO, según haya materia orgánica asimilable o no.

La mayor ventaja de la DQO es la rapidez de su evolución, ya que su determinación puede hacerse en solo 3 horas contra los 5 días que requiere una determinación de DBO. Por esta razón se usa la DQO como un sustituto de la DBO en muchos casos.

2.4.8 Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y carbono orgánico total, son los parámetros que nos determinan la cantidad de materia orgánica presente en el agua; además nos pueden indicar la presencia de sustancias tóxicas y de sustancias orgánicas resistentes a la degradación biológica.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se define como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias para estabilizar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. El término biodegradable puede ser interpretado como la materia orgánica que puede servir como alimento de las bacterias, obteniéndose energía de la oxidación o estabilización de dicha materia.

No es posible establecer relaciones fijas entre la DBO y la DQO antes de que una muestra particular haya sido caracterizada por ambos parámetros en forma exhaustiva.

En estudios de ríos las relaciones de DQO/DBO en puntos de muestreo representativos dan información sobre las condiciones de este cuerpo de agua, localización de la contaminación, habilidad de la corriente de oxidar la carga orgánica y el grado relativo de estabilidad biológica.

En general se podría esperar que la DBO de las aguas residuales fuese aproximadamente igual a la DQO. Esto ocurre especialmente cuando se trata de aguas residuales. Lo anterior se debe:

- Muchos compuestos orgánicos que se oxidan con el dicromato no son biológicamente oxidables.
- Ciertas sustancias inorgánicas, tales como los sulfuros, sulfitos, nitritos y el hierro ferroso, crean demanda química de oxígeno.

2.4.9 Cloro residual libre

La determinación del cloro residual en aguas negras presenta problemas de distinto carácter que su cuantificación en aguas claras; por la presencia de compuestos orgánicos, el cloro residual se encuentra en estado combinado. Una cantidad considerable de cloro residual puede existir en esta forma, y al mismo tiempo, puede haber una apreciable demanda de cloro insatisfecha.

2.4.10 Nitratos

Los nitratos se encuentran en pequeñas cantidades en aguas residuales domésticas recientes. Sin embargo, raras veces se encuentra en efluentes de plantas de tratamiento debido a que los nitratos sirven como fuente de oxígeno en el agua residual inestable biológicamente. Los cloruros interfieren debido a su acción reductora.

2.4.11 Nitritos

Los nitritos son una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno. Pueden estar en el agua como resultado de la descomposición biológica de los materiales proteicos. Cuando está correlacionado con otros tipos de nitrógeno, puede indicar contaminación orgánica.

2.4.12 Nitrógeno amoniacal

Los análisis del nitrógeno se efectúan por diferentes razones. Se sabe que las aguas contaminadas tienen el poder de la auto purificación en un periodo determinado de tiempo, la posibilidad de contraer enfermedades por la injerencia del agua contaminada, que decrece con la temperatura.

Previo al desarrollo de las pruebas bacteriológicas para determinar la calidad del agua, las personas encargadas de conservar la salud pública dependieron de pruebas químicas para identificar la presencia de contaminación. Trabajos químicos con desechos de agua recientemente contaminada muestran que mucho del nitrógeno se encuentra en forma orgánica (proteínas) y amoniaco. A medida que pasa el tiempo el nitrógeno orgánico se convierte gradualmente a nitrógeno amoniacal y posteriormente si se encuentra en condiciones aerobias se oxida a nitratos y nitritos.

2.4.13 Fosfatos

El fósforo se encuentra en las aguas naturales únicamente en forma de diversos tipos de fosfatos.

Estas formas son comúnmente ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y polifosfatos) y fosfatos orgánicos. Pueden presentarse en forma soluble en partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Cantidades pequeñas de ciertos fosfatos condensados son agregados a algunos abastecimientos de agua durante el tratamiento.

Cantidades mayores de los mismos compuestos pueden ser agregadas cuando el agua se usa para el lavado u otro tipo de limpieza, puesto que estos materiales son constituyentes principales de muchas preparaciones comerciales de limpieza. Los ortofosfatos aplicados a la agricultura como fertilizantes, son llevados a las aguas superficiales con las corrientes de desagüe y en menor grado con el

deshielo. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en los procesos biológicos, por consiguiente llegan a las aguas de desecho como residuos de alimentos, o pueden formarse de los ortofosfatos en los procesos de tratamiento biológico o por la vida presente en el agua receptora.

El fósforo es un elemento que es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser a menudo, el nutriente que limita el crecimiento de ellos que un cuerpo de agua puede soportar. En casos en que el fosforo es un nutriente limitante del crecimiento, la descarga de aguas negras crudas o tratadas, del drenado agrícola o de ciertos residuos industriales a un agua receptora puede estimular el crecimiento, en cantidades molestas, de micro y macroorganismos acuáticos fotosintéticos.

2.4.14 Detergentes

Son muchas las dificultades causadas por un alto contenido de detergentes en las aguas de desecho. En primer lugar es indeseable la formación de espuma en los ríos desde el punto de vista estético, a su vez la toxicidad de los espumantes que contienen, representa un serio peligro a la flora y fauna acuática sin dejar de pensar que estas aguas al ser utilizadas para irrigación, afectan a los suelos y por consiguiente los cultivos. Otro problema que resulta de la formación de espuma en las corrientes, es que esta dificulta la transferencia del oxígeno atmosférico con el agua, lo que también ocurre en las unidades de aireación de plantas de tratamiento.

La toxicidad de los detergentes es mayor a medida que se incrementa la dureza de las aguas.

2.4.15 Grasas y aceites

El término “aceite” representa una amplia variedad de hidrocarburos de bajo peso molecular, de origen mineral, que abarca desde la gasolina hasta combustibles y aceites lubricantes. Diversos problemas son ocasionados por la grasa en el tratamiento de aguas residuales y el conocimiento de la cantidad presente de un desecho, es útil para prever dificultades en la operación de la planta; además los aceites y grasas imparten al agua sabor y olor desagradables, impiden la penetración de la luz en las corrientes y dificultan la auto purificación de las mismas.

Este tipo de contaminación altamente visible y estéticamente desagradable por lo que hace indeseable el agua para uso recreativo. También, dado que las grasas y aceites aumentan la viscosidad y densidad del agua, y por lo tanto, reducen la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua.

Algunas de las objeciones específicas al aceite contenido en el agua de las corrientes son:

- Interfiere con la aireación natural.
- Es tóxico para ciertas especies de peces y vida acuática.
- Ocasiona riesgos de incendio en un cuerpo receptor cuando se encuentra en cantidades elevadas.
- Destruye la vegetación a lo largo de las riberas dando lugar a la erosión.
- Impide el uso del agua en calderas y para enfriamiento.
- Provoca problemas en las plantas potabilizadoras sobre todo en los filtros.
- Sustancias activas al azul de metileno (detergentes).

2.4.16 Oxígeno disuelto

Todos los organismos vivientes dependen del oxígeno en una forma u otra para mantener el proceso metabólico que proporciona la energía necesaria a su crecimiento y reproducción. El oxígeno al igual que todos los gases, es soluble en el agua y esto hace posible la vida en ella. La baja solubilidad del oxígeno en agua es el factor principal que limita la capacidad de auto purificación de las aguas naturales; de ahí la necesidad que existe de dar tratamiento a los desechos líquidos, tanto domésticos como industriales. En los desechos líquidos, el oxígeno disuelto es el factor que determina el tipo de transformaciones biológicas que tienen lugar en su seno efectuadas por microorganismos aerobios o anaerobios, según haya presencia o ausencia de oxígeno disuelto. Los microorganismos aerobios usan el oxígeno disuelto para la oxidación de la materia orgánica e inorgánica produciendo sustancias finales inofensivas tales como bióxido de carbono y agua; en cambio los microorganismos anaerobios efectúan la oxidación utilizando el oxígeno de ciertas sales inorgánicas tales como los sulfatos y nitratos, siendo los productos de la reacción sumamente ofensivos.

Así, se observa que las mediciones de oxígeno disuelto, son de gran trascendencia para conocer la existencia de condiciones aerobias en las aguas naturales y ver la concentración mínima de oxígeno disuelto en el agua que permita el desarrollo de la vida acuática.

2.5 ¿Por qué la necesidad del tratamiento de las aguas residuales?

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La parte líquida de los mismos, a lo que llamamos aguas residuales, es esencialmente el agua que la comunidad desprende una vez que ha sido contaminada, durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. El tratamiento de las aguas residuales genera gastos considerables, en la mayoría de los casos, se evita. Al tratar el agua residual junto con el desarrollo de la urbanización y con la diversificación de los procesos industriales, un sin número de elementos químicos elaborados por la sociedad en el cual ya se puede mejorar este tratamiento. El agua residual urbana en la mayor parte está formada por la reunión de las aguas residuales procedentes del alcantarillado municipal, de las industrias asentadas en el casco urbano y esporádicamente de las aguas de lluvia que son recogidas por el alcantarillado.

La cantidad y calidad de los lodos generados por una planta de tratamiento dependen fundamentalmente de:

- Las características del agua residual tratada.
- Del proceso de tratamiento empleado.

2.6 Conceptos básicos y variantes en el proceso de lodos activados.

2.6.1 Proceso de lodos activados

Un proceso de lodo activado es un tratamiento biológico en el cual se agita y aérea una mezcla de agua de desecho y un lodo de microorganismos, y de la cual los sólidos se remueven y recirculan posteriormente al proceso de aireación, según se requiera. El pase de burbujas de aire a través de las aguas de desecho coagula los coloides y la grasa, satisface parte de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y reduce un poco el nitrógeno amoniacal. La aireación también puede impedir que las aguas de desecho se vuelvan sépticas en uno de los tanques subsiguientes de sedimentación. Pero si las aguas de desecho se mezclan con lodo previamente aireado y luego se vuelve a airear, como se hace con los métodos de tratamiento de aguas de desecho utilizando lodo activado, la efectividad de la aireación se mejora mucho. La reducción de la DBO y sólidos en suspensión en el proceso convencional del lodo activado que incluye predecantación y sedimentación final, puede variar desde 80 a 95% y la reducción de las bacterias coliformes de 90 a 95%. Además, el costo de construcción de una planta de lodo activado puede ser competitivo con otros tipos de plantas de tratamiento que producen resultados comparables. Sin embargo, los costos unitarios de operación son relativamente altos. El método del lodo activado es un tratamiento biológico secundario que emplea la oxidación para descomponer y estabilizar la materia putrescible que queda después de los tratamientos primarios. Otros métodos de oxidación incluyen la filtración, estanques de oxidación, y la irrigación. Estos métodos de oxidación ponen a la materia orgánica de las aguas de desecho en contacto inmediato con microorganismos bajo condiciones aerobias. En una planta convencional de lodos activados, las aguas de desecho que entran pasan primero por un tanque de sedimentación primaria. Se añade lodo activado al efluente del tanque, generalmente en la relación de 1, parte de

lodo por 3 o 4 partes de aguas negras decantadas, en volumen, y la mezcla pasa a un tanque de aireación. En el tanque, el aire atmosférico se mezcla por el líquido por agitación mecánica o se difunde aire comprimido dentro del fluido mediante diversos dispositivos; placas filtrantes, tubos de filtro, eyectores y Chorros. Con cualquiera de los métodos, se pone a las aguas negras en íntimo contacto con los microorganismos contenidos en el lodo. En los primeros 15 a 45 minutos, el lodo absorbe los sólidos en suspensión y los coloides. Según se absorbe la materia orgánica, tiene lugar la oxidación biológica.

Los organismos presentes en el lodo descomponen los compuestos de nitrógeno orgánico y destruyen los carbohidratos. El proceso avanza rápidamente al principio y luego decae gradualmente en las próximas 2 a 5 horas. Después continúa con un ritmo casi uniforme durante varias horas. En general el periodo de aireación dura de 6 a 8 horas más. El efluente del tanque de aireación pasa a un tanque de sedimentación secundaria, donde se retiene el fluido, en general de 1 a dos horas para decantar el lodo. El efluente de este tanque está completamente tratado, y después puede descargarse sin peligro. Cerca de un 25 a 35% del lodo del tanque de sedimentación final se regresa para la recirculación con las aguas negras de entrada. No debe retenerse el lodo en el tanque. Es necesaria la remoción parcial (a intervalos de menos de 1 hora) o la remoción continua para evitar la desaeración.

2.6.2 Componentes del sistema de lodos activados

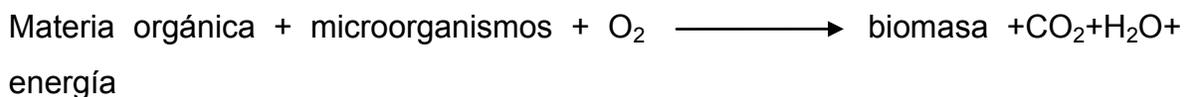
El proceso básico de lodos activados se integra de varios componentes que se interrelacionan entre sí:

- Tanque de aeración (uno o varios) diseñado para un mezclado completo o trabajar como flujo pistón.

- Fuente de aeración que permita transferir el oxígeno y proporcione la mezcla que requiere el sistema. La fuente puede ser un soplador con difusores, aeración mecánica o a través de la inyección de oxígeno puro.
- Sedimentador (uno o varios) para separar los sólidos (lodos activados) del agua tratada.
- Un mecanismo para recolectar los sólidos biológicos del sedimentador y recircular la mayor parte de ellos al reactor biológico o tanque de aeración, en lo que se conoce como recirculación de lodos activados.
- Un mecanismo para desechar el exceso de sólidos biológicos del sistema, lo que se conoce como purga de lodos.
- En una planta municipal típica, un proceso de lodos activados bien diseñado y operado puede alcanzar efluentes con 20 mg/l de DBO₅ y 20 mg/l de sólidos suspendidos. El proceso tiene capacidad para mayores eficiencias hasta de 10 mg/l de DBO₅ y 15 mg/l de SS. Para alcanzar valores menores a estos últimos, se requiere tratamiento avanzado.

2.6.3 Proceso de lodos activados en el proyecto

Este tratamiento biológico se desarrolla en un ambiente rico en oxígeno (aerobio), con microorganismos vivos y materia orgánica. Es similar al proceso biológico natural que se observa en las capas superiores del suelo que contiene gran variedad de microorganismos; la diferencia consiste en que el proceso de lodos activados es un proceso controlado que mantiene a los microorganismos en un ambiente líquido. El mecanismo básico del sistema se representa de una manera simplista con la siguiente reacción biológica.



Los primeros microorganismos dirigen una parte de la materia orgánica absorbiéndola a través de su pared celular, produciendo ciertos productos de desecho, los que se utilizan como alimento por otros microorganismos. Este proceso de degradación acumulativa continúa hasta que la materia orgánica compleja original ha sido degradada y asimilada por la población biológica.

2.6.4 Control de lodos

La estabilización de lodos o control de lodos se hace para:

- Reducir los patógenos.
- Eliminar los olores desagradables.
- Inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción.

La supervivencia de los patógenos, el desprendimiento de olores y putrefacción se producen cuando se permite que los microorganismos se desarrollen sobre la fracción orgánica del lodo. Existen cuatro medios para eliminar estas condiciones perjudiciales a través de la estabilización:

- La reducción biológica del contenido volátil.
- La oxidación química de la materia volátil.
- La adición de productos químicos al lodo para hacerlo inadecuado para la supervivencia de los microorganismos.
- La aplicación de calor con objeto de desinfectar o esterilizar el lodo.

Las tecnologías disponibles para la estabilización del lodo incluyen:

- La oxidación con cloro.
- La estabilización con cal.
- El tratamiento térmico.
- La digestión anaeróbica.
- La digestión aerobia.

En la planta de tratamiento de aguas residuales en Medellín de Bravo, Ver. Se le da un tratamiento aerobio a los lodos. En la digestión aerobia, la digestión convencional del lodo se efectúa normalmente mediante proceso de una sola fase. En el proceso de una sola fase, la digestión, el espesamiento del lodo y la formación de sobrenadante se efectúan simultáneamente.

En un proceso de fase única se añade el lodo crudo en la zona en que el lodo se esté dirigiendo activamente y liberando gas. El lodo se calienta por medio de un intercambiador de calor exterior.

Cuando el gas sube hacia la superficie, arrastra consigo partículas de lodo y de otras materias, tales como grasas y aceites, dando lugar finalmente a la formación de una capa de espuma.

2.7 Objetivos específicos de eliminación y transformación en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Los objetivos específicos de eliminación y transformación son:

- De compuestos amoniacales y que contengan fósforo.
- De materia orgánica.
- De residuos, aceites, grasas, arenas, elementos flotantes y evacuación a punto de un destino final adecuado.
- De materias decantables orgánicos o inorgánicos.
- Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

2.8 Los re-usos del agua tratada.

Los principales re-usos del agua tratada son:

- Para riego (más utilizada).
- Para proceso en la industria.

El uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura constituye una de las herramientas más valiosas que tienen los países en vías de desarrollo para controlar la contaminación y hacer frente al reto que constituye incrementar la producción agrícola con un recurso hídrico escaso.

Las aguas residuales constituyen un problema sanitario, pero a su vez un recurso muy apreciado para el riego y piscicultura, de gran valor económico en áreas desérticas o con estiajes prolongados.

Los nutrientes presentes en las aguas residuales tienen valor como fertilizantes y aumentan el rendimiento de los cultivos, estos nutrientes se conservan en el protoplasma de las algas al tratar las aguas residuales en lagunas de estabilización.

Los tóxicos y microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales pueden causar efectos nocivos a la salud y/o a los cultivos, si no se utilizan el tratamiento y manejo adecuados.

Algunas sustancias presentes en las aguas residuales pueden resultar perjudiciales a los suelos, a corto, mediano o largo plazo, si no se toman las medidas correctivas apropiadas.

La aplicación de aguas residuales, crudas o previamente tratadas, al suelo, campos de cultivo, o estanques de piscicultura constituyen en si un tratamiento adicional que mejora a la calidad de las mismas.

2.9 ¿Que se tiene en cuenta para reactivar una planta de tratamiento de aguas residuales?

- Presentar una estimación del caudal de desagüe proyectada en el horizonte del proyecto (20 años).
- Determinar qué sustancias podrían causar problemas en una planta de tratamiento.
- Indicar posibles ubicaciones para las unidades de una futura planta de tratamiento.

En la ubicación todas las instalaciones en el plano a una escala apropiada, incluir todos los edificios, cuarto de maquinas, accesos, jardines, etc.

- Considerando el tema de re-uso, indicar el tipo de re-uso se le daría al efluente tratado.
- Presentar un diagnostico sobre los daños en las partes estructurales de la planta si es posible demoler o en su caso para un futuro re-uso.

En el trabajo se analizan:

- Normas ambientales para aguas receptoras, las cuales establecen los límites permisibles de diversos parámetros.
- Caudal de desagüe proyectado y cálculo de caudal de agua residual, incluyendo agua de lluvia.
- Sustancias que podrían causar problema en la planta de tratamiento.

2.10 Descripción del tren de tratamiento.

- Pre-tratamiento
- Cárcamo de bombeo
- Tanques aereadores
- Tanques sedimentadores
- Tanque de contacto
- Digestor de lodos
- Lechos de secado

2.10.1 Pre-tratamiento

El pre-tratamiento tiene como finalidad eliminar todo el material sólido grueso contenido en las aguas negras tales como grasas, natas, papel, plástico, tela, etc...

El objetivo de separar todo el material sólido es evitar que este se introduzca al reactor y ocasione problemas posteriores de taponamiento o de interrupción normal del flujo del agua residual a tratar.

2.10.2 Cámara de rejillas

Las dos rejillas que se colocaron para interceptar los sólidos gruesos flotantes que van en el agua residual que recibirá tratamiento, son de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ " soportadas en un ángulo de fierro de $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ ".

La separación entre barras de cada una de las rejillas es de $\frac{3}{8}$ ".

Estas rejillas se instalaron en una cámara, en la cual la velocidad mínima de flujo es de 0.6 m/seg.

Así mismo la velocidad máxima de paso entre las rejillas para evitar destrampe es de de 0.75 m/seg.

Las barras que forman las rejillas se colocan verticalmente con una inclinación respecto a la horizontal de 45° a 60°; el bordo del canal no es menor de 40 cm.

Los sólidos que se obtendrán a partir de las limpiezas de las rejillas deberán ser depositadas en el lecho de secado y una vez deshidratados deberán ser depositados en el relleno sanitario municipal. Una vez que el agua residual haya pasado a través de las rejillas y esté libre de materiales gruesos en suspensión pasara a la siguiente etapa.

2.10.3 Canales desarenadores

La función de los canales desarenadores dentro del parámetro es la de detener la arena, grava y otras partículas pesadas que pudieran ser acarreadas por las aguas negras.

El objetivo básico final es que estos sólidos sedimentables de mayor gravedad específica no alcancen a llegar a la cámara de aireación evitando sedimentación de la misma. A sí mismo, los canales desarenadores que son 2 en paralelo, con la finalidad de facilitar el mantenimiento de las mismas.

La velocidad de circulación del agua residual a través de los canales es de 3 m/seg. La velocidad del agua en el desarenador se controla mediante un vertedor situado al final del canal.

Los sólidos que eventualmente se obtengan en el canal desarenador también serán depositados y almacenados en el lecho de secado de la planta de tratamiento.

2.10.4 Cárcamo de bombeo

Una vez que el agua residual pre-tratada salga del canal desarenador será enviada aun cárcamo de bombeo cuya columna de agua útil será de 1.50 m de altura.

En este cárcamo se encuentran colocadas dos bombas con una capacidad de bombeo de 4.5 l.p.s. c/u.

El hecho de calcular 4.5 l.p.s es por lo siguiente: a los 4.5 l.p.s de agua residual no se les agregara el 20% de caudal debido a la recirculación de lodos ya que existirá un equipo para tal fin. El cárcamo de agua cruda se sugiere que su tiempo de residencia sea 30 min. Para regular convenientemente las fluctuaciones del caudal.

Calculo del volumen del cárcamo de bombeo de agua cruda:

$$V=QT_r$$

$$T_r=30\text{min}$$

$$v=\frac{4.5 \text{ l.p.s} \times \text{m}^3 \times 30 \times 60 \text{ seg}}{1000 \text{ lt}}=8.1\text{m}^3$$

$$V=8.1\text{m}^3$$

2.10.5 Tanques aereadores

Los tanques de aireación reciben el agua pre-tratada proveniente del cárcamo de bombeo. Este se encuentra libre de partículas pesadas y de sólidos gruesos en suspensión.

El tanque de aireación está construido en concreto y tiene un volumen útil de 350m^3 , suficiente para recibir el agua residual y los lodos reciclados. El tiempo de

residencia que se tomo en cuenta para diseñar los tanques de aireación fue de 18 hrs.

La carga orgánica considerada fue de 0.220 kg/m

Por $13399.7\text{m}/\text{dia}=307.9\text{ kg}/\text{dia}$ y la carga volumétrica considerada fue de:

$C_v=0.26\text{ kg DBO x m}$

El oxígeno necesario requerido lo aportan 2 motores de 7.5 hp y un sumergible de 7 hp donde los primeros se encargaran de mover turbinas con doble impulsor, para hacer la aireación y suspensión de la materia orgánica.

2.10.6 Tanques sedimentadores

El tanque sedimentador también llamado clarificador se diseño para sedimentar y detener la mayor parte de los floculos provenientes del tanque de aireación. Estos floculos o lodos deberán ser enviados al cárcamo de bombeo para su recirculación en el sistema.

Los clarificadores son dos tanques cilíndricos con flujo ascendente y derramador perimetral. Las medidas superiores de los 2 clarificadores, son de 2.86 m de diámetro por 5.8 m, la altura útil es de 5.5 m.

El tiempo de retención hidráulica de los clarificadores es de 4.3 horas.

2.10.7 Tanque de contacto

Antes de que las aguas residuales tratadas sean descargadas a un efluente de aguas negras, esta agua es desinfectada mediante cloro gaseoso.

El tanque de contacto tiene un tiempo de residencia de 15 minutos.

2.10.8 Digestor de lodos

Finalmente se encuentra instalado un digestor de lodos para disminuir la carga orgánica de los lodos que se obtengan en el clarificador de la planta de tratamiento.

El tiempo de residencia que trabaja este reactor es de entre 20 a 25 días, según el grado de producción de lodos en la planta de tratamiento. El efluente que se obtenga a la salida del digestor de lodos será colocado en los lechos de secado.

CAPITULO III CÁLCULO POBLACIONAL Y ESTIMACIÓN DE LOS FLUJOS DEL DISEÑO

3.1 Evaluación poblacional del proyecto.

La evaluación poblacional estará subordinada al desempeño de los grupos socioeconómicos residenciados en el entorno al proyecto de “Reactivación de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.”

El suministro de agua potable para su consumo doméstico se someterá a las Normas y Especificaciones Oficiales de la Comisión Nacional del Agua.

A continuación se enlistan los grupos socioeconómicos integrados al proyecto así como el desarrollo de los diferentes cálculos tanto poblacionales como de dotación de agua potable para su consumo doméstico.

- Grupo A casa - habitación
- Grupo B estacionamientos
- Grupo C área comercial
- Grupo D área recreativa
- Grupo E hotel y cuarterías

TABLA 7. Evaluación poblacional para la clase socio-económica poblacional de las localidades del Tejar y Medellín de Bravo Ver.

EVALUACIÓN POBLACIONAL PARA LA CLASE SOCIO-ECONÓMICA POBLACIONAL DE LAS LOCALIDADES DEL TEJAR Y DE MEDELLÍN DE BRAVO, VER.			
CONCEPTO	Nº DE CASAS	DENSIDAD POBLACIONAL	POBLACION
CASA HABITACION	5430	5 Hab./ casa-hab.	27,150
TOTAL DE POBLACIÓN SOCIOECONÓMICA HABITACIONAL			27,150 HAB.

3.2 Determinación del gasto hidráulico del proyecto.

La determinación de los caudales de agua residual a eliminar de una determinada población, son de prioridad, imprescindibles, precisos y valiosos, en el momento de diseñar y calcular las instalaciones para su tratamiento y evacuación, orientados a la obtención de un proyecto adecuado a las necesidades de sus residuos domésticos.

3.2.1 Tipos de consumo del agua

- 1) **Consumo doméstico:** El uso doméstico del agua comprende el agua abastecida a zonas residenciales, comercios, instituciones y espacios recreacionales, y se mide a partir de controladores individuales. Los usos a lo que se destina incluyen el agua que se bebe, la usada para limpieza, higiene, fines culinarios, evacuación de residuos, y regado de jardines y zonas verdes particulares. En una población promedio se puede decir que se utiliza más de una tercera parte de la dotación de agua para uso doméstico.

- 2) **Consumo industrial:** La cantidad de agua con que los municipios abastecen a las industrias para uso en los diferentes procesos de producción presenta una gran variabilidad. Las industrias grandes consumidoras de agua, como refinerías, las químicas y las alimenticias y refresqueras, suelen abastecerse al margen de las redes públicas de abastecimiento de agua. En cambio, industrias cuyas necesidades y consumos son bastante menores, como las dedicadas a productos de tecnología, sí se abastecen a través de las redes públicas.

- 3) **Servicio público y mantenimiento de infraestructuras:** El agua destinada a los servicios públicos representa el menor de los componentes del uso público del agua, e incluye el abastecimiento de los edificios públicos, la irrigación de espacios verdes municipales, y el mantenimiento de infraestructuras.

- 4) **Pérdidas en la red y fugas:** Con este término englobamos los usos y conexiones no autorizadas.

3.2.2 Determinación del caudal del agua residual

Para la determinación del caudal de aguas residuales generadas por el sector poblacional, se estimará el consumo de agua potable, y luego se multiplicará por un factor, mencionado anteriormente para poder así estimar el caudal de agua residual del proyecto.

3.2.3 Determinación del caudal de agua residual en función de la aportación del agua potable para su consumo doméstico.

En las tablas N° 16 y N° 17 de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) se dan los consumos domésticos Per Cápita por clima y clase socioeconómica, para nuestro proyecto, se consideró de 230 litros por habitante por día, basándose en el clima de la región y el factor socioeconómico preponderante de la población.

La Comisión Nacional del Agua proporciona las siguientes tablas sobre la aportación de agua potable para su consumo "Per Cápita".

TABLA 8. Tabla N°16 de CONAGUA.

TABLA N° 16 CONAGUA			
CONSUMO DOMÉSTICO PER-CAPITA			
CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA		
	lts/ hab./ día		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMI-CALIDO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100

Nota: El clima se selecciona en función de la temperatura media anual
Tabla N° 17

TABLA 9. Tabla N° 17 de CONAGUA.

TABLA N° 17 CONAGUA	
CLASIFICACIÓN DE CLIMAS POR TEMPERATURAS ° C	
TEMPERATURA MEDIA ANUAL	TIPOS DE CLIMAS
MAYOR DE 22 ° C	CALIDO
DE 18 – 22 ° C	SEMICALIDO
DE 12 – 17.9 ° C	TEMPLADO
DE 5 – 11.9 ° C	SEMIFRÍO
MENOR DE 5 ° C	FRÍO

TABLA 10. Consumo de agua de la población socio-económico habitacional de las localidades del Tejar y Medellín de bravo, ver.

CONSUMO DE AGUA DE LA POBLACIÓN SOCIO-ECONÓMICO HABITACIONAL DE LAS LOCALIDADES DEL TEJAR Y MEDELLIN DE BRAVO, VER.					
USO DOMÉSTICO-MEDIA					
CONCEPTO	Nº DE CASAS	DENSIDAD DE POBLACION	POBLACIÓN	CONSUMO PER-CAPITA	CONSUMO M³ / DÍA
CASAS HABITACIÓN	5430	5 h / casa-hab.	27150	230 lts / hab / día	6,244.50
CONSUMO TOTAL NIVEL SOCIOECONÓMICO.				TOTAL	6,244.50
* SE TRABAJÓ CON UN CONSUMO PERCAPITA DE 230 LTS. / HAB. / DÍA. (SEGUN TABLA NUM 16 CONAGUA).					

En el sector comercial, el área comercial cuenta con 361 locales consignados al comercio y a la gastronomía, con una superficie por local de 150 M² destinados al área comercial y 120 M² destinados a la zona gastronómica.

En las tablas N° 18 y N° 19 de la Comisión Nacional del Agua se obtienen los consumos del uso del agua para los siguientes sectores comerciales.

TABLA 11. Tabla N° 18 de CONAGUA

TABLA N° 18 CONAGUA	
CONSUMO MINIMO EN COMERCIOS	
TIPO DE INSTALACIÓN	CONSUMO DE AGUA
OFICINAS(CUALQUIER TIPO)	20 LT/M ² /DIA
LOCALES COMERCIALES	6 LT/M ² /DIA
MERCADOS	100 LT/LOCAL/DIA
BAÑOS PUBLICOS	300 LT/BAÑISTA/REGADERA/DIA
LAVANDERIAS DE AUTOSERVICIO	40 LT/KILO DE ROPA SECA
CLUBES DEPORTIVOS Y SERVICIOS PRIVADOS	150 LT/ASISTENTE/DIA
CINES Y TEATROS	6 LT/ASISTENTE/DIA

TABLA 12. Tabla N° 19 de CONAGUA

TABLA N° 19		
CONSUMO EN HOTELES		
CLASIFICACION	CONSUMO EN HOTELES (LT/CUARTO/DIA)	
	ZONA TURÍSTICA	ZONA URBANA
GRAN TURISMO	2000	1000
4 Y 5 ESTRELLAS	1500	750
1 A 3 ESTRELLAS	1000	400

TABLA 13. Consumo de agua de uso doméstico en áreas comerciales y gastronómicas.

CONSUMO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO PARA LAS ÁREAS COMERCIALES Y GASTRONÓMICAS.					
CONCEPTOS	Nº DE LOCALES	CONSUMO POR LOCAL S/TAB. Nº 18	CONSUMO POR LOCAL COMERCIAL	CONSUMO TOTAL POR ÁREA COMERCIAL LTS./DÍA	CONSUMO TOTAL POR ÁREA COMERCIAL M³ / DÍA
LOCAL COMERCIAL	311 DE 150 M ²	6 L./M ² /LOC.	900 LTS./DÍA	279,900 LTS. / DÍA	280 M³ / DÍA
LOCAL GASTRONÓMICO	50 DE 120 M ²	6 L./M ² /LOC.	720 LTS./DÍA	36,000 LTS. / DÍA	36 M³ / DÍA

TABLA 14. Consumo de agua de uso domestico en Hotelería.

CONCEPTOS	Nº DE CUARTOS	DOTACIÓN	CONSUMO M³ / DÍA
HOTEL	24	400 LTS /CTO / DÍA	10
CONSUMO TOTAL USO DOMESTICO EN HOTELERÍA			10

El agua destinada a los servicios públicos representa el menor de los componentes del uso público del agua, e incluye el abastecimiento de los edificios públicos, la irrigación de espacios verdes municipales, estacionamientos y el mantenimiento de infraestructuras. En la tabla N° 35 de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) se obtienen los consumos del uso del agua, en el siguiente sector:

TABLA 15. Consumo de agua de uso doméstico de áreas recreativas y servicios públicos.

TABLA N° 35 CONSUMO DE AGUA USO DOMÉSTICO DEL TIPO COMERCIAL			
USO COMERCIAL – ÁREAS RECREATIVAS Y SERVICIOS PÚBLICOS			
CONCEPTOS	EXTENSIÓN SUPERFICIAL	DOTACIÓN	CONSUMO M³ / DÍA
AREA RECREATIVA Y SERVICIOS PUBLICOS	2,487.50 M ²	120 LTS./M ² /DÍA	296.4
CONSUMO TOTAL			296.4
* SE TRABAJÓ CON UN CONSUMO PERCAPITA DE 120 LTS. / M ² / DÍA. (SEGUN TABLA NUM 35 CONAGUA).			

3.3 Estimación del flujo de diseño.

A continuación se presenta una relación de los caudales obtenidos por abastecer a cada uno de grupos socioeconómicos, integrados en las localidades del Tejar y Medellín de Bravo. Ver.

TABLA 16. Abastecimiento total de agua potable para cada uno de los grupos socio-económicos que conforman las localidades del Tejar y Medellín de Bravo, Ver.

ABASTECIMIENTO TOTAL DE AGUA POTABLE PARA CADA UNO DE LO GRUPOS SOCIO-ECONÓMICOS QUE CONFORMAN LAS LOCALIDADES DEL TEJAR Y MEDELLIN DE BRAVO, VER.	M³ / DÍA
CASAS HABITACIÓN	6,244.50
COMERCIAL	280.00
COMERCIAL GASTRONÓMICO	36.00
COMERCIAL HOTELERÍA	10.00
ÁREA RECREATIVA Y SERVICIOS PÚBLICOS	298.5
TOTAL	6,869.00

En la obtención del consumo total de agua potable, se multiplicara por el factor de 0.80 (CONAGUA) para el cálculo de la generación de agua residual para el Municipio.

6,869.00 x 0.80% =	5,495.20 M³ / DÍA
---------------------------	-------------------------------------

3.4 Cargas contaminantes del proyecto.

- Materia orgánica fecal (98%)
- Detergentes (< 0.1 %)
- Jabones alcalinos (< 0.1 %)
- Grasas y aceites comestibles (Trazas)
- Hipoclorito de calcio (Trazas)
- Carbohidratos y proteínas de alimentos (Trazas)
- Biodegradantes de los detergentes (Trazas)
- Aceite de pino (Trazas)
- Emulsificantes de limpiadores (Trazas)
- Secuestrantes de dureza (EDTA) (Trazas)

CAPITULO IV DESCRIPCION Y DIAGNOSTICO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

4.1 Descripción y diagnostico general.

4.1.1 Caja de llegada

Consiste en una caja rectangular de concreto armado con medidas de 2.50 metros de longitud y 2.00 metros de ancho con muros de 25 cms, de espesor y una altura de 5.20 metros, esta caja tiene incrustada una tubería de concreto simple por donde llega el agua a tratar y dos tuberías de salida de las mismas características y el mismo diámetro, una siguiendo el sentido del escurrimiento de la tubería que conduce el agua residual hacia el tanque homogenizador de la planta de tratamiento, y la otra sirve para conducir el agua residual por el By-pass a un costado de la margen derecho del río Jamapa. Ambas tuberías de salida tienen su compuerta de control de características idénticas, es decir, son de placa de acero al carbón con dimensiones de 1.00 m x 1.00 m con su marco, contramarco, tornillo sinfín y volante de operación manual.



Figura 10. Caja de llegada.

DIAGNOSTICO

Esta estructura se encuentra en condiciones operables, es decir se encuentra en buenas condiciones. Sin embargo, ambas compuertas de operación y control existentes, requieren rehabilitación.

4.1.2 By-PASS

Consiste en una línea de conducción por gravedad de aguas residuales que está constituida con tubería de concreto simple de 38 cms de diámetro que conduce las aguas residuales desde la caja de llegada hasta la descarga final existente en la calle independencia en la margen derecha del río Jamapa. Este By-PASS, tiene como función desviar el flujo de aguas residuales excedentes, sobretodo en la temporada de lluvias, o desviar en caso de requerirse por mantenimiento en la planta de tratamiento.

DIAGNOSTICO

El estado que guarda esta línea de conducción se encuentra en buenas condiciones ya que incluso es por donde están circulando y descargando actualmente las aguas residuales crudas en la margen izquierda del río Jamapa, por lo que requiere rehabilitación, recomendado su desazolve, así como rehabilitar la estructura o lavadero de la descarga existente.

4.1.3 Homogenizador y cárcamo primario

Consiste en dos estanques circulares interconectados al centro por una tubería de concreto simple, los estanques tienen las siguientes características: 1.20 metros de diámetro y 6.00 metros de altura, tiene como función fundamentalmente, las de recibir las aguas residuales provenientes del drenaje sanitario y lixiviados de los lechos de secado de lodos ya mezclados, el propósito es hacerlos pasar por una primera rejilla manual de retención de sólidos para incorporar las aguas residuales ya homogenizadas con los lixiviados al segundo tanque, donde se encuentran

instaladas 2 bombas sumergibles para un gasto cada una de 5 litros por segundo, que tienen como función elevar dichas aguas hacia el sistema de pre-tratamiento.



FIGURA 11. Cárcamo primario.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, estos tanques circulares de concreto armado, están en buenas condiciones estructurales, por lo que solo se requiere de desazolve y limpieza. Sin embargo, para poderlos poner a funcionar, es necesario la reposición de los equipos de bombeo primario (2 equipos especiales para un gasto de 10 litros por segundo).

PRE-TRATAMIENTO

4.1.4 Cámara de rejillas

Consiste en un par de canales paralelos de concreto armado. Uno es de 60 cms de ancho y 1.30 metros de altura y el otro de 45 cms de ancho y 1.30 metros de altura, que en su primera parte tienen alojadas unas rejillas de acero al carbón con marco, contra marco y pichancha superior de 60 x 120 cms, con abertura entre barras de 2.0 cms, que sirven para retener basuras y sólidos de menor tamaño, para proteger los equipos de bombeo y evitar que se introduzcan al sistema de tratamiento de aguas residuales.



FIGURA 12. Cámara de rejillas.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, esta caja de concreto armado, está en buenas condiciones estructurales, por lo que solo se requiere su desazolve y limpieza. Sin embargo, para ponerla a funcionar, será necesario la reposición de ambas rejillas.

4.1.5 Desarenadores hidráulicos

Consiste en dos canales rectangulares paralelos, que tiene al final un vertedor rectangular que sirve para regular la velocidad de escurrimiento a 3 m/seg. Estos canales van almacenando la arena que se va quedando sedimentada en el fondo de los mismos, para después ser retirada la arena de manera manual. Es decir estos desarenadores trabajan un sistema combinado, uno se encuentra en operación y el otro en stand-by, cuando el que está en operación se satura el otro entra en operación y en el primero se drena toda el agua con la válvula de drenado y después se retira la arena de manera manual con pala en una carretilla para depositarla en el lugar de disposición para su almacenamiento temporal y poder después ser retirada hacia el sitio de disposición final.



FIGURA 13. Desarenadores hidráulicos

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, estos canales rectangulares de concreto armado, están en buenas condiciones estructurales, por lo que solo se requiere su desazolve y limpieza.

4.1.6 Cárcamo de bombeo de agua residuales crudas

Consiste en una estructura regular de concreto armado de 7.00 x 1.80 x 2.00 metros, donde se ubican 2 bombas sumergibles de operación automatizada con electro niveles con una capacidad individual de 5.0 litros por segundo.



FIGURA 14. Cárcamo de bombeo de agua residuales crudas.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, este estanque rectangular de concreto armado, está en buenas condiciones estructurales, solo requiere desazolve.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

4.1.7 Reactores biológicos aerobios

El proceso secundario de tratamiento, consiste en un proceso de lodos activados de la variante de mezcla completa, el sistema consiste en 8 tanques circulares de aireación en paralelo de concreto armado, es decir, dos trenes de 4 tanques cada unidad con capacidad de su gasto de 9.5 litros por segundo, como gasto de diseño y 11 litros por segundo, como flujo punta durante 2 horas diarias. El volumen total de los tanques de aireación es de 185.00 m³ y los cuales tienen las siguientes características dimensionales: diámetro 2.50 metros, altura útil 4.75 metros. Además, cada tanque tiene sus respectivos difusores de 9" ø cuyo objetivo específico es de suministrar oxígeno al agua residual, facilitando la operación de los microorganismos de degradar la materia orgánica.

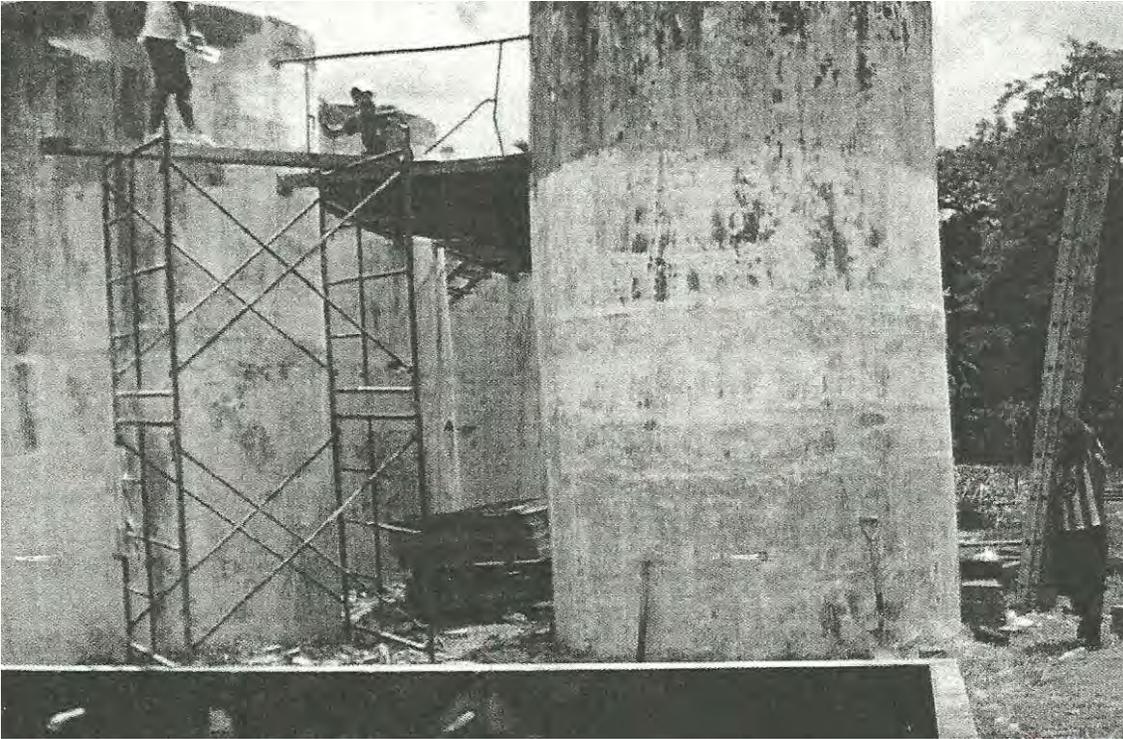


FIGURA 15. Reactores biológicos aerobios.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, estos 8 estanques circulares de concreto armado, están en buenas condiciones estructurales, pero será necesario efectuar resanes en la cara interna de cada uno de ellos para reparar algunas pequeñas grietas existentes. Además requieren desazolve, limpieza e impermeabilización en la cara interna. En cuanto al equipamiento, es necesario rehabilitar y reparar los difusores existentes y suministrar los faltantes que son de burbuja fina de 9" de diámetro.

4.1.8 Sedimentadores secundarios o clarificadores

Para el proceso de clarificación o sedimentación secundaria, se cuenta con 2 tanques de concreto armado, también circulares de 2.50 metros de diámetro interior y 4.75 metros de altura útil, los cuales tienen en el fondo su respectiva tolva de recolección de lodos (sedimentador), donde se sedimenta el lodo activado, que se elimina por la parte inferior para enviar entre un 25-75% hacia la recirculación y el excedente deberá ser enviado por presión hidrostática hacia el cárcamo de recepción de lodos. La recirculación al tanque aireador se realiza por bombeo regulado por dos válvulas de control, instalados en la parte inferior de ambos clarificadores. El agua clarificada sale por la parte superior y se derrama en un canal vertedor que permite una baja velocidad ascensional que evita el arrastre de los lodos ligeros. En la parte inferior del tanque clarificador se ubica una tubería de 6"Ø para enviar el lodo al Cárcamo de recepción de lodos, con la finalidad de enviarlos por bombeo al tanque de digestión aerobia de lodos excedentes.

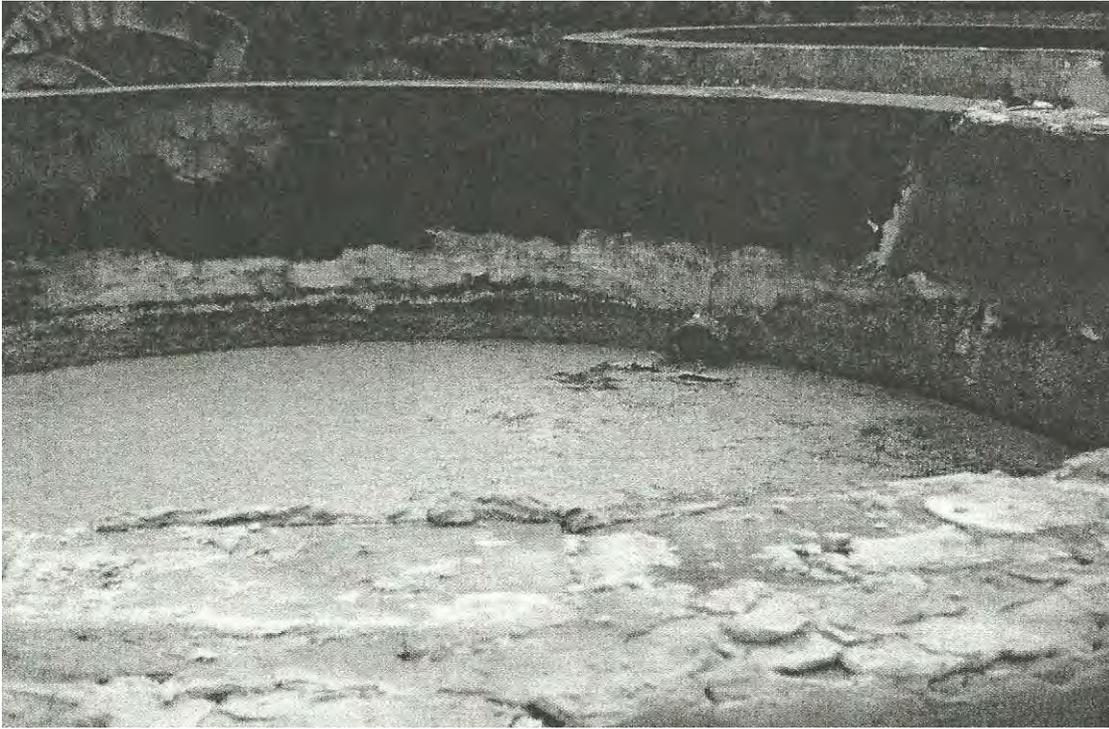


FIGURA 16. Sedimentador secundario.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, estos estanques circulares de concreto armado, están en buenas condiciones estructurales. En cuanto al equipamiento, es necesario suministrar e instalar los canales colectores centrales de agua clarificada.

4.1.9 Recirculación de lodos activados

Del fondo de cada clarificador, sale un tubo de acero al carbón de 6"Ø que se une en una cruz de Fo.Go. de 6"Ø donde se lleva instaladas 2 válvulas de control que regulan el porcentaje de lodos excedentes que purgan hacia el tanque de

digestión aerobia, el cual consiste en un pequeño cárcamo de concreto de forma cuadrada con las medidas siguientes: 1.00 x 1.00 x 1.30 metros, que tiene instaladas un par de bombas sumergibles, desde donde son enviados los lodos hacia el tanque de digestión aeróbica, para su respectivo tratamiento antes del secado.



FIGURA 17. Cárcamo de bombeo.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, este pequeño cárcamo de bombeo está en buenas condiciones estructurales, pero será necesario aumentar su capacidad útil a un 30%, también requiere desazolve, limpieza e impermeabilización en la cara interna. En cuanto al equipamiento es necesario suministrar e instalar los 2 equipos de bombeo necesarios para su correcta operación.

4.1.10 Tanque de desinfección (cloración)

Este tanque es de 17.00 m³ que tiene 3.10 m de largo, 2.50 m de ancho y 2.20 m de profundidad, que tiene una capacidad máxima de gasto de 9.5 litros por segundo, procedentes del modulo de sedimentación, con un tiempo de contacto de 30 minutos.

Para la desinfección se utiliza hipoclorito de sodio, aplicándose una dosificación media estimada de 5-8 mg/l. El consumo diario es de 32.0 kg/dia (lt/d).



FIGURA 18. Tanque de desinfección (cloración).

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, este estanque de contacto de cloración, está en buenas condiciones estructurales, en cuanto al equipamiento, es necesario suministrar e instalar todo el sistema de almacenamiento y dosificación de hipoclorito de sodio.

4.1.11 Descarga de agua tratada

La descarga final del agua tratada, consiste en una línea de concreto simple de 38 cms, de diámetro que descarga por gravedad, ésta recibe el agua tratada de manera directa de la tubería de acero de 6"Ø de la salida del tanque de cloración que cae hacia un registro de concreto simple, desde donde se envía el agua tratada hacia la descarga existente en el río Jamapa.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, esta línea de conducción de concreto simple de 38 cms de diámetro se encuentra en buenas condiciones.

4.1.12 Digestor de lodos

El proceso de tratamiento de lodos activados, consiste en un proceso de digestión aerobia a base de suministrar el oxígeno por medio de inyectores de aire, dicho proceso se efectúa en un tanque circular de concreto armado, con una capacidad de tratamiento de 24.0 m³/día como gasto de diseño, con las siguientes dimensiones: diámetro de 2.50 metros, de altura útil 4.75 metros. Además tiene sus respectivos difusores de burbuja de 7"Ø, los cuales van a suministrar oxígeno a los microorganismos con la finalidad de digerir los lodos excedentes.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, este estanque de concreto armado, está en buenas condiciones.

4.1.13 Lechos de secado

La parte final del proceso de tratamiento de lodos, consiste en un proceso de secado de lodos, en lechos de secado artificiales, el sistema consiste en 2 tanques rectangulares de concreto simple, con las siguientes dimensiones: longitud 7.00 metros, ancho 4.00 metros, altura útil 0.35 metros, estos lechos tienen un sistema de drenes en el fondo que captan los lixiviados de los lodos, y sobre estos drenes se encuentran empacados con material filtrante graduado, (gravas y arena), sobre los cuales se depositan los lodos para su filtración y secado por la acción de los rayos ultravioleta del sol.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, estos estanques de concreto simple están en buenas condiciones.

4.1.14 Infraestructura de operación y servicios

Esta planta de tratamiento para su operación y funcionamiento, cuenta con una caseta de maquinaria y control donde se alojan dos sopladores lobulares para la producción de aire requerido en el proceso, así como tableros con sus arrancadores de todos los equipos de bombeo. Además cuenta con una pequeña caseta de operación para resguardo de los operadores y resguardo de la bitácora de operación y mantenimiento, así como de sus implementos de trabajo y con medio baño para servicio de los operadores y visitantes.

DIAGNOSTICO

Desde el punto de vista de infraestructura de obra civil, estas tres pequeñas construcciones están en buenas condiciones.

4.2 Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el Municipio de Medellín de Bravo, Ver.

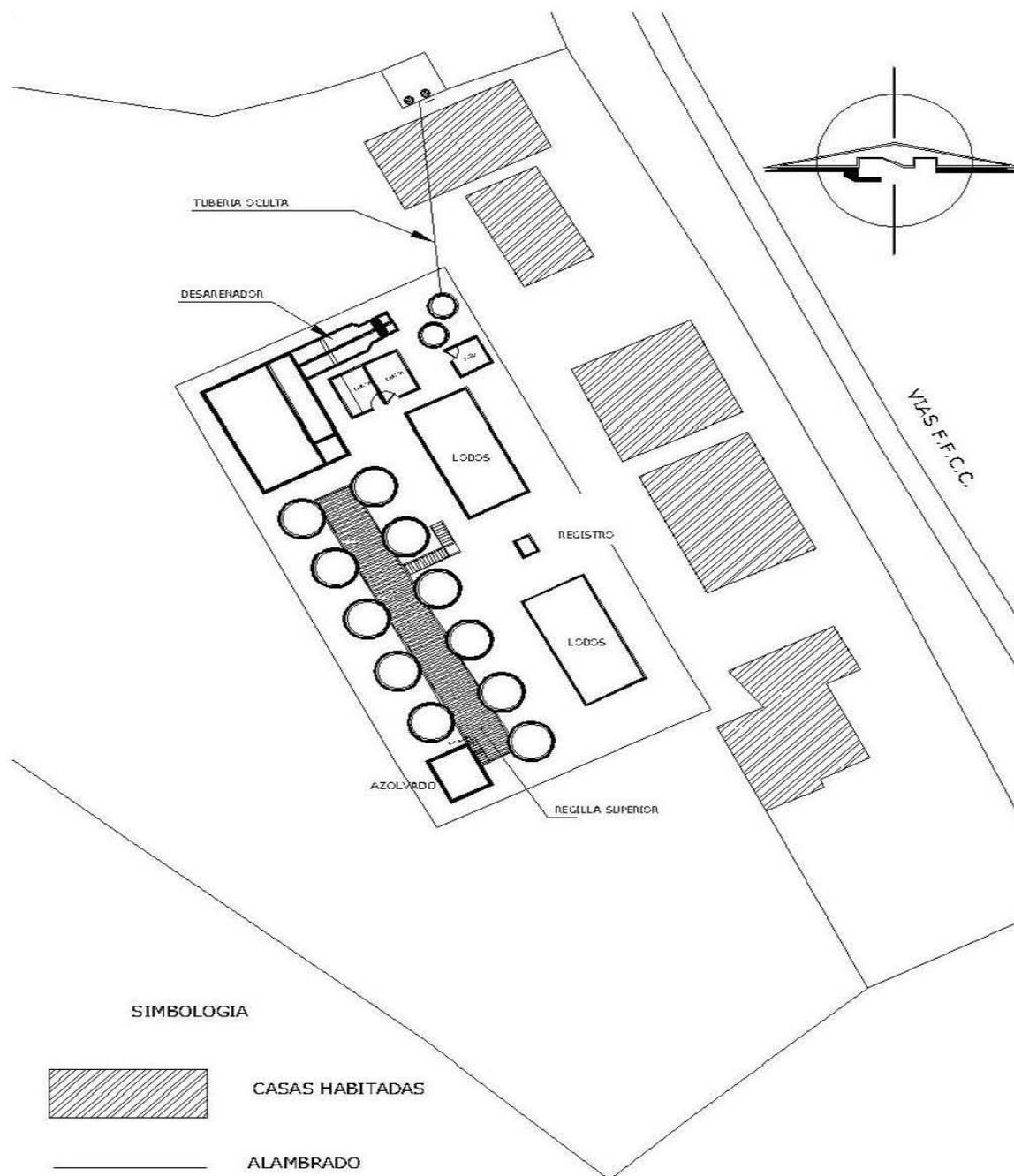


FIGURA 19. Plano de conjunto.

CAPITULO V PROYECTO PARA LA RED DE ALCANTARILLADO

5.1 Descripción de la infraestructura existente y de proyecto.

Las estaciones de bombeo en sistemas de almacenaje de aguas residuales, se diseñan normalmente para manejar aguas de alcantarillado en bruto que entran a través de tuberías subterráneas que vierten aguas por gravedad (tuberías que están tendidas con una pendiente tal que un líquido pueda fluir en una determinada dirección bajo los efectos de la gravedad).

Las aguas residuales entran y se almacenan en fosas subterráneas, conocidas normalmente como pozos húmedos. El pozo está equipado con instrumentación eléctrica para detectar el nivel de aguas residuales presentes. Cuando el nivel de las aguas residuales supera un punto determinado, se arrancará una bomba que comienza a levantar las aguas residuales y a desalojarlas a través de un sistema de tuberías presurizadas, desde donde las aguas residuales vuelven a ser descargadas en un pozo de registro por gravedad. Desde este punto, el ciclo vuelve a comenzar hasta que las aguas residuales alcanzan su punto de destino, normalmente una planta de tratamiento.

Mediante este método, las estaciones de bombeo se utilizan para desplazar las aguas residuales hasta un punto de mayor elevación. En el caso de que se produzca un caudal elevado de aguas residuales dentro del pozo (por ejemplo,

durante periodos de picos del caudal y días lluviosos) se ponen en marcha más bombas. Si todo ello resultara insuficiente, o en el caso de que se produjera una falla de la estación de bombeo, se puede producir una inundación en el sistema de tratamiento de las aguas residuales, provocando un desbordamiento.

Las estaciones de bombeo de las aguas residuales se diseñan normalmente para que una bomba o un grupo de bombas sean capaces de controlar las condiciones de picos de caudal. El sistema se construye también de manera redundante de tal forma que en el caso de que una bomba quedara fuera de servicio, la bomba o bombas restantes puedan manejar el caudal previsto. El volumen de líquido almacenado en el pozo húmedo entre las configuraciones de "bomba encendida" y "bomba apagada" se diseña para minimizar el número de arranques y paradas de la bomba, pero el tiempo de detección nunca se alargará tanto como para no permitir que las aguas residuales almacenadas en el pozo húmedo se infecten.

La infraestructura sanitaria existente, comprende la red de drenaje de las localidades del Tejar y Medellín de Bravo, que conducen sus aguas residuales hasta la Planta de Tratamiento. Actualmente la planta está fuera de servicio, por lo que las aguas se vierten sin tratamiento al río Jamapa, dentro de la zona urbana de Medellín de Bravo. El proyecto prevé que el área a servir no descargue las aguas residuales al río Jamapa, que tenga una infraestructura eficiente, funcional y que se integre al sistema de saneamiento integral de la zona de Medellín de Bravo y "el Tejar".

Como una primera etapa, se contempla la construcción de la red de Atarjeas de la Cabecera Municipal Medellín de Bravo mediante la construcción de 2,150.75 m de tubería de polietileno de alta densidad, se estima construir 41 pozos de visita tipo común y 2 cajas con caída adosada al pozo de visita y un cárcamo de bombeo.

5.2 Diseño y cálculo dimensional de la estación de bombeo de la localidad de Medellín de Bravo, ver.

Localidad:

Medellín de Bravo, Ver. (Cabecera municipal)

Población:

10,811 habitantes. (Datos proporcionados por el H. Ayuntamiento de Medellín de Bravo, Ver.)

TABLA 17. Determinación del gasto para la población de Medellín de Bravo, Ver.

CLASE SOCIOECONÓMICA	HABITANTES	DOTACIÓN (L/HABITANTE /DÍA)	APORTACIÓN (L/HABITANTE/ DÍA)	GASTO	
				(M ³ /D)	(LPS)
Medio	10,811	230	0.80	1,989.22	23.02
(10% de aportaciones en los grupos socioeconómicos: comercial, comercial gastronómica, comercial hotelera, y áreas recreativas).				198.93	2.30
TOTAL				2,188.14	25.33

Datos:

- $Q_{\text{maxinst.}} = 25.33 \text{ l.p.s.}$
 - $Q_{\text{maxinst.}} = 0.0253 \text{ m}^3/\text{s}$
- a) Se propone que el caudal “máximo instantáneo” sea la capacidad máxima del gasto del bombeo (G.M.B.).

- b) Que el gasto máximo de bombeo se module con 2 bombas (instalándose 3 bombas para operar 2 en condiciones normales quedando una de reserva), con igual caudal, de tal manera que las condiciones sean las siguientes:

Caudal de cada bomba:

$$Q_{\text{bomba}} = 0.0253/2 \approx 0.0126 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Volumen del cárcamo:

Para obtener el volumen de regulación, debemos considerar un tiempo de operación de 15 minutos para las 2 bombas que desalojan, con un buen margen, esto es con la finalidad de evitar septicidad por el tiempo que pudiese permanecer las aguas negras en el cárcamo de bombeo.

$$\text{Gasto de 2 bombas} = 2 \times 0.013 \text{ m}^3/\text{seg.} = 0.026 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

De acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_{\text{reg.}} = \text{Tope} (Q_{\text{máx. inst.}})$$

$$V_{\text{reg.}} = \text{Volumen de regulación (m}^3 \text{)}$$

$$Q_{\text{suma de B.}} = \text{Suma de gastos de dos bombas (m}^3/\text{seg)}$$

$$\text{Tope} = \text{Tiem} \text{po de operación de 2 bombas trabajando simultáneamente (seg)}$$

$$V_{\text{reg}} = 15 \text{ min} \times 60 \text{ seg/min} (0.0253 \text{ m}^3/\text{seg}) = 22.77 \text{ m}^3$$

Para este volumen el Tiempo de residencia (Tres) para el gasto máximo instantáneo es:

$$\text{Tres} = (V_{\text{reg}}/Q_{\text{maxinst.}}) = [22.77 \text{ m}^3 / (0.0253 \text{ m}^3/\text{seg} * 60 \text{ seg/min})] = 15 \text{ min}$$

Este tiempo está dentro del máximo de residencia de 30 minutos, que evita la septicidad del agua dentro del cárcamo, dado que el tiempo de residencia resultante de 15 min podemos bajarlo mas para evitar posibles malos olores ya

que la obra en cuestión se encuentra en una zona muy calurosa y cercana al río tomando como dato entonces 7.5 min.

$$V_{\text{reg}} = 7.5 \text{ min} \times 60 \text{ seg/min} (0.0253 \text{ m}^3/\text{seg}) = 11.4 \text{ m}^3$$

Para este volumen el Tiempo de residencia (Tres) para el gasto máximo instantáneo es:

$$T_{\text{res}} = (V_{\text{reg}}/Q_{\text{maxinst.}}) = [11.4 \text{ m}^3 / (0.0253 \text{ m}^3/\text{seg} \times 60 \text{ seg/min})] = 7.5 \text{ min}$$

El volumen mínimo de operación se calcula con:

$$V_{\text{mín.}} = (Q_{\text{suma de B.}} \times T_{\text{ciclo}})/2 = (0.0253 \times 60 \times 7.5)/2 = 5.69 \text{ m}^3 \approx 6 \text{ m}^3$$

Analizaremos ahora el volumen mínimo de operación $V_{\text{mín.}}$:

TII = Tiempo de llenado.

Tv = Tiempo de vaciado.

Qe = Gasto de entrada = $Q_{\text{maxinst.}}$

Qb = Gasto de la bomba.

En este caso el control de arranque de la bomba será con el volumen de operación mínimo de 6 m^3 .

- **Una bomba en operación**

$$T_{\text{II}} = V_{\text{mín}}/Q_e$$

$$T_{\text{vac.}} = (V_{\text{mín}}/(Q_b - Q_e))$$

$$T_{\text{II}} = (6/0.0253 \times 60) = 3.95 \text{ minutos.}$$

$T_{vac} = (6 / (0.013 - 0.0253)) \times 60 = -4.00$ minutos, por lo tanto no es factible una bomba en operación.

- **Dos bombas en operación**

Se deja el mismo volumen de operación mínimo de 6 m^3 .

$T_{II} = (6 / 0.0253 \times 60) = 3.95$ minutos.

$T_{vac} = 6 / ((2 \times 0.013) - 0.0253) \times 60 = 1.32$ minutos

$T_{op} = 3.95 + 1.32 = 5.30$ minutos.

Dimensiones del cárcamo de bombeo

Distancia del eje de la bomba al muro posterior: 0.50m (Dato deducido).

Volumen del cárcamo:

Será el volumen de regulación (V_{reg}), cuando opere el gasto máximo instantáneo con 2 bombas ($0.0253 \text{ m}^3/\text{seg}$) durante 15 minutos.

$V_{reg} = 7.5 \text{ min} \times 60 \text{ seg/min} [0.0253 \text{ m}^3/\text{seg}] = 12 \text{ m}^3$

Considerando un tirante de operación de 2.00m.

$$A = \frac{\text{VOLUMEN}}{\text{ALTURA (TIRANTE DE OPERACION)}} = \frac{12}{2} = 6 \text{ m}^2$$

Área = 6 m^2

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{Diámetro interior del cárcamo } \sqrt{4X \frac{6}{\pi}} = 2.76 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = \text{tirante} + 0.5\text{m} = 2.50\text{m}$$

$$\text{Altura total del cárcamo} = \text{prof.} + \text{esp. de losa} = 2.5 + 0.25 + 0.2 = 2.95\text{m}$$

Resumen:

Diámetro int. del cárcamo = 3.00 metros.

Altura de cárcamo = 2.95 metros

5.3 Diseño y cálculo dimensional de la estación de bombeo de la localidad del Tejar, ver.

Localidad:

El Tejar, ver.

Población:

16,249 habitantes. (Datos proporcionados por el H. Ayuntamiento de Medellín de Bravo, Ver.)

TABLA 18. Determinación del gasto para la población de el Tejar, Ver.

CLASE SOCIOECONÓMICA	HABITANTES	DOTACIÓN (L/HABITANTE /DÍA)	APORTACIÓN (L/HABITANTE/ DÍA)	GASTO	
				(M ³ /D)	(LPS)
Medio	16,249	230	0.80	2,989.82	34.50
(10% de aportaciones en los grupos socio-económicos: comercial, comercial gastronómica, comercial hotelera, y áreas recreativas).				298.98	3.46
TOTAL				3,288.80	38.06

Datos:

$$Q_{\text{maxinst.}} = 38.06 \text{ l.p.s.}$$

$$Q_{\text{maxinst.}} = 0.0381 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Se propone que el caudal “máximo instantáneo” sea la capacidad máxima del gasto del bombeo (G.M.B.).

- Que el G.M.B. se module con 2 bombas (instalándose 3 bombas para operar 2 en condiciones normales quedando una de reserva), con igual caudal, de tal manera que las condiciones sean las siguientes:

Caudal de cada bomba:

$$Q_{\text{bomba}} = 0.0381/2 \approx 0.0190 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Volumen del cárcamo:

Para obtener el volumen de regulación, debemos considerar un tiempo de operación de 15 minutos para las 2 bombas que desalojan, con un buen margen, esto es con la finalidad de evitar septicidad por el tiempo que pudiese permanecer las aguas negras en el cárcamo de bombeo.

$$\text{Gasto de 2 bombas} = 2 \times 0.0190 \text{ m}^3/\text{seg} = 0.0381 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

De acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_{\text{reg}} = T_{\text{oper}} (Q_{\text{máxinst.}})$$

$$V_{\text{reg.}} = \text{Volumen de regulación (m}^3\text{)}$$

$$Q_{\text{suma de B.}} = \text{Suma de gastos de dos bombas (m}^3/\text{seg)}$$

$$T_{\text{oper.}} = \text{Tiempo de operación de 2 bombas trabajando simultáneamente (seg)}$$

$$V_{\text{reg.}} = 15 \text{ min} \times 60 \text{ seg/min} (0.0381 \text{ m}^3/\text{seg}) = 34 \text{ m}^3$$

Para este volumen el Tiempo de residencia (Tres) para el gasto máximo instantáneo es:

$$T_{res} = (V_{reg}/Q_{maxinst.}) = [34m^3 / (0.0381 m^3/seg*60seg/min)] = 15 \text{ min}$$

Este tiempo está dentro del máximo de residencia de 30 minutos, que evita la septicidad del agua dentro del cárcamo, dado que el tiempo de residencia resultante de 15 min podemos bajarlo mas para evitar posibles malos olores ya que la obra en cuestión se encuentra en una zona muy calurosa y cercana al rio tomando como dato entonces 7.5 min

$$V_{reg} = 7.5min \times 60seg/min (0.0381 m^3/seg) = 17 m^3$$

Para este volumen el Tiempo de residencia (T_{res}) para el gasto máximo instantáneo es:

$$T_{res} = (V_{reg}/Q_{maxinst.}) = [17m^3 / (0.0381 m^3/seg*60seg/min)] = 7.5 \text{ min}$$

El volumen mínimo de operación se calcula con:

$$V_{min.} = (Q_{suma \text{ de B.}} \times T_{ciclo})/2 = (0.0381 \times 60 \times 7.5)/2 = 8.57 m^3 \approx 9m^3$$

Analizaremos ahora el volumen mínimo de operación $V_{min.}$:

T_{II} = Tiempo de llenado

T_v = Tiempo de vaciado.

Q_e = Gasto de entrada= $Q_{maxinst.}$

Q_b = Gasto de la bomba.

En este caso el control de arranque de la bomba será con el volumen de operación mínimo de $9 m^3$.

- **Una bomba en operación**

$$T_{II} = V_{\min}/Q_e$$

$$T_{vac.} = (V_{\min}/(Q_b - Q_e))$$

$$T_{II} = (9/0.0381 \times 60) = 3.93 \text{ minutos.}$$

$T_{vac} = (9/(0.0190 - 0.0345) \times 60) = -9.67$ minutos, por lo tanto no es factible una bomba en operación.

- **Dos bombas en operación**

Se deja el mismo volumen de operación mínimo de 9 m^3 .

$$T_{II} = (9/0.0345 \times 60) = 3.93 \text{ minutos.}$$

$$T_{vac} = 9 / ((2 \times 0.0190) - 0.0381) \times 60 = 1.31 \text{ minutos}$$

$$T_{op} = 3.93 + 1.31 = 5.24 \text{ minutos.}$$

Dimensiones del cárcamo de bombeo

Distancia del eje de la bomba al muro posterior: 0.50m (Dato deducido).

Volumen del cárcamo:

Será el volumen de regulación, cuando opere el gasto máximo instantáneo con 2 bombas ($0.0381 \text{ m}^3/\text{seg}$) durante 15 minutos.

$$V_{\text{reg}} = 7.5 \text{ min} * 60 \text{ seg/min} [0.0381 \text{ m}^3/\text{seg}] = 17 \text{ m}^3$$

Considerando un tirante de operación de 2.00m.

$$A = \frac{\text{VOLUMEN}}{\text{ALTURA (TIRANTE DE OPERACION)}} = \frac{17}{2} = 8.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = 8.5 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{Diámetro interior del cárcamo} \sqrt{4 \times \frac{8.5}{\pi}} = 3.30 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = \text{tirante} + 0.5 \text{ m} = 2.50 \text{ m}$$

$$\text{Altura total del cárcamo} = \text{prof.} + \text{esp. de losa} = 2.5 + 0.25 + 0.2 = 2.95 \text{ m}$$

Resumen:

Diámetro int. del cárcamo = 3.00 metros.

Altura de cárcamo = 2.95 metros.

La estación de bombeo de “El Tejar” en su primera etapa, las aguas residuales de la zona en estudio, que serán conducidas hasta la Planta de tratamiento de aguas residuales de futura reactivación, recibirá casi la misma cantidad de aguas residuales que la estación de bombeo ubicada en la cabecera municipal (anteriormente calculada), se dedujo por criterios técnicos se construirá de la misma manera. El objetivo del diseño de estas estaciones de bombeo es el establecer los criterios y procedimientos básicos de construcción, aplicables en las obras civiles y en la implementación de proteger la salud y evitar contaminar el medio ambiente.

5.4 Diseño estructural de los cárcamos de bombeo.

Las dimensiones del cárcamo serán de 3.00 m de diámetro interior, con muros de concreto reforzado de 2.95 m de alto y un espesor de 25 cm al igual que en la losa de fondo y espesor de 20cm en la losa tapa. La resistencia del concreto a utilizar será de un $f'c=250\text{kg/cm}^2$ y el límite de fluencia del acero de $f_y=4,200\text{kg/cm}^2$.

Las dimensiones del cárcamo de bombeo están en función del gasto de diseño y del equipo que se proponga instalar para conducir el agua potable mediante la línea de conducción. El espesor tanto de los muros como de la losa de fondo es propio de las características geométricas del cárcamo, diseño funcional y condiciones del subsuelo.

5.5 Selección de la bomba.

Por las características de este proyecto, se propone la instalación de 3 bombas sumergibles, 2 trabajando en forma simultánea y una más de repuesto. El gasto que bombearán los equipos en operación será el mismo, por lo que cada equipo bombeará el 50% del gasto de bombeo.

5.6 Muestreo de Control.

Cada semana se tomaran muestras de la entrada y la salida de la planta para determinarle los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, SST, pH, OD y grasas y aceites. Cada mes se determinaran los parámetros que marca la Norma Oficial Mexicana, NOM-001-ECOL-1996.

5.7 Mantenimiento general de las estaciones de bombeo.

5.7.1 Mantenimiento Eléctrico

- Las bombas sumergibles en operación se verifican eléctricamente, haciendo un muestreo mensual, y se observa su gasto de corriente diariamente.
- El mantenimiento preventivo a los tableros, de control, de energizado, de distribución de líneas y de control de la caseta, se hace cada mes.

5.7.2 Mantenimiento de Pintura

- El mantenimiento de las bardas y cárcamo de bombeo se hace cada seis meses y consiste en lavar, raspar y pintar con pintura preparada ó vinílica, y las franjas con esmalte.
- El mantenimiento de los portones, las tuberías, el puente, válvulas y los barandales, se hace diariamente, y cada seis meses pintado total.

5.7.3 Mantenimiento de Áreas Verdes

- La revisión y riego de los árboles y pasto se hace diariamente. El chapeo se hace por semana avanzando por secciones.

5.7.4 Mantenimiento de Caseta de control

- A la caseta de control, al baño, el almacén y al laboratorio, se les hace limpieza y lavado diariamente; el mantenimiento general se hace cada seis meses.

5.8 Presupuesto general y control de obra de la red de alcantarillado.

TABLA 19. Resumen general de presupuesto para la red de alcantarillado.

RESUMEN GENERAL DE PRESUPUESTO PARA LA RED DE ALCANTARILLADO					
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	RED DE ATARJEAS				\$3,219,533.01
2	CRUCE CON VÍA DE FERROCARRIL				\$405,750.92
3	PROTECCIÓN CÁRCAMO DE BOMBEO				\$30,729.88
4	CÁRCAMO DE BOMBEO DE AGUAS NEGRAS				\$269,232.06
5	COLECTOR				\$1,238,704.97

6	OBRA CIVIL				\$86,543.32
7	EQUIPAMIENTO MECÁNICO				\$418,928.88
8	EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO				\$1,083,732.41
9	CASETA DE CONTROL				\$117,922.72
SUBTOTAL					\$6,871,078.17
16% DE IVA					\$1,099,372.73
COSTO TOTAL DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO					\$7,970,450.67

El presupuesto general realizado de las estaciones de bombeo se debe a uno solo, ya que existe igualdad en el diseño, por criterios técnicos, el presupuesto general de la siguiente estación de bombeo será el mismo. El costo total de las dos estaciones de bombeo será de **\$15, 940,901.35**.

Para dar un mejor seguimiento a cada una de las actividades se realizara un programa de obra general para hacer la obra más eficiente y más eficaz en el avance de todas las actividades, para así evitar atraso alguno en dicha obra.

TABLA 20. Programa de Obra.

PARTIDA	1	2	3	4	5	6	7
	MES						
1 RED DE ATARJEAS							
3 CRUCE CON VIA DE FERROCARRIL							
5 PROTECCION CARCAMO DE BOMBEO							
6 CARCAMO DE BOMBEO DE AGUAS NEGRAS							
9 COLECTOR							
10 OBRA CIVIL							
11 EQUIPAMIENTO MECANICO							
12 EQUIPAMIENTO ELECTRICO							
13 CASETA DE CONTROL							

5.9 Ubicación de las estaciones de bombeo.

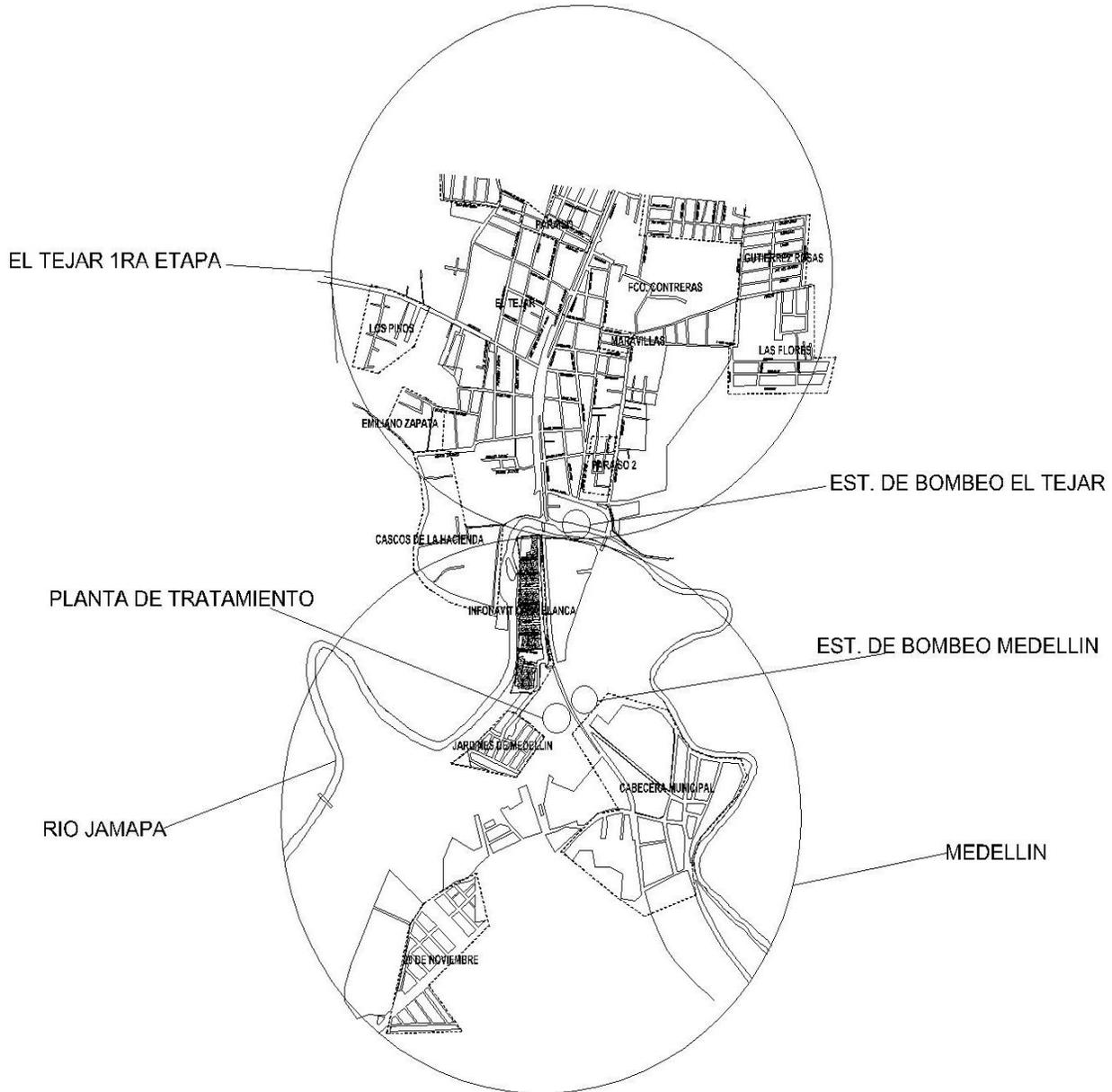


Figura 20. Ubicación de las estaciones de bombeo.

CAPITULO VI IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Evaluación ambiental del proyecto.

El estudio se ciñe a la recopilación de información y a la consulta a fuentes autorizadas, para obtener evidencias de la capacidad de generación de alteraciones por parte del proyecto y, de igual manera, conocer cuál es la capacidad de carga del ambiente del área donde se ubicará el proyecto.

El estudio debe permitir establecer propuestas de acciones de protección al ambiente y de corrección o mitigación de las alteraciones que pudieran producirse.

Con el proceso de evaluación de impacto ambiental integrado a la etapa de planeación de un proyecto de construcción donde se busca garantizar, de la mejor manera posible, el equilibrio del medio ambiente y la preservación de la salud y bienestar del hombre antes, durante y después de la construcción y puesta en marcha de un proyecto.

El objetivo inmediato de la evaluación del impacto ambiental es servir de ayuda en la toma de decisiones. Para ello, sus resultados habrán de presentarse con un orden lógico, de forma objetiva y fácilmente comprensible, de forma tal que los evaluadores que analicen el documento, encargados de sustentar la decisión de la

autoridad, determinen la conveniencia o su inconveniencia si fuera el caso de que el proyecto estudiado, se ponga en operación.

Los contaminantes de las aguas residuales, o aguas servidas domésticas, son los sólidos suspendidos y disueltos que consisten en: materias orgánicas e inorgánicas, nutrientes, aceites, grasas, sustancias tóxicas, y microorganismos patógenos.

Los desechos humanos sin un tratamiento apropiado, eliminados en su punto de origen o recolectados y transportados, presentan un peligro de infección parasitaria (mediante el contacto directo con la materia fecal), hepatitis y varias enfermedades gastrointestinales, incluyendo el cólera y tifoidea (mediante la contaminación de la fuente de agua y la comida). Cabe mencionar que el agua de lluvia urbana puede contener los mismos contaminantes, a veces en concentraciones sorprendentemente altas.

Cuando las aguas son recolectadas pero no tratadas correctamente antes de su eliminación o reutilización, existen los mismos peligros para la salud pública en las proximidades del punto de descarga. Si dicha descarga es en aguas receptoras, se presentarán peligrosos efectos adicionales. Si la descarga entra en aguas confinadas, como un lago o una bahía, su contenido de nutrientes puede ocasionar la eutrofización, con molesta vegetación que puede afectar a las pesquerías y áreas recreativas. Los desechos sólidos generados en el tratamiento de las aguas servidas (grava, cerniduras, y fangos primarios y secundarios) pueden contaminar el suelo y las aguas si no son manejados correctamente.

Los proyectos de aguas servidas son ejecutados a fin de evitar o aliviar los efectos de los contaminantes descritos anteriormente en cuanto al ambiente humano y natural. Cuando son ejecutados correctamente, su impacto total sobre el ambiente es positivo.

Los impactos directos incluyen la disminución de molestias y peligros para la salud pública en el área de servicio, mejoramientos en la calidad de las aguas receptoras, y aumentos en los usos beneficiosos de las aguas receptoras.

Los beneficios para la salud humana pueden ser medidos, por ejemplo, mediante el cálculo de los costos, en forma de los gastos médicos y días de trabajo perdidos

que resultarían de un saneamiento defectuoso. Los menores costos del tratamiento de agua potable e industrial y mayores rentas de la pesca, el turismo y la recreación, pueden servir como mediciones parciales de los beneficios obtenidos del mejoramiento de la calidad de las aguas receptoras.

En una región donde es grande la demanda de viviendas, los beneficios provenientes de proporcionar lotes con servicios pueden ser reflejados en parte por la diferencia en costos entre la instalación de la infraestructura por adelantado o la adecuación posterior de comunidades no planificadas.

Para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, se constituye por un conjunto de etapas y tareas a cumplir, que genéricamente, se concretan en los siguientes pasos:

- Descripción del proyecto o actividad a realizar: En esta etapa se analiza y se describe al proyecto o a la actividad, destacando, desde el enfoque ambiental, sus principales atributos y sus debilidades más evidentes.
- Desglose del proyecto o actividad en sus partes elementales: Esta tarea debe realizarse de manera uniforme y sistemática para cada una de las cuatro fases convencionalmente aceptadas: preparación del sitio, construcción, operación y abandono del proyecto. Deberá hacerse una prospección de las actividades relacionadas al proyecto y de aquellas otras que serán inducidas por él, siempre con el objetivo de identificar los impactos al ambiente.
- Descripción del estado que caracteriza al ambiente, previo al establecimiento del proyecto: En esta etapa se incluye el estudio del medio social y económico de la zona donde se establecerá el proyecto o donde se desarrollará la actividad.
- Elementos más significativos del ambiente: Este apartado resume la información que permite determinar el significado que tienen los elementos más relevantes del ambiente, previamente analizados, para su conservación.

- **Ámbito de aplicación del Estudio de Impacto ambiental:** El ámbito de aplicación del estudio definirá el alcance que tendrá éste, para cada uno de los elementos anteriormente descritos. Su incidencia o no con Áreas Naturales Protegidas o con Planes Parciales de Desarrollo Urbano o del Territorio, así como el cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas vigentes.
- **Identificación de impactos:** Con esta etapa, el estudio alcanza una de sus fases más importantes, se trata de definir las repercusiones que tendrá el proyecto o la actividad a realizar sobre el ambiente descrito y sobre sus elementos más significativos. Posteriormente, el análisis debe llegar a una concordancia que permita identificar, valorar y medir el efecto acumulativo del total de los impactos identificados.
- **Alternativas:** Si fuese el caso de que hubiese dos o más alternativas para el proyecto o para la actividad, éstas serán analizadas, valoradas sobre la base de su significado ambiental y seleccionar la que mejor se ajuste tanto a las necesidades del mantenimiento del equilibrio ambiental, como a los objetivos, características y necesidades del proyecto.
- **Identificación de medidas de mitigación:** La importancia de esta etapa debe ser evidenciada en el reporte final con la propuesta de medidas lógicas y viables en su aplicación.
- **Plan de vigilancia y control:** etapa del estudio que deberá definir los impactos que serán considerados en el plan de seguimiento y control; determinar los parámetros a evaluar los indicadores que habrán de demostrar la eficiencia del plan, la frecuencia de las actividades, los sitios y las características del muestreo, a menos que sean correctamente planificados, ubicados, diseñados, construidos, operados y mantenidos, es probable que los proyectos de aguas servidas tengan un impacto total negativo y no produzcan todos los beneficios para los cuales se hizo la inversión, afectando además en forma negativa a otros aspectos del medio ambiente.

6.2 solución a los problemas del medio ambiente.

Las instalaciones de tratamiento requieren tierra; su ubicación puede resultar en la repoblación involuntaria. Es más, las obras de tratamiento y eliminación pueden crear molestias en las cercanías inmediatas, al menos ocasionalmente. A menudo, las tierras y los barrios elegidos, corresponden a los "grupos vulnerables" que son los menos capacitados para afrontar los costos de la reubicación y cuyo ambiente vital ya está alterado. Se debe tener cuidado de ubicar las instalaciones de tratamiento y eliminación donde los olores o ruidos no molestarán a los residentes u otros usuarios del área, manejar la reubicación con sensibilidad, e incluir en el plan de atenuación del proyecto, provisiones para mitigar o compensar los impactos adversos sobre el medio ambiente humano.

CONCLUSIONES

De entre las distintas fuentes de contaminación que existen en nuestro planeta, en este trabajo de tesis he destacado la del agua por ser una de las más importantes. El tratamiento de las aguas residuales se está convirtiendo cada vez más en un objetivo a escala mundial.

En mi opinión, actualmente se está haciendo un gran trabajo que mejora cada día, pero no se le dedica toda la atención que debiera. Pero la mejora de las aguas no solo está en manos de unos pocos, todos podemos contribuir a reducir los niveles de contaminación. El problema no solo debe realizarse mediante el arreglo de lo que hemos estropeado (tratamiento del agua), sino que también debe de empezar por una educación y respeto hacia el medio ambiente.

La preocupación de reactivar una planta de tratamiento de aguas residuales se debe a los grandes asentamientos humanos en mi localidad. Se implantaron y optimizaron condiciones ya que se realizara la construcción de dos estaciones de bombeo en puntos ubicados topográficamente para brindarle más eficacia en la operación de dicha planta de tratamiento ya que el flujo es mayor al que estaba anteriormente diseñado.

Debido al caudal que se tratara en dicha planta, el Tejar en su constante crecimiento poblacional, en un futuro, la primera etapa se unirá con una segunda etapa, de lo que será necesario el diseño y construcción una planta de tratamiento de aguas residuales independiente en dicha localidad.

Actualmente se está llevando su reactivación, en la siguientes fotografías podremos apreciar y comparar con las fotografías de capítulo uno en el punto 1.10 el gran daño severo que existía en su instalaciones.

Hay que mencionar que Medellín de Bravo, Ver. Actualmente es uno de los principales sitios turísticos en la región por lo cual con estas obras se cuida el medio ambiente y la salud pública de los habitantes del municipio, ya que ahora evitaremos muchas enfermedades al descargar agua tratada y de calidad al río Jamapa.

“Cuidar el agua es cuidar nuestro futuro.”



FIGURA 21. Planta de tratamiento de aguas residuales en proceso de reactivación.



FIGURA 22.Vista de los tanques aireadores, clarificadores y digester de lodos desde el pasillo elevado de operación en su proceso de reactivación.



FIGURA 23.Vista del pre-tratamiento y el cárcamo de bombeo de aguas residuales crudas en su proceso de reactivación.

BIBLIOGRAFÍA

- López Ruíz R. Todos, Aguas Residuales Municipales y Biosólidos, México. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2003.
- Fair Gordon M., Water and Wastewater Engineering New York, 1958.
- Falcón C., Manual de tratamiento de aguas negras México, Limusa, 1994.
- Tebbutt.Y.H.T., Fundamentos de control de la calidad del agua, México, Limusa, 1994.
- Michael A. Winkler, Tratamiento biológico de aguas de desecho, México, Limusa, 1993.
- Metcalf y Eddy, Manual de tratamiento de aguas residuales, México, Mc Graw-Hill, 1996.
- Metcalf y Eddy, ingeniería de aguas residuales, Volumen I, Tratamiento, vertido y reutilización. 3ª Ed., España, Mc Graw-Hill, 1995.
- Metcalf y Eddy, ingeniería de aguas residuales, Volumen II, Tratamiento, vertido y reutilización. 3ª Ed., España, Mc Graw-Hill, 1995.

ENLACES ELECTRONICOS

- <http://www.conagua.gob.mx>.
- <http://www.m-e.aecom.com/>
- <http://www.construaprende.com/>
- <http://www.inegi.com/>
- <http://www.wikipedia.com/>