



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____

INDICE DE CONTENIDOS: INFORME DE ETAPA III: DISEÑOS FINALES

VOLUMEN I

1 Presupuesto

2 Especificaciones Técnicas Especiales

2.1 Especificaciones Técnicas Estructurales

VOLUMEN II

3 Memoria de Cálculo del Proyecto

3.1 Memoria de cálculo hidráulico de las redes y Estación de Bombeo

3.2 Memoria de cálculo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

3.3 Memoria de cálculo Eléctrica y Especificaciones (Archivos Digitales)

3.3.1 Memoria de cálculo de Eléctrico de la EB

3.3.2 Memoria de cálculo de Eléctrico de la PTAR



3.4 Memoria de cálculo Estructural (Archivos Digitales)

3.4.1 Memoria de cálculo Estructural de la PTAR

3.4.2 Memoria de cálculo Estructural de la EB

3.5 Informe de Geotecnia

VOLUMEN III

4 Viabilidad Ambiental del Proyecto

VOLUMEN IV

5 Evaluación Financiera y Social

VOLUMEN V

6 Planos del Proyecto (Archivos Digitales)

VOLUMEN VI

7 Topografía (Archivos Digitales)

8 Sistema de Información Geográfica (SIG) (Archivos Digitales)



**SERVICIOS EN INGENIERÍA PARA LA
ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE
FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES
DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO DE LA CIUDAD DE
GOLFITO Licitación Abreviada 2014
LA-000005-PRI
Informe de Etapa III: Diseños
Finales -Diciembre 2015**

SERVICIOS EN INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE GOLFITO Licitación Abreviada 2014 LA-000005-PRI

.....	I
Informe de Etapa III: Diseños Finales -Diciembre 2015	1
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Objetivo y alcance de los estudios	6
1.2 Contenido del Informe de III Etapa	9
1.3 Descripción resumida del Proyecto propuesto	10
1.3.1 Redes de recolección y colectores	12
1.3.2 Estaciones de bombeo y líneas de impulsión	13
1.3.3 Planta de tratamiento	16
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS PROPUESTAS	21
2.1 Redes de recolección y colectores.....	21
2.1.1 Principales criterios de Diseño	21
2.1.2 Cobertura del sistema	23
2.1.3 Cálculo de caudales por cuenca y por tramo	24
2.1.4 Redes secundarias y colectores.....	27
2.1.5 Pasos de ríos y quebradas	30
2.2 Estaciones de bombeo.....	30
2.2.1 Ubicación de las estaciones de bombeo.....	31
2.2.2 Cisternas de bombeo.....	33
2.2.3 Rebalses de las cisternas de bombeo	35
2.2.4 Sistema de rejilla y recolección de sólidos	38
2.2.5 Equipos de bombeo	40
2.2.6 Válvulas y accesorios en las estaciones de bombeo	42
2.2.7 Sistema de alimentación eléctrica.....	42
2.2.8 Control operacional de los sistemas de bombeo	42
2.3 Líneas de impulsión	43
2.3.1 Tuberías.....	43
2.3.2 Válvulas y accesorios	46
2.4 Sistema de tratamiento	47
2.4.1 Pre-tratamiento	53
2.4.2 Tratamiento Secundario.....	61
2.4.3 Manejo integrado del lodo.....	66
2.4.4 Desinfección.....	70
2.4.5 Edificios	73
2.4.6 Redes de tuberías.....	75
2.4.7 Descarga de la planta de tratamiento	76
2.5 Terrenos y servidumbres: sitio para PTAR	76

3. ASPECTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO.....	80
3.1 Mantenimiento de redes alcantarillado sanitario y colectores.....	80
3.1.1 Inspecciones a pozos de registro	80
3.1.2 Mantenimiento Preventivo	81
3.1.3 Limpieza de tuberías a gravedad	82
3.1.4 Reducción de Olores.....	82
3.1.5 Localización de infiltraciones y fugas	82
3.2 Mantenimiento de estaciones de bombeo y de líneas de impulsión	83
3.2.1 Unidades de retención de sólidos	83
3.2.2 Mantenimiento de las cisternas de bombeo	84
3.2.3 Mantenimiento de líneas de impulsión	84
3.2.4 Mantenimiento de equipo electromecánico	85
3.3 Operación y Mantenimiento de la Planta de tratamiento	85
3.3.1 Descripción de la Planta de Tratamiento - PTAR.....	85
3.3.2 Personal para la Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento	88
3.3.3 Requerimientos de Infraestructura.....	93
3.3.4 Equipo de Trabajo y Seguridad	94
3.3.5 Programa de Salud y Seguridad del Personal	96
3.3.6 Documentación Requerida	98
3.3.7 Arranque e inicio de operación.....	98
3.3.8 Operación de rutina de la planta	111
3.3.9 Resumen de Actividades de Operación y Mantenimiento de la PTAR	117
3.3.10 Control operacional	118
3.3.11 Toma de muestras y análisis de laboratorio.....	124
3.3.12 Banco de Datos.....	126
3.3.13 Problemas operacionales	128
3.3.14 Mantenimiento rutinario de la planta.....	133
3.3.15 Mantenimiento de unidades electromecánicas	135
3.3.16 Mantenimiento civil.....	136
3.3.17 Riesgos para el personal y seguridad.....	137
3.4 Costos de Operación y Mantenimiento del sistema propuesto.....	138
3.4.1 Personal y equipo para operación y mantenimiento de la red de recolección	138
3.4.2 Personal para la Operación y Mantenimiento de las estaciones de bombeo y de la Planta de Tratamiento.....	139
3.4.3 Costos de Operación y Mantenimiento.....	140
4. PRESUPUESTO Y COSTO DEL PROYECTO	146
5. PLANOS DE LOS DISEÑOS PRELIMINARES DE LAS OBRAS DISEÑADAS.....	146
6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	147
7. VIABILIDAD AMBIENTAL DEL PROYECTO: EL FORMULARIO D-1 Y SUS ANEXOS Y EL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	148
8. EVALUACIÓN FINANCIERA, ECONÓMICA Y SOCIAL DEL PROYECTO	149
8.1 Disposición a Pagar.....	149

8.2 Escenarios para la evaluación financiera	150
8.2.1 Conclusiones de la evaluación financiera.....	151
8.3 Evaluación económica	151

Índice de Figuras

Figura 1-1: Proyecto Propuesto.....	20
Figura 2-1: Cobertura del sistema de recolección y áreas de drenaje	26
Figura 2-2: Colectores y líneas de impulsión del sistema propuesto.....	29
Figura 2-3: Cisterna típica de Estación de bombeo.....	39
Figura 2-4: Diseño de Sitio de la PTAR.....	48
Figura 2-5: Diagrama de Flujo de los procesos de la PTAR.....	49
Figura 2-6: Perfil Hidráulico de la PTAR.....	50
Figura 2-7: Variación horaria de nivel en el tanque de compensación	55
Figura 2-7: Sitio definido para la PTAR de Golfito.....	77
Figura 2-8: Plano Catastrado de la Finca a adquirir por el AyA para para la PTAR de Golfito..	78
Figura 2-9: Datos de inscripción de la finca madre a la que pertenece el lote a ser adquirido para la PTAR de Golfito	79

Índice de Cuadros

Cuadro 1-1: Caudales de diseño del sistema de saneamiento en l/s, total	11
Cuadro 1-2 Resumen de diámetros internos y longitudes de la red de recolección	12
Cuadro 1-3: Dimensiones de las cisternas de bombeo de Golfito	13
Cuadro 1-4: Características de las bombas requeridas en las estaciones de bombeo	14
Cuadro 1-5: Características de las líneas de impulsión de las EB de Golfito.....	16
Cuadro 2-1: Resumen de criterios de diseño propuestos	23
Cuadro 2-2 Sectores, caudales y áreas utilizadas en modelos hidráulicos.	24
Cuadro 2-3: Resumen de diámetros y longitudes de la red secundaria y colectores.....	28
Cuadro 2-4: Datos de las cisternas de bombeo	34
Cuadro 2-5: Datos del tipo de rejilla y sistema de recolección de sólidos en las cisternas de bombeo	38
Cuadro 2-6: Datos de las bombas requeridas en las estaciones de bombeo	41
Cuadro 2-7: Niveles de arranque y parada de las bombas	43
Cuadro 2-8: Características de las líneas de impulsión de las EB de Golfito.....	46
Cuadro 2-9: Diámetros nominales de válvulas en los ramales de descarga de cada estación de bombeo y en las líneas de impulsión asociadas a ellas	46
Cuadro 3-1: Personal requerido en la PTAR.....	89
Cuadro 3-2: Equipo de trabajo requerido	95
Cuadro 3-3: Control de los procesos de tanques de aireación	112
Cuadro 3-4: Calidad esperada del lodo	116
Cuadro 3-5: Resumen de actividades operativas y de mantenimiento de la PTAR	117
Cuadro 3-6: Volumen requerido de una muestra según variables a determinar.....	127
Cuadro 3-7: Preservación de muestras según variables a evaluar	127
Cuadro 3-8: Programa para la toma de muestras Mínimo,.....	127

Cuadro 3-9: Problemas y soluciones en Estructuras de Pre-tratamiento	128
Cuadro 3-10: Problemas y soluciones más comunes en tanques de aireación.....	128
Cuadro 3-11: Cómo controlar animales que producen madrigueras	129
Cuadro 3-12: Como controlar la vegetación en diques y áreas próximas a la planta.....	129
Cuadro 3-13: Como controlar la espuma	129
Cuadro 3-14: Como controlar olores.....	130
Cuadro 3-15: Como controlar insectos	130
Cuadro 3-16: Como corregir tanques ligeramente cargadas.....	130
Cuadro 3-17: Como corregir un nivel bajo de oxígeno en el efluente	130
Cuadro 3-18: Como corregir sobrecargas	131
Cuadro 3-19: Como corregir un alta DBO5 en el efluente	131
Cuadro 3-20: Como corregir otros problemas	131
Cuadro 3-21: Como corregir problemas en aireadores mecánicos.....	132
Cuadro 3-22: Personal requerido para la operación y el mantenimiento de estaciones de bombeo y de la PTAR	140
Cuadro 3-23. Detalle de los costos mensuales de personal en operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	142
Cuadro 3-24. Desglose de los costos de energía eléctrica en estaciones de bombeo de la red de recolección, al final del periodo de diseño	143
Cuadro 3-25. Potencia instalada y potencia usada, en PTAR al final del periodo de diseño.....	144
Cuadro 3-26. Cálculo del costo de la energía eléctrica en la PTAR al final del periodo de diseño	145
Cuadro 3-27: Cálculo del costo de transporte y disposición de lodos en el relleno sanitario de Tecnoambiente, en Montes de Oro de Puntarenas al final del periodo de diseño	145
Cuadro 4-1: Resumen del Presupuesto del Proyecto	146
Cuadro 8-1: Disposición a pagar por usuario, por el servicio de recolección y tratamiento.	149
Cuadro 8-2: Estimación de la fracción de muestreo.....	149
Cuadro 8-3. Valores utilizados para el cálculo de la DAP y su distribución en la muestra	150
Cuadro 8-4. Resumen de los Indicadores de Rentabilidad Financiera.....	151
Cuadro 8-5. Factores de corrección para los precios de mercado (Precios Sombra)	152

Índice de Anexos

Anexo 1: Presupuesto – en el presente Volumen I
Anexo 2: Especificaciones Técnicas – en el presente Volumen I
Anexo 3: Memoria de Cálculo del proyecto – en el Volumen II
Anexo 4: Viabilidad Ambiental del Proyecto. – en el Volumen III
Anexo 5: Evaluación Financiera y Social – en el Volumen IV
Anexo 6: Planos del Proyecto – en el Volumen V
Anexo 7: Topografía – en el Volumen VI archivos digitales
Anexo 8: Sistema de Información Geográfica (SIG) – en el Volumen VI archivos digitales

1. Introducción

1.1 Objetivo y alcance de los estudios

Este documento corresponde al informe de la Etapa III Diseños Finales, última de la Prestación de Servicios en Ingeniería para la Elaboración de los Estudios de Factibilidad y Diseños Finales del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Golfito.

El estudio incluyó antes, las etapas de Evaluación y Diagnóstico, Factibilidad y Diseños Finales de las Obras de la alternativa que resultó seleccionada en la etapa previa.

Los objetivos específicos del proyecto, según los Términos de Referencia fueron cumplidos según se indica a continuación:

Etapa I: Evaluación y Diagnóstico

- 1) Realizar una evaluación y diagnóstico sobre las condiciones ambientales y de saneamiento y así como sobre la situación existente con relación a la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales en el área de estudio.
- 2) Proyectar el crecimiento de la población y de la producción de aguas residuales en el área de estudio, así como su distribución geográfica y expansión para un periodo de diseño de 25 años, contados a partir de la entrada en operación del sistema, esperada para el año 2017; es decir con el año 2042 como horizonte.
- 3) Proponer opciones para la configuración del sistema de recolección y tratamiento, tomando en cuenta para su formulación las variables técnicas, financieras, socio-económicas y ambientales más relevantes.

Etapa II: Factibilidad y priorización de obras

- 4) Realizar una evaluación multi-criterio que pondere objetivamente y de manera multidisciplinaria los aspectos técnicos, financieros, socio-económicos, ambientales y legales de cada una de las alternativas formuladas durante la Etapa I.

En el área ambiental, esta evaluación comprenderá un diagnóstico (situación sin proyecto) y un pronóstico (situación con proyecto) ambientales que permitirán identificar los impactos significativos de cada alternativa.

- 5) Seleccionar la alternativa de proyecto óptima. Esta selección deberá ser racional y consistente con la evaluación realizada previamente.
- 6) Elaborar una evaluación ambiental general para cada una de las alternativas propuestas, que corresponderá a un diagnóstico y pronóstico ambiental y que permita identificar impactos significativos que pudieran afectar la selección de alternativas. Con respecto a la alternativa que sea seleccionada, el consultor deberá definir la factibilidad ambiental de su ejecución.
- 7) Llevar a cabo los estudios de factibilidad técnica, financiera, económica, social, económica y legal de las alternativas que se propongan, de acuerdo con la Metodología para llevar a cabo la evaluación Financiera, Económica, Social y Legal del Anexo 1 de los TDR.
- 8) Llevar a cabo la priorización de obras para el proyecto de alcantarillado sanitario y tratamiento para la ciudad de Golfito
- 9) El Consultor deberá elaborar el formulario D1 de acuerdo con los Decretos Ejecutivos No.32712-MINAE y No. 34375-MINAE y el Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental (PPGA) fundamentado en el Decreto Ejecutivo No. 32966-MINAE. El Consultor estará obligado a realizar los ajustes, ampliación de estudios, anexos o información solicitados en la resolución que emita la SETENA. Los documentos D1 y P-PGA serán entregados a SETENA por el AyA. El Consultor concluirá este trabajo en el momento en que la SETENA emita la resolución en la que se otorgue la viabilidad ambiental.

Etapas III: Diseños Finales

- 10) Realizar los dimensionamientos hidráulico, sanitario y ambiental de todas las estructuras que conforman el proyecto a diseñar según la selección de la alternativa realizada en la etapa de factibilidad. Los sistemas de tratamiento propuestos deberán ser diseñados según las condiciones del sitio seleccionado y

sus efluentes -aguas tratadas y biosólidos tratados- deberán cumplir con la legislación vigente en el país y con los valores permisibles descritos en la Tabla 1 de los TDR.

- 11) Definir racionalmente el orden prioritario de ejecución de las obras que conformarán el proyecto de recolección y tratamiento, considerando el periodo de diseño.
- 12) Entregar al AyA un modelo del nuevo sistema de alcantarillado sanitario propuesto en formato de sistema de información geográfica (SIG) de colectores, sub-colectores, redes secundarias, estaciones de bombeo y planta de tratamiento de aguas residuales.
- 13) Realizar los estudios registrales, catastrales y de mercado necesarios para la adquisición de los terrenos donde se propone construir las obras civiles.
- 14) Recomendar cuales terrenos deberá adquirir el AyA, y cuales servidumbres -si las hubiere- deberán constituirse para efectos de la ejecución, operación y mantenimiento de las obras que conforman el proyecto en cuestión.
- 15) Estudiar detalladamente la factibilidad técnica, financiera, socio-económica, ambiental y legal de la opción de proyecto escogida durante esta etapa. La factibilidad financiera deberá plantearse mediante flujos anuales de costos de operación y mantenimiento.
- 16) Recopilar toda la documentación requerida para la obtención de las aprobaciones requeridas por las autoridades pertinentes, a saber: permiso de ubicación de la PTAR, permisos de vertido, reutilización y disposición de los efluentes de la PTAR (aguas tratadas y lodos), y viabilidad ambiental (formulario D-1), ante las autoridades pertinentes: MINSA, MINAET, SETENA, Municipalidad de Aguirre, CFIA. Para lo cual se requerirán, entre otros: planos catastrados, estudios de suelos, disponibilidad de servicios de agua potable, recolección de residuos sólidos, servicio eléctrico adecuado al diseño de la PTAR y las estaciones de bombeo, disposición de las aguas tratadas en el mar.

- 17) Estudiar la viabilidad legal para la adquisición por parte de AyA, de los terrenos y servidumbres necesarios para construir las obras civiles (estaciones de bombeo y PTAR principalmente).
- 18) Realizar los disensos finales de los colectores, sub-colectores, redes secundarias, estaciones de bombeo y planta de tratamiento de aguas residuales y la elaboración de los planos de taller, según formatos utilizados por el AyA.

1.2 Contenido del Informe de III Etapa

El presente informe presenta los resultados de las acciones y actividades realizadas dentro de la Etapa III del proyecto, de Diseño Final. Para su mejor comprensión, se ha dividido en los siguientes Volúmenes y anexos:

- VOLUMEN I: Corresponde al presente documento y es la Memoria Principal del Informe de III Etapa. Se divide a su vez en las siguientes secciones, algunas de las cuales desarrollan completamente los temas respectivos, en tanto otras presentan resúmenes que remiten a anexos ubicados, algunos en el presente Volumen y otro en los restantes Volúmenes que constituyen el Informe de III Etapa. Las siguientes son las secciones del presente Volumen
 - La sección 1 corresponde a esta Introducción.
 - En la Sección 2 se realiza la descripción detallada de las obras propuestas. Esta descripción es complementada con la memoria de cálculo (Anexo 3 en Volumen II) y con los planos del Diseño Final (Anexo 6 en Volumen V).
- La sección 3 presenta los aspectos de Operación y Mantenimiento del proyecto, incluyendo la estimación de costos a afectos del análisis económico y financiero.
- La sección 4 presenta el presupuesto del Proyecto. Esta sección presenta el resumen de los resultados del presupuesto detallado que constituye el Anexo 1, el cual también incluye la Escala de Precios y Cantidades y se presenta en el presente Volumen I.
- La sección 5, presenta los planos del Diseño Final que constituyen el Volumen V.

- La sección 6, presenta el Anexo 8 –digital-, que corresponde al Sistema de Información Geográfica (SIG) del proyecto, que se entrega en el Volumen VI.
- La sección 7 resume los resultados del Estudio Ambiental que constituye el Anexo 4, que se presenta en el Volumen III.
- La sección 8 resume los resultados de la Evaluación Financiera, Económica y Social del proyecto, la cual es presentada en detalle en el Anexo 5, Volumen IV.
- El Anexo 2 del presente Volumen I, corresponde a las Especificaciones Técnicas Especiales del proyecto y complementa el Volumen 4 de los pliegos de Licitación para construcción del AyA, “ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS”.
- Se incluye adicionalmente el Anexos: 7 Topografía en el Volumen VI (digital). El Informe de Geotecnia, se incluye en el Anexo 3 Memoria de Cálculo, Volumen II.

Este informe se complementa además con dos informes previos elaborados como parte del Estudio, durante su ejecución:

- Informe de Etapa I: Evaluación y Diagnóstico de la situación actual.
- Informe de Etapa II: Estudios de Factibilidad y Priorización de Obras

1.3 Descripción resumida del Proyecto propuesto

El proyecto contempla las redes de recolección, las estaciones de bombeo y sus líneas de impulsión, así como el sistema de tratamiento para la Ciudad de Golfito, para cubrir a una población proyectada al año 2042 de 7.360 habitantes, quienes producirán un caudal promedio de aguas residuales de 30,22 l/s, de acuerdo con la proyección de población y generación de aguas residuales que se presenta en el cuadro 1-1

Cuadro 1-1: Caudales de diseño del sistema de saneamiento en l/s, total

No	Descripción	Años							
		2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2042
1	POBLACION SERVIDA	6.172	6.216	6.442	6.647	6.860	7.068	7.272	7.360
2	% ANC QUE INGRESA AL DOMICILIO	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%
3	DEMANDA PROMEDIO DIARIA DOMESTICA (L/SEG) (CON %ANC)	19,63	19,77	20,49	21,14	21,81	22,48	23,12	23,41
4	DEMANDA PROMEDIO DIARIA NO DOMESTICA (L/SEG) (CON %ANC)	7,38	7,43	7,68	7,90	8,14	8,36	8,58	8,69
5	DOTACION BRUTA EN LPPD (CON %ANC)	378,10	378,10	377,70	377,42	377,25	376,93	376,72	376,72
6	FACTOR DE RETORNO DOMESTICO	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
7	FACTOR DE RETORNO NO DOMESTICO	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
8	PRODUCCION PROMEDIO DIARIO AGUAS RESIDUALES (L/SEG)	22,35	22,51	23,30	24,02	24,77	25,51	26,22	26,54
9	PRODUCCION MAXIMO DIARIO AGUAS RESIDUALES (L/SEG)	29,05	29,26	30,29	31,22	32,21	33,16	34,09	34,50
10	PRODUCCION MAXIMO HORARIO AGUAS RESIDUALES (L/SEG)	43,75	44,06	45,61	47,02	48,50	49,93	51,34	51,96
11	CAUDAL DE INFILTRACION	0,00	0,00	3,22	3,32	3,43	3,53	3,64	3,68
12	PRODUCCION PROMEDIO DIARIO+INFILTRACION	22,35	22,51	26,52	27,34	28,20	29,04	29,86	30,22
13	PRODUCCION MAXIMO DIARIO+INFILTRACION	29,05	29,26	33,51	34,55	35,64	36,69	37,73	38,18
14	PRODUCCION MAXIMO HORARIO+INFILTRACION	44,70	45,02	53,04	54,68	56,50	58,08	59,72	60,44

- 1) Población de diseño.
- 2) ANC según lo explicado arriba del 10 %.
- 3) Demanda promedio diaria doméstica + ANC del 10%
- 4) Demanda promedio diaria no doméstica + ANC del 10%
- 5) Dotación bruta considerando el ANC
- 6) Factor de retorno doméstica
- 7) Factor de retorno no doméstica
- 8) PRODUCCIÓN promedio diario según los factores de multiplicación y su suma.
- 9) PRODUCCIÓN máximo diario según el promedio y por el factor máximo diario.
- 10) PRODUCCIÓN máximo horario según el promedio y por el factor máximo horario.
- 11) PRODUCCIÓN -proporcional a la población a servir-, e incrementos posteriores, también proporcionales al incremento de la población.
- 12) Suma de filas 8 y 11
- 13) Suma de filas 9 y 11
- 14) Suma de filas 10 y 11.

Así, los caudales o los aportes que se utilizan para los diseños de los diferentes elementos serían los siguientes:

- Producción promedio diaria + infiltración para los procesos de tratamiento.
- Producción máxima horaria (con la población de saturación) + infiltración para las redes de recolección secundarias y para los colectores, estaciones de bombeo y sistema de tratamiento preliminar.

1.3.1 Redes de recolección y colectores

El área cubierta por la red de alcantarillado propuesto, incluye los siguientes sectores:

- Kilómetro 5.
- San Martín-INVU.
- San Martín-Cementerio.
- Cementerio-Pueblo Civil.
- Kilómetro 1-Pueblo Civil.
- Bellavista.
- Ureña.
- Barrio La Rotonda Oeste.
- Llano Bonito.
- Ureña-Barrio La Rotonda-Deposito-Las Alamedas-Hospital.

Las redes y colectores propuestos, comprenden un total de 28,35 km de tuberías de diámetros entre 145 y 369 mm, así como un total de 543 pozos de registro de varios tamaños, según se muestra en el cuadro 1-2

Cuadro 1-2 Resumen de diámetros internos y longitudes de la red de recolección

Pozos de registro	
Tamaño	Cantidad (Unidades)
Diámetro 1200 mm	354
Diámetro 1400 mm	127
Diámetro 1600 mm	36
Diámetro 1800 mm	19
Diámetro 2000 mm	7
Total	543
Tubería red de recolección	
Tamaño	Longitud (m)
Diámetro 145 mm	25.229,00

Pozos de registro	
Tamaño	Cantidad (Unidades)
Diámetro 195 mm	1.040,70
Diámetro 245 mm	1.320,10
Diámetro 294 mm	743,50
Diámetro 369 mm	15,60
Total	28.348,90

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

1.3.2 Estaciones de bombeo y líneas de impulsión

1.3.2.1 Estaciones de bombeo

El sistema tendrá 9 estaciones de bombeo, todas excepto la de la PTAR a ubicarse en el terreno de esta instalación, estarán bajo vía pública. Serán cisternas subterráneas, de área circular con diámetro variable entre 1,20 m y 2,20 m y profundidades variables entre 3,8 y 7,3 m. Cada estación contendrá una bomba operativa y otra de idéntico tamaño, de reserva, alternándose entre ambas los horarios de operación.

En el cuadro 1-3 se presentan las dimensiones de las cisternas de bombeo y en el Cuadro 1-4, se muestran las principales características de los equipos de bombeo a instalar.

Cuadro 1-3: Dimensiones de las cisternas de bombeo de Golfito

Estación de bombeo	Q=QMH	N de bombas operando	N de bombas instaladas	Diámetro de la sección propuesta de la cisterna (m)	Altura Total del volumen muerto superior (m)	Altura del Volumen útil (m)	Total altura de diseño del volumen muerto inferior (m)	Altura total de la cisterna (m)
EB Ureña	5,32	1,00	2,00	1,20	2,83	0,50	0,50	3,83
EB La Rotonda	1,62	1,00	2,00	1,20	3,70	0,50	0,35	4,55
EB Llano Bonito	5,56	1,00	2,00	1,20	3,70	0,50	0,50	4,70
EB PTAR	60,20	1,00	2,00	2,20	5,18	1,50	0,60	7,28
EB Pueblo Civil 1	10,86	1,00	2,00	2,20	3,70	0,50	0,40	4,60
EB Pueblo Civil 2	20,50	1,00	2,00	2,00	3,70	1,00	0,60	5,30
EB INVU	9,16	1,00	2,00	1,50	4,12	0,50	0,40	5,02
EB Km 5	5,40	1,00	2,00	1,20	4,35	0,50	0,40	5,25
EB Cementerio	10,16	1,00	2,00	2,00	4,42	0,50	0,60	5,52

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

Las estaciones de bombeo, al igual que la red secundaria y los colectores de gravedad, están diseñados para transportar el caudal máximo horario estimado al año 2042.

Cuadro 1-4: Características de las bombas requeridas en las estaciones de bombeo

Estación de bombeo	N de bombas operando	N de bombas instaladas	Carga de bombeo (mca)	Caudal de bombeo (l/s)	Potencia del MOTOR (kW) según bomba probable
EB-01 Ureña	1,00	2,00	18,00	5,40	2,68
EB-02 La Rotonda	1,00	2,00	7,00	1,56	1,34
EB-03 Llano Bonito	1,00	2,00	16,90	5,80	2,68
EB-05 PTAR	1,00	2,00	17,60	61,50	18,60
EB-07 Pueblo Civil 1	1,00	2,00	11,05	10,20	3,73
EB-08 Pueblo Civil 2	1,00	2,00	25,10	21,50	8,95
EB-09 INVU	1,00	2,00	17,00	9,20	5,59
EB-10 Km 5	1,00	2,00	6,80	5,15	1,64
EB-11 Cementerio	1,00	2,00	4,97	8,75	1,64

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

1.3.2.2 Líneas de impulsión

Las líneas de impulsión, al igual que las estaciones de bombeo y que la red secundaria y los colectores de gravedad, están diseñadas para transportar el caudal máximo horario estimado al año 2042.

Las líneas de impulsión están conformadas por tuberías de PEAD ASTM 3035, PE 4710 SDR 13,5 para presión máxima de 11 bar, superior a la requerida en todos los casos. Serán de diámetros variables entre 50 y 300 y en total tienen una longitud de 3.717 m.

El Cuadro 1-5 muestra las características de las líneas de impulsión, las que se describen a continuación, conjuntamente con la respectiva estación de bombeo:

Impulsiones desde el noroeste

- Línea de impulsión desde la E.B Ureña: recoge las aguas recolectadas en esta urbanización y las conduce hasta el primer pozo que permite continuar por gravedad hacia la EB La Alameda, en el sector de la Zona Americana de Golfito.
- Impulsión desde la EB La Rotonda, conducirá las aguas del sector del mismo nombre, para llevarlas al Colector que viene por gravedad desde la Ureña y que sigue hacia el sector central de Golfito y finalmente a la EB PTAR.
- Impulsión desde la EB Llano Bonito: conducirá las aguas del sector del mismo nombre, para llevarlas al Colector que viene por gravedad desde la Ureña y que sigue hacia el sector central de Golfito, hasta llegar a la EB PTAR.

Impulsiones desde el sureste

- Impulsión desde la EB Km 5: Impulsará las aguas del sector del Km 5, al extremo sureste del área de estudio, hasta un pozo de registro a ubicarse cercano a la intersección con la carretera Principal, en el colector que por gravedad continúa hacia el noroeste, hasta llegar a la EB El INVU.
- Impulsión de la EB El INVU: desde la estación de bombeo a ubicarse en el sector del INVU y que recibirá por gravedad las aguas provenientes de las zonas ubicadas al sureste de esta ubicación, así como las de la propia urbanización EL INVU y del sector del Km 5, las aguas se impulsarán a un tramo de colector por gravedad que continúa hacia la EB Cementerio.
- Impulsión desde la EB Cementerio: desde la estación nombrada, que recibe las aguas de los sectores ya descritos al sureste de ella, así como del Barrio San Martín, se impulsarán un tramo corto para vencer el paso de una Quebrada, hasta un tramo de colector por gravedad que sigue hacia la EB Pueblo Civil 1.
- Impulsión desde EB Pueblo Civil 1: Esta estación de bombeo recibirá las aguas de las estaciones y sectores al sureste de su ubicación ya nombrados, así como –por gravedad–,

del tramo de la carretera previo a llegar al Pueblo Civil y las impulsará hasta un pozo de registro en el sector del Pueblo Civil, el que continúa hasta la EB Pueblo Civil 2.

- Impulsión desde EB Pueblo Civil 2: Esta estación de bombeo recibirá las aguas de las estaciones y sectores al sureste de su ubicación ya nombrados, así como –por gravedad-, del Pueblo Civil, para impulsará hasta un pozo de registro en el sector del Km 1, del colector que continúa por gravedad hasta la EB de la PTAR.
- Línea de impulsión de la EB de la PTAR: Esta estación de bombeo estará en la PTAR y recibirá las aguas que llegan por gravedad del sector desde ambos extremos de la ciudad, los cuales a su vez han recolectado las aguas de las EB Pueblo Civil y las de los sectores al noroeste de la ciudad, y las impulsará mediante una tubería de 106 m de longitud, al sistema de tratamiento preliminar de la PTAR.

Cuadro 1-5: Características de las líneas de impulsión de las EB de Golfito

Estación de Bombeo	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)	Material
EB-01 Ureña	75	75,7	260	PEAD ASTM 3035, PE 4710, SDR 13,5 11 bar
EB-02 La Rotonda	50	51,9	192	
EB-03 Llano Bonito	75	75,7	372	
EB-05 PTAR	300	275,9	106	
EB-07 Pueblo Civil 1	100	97,38	173	
EB-08 Pueblo Civil 2	150	143,3	1373	
EB-09 INVU	100	97,38	612	
EB-10 Km 5	100	97,38	600	
EB-11 Cementerio	100	97,38	29	

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

1.3.3 Planta de tratamiento

El sistema de tratamiento se ha diseñado para atender una población equivalentes a un caudal promedio de 2.592 m³/día y una carga orgánica contaminante de 777 kgDBO/día.

Durante el desarrollo de la etapa de Factibilidad, se formularon y analizaron diferentes soluciones de tratamiento, acorde con los requerimientos de calidad del agua de vertido y la disponibilidad de terreno y sus costos de inversión y de operación y mantenimiento.

A partir de la valoración económica, ambiental y facilidad operativa, surge como alternativa más conveniente la solución de tratamiento por Lodos Activados, Modalidad Alta Carga, con Lecho Fluidizado de soportes plásticos para el cultivo celular y recirculación de lodos del sedimentador secundario denominada IFAS (Moving Bed Bio-Reactor), con digestión airóbica de lodos, deshidratación final y disposición de lodos en relleno sanitario de la zona. El efluente tratado será dispuesto en el Estero, contiguo a la planta de tratamiento. El sistema de tratamiento contará además con tanque de compensación para evitar sobre-cargas hidráulicas al sistema de tratamiento biológico del agua y un sistema para tratamiento de olores en las etapas de tratamiento preliminar del agua.

Los principales componentes de la planta de tratamiento se presentan a continuación:

- Pre-tratamiento constituido por cámara de llegada provisto de rejillas rotativas de limpieza automática con tonillo de compresión de desechos incorporado y bajante de vertido lateral de desechos con bajo contenido de humedad, con un sistema para remoción de arenas y grasas.
- Tanque de amortiguamiento o compensación. Con el fin de reducir las fluctuaciones de caudal afluente por bombeo a la planta de tratamiento, se ha previsto un tanque de amortiguamiento de caudales pico, y bombeo posterior de un caudal promedio continua y sin fluctuaciones a la planta de tratamiento. En el fondo de estos tanques estarán ubicadas las bombas sumergibles para la impulsión del agua y contarán además con mezcladores de profundidad y aireación muy preliminar. El tanque tendrá un volumen útil de 540 m³.
- Tratamiento de olores, cubrirá el sistema de tratamiento preliminar y el tanque de amortiguamiento o compensación. Este sistema estará conformado por sistemas de inyección de aire limpio y extracción de aire sucio, e impulsión de éste último a un sistema de filtración por carbón activado en seco y un sistema de membranas que actúan como filtros biológicos. El sistema tendrá una capacidad de tratamiento de 6000 CFM.
- Tanque de Pre-Aireación y Mezclado de lodos. Debido a que el agua ha permanecido en condiciones anóxicas (ausencia de oxígeno) por muchas horas, en su recorrido hasta la

planta de tratamiento, se ha previsto un sistema de aireación preliminar y mezclado de lodos de retorno del sedimentador secundario. Este tanque tendrá un volumen útil de 78 m³, con un tiempo de retención de 40 a 45 minutos.

- Tratamiento Secundario, constituido por tanques de aireación en estructura de concreto, con aireadores de burbuja gruesa y suministro de oxígeno mediante compresores o soplantes rotatorios, con una potencia instalada total de 180 HP. Este sistema de aireación tendrá un volumen útil de 642 m³, con un tiempo de retención final de 6 horas y una eficiencia del sistema de tratamiento de 93% a 95%.
- Sedimentadores Secundarios, del tipo rectangular con extracción de lodos por bombeo y vertederos tipo sierra en la cámara de salida. Con capacidad para la remoción de lodos en el efluente tratado de los tanques de aireación. Estas unidades tendrán un volumen útil total de 487 m³ y un periodo de retención de 4 hr.
- Un sistema conjunto de espesamiento y digestión aeróbica de lodos, con aireadores de burbuja gruesa de fácil cambio y suministro de aire mediante soplantes (blowers) de desplazamiento positivo con una potencia total de 30 HP y un volumen útil total de 280 m³ y un tiempo de retención de 2,50 horas para la etapa de adensamiento y de 15 horas para la etapa de digestión de lodos.
- Un sistema de bombeo para la extracción del lodo digerido de los digestores hacia las unidades de deshidratación o desaguado del lodo, constituido por un sistema de bombeo de cavidad variable y alto rendimiento. Además, contará con un sistema de válvulas para regular la evacuación del sobrenadante del digestor previo al proceso de evacuación de lodos.
- Un sistema de desaguado de lodos, mediante floculación y tornillos de compresión, todo construido en acero inoxidable y alto rendimiento y capacidad.
- Sistemas de retorno de agua del proceso de espesamiento-digestión y desaguado o deshidratación de lodos, al inicio del proceso, mediante una estación de bombeo con equipos sumergibles ubicado contiguo al edificio del manejo de lodos.
- Sistema de Desinfección. Debido a la muy baja dinámica del movimiento de mareas en la bahía de Golfito, se ha considerado importante la incorporación de un sistema de

desinfección para la reducción del contenido microbiano de las aguas tratadas. Este sistema de desinfección estará conformado por 4 unidades de desinfección mediante lámparas ultravioleta que operarán en paralelo.

Las instalaciones de tratamiento además contarán con unidades accesorias, que facilitarán su operación:

- Caminos de acceso y caseta para control de ingreso
- Cerca de malla ciclón
- Calle asfaltada de circunvalación
- Tuberías de conducción de aguas afluentes y efluentes a cada proceso unitario de tratamiento indicado y cabezales de descarga para aguas tratadas y vertido al Estero.
- Tuberías para abastecimiento de agua potable
- Sistema de tuberías para evacuación de aguas pluviales y cabezal de descarga hacia el Estero, próximo a la propiedad.
- Caseta de vigilancia de la entrada de la propiedad
- Torre de operaciones, consistente en un edificio de 3 pisos, con laboratorio para control de calidad del agua, oficinas de ingeniería, y centro de comando y control operacional de la planta de tratamiento, monitoreo en línea de la calidad del agua y vigilancia y seguridad en tiempo real de la propiedad.
- Oficinas y bodegas para los empleados, con facilidades para cambio de ropa

2. Descripción de las obras propuestas

2.1 Redes de recolección y colectores

2.1.1 Principales criterios de Diseño

Los criterios de diseño que se utilizan en el diseño definitivo son los mismos presentados en el Capítulo 9 del Informe de Etapa I. A continuación se presenta un resumen de estos criterios:

2.1.1.1 Criterios generales de planificación

- Horizonte de diseño del proyecto: año 2042.
- Estudios demográficos, según se expusieron en el Capítulo 4 del Informe de Etapa, de acuerdo con los cuales la población actual dentro del área de estudio pasará de 6.172 a 7.360 habitantes en el año 2042.

2.1.1.2 Caudales de diseño

Los caudales de diseño fueron determinados en el Capítulo 5 del Informe de Etapa I. Sin embargo, el factor de máximo horario se revisó en el Informe de Etapa II para considerar la población flotante, resultando en un valor de 2,00.

A continuación se presenta un resumen de los criterios de diseño para determinar los caudales de diseño, de acuerdo con el establecido en el Informe de Etapa I.

- El cálculo y criterios para la determinación de las cargas contaminantes se presentó en el Capítulo 5 del Informe de Etapa I.
- El “factor de retorno” a las aguas residuales de los domicilios al sistema de saneamiento (recolección y tratamiento) que se utiliza es de 0.8 para usuarios domésticos y 0,9 para usuarios no domésticos.

- El caudal de infiltración se aplica de acuerdo con las normas del AyA, según la longitud de tubería de los colectores, tal y como fue presentado en la sección 9.3.2 del Informe de Etapa I.
- No se utiliza caudal alguno por conexiones de aguas pluviales clandestinas.
- Factores de multiplicación para obtener el caudal máximo diario y el caudal máximo horario: 1.3 y 2.0 respectivamente, para todo el sistema. El último valor se base en un factor de 1,8 más el efecto de la población flotante, según fuera justificado en el informe de Etapa II.
- El área de estudio está bien delimitada entre zonas protegidas y el mar, y prácticamente toda está ocupada por la población actual, la cual en su mayor parte podría acceder al servicio de alcantarillado. Por tal razón, si bien algunos domicilios ubicados por debajo del nivel de las tuberías de recolección quedarían fuera del sistema, en total su población no es significativa, por lo que se considera un 100 % de cobertura, a efecto del diseño de todos los componentes del sistema.
- Caudales de diseño.
 - Caudal de diseño de los procesos de tratamiento y salida de la PTAR: aporte promedio diario + infiltración + caudal clandestino, considerando cobertura del 100%.
 - Caudal de diseño de estructuras de entrada a la PTAR: aporte máximo diario + infiltración + caudal clandestino considerando cobertura del 100%.
 - Caudal de diseño de redes de recolección y las estaciones de bombeo: aporte máximo horario + infiltración + clandestino, considerando cobertura del 100%.

Los caudales promedio de aguas residuales generados, pasarán de 22,51 l/s en el año 2015, a 30,22 l/s en el año 2042.

El caudal total máximo horario, pasará de 44,02 l/s en el 2015 a 60,44 l/s en el año 2042.

2.1.1.3 Criterios hidráulicos para el diseño de tuberías y de instalación de tuberías

En el cuadro 2-1 se resumen los criterios utilizados para el diseño preliminar.

Cuadro 2-1: Resumen de criterios de diseño propuestos

Parámetro	Unidad	Valor
Coefficiente de retorno usuarios residenciales		0,8
Coefficiente de retorno usuarios no residenciales		0,9
Caudal de infiltración	l/s-km	0,25
Capacidad hidráulica máxima (Y/D)	%	75
Coefficiente de Manning (único sin considerar material)		0,010
Velocidad máxima	m/s	5.0
Profundidad mínima sobre corona	m	0,90
Profundidad económica máxima sobre corona	m	4,00
Distancia máxima entre pozos	m	100.00
Diámetro mínimo	mm	150
Caudal mínimo de un tramo	l/s	1,50

Elaboración: Hidrotecnia Consultores

2.1.2 Cobertura del sistema

Se ha indicado que el área de estudio –limitada entre la Bahía de Golfito y zona protegida, está ocupada prácticamente en su totalidad, con densidades bajas y medias. La topografía y la configuración de la ciudad, hacen posible que la mayor parte de la población puede acceder al sistema de alcantarillado. Algunas casas, eventualmente estarán por debajo del nivel de las redes de recolección, pero su número no será significativo. Por tal razón, se considera a efecto del diseño del sistema y de sus componentes, que este cubrirá al 100% de la población.

2.1.3 Cálculo de caudales por cuenca y por tramo

Los caudales para el diseño definitivo fueron calculados por cuenca y por tramo de tubería. La Figura 2-1 muestra las cuencas para diseño de la red de recolección del Área de estudio de Golfito.

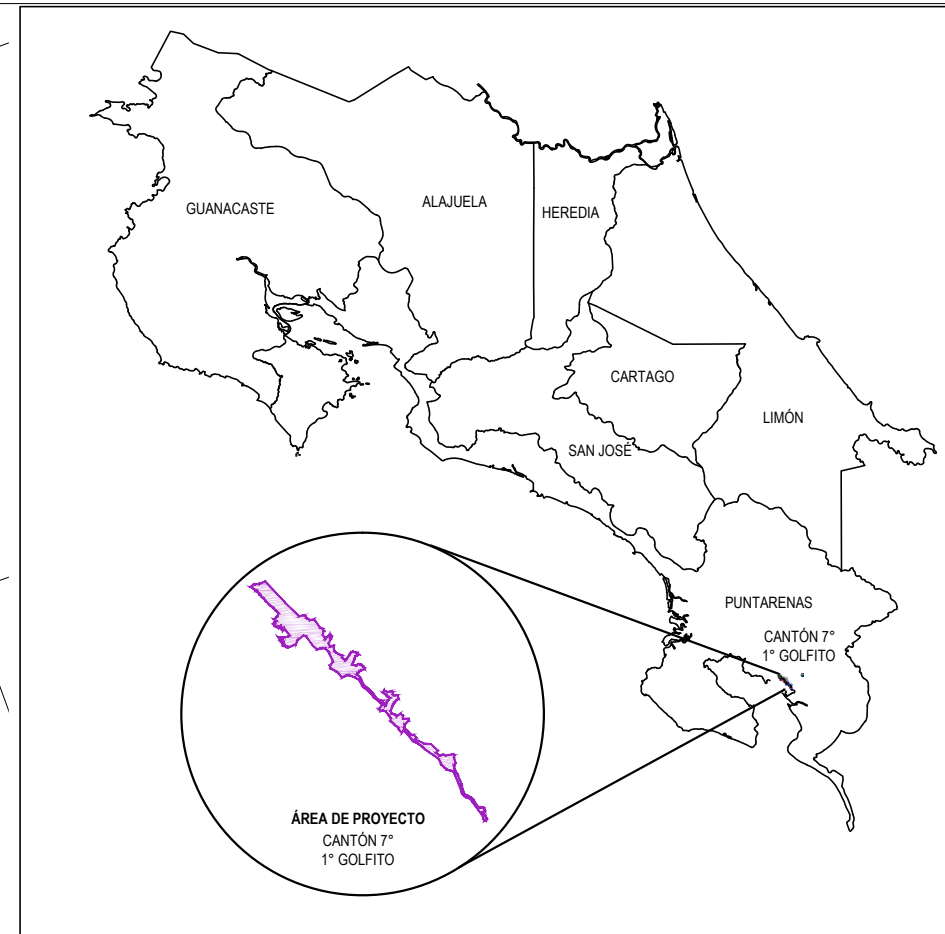
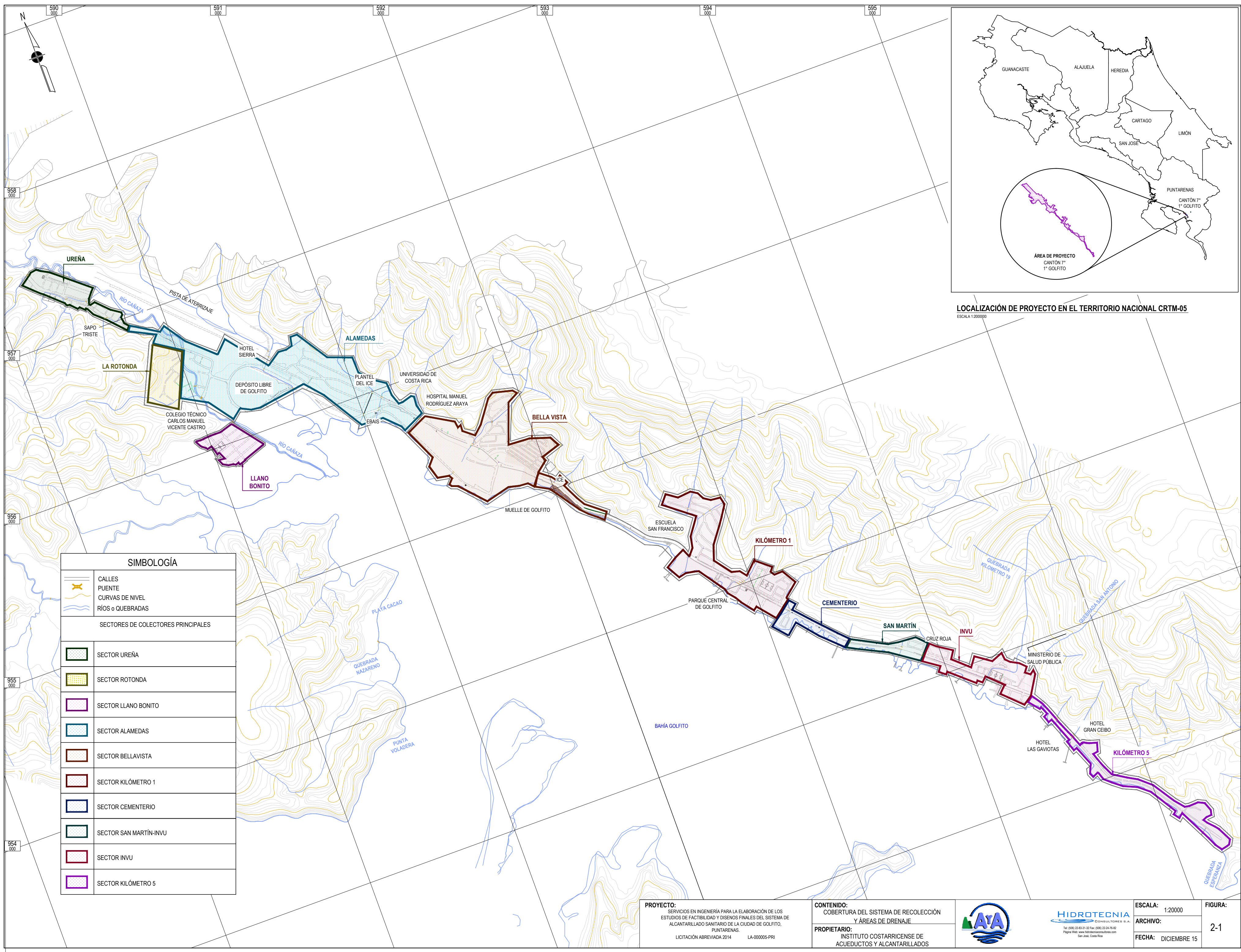
En el Anexo 3 (Volumen 2) que corresponde a la Memoria de Cálculo del Estudio, se detallan la metodología y los cálculos realizados, que conducen al resultado de caudales por cuenca mostrados en el cuadro 2-2

Cuadro 2-2 Sectores, caudales y áreas utilizadas en modelos hidráulicos.

Sector	Sistema	Plan Regulador	Cuenca o zona de aporte	Habitantes (2042)	Caudal promedio diario (l/s) al 2042	Caudal Máximo Horario (l/s) al 2042	Área Total (Ha)
Kilómetro 5	AYA	Residencial	Km5	748	2,10	4,20	6,24
	AYA	Mixta		146	0,41	0,82	1,22
Subtotal				894	2,51	5,02	7,46
San Martín-INVU	AYA	Residencial	San Martin	71	0,19	0,38	1,60
	AYA	Mixta	San Martin	37	0,10	0,20	0,84
	AYA	Residencial	Km3 Oeste	178	0,47	0,94	4,03
	AYA	Mixta		43	0,11	0,23	0,97
	AYA	Residencial	Km3 Este	237	0,63	1,25	5,35
	AYA	Mixta		6	0,02	0,03	0,13
	AYA	Mixta	Gaviotas	177	0,50	1,00	1,48
	AYA	Mixta		20	0,06	0,11	0,16
Subtotal				769	2,07	4,13	14,56
San Martín-Cementerio	AYA	Residencial	San Martin	54	0,14	0,28	1,21
	AYA	Mixta	San Martin	28	0,07	0,15	0,63
	AYA	Residencial	Pescadería	41	0,11	0,22	0,92
	AYA	Mixta		55	0,15	0,29	1,24
Subtotal				177	0,47	0,94	4,00
Cementerio-Pueblo Civil	AYA	Residencial	Bannana Bay	6	0,01	0,03	0,13
	AYA	Mixta		79	0,21	0,42	1,79
	AYA	Comercial		69	0,18	0,36	1,55
Subtotal				154	0,41	0,81	3,47
Kilómetro 1-Pueblo Civil	ASADA	Residencial	Km1	659	3,21	6,42	8,52
	ASADA	Mixta		159	0,77	1,55	2,05
	ASADA	Comercial		202	0,98	1,97	2,61
	ASADA	Potencial Urbano	81	0,39	0,79	1,04	
	AYA	Residencial	Pueblo Civil	90	0,24	0,48	2,04
	AYA	Mixta		99	0,26	0,52	2,23

Sector	Sistema	Plan Regulador	Cuenca o zona de aporte	Habitantes (2042)	Caudal promedio diario (l/s) al 2042	Caudal Máximo Horario (l/s) al 2042	Área Total (Ha)
	AYA	Comercial		141	0,37	0,74	3,17
Subtotal				1430	6,23	12,46	21,66
Bellavista	ASADA	Residencial	Bellavista Oeste	108	0,53	1,05	2,78
	ASADA	Mixta		321	1,56	3,12	8,23
	ASADA	Institucional		93	0,45	0,90	2,38
	ASADA	Residencial	Bellavista Este	298	1,45	2,91	7,67
	ASADA	Mixta		62	0,30	0,60	1,59
	ASADA	Comercial		440	2,14	4,28	11,30
	ASADA	Potencial Urbano		41	0,20	0,40	1,05
	ASADA	Mixta	Hospital	51	0,25	0,50	1,32
ASADA	Institucional	38		0,19	0,37	0,99	
Subtotal				1452	7,07	14,15	37,31
Ureña	ASADA	Residencial	Ureña Oeste	398	1,94	3,88	5,35
	ASADA	Residencial	Ureña Este	143	0,70	1,39	1,92
Subtotal				541	2,63	5,27	7,27
Barrio La Rotonda Oeste	ASADA	Residencial	Deposito	167	0,81	1,62	9,30
Subtotal				167	0,81	1,62	9,30
Llano Bonito	ASADA	Residencial	llano bonito	571	2,78	5,56	5,28
Subtotal				571	2,78	5,56	5,28
Ureña- Barrio La Rotonda- Deposito- Las Alamedas- Hospital	ASADA	Residencial	Ureña Este	65	0,32	0,63	0,87
	ASADA	Residencial	Deposito	168	0,82	1,64	9,39
	AYA	Residencial		248	0,58	1,16	2,43
	ASADA	Comercial		140	0,68	1,36	7,81
	ASADA	Residencial Turística	alamedas	381	1,85	3,71	22,44
	ASADA	Mixta		29	0,14	0,28	0,74
	ASADA	Institucional		107	0,52	1,04	2,75
	ASADA	Mixta	Hospital	39	0,19	0,38	1,00
	ASADA	Institucional		29	0,14	0,28	0,75
Subtotal				1205	5,24	10,48	48,18
Total				7360	30,22	60,45	158,49

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A



LOCALIZACIÓN DE PROYECTO EN EL TERRITORIO NACIONAL CRTM-05
ESCALA 1:200000

SIMBOLOGÍA	
	CALLES
	PUENTE
	CURVAS DE NIVEL
	RIOS o QUEBRADAS
SECTORES DE COLECTORES PRINCIPALES	
	SECTOR UREÑA
	SECTOR ROTONDA
	SECTOR LLANO BONITO
	SECTOR ALAMEDAS
	SECTOR BELLAVISTA
	SECTOR KILÓMETRO 1
	SECTOR CEMENTERIO
	SECTOR SAN MARTÍN-INVU
	SECTOR INVU
	SECTOR KILÓMETRO 5

PROYECTO: SERVICIOS EN INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE GOLFITO, PUNTARENAS. LICITACIÓN ABBREVIADA 2014 LA-000005-PR1	CONTENIDO: COBERTURA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ÁREAS DE DRENAJE PROPIETARIO: INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	<p>HIDROTECNIA CONSULTORES S.A. Tel: (506) 22-63-31-32 Fax: (506) 22-24-16-62 Página Web: www.hidrotecniaconsultores.com San José, Costa Rica</p>	ESCALA: 1:20000	FIGURA:
			ARCHIVO:	2-1
			FECHA: DICIEMBRE 15	

2.1.4 Redes secundarias y colectores

La configuración de la ciudad de Golfito y por lo tanto del sistema de alcantarillado, es lineal, a lo largo de la vía principal de acceso, paralela a la costa. Por tal razón, desde el punto de vista de redes secundarias y colectores, se pueden distinguir:

- Colectores: las tuberías principales de gravedad que corren por la vía principal a lo largo de la ciudad, paralelas a la costa.
- Líneas de impulsión que conectan tramos del colector anterior, a lo largo de la vía principal y que son necesarias para elevar el agua debido a la pendiente prácticamente nula de la vía (ver líneas de impulsión en sección 2.3).
- Pueden considerarse como colectores, las líneas de impulsión que conectan estaciones de bombeo desde barrios aledaños, a los colectores sobre la vía principal.

Las redes de recolección corresponden a los diferentes barrios y sectores ubicados a ambos lados de la vía principal.

Este colector y la red secundaria se muestran en los planos de los diseños definitivos que se presentan en el Volumen de Planos. La red está diseñada con la capacidad para transportar el caudal máximo horario estimado al año 2042.

Las tuberías de recolección por gravedad, serán de PEAD ADS ASTM F2947-12 para alcantarillado sanitario, y las líneas de impulsión, serán de PEAD según norma ASTM D 3035, elaborado con PE 4710, SDR 13,5, para presión de 11 bar.

En general, la red y los colectores presentan un enterramiento mínimo de 1,15 m, sobre la corona del tubo. Sin embargo, casos especiales, tales como cruces de algunas alcantarillas y puentes, tendrán enterramiento menor. Caso de enterramiento menor a 0,70 m, incluirá un blindaje de protección de las tuberías, según se muestra en los planos.

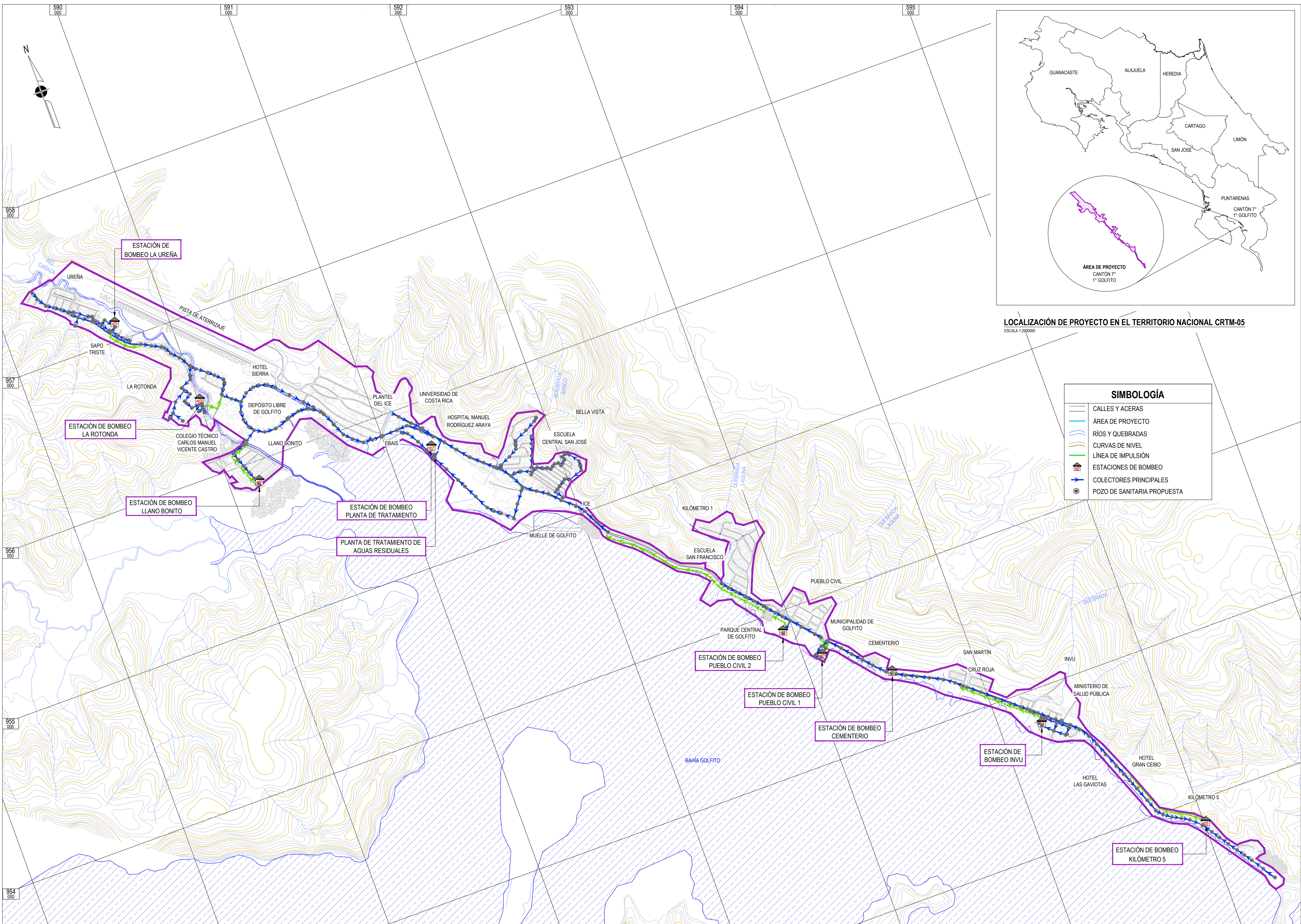
El Cuadro 2-3 resume las tuberías de gravedad, redes y colectores.

Cuadro 2-3: Resumen de diámetros y longitudes de la red secundaria y colectores

Pozos de registro	
Tamaño	Cantidad (Unidades)
Diámetro 1200 mm	354
Diámetro 1400 mm	127
Diámetro 1600 mm	36
Diámetro 1800 mm	19
Diámetro 2000 mm	7
Total	543
Tubería red de recolección	
Tamaño	Longitud (m)
Diámetro 145 mm	25.229,00
Diámetro 195 mm	1.040,70
Diámetro 245 mm	1.320,10
Diámetro 294 mm	743,50
Diámetro 369 mm	15,60
Total	28.348,90

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.

Los colectores se muestran en la Figura 2-2 conjuntamente con las líneas de impulsión de las estaciones de bombeo, la que constituyen a su vez la mayor parte de la red colectora. Estas líneas de impulsión –por su condición particular de funcionar a presión a partir de las estaciones de bombeo- se describen por separado en la 2.3.



LOCALIZACIÓN DE PROYECTO EN EL TERRITORIO NACIONAL CRTM-05
ESCALA 1:200000

SIMBOLOGÍA

- CALLES Y ACERAS
- ÁREA DE PROYECTO
- RÍOS Y QUEBRADAS
- CURVAS DE NIVEL
- LÍNEA DE IMPULSIÓN
- ESTACIONES DE BOMBEO
- COLECTORES PRINCIPALES
- POZO DE SANITARIA PROPUESTA

<p>PROYECTO : "SERVICIOS EN INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE GOLFITO, PUNTARENAS."</p>	<p>PROPIETARIO : INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS</p> 	<p>PROVINCIA: 06° PUNTARENAS CANTÓN: 07° GOLFITO DISTRITO: 01° GOLFITO</p>	<p>CONTENIDO: COLECTORES Y LÍNEAS DE IMPULSIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO</p>	<p>ESCALA: INDICADA ARCHIVO: FECHA: DICIEMBRE 2015</p>	<p>FIGURA 2-2</p>
--	--	--	--	--	-----------------------

2.1.5 Pasos de ríos y quebradas

Por su ubicación y configuración, el área de estudio es atravesada por una gran cantidad de pequeñas quebradas y cauces, así como por el Río Cañaza. Varias de las tuberías, tanto de gravedad como las líneas de impulsión atraviesan estos cauces. La mayoría de ellos están canalizados mediante tuberías de alcantarilla o alcantarillas tipo cajón, los cuales se ha previsto pasar por debajo o por encima de esas estructuras, o por debajo el cauce en los casos en donde este no está canalizado.

Las excepciones a lo anterior son:

- Sifón en el Cruce peatonal entre Ureña-Sapo Triste: Cruce por debajo del cauce con tubería 75mm PVC de una longitud de 22m con encamisado de concreto para la protección de la tubería.
- Sifón Depósito Comercial 1+244.36: Cruce por debajo del cauce con tubería 150mm PVC de una longitud de 10m con encamisado de concreto para la protección de la tubería.
- Sifón Depósito Comercial 1+382.87: Cruce por debajo del cauce con tubería 150mm PVC de una longitud de 10m con encamisado de concreto para la protección de la tubería.
- Puente Río Cañaza en el Colector principal del Sector de Ureña-Las Alamedas: Paso con tubería de PVC de 150mm con encamisado en tubería de acero de 200mm auto-soportado con una longitud de 20,4 m.
- Puente Quebrada Banco en Bellavista: Paso con tubería de PVC de 150mm con encamisado en tubería de acero de 200mm auto-soportado con una longitud de 8,4m.

En los Planos del Diseño Final se muestran los diseños de estos pasos.

2.2 Estaciones de bombeo

Se proponen nueve estaciones en total, las que al igual que sus líneas de impulsión, se dimensionaron para impulsar el caudal máximo horario proyectado para el año 2042.

Los sistemas fueron modelados de manera que la simulación de su operación sea lo más cercana posible al funcionamiento real. En el Anexo 3 (Volumen II), Memoria de Cálculo se presenta la metodología y cálculos desarrollados para el diseño de este componente.

La modelación permitió:

- Definir el número y potencia de bombas por estación, en función de número de arranques, variación horaria del caudal y volumen de cada cisterna.
- Definir el volumen de cada cisterna.
- Considerar las características de la línea de impulsión para el cálculo de la potencia de las bombas.

En la definición del volumen de las cisternas, se consideró que los periodos de retención del agua en ellas, no se sobrepasaran 30 minutos, evitando así problemas de septicidad y de olores.

En la Figura 2-3 se presenta el plano típico de una de estas estaciones de bombeo.

2.2.1 Ubicación de las estaciones de bombeo

Las siguientes son las ubicaciones de las estaciones de bombeo:

2.2.1.1 Estaciones de bombeo al noroeste de Golfito:

- EB La Ureña: Esta estación de bombeo se ubicará la urbanización del mismo nombre, para impulsar sus aguas a la parte alta de la vía, de manera que continúen por gravedad hacia la PTAR, a través del colector que va de noroeste a sureste.
- EB Las Rotondas: se ubica en la parte baja del sector del mismo nombre, al margen del Río Cañaza, e impulsa el agua mediante una tubería que cruza por debajo el cauce del río y llega al colector principal que viene desde La Ureña con rumbo a la PTAR.
- EB Llano Bonito: a esta estación llegan las aguas residuales de la urbanización del mismo nombre, y se ubica en el extremo más bajo de ella. Impulsa las aguas mediante una tubería que llega hasta el colector principal que viene desde La Ureña con rumbo a

la PTAR, conectando al lado del puente sobre el Río Cañaza, luego de cruzar bajo su cauce.

2.2.1.2 Estaciones de bombeo al sureste de Golfito:

- EB Km 5: esta estación se ubica aproximadamente a mitad de la longitud de la calle final del Km 5, en el extremo sureste del área de estudio. Recoge las aguas residuales que se generarán a lo largo de este calle, para impulsarlas al colector sobre la vía principal de entrada a Golfito, el que algunos tramos a gravedad y otros por bombeo, lleva el agua hacia la PTAR.
- EB INVU: Se ubicará en la parte baja de la urbanización conocida con el nombre anterior. Recoge las aguas de esta urbanización, así como las del colector principal del tramo entre el Km 5 y la estación de bombeo, para impulsarlas hacia un nuevo tramo de gravedad del colector principal, sobre la vía de entrada a Golfito.
- EB Cementerio: Esta estación se ubica diagonal a la esquina sur del cementerio. Esta estación eleva las aguas provenientes del colector principal, al siguiente pozo de este colector, por lo que la línea de impulsión es corta. Las aguas que recoge esta estación son las que se generan aguas atrás al sureste de Golfito.
- EB Pueblo Civil 1: Esta estación se ubica en la parte baja al sureste del Pueblo Civil. Recolecta las aguas de parte este sector, así como las del colector principal que viene del sureste, para impulsarlas nuevamente a un tramo de gravedad del colector que continua por la vía principal, hacia el noroeste.
- EB Pueblo Civil 2: esta estación se ubica en la parte baja al suroeste del Pueblo Civil. Recolecta las aguas del reste de Pueblo Civil, así como las del colector principal que viene desde el sureste y que incluye las aguas recolectadas por las estaciones anteriores. Las impulsa hacia un pozo ubicado cerca de Bella Vista, en el colector principal que continúa por gravedad hacia la PTAR.
- EB PTAR: esta estación de bombeo se ubicará en el predio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. A ella llegan la totalidad de las aguas residuales mediante los dos colectores de gravedad finales, el que viene desde La Ureña y el que viene desde el

sureste. Esta estación de bombeo, impulsa el agua al sistema de tratamiento preliminar de la PTAR.

2.2.2 Cisternas de bombeo

Todas las estaciones de bombeo serán subterráneas, bajo vía pública o bajo derecho de vía, variando solamente su diámetro en función de su caudal así como su profundidad, la que depende principalmente de la elevación de llegada de la tubería de la red o colector que la alimenta:

- Las estaciones de bombeo pequeñas, con caudales menores de 6,0 l/seg, tendrán un diámetro de 1,20 m. Son: La EB La Ureña, EB Las Rotondas, EB Llano Bonito y EB Km 5. Su altura de bombeo útil es de 0,5 m.
- Estaciones de bombeo medianas: tendrán diámetro de 1,50 y 2,0 m. Con el primer diámetro, la EB El Invu y con el segundo, las EB Pueblo Civil 1, Pueblo Civil 2 y Cementerio. Su altura de bombeo útil es de 0,5 m excepto la EB Pueblo Civil 2 que será de 1,00 m.
- Estación de bombeo principal: la de la PTAR, que tendrá 2,20 m de diámetro y una altura útil de bombeo es de 1,50 m.

En el cuadro 2-4 se muestran las principales características de cada cisterna de bombeo.

Cuadro 2-4: Datos de las cisternas de bombeo

Estación de bombeo	Altura del volumen muerto superior (m)					Altura del Volumen útil		Altura del Volumen muerto inferior (m)			Altura total de cisterna (m)	Diámetro de la cisterna (m)
	Cota tapa (msnm)	Cota Invert colector de entrada (msnm)	Δh invert - nivel máximo operativo (m)	Altura Total del volumen muerto superior (m)	Cota del nivel máximo operativo	Altura del Volumen útil (m)	Cota del nivel mínimo operativo (msnm)	Total altura calculada del volumen muerto (m)	Total altura de diseño del volumen muerto (m)	Cota de fondo de la cisterna		
EB Ureña	15,73	13,30	0,4	2,83	12,90	0,50	12,40	0,46	0,50	11,90	3,83	1,20
EB La Rotonda	6,56	3,26	0,4	3,70	2,86	0,50	2,36	0,26	0,35	2,01	4,55	1,20
EB Llano Bonito	3,35	0,05	0,40	3,70	-0,35	0,50	-0,85	0,46	0,50	-1,35	4,70	1,20
EB-05 PTAR	4,80	0,02	0,4	5,18	-0,38	1,50	-1,88	0,90	0,60	-2,48	7,28	2,20
EB Pueblo Civil 1	3,80	0,50	0,4	3,70	0,10	0,50	-0,40	0,36	0,40	-0,80	4,60	2,00
EB Pueblo Civil 2	3,31	0,01	0,4	3,70	-0,39	1,00	-1,39	0,66	0,60	-1,99	5,30	2,00
EB9 INVU	4,34	0,62	0,4	4,12	0,22	0,50	-0,28	0,36	0,40	-0,68	5,02	1,50
EB Km 5	5,70	1,75	0,4	4,35	1,35	0,50	0,85	0,31	0,40	0,45	5,25	1,20
EB Cementerio	5,50	1,48	0,4	4,42	1,08	0,50	0,58	0,56	0,60	-0,02	5,52	2,00

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

2.2.3 Rebalses de las cisternas de bombeo

2.2.3.1 Aspectos relacionados con las mareas

Varias de las estaciones de bombeo de Golfito están a muy baja elevación sobre el nivel del mar, y sus rebalses irían a este cuerpo receptor. En estos casos, la elevación de la marea alta, principalmente, debe ser considerada en el diseño del rebalse, de manera tal que se impida a la marea ingresar a la cisterna de bombeo.

La información sobre mareas en Costa Rica, se obtiene del Módulo de Información Oceanográfica (MIO) CIMAR, Universidad de Costa Rica, quién da sus alturas a partir de una referencia que como se ve a continuación, no corresponde con el “cero” del Instituto Geográfico Nacional, utilizado en la cartografía.

Ante consulta de HIDROTECNIA vía correo electrónico, el Oceanógrafo Omar Lizano del (MIO) CIMAR, respondió: *“las alturas de las mareas se dan respecto de nivel promedio de bajamares más bajas, cuyo promedio se sacó en un registro de mareas en Puntarenas de al menos 20 años. De manera que el cero del mar, es ese promedio de bajamares, ... y por supuesto, es un punto en mar adentro. Este nivel se llama bajamares de sicigia. Aunque nunca me han podido responder en el IGN, cual es el nivel cero de topografía, debería teóricamente ser, el promedio de altamares más altos en el mismo registro de mareas de esos 20 años. De esta forma, el cero de batimetría no debe coincidir con el cero de topografía.”*

Por otro lado, también ante consulta de HIDROTECNIA mediante correo electrónico, el Sr. Alvaro Alvarez Calderón, del Depto de Geodinámica del Instituto Geográfico Nacional, dice *“El 0 altimétrico se estableció en Costa Rica en el año 1952 en el mareógrafo de Puntarenas (hoy día no existente) el valor del 0 se traslada a todo el país a través de la red de nivelación de primer, segundo y tercer orden. Para esa época se realizaron comparaciones con los mareógrafos existentes en Quepos, Limón y Golfito y evidentemente hay diferencias en la determinación del 0 dado que influye la dinámica propia de la bahía donde está el mareógrafo, el periodo de la observación, la sedimentación y otros agentes naturales y antrópicos, no obstante la práctica usual para todos los países es que el nivel de referencia se define en un mareógrafo que se considera datum altimétrico y por ende la referencia no coincide con las de los países vecinos...”*. *“La cartografía nacional realizada en el sistema Lambert considera las alturas referidas al datum de Puntarenas y la más*

reciente emplea la interpolación sobre un modelo global del Geoide EGM96 y EGM08.” “De acuerdo a lo anterior y por los datos que tengo de la década de 1950 fue de unos centímetros no obstante en la actualidad sería necesario realizar una relación altimétrica (nivelación) entre los mareógrafos en Quepos y Golfito existentes. En caso contrario utilizar los datos de forma independiente sólo daría una referencia relativa y la diferencia estaría en función del vínculo, la técnica utilizada su exactitud y los datos del mareógrafo.”

De lo anterior se concluye, que en la actualidad en el país no existe referencia que vincule las elevaciones de las mareas, con las elevaciones topográficas cartográficas.

En el caso de Golfito no fue posible obtener referencias al nivel “0” de las mareas. Si bien, el Módulo de Información Oceanográfica del CIMAR (<http://www.miocimar.ucr.ac.cr>) registra la mayor marea en Golfito del año 2015 en el mes de setiembre y esta es de 3,69 m, no se tiene un nivel de referencia respecto al IGN.

Considerando lo que señala el Sr Alvarez, del IGN, que las diferencias entre los mareógrafos del país son pequeñas, y tomando en cuenta el dato del muelle de Quepos, el nivel de marea en Golfito sería aproximadamente de:

- Nivel de marea baja = $4,88 - 6,5 = -1,62$ (con referencia a datos del muelle de Quepos)
- Nivel de marea más alta, aproximadamente = $-1,62 + 3,69 = +2,07$ msnm.

Sin embargo, de acuerdo con la observación y consulta con habitantes del lugar, se ha determinado que en Golfito las mareas altas, –sobre el terreno- alcanzan aproximadamente el nivel 3,35 msnm. Este es el valor que se utilizará como límite en este estudio.

Dada la topografía de la Ciudad, en las estaciones de bombeo de bombeo de Llano Bonito, Pueblo Civil 1 y Pueblo Civil 2, no es posible ubicar los rebalses a elevación inferior. Estos, al igual que los restantes, tendrán válvula de retención tipo clapeta, en su extremo final, que impedirá el ingreso de la marea a la cisterna, pero no su descarga en marea alta, por lo que en caso de falla -durante marea alta-, deberán ser atendidos prioritariamente con plantas de emergencia para evitar su parada y llenado de la cisterna.

En las restantes estaciones, el rebalse se ubicará a elevaciones superiores a 3,75 msnm, evitando inconvenientes que pueda provocar la marea alta.

Como factor adicional de seguridad se especifican los motores del sistema de retención de sólidos, IP 68, con posibilidad de operar sumergidos, en caso de inundación de la cisterna de bombeo.

2.2.3.2 Ubicación de los rebases de las estaciones de bombeo

Con las excepciones anotadas seguidamente, las cisternas estarán provistas de sistema de rebalse a un cuerpo de agua permanente cercano.

Los siguientes son los sitios de rebalse:

- EB La Ureña: El rebalse irá al río Cañaza. Su sistema de rejas y recolección de sólidos será manual
- EB Las Rotondas: Misma situación anterior.
- EB Llano Bonito: El rebalse irá al estero principal de la Bahía de Golfito. El sistema de rejas y recolección será manual.
- EB Km 5: Se prevé rebalse a la Bahía de Golfito. El sistema de rejas y recolección será manual.
- EB El Invu: se prevé rebalse a la Bahía. Su sistema de rejas y recolección será manual.
- EB Cementerio: Igual que la anterior.
- EB Pueblo Civil 1: Misma situación anterior.
- EB Pueblo Civil 2: Misma situación anterior.
- EB PTAR: En esta estación no se prevé rebalse, ya que formará parte de las instalaciones de la PTAR, en donde una planta de generación de energía de emergencia, evitará que pare su funcionamiento. Sin embargo, para prever inundación del motor del sistema de rejas, este será sumegible (IP68).

2.2.4 Sistema de rejilla y recolección de sólidos

Con la excepción de las cisternas pequeñas, que llevarán sistemas de rejillas y de recolección de sólidos manuales, en la tubería de entrada de cada una de las demás cisternas se instalará un equipo de rejilla para la retención de sólidos similar al Rotamat RoK 4 de Hubber Technology, el cual también se muestra en la figura 2-3

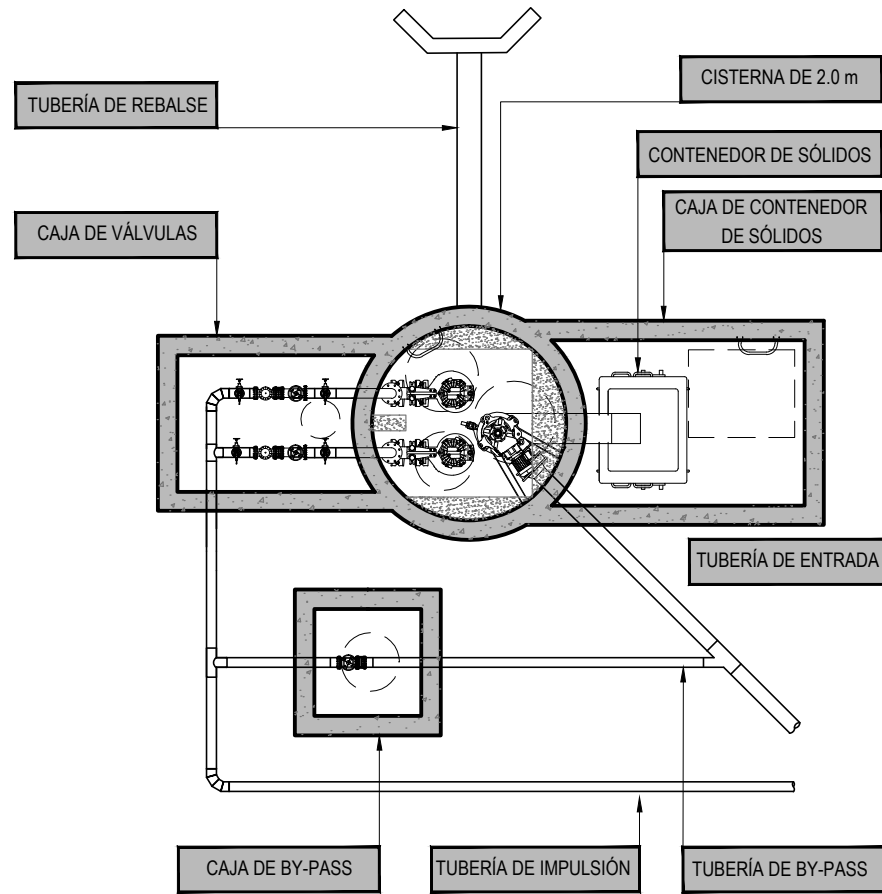
Este equipo consiste de una canasta de rejillas a la entrada de la tubería a la cisterna. A partir de la canasta, un tornillo sin fin desagua, comprime y extrae la basura retenida y la deposita en un contenedor. El contenedor se ubica en caja adosada a la cisterna, al lado de ella y también subterránea. El equipo se provee con bolsas plásticas en las que se depositan los residuos, las cuales se retiran diariamente (o según la producción de sólidos) para llevarlos al relleno sanitario para su disposición final.

El motor del equipo será sumergible (IP68) en aquellos casos en donde la instalación presenta riesgo de inundación. El cuadro 2-5 muestra las cisternas de rejillas y de retención de sólidos, de cada estación de bombeo.

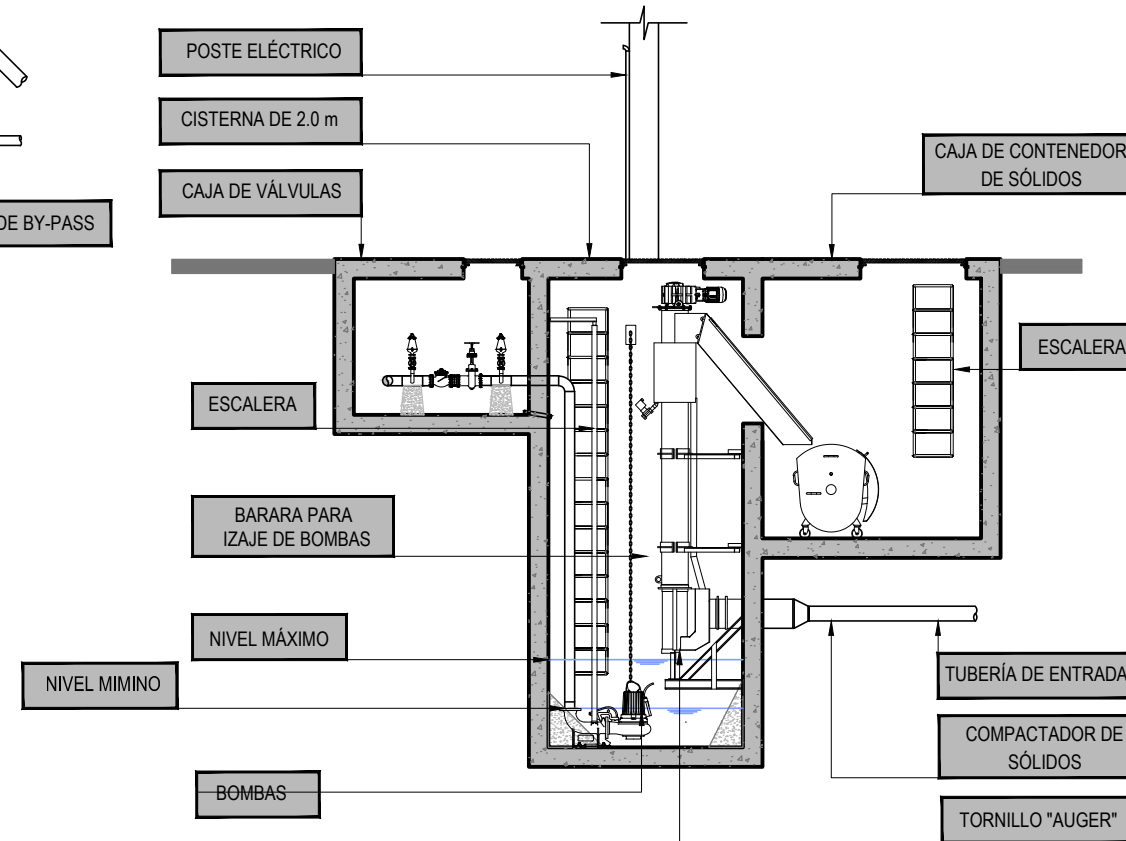
Cuadro 2-5: Datos del tipo de rejilla y sistema de recolección de sólidos en las cisternas de bombeo

Estación de bombeo	Tipo de sistema de rejillas y de retención de sólidos	Tipo de motor del sistema	Diámetro de brida del sistema de retención (mm)
EB Ureña	Manual	No aplica	No aplica
EB La Rotonda	Manual	No aplica	No aplica
EB Llano Bonito	Manual	No aplica	No aplica
EB-05 PTAR	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	500
EB Pueblo Civil 1	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300
EB Pueblo Civil 2	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300
EB9 INVU	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300
EB Km 5	Eléctrico automático	No aplica	No aplica
EB Cementerio	Manual	Sumergible (IP68)	300

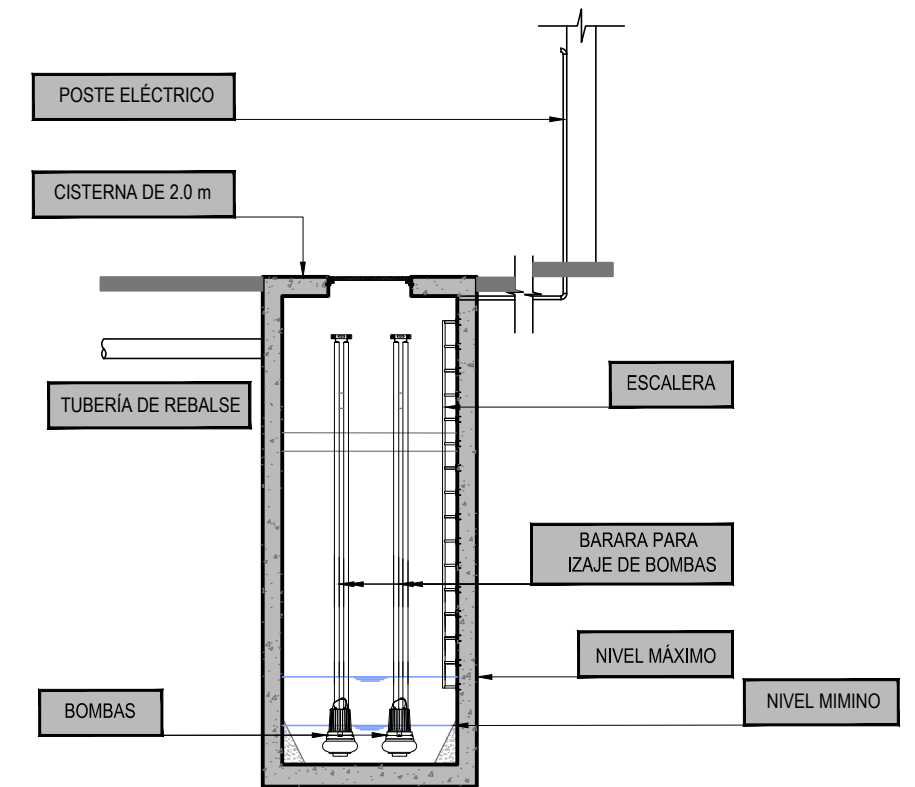
Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A



PLANTA



SECCIÓN LONGITUDINAL



SECCIÓN TRANSVERSAL

PROYECTO: LICITACIÓN ABREVIADA 2014 LA-000005-PRI
 "SERVICIOS EN INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE GOLFITO, PUNTARENAS."

PROPIETARIO: INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



HIDROTECNIA CONSULTORES S.A.
 Tel: (506) 22-83-31-32 Fax: (506) 22-24-76-82
 Página Web: www.hidrotecniaconsultores.com
 San José, Costa Rica

PROVINCIA: 06ª PUNTARENAS
 CANTÓN: 07ª GOLFITO
 DISTRITO: 01ª GOLFITO

CONTENIDO: CISTERNA TÍPICA DE ESTACIÓN DE BOMBEO

ESCALA: 1:75
ARCHIVO:
FECHA: diciembre-15

FIGURA: 2.3

2.2.5 Equipos de bombeo

Todas las estaciones de bombeo tendrán una sola bomba operativa, más una de reserva igual a la primera, instaladas dentro de la cisterna de bombeo subterránea. La capacidad de cada bomba, es similar al caudal máximo horario del año 2042. Los caudales entrantes a la estación de bombeo, menores durante el resto del día y antes de alcanzarse el caudal de diseño, serán equilibrados mediante arranques y paradas de las bombas y/o ajustes en el nivel de arranque. El diseño ha previsto un máximo de 10 arranques por hora, siendo posible hasta 15 de acuerdo con los fabricantes.

Alternando la operación de las bombas, esta frecuencia se puede reducir a la mitad.

Las bombas propuestas a instalar en estas cisternas, son bombas sumergibles que se instalan sobre una conexión especial (codo patentado, parte del equipo) fija al fondo del foso. El equipo de bombeo (motor y bomba) se coloca en posición desde afuera de la cisterna, a través de dos guías permanentes a ser suministradas con el equipo y se fija por su propio peso. Igualmente, se desmonta desde afuera de la cisterna halando el equipo. De esta manera, las acciones de mantenimiento del equipo se realizan sin necesidad de ingresar al foso y basta con un solo foso de bombeo, evitándose el foso seco adicional. Así, se suman las ventajas de un foso húmedo y las de una instalación en foso seco, en una misma instalación.

En el cuadro 2-6 se presentan los datos de los equipos de bombeo requeridos en todas las estaciones de bombeo del sistema de recolección del proyecto.

Como los diseños deben realizarse en base en curvas de bombas reales, se presentan los modelos de las curvas de bombas utilizados para la modelación y el diseño, según el fabricante Flygt.

Cuadro 2-6: Datos de las bombas requeridas en las estaciones de bombeo

Estación de bombeo	Q _{mh} (l/s)	N de bombas operando	N de bombas instaladas	Carga de bombeo (mca)	Caudal de bombeo (l/s)	Potencia hidráulica por bomba (kW)	Potencia del MOTOR (kW) según bomba probable	Posible bomba Flygt (1)
EB Ureña	2,74	1,00	2,00	18,00	5,40	1,74	2,68	CP 3060 HT 3~ 226
EB La Rotonda	15,98	1,00	2,00	7,09	1,38	0,20	1,34	CP 3045 HT 3~ 254
EB Llano Bonito	0,63	1,00	2,00	18,40	5,98	1,75	2,83	CP 3057 HT 3~ 264
EB PTAR	95,60	1,00	2,00	17,60	62,50	19,67	18,60	NP 3171 MT 3~ 436
EB Pueblo Civil 1	69,00	1,00	2,00	11,05	10,20	2,02	3,73	CP 3102 MT 3~ 433
EB Pueblo Civil 2	19,95	1,00	2,00	25,30	21,30	9,65	8,95	NP 3153 HT 3~ 464
EB INVU	6,74	1,00	2,00	17,00	9,20	2,80	5,59	NP 3127 HT 3~ 489
EB Km 5	9,32	1,00	2,00	6,77	5,02	0,35	3,1	NP 3102 LT 3~ adaptative 423
EB Cementerio	79,27	1,00	2,00	4,97	8,75	0,78	1,64	CP 3085 MT 3~ 438

Nota: A efecto de realizar las modelaciones y diseños, -incluyendo el diseño eléctrico-, se utilizaron datos de bombas reales, según modelos indicados.

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

La eficiencia de las bombas de aguas residuales en general, es bastante menor que la de bombas de agua potable. La diferencia es particularmente mayor, conforme el caudal de bombeo reduce, siendo entonces las bombas de menor caudal mucho más ineficientes. A efectos del diseño, se han considerado estas ineficiencias estando del lado de la seguridad, principalmente los diseños eléctricos. En todo caso, durante la ejecución del proyecto, el contratista deberá verificar que las bombas ofrecidas cumplan con condiciones, al menos iguales o similares de funcionamiento, respecto a los equipos utilizados en la modelación, para el diseño.

2.2.6 Válvulas y accesorios en las estaciones de bombeo

Contiguo a cada cisterna de bombeo estará la caja de válvulas que incluye en el sentido del flujo a partir de la columna de bombeo: válvula de aire para permitir y expulsar el aire en la columna de bombeo, válvula de compuerta, junta de desmontaje, válvula de retención y válvula de aire. Del extremo de salida de la línea de impulsión, se derivará una línea de retorno a la tubería de entrada a la cisterna, con una válvula de compuerta que servirá para la limpieza de la tubería, con descarga a la cisterna.

2.2.7 Sistema de alimentación eléctrica

Todos los equipos eléctricos serán trifásicos. La alimentación eléctrica en todos estos casos, se hará desde la línea pública existente sobre el sitio de la estación o cercano a ella, según se indica en los planos. En las estaciones de bombeo de La Rotonda, Llano Bonito, Pueblo Civil 2 y Km 5, la alimentación se hará desde la línea monofásica existente, adaptándose la instalación mediante convertidores para utilizar equipos trifásicos. En las restantes estaciones, la alimentación se realizará directamente desde las líneas trifásicas existentes.

2.2.8 Control operacional de los sistemas de bombeo

El control operacional que se propone en las estaciones de bombeo es local, con emisión de información básica al Centro de Control de la Planta de Tratamiento.

Se propone controlar y operar de manera automática las bombas según niveles en la cisterna. En la condición crítica de diseño para las estaciones de bombeo pequeñas, se propone instalar sensores de nivel que permitan apagar la bomba en su nivel mínimo operativo y encenderla a un nivel predefinido por encima de este nivel.

De acuerdo con los modelos de las bombas y sus curvas utilizadas para la modelación del sistema y el diseño, los niveles de arranque y parada de las bombas se muestran en el cuadro 2-7. En todas las estaciones de bombeo, la automatización permitirá la rotación

del funcionamiento de las bombas, de manera que en cada estación, todas tengan un tiempo (horas) de operación similar.

El sistema de control enviará señal al centro de control de la planta de tratamiento del estado (ON/OFF) del sistema de bombeo, de manera que pueda realizarse inspección a la estación, ante un tiempo fuera de operación, más allá del predefinido de acuerdo con operación normal.

Cuadro 2-7: Niveles de arranque y parada de las bombas

Estación de Bombeo	Nivel de Arranque sobre mínimo útil (m)	Nivel de parada sobre mínimo útil (m)
EB Ureña	0,50	0,00
EB La Rotonda	0,50	0,00
EB Llano Bonito	0,50	0,00
EB-05 PTAR	1,50	0,00
EB Pueblo Civil 1	0,50	0,00
EB Pueblo Civil 2	1,00	0,00
EB9 INVU	0,50	0,00
EB Km 5	0,50	0,00
EB Cementerio	0,50	0,00

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

2.3 Líneas de impulsión

2.3.1 Tuberías

Las líneas de impulsión se muestran en los planos de los diseños finales que se presentan en el Volumen V, planos. Al igual que la red secundaria y los colectores de gravedad, están diseñadas para transportar el caudal máximo horario estimado al año 2042.

Las tuberías de las líneas de impulsión serán de PEAD SDR 13,5 fabricadas con PE 4710 según norma ASTM 3035, en razón de su continuidad (no tiene juntas) que minimiza el riesgo de fugas, de su flexibilidad y de su celeridad, lo que minimiza el golpe de ariete; ventajas que justifican su costo adicional. Para definir su diámetro se utilizó el criterio de diámetro económico, según se presenta en el Anexo 3 (Volumen II), Memoria de Cálculo.

Sin embargo, se fijó el diámetro mínimo en 50 mm, por considerar inconveniente en sistemas de aguas residuales, utilizar un diámetro menor.

Su capacidad hidráulica fue analizada mediante el programa WaterCad, a través de un análisis dinámico que comprendió las 24 horas de la curva de variación horaria típica, en conjunto con el funcionamiento de las respectivas estaciones de bombeo. Por tal razón, la capacidad máxima de las líneas es por lo general ligeramente mayor que el caudal máximo horario. Las líneas de impulsión del proyecto se muestran en la figura 2-2 (misma figura que muestra los colectores) y sus características se resumen en el cuadro 2-8. Las siguientes son las líneas de impulsión:

Impulsiones desde el noroeste

- Línea de impulsión desde la E.B Ureña: recoge las aguas recolectadas en esta urbanización y las conduce hasta el primer pozo que permite continuar por gravedad hacia la EB PTAR.
- Impulsión desde la EB La Rotonda, conducirá las aguas del sector del mismo nombre, para llevarlas al Colector que viene por gravedad desde la Ureña y que sigue hacia el sector central de Golfito y finalmente a la EB PTAR.
- Impulsión desde la EB Llano Bonito: conducirá las aguas del sector del mismo nombre, para llevarlas al Colector que viene por gravedad desde la Ureña y que sigue hacia el sector central de Golfito, hasta llegar a la EB PTAR.

Impulsiones desde el sureste

- Impulsión desde la EB Km 5: Impulsará las aguas del sector del Km 5, al extremo sureste del área de estudio, hasta un pozo de registro a ubicarse cercano a la intersección con la carretera Principal, en el colector que por gravedad continúa hacia el noroeste, hasta llegar a la EB El INVU.
- Impulsión de la EB El INVU: desde la estación de bombeo a ubicarse en el sector del INVU y que recibirá por gravedad las aguas provenientes de las zonas

ubicadas al sureste de esta ubicación, así como las de la propia urbanización EL INVU y del sector del Km 5, las aguas se impulsarán a un tramo de colector por gravedad que continua hacia la EB Cementerio.

- Impulsión desde la EB Cementerio: desde la estación nombrada, que recibe las aguas de los sectores ya descritos al sureste de ella, así como del Barrio San Martín, se impulsarán un tramo corto para vencer el paso de una Quebrada, hasta un tramo de colector por gravedad que sigue hacia la EB Pueblo Civil 1.
- Impulsión desde EB Pueblo Civil 1: Esta estación de bombeo recibirá las aguas de las estaciones y sectores al sureste de su ubicación ya nombrados, así como –por gravedad-, del tramo de la carretera previo a llegar al Pueblo Civil y las impulsará hasta un pozo de registro en el sector del Pueblo Civil, el que continúa hasta la EB Pueblo Civil 2.
- Impulsión desde EB Pueblo Civil 2: Esta estación de bombeo recibirá las aguas de las estaciones y sectores al sureste de su ubicación ya nombrados, así como –por gravedad-, del Pueblo Civil, para impulsará hasta un pozo de registro en el sector del Km 1, del colector que continúa por gravedad hasta la EB de la PTAR.
- Línea de impulsión de la EB de la PTAR: Esta estación de bombeo estará en la PTAR y recibirá las aguas que llegan por gravedad del sector desde ambos extremos de la ciudad, los cuales a su vez han recolectado las aguas de las EB Pueblo Civil y las de los sectores al noroeste de la ciudad, y las impulsará mediante una tubería de 106 m de longitud, al sistema de tratamiento preliminar de la PTAR.

Cuadro 2-8: Características de las líneas de impulsión de las EB de Golfito

Línea de Impulsión	Caudal de diseño (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)	Material
EB-01 Ureña	5,29	1,20	75	88,9	75,7	260	PEAD ASTM 3035, PE 4710, SDR 13,5 11 bar
EB-02 La Rotonda	1,57	0,77	50	60,3	51,9	192	
EB-03 Llano Bonito	5,79	1,29	75	88,9	75,7	372	
EB-05 PTAR	64,6	1,08	300	323,85	275,9	106	
EB-07 Pueblo Civil 1	11,16	1,60	100	114,3	97,38	173	
EB-08 Pueblo Civil 2	21,27	1,32	150	168,28	143,3	1373	
EB-09 INVU	9,15	1,23	100	114,3	97,38	612	
EB-10 Km 5	5,34	0,72	100	114,3	97,38	600	
EB-11 Cementerio	9,95	2,25	100	114,3	97,38	29	

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

2.3.2 Válvulas y accesorios

En las líneas de impulsión no se instalarán válvulas de corte o de cierre, excepto en interconexiones sus interconexiones. Excepto estas, se consideran suficientes, las válvulas de retención y de cierre a instalar en las estaciones de bombeo. En el cuadro 2-9 se muestran los diámetros de tuberías y accesorios en los ramales de descarga (tubería que va de la bomba al múltiple de descarga) de cada estación de bombeo.

En los puntos altos y bajos de cada línea, se instalarán respectivamente válvulas de aire y de limpieza. Las descargas de las válvulas de limpieza se conectarán a cisternas de bombeo o a pozos del alcantarillado.

Cuadro 2-9: Diámetros nominales de válvulas en los ramales de descarga de cada estación de bombeo y en las líneas de impulsión asociadas a ellas

Estación de bombeo/ línea de impulsión	DN Descarga (mm)	DN línea de impulsión (mm)	DN Válvulas de aire (mm)
EB-01 Ureña	75	75	50
EB-02 La Rotonda	50	50	50
EB-03 Llano Bonito	75	75	50
EB-05 PTAR	300	300	50
EB-07 Pueblo Civil 1	100	100	50
EB-08 Pueblo Civil 2	150	150	50
EB-09 INVU	100	100	50
EB-10 Km 5	100	100	50
EB-11 Cementerio	100	100	50

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.

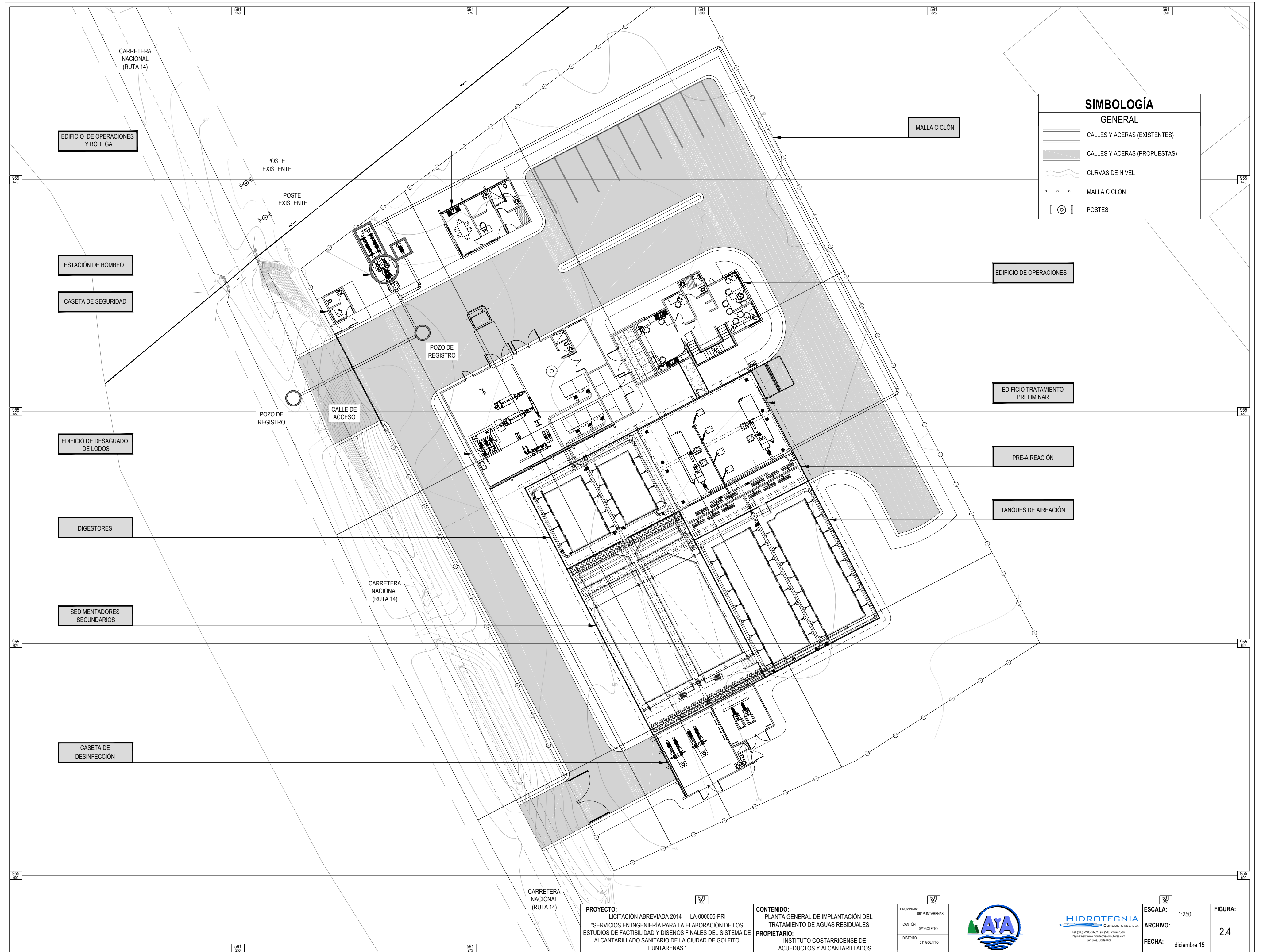
2.4 Sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento se ha diseñado para atender una población 7.360 personas, equivalentes a una caudal promedio de 2.5920 m³/día y una carga orgánica contaminante de 777,60 kg DBO/día. Durante el desarrollo de la etapa de Factibilidad, se formularon y analizaron diferentes soluciones de tratamiento, acorde con los requerimientos de calidad del agua de vertido y la disponibilidad de terreno y sus costos de inversión y de operación y mantenimiento.

A partir de la valoración económica, ambiental y facilidad operativa, surge como alternativa más conveniente la solución de tratamiento por Lodos Activados, Modalidad Alta Carga, con Lecho Fluidizado de soportes plásticos para el cultivo celular y recirculación de lodos del sedimentador secundario denominada IFAS, con digestión aeróbica de lodos, deshidratación final y disposición de lodos en relleno sanitario de la zona.

El efluente tratado será dispuesto en el Estero Llano Bonito. El sistema de tratamiento contará además con tanque de compensación para evitar sobre-cargas hidráulicas al sistema de tratamiento biológico del agua y un sistema para tratamiento de olores en las etapas de tratamiento preliminar del agua.

La figura 2-4 presenta el diseño de sitio de la PTAR. La figura 2-5 muestra el diagrama de flujo de los procesos de tratamiento y la figura 2-6 muestra el perfil hidráulico de la PTAR.



SIMBOLOGÍA	
GENERAL	
	CALLES Y ACERAS (EXISTENTES)
	CALLES Y ACERAS (PROPUESTAS)
	CURVAS DE NIVEL
	MALLA CICLÓN
	POSTES

PROYECTO:
 LICITACIÓN ABREVIADA 2014 LA-000005-PRI
 SERVICIOS EN INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE GOLFITO, PUNTARENAS.

CONTENIDO:
 PLANTA GENERAL DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

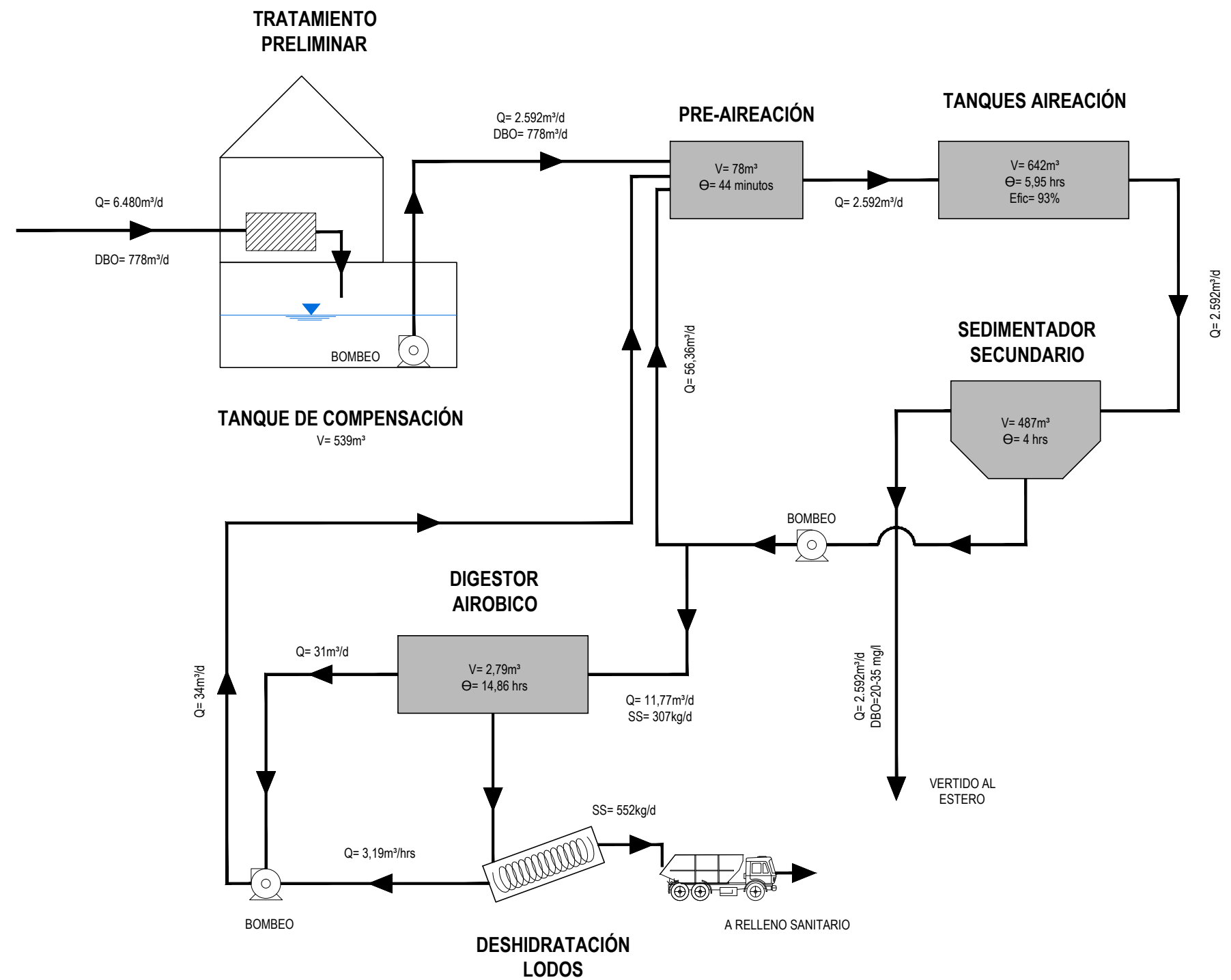
PROPIETARIO:
 INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

PROVINCIA: 09^{ta} PUNTARENAS
 CANTÓN: 07^{mo} GOLFITO
 DISTRITO: 01^{er} GOLFITO



HIDROTECNIA
 CONSULTORES S.A.
 Tel: (506) 22-63-31-32 Fax: (506) 22-64-16-62
 Pagina Web: www.hidrotecnia.com
 San José, Costa Rica

ESCALA:	1:250	FIGURA:	2.4
ARCHIVO:	---		
FECHA:	diciembre 15		



PROYECTO: LICITACIÓN ABREVIADA 2014 LA-000005-PRI
 "SERVICIOS EN INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE GOLFITO, PUNTARENAS."

PROPIETARIO: INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



HIDROTECNIA CONSULTORES S.A.
 Tel: (506) 22-83-31-32 Fax: (506) 22-24-76-82
 Página Web: www.hidrotecniaconsultores.com
 San José, Costa Rica

PROVINCIA: 06ª PUNTARENAS
 CANTÓN: 07ª GOLFITO
 DISTRITO: 01ª GOLFITO

CONTENIDO: DIAGRAMA DE FLUJO, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE GOLFITO.

ESCALA: SIN ESCALA
ARCHIVO:
FECHA: diciembre-15

FIGURA: 2.8

Los principales componentes de la planta de tratamiento se detallan a continuación:

- Pre-tratamiento constituido por cámara de llegada provisto de rejillas rotativas de limpieza automática con tonillo de compresión de desechos incorporado y bajante de vertido lateral de desechos con bajo contenido de humedad, con un sistema para remoción de arenas y grasas.
- Tanque de amortiguamiento o compensación. Con el fin de reducir las fluctuaciones de caudal afluente por bombeo a la planta de tratamiento, se ha previsto un tanque de amortiguamiento de caudales pico, y bombeo posterior de un caudal promedio continua y sin fluctuaciones a la planta de tratamiento. En el fondo de estos tanques estarán ubicadas las bombas sumergibles para la impulsión del agua y contarán además con mezcladores de profundidad y aireación muy preliminar.
- Tratamiento de olores, cubrirá el sistema de tratamiento preliminar y el tanque de amortiguamiento o compensación. Este sistema estará conformado por sistemas de inyección de aire limpio y extracción de aire sucio, e impulsión de éste último a un sistema de filtración por carbón activado en seco y un sistema de membranas que actúan como filtros biológicos. El sistema tendrá una capacidad de tratamiento de 6000 CFM.
- Tanque de Pre-Aireación y Mezclado de lodos. Debido a que el agua ha permanecido en condiciones anóxicas (ausencia de oxígeno) por muchas horas, en su recorrido hasta la planta de tratamiento, se ha previsto un sistema de aireación preliminar y mezclado de lodos de retorno del sedimentador secundario. Este tanque tendrá un volumen útil de 538 m³, con un tiempo de retención de 5 horas.
- Tratamiento Secundario, constituido por tanques de aireación en estructura de concreto, con aireadores de burbuja gruesa y suministro de oxígeno mediante compresores o soplantes rotatorios, con una potencia instalada total de 180 HP. Este sistema de aireación tendrá un volumen útil de 642 m³, con un tiempo de retención final de 5,95 horas y una eficiencia del sistema de tratamiento de 93% a 95%.
- Sedimentadores Secundarios, del tipo rectangular con extracción de lodos por bombeo y vertederos tipo sierra en la cámara de salida. Con capacidad para la

remoción de lodos en el efluente tratado de los tanques de aireación. Estas unidades tendrá un volumen útil total de 487 m³ y un periodo de retención de 4 hrs.

- Un sistema conjunto de espesamiento y digestión aeróbica de lodos, con aereadores de burbuja gruesa de fácil cambio y suministro de aire mediante soplantes (blowers) de desplazamiento positivo con una potencia total de 30 HP y un volumen útil total de 279 m³ y un tiempo de retención de 3,63 días a para la etapa de adensamiento y de 15 días para la etapa de digestión de lodos.
- Un sistema de bombeo para la extracción del lodo digerido de los digestores hacia las unidades de deshidratación o desaguado del lodo, constituido por un sistema de bombeo de cavidad variable y alto rendimiento. Además, contará con un sistema válvulas para regular la evacuación del sobrenadante del digestor previo al proceso de evacuación de lodos.
- Un sistema de deshidratación o desaguado de lodos, mediante floculación y tornillos de compresión, todo construido en acero inoxidable y alto rendimiento y capacidad de 100 kgSS/día.
- Sistemas de retorno de agua del proceso de espesamiento-digestión y desaguado o deshidratación de lodos, al inicio del proceso, mediante una estación de bombeo con equipos sumergibles ubicado contiguo al edificio del manejo de lodos.
- Sistema de Desinfección. Debido a la muy baja dinámica del movimiento de mareas en la bahía de Golfito, se ha considerado importante la incorporación de un sistema de desinfección para la reducción del contenido microbiano de las aguas tratadas. Este sistema de desinfección estará conformado por 4 unidades de desinfección mediante lámparas ultravioleta que operarán en paralelo.

Las instalaciones de tratamiento además contarán con unidades accesorias, que facilitarán su operación:

- Caminos de acceso y caseta para control de ingreso
- Cerca de malla ciclón
- Calle asfaltada de circunvalación

- Tuberías de conducción de aguas afluentes y efluentes a cada proceso unitario de tratamiento indicado y cabezales de descarga para aguas tratadas y vertido al río Cañaza-Estero Llano Bonito.
- Tuberías para abastecimiento de agua potable.
- Sistema de tuberías para evacuación de aguas pluviales y cabezal de descarga hacia el río Cañaza, colindante con la propiedad.
- Caseta de vigilancia de la entrada de la propiedad
- Torre de operaciones, consistente en un edificio de 3 pisos, con laboratorio para control de calidad del agua, oficinas de ingeniería, y centro de comando y control operacional de la planta de tratamiento, monitoreo en línea de la calidad del agua y vigilancia y seguridad en tiempo real de la propiedad.
- Oficinas y bodegas para los empleados, con facilidades para cambio de ropa

Seguidamente se describen los diferentes componentes del sistema de tratamiento.

2.4.1 Pre-tratamiento

2.4.1.1 Remoción de basuras y sólidos inertes

La unidad contará con dos plantas compactas para retención de sólidos inertes. Conformadas por cámaras de rejas de limpieza automática, cámara desarenadora y trampa de grasas, similar al sistema propuesto por Huber Technology, modelo ROTOMAT-Ro-5, modelo 1000.

Las rejas serán del tipo placa perforada en tambor giratorio, con orificios de 3 mm de diámetro y contará con un tornillo elevador de desechos retenidos en la en la reja, un en el extremo opuesto tendrá un compactador de desechos, que luego verterá los desechos en un contenedor móvil para su posterior disposición en el Relleno Sanitario de la ciudad u otro con permisos.

Los canales desarenadores contarán con tonillo de fondo para la acumulación de y transporte de la arena removida, hacia la tolva de acumulación y tendrá otro tornillo elevador para la extracción, compactación y vertido de los lodos en un contenedor móvil, ubicado contiguo a

la planta de tratamiento preliminar indicada, para su posterior disposición en el relleno sanitario más próximo con permisos de aceptar dichos desechos. Luego del tratamiento preliminar, las aguas son descargadas en el tanque de amortiguamiento o compensación.

El sistema de dos plantas de remoción de sólidos y basuras, operará para el caudal promedio de diseño y para el caudal pico o máxima hora ($2.600 \text{ m}^3/\text{d}$ y $6.000 \text{ m}^3/\text{d}$ respectivamente). El edificio de pre-tratamiento, será construido, en paredes y techo con paneles modulares con aislamiento interno y chapas de aluminio exteriores.

2.4.1.2 Tanque de amortiguamiento o compensación.

Debido a la necesidad de mantener el equilibrio del funcionamiento biológico de los tanques de aireación, se requiere un flujo de agua cruda constante las 24 horas del día. Por tal motivo se proyectó un tanque de amortiguamiento cuyo volumen y capacidad de las bombas de impulsión, permitirán mantener el caudal afluente a las etapas de tratamiento igual al caudal promedio diario.

Para lograr establecer el volumen del tanque, se modelaron todos los sistemas de bombeo de la red de alcantarillado. Se consideró la curva de variación horaria de agua residual similar a la medida en Nicoya, ante la ausencia de sistema de aguas residuales en el área del presente proyecto.

La modelación de los sistemas de bombeo, permitió establecer un volumen de amortiguamiento máximo de 539 m^3 y se proyectaron unidades de bombeo para impulsar el caudal promedio diaria de aguas residuales. En la figura 2-7 se presenta la variación horaria del nivel del tanque de compensación que resulta de la modelación y de la cual se calcula el volumen antes dicho.

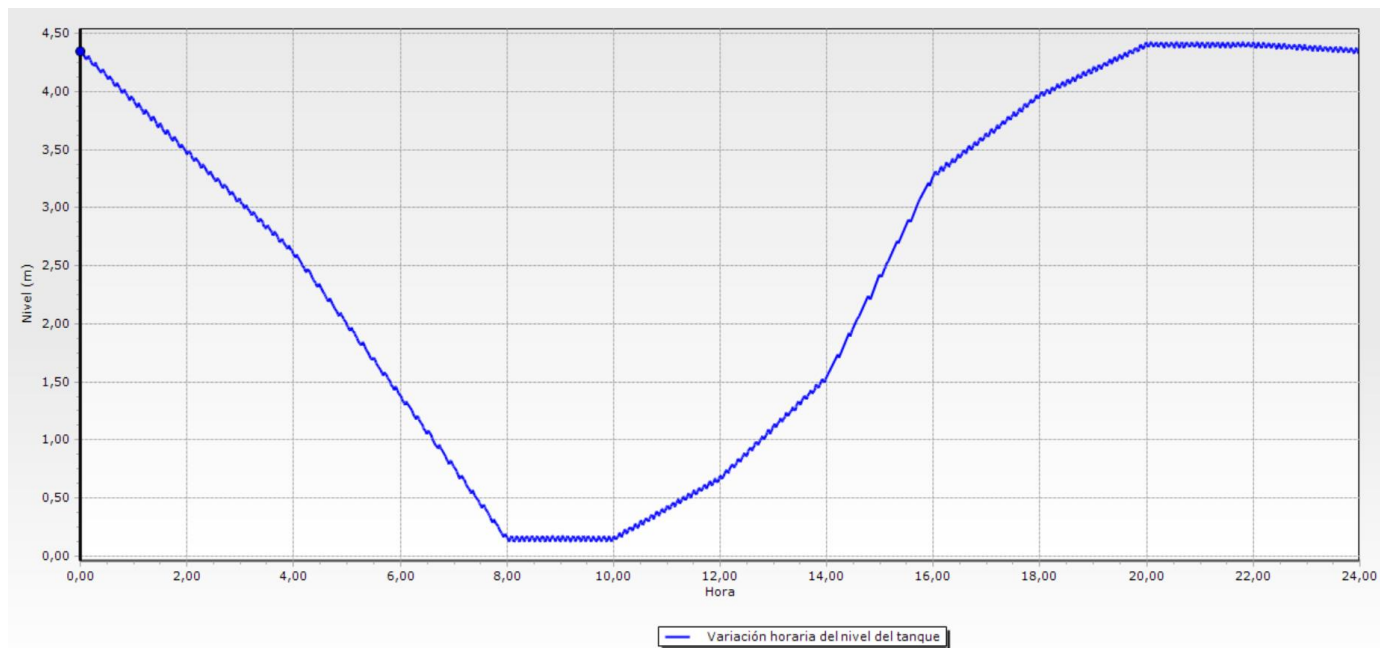


Figura 2-7: Variación horaria de nivel en el tanque de compensación

Elaboración: HIDROTECNIA CONSULTORES S.A.

Debido al elevado tiempo de retención del agua residual, en su recorrido por el alcantarillado sanitario, desde la descarga de cualquier vivienda, hasta la próxima estación de bombeo y de ahí la impulsión final hacia la planta de tratamiento, se estima que las aguas presentarán residuales afluentes a las primeras unidades del tratamiento preliminar de la planta de tratamiento, presentarán condiciones anóxicas y problemas de desprendimiento de gases producidos por la descomposición anaeróbica de las aguas residuales y lodos crudos. Por tal motivo y con el fin de elevar el contenido de oxígeno disuelto en el agua y el mezclado completo del agua residual en el tanque, para evitar sedimentación de lodos en los mismo, se han diseñado un sistema de 8 mezcladores de agua que a la vez inyectan oxígeno a las aguas mezcladas. Estas unidades de mezclado serán similares a las aireadores-mezcladores de profundidad (inyección aire a presión) tipo BER-5 que impulsan 60 m³/hr cada una contra carga de 5 m. serán 8 unidades operativas con potencia de 3.5 hp cada uno.

El suministro de oxígeno al agua del tanque es de muy baja capacidad ya que el nivel de agua en el tanque fluctúa continuamente, por lo que no se espera alcanzar niveles superiores a los

0.50 mg/l, pero permite extraer los gases disueltos en el agua e impulsarlos hacia las unidades de succión a el tratamiento de olores que se detalla en la siguiente sección.

El agua afluyente al tanque de compensación será impulsada hacia la siguiente etapa de aireación, mediante un conjunto de bombas del tipo sumergible, que impulsarán en total, 54 m³/hr con una carga de 9 mca (4 unidades 2 unidades operativas y dos unidades alternas), similares al modelo NP-3102-MT-3-465 de FLYGT. Las aguas crudas serán descargadas a dos tanques de aireación preliminar que permitirán reducir problemas de olores posteriores.

2.4.1.3 Pre-Aireación, mezclado de lodos de retorno y aguas crudas

Debido a que el agua ha permanecido en condiciones anóxicas (ausencia de oxígeno) por muchas horas, en su recorrido por la red de alcantarillado sanitario y luego por las estaciones de bombeo hasta la planta de tratamiento, se ha previsto un sistema de aireación preliminar y mezclado de lodos de retorno del sedimentador secundario. Se han propuesto dos tanques separados, que permitirán el uso según el crecimiento población de la zona.

Estos tanques tendrán un volumen útil de 78 m³, con un tiempo de retención de 40 a 45 minutos para el caudal promedio de diseño de la planta de tratamiento, estimado en 2.592 m³/d.

A estos tanques afluirán además las aguas provenientes del desaguado de lodos digeridos y el sobrenadante superior de los digestores, así como el lodo de retorno de los sedimentadores secundarios. Estos tanques permitirán el mezclado de los lodos de retorno con las aguas crudas y aguas tratadas de retorno, reduciendo con ello los problemas de olores posteriores y la calidad y consistencia del lodo biológico, en conjunto con una reducción de la esponjosidad de lodos, debido a la baja proliferación de organismos filamentosos.

El sistema de aireación será conformado por un conjunto de difusores de burbuja gruesa, del tipo JET. Para las condiciones proyectadas, se recomienda la instalación de 72 difusores de burbuja gruesa, que deberán distribuir 1.930 m³ aire/minuto o 100 CFM (pies cúbicos por minuto) contra una carga de 0,70 kg/cm² o 9,75 psi.

El suministro de aire estará ubicado en el edificio de tratamiento de lodos, y está contemplado dentro de la demanda de aire requerido por los tanques de aireación del tratamiento biológico del agua.

2.4.1.4 Tratamiento de olores y control de la temperatura del aire

El sistema de tratamiento preliminar descrito, se ubicará dentro de una edificación cerrada, con control de clima y control de olores.

El equipo para el control de aire climatizado será del tipo unidad central de chiller de 35 toneladas, y contará con una manejadora de aire frío de 25 HP y un chiller o enfriador exclusivo para el edificio de pre-tratamiento.

A efectos de minimizar la propagación de olores al predio de la planta de tratamiento y zonas aledañas – básicamente debido a la liberación de gas sulfhídrico – se proyectó la construcción de un edificio en marcos de concreto estructural y paredes y techo de paneles de HG Esmaltado con lámina de aislamiento en fibra de vidrio en “sándwich” para todo el sistema de tratamiento preliminar.

En aquellos puntos que por motivo de reparación y/o mantenimiento sea necesario posibilitar el acceso (acceso a bombas sumergibles, aireadores sumergibles, inspección de tanques, aperturas de válvulas, se proyectaron tapas removibles en PRFV o (Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio).

Las unidades contarán con un sistema forzado de extracción de gases, el cual será conducido por medio de tuberías aéreas o exteriores (PRFV) o ductos cuadrados construidos en lámina de aluminio en crudo, hacia las unidades de tratamiento de gases, las cuales consisten en un sistema de doble etapa (físico y biológico en secuencia)

El sistema para el tratamiento de olores cubrirá el sistema de tratamiento preliminar, tanques de amortiguamiento o compensación y los tanques de pre-aireación. Este sistema estará conformado por sistemas de inyección de aire limpio y extracción de aire sucio o viciado, e impulsión de éste último a un sistema de filtración por carbón activado en seco y un sistema

de membranas que actúan como filtros biológicos. El sistema tendrá una capacidad de tratamiento de 4.470 CFM (7.600 m³, cinco ocasiones por hora de extracción).

Los puntos de captación se indican en el plano correspondiente. Dichos puntos de captación de aire u olores, se muestran como campanas de succión de aire sobre dichos puntos.

La captación misma se realizará directamente mediante un pase u orificio en la obra civil, generalmente sobre la superficie de cajas de registro, de repartición de caudales y de canales, rejas de limpieza automática, de rejas de limpieza manual, orificios para extracción de bombas y equipos electromecánicos, etc.

El lugar preciso de la captación se realizará en el momento de contar con los equipos e instalado todo lo necesario de operación instancia de ingeniería de detalle o “planos de taller” y previo a la instalación en obra, en función de los suministros a emplear, debiendo el Contratista suministrar el detalle del mismo así como la modificación necesaria a la obra civil.

El trazado y los diámetros tentativos de las tuberías aéreas o exteriores en PRFV o ductos cuadrados construidos en lámina de aluminio en crudo a emplear, se muestran en el plano correspondiente.

Los diámetros propuestos fueron determinados con base una tasa de renovación del volumen de aire ventilado de cinco (5) renovaciones/hora, y un diámetro mínimo de 250mm y máximo de 350 mm con el fin de reducir las pérdidas de carga. El sistema de conducciones de aire viciado confluye a tres sistemas de tratamiento de aire operando en paralelo.

Se han propuesto tres ductos principales de succión de aire viciado de todo el edificio y uno principal de succión específico para los puntos de posible emisiones de olores, para un total de 3 ductos de succión principal e igual número de sistemas de tratamiento de olores operando todos en paralelo y 3 ductos de succión secundarios (dos compartimientos del tanque de compensación y tanques de pre-aireación).

Los sistemas contarán con inyectores o ventiladores de inyección de aire, extractores o ventiladores de succión de aire, sistema de tratamiento de aire, tuberías de succión y descarga de aire crudo y tratado, así como parrillas de succión de aire.

La extracción de aire de las unidades y zonas del edificio de Tratamiento Preliminar, se realiza mediante ventiladores o extractores del tipo centrífugos, los cuales a su vez impulsan el aire a través de las unidades de carbón activado y posteriormente hacia los sistemas de filtración biológica, cuya ubicación se puede ver en el plano correspondiente.

Los diámetros propuestos fueron determinados con base una tasa de renovación del volumen de aire ventilado de CINCO (5) renovaciones/hora, El caudal de tratamiento propuesto será de 2400 a 7600 m³/h (condiciones PTN). El sistema de conducciones de aire viciado confluye a tres sistemas de tratamiento de aire operando en paralelo.

La extracción de aire de las unidades y locales se realiza mediante ventiladores del tipo centrífugos, los cuales a su vez impulsa el aire a través de los FILTROS DE ANTRACITA Y POSTERIORMENTE A LOS biofiltros, el sistema de tratamiento propuesto, cuya ubicación se puede ver en el plano correspondiente.

El sistema tendrá una capacidad TOTAL de tratamiento de 7.600 CFM (1.700 m MÁXIMO) CINCO ocasiones por hora de extracción)

Las características de los mismos serán las siguientes:

- Ventiladores tipo centrífugo
- Material de la carcasa en acero, con revestimiento protector anticorrosivo
- Material del rotor en acero galvanizado
- Extractores (tres en total) serán tipo centrífugo (SWB), modelo similar al indicado en planos, SWB-212—LMDX-QD, de GREENHECK, de 2.998 RPM, capaz de succionar 1.750 CFM (2.976 m³/hora por equipo o 7600 m³/hora en total). Material de la carcasa en acero, con revestimiento protector anticorrosivo o en aluminio.

- Fluido a transportar: aire contaminado (viciado) proveniente de unidades de proceso de agua residual doméstica y lodos, básicamente con contenido de gas sulfhídrico (H₂S, 20 ppm), mercaptanos, compuestos VOC's; agresivo y corrosivo, rango de temperaturas 0 a 35 °C.
- Punto de funcionamiento:
 - Caudal 1000 mínimo a 1750 CFM máximo (2000 a 3000 m³/h máximo (condiciones PTN)
 - Presión diferencial 4" de columna de agua (130 mm H₂O). todo dependerá del diseño patentado de los filtros de carbón activado y el sistema de filtros biológicos.
- El motor será trifásico para 380 V, 60 Hz, y de potencia adecuada a la curva del ventilador.
- El nivel de ruido será inferior a 40 dB medidos a 2 m del equipo y 1.5 m del piso de principal. En caso de no ser posible, se propondrán en forma alternativa soluciones para disminuir o atenuar el nivel de ruido, como casetas acústicas con control de clima incorporado para evitar el sobre-calentamiento del equipo.
- Tal y como se indicó, el equipo estará instalado en una cabina acústica con ventilación forzada, que permitirá reducir los niveles de ruido a 40 dB, y mantener bajo el nivel de temperatura ambiente dentro de la cabina.
- Cada equipo tendrá previsto: válvulas de corte tipo mariposa en succión e impulsión, junta flexible antivibratoria en succión e impulsión (ambas con conexión bridada).
- Los inyectores serán 3 unidades, similares a los BELT DRIVE-SBE de GREENHECK, modelo SBE-1L20-LMDX-QD de 1085 RPM, con capacidad de inyectar 3711 CFM cada uno para un total de 14.844 CFM (25.240 m³/hr en total, dando presión positiva).

2.4.2 Tratamiento Secundario

2.4.2.1 Lodos Activados de Alta Carga – Modalidad IFAS

En términos generales, el proceso de lodos activados consiste en mantener en suspensión en un reactor debidamente acondicionado, una alta concentración de flóculos biológicos formados a partir del crecimiento de bacterias y otros organismos que forman una población microbiana heterogénea y balanceada. Estos organismos se desarrollan mediante síntesis celular a partir de la metabolización materia orgánica afluyente y en presencia de oxígeno disuelto aportado al líquido. El proceso por tanto, implica la mezcla íntima de la masa biológica activa (lodo activado), con la materia orgánica afluyente, y la transformación de ésta en masa de bacterias floculentas. El licor mezcla efluente es luego separado en su componente clarificada, una vez procedida la remoción de la materia orgánica sedimentable, en tanto la fracción sólida, en calidad de lodo sedimentado, retorna parcialmente hacia el reactor con el objetivo de mantener la alta concentración de masa biológica activa, en tanto que el excedente es purgado para su tratamiento y disposición final.

El proceso de lodos activados, en cualquiera de sus variaciones o modalidades, resulta ser un procedimiento de tratamiento que permite alcanzar altas eficiencias en espacios relativamente reducidos.

Una de las modalidades de este proceso de tratamiento es la denominada alta carga, en la cual se permite un crecimiento y elevada concentración de flóculos biológicos en el tanque de aireación y esto permite reducir los tiempos de retención del agua en los tanques y de esta forma, la inversión se reduce. Una de estas modalidades de alta carga es el denominado Lodos Activados de Lecho Móvil o IFAS, es una tecnología basada en el crecimiento de biomasa en el interior de unos soportes plásticos con una alta superficie específica que se encuentran suspendidos y en constante movimiento dentro del reactor biológico aireado. Dicho sistema permite una mayor formación de biomasa respecto al sistema convencional, operando con elevadas concentraciones de SSVLM dentro del reactor y reduciendo los tiempos de tratamiento o tiempos de retención hidráulica, para igual calidad de efluente.

Este sistema fue desarrollado en Noruega a finales de los años 90.

Los reactores del tipo IFAS están formados por tanques (bioreactores)) en los que los microorganismos se arraigan en medio de soporte dispersado y suspendido en el tratamiento de aguas residuales

A diferencia de otros procesos de biopelícula, los soportes en este caso son libres de moverse y por lo tanto no mantienen las posiciones mutuas ni los fijos ni aquellos con respecto al reactor, tales como filtro percoladores o filtros sumergidos o los sistemas de membranas finas.

El crecimiento de una biopelícula sobre un soporte plástico o de polietileno es el resultado de la interacción entre los procesos biológicos y de transporte de los sustratos. En particular, la formación del biofilm es debido principalmente al crecimiento de células microbianas y la producción de polímeros extracelulares (por lo general es despreciable la contribución de la masa en suspensión que toma la raíz al soporte en sí).

El desarrollo de la película varía de la composición de las aguas residuales y los procesos de transporte (mezclado); por este último depende de la disponibilidad de sustratos para los microorganismos dentro del biofilm.

El engrosamiento gradual de la película, con la proliferación de colonias de bacterias, por un lado afecta a la difusión de sustratos orgánicos y oxígeno, y por otro lado determina, como una función de las características hidrodinámicas del reactor, el desprendimiento parcial de la película.

En particular, esto ocurre por varias razones: la depredación por organismos superiores a las bacterias, como los protozoos o metazoos, las fuerzas de cizallamiento inducidas por el flujo de agua tangencial a la película, a la abrasión debido a la colisión recíproca que están sometidos a los medios donde está presente la película (en los procesos en el lecho móvil), el desprendimiento espontáneo o colapso cuando en las zonas profundas de la biopelícula ocurren condiciones limitantes de oxígeno y sustratos y ocurre la muerte de las colonias de microorganismos.

Los reactores o procesos de IFAS se con recirculación de los lodos desde el sedimentación secundario. En estas condiciones, , los reactores de biopelículas se definen según la siguiente configuración:

- EL IFAS integrado fijo-Film Crivated Sludge: en el tanque de aireación también está presente en los lodos activados de suspensión que no está adherido a ningún medio sintético. Esta condición es la que se ajusta a la realidad, ya que en el tanque de aireación se producen los dos procesos al mismo tiempo, ya que no todos los microorganismos se cultivan adheridos a los medios de soporte móviles.

Para facilitar el movimiento de los elementos debe ser garantizado por el sistema de inyección de aire; esta condición permite asegurar un reactor de mezcla completa, por lo que reduce la presencia de zonas muertas, desde el punto de vista hidráulico, y aprovecha al máximo el volumen disponible.

La salida de los tanques está equipada con rejillas para evitar el arrastre y la fuga de elementos de soporte de la biopelícula fuera del reactor.

El efluente el biorreactor fluye en el tanque de sedimentación secundario en el que el lodo se separa de la fase líquida.

Para la planta de Golfito, se han proyectado dos tanques de aireación, conformando dos líneas o trenes de tratamiento operando en paralelo, con un volumen total de 643 m³ mínimo, para una concentración mínima de Sólidos Suspendedos Volátiles de 4.000 mg/, un superficie específica mínima equivalente del material de soporte (bio-soporte), de 650 m²/m³ y un porcentaje de empaado del 40%.

Dependiendo del tipo de manejo del lodo en la planta, la recirculación se realiza completa al inicio del tanque de aireación y parcialmente hacia los procesos de tratamiento de lodos. Esta última condición es la más adecuada ya que permite que los procesos se realicen más eficientemente.

Uno de los aspectos más importantes del proceso IFAS es la superficie específica de los medios sintéticos de cultivo, cuya capacidad debe superar los 650 m², para un volumen ocupado del alrededor del 40% del volumen total del bioreactor. El material utilizado para la fabricación de los medios de soporte puede ser polietileno virgen o polipropileno, con densidad de 0,95 a 0,99 g/cm³, con dimensiones de ancho entre 7 e 30 mm, diámetro de 10 a 45 mm.

Se ha proyectado el sistema para un tiempo de retención de 5.95 horas, una carga orgánica de 1.21 kg.DBO/m³.d y una carga aplicada al soporte de 4.66 g.DBO/m².d

Para el cálculo del oxígeno necesario, se han considerado las necesidades de Síntesis, Respiración Endógena, Nitrificación (pequeño porcentaje por reducido tiempo de retención), Biodigestión de lodos no soportados, Demanda por Pre-Aireación, demanda por Mezclado de la masa biológica y principalmente de los medios de soporte que requieren de mayor potencia, y tomando en cuenta los caudales de ingreso (promedio diario) y de recirculación de lodos (caudal máximo); obteniéndose un caudal de oxígeno de 148.470 m³/d de aire, contra una presión de 0,69 kg/cm² (9,75 psi); para un estimado teórico de 180 HP de potencia total incluyendo pre-aireación.

Los bio-soportes o denominados “chips” de tratamiento, son componentes construidos en polietileno de alta densidad, resistentes a los UV o rayos ultravioleta y permiten el crecimiento microbiano en dichos cuerpos sintéticos, facilitando con ello la sostenibilidad de la capacidad de tratamiento en procesos aeróbicos o anaeróbicos.

El material base para acumulación de biopelícula requerido debe ser neutral de Polietileno de Alta densidad, con gravedad específica menor a la del agua, diseñado exclusivamente para el uso en bioreactores, y en los cuales se ofrece una base estable para el crecimiento de las comunidades de microorganismos requeridas. Cada elemento deberá poseer una alta razón de superficie por volumen unitario, lo cual permita concentrar microorganismos sin dejar de lado las condiciones necesarias para permitir el paso de agua residual a través de su estructura interna. El diseño deberá impedir el atascamiento interior de cada celda plástica.

Las especificaciones mínimas de estos componentes son:

- Material: polietileno de alta densidad, virgen
- Gravedad específica nominal: máxima 0.98
- Área superficial efectiva: al menos $650 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Resistentes a los rayos ultravioleta
- Diámetro superior a los 12 mm y una altura de bio-soporte de al menos 12 mm.
- Color natural blanco.
- Facilitar eficiencia de al menos 93% en remoción de DBO.

Las aperturas con las que cuenten las celdas plásticas deberán estar optimizadas para las tasas de carga orgánica aplicada contempladas en el diseño, sin generar una condición que permita obstrucción de los elementos.

Se requiere cubrir un volumen mínimo del 40% del total del volumen de los tanques de aireación.

Estos componentes serán similares al modelo PE-01 de la industria PINGXIANG ZHONGXING PACKING CO. LTD, de China o al modelo CD 415 de la industria HEADWOEKS BIO de Canadá.

Previo al vertido de los soportes en los tanques de aireación, los mismos deberán estar completamente llenos de agua residual.

El vertido se realizará desde los recipientes y esparcidos con grúa exterior, a una altura mínima que impida reducir la pérdida por efectos del viento.

2.4.2.2 Sedimentador Secundario

Debido al probable desprendimiento de lodos de los medios de soporte y de los flóculos biológicos no soportados en los medios sintéticos, y con el fin de evitar que dichos lodos sean arrastrados hacia el cuerpo receptor, se diseñan dos sedimentadores de flujo horizontal y planta rectangular y extracción de lodos por bombeo.

Se ha proyectado un sistema de barrelos de profundidad, con un adensador o concentrador de lodos, que permitirá la evacuación de los lodos que serán luego impulsados a los tanques de pre-aireación, y un exceso del proceso de tratamiento será impulsado a los digestores para su tratamiento final, a partir de lograr estabilizar los reactores biológicos en los niveles de biomasa activa fijados por el diseño.

Se ha adoptado una tasa superficial de 13 m/d para el caudal de diseño, compatible con la recomendada para efluentes de sistemas de tratamiento por lodos activados.

Los tiempos de retención oscilaron entre 1.30 a 4,20 horas, para el espectro de caudales de diseño y recirculación y eventual pico por exceso de ingreso a la planta por fallo en el sistema de bombeo de aguas crudas.

La extracción del sobrenadante se hará por dos canaletas transversales al flujo y una lateral de fondo, a las cuales se accederá mediante vertederos conformados por vertederos tipo sierra para uniformizar el flujo de salida.

El efluente captado en estas canaletas es transportado mediante tuberías de PAD de 300 mm de diámetro a su disposición final, específicamente al cuerpo receptor, el Estero.

2.4.3 Manejo integrado del lodo

La extracción por bombeo de los lodos de los sedimentadores, mediante bombas de turbina horizontal con cámara de carga automática o autocebantes, permita la conducción del lodo hasta las unidades de mezclado y pre-aireación y parte del excedente irá a los digestores aeróbica de lodos. Este retorno al inicio del proceso de tratamiento está orientado a incrementar la concentración de sólidos suspendidos volátiles en los tanques de aireación y con ello ir mejorando el tratamiento por etapas de maduración. El sistema de bombeo estará constituido por dos bombas autocebantes EBARA o GORMANRUP caudal 25 m³/d, carga de 10 mca.

Se han proyectado digestores aeróbicos con una zona superior para adensamiento, debido a que reduce los costos de inversión, al eliminar las estructuras de adensamiento independientes, debido al bajo caudal de lodos y de aguas residuales.

Para el diseño del digestor se considera que el sistema IFAS producirá un total de 3080 kg de sólidos suspendidos por día.

Asumiendo una concentración de sólidos del 1,7% en el efluente del sedimentador y una densidad relativa del lodo de 1,02, el volumen diario producido por los dos sedimentadores será de 18,77 m³.

El ingreso a la zona de espesado se hace a través de una tubería de PAD de 100 mm de diámetro, que ingresa a la zona superior del tanque de espesador-digestor y que viene del bombeo de lodos de sedimentadores o bien más apropiadamente, de la purga de la recirculación de lodos. El espesador o zona de espesamiento contemplará la zona superior del tanque, y en la zona inferior, estará ubicado el digestor aeróbico de lodos.

El sobrenadante del área de espesado se extrae por medio de válvulas de compuerta que descarga el agua del sobrenadante, equivalente al vaciado total de la zona de espesamiento, con una altura de 0,50 m. Esta descarga de agua se realiza por tubería PAD de 100 mm de diámetro, a la estación de bombeo que impulsará las aguas a los tanques de pre-aireación para su tratamiento o pulimento final.

Es importante indicar que el mezclado del adensador se realiza mediante sistemas de aireación de burbuja gruesa, los cuales cada día, se detienen, se deja sedimentar 2 horas, y luego se extrae el sobrenadante clarificado, lo que permitirá que el lodo concentrado sedimente en el fondo del tanque. Luego de extraer el sobrenadante, se inicia de nuevo la operación de los aeradores o compresores. El lodo es sedimentado al fondo del digestor el cual ha sido calculado para una temperatura de operación de 22-30°C.

Considerando una eficiencia del digester del 40%, un coeficiente de producción “Y” de 0,05 mg/mg y una constante de respiración endógena de 0,03 d⁻¹ se obtiene una masa de tejido celular producida por día de 26 kg, y se tiene un porcentaje de estabilización igual a 0,40.

El tiempo de retención del digester será de 15 días y se han previsto dos tanques operando en paralelo. La extracción del lodo concentrado adensado se realiza cada 12 días, mediante una bomba de lodos que enviará del lodo extraído de los digestores al sistema de deshidratación constituido por un conjunto de dos tornillos de compresión. La bomba de lodos es del tipo de desplazamiento positivo y cavidad variable, anti-obstruible y dispone de conexiones de succión para los cuatro digestores, con apertura de válvulas independientes. Esta bomba será similar a la FLYGT EPSILON RANGE, modelo E-14.

Una vez alcanzado el equilibrio se debe extraer un volumen de lodos digeridos igual al incremento de volumen diario calculado en 18 m³/d como máximo y 11 m³/d como mínimo. Estos lodos retirados del digester deben ser enviados al tornillo de compresión que se encargará de reducir el contenido de agua de los lodos.

La deshidratación del lodo se lleva a cabo por medio de tornillos de compresión y compactación de desecho, una unidad en operación y una de respaldo. Similar al ROTAMAT ROS 3Q TAMAÑO Q330 DE HUBER SE.

El agua extraída de los lodos mediante el sistema de compresión, estación de bombeo que impulsará las aguas a los tanques de pre-aireación para su tratamiento final, de la misma estación de retorno del sobrenadante del agua del espesador o adensador. Tal y como se ha indicado, los digestores cuentan con un sistema de dos soplantes que suministran aire para mezclado de las zonas de adensamiento y digestión, así como para la digestión biológica del lodo.

Los soplantes son del tipo lóbulos rotativos (“roots”) y se tienen dos unidades en operación y de reposición. Horizontal (blower) kaeser o tuthill, total 29.21 m³ aire/minuto, presión descarga 7,05 m o 1,68 atmósferas.

En condiciones normales de operación, los soplantes operan uno y el otro en reposo. No obstante, los mismos descargan a un múltiple común provisto de válvulas que permiten la operación en paralelo de uno o más soplantes, realizando la regulación de caudal hacia cada reactor en forma manual. En la impulsión hacia cada reactor se regula mediante válvulas de bola y manómetros de regulación de presión.

En la misma sala de los soplantes se proyectaron los tableros eléctricos de los equipos de la PT en el área de manejo de lodos.

Bajo la caseta de manejo de lodos y del digestor, se ubica la estación de bombeo de aguas que impulsará: las aguas sobrenadantes de la zona de espesado de lodos y las aguas provenientes de los tornillos de compresión que tienen la función de deshidratación de lodos.

El sistema de bombeo consta de dos equipos moto-bomba en paralelo que impulsará las aguas a los tanques de pre-aireación. Estas bombas serán del tipo sumergible, con capacidades de 200 m³/d, carga de 12 mca. Similares al ofrecido EBARA-GOULDS o FLYGT. La configuración de la estación de bombeo es el siguiente:

- Pozo húmedo.
- Equipos de bombeo del tipo sumergible.
- Tuberías de impulsión y descarga o limpieza de la impulsión.
- Accesorios de la descarga (codos, válvulas de compuerta, válvulas check o de retención, etc.).
- Componentes electromecánicos para mando y control, así como bollas de marcación de niveles de agua (mínimo, máximo, etc).
- Medición de caudal ultrasónico y controles de nivel para encendido apagado mediante dispositivos electromecánicos.
- Componentes básicos para operación (Alarmas de máxima y mínimo, equipos de izaje, intercomunicación, generador de emergencia, etc.).
- Calle de acceso para mantenimiento.

- Por facilidades de operación, el múltiple de salida y las válvulas serán ubicados fuera de la cámara húmeda, en una cámara seca destinada a tal fin.
- Para el accionamiento de las bombas se instalará un tablero de control y mando, el sistema considerará la operación manual y automática, con ésta última, las bombas serán activadas según la variación de niveles en la cámara húmeda, en función de los niveles máximo y mínimo mediante juego de flotadores (tipo boyas) adicionalmente, se indica que todos los tableros y componentes eléctricos de la estación serán colocados a una altura mínima que resulte protegido contra inundación.
- De igual manera, para situaciones de emergencia por falta de energía se dispondrá de conexión al sistema electrógeno general de la planta.

Además de los grupos de bombeo, se ha previsto la instalación de los siguientes elementos, los que permiten el desarrollo normal de las actividades de operación y mantenimiento y seguridad de las instalaciones y del personal.

- Las tuberías y accesorios necesarios para los sistemas de impulsión serán de tipos comercialmente conocidos y comunes en el país, además de resistentes a las características propias de las aguas residuales como corrosión y abrasión.
- Las tuberías y accesorios que se instalarán dentro de las estaciones podrán ser de acero revestido y pintados de manera adecuada, preferiblemente color aluminio, en el exterior.

2.4.4 Desinfección

Debido a la muy baja dinámica del movimiento de mareas en la bahía de Golfito, se ha considerado importante la incorporación de un sistema de desinfección para la reducción del contenido microbiano de las aguas tratadas. Este sistema de desinfección estará conformado por 4 unidades de desinfección mediante lámparas ultravioleta que operarán en paralelo.

El sistema de desinfección se ha diseñado para un caudal promedio de 3000 m³/d, 4 unidades operando en paralelo, similar al TROJAN UV FIT, modelo 08AL20 con 8 lámparas cada uno.

Se ha previsto una caseta para albergar el equipo y contará con servicio sanitario completo y acceso por calle interna privada.

2.4.5 Control operativo y monitoreo de calidad del agua en línea.

Se instalarán diferentes sensores cuyas señales serán leídas y procesadas en el Centro de Control Operativo de la PT, ubicado en el tercer piso del edificio de Operaciones, en un computador programado para tal fin y con dos pantallas que proyectarán resultados de:

Sensor para medición de Caudal afluente a la planta y previo al tratamiento preliminar. Será instalado en tubería (por bombeo) afluente a la planta será del tipo ultra-sónico.

1. Sensores de calidad del agua, **Modulos I: DBO, DQO, SST, pH, temperatura, oxígeno disuelto** (en 3 puntos de medición diferentes). Cada juego de sensores estarán ubicados en los siguientes puntos:
 - a. Tanque de pre-aireación
 - b. Previo a la salida del agua tratada en cada uno de los 4 tanques de aireación.
 - c. En la caja de salida del agua tratada, ubicada contiguo a las instalaciones de sedimentadores, en el canal de salida del agua.

Los sensores de calidad del agua servirán para operar automáticamente el funcionamiento de los aireadores en los tanques de aireación, en función del nivel de oxígeno disuelto presente en el agua de salida de dichos tanques.

2. Sensores de calidad del agua, Modulos II: pH, temperatura, oxígeno disuelto. El juego de electrodos estará ubicados en cada tanque Digestor de aireación (dos tanques). Los sensores de calidad del agua servirán para operar automáticamente el funcionamiento de los soplantes de cada digestor.
3. Sensor de funcionamiento (encendido o apagado) de cada equipo operativo de la planta de tratamiento (rejas de limpieza automática, inyectores y extractores del sistema de control de olores, aireadores o soplantes de los tanques de aireación, bombas, barre lodos, deshidratación de lodos, etc).

4. Encendido y apagado de luces exteriores (calles, parqueos, zonas, exteriores de edificaciones, etc).
5. Sensor de funcionamiento (encendido o apagado) de los dos sistemas de barrelos de los sedimentadores secundarios
6. Sensor de funcionamiento (encendido o apagado) de los dos sistemas de bombeo de lodos de retorno y purga a digestores, que succiona lodos de los extremos de los sedimentadores secundarios.
7. Sensor de funcionamiento (encendido o apagado) de los dos sistemas de bombeo de lodos de centro de los adensadores e impulsión a digestores.
8. Sensor de funcionamiento (encendido o apagado) de los dos compresores que suministran aire a los dos tanques digestores de lodos airóbicos.
9. Sensor de funcionamiento (encendido o apagado) de la bomba de trasiego de lodos desde los digestores a los Tornillos de Compresión que desaguarán los lodos y descargan los lodos al camión de descarga o trasiegan lodos hasta el sitio de secado solar de los lodos.
10. Sensor de funcionamiento (encendido o apagado) de las bombas de impulsión del desaguado de lodos en el Tonillo de Compresión y sobrenadante de digestores.
11. Sensor para medición de Caudal efluente de la planta y posterior a los sedimentadores secundarios. Será instalado en el canal de salida del agua tratada de los sedimentadores secundarios.

El sistema de control operativo contará con luces (verdes para encendido y roja para apagado, así como alarmas de fallo de equipo), para visualizar desde el Centro de Control Operativo de la PT, el funcionamiento del sistema.

Monitoreo, Vigilancia y Seguridad de las instalaciones.

Para el monitoreo, vigilancia y seguridad, se instalarán cámaras de vigilancia, con señal al Centro de Control Operativo, que permitirán monitorear:

1. Cámaras en el Interior de todas las edificaciones

2. Cámaras en Ambientes Exteriores de las calles y perímetro de la PT (cámaras en postes de alumbrado dentro del predio de la PT, con visión de 180° y lente móvil, con grabador de 30 días y al menos dos monitores de 32". Esta visual es independiente a los computadores de control operativo de la planta.
3. Cámaras en Interiores de todas las áreas de operación para vigilancia de los equipos y evitar daños.
4. Cámaras en caseta de vigilancia de la entrada para registro de ingreso de personas al predio de la PT.

2.4.6 Edificios

Con el fin de facilitar la operación de la planta de tratamiento, se han proyectado los siguientes locales o casetas:

- Centro de operaciones y laboratorio de control de calidad (torre de operaciones)
- Local de oficinas, bodega de la planta y vestuario para operadores.
- Local de vigilancia a la entrada de la PT
- Local de manejo de lodos, soplantes de aire del digestor y desaguado de lodos

A continuación se detallan las características de los locales principales.

2.4.6.1 Centro de Operaciones.

En este local está conformado por un edificio de tres pisos, en donde se ubican:

- En el primer piso se ubica la recepción de las instalaciones de tratamiento, y el laboratorio de control de calidad del agua de la planta de tratamiento.
- En el segundo piso se ubican las oficinas de los profesionales e ingenieros responsables de la operación y una sala de reuniones
- En el tercer piso se ubica el centro de comando y monitoreo operativo de la planta de tratamiento. En este sitio se operan los aireadores y se vigila el funcionamiento de todos los sistemas de bombeo, desaguado de lodos, calidad del agua en sus diferentes

etapas de tratamiento, así como la vigilancia de la seguridad en cercas y edificios de la PT y en las estaciones de bombeo de la red de alcantarillado de la ciudad, etc.

2.4.6.2 Local de oficinas y bodega

En este local tiene por objeto brindar facilidades a los empleados y técnicos del proyecto, con baño completo, vestidor, bodega para herramientas y oficina para el técnico coordinador de la cuadrilla de mantenimiento, así como cocineta para calentar comidas.

2.4.6.3 Local de vigilancia

Estará ubicado en el camino de entrada a la propiedad, tendrá las facilidades necesarias para el control de accesos, con oficina y servicios sanitarios que estarán conectados a la tubería de alcantarillado sanitario afluente a la planta de tratamiento y contará con control eléctrico del portón de ingreso a la propiedad.

2.4.6.4 Local para manejo de lodos

En este local se encuentra el filtro de bandas para deshidratación de los lodos así como las bombas de extracción de lodos de los digestores y el elevador de lodos desaguados al camión de volqueta de lodos deshidratado.

Además, en este local se ubican los soplantes que alimentan las parrillas de difusores de burbuja gruesa de los digestores aeróbicos, los tanques de aireación y de pre-aireación, así como los tableros eléctricos de los distintos equipos.

Los soplantes son del tipo lóbulos rotativos (“roots”).

2.4.6.5 Edificio de Desinfección.

Estará ubicado en el costado este de la planta de tratamiento, contiguo a la estación de bombeo de retorno y purga de lodos. Tendrá las facilidades necesarias para el control de accesos, servicios sanitarios y acceso vial mediante calle privada.

2.4.7 Redes de tuberías

Para efectos de operación de la planta de tratamiento se han diseñado diferentes tipos de redes de tuberías.

- Conducción de aguas crudas desde el tanque de compensación a los tanques de pre-aireación. Este sistema de tuberías fue diseñado con una red de tuberías a presión. Los diámetros de las tuberías han oscilado de 250 a 150 mm de diámetro, en PAD.
- Conducción de lodos recuperados en las tolvas de los sedimentadores y los conducen a los espesadores-digestores y el retorno hacia los tanques de pre-aireación. Estas tuberías han sido diseñadas como unidades de conducción a presión, con una carga inicial de descarga de 2,50 m y final de 2,65 m y tubería PAD de 100 mm de diámetro.
- Conducción de aguas de retorno de los sobrenadantes de las zonas de espesadores, en los digestores y del proceso de deshidratación de los lodos por medio de tornillos de compresión, impulsándolo hasta el inicio del proceso de tratamiento. Esta conducción fue diseñada como una unidad a presión, en tubería de 100 mm de diámetro. La impulsión de aguas de retorno se realiza mediante un sistema de dos equipos de bombeo operando en paralelo, del tipo sumergible.
- Sistema de red pluvial. Esta red de alcantarillado ha sido diseñada siguiendo las recomendaciones de diseño para redes de alcantarillado pluvial, de las normas para urbanizaciones y fraccionamientos. Para efecto de diseño se han considerado las calles, aceras y edificaciones o locales de trabajo, como áreas de aporte, ya que el resto son áreas verdes y estructuras cerradas de concreto. La precipitación de diseño fue obtenida a partir de las curvas de intensidad duración para la zona de Puntarenas, propuestas por AyA en sus normativas. La red de alcantarillado pluvial está conformada por tuberías de PEAD de 350 mm a 650 mm de diámetro, con tragantes indicados en planos y pozos de registro. El agua captada será conducida y descargada al Estero.
- Sistema de red para agua potable. Esta red fue diseñada según las normas de diseño para urbanizaciones y fraccionamientos. Se diseñan previstas domiciliarias a cada local

o edificio, tanto para aspectos de higiene humana como para limpieza continua y periódica de todo el predio.

Es importante resaltar que el control de incendios se llevará a cabo mediante extintores del tipo ABC que serán ubicados en todos los edificios y especialmente en cada piso del edificio de operaciones.

2.4.8 Descarga de la planta de tratamiento

El agua tratada será descargada en el Estero Llano Bonito, a la altura del emplazamiento de la planta de tratamiento.

2.5 Terrenos y servidumbres: sitio para PTAR

Como las estaciones de bombeo se proponen subterráneas, bajo vías y zonas públicas no requieren de terrenos para su implantación. Las tuberías, se ubicarán sobre calles públicas, por lo que no se requieren servidumbre para su colocación. Solamente la planta de tratamiento de aguas residuales requiere de un terreno para su implantación.

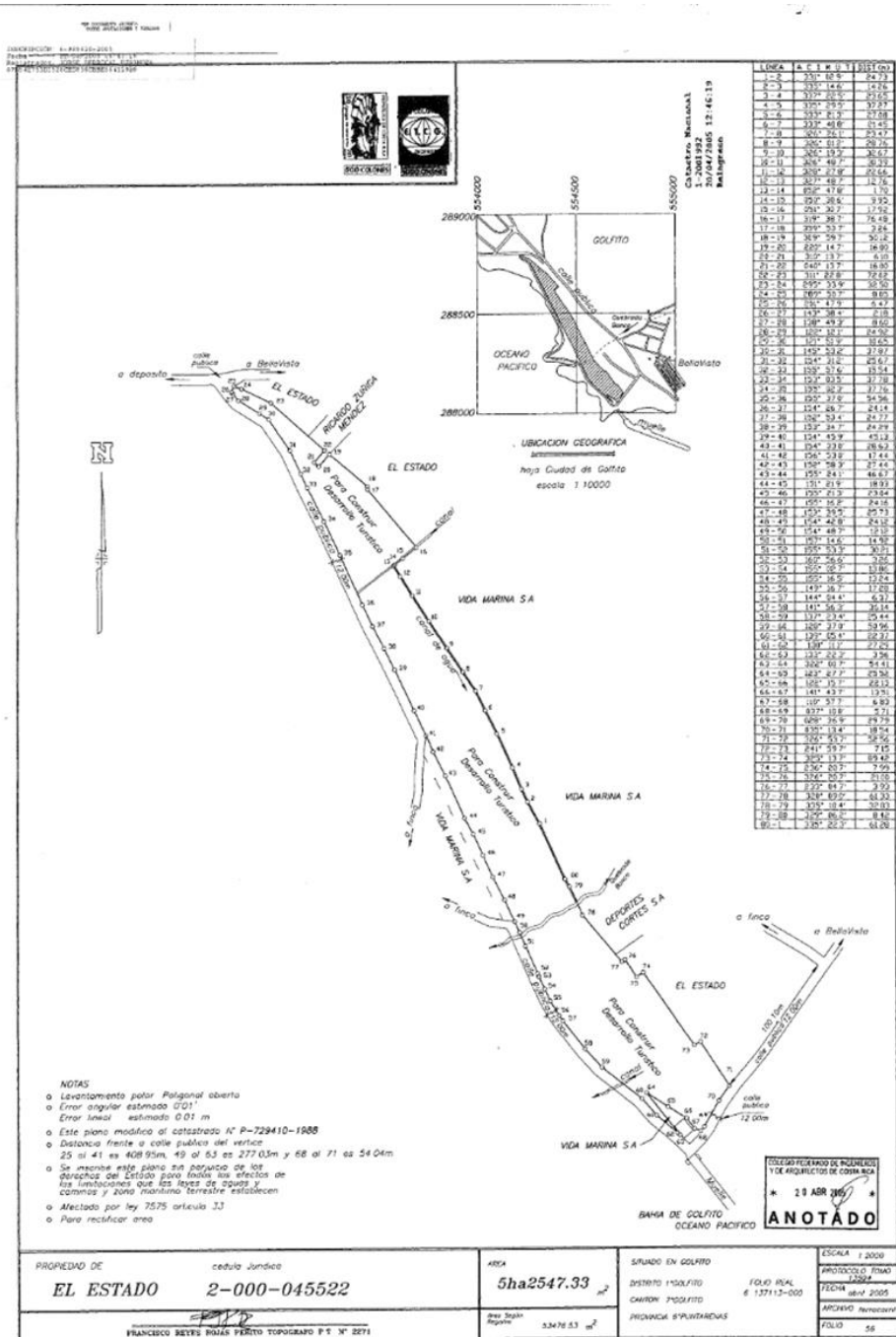
Para la planta de tratamiento se requiere adquirir un terreno de aproximadamente media hectárea, a partir de un canal de desagüe pluvial existente que divide la propiedad, con frente a la calle frente a la Bahía, y como fondo el límite de la propiedad, con un ancho de unos 80 m según se muestra en la a figura 2-8. Con referencia al Plano Catastrado de la figura 2-9, el límite noroeste, sobre el canal de desagüe pluvial, estaría determinado por el punto 13 del derrotero.

Figura 2-8: Sitio definido para la PTAR de Golfito



Fuente: Google Maps

Figura 2-9: Plano Catastrado de la Finca a adquirir por el AyA para para la PTAR de Golfito



El terreno se ubica a unos 670 m al noroeste de la entrada principal al Muelle Nacional, sobre la calle inmediata paralela a la Bahía de Golfito.

Este fue el sitio planteado desde la etapa de Factibilidad.

El área del sitio para ubicar la planta, forma parte de la finca Folio Real 6 137113-000, propiedad del Estado de Costa Rica, según consta en hoja del Registro Nacional que se muestra en la figura 2-10. Se ubica en la zona homogénea 607-01-U03, la cual tiene un valor según mapa de valores de las zonas homogéneas de 70.000 /m².

Figura 2-10: Datos de inscripción de la finca madre a la que pertenece el lote a ser adquirido para la PTAR de Golfito

REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
CONSULTA POR NUMERO DE FINCA
MATRICULA: 137113-000

PROVINCIA: PUNTARENAS FINCA: 137113 DUPLICADO: HORIZONTAL: DERECHO: 000
SEGREGACIONES: NO HAY
NATURALEZA: LÓTE TRES.PATIO DE FERROCARRILES PARA USO DEL MINISTERIO DE
OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES.
SITUADA EN EL DISTRITO 1-GOLFITO CANTON 7-GOLFITO DE LA PROVINCIA DE
PUNTARENAS
LINDEROS:
NORTE : CALLE PUBLICA,SECI SOCIEDAD ANONIMA
SUR : CAMINO PUBLICO Y VIDA MARINA SOCIEDAD ANONIMA.
ESTE : CALLE PUBLICA, RICARDO ZU#IGA MENDEZ, CAJA COSTARRICENSE DEL
SEGURO SOCIAL, COMPA#IA BANANERA DE COSTA RICA Y VIDA MARINA SOCIEDAD
ANONIMA
OESTE : COMPA#IA BANANERA DE COSTA RICA Y BAHIA DE GOLFITO

MIDE: CINCUENTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS METROS CON
CINCUENTA Y TRES DECIMETROS CUADRADOS
PLANO: P-0729410-1988

ANTECEDENTES DE LA FINCA:
FINCA DERECHO INSCRITA EN
6-00014565 000 FOLIO REAL

VALOR FISCAL: 1,000.00 COLONES

PROPIETARIO:
EL ESTADO
CEDULA JURIDICA 2-000-045522
ESTIMACIÓN O PRECIO: MIL COLONES
DUEÑO DEL DOMINIO
PRESENTACIÓN: 0542-00003051-01
FECHA DE INSCRIPCIÓN: 27 DE OCTUBRE DE 2004

ANOTACIONES SOBRE LA FINCA: NO HAY
GRAVAMENES o AFECTACIONES: NO HAY

Usted se está conectando a una Base de Datos Replicada, los datos están actualizados al 16-
Septiembre-2015 a las 12.00.27 horas
Emitido el 16-09-2015 a las 12:01 horas

Fuente: Registro Nacional

3. Aspectos de Operación y Mantenimiento del sistema propuesto

3.1 Mantenimiento de redes alcantarillado sanitario y colectores

Las redes de alcantarillado sanitario están compuestas por las tuberías de recolección y colectores y por una gran cantidad de elementos complementarios (pozos, acometidas, puentes tubo, pasos bajo cauces de ríos o carreteras).

Todos estos elementos requieren de un adecuado mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento de la red.

Uno de los objetivos primordiales del mantenimiento es la detección de los problemas existentes y sus causas para poder así actuar con tiempo antes de que se produzcan daños irreparables. Y lo más importante aún es la implementación de programas preventivos que permitan prolongar la vida útil de los componentes y su adecuada operatividad.

3.1.1 Inspecciones a pozos de registro

Deberán realizarse las siguientes visitas de inspección periódicas:

- Inspecciones visuales de los pozos: deberá programarse visita de inspección preventiva a los pozos de registro, al menos una vez al año. Dependiendo de los resultados del primer año de inspección, la frecuencia de inspecciones sucesivas podría modificarse.
- Inspección por circuito cerrado de televisión de los colectores. Se recomienda una inspección de este tipo cada cinco años, de forma rutinaria. Por supuesto, ante condiciones especiales y puntuales, se hará según los requerimientos.
- Verificación de infiltraciones en la red: es parte de las acciones a determinar mediante los dos tipos de inspección anteriores.

- Control de entrada a la red, con énfasis en las entradas de aguas clandestinas pluviales. De la misma manera que en la actividad anterior, esto se logra mediante las visitas de inspección programadas.
- Control de los aspectos cuantitativos y cualitativos de las aguas y de su evolución en el tiempo. El análisis de la calidad de las aguas, no debe circunscribirse a la PTAR. Deberán realizarse análisis semestrales, en puntos al azar, del alcantarillado sanitario.
- Control cuantitativo y cualitativo sobre los cauces receptores. El control de los cauces, así como de las playas, deberá realizarse con periodicidad.

La frecuencia de las inspecciones dependerá del comportamiento y características propias del sistema. Podrían establecerse frecuencias mensuales, trimestrales o semestrales, las cuales según la experiencia podrían ajustarse progresivamente. También será importante determinar la necesidad de diferenciar frecuencias según se trate de época seca o de época lluviosa.

3.1.2 Mantenimiento Preventivo

Se requiere de mantenimiento preventivo con el objeto de anticiparse a cualquier problema o alteración de la propia estructura de la red. La programación de las acciones de mantenimiento preventivo partirá de las inspecciones frecuentes a los pozos y realizar, e incluirá:

- Reparación de los fondos o cunas de los pozos de registro por desgaste, si se interrumpiera la circulación normal del agua.
- El relleno de fisuras y grietas en las paredes de los pozos de registro que no se deban a asentamientos diferenciales de la estructura.
- La reparación de repellos y revestimientos.
- El mantenimiento en condiciones de seguridad de las tapas y de los elementos de acceso a las alcantarillas.

3.1.3 Limpieza de tuberías a gravedad

Los operadores del sistema de saneamiento deben realizar una limpieza periódica de la red. Para esto se debe contar con equipos aspiradores – impulsores, tales como hidrovaciador, hidrojet y equipos combinados. Existen dos tipos de limpieza: la ordinaria y la extraordinaria.

La ordinaria debe obedecer a una programación anual de limpieza, en la cual en acciones diarias se lleve a cabo un período definido de limpieza por tramo (mes, trimestre, semestre o año). En las limpiezas extraordinarias, desobstrucciones principalmente, se realizan con carácter de urgencia, para solventar problemas que se presentan en forma inesperada. Esto obliga a contar con personal disponible para efectuar estas en forma oportuna.

3.1.4 Reducción de Olores

Se debe tener un control de los olores en el sistema de saneamiento. Las principales medidas para paliar el problema de olores del sistema son:

- Control de efluentes no domésticos.
- Control de saltos de agua dentro del sistema.
- Asegurar sistemas de ventilación.

3.1.5 Localización de infiltraciones y fugas

La adecuada operación de la un saneamiento debe de vigilar continuamente los caudales que circulan por las redes, con el objeto de evitar los siguientes problemas:

- Infiltración de agua subterránea a través de grietas de los conductos, fisuras en las juntas y conexiones defectuosas en los pozos de registro.
- Control de la entrada en el alcantarillado de aguas de lluvia de los bajantes de las cubiertas conectadas a la red, de los sistemas de estacionamiento de automóviles.
- Roturas y grietas en las tuberías, debidos a efectos de instalación, a sobrecargas de tráfico o movimientos telúricos.

3.2 Mantenimiento de estaciones de bombeo y de líneas de impulsión

La acción de mantenimiento más importante para estos sistemas, es la que impide el ingreso a ellos de sólidos o materiales que pudieran obstruir el funcionamiento de los equipos motor-bomba. De allí que es fundamental el mantenimiento de las unidades de retención de sólidos colocadas al extremo del ingreso a las tuberías, dentro de los tanques cisternas en donde operan las bombas, así como el mantenimiento preventivo de estas tuberías y accesorios de descarga e impulsión y primordialmente el mantenimiento preventivo electro-mecánico.

3.2.1 Unidades de retención de sólidos

Esta unidad –instalada dentro de cada cisterna, al extremo de la tubería de entrada- es muy eficaz en la captura de sólidos en suspensión, arenas finas y partículas más grandes y abarcan una gama muy amplia de sólidos contaminantes, que suelen ser toneladas en un año, tales como sólidos suspendidos totales, basuras y otros residuos. La unidad debe ser inspeccionada periódicamente para poder determinar si existe un acumulado de sólidos retenidos y para garantizar que la frecuencia de las limpiezas es la adecuada y verificar su funcionamiento.

Cuando la unidad entra en operación se recomienda realizar una inspección semanal. En la inspección se debe verificar que la unidad funciona correctamente es decir que no hay bloqueos u obstrucciones en la entrada y / o en la pantalla de separación. También se debe verificar la acumulación de sedimentos en la cámara diseñada al efecto. Dependiendo de los resultados de las inspecciones, con el tiempo se podrá afinar la frecuencia de visitas, de mantenimiento y de recolección de los sólidos. Con respecto a estos, los recolectados por los sistemas de rejillas de retención automática deberán ser retirados al menos tres veces por semana independientemente de su volumen, con el objeto de evitar su acumulación con los efectos consecuentes. Como parte del mantenimiento de las unidades de retención, se recomienda –dependiendo de su operación-, establecer una frecuencia de limpieza y lavado con equipo de alta presión (hidrojet).

3.2.2 Mantenimiento de las cisternas de bombeo

La inspección periódica de las cisternas de bombeo determinará la necesidad de mantenimiento. El mantenimiento requerido incluye:

- Limpieza general de la cisterna, incluyendo extracción de arena y de sedimentos acumulados.
- Verificación y reparación de paredes y elementos de concreto.
- Verificación y reparación de tapas y escaleras de acceso.

3.2.3 Mantenimiento de líneas de impulsión

El mantenimiento de las líneas de impulsión incluye:

- Limpieza periódica (al menos una vez al año) de las tuberías, mediante su desaguado en la propia cisterna, utilizando el by pass diseñado al efecto.
- Inspección de valvulería en la caja de salida de la cisterna, y de ser necesario ajuste de bridas, cambio de empaques y de ser necesario, de válvulas.
- Inspección a lo largo del recorrido de las líneas de impulsión para verificar posibles fugas, las que de existir deberán ser reparadas.
- Inspección de válvulas de aire y de limpieza y su reparación o cambio según sea necesario.
- Limpieza de sifones anualmente, mediante lavado de la línea y utilización de equipo hidroject – hidrovaciador. Además de los equipos de gran tamaño conocidos, para limpieza de tuberías de alcantarillado sanitario, en el mercado existen equipos portátiles de alta presión para limpieza de tuberías de 32 mm a 150 mm, serían adecuados para la limpieza de los sifones de las líneas de impulsión de aguas residuales, tales como la “limpiadora de desagües de alta presión KJ-2200”, de la marca RIGID.

3.2.4 Mantenimiento de equipo electromecánico

El personal de electromecánica responsable de los equipos de la PTAR, será también el responsable de los equipos de bombeo de aguas residuales. A tal efecto, incluirá en su programación inspecciones periódicas a estos equipos, y sus actividades incluirán actuaciones de mantenimiento preventivo y correctivo sobre estos equipos, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, con las inspecciones y con los requerimientos imprevistos.

3.3 Operación y Mantenimiento de la Planta de tratamiento

En esta sección se definen los procedimientos de operación y mantenimiento, de forma tal que aseguren la calidad del servicio realizado para el proyecto de alcantarillado sanitario para la ciudad, después de la implantación de las obras de saneamiento básico propuestas por este proyecto. Además, se plantean las principales labores rutinarias y se analiza el personal requerido y su nivel de escolaridad.

3.3.1 Descripción de la Planta de Tratamiento - PTAR

La planta de tratamiento de aguas residuales se describe en este documento en la sección 2.4, e incluye los siguientes componentes principales:

- Pre-tratamiento constituido por cámara de llegada provisto de rejillas rotativas de limpieza automática con tonillo de compresión de desechos incorporado y bajante de vertido lateral de desechos con bajo contenido de humedad, con un sistema para remoción de arenas y grasas.
- Tanque de amortiguamiento o compensación. Con el fin de reducir las fluctuaciones de caudal afluente por bombeo a la planta de tratamiento, se ha previsto un tanque de amortiguamiento de caudales pico, y bombeo posterior de un caudal promedio continua y sin fluctuaciones a la planta de tratamiento. En el fondo de estos tanques estarán ubicadas las bombas sumergibles para la impulsión del agua y contarán además con mezcladores de profundidad y aireación muy preliminar.

- Tratamiento de olores, cubrirá el sistema de tratamiento preliminar y el tanque de amortiguamiento o compensación. Este sistema estará conformado por sistemas de inyección de aire limpio y extracción de aire sucio, e impulsión de éste último a un sistema de filtración por carbón activado en seco y un sistema de membranas que actúan como filtros biológicos.
- Tanque de Pre-Aireación y Mezclado de lodos. Debido a que el agua ha permanecido en condiciones anóxicas (ausencia de oxígeno) por muchas horas, en su recorrido hasta la planta de tratamiento, se ha previsto un sistema de aireación preliminar y mezclado de lodos de retorno del sedimentador secundario. En este tanque se mezclarán los lodos de retorno con las aguas afluentes, con el fin de reducir la formación de organismos filamentosos que desmejoren la calidad de sedimentación de los lodos biológico.
- Tratamiento Secundario, constituido por tanques de aireación en estructura de concreto, con aireadores de burbuja gruesa y suministro de oxígeno mediante compresores o soplantes rotatorios y tendrán un relleno del 40% del volumen en bio-soportes para facilitar y mejorar el crecimiento bacteriano en los tanques de aireación.
- Sedimentadores Secundarios, del tipo rectangular con extracción de lodos por bombeo y vertederos tipo sierra en la cámara de salida. Con capacidad para la remoción de lodos en el efluente tratado de los tanques de aireación. Estas contarán con barrelos de funcionamiento automática y concentración en la tolva principal para la extracción de los lodos por bombeo.
- Un sistema conjunto de espesamiento y digestión aeróbica de lodos, con aereadores de burbuja gruesa de fácil cambio y suministro de aire mediante soplantes (blowers) de desplazamiento positivo. Estas unidades tendrán dos tubos de conexión para extracción del sobrenadante y el lodo de fondo.
- Un sistema de bombeo para la extracción del lodo digerido de los digestores hacia las unidades de deshidratación o desaguado del lodo, constituido por un sistema de bombeo de cavidad variable y alto rendimiento. Además, contará con un sistema

válvulas para regular la evacuación del sobrenadante del digestor previo al proceso de evacuación de lodos.

- Un sistema de deshidratación o desaguado de lodos, que utiliza mecanismos de floculación y tornillos de compresión, todo construido en acero inoxidable y alto rendimiento y capacidad.
- Sistemas de retorno de agua del proceso de espesamiento-digestión y desaguado o deshidratación de lodos, al inicio del proceso, mediante una estación de bombeo con equipos sumergibles ubicado contiguo al edificio del manejo de lodos.
- Sistema de Desinfección. Debido a la muy baja dinámica del movimiento de mareas en la bahía de Golfito, se ha considerado importante la incorporación de un sistema de desinfección para la reducción del contenido microbiano de las aguas tratadas. Este sistema de desinfección estará conformado por 4 unidades de desinfección mediante lámparas ultravioleta que operarán en paralelo.

Las instalaciones de tratamiento además contarán con unidades accesorias, que facilitarán su operación:

- Caminos de acceso y caseta para control de ingreso
- Cerca de malla ciclón
- Calle asfaltada de circunvalación
- Tuberías de conducción de aguas afluentes y efluentes a cada proceso unitario de tratamiento indicado y cabezales de descarga para aguas tratadas y vertido al Estero.
- Tuberías para abastecimiento de agua potable
- Sistema de tuberías para evacuación de aguas pluviales y cabezal de descarga hacia el Estero, colindante con la propiedad.
- Caseta de vigilancia de la entrada de la propiedad
-
- Torre de operaciones, consistente en un edificio de 3 pisos, con laboratorio para control de calidad del agua, oficinas de ingeniería, y centro de comando y control

operacional de la planta de tratamiento, monitoreo en línea de la calidad del agua y vigilancia y seguridad en tiempo real de la propiedad.

- Oficinas y bodegas para los empleados, con facilidades para cambio de ropa.

3.3.2 Personal para la Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento

3.3.2.1 Personal Necesario

El personal a operar la PTAR será de carácter técnico y profesional, de operación y mantenimiento. Para su dimensionamiento se ha tomado en cuenta características tales como el tamaño de las instalaciones, los procesos que se dan al interior de esta y el tipo de desechos que se recibirán; todo esto con la única finalidad de que la PTAR presente las mejores condiciones técnicas, estéticas y operacionales.

Para tal efecto se presentan en el cuadro 3-1 los requerimientos de personal para el inicio de operación y para una segunda etapa. No con esto se descarta la posibilidad de contratar personal adicional para laborar en la PTAR, tal como se mencionó con anterioridad, con la finalidad de mantener las mismas en condiciones óptimas.

El personal de Operadores trabajará en turnos de 8 horas, 24 horas al día, ininterrumpidamente durante los 365 días del año.

El personal de laboratorio se encargará de realizar la vigilancia de la calidad de las aguas residuales al interior de la PTAR y de la calidad del lodo desecado (nivel calorífico, huevos de helmintos, Coli.Fecales, etc).

La operación y el mantenimiento de la planta contarán por otro lado, con el apoyo administrativo y técnico en general, de las oficinas centrales o regionales.

Cuadro 3-1: Personal requerido en la PTAR

TIPO DE PERSONAL		CANT	OBSERVACIONES
PERSONAL OPERATIVO	PROFESIONAL	1	Turno diurno con disponibilidad
	OPERADORES	6	Para turnos diurno, nocturno y feriados y vacaciones y monitoreo de la planta por el sistema de control automatizado.
	VIGILANCIA	5	Vigilancia es 24 horas en monitoreo electrónico, caseta y ronda
	MECANICOS	1	Con disponibilidad para atender cualquier problema
	ASISTENTES	2	Para atender dos turnos de operación, diurno, nocturno, feriados y vacaciones.
	ELECTRICISTAS	2	Con disponibilidad para atender cualquier problema
	LIMPIEZA Y AREAS VERDES	6	El área de la planta es de unas dos hectáreas, por lo que el personal será diurno y atenderá 6 días a la semana la labor indicada
	MANTENIMIENTO CIVIL	2	Comprende realizar trabajos de pintura reparación de obras de concreto, trabajos en obras livianas, etc.
	TOTAL	25	
PERSONAL DEL LABORATORIO DE CALIDAD	PROFESIONAL	1	Será responsable de resultados del laboratorio.
	TECNICOS	1	Técnico en áreas químicas y en área microbiológica.
	ASISTENTES	1	Asistente de laboratorio en áreas y labores analíticas según sea requerido
	TOTAL	3	

3.3.2.2 Descripción de Responsabilidades de los profesionales

Ingeniero Sanitario

- Responsable de la coordinación, dirección, supervisión y control general del buen funcionamiento de la planta.
- Planificación de Programas de Monitoreo, Investigación y Evaluación en la PTAR.
- Elaboración de registros operacionales para el control de los procesos al interior de la PTAR
- Elaborar informes operacionales con la frecuencia que le sean requeridos.
- Responsable de la supervisión de que se cumplan todas las medidas de Seguridad al interior de la PTAR.
- Responsable de la capacitación del personal que laborará en la PTAR, en lo referente a labores de operación y mantenimiento, así como a sus responsabilidades.

- Responsable del mantenimiento de una buena imagen y relaciones públicas en la PTAR, así como de recibir personas y grupos de visitantes y de conducir visitas a las instalaciones en una forma adecuada, cuando así se haya determinado.

Electromecánico

- Apoyar y realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones de la PTAR en lo relativo a:
 - Aireadores, bombas, caldera, intercambiador de calor, trampas de humedad, quemadores, mecanismos de control de todos los equipos anteriormente mencionados; compuertas; vertederos, etc.
 - las redes de alimentación y distribución de energía eléctrica al interior de la PTAR.
 - redes de iluminación al interior de la PTR así como de la instalación de otras en los lugares en donde se requiera.
 - todos los equipos de la PTAR, siempre y cuando sea factible realizarlos con los recursos propios existentes.
- Mantener informado al Jefe de Planta del stock de piezas y materiales, con la finalidad de garantizar la disponibilidad de los mismos para un mantenimiento adecuado.
- Realizar un inventario de todos los equipos eléctricos y electromecánicos de la PTAR, así como de sus partes constituyentes y en lo posible elaborar una base de datos con la finalidad de automatizar los programas de mantenimiento.

Operador

- Responsable de orientar los esfuerzos para que se lleve a cabo todas las labores de Operación y Mantenimiento de la PTAR y como tal, ejercita autoridad directa sobre todos los trabajadores.

- Responsable del llenado de los registros operacionales de la PTAR, en lo referente a caudal, temperatura, pH y oxígeno disuelto en los puntos determinados en los programas de monitoreo de la fase inicial y rutinaria de operación.
- Responsable de llenar registros de volúmenes de sólidos retenidos en las rejillas y en los desarenadores, con la finalidad de optimizar tiempos de almacenamiento y evacuación de los mismos.
- Responsable del registro de lecturas de consola, tales como amperaje, voltaje, consumo de energía eléctrica, horas de funcionamiento de cada uno de los motores, así como de lecturas de nivel de oxígeno en los sistemas de aireación.
- Responsable de los Registros de mediciones de presión en las tuberías de conducción de aire.
- Muestreo de las aguas residuales en los diferentes sitios determinados en los programas de monitoreo de la fase inicial y rutinaria de operación, así como de la realización de las muestras compuestas y de la toma de muestras puntuales para los diferentes análisis.
- Responsable de encender y apagar los aireadores desde los tableros de control, con la finalidad de mantener un adecuado nivel de oxígeno en los tanques (1,5 – 2,0 mg/l)
- Responsable de la operación de compuertas.
- Responsable de mantener informado al Jefe de Planta sobre los problemas que se suscitaran en el normal desarrollo de los procesos de tratamiento de la PTR con la finalidad de que se tomen las medidas correctivas del caso.
- Responsable de llevar a cabo labores de medición y control que le sean requeridos en las fases de evaluación e investigación emprendidas al interior de la PTAR.

Peones

- Llevar a cabo todas las labores de operación y mantenimiento de la PTAR, con la finalidad de que la misma se encuentre en óptimas condiciones. Entre sus labores se destaca lo siguiente:

- Mantener limpias todas las estructuras de pretratamiento (cajón de llegada, canales de conducción y válvulas de repartición, rejilla y desarenadores), así como sus alrededores.
- Realizar la limpieza y manutención de espacios verdes de la PTAR, esto es taludes de los diques, márgenes del río y demás existentes.
- Mantener limpias las vías de acceso y las vías interiores de la PTAR.
- Mantener limpia de superficie del agua en tanques, etc.
- Comunicar al Operador de turno cualquier problema que pudiera presentarse en las estructuras de pretratamiento, de modo que se tomen las medidas correctivas necesarias.
- Comunicar al Operador de turno sobre cualquier cambio en el aspecto del agua en los tanques, así como del color que presentan las mismas, para que se tomen las medidas correctivas necesarias.
- Mantener la buena imagen de la PTAR ante la comunidad.

3.3.2.3 Requerimientos Administrativos

Para el desarrollo de las funciones administrativas, la PTAR deberá contar con los siguientes espacios y equipos:

- Oficina para el Jefe de operadores, quién será uno de los cinco operadores, de la PTAR. Este ambiente deberá disponer de por lo menos:
 - Un escritorio.
 - Computadora e impresora.
 - Teléfono.
 - Sala para reuniones y recepción de visitas.
 - Servicio higiénico.

- Muebles para archivo de bibliografía, y documentación.
- Oficina para los operadores de la PTAR. Este ambiente deberá disponer de por lo menos:
 - Un escritorio.
 - Teléfono.
 - Servicio higiénico.
 - Mesa y sillas.
 - Equipo de comunicaciones
 - Archivador de planos.

3.3.3 Requerimientos de Infraestructura

A continuación se exponen los requerimientos de infraestructura física mínima que se necesita durante el arranque, operación y mantenimiento de la PTAR.

3.3.3.1 Sistema de agua potable

Es necesario disponer de un sistema de abastecimiento de agua potable para el lavado de las estructuras de pretratamiento tales como: cajón de llegada, canales de conducción y distribución, rejilla y desarenadores, y ayudar en el lavado de equipos electromecánicos que requiere reparación (bombas, aireadores, etc). Adicionalmente este sistema servirá para la irrigación de árboles y espacios verdes en épocas que así se requiera. Es fundamental el mantenimiento de espacios verdes alrededor de éstas unidades dada su proximidad a la carretera costanera y a futuras viviendas particulares y por el impacto visual que contrarresta los posibles problemas de olores que puedan presentarse en el agua residual cruda. Se debe disponer de tomas de agua potable para este fin, con una manguera flexible de longitud apropiada, para las labores antes descritas.

3.3.3.2 Disposición final de residuos sólidos

Todo el material retenido en las rejillas y material flotante (natas, espumas y objetos flotantes) serán depositados finalmente en uno de los contenedores para recolección de sólidos de la rejilla. De su evacuación, así como disposición final se encargará el Departamento de Recolección de Residuos Sólidos de la Municipalidad. En caso de demora en su recolección y para evitar problemas de malos olores y moscas, cada cierto tiempo se cubrirán los mismos con una capa de cal, cuyos requerimientos se exponen luego. Adicionalmente se dispondrá de un contenedor en el cual se depositarán residuos sólidos que debido a sus características no presentan mayor problema de olores una vez almacenados, tales como: residuos provenientes del mantenimiento de espacios verdes, desechos reciclables o reutilizables de oficina, cocina, sanitarios, limpieza de vías de acceso y diques, etc. Se deberá estudiar la posibilidad de utilizar el material para relleno de algunos sectores colindantes con la PTAR.

3.3.3.3 Bodega General

En la PTAR se ha previsto la construcción de una bodega para almacenamiento de equipos necesarios para la operación y mantenimiento como: herramientas, insumos de productos químicos (floculantes), repuestos de equipos electromecánicos, accesorios y repuestos de tuberías de PVC, etc. Adicionalmente, para el normal desarrollo de las operaciones al interior de la PTR deberá disponer de una camioneta para transporte de personal, herramientas menores y materiales livianos. Así como un camión liviano para

3.3.4 Equipo de Trabajo y Seguridad

Con la finalidad de lograr el óptimo desarrollo de la puesta en marcha, operación y mantenimiento de la PT, es necesario que el personal cuente con herramientas básicas para su trabajo, así como de equipo de protección necesario para realizar sus funciones en condiciones seguras y saludables.

3.3.4.1 Equipo de Trabajo

En una PTAR de esta naturaleza y de estas características, se debe contar como mínimo con las herramientas de trabajo que se indican en el cuadro 3-2 con la finalidad de garantizar un funcionamiento adecuado de la misma.

Cuadro 3-2: Equipo de trabajo requerido

Herramientas y Accesorios	Cantidad
Carretilla de Mano	1/trabajador en turno
Pala	1/trabajador en turno
Barreta	1/trabajador en turno
Pico	1/trabajador en turno
Escobas	1/trabajador en turno
Recogedores de basura	1/trabajador en turno
Caja de Herramientas	2 u
Manguera	50 m
Podadora	2 u
Medidor de oxígeno disuelto	2 u
Bote – remos	1 u
Chaleco salvavidas	1/trabajador
Bombas de achique	1 u
Chapeadoras	1 u

3.3.4.2 Equipo de Seguridad

El equipo de protección recomendable para todo el personal de la PTAR (Jefe, Operadores y Trabajadores) es el siguiente:

- Cascos de seguridad
- Botas
- Guantes de goma
- Guantes de cuero
- Mascarillas
- Ternos impermeables
- Ponchos impermeables para lluvia.

Tal como se mencionó con anterioridad para el resguardo y mantenimiento adecuado del equipo de trabajo y seguridad es necesario disponer de casillero Una vez concluidas las

actividades diarias el personal de operación deberá asear y almacenar cuidadosa y correctamente el equipo de trabajo. El Operador de turno garantizará la seguridad de equipos y herramientas para lo cual será el encargado de abrir y cerrar la bodega.

3.3.5 Programa de Salud y Seguridad del Personal

El Jefe de Planta y el personal de Operadores son las personas responsables por la correcta aplicación del programa de prevención de accidentes, seguridad en el trabajo e infecciones que son los problemas que se presentan con mayor frecuencia en este tipo de instalaciones, el cual se presenta a continuación:

3.3.5.1 Salud

En este punto, es interés de la buena salud del personal que trabaja en la PT así como de sus familias, dado a que estos pueden ser potenciales portadores de diferentes tipos de enfermedades, cuyos agentes están contenidos en las aguas residuales, hacia sus hogares, si no se guardan las precauciones necesarias. Dentro de este contexto podemos citar las siguientes medidas mantener:

- Está prohibido ingerir alimentos o fumar en la jornada de trabajo. En los lugares para refrigerio se deberá lavar previamente las manos con jabón desinfectante, tales medidas deberán llevarse a cabo siempre. Todo el material y equipo utilizado en la jornada de trabajo deberá ser lavado al final de la misma previo a su almacenamiento. Se deberá mantener limpio el lugar destinado a baterías sanitarias, duchas y caminos.
- La ropa a ser utilizada en las jornadas de trabajo será exclusivamente para el mismo, debiendo el personal de la PTAR utilizar otra al ingreso y a la salida de la jornada de labores.
- Para el manipuleo de compuertas, cucharas para remoción de material flotante, palas, etc., deberá usarse guantes de cuero para prevenir posibles cortaduras. Mantener rigurosas normas de higiene personal de operadores, trabajadores, etc.
- Para la extracción de muestras de agua residual se deberá utilizar guantes descartables, para evitar contacto directo con las mismas.

- Los empleados deberán ser inmunizados periódicamente contra enfermedades tales como fiebre tifoidea, hepatitis y tétanos. Adicionalmente se debe contar con un botiquín para primeros auxilios el cual deberá contener como mínimo implementos y medicación contra cortaduras y heridas. En caso de tratarse de algo de mayor envergadura deberá recurrirse al centro de Salud más cercano. Así mismo se deberá contar con alcohol y desinfectantes en las baterías de servicios higiénicos, duchas, camerinos, etc.

3.3.5.2 Seguridad

En relación a la seguridad del equipo de trabajo, así como de las visitas a la PTAR, deben ser observados los siguientes aspectos:

- Colocar cercas de protección en todos los sitios susceptibles de visita, inspección y manipulación tales como: compuertas, estructuras de rejilla y desarenadores, estructuras de interconexión y otros.
- Colocar letreros para la prevención de accidentes.
- Colocar señalizaciones en las diferentes vías al interior de la PTAR.
- El personal que este sujeto a manipulación de controles eléctricos deberá estar equipada con ropa para tal efecto en épocas de lluvia, para evitar posibles descargas de energía eléctrica al mismo.
- Mantener limpias las estructuras de pretratamiento, así como los contenedores para el depósito de materiales retenidos en la rejilla y desarenadores, para evitar posibles proliferaciones de insectos y roedores. Para tal efecto se debe desalojar este material retenido de manera inmediata una vez que los recipientes que los contienen estén llenos.
- Mantener limpias las vías de acceso, márgenes del río y demás espacios verdes.
- Prever la instalación de extintores contra incendios.
- Disponer de un equipo de seguridad y equipo para rescate y transporte de heridos por una posible caída.

3.3.6 Documentación Requerida

En relación a la documentación requerida en la PT, se deberá contar con los siguientes documentos como mínimo:

- Manual de Operación y Mantenimiento de los Sistemas
- Protocolos de vigilancia
- Normas y procedimientos de laboratorio de calidad para aguas residuales.
- Memoria descriptiva y de diseño del proyecto.
- Un juego completo de planos de construcción.
- Las especificaciones técnicas de construcción y de los equipos. Una memoria fotográfica de la etapa constructiva, y de los principales problemas identificados durante la etapa operativa.
- Formularios de registro de datos operacionales y de análisis de calidad de las aguas residuales.
- Los manuales de fabricantes de los equipos.
- Una colección de referencias técnicas de utilidad.
- Cuaderno de bitácora o de observaciones. En este cuaderno se registrará alguna anomalía que pudiera presentarse al interior de la PTAR, así como el registro diario de calidad del agua y mediciones de caudal, según la legislación actual.

3.3.7 Arranque e inicio de operación

3.3.7.1 Inspección de la PTAR

En una inspección inicial es importante observar que las características del proyecto, tales como dimensiones de las unidades, estructuras de interconexión, capa de impermeabilización, detalles, etc., estén de acuerdo con lo establecido en los planos de replanteo respectivos, así como de la memoria de cálculo del mismo.

En este momento es indispensable que tanto las condiciones de la PTR así como materiales e implementos necesarios estén listos para un buen desempeño de las actividades operacionales. De esta forma se debe dar importancia a los siguientes aspectos:

3.3.7.2 Condiciones del Proyecto

Se debe realizar una minuciosa revisión de las condiciones de recepción de las facilidades, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Unidades previstas y sus dimensiones
- Inclinación y protección de los taludes
- Sistema de conducción de aguas residuales y alimentación de las unidades
- Tableros de mando eléctrico probado y en funcionamiento
- Sistema de alimentación de los aereadores
- Sistema de cribas probado y en funcionamiento
- Sistema de desarenadores probados y en funcionamiento
- Aereadores probados y perfectamente anclados en los lugares previstos en los diseños
- Sensores de temperatura y oxígeno disuelto
- Compuertas instaladas y en funcionamiento
- Vertederos
- Energía eléctrica
- Iluminación
- Infraestructura de administración
- Bodegas, equipos y materiales de operación y mantenimiento
- Baterías sanitarias, duchas, camerinos para los empleados
- Condiciones generales de las estructuras
- Formularios de control y registro
- Estructuras de interconexión y salida
- Laboratorio para análisis de las aguas residuales habilitado y en funcionamiento, etc.
- Cerramiento general de la PTAR y cerramientos parciales de las facilidades susceptibles de visita.

3.3.7.3 Condición de otras Facilidades Mínimas

- Cerramiento perimetral para el control de personas y vehículos no autorizados al interior de la PTAR
- Pasamanos y cercas en los lugares de riesgo susceptibles de visitas (estructuras de tratamiento preliminar, estructuras de recolección y distribución de las aguas residuales)
- Baterías Sanitarias
- Puntos para abastecimiento de agua potable para limpieza de los lugares susceptibles de limpieza continua, tales como: cajón de carga, rejillas, desarenador, canales de conducción, etc., con la finalidad de evitar la acumulación de material que pueda causar problemas de olores y la mala imagen de la PTAR
- Inexistencia de barreras naturales que impidan la acción del viento en el proceso de tratamiento.
- Señalización
- Vías de acceso, etc.

3.3.7.4 Procedimiento para arranque

En una inspección inicial es importante observar que las características del proyecto, tales como dimensiones de las unidades, estructuras de interconexión, capa de impermeabilización algunas zonas, detalles, etc., estén de acuerdo con lo establecido en los planos, así como de la memoria de cálculo y el manual de operación y mantenimiento del mismo.

En este momento es indispensable que tanto las condiciones de la PTAR así como materiales e implementos necesarios estén listos para un buen desempeño de las actividades operacionales. Se debe realizar una minuciosa revisión de las condiciones de recepción de las facilidades, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Unidades previstas y sus dimensiones
- Inclinación y protección de los taludes

- Sistema de conducción de aguas residuales y alimentación de las unidades
- Tableros de mando eléctrico probado y en funcionamiento
- Sistema de alimentación de los aereadores
- Sistema de cribas probado y en funcionamiento
- Sistema de desarenadores probados y en funcionamiento
- Aireadores probados y perfectamente anclados en los lugares previstos en los diseños
- Sensores de temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, etc, estén operativos y calibrados
- Compuertas, válvulas, manómetros, sistemas de control y medición de flujo, etc. instaladas y en funcionamiento
- Vertederos nivelados
- Energía eléctrica operativa y las plantas electrógenas en operación.
- Iluminación
- Infraestructura de administración
- Bodegas, equipos y materiales de operación y mantenimiento
- Baterías sanitarias, duchas,. camerinos para los empleados
- Condiciones del fondo de los tanques, cajas y pozos de registro.
- Formularios de control y registro
- Equipos electromecánicos operativos
- Estructuras de interconexión y salida
- Laboratorio para análisis de las aguas residuales habilitado y en funcionamiento, etc.

- Cerramiento general de la PTAR y cerramientos parciales de las facilidades susceptibles de visita.
- Cerramiento perimetral para el control de personas y vehículos no autorizados al interior de la PTAR
- Pasamanos y cercas en los lugares de riesgo susceptibles de visitas (estructuras de tratamiento preliminar, estructuras de recolección y distribución de las aguas residuales)
- Baterías Sanitarias
- Sistemas de monitoreo, control y vigilancia vehicular y de personas
- Puntos para abastecimiento de agua potable para limpieza de los lugares susceptibles de limpieza continua, tales como: cajón de carga, rejas, desarenador, canales de conducción, etc., con la finalidad de evitar la acumulación de material que pueda causar problemas de olores y la mala imagen de la PTAR
- Señalización
- Comunicaciones, manejo de datos, etc, operativos
- Vías de acceso, etc.

Antes de introducir el agua a la planta de tratamiento todo el equipo mecánico debe haberse lubricado y probado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante; también, debe verificarse que todas las válvulas giran libremente en toda la carrera del vástago y que los canales y líneas de tuberías están libres de escombros y objetos extraños.

En cuanto a los tanques de concreto estos deben probarse primeramente contra fugas, para lo cual se requiere llenar con agua hasta el nivel que alcanzarán en operación normal; se recomienda que esto se lleve a cabo bajo el mismo contrato de construcción. Al mismo tiempo que se realiza esta prueba de fugas, es aconsejable que se prueben todos los equipos aireadores; hayan sido balanceadas perfectamente de acuerdo al fabricante.

El fabricante de equipo debe estar presente para asegurarse que las fallas de su equipo (si las hay) no sean por causa de procedimientos inadecuados de arranque. El operador es libre de escoger el procedimiento para arranque respecto al número de tanques de aireación que serán usados para producir la cantidad de microorganismos suficientes para el tratamiento del agua residual. El método que se recomienda es aquel que proporciona el tiempo de retención más grande y el que proporcione la oportunidad de probar la mayor cantidad de equipo antes de que termine su garantía.

Una vez que se han verificado funcionamiento de todos los aereadores y que éstos estén instalados correctamente, llene los tanques agua de algún cuerpo receptor o en último caso con agua potable hasta el nivel de operación normal.

Verifique la rotación correcta de los motores, para lo cual se recomienda un piquete rápido al botón de arranque y luego al botón de paro, si la flecha del motor gira al revés, cambie la polaridad para cambiar el giro. Una vez que todos los aereadores giran correctamente, verifique que los difusores se encuentren a la sumergencia correcta y que todos los tanques estén al nivel de agua indicada en planos, para evitar que los motores se sobrecarguen o haya alguna mala operación en los aereadores.

Una vez que los equipos electromecánicos están operando correctamente, verifique que la turbulencia del agua en la superficie de los tanques de aireación y digestores sea la correcta e identifique zonas de poca agitación y es de mezcla completa y probablemente requiere de reubicar difusores.

Una vez que los aireadores han sido probados, que no hay problemas de operación y que la no tiene fugas los tanques, la planta está lista para ponerse en operación. Deje el agua en los tanques para el inicio de llenado de aguas residuales.

Previo al vertido de los soportes en los tanques de aireación, los mismos deberán estar completamente llenos de agua residual.

El vertido se realizará desde los recipientes y esparcidos con grúa exterior, a una altura mínima que impida reducir la pérdida por efectos del viento.

3.3.7.5 Primer día.

Deje que el agua residual entre a la planta pase por las rejillas de barras, ponga en operación los aireadores, los cuales estarán introduciendo oxígeno al agua en la que fueron probados (previamente los tanques deben estar llenos de agua limpia al menos hasta la mitad de la altura de agua). A medida que el agua entra a los tanques de aireación se inicia el desplazamiento de agua por el efluente de la misma hacia la unidad de tratamiento siguiente.

El objetivo de los tanques de aireación es crear una población heterogénea de microorganismos con la mínima cantidad de microorganismos que vienen en cantidad disponible de aireación, de tal manera que dar a los microorganismos la oportunidad de crecer y multiplicarse y obtener las características deseables de población bacteriana.

Cuando los tanques están completamente llenas y el agua residual aireándose, se inicia el proceso de tratamiento. Los microorganismos aerobios tienen comida y oxígeno, en consecuencia la población de los mismos empezará a crecer. No olvide proporcionar suficiente cantidad de nutrientes, si es que el agua residual carece de ellos. La mejor época del año para poner en operación una planta de tratamiento de tipo biológico es durante el verano cuando las temperaturas son las más apropiadas para el desarrollo de los microorganismos. Se recomienda no descargar al cuerpo receptor hasta que:

- Todas los estén al nivel de operación normal.
- Se tenga el permiso de las autoridades competentes.
- Se hayan realizado análisis fisicoquímicos y biológicos.

Después de 20 horas de operación, verifique el oxígeno disuelto en los tanques para verificar si se está proporcionando suficiente oxígeno, si el oxígeno disuelto es menor de 1 mg/l aumente el Número de aereadores o sopladores, de preferencia el O.D. debe ser alto en los tanques de aireación para este tiempo de operación debido a la cantidad de microorganismos

tan pequeños. A medida que el cultivo de microorganismos está siendo cultivado en los tanques de aireación, se van adquiriendo los niveles de oxígeno de operación normal.

Diariamente las variaciones de flujo producirán diferentes demandas de oxígeno hasta que no se establezca el sistema, el operador se dará cuenta de esto por los análisis de oxígeno disuelto. Es común tener concentraciones altas de O.D. en la madrugada cuando la carga del influente es baja. El O.D. en los tanques varíe durante el día, debido a la tendencia o variación de la carga orgánica.

Durante los primeros días de operación, se formarán grandes cantidades de espuma debido al contenido de detergente en el agua residual y a la escasez de población bacteriana, si es necesario aplique antiespumantes comerciales para controlar la espuma (dosis de 10-20 mg/l son suficientes). El operador no se debe sorprender, ya que la espuma de detergente alcanza alturas hasta de 1 m, la cual irá disminuyendo a medida que el cultivo de microorganismos se vaya creando y la densidad del agua cambie debido a la elevada concentración de biomasa activa en el agua.

3.3.7.6 Del 2° al 5° día.

Durante este periodo, el control de operación del sistema se dirige a mantener la concentración de oxígeno disuelto y una tasa apropiada de recirculación (si es posible) . Una manera de acelerar la estabilización de los tanques de aireación, es introducir licor mezclado de un sistema de lodos activados de una planta de tratamiento vecina o agregar estiércol. Lo anterior, disminuirá el tiempo de formación de la población de microorganismos requerida para la estabilización de los tanques de aireación.

A continuación se deberá iniciar con un programa de monitoreo con el fin de registrar y ver los datos requeridos para el control futuro de la planta.

Se recomiendan los siguientes parámetros:

- Sólidos totales, suspendidos y volátiles.
 - Efluente del proceso de pre-aireación.
 - Licor mezclado (del tanque de aireación).
 - Salida de sedimentadores

- DB05 y DQO (Demanda Bioquímica y Química de Oxígeno),
 - Afluente de la planta, antes de ingresar a rejas automáticas.
 - Efluente primario, salida de pre-aireación.
 - Efluente de los sedimentadores secundarios.

Se recomienda efectuar la DQO para determinar la concentración del afluente en cuanto a materia orgánica (aunque también incluye materia inorgánica), ya que los resultados se obtienen en 4 horas en lugar de 5 días para obtener el resultado de DB05. La determinación de DQO permite controlar más rápidamente el proceso. Por muchos años los operadores intentaron usar la DBO para control de operación, pero la prueba tiene las siguientes desventajas:

- Errores en el procedimiento pueden causar una gran variación en los resultados.
- Se requieren 5 días para obtener los resultados.
- Oxígeno disuelto.
 - Tanque de amortiguamiento.
 - Tanques de pre-aireación
 - Tanques de aireación
 - Efluente de Sedimentador secundario.
 - Efluente final después de la desinfección.

- Sólidos Sedimentables.
 - Afluente
 - Prueba de sedimentabilidad del licor mezclado.
 - Efluente final:

- Temperatura.
 - Afluente.
 - Tanques de aireación.
 - Efluente final.

- pH.
 - Afluente.
 - Efluente de tanque de pre-aireación.
 - En tanques de aireación.
 - Efluente final.

- Claridad del Agua o Turbiedad.
 - Efluente final.

- Análisis microscópico.
 - Predominancia relativa en los tanques de aireación.

- Bacterias del grupo coliforme.
 - Efluente final.

- Lectura de medidores y cálculos.

- Flujo diario del afluente y efluente.
- Kilogramos de sólidos bajo aireación.
- Kilogramos de DB0 o DQO entrando a los tanques de pre-aireación.
- Kilogramos de sólidos en el efluente.
- Kilogramos de aire introducidos.
- Costo de energía kw-hr/m³ agua tratada.
- Observaciones diarias.
 - Olores.
 - Afluente (color, olor y nivel del cárcamo de barbeo).
 - Natas, espuma y su color en tanques
 - En tanques de aireación: cantidad de espuma y nata superficial, color del licor mezclado.
 - Licor mezclado.
 - Color.
 - Espuma.
 - Olor.
 - Equipo y aereadores.
 - aireadores flotantes.
 - amperaje y voltaje.
 - bombeo uniforme de agua residual.
 - Soportes de tuberías
 - Estado de elementos metálicos
 - Funcionalidad de válvulas.

Es importante que el operador recuerde lo siguiente:

El olor, el observar y tocar con frecuencia son la primera indicación de que todo está operando bien o que algún problema está pasando o va a pasar, y frecuentemente ofrece indicaciones para realizar una acción correctiva adecuada.

Para mantener una cantidad de oxígeno disuelto constante en los tanques de aireación requerirá de cierto tiempo, y esto se debe a que el reactor aún no se estabiliza; es decir, aún no tiene la suficiente cantidad de microorganismos para tratar el agua residual. Se requiere tiempo para que los microorganismos crezcan al punto donde haya suficiente cantidad para tratar el agua residual que entra a los tanques de aireación. Normalmente para aguas municipales se requiere de tres veces el tiempo de retención hidráulico en los tanques de aireación para que se noten resultados ya que en la prueba de sedimentación los sólidos sedimentables no caen rápidamente, pero el líquido en la parte superior del cilindro es más claro.

Otra consideración, es que para acelerar el crecimiento de lodo activado, en el tanque de aireación no intente operar la planta a máxima capacidad, éste retrasará la formación, ya que lo que se requiere es más tiempo de aireación hasta que se hayan formado suficientes microorganismos que permita producir un efluente claro.

Una vez que los tanques de aireación estén totalmente llenos de aguas residuales, se deberá proceder con el vertido de los bio-soportes.

3.3.7.7 Del 6º día en adelante.

Para el sexto día de operación ya debe haberse producido alguna mejora en el efluente. Durante los últimos días de la segunda semana de operación, se debe verificar la formación de sólidos en los tanques de aireación con una prueba de sedimentabilidad de 60 minutos, los resultados de esta prueba indican las características de floculación, sedimentación y compactación del lodo. Esta prueba debe hacerse diariamente.

Los microorganismos de los tanques de aireación son muy variados y tan pequeños es muy difícil contarlos con exactitud. Para tener una idea de la cantidad de microorganismos en el

tanque de aireación, se determina la cantidad de sólidos en mg/l o kg de sólidos secos, la determinación en kilogramos se hace de la siguiente manera:

$$kg_{SS} = SST, \frac{mg}{l} * volumen . m^3 * \frac{1kg}{10^6 mg} * \frac{1000l}{1m^3}$$

La prueba de sólidos suspendidos es una muestra instantánea, la cual debe ser tomada diariamente a la misma hora y mismo lugar, con el objeto de hacer comparaciones diarias de resultados. Tome la muestra a 1 .5 ó 2 m antes de la descarga del efluente de los tanques de aireación y de 0 .4 a 0 .6 m de profundidad de la superficie del agua para asegurar una buena muestra. Cuando los tanques operan con recirculación hay que tomar una muestra para determinarle la cantidad de SST diariamente, en forma cuidadosa, de la formación de sólidos y la prueba de sedimentabilidad de 60 minutos, indicará la velocidad de crecimiento, la condición de los sólidos en los tanques de aireación y que tanto lodo debe ser recirculado (si es que la planta de tratamiento cuenta con sistema de recirculación), al inicio del tratamiento. Hay que tener en cuenta que si hay sistema de recirculación, se debe recircular todo lo más que se pueda durante 30 días o más, si el licor en los tanques está muy por abajo de la concentración de sólidos suspendidos totales normales de operación. La concentración de MLSS normalmente varía de 3500 a 7000 mg/l en estos tanques de aireación, pero puede aumentarse con sistema de recirculación o con inoculación de microorganismos previamente aclimatados en laboratorio. Es importante verificar la formación de colonias de bacterias en los bio-soportes, con muestras aleatorias y al azar en el volumen de los tanques de aireación.

3.3.7.8 Control del proceso.

El control del proceso de tratamiento en realidad es muy simple y consiste en el control del tiempo de retención hidráulico y el oxígeno disuelto y el control de los parámetros de diseño, como tiempos retención celular, concentración de sólidos suspendidos volátiles, sedimentabilidad del lodo, temperatura, pH, etc.

3.3.7.9 Oxígeno disuelto.

La concentración de oxígeno disuelto (O.D.) en los tanques de aireación y de pre-aireación y de digestión debe mantenerse de 1 - 3 mg/l o mayor. Si en el proceso de lodos activados se requiere nitrificación es necesario que el O.D. sea mayor de 1 mg/l ya que abajo de este valor los microorganismos nitrificantes disminuirán su actividad y pueden morir. Por otro lado una sobre-aireación puede ocasionar que el flóculo sea demasiado disperso, evita la formación en los bio-soportes y no sedimento bien en los sedimentadores secundarios o aparezcan en la superficie de los clarificadores secundarios cuando el sistema de tratamiento tenga este tipo de unidades.

Se sugiere que el operador monitoree cada 2 horas el O.D. en los tanques de aireación, pre-aireación y digestión, de tal manera de hacer los ajustes necesarios, los cuales pueden ser bajar el nivel del agua para aumentar el oxígeno o aumentar el nivel del agua en los tanques para dar mayor tiempo de retención. También, si falta oxígeno disuelto, se requiere agregar más aireadores, para lo cual se recomienda consultar al fabricante de equipo.

3.3.8 Operación de rutina de la planta

3.3.8.1 Control del proceso de tanques de aireación

Objetivos: requieren varias determinaciones y se calculen varios parámetros de control del proceso, por ejemplo:

- La demanda Bioquímica y Química de Oxígeno en el afluente y efluente
- Sólidos en suspensión de entrada y salida
- El nivel de oxígeno en el agua
- Los niveles de nitratos y nitritos
- pH, temperatura

Con las determinaciones anteriores se pueden calcular algunos parámetros de control, como:

- La carga orgánica del proceso

- Las eficiencias de remoción de materia orgánica y de bacterias
- Los requisitos de energía del proceso
- La velocidad de consumo de oxígeno del proceso y,
- La producción de sólidos biológicos del proceso
- La intermitencia de los aeradores
- Cargas volumétricas (orgánica, de nitratos, etc) reales y las equivalentes (por m² de bio-soporte).

Cuadro 3-3: Control de los procesos de tanques de aireación

Parámetro de control	Frecuencia
1. Observaciones Básicas	Rutina
2. Carga Orgánica, kg/(m ³ .día)	Rutina
3. Balance de sólidos	Rutina
4. Balance Hídrico	Intensiva
5. Profundidad de lodos, m	Intensiva
6. Período de retención, nominal	Rutina
Real	Intensiva
7. Determinaciones horarias de:	
- Oxígeno disuelto	Continua
- Temperatura	Continua
- Profundidad	Continua
8. Eficiencias de remoción de:	
- Coliforme termotolerante	Rutina
- DBO y DQO solubles	Rutina
- DBO y DQO totales	Rutina
- Nutrientes	Intensiva

3.3.8.2 Operación de los sedimentadores

El cuidado en la remoción del lodo de los sedimentadores es necesario para que la cantidad mínima de agua sea extraída. La tasa debe ser baja para prevenir el coneado del lodo y el retiro consecuente de grandes cantidades de agua.

3.3.8.3 Operación del digestor y zona de espesamiento

El manejo de la zona de espesamiento es similar al manejo del clarificador. Se debe remover el más claro sobrenadante posible. El retiro del lodo concentrado debe ser lento y continuo si el lodo es concentrado. El retiro intermitente también puede practicarse siempre y cuando la rata no sea alta.

En general, la operación de estas facilidades de pre-acondicionamiento del lodo involucra solamente un mantenimiento preventivo y control de las tasas de transferencia del lodo y de oxígeno

La operación del digestor es un proceso que involucra la debida manipulación del equipo disponible para el control del lodo, sobrenadante y otros factores para producir un producto final satisfactorio. Los objetivos de la digestión de lodo son producir (1) un lodo inocuo en un tiempo mínimo, (2) una solución sobrenadante de calidad apropiada, (3) un lodo de bajo contenido de agua, y (4) un lodo de secado rápido y buenas características de desagüe.

Para el arranque del digestor es altamente recomendable su inoculación con lodo procedente de otra planta en operación para acelerar la normalización del proceso de digestión que de otra manera puede tomar hasta 3 meses.

Para la operación del digestor es importante el mantenimiento de una adecuada mezcla y suministro de oxígeno

El retiro de lodo maduro no debe exceder la tasa de digestión. Una cantidad suficiente de lodo digerido se debe dejar en el digestor para inocular el lodo crudo entrante.

El grado del lodo digerido debe ser verificado constantemente, mientras se hacen las pruebas de contenido de humedad volátiles o poder calorífico del lodo para determinar la cantidad de lodo maduro disponible. Aparte de desequilibrar la acción del digestor, la remoción muy rápida lleva el lodo parcialmente digerido, el cual es oloroso y difícil de desaguar.

El control de la calidad del lodo es necesario para asegurar la digestión debida. De todos los factores, la calidad del lodo es la más importante.

Para iniciar la digestión se recomienda:

- Llenar el digestor con agua residual hasta el nivel de superior del adensamiento. El contenido del tanque se le añade cualquier lodo crudo.
- Diariamente, o frecuentemente, los sólidos crudos frescos extraídos de los tanques de sedimentación son añadidos al digestor junto con una solución de cal hidratada y agua residual. La solución de cal puede ser bombeada dentro del digestor inmediatamente antes o después de bombear el lodo crudo. Una cal con un contenido lo más alto posible en CaO es lo deseado.
- La cantidad de cal requerida puede estimarse en base a 4 a 7 kg diarios por cada mil personas conectadas. Es importante hacer diariamente adiciones regulares de cal para mantener un pH en todo el digestor alrededor de 6,8 a 7,0. Si el pH cae a 6,7 o menos, se debe añadir cal adicional. Si el pH cae por debajo de 6,0 se producirán problemas de operación serios. Esto se puede prevenir chequeando el pH a diversos niveles en el digestor, especialmente el lodo del fondo, cada día después de la circulación de los contenidos del tanque. No son necesarias otras pruebas de laboratorio.
- Después de la prueba de operación inicial, se debe establecer un balance operativo. El mantenimiento del debido balance requiere:
 - Adiciones de lodo frecuentemente y en pequeñas cantidades para proveer un suministro de comida más constante para los organismos. Siguiendo esta rutina se obtendrá un lodo más concentrado.
 - Los retiros de lodo deben hacerse frecuentemente en pequeños incrementos para así no desbalancear la acción de los organismos. Esto dejará una cantidad suficiente de lodo bien digerido en el digestor como material de semilla para los sólidos crudos.
 - El fracaso para obtener los resultados deseados del intento de puesta en operación del digestor se puede atribuir a lo siguiente:

- Incapacidad para llevar a cabo el plan original en la secuencia debida, como la descarga de los sólidos crudos al digestor antes de que se alcance la estabilidad biomásica requerida y antes de que se logre la adición del lodo semilla.
- Falta de control que resulta de la adición de sólidos crudos en exceso del deseado para puesta en operación del digestor.
- El restablecimiento de condiciones para una digestión normal puede efectuarse con:
 - Aplicación extensiva de cal para proveer condiciones alcalinas requeridas para el crecimiento óptimo de los organismos.
 - Control debido del flujo de lodos frescos
 - Uso extensivo de la determinación de ácidos volátiles como medida de control y regulación de la adición de cal.
 - Uso de la capacidad suficiente del digestor en que permita un largo periodo inicial
- La creación de ambientes artificiales con el uso de la cal puede causar cambios dramáticos en los parámetros usuales como el pH, la alcalinidad total, producción y calidad del lodo. La importancia de estas determinaciones y sus registros históricos son invaluable herramientas de control en los procesos de digestión.
- Diversas determinaciones de laboratorio son disponibles para el operador para determinar la calidad del lodo en el digestor. Los sólidos volátiles son de más importancia, pH y alcalinidad total. Una indicación de la calidad se puede obtener observando el color y olor. Las características esperadas se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro 3-4: Calidad esperada del lodo

CALIDAD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
Textura física	Bastante uniforme y fino	
Color	Negro	
Densidad	5-20% sólidos	Afectada por el contenido de arena
	6-10% promedio	
Olor	Característico de alquitrán	
Contenido de sólidos volátiles	22-60% intervalo	Usualmente, pero no siempre menos de 50%
	40-50% promedio	
pH	6,7-7,8 intervalo	
	6,8-7,2 promedio	
Alcalinidad total	1500-6000 mg/l	Valores de 2000 mg/l ó más altos son deseados
	1700-3000 mg/l promedio	
Asentamiento, 30 minutos	Sobrenadante claro, bastante lodo, si está en actividad flota a la superficie del cilindro.	
Contenido de cobre	Bajo 200 mg/l	Concentraciones sobre 200 mg/l afectan la producción de gas y calidad del lodo.
	25-50 mg/l	
Drenabilidad en lechos de secado	Buena	

3.3.8.4 Operación del sistema de desinfección

La desinfección tiene como objetivo la destrucción de organismos patógenos que no han sido removidos en los procesos bioquímicos de tratamiento, y de esta manera permitir una descarga segura del efluente al cuerpo receptor.

El agua sedimentada, se conduce al proceso de desinfección ubicado en una caseta de control ubicada contiguo a la caseta de bombeo de lodos.

El efluente tratado de los sedimentadores es conducido a cuatro unidades independientes de desinfección, para facilitar el crecimiento y la construcción por etapas.

El sistema de desinfección será mediante lámparas UV y una de reposición, para el final de periodo de diseño.

Los principales componentes de la unidad de instalación UV son los siguientes:

- Tuberías afluente acoplado cada unidad de desinfección

- Luego de los emisores de UV, el agua tratada es descargada en una caja de salida que cuenta con un sistema de vertedero de salida, con un control automático de vertido al Estero

En el ingreso a los dispositivos UV se proyectaron válvulas de compuerta de accionamiento manual, que permiten inhabilitar el ingreso de agua a los mismos en caso de mantenimiento y/o reparaciones.

La inspección diaria del funcionamiento de los dispositivos de UV es vital. La inspección de las pantallas de registro de caudal y horas operativas, así como verificar la ausencia de fugas de agua o daños estructurales es parte de la adecuada operación y mantenimiento de estos dispositivos.

Es necesario registrar en bitácora cualquier alarma del sistema de control o p nel de control de los UV.

Deben mantenerse con agua los equipos de UV mientras se encuentren encendidos, no pueden quedarse sin agua afluyente o con agua estancada, por lo que deben desconectarse en el momento en que el agua deje de fluir.

3.3.9 Resumen de Actividades de Operación y Mantenimiento de la PTAR

En el cuadro 3-5 se resumen las principales actividades de mantenimiento y operación de la planta de tratamiento.

Cuadro 3-5: Resumen de actividades operativas y de mantenimiento de la PTAR

Proceso	Actividad	Frecuencia
Colector a Planta de Tratamiento	Inspecciones visuales a pozos de registro y alineamiento horizontal de tuberías	Semestral
	Desobstrucción, limpieza, reparación	Según necesidades
	Mantenimiento Electromecánico	Según Fabricante
Tanques de Aireación	Limpieza y lavado de paredes y pisos, pasarelas.	Diario
	Mantenimiento de obras.	Trimestral
	Mantenimiento Electromecánico- Engrase de soplantes	Según Fabricante
Sedimentador	Limpieza de canaletas y pasarelas.	Diario

Proceso	Actividad	Frecuencia
Secundario	Limpieza de grasas y sólidos flotantes.	Diario
	Mantenimiento de obras.	Trimestral
	Mantenimiento Electromecánico- Contrato de mantenimiento de equipos bombeo	Según Fabricante
	Toma de muestras	Sitio, Frecuencia y parámetros, según se indica en el Manual
Tratamiento Lodo	Retiro de lodos de digestores. Se llena tanque con 1 décima parte por día. Luego se deja 30 días el lodo en el tanque y luego se llama a camión para retirar	Semanal
	Desaguado del lodos y transporte fuera del predio del proyecto	Semanal (inmediato luego del desaguado)
	Mantenimiento de obras.	Trimestral
	Inspecciones visuales a cajas de registro y alineamiento horizontal de tuberías	Trimestral
	Desobstrucción, limpieza, reparación	Según necesidades
	Limpieza de grasas y sólidos flotantes.	Diario
	Toma de muestras y análisis de Coli Fecal	Dos por semana
Desinfección	Mantenimiento de obras.	Trimestral
	Inspecciones visuales a cajas de registro y alineamiento horizontal de tuberías	Trimestral
	Desobstrucción, limpieza, reparación	Según necesidades
	Revisión del desgaste de lámparas UV y lavado de las mismas	Cada 5 a 15 días, según recomendación de fabricante
	Toma de muestras y análisis de Coli Fecal Registro de información reportada por el sistema de alarmas de control del equipo	Dos por semana

3.3.10 Control operacional

3.3.10.1 Reportes Operacionales y Consideraciones Generales

El control operacional del proceso se orienta hacia la evaluación de todas aquellas actividades involucradas en la operación normal de la planta, con miras a obtener el mejor rendimiento de los sistemas de tratamiento y por lo tanto, la mayor eficiencia del proceso.

Es importante recalcar que deberán presentarse Informes Trimestrales de Operación de la planta de tratamiento a la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, acorde con la legislación vigente (Decreto 26042-S-MINAE).

La base esencial del control operacional del proceso de lodos activados se fundamenta en la recolección e interpretación de las diferentes variables de control, cuyos valores están dados por el diseño inicial del proceso y la experiencia de la etapa de puesta en marcha.

3.3.10.2 Parámetros de control operacional

Los principales datos a registrar para el control operacional del sistema de tratamiento preliminar por rejillas son:

- Cantidad diaria de material removido con respecto al caudal de entrada.
- Frecuencia de la limpieza: horas del día a la que se lleva a cabo la limpieza.
- Estos registros permitirán programar las labores del personal asignado.

a. Oxígeno Disuelto (OD).

Esta prueba es de vital importancia y la frecuencia del muestreo o análisis de laboratorio debe ser semanal durante la puesta en marcha y una vez cada tres meses durante la operación normal. Las muestras deben tomarse en el licor mezclado (al centro de los tanques), a la salida de los tanques de aireación, y a la salida del sedimentador secundario, cuyos valores deben anotarse, para llevar un registro de control.

b. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_{5,20}).

Los valores registrados de esta variable, a la entrada del tanque selector, a la salida del sedimentador secundario y a la salida del proceso de desinfección, determinan la eficiencia de la planta en la remoción de materia orgánica. Esta variable es imposible de utilizar para ofrecer una respuesta inmediata del comportamiento de la planta debido a la duración del análisis de laboratorio (6 días). Pero el conocimiento de los valores registrados históricamente, en comparación con las variaciones reportadas, representa un instrumento de gran utilidad para el operador, a la hora de tomar una decisión que involucra la operación de la planta.

La frecuencia de la evaluación de esta variable se analiza en las siguientes secciones.

c. Sólidos Suspendidos.

La determinación de los sólidos suspendidos (SS), en las diferentes etapas del tratamiento, es muy utilizado para evaluar la eficiencia del tratamiento y las cargas de sólidos afluentes y efluentes a cada unidad de tratamiento. Los SS se utilizan además en la evaluación del Índice Volumétrico del Lodo (IVL).

Los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), en el licor mezclado del tanque de aireación, representan la población activa de los lodos microbiales responsables de la estabilización de la materia orgánica. Este parámetro es utilizado en la evaluación de la relación Alimento/Microorganismos o Factor de Carga (A/M).

d. Potencial de Hidrógeno (pH).

Estas pruebas deben hacerse frecuentemente, 2 veces al día a lo largo de la etapa de puesta en marcha, y luego semanalmente para efectos de control normal de la operación, para el agua efluente y afluente.

e. Caudal de Purga de Lodos (Q_p)

Al igual que el parámetro anterior, el caudal de purga de los lodos es de vital importancia ya que está involucrado en el mantenimiento de la concentración de biomasa activa en los tanques de aireación, en la relación A/M y en la estimación del tiempo de retención celular o Edad del Lodo (Θ).

Los volúmenes diarios estimados para el lodo activo de purga fueron muy bajos, en todo caso se ha considerado la digestión de los lodos en el biodigestor.

f. Otros.

Es importante llevar registro de cualquier anomalía que se presente en el agua del tanque de aireación así como en el sedimentador: color, temperatura, olores, etc., en conjunto con todos los parámetros de control operacional indicados.

3.3.10.3 Aspectos Específicos

A continuación se detallan las principales labores del control operacional, relacionadas con la evaluación de los diferentes parámetros de diseño.

a. Eficiencia del proceso.

La eficiencia del proceso biológico se orienta principalmente hacia la remoción de la materia orgánica disuelta como DBO o DQO, así como sólidos suspendidos SS y Coliformes Fecales.

Para evaluar la eficiencia se debe considerar los valores de entrada y salida al proceso. Así, la eficiencia será:

$$E = [(S_o - S) / S_o] * 100$$

E: Eficiencia del sistema (%)

S_o: Concentración afluente al proceso (mg/l o NMP/100ml), captada a la entrada de los tanques de aireación.

S: Concentración efluente del proceso (mg/l o NMP/100ml), captada en los vertederos de salida del sedimentador secundario.

La eficiencia en la remoción de materia orgánica debe estar comprendida entre el 90 y 99 %.

b. Carga Contaminante.

Es importante el conocer la carga contaminante afluente al tanque de aireación, así como la carga de sólidos afluente al sedimentador secundario, relacionándola con el comportamiento del sistema (eficiencias) con el fin de establecer los límites de una adecuada operación y sobrecarga por emergencia.

La carga se obtendría por medio de la siguiente ecuación.

$$C = (Q * S) / 1000 \quad C: \text{Carga aplicada (kg/d)}$$

Q: Caudal afluente al proceso o el de recirculación o purga de lodos (m³/d).

S: Concentración afluente o efluente (de ST, SS, SSV, DBO, DQO, según sea el caso), en mg/l

c. Control de la Biomasa en el Reactor.

El control de la concentración de microorganismos en el tanque de aireación es de vital importancia ya que es la base de una eficiente estabilización del sustrato y una adecuada eficiencia del tratamiento.

Este control repercute también en los niveles de lodos purgados del sistema de tratamiento y de los lodos recirculados. Para llevar a cabo estos controles existen dos métodos:

- Control de la Relación A/M.
- Mediciones directas de la concentración de biomasa en el tanque de aireación.
- Todos estos controles se basan en la evaluación y conocimiento de las siguientes variables:
 - Concentración óptima de microorganismos en el reactor determinada a partir de la etapa de puesta en marcha y estabilidad del proceso.
 - Concentración de biomasa en los lodos recuperados en el sedimentador secundario y recirculados al tanque de aireación.
 - Caudal de recirculación, relacionado con el punto anterior.
 - Caudal y carga contaminante afluente.
 - Caudal y concentración de la biomasa purgada del sistema.

En los siguientes puntos se detalla cómo llevar a cabo la evaluación y cálculo de los diferentes parámetros de control citados.

d. Relación Alimento/Microorganismos.

Mantener una adecuada relación A/M, es una de las labores más difíciles ya que el sustrato afluente varía constantemente. Por lo que se debería de variar, de igual forma, la concentración de la biomasa en el tanque de aireación.

Con el fin de no provocar variaciones constantes en la concentración de la biomasa, se recomienda mantener la relación A/M entre ciertos límites obtenidos a partir de pruebas en la planta. Normalmente estos límites se han establecido en 0.1 y 0.3.

El conocimiento del comportamiento de la carga contaminante y caudal afluentes a la planta de tratamiento es de vital importancia ya que permite establecer que días y a qué hora se debe aumentar o disminuir el bombeo de recirculación de los lodos (aumentando o disminuyendo de este modo la purga de los mismos), con el fin de mantener la relación A/M dentro de los límites preestablecidos.

La relación se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$A/M = (S * Q) / (X * V)$$

A/M: Relación Alimento/Microorganismos (d^{-1}).

S: Substrato afluente a los tanques de aireación, medido en la caja de entrada a los mismos (mg.DBO_{5,20}/l).

Q: Caudal afluente a la planta de tratamiento (m³/d).

X: Concentración de biomasa en el tanque de aireación (mg.SSVLM/l).

Los términos fueron definidos anteriormente.

e. Edad del Lodo.

La edad del lodo se ha establecido en 40 días, tal y como se muestra en el diseño del proceso biológico.

f. Medición directa de la Biomasa.

La medición directa de la biomasa en el reactor se lleva a cabo, analizando la concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación.

g. Carga Volumétrica.

Este parámetro permite evaluar la carga de contaminante que la planta de tratamiento está procesando en un momento determinado.

La carga volumétrica se puede estimar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_v = S_o * Q * 10^3 / V$$

C_v : Carga Volumétrica (kg.DBO/m³.d)

S_o : Concentración afluente al tanque aireación DBO (mg/l)

Q : Caudal afluente al proceso (m³/d)

h. Índice Volumétrico del Lodo.

El Índice Volumétrico del Lodo es uno de los parámetros más representativos para evaluar la sedimentabilidad de los lodos biológicos.

Este parámetro se puede estimar por medio de la siguiente ecuación:

$$IVL = s_d * 1000 / SS$$

s_d : Sólidos sedimentados en una prueba de Cono Imhoff (ml).

SS : Sólidos suspendidos en el tanque de aireación.

3.3.11 Toma de muestras y análisis de laboratorio.

Una planta para el tratamiento de aguas residuales consta de diversos componentes que conforman el sistema de tratamiento y por lo tanto, un programa de muestreo o toma de muestras y análisis de laboratorio, así como mediciones del caudal afluente conforman la base de un adecuado funcionamiento del sistema y señalará los posibles problemas operacionales o del proceso mismo en forma rápida, de modo que puedan tomarse las medidas correctivas inmediatas. La muestra de agua o lodo, colectada en cualquiera de las diferentes etapas del sistema de tratamiento, debe ser sometida a diferentes pruebas de laboratorio con el fin de

definir sus características cualitativas (presencia o concentración de un constituyente particular) y cuantitativas (identificar la cantidad del constituyente). Su captación deber ser tal que permita evaluar las características de conjunto del agua (que sea representativa).

Debido al tamaño de la planta de tratamiento y con el fin de caracterizar y evaluar su funcionamiento, sea durante la puesta en marcha como durante la operación de la planta, todos los muestreos serán del tipo compuesto.

3.3.11.1 Ubicación de los Puntos de Muestreo y Programa de Toma de Muestras.

Para la toma de muestras y para la preservación de la integridad de la representatividad de la muestra, se recomiendan los siguientes aspectos:

- La muestra debe ser tomada en el sitio de mayor turbulencia, de tal forma que el agua esté bien mezclada.
- La muestra debe tomarse en el centro del canal o canaleta en donde la velocidad del agua es máxima y la posibilidad de sedimentación de los sólidos es mínima.
- Partículas con diámetros mayores a 6.3 mm deben ser eliminados de la muestra por lo que se deberá tomar otra muestra, siempre que la misma se considere como no representativa del agua en su totalidad.
- Los depósitos no representativos de materiales flotantes o espumas, acumulados en los puntos de muestreo no deben ser considerados en la muestra, por lo que deberán ser eliminados antes de proceder a tomar la muestra. De no cumplirse con este requisito se debe sumergir el recipiente, bajo la capa de sólidos o mejor cambiar el punto de muestreo.
- La toma de muestras para analizar contenidos gaseoso o para las pruebas de DBO, deberán captarse de tal forma que no penetre aire adicional a la muestra durante el llenado del recipiente.

- El volumen total de la muestra deberá ser suficiente para llevar a cabo los análisis de laboratorio. En el cuadro 3-6 se indican los volúmenes mínimos recomendados para las muestras a captar, acorde con los análisis de laboratorio a realizar.
- Las muestras deben almacenarse de tal forma que sus características físico-químicas y biológicas no se vean afectadas. Adelante se presentan los principales requerimientos para el transporte y almacenamiento de las muestras, según los parámetros o características a estudiar.

En todo caso, las muestras deben analizarse tan pronto como sea posible. Con base en los aspectos citados, en las secciones anteriores y en los requerimientos establecidos por el Ministerio de Salud, se ha establecido un programa de toma de muestra que permitan evaluar la operación de la planta, el control operacional de los procesos y la calidad del agua vertida al cuerpo receptor. El programa se detalla en el apartado 3.3.11.

3.3.12 Banco de Datos

Con el fin de que los datos resultantes del programa de muestreo de la planta puedan utilizarse adecuadamente para calibrar el funcionamiento de la misma, es necesario que éstos se registren y archiven en forma sistemática para una consulta rápida.

La manera más práctica para satisfacer este requerimiento consiste en preparar formularios apropiados para registrar estos datos. Dichos formularios deberá prepararse para que se adapten a las condiciones individuales operativas de cada componente particular de la planta. Los datos en estos formularios se deberán registrar en orden cronológico y organizados de modo que cada grupo de datos puedan utilizarse para evaluar un aspecto determinado del proceso de tratamiento.

El registro adecuado de los datos de muestreo permitirá una solución más eficiente y expedita de los problemas operacionales.

Es importante que los registros de calidad de las aguas y eficiencias de los procesos estén disponibles para los funcionarios del Ministerio de Salud, y con una frecuencia Trimestral

remitir Informes Operacionales de la planta de tratamiento a la División de Saneamiento Ambiental de dicho Ministerio, según las regulaciones y normas establecidas.

Cuadro 3-6: Volumen requerido de una muestra según variables a determinar

Variables físicas	Volumen (ml)
1. Color y Olor	500
2. pH	100
3. Temperatura	No especificado
4. Turbiedad	100-1000
Variables químicas	
1. Oxígeno	500-1000
Variables Misceláneas	
1. Acidez y Alcalinidad	100
2. DBO	500
3. Microorganismos	200
4. Aceites y Grasas	5000
5. Sólidos Disueltos	1000
6. Sólidos Suspendidos	1000

Cuadro 3-7: Preservación de muestras según variables a evaluar

Parámetro	Preservación	Tiempo máx. De Preservación
Alcalinidad	Refrigeración 4° C	24 hrs
DBO y CF-NMP	Refrigeración 4° C	6 a 15 hrs
Color	Refrigeración 4° C	24 hrs
Oxíg. Disuelto	En el sitio	Ninguno
Dureza	No requiere	7 días
Aceite y grasas	2ml-1 conc. H2SO4-4°C	24 días
PH	En el sitio	Ninguno

Cuadro 3-8: Programa para la toma de muestras Mínimo, Control Operacional de la Planta

Descripción	Unidad	Frecuencia	Punto de muestra
Caudal	m ³ /d	4 * D	AF
DB05,20	mg/1	1 * S	AF - EF
Ph	Unidad	4 * D	AF - EF
Temperatura	° C	4 * D	AF - EF
Sólidos sedimentables	mg/1	4 * D	AF - SS - EF
Sólidos suspendidos	mg/1	1 * S	AF - EF
Sólidos disueltos	mg/1	1 * S	AF - EF
Sólidos suspend. Volátiles	mg/1	1 * S	LAC - DIG

Descripción	Unidad	Frecuencia	Punto de muestra
Oxígeno disuelto	mg/1	4 * D	LAC-EF
DQO	mg/1	2 * D	AF - EF
Coliformes, fecales y totales	NMP/100ML	1 * D	EF
Alcalinidad	mg/1	1 * D	AF - EF
Aceites y grasas	mg/1	1 * D	AF - EF

NOTAS: D: Día; S: Semanal; SEM: Semestral; Af: Afluente a la planta (caja de entrada a la planta); Ef: Efluente de la planta (canaleta de recolección del agua sedimentada); SS: Salida de la zona de sedimentación secundaria (antes de la canaleta de recolección del agua; LAC: Centro de los tanques de aireación.

3.3.13 Problemas operacionales

Los problemas operacionales serán presentados en cuadros que contienen 3 columnas: en la primera columna se señalan los indicadores y observaciones del problema; en la segunda columna, se presentan las causas probables y en la tercera columna la solución al problema. El orden en el que se presentarán los problemas operacionales es el siguiente:

Los principales problemas operacionales que pudiesen presentarse en el sistema de tratamiento de aguas residuales, así como sus posibles soluciones se presentan en los siguientes Cuadros.

Cuadro 3-9: Problemas y soluciones en Estructuras de Pre-tratamiento

Problema	Causa	Solución
Malos Olores	Manejo inadecuado de residuos	Manejo adecuado de sólidos retenidos en las rejillas y evacuación constante del desarenador
Exceso de materia orgánica retenida en el desarenador	Intervalo entre limpiezas largo	Remover con mayor frecuencia la arena
Arrastre de arena en el efluente del desarenador	Velocidad de flujo alta	Poner en operación los dos desarenadores

Cuadro 3-10: Problemas y soluciones más comunes en tanques de aireación

Problema	Causa	Solución
Ausencia de oxígeno disuelto en algunos puntos	Mal posicionamiento de los aereadores	Revisar y corregir posicionamiento de los aereadores
Problema de malos olores y moscas	Acumulación de espuma en los taludes	Remover el material flotante, mantener limpios los taludes
Variaciones de oxígeno disuelto, espumas	Descargas violentas, flóculos dispersos y desechos industriales	Colocar más aereadores, analizar problemas de sobrecarga, controlar intermitencia de los aereadores,

Cuadro 3-11: Cómo controlar animales que producen madrigueras

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Los animales que producen madrigueras tienen que ser controlados, ya que debilitan los bordos de las estructuras. Los animales más frecuentes son ratas de campo y conejos silvestres.	Las condiciones del bordo sin zampeado atraen a los animales, aunado con la alta población de estos animales en el área circunvecina a la planta de tratamiento.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remueva cualquier indicio de comida en los alrededores de la planta. 2. Las ratas de campo prefieren una madriguera parcialmente mojada. Si el operador sube el nivel del agua, la rata hará excavación hacia arriba. Algunas veces bajando y subiendo el nivel del agua las ratas abandonan la madriguera. 3. Use trampas con carnada envenenada. 4. Ponga cerca alrededor del área de la planta

Cuadro 3-12: Como controlar la vegetación en diques y áreas próximas a la planta

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Maleza en abundancia, arbustos y árboles proporcionan ambientes adecuados para animales, pueden causar ablandamiento de los bordos del dique y muy mala apariencia.	Mantenimiento muy pobre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remueva toda la vegetación (maleza) de los bordos. 2. Plante zacate de raíces cortas y cuando lo haga remueva la maleza. 3. Use herbicidas químicos permitidos para control de malezas. Algunos herbicidas son: sulfato de cobre, Ortho Endo-thal, simazine etc.

Cuadro 3-13: Como controlar la espuma

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Es necesario controlar la espuma para prevenir olores y condiciones apropiadas para proliferación de mosquitos. Además, la espuma evita la penetración de la luz	Los tanques presentación posible sedimentación de lodos en zonas muertas de mezclado. Demasiado lodo en el fondo, está azolvada y el lodo flota. Alguna descarga Industrial en el drenaje, origina la presencia de grasas y aceites en la superficie de los tanques de aireación. El sistema de tratamiento preliminar no opera adecuadamente. Un tanque de aireación recién puesta en operación tendrá una capa de espuma, dependiendo de la cantidad de detergente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elimine la espuma con chorro de agua, usando hidrolavadoras. Si un tanque de aireación fue recientemente puesto en operación utilice recirculación para acelerar el crecimiento de microorganismos. <p>NOTA: Cualquier cantidad de espuma que se extraiga de los tanques debe ir dispuesta en relleno sanitario o quemado.</p>

Cuadro 3-14: Como controlar olores

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Los olores son muy molestos.	Los olores generalmente provienen de tanques sobrecargados o por la presencia de desechos industriales. Los olores son muy probables en los sistemas de rejillas, desarenadores, tanque de compensación, aireación preliminar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Use alimentación en paralelo para reducir carga fresca. 2. incremente la horas de operación de los sistemas de tratamiento de olores. 3. Revisar con una anemómetro manual, el total de volumen de aire extraído por el sistema de tratamiento de olores y descarga en la chimenea. Compare ambos volúmenes para verificar que no haya pérdidas. 4. Cambiar con más frecuencia los medios de filtración de antracita y los filtros biológicos para dar mejor tratamiento al aire viciado 3. Use mayor potencia de aireación para introducir oxígeno. 3. Recircule el afluente en una relación de 1/6 4. Elimine descargas fuertes industriales.

Cuadro 3-15: Como controlar insectos

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Insectos (mosquitos) proliferan en el área.	Mantenimiento muy pobre.	<p>Solución al control de mosquitos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elimine la maleza de los bordos y mantenga el agua mezclada y con oleaje en toda la superficie de los tanques.. 2. Elimine la espuma. 3. Rocíe con insecticida las orillas de los tanques, y bordos, dosis de 1 mg/l.

Cuadro 3-16: Como corregir tanques ligeramente cargadas

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Las unidades ligeramente cargadas producen algas filamentosas y hongos que impiden la penetración de la luz y tienden a obstruir los efluentes.	Sobrediseño. Flujos estacionales bajos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumente la carga reduciendo el número de tanques de aireación en operación. 2. Use operación en serie

Cuadro 3-17: Como corregir un nivel bajo de oxígeno en el efluente

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Un patrón continuo de bajos niveles de oxígeno es indicativo de condiciones anaerobias (0,5) y la causa de malos olores. El tratamiento disminuye su eficiencia.	Alta carga de DB05 y desechos industriales tóxicos (durante el día el 0.D. debe ser cuando menos de 1,5 mg/l en meses cálidos) Falla electromecánica de equipos. Deficiente mantenimiento preventivo y operativo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduzca la carga orgánica en un tren de la planta. Opere en paralelo. 3. Adicione (si puede) aeradores suficientes para aumentar inyección y el nivel de oxígeno. 4. Use recirculación del efluente a la entrada de los tanques de pre-aireación.

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
		5. Vea si hay descarga industrial, si la hay, trate de eliminarla.

Cuadro 3-18: Como corregir sobrecargas

Indicadores / observación	Causa probable	Solución
El exceso de carga produce tratamiento incompleto o deficiente. Problema de sobrecarga se detecta por malos olores, el color del agua residual en tanques es amarillo, verdoso o gris. Pruebas de laboratorio muestran bajo pH, OD y exceso de DBO ₅ por unidad de área.	Cortocircuitos, desechos industriales, infiltración en el alcantarillado, tanque puesto en operación recientemente, el área poblacional a la que sirve la planta ha crecido, tratamiento inadecuado y condiciones climáticas con conexiones clandestinas o cruzadas de aguas pluviales.	<ol style="list-style-type: none"> 1. By-pasee tanque de aireación y déjelo sin alimentación hasta que se recupere. 2. Opere en paralelo con caudales verificados. 3. Recircule el efluente a la entrada de los tanques de pre-aireación. 4. Vigile y cerciórese de que no haya cortocircuito o zonas muertas en los tanques. 5. Agregue aireadores para suministrar mayor volumen de aire.

Cuadro 3-19: Como corregir un alta DBO₅ en el efluente

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
No se cumple con las condiciones particulares de descarga	Carga hidráulica u orgánica elevada, posibilidad de compuestos tóxicos en el influente.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chequee si hay descargas industriales. 2. Use bombas portátiles para recircular el efluente tratado 3. Reduzca las cargas debido a fuentes industriales. 4. Elimine las descargas tóxicas.

Cuadro 3-20: Como corregir otros problemas

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
Fluctuaciones de oxígeno disuelto, floculo muy pequeño está saliendo en el efluente, espuma	Cargas orgánicas repentinas, sobreaireación, desechos industriales,	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controle el sistema de aireación utilizando un temporizador para el arranque de aireadores, monitoree el oxígeno disuelto para calibrar la operación de parada y arranque de aireadores, más de 1 mg/l de OD. 2. Varíe la operación del sistema de aireación de manera de sobreairar los tanques, vigile un OD menor de 3 mg/l. 3. Localice desechos industriales que producen espuma tal como rastros de pollos, industria de lácteos o vegetales. 4. Elimine las descargas tóxicas.

Cuadro 3-21: Como corregir problemas en aireadores mecánicos

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
El aireador falla al arrancar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alambrado incorrecto o falso contacto en la caja de conexión del motor. 2. Alambrado incorrecto o falso contacto en el panel de control. 3. Fusibles o elementos térmicos impropios. 4. mantenimiento preventivo inadecuado o ausente 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coteje el diagrama de alambrado de la placa nominal del motor en las conexiones en la caja de conexión y en los contactos. 2. Verifique el alambrado en el panel de control 3. Verifique que los fusibles y elementos térmicos cumplan las especificaciones.
El motor arranca pero el aireador tiene una descarga muy pobre.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alambrado incorrecto, ya sea en el panel de control o más probablemente en el motor. 2. Dirección de rotación inversa. 3. Algo que afecta al impulsor, como basura. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique el alambrado en el panel de control y en el motor. 2. Invierta dos de las tres fases (no cambie la conexión a tierra). 3. Ponga en reversa el motor por 3 a 5 segundos, párelo, póngalo otra vez en reversa por 3 a 5 segundos. Cambie la dirección de rotación correcta y arranque otra vez. Si no hay resultados, verifique físicamente la unidad y remueva cualquier obstrucción. MANTENGA LOS TANQUES LIBREDE BASURA VOLADA O VEGETAL VOLADA.
Paro del motor por calentamiento del elemento térmico.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alambrado incorrecto. 2. Elementos térmicos equivocados en el arrancador. 3. Basura obstruyendo el impulsor. 4. Sobre calentamiento en el panel de control. 5. Mala operación o defecto del balero. 6. El cono de succión se cayó al agua 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cheque el alambrado vea si hay conexiones flojas o cortas. 2. Cheque el tamaño adecuado de los elementos térmicos. 3. Proceda como en la sección anterior. 4. Agregue compensador de calor en el panel de control. Proteja al panel de los rayos solares en áreas no ventiladas. 5. Revise los baleros del motor. 6. Verifique que el cono de succión está en su lugar o posible destrucción de difusores
Descarga no uniforme de líquido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basura en la propela o en el soporte del motor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Opere el motor en reversa con leves piquetitos al arrancador, como en los puntos (3) de las 2 secciones anteriores. Si no obtiene resultados inspeccione la unidad.

3.3.14 Mantenimiento rutinario de la planta

El mantenimiento rutinario de la instalación de la planta, tanques de tratamiento, edificios, equipos electromecánicos, etc, debe ser el objetivo fundamental del operador. Si no se cuida diariamente de que este mantenimiento se realice, en poco tiempo la planta se deteriorará, con consecuencias funestas para el proyecto. El operador, por tanto, debe ser consciente de que su trabajo es muy importante para el funcionamiento adecuado del sistema.

3.3.14.1 Rejillas

La limpieza de los equipos de rejillas, y su estructura exterior de protección y soporte, así como del sistema de compresión y transporte de basuras, se deben ejecutar diariamente con el uso de cepillos y agua a presión. El material retirado debe ser enterrado o empacado para el relleno sanitario, para evitar problemas de malos olores y la atracción de vectores como insectos y animales como roedores. El material debe ser recubierto con una capa de tierra de 0.1 a 0.3m de espesor. Se aconseja excavar un lugar para enterrar dicho material poco a poco, cubriéndolo diariamente con cal o tierra.

3.3.14.2 Desarenadores

El mantenimiento del desarenador consiste en agitar el material sedimentado dos veces al día, una vez en la mañana y otra en la tarde; el propósito de la agitación es liberar el material orgánico atrapado por los sólidos arenosos. Uno o dos veces por semana, o con una frecuencia mayor si el volumen acumulado de sólidos arenosos lo demanda, se debe cerrar la cámara en operación y drenarla, y después el material arenoso debe ser removido y enterrado sanitariamente. Es importante que el equipo funcione automáticamente y se mantengan las condiciones sanitarias adecuadas en zona alrededor del equipo. El material puede ser enterrado en la misma excavación utilizada para enterrar el material de la rejilla. A menudo se nota que en la mayoría de los sistemas que cuentan con desarenadores, los operadores no están operando correctamente el desarenador. Parte del problema es la falta de capacitación del operador en la operación correcta de desarenadores.

3.3.14.3 Remoción de Natas y Sólidos Flotantes

La remoción de natas y sólidos flotantes se debe hacer diariamente o cuando sea necesario para que no se extiendan demasiado sobre el área superficial de los tanques de aireación, sedimentación y digestores, donde se puede causar problemas de malos olores por su descomposición, y por la formación de lugares adecuados para la cría de insectos. Por lo general, la dirección del viento y el movimiento superficial del agua provocado por la descarga de los difusores de aire hace que las natas y sólidos flotantes se acumulen en las esquinas de los tanques. El operador necesitará un desnatador y una carretilla para la limpieza de natas; estos desechos deben ser enterrados en el mismo lugar en donde se entierran los sólidos del desarenador y de la rejilla. También, se deben mantener las pantallas de las salidas para que las natas y sólidos flotantes no salgan de los sedimentadores.

3.3.14.4 Lavado y limpieza

Es necesario la limpieza continua, con cepillo y agua a presión, de pasarelas y sobrecorres de estructuras, aceras montacargas de pre-tratamiento, pisos de edificaciones de tratamiento (preliminar, lodos, bombeo, desinfección, etc) y principalmente de tanques que contienen agua residual o lodos, debido al mal olor que pueden producir.

El lavado de aceras y calles debe ser también labor importante luego de labores de extracción de lodos y transporte fuera del área de la planta.

3.3.14.5 Césped, Vegetación y Malezas

El césped no debe llegar hasta el borde del agua para evitar problemas. El operador debe mantener una faja limpia de al menos 20cm por encima del borde del agua.

La maleza debe ser retirada, sacada al aire y quemada o enterrada. Se debe prestar atención especial al surgimiento de jacintos y otras plantas acuáticas, las que deben ser extraídas, secadas y quemadas también.

3.3.14.6 Mosquitos, Moscas, Roedores y Otros Animales

La proliferación de mosquitos, moscas, otros insectos, y roedores debe ser nula si se ha cumplido con la tarea de enterrar todo lo relacionado con el material flotante y el material orgánico. Los mosquitos y otros insectos pueden ser controlados manteniendo limpias, sin vegetación ni agua estancada en las inmediaciones de la planta de tratamiento.

3.3.15 Mantenimiento de unidades electromecánicas

Las unidades electro mecánicas que requieren mantenimiento son: rejillas, desarenadores, bombas, equipos de deshidratación, aereadores, inyectores de aire, extractores de aire, equipos de limpieza de aire viciado, etc. Para estas unidades el tipo de mantenimiento es simple, requiriendo solamente lubricación y limpieza e implementación de todas las recomendaciones de los fabricantes de cada equipo en cuanto actividad y frecuencia. El mantenimiento preventivo y correctivo de esos equipos debe especificarse en los catálogos de los equipos seleccionados y estará a cargo del electricista mecánico, quien también tendrá a su cargo tareas como:

- De las instalaciones eléctricas de la planta, como: conductores para los aireadores, cribas y red de alumbrado.
- Mantenimiento de los protectores y arrancadores de dos fases, de la consola de controles de motores, red de alumbrado e instalaciones de medición de oxígeno disuelto y temperatura.
- Pintura anticorrosiva de compuertas, puertas de los registradores de caudal, tubos de anclaje de los cables de acero y, cajas de conexiones eléctricas.
- Engrase de los tornillos sin fin de las compuertas, poleas y engranajes de las cribas y lubricación de los cables de los flotadores y mecanismos de reloj en los registradores de calado.
- Mantenimiento de las bombas portátiles con motor a gasolina y herramientas en general.

El mantenimiento de equipos, instrumental e instalaciones del laboratorio estarán a cargo del personal que labora en dichas instalaciones.

El mantenimiento de las obras civiles requiere más atención. Es efectuado por las cuadrillas de obreros:

- Limpieza periódica de las obras de llegada, canales de acceso y salida de los tanques, canaletas y cajas, para remover las películas biológicas formadas en las paredes
- Limpieza de material flotante de los tanques
- Limpieza del material vegetal en los diques, riego de la grama sembrada en los taludes y corte de la misma
- Limpieza de los sedimentos y material de acarreo en las cunetas de coronación y canal de desvío
- Mantenimiento de los diques para minimizar el efecto erosivo de las aguas de lluvia como curado de grietas y, de la capa de rodadura
- Limpieza y mantenimiento de las obras de protección y rectificación del río, si es del caso y,
- Mantenimiento de las instalaciones asociadas a la planta, como: edificaciones, caminos de acceso, etc.

3.3.16 Mantenimiento civil

El mantenimiento civil tiene por objetivo el extender la vida útil de las obras civiles o construcciones de la planta de tratamiento: edificios, tanques de concreto, techos, aceras, barandas, calles, estructuras metálicas (compuertas, tapas metálicas, rejillas, etc) pintura de edificaciones, anticorrosivos, etc. Cajas de registro de conducciones de aguas residuales internas, estado de tuberías de aire exteriores.

Para estas unidades el tipo de mantenimiento es simple, requiriendo revisiones semestrales o máximo anuales sobre la condiciones y estado de todos los componentes civiles y mantener un programa de reparaciones y principalmente del mantenimiento de protecciones.

3.3.17 Riesgos para el personal y seguridad

El Superintendente y Jefe de Operación y Mantenimiento son las personas responsables por el desarrollo de un programa de prevención de accidentes y seguridad en el trabajo, de acuerdo con las normas de la Institución encargada.

Para efectuar este programa es necesario conducir un análisis de seguridad en tareas de operación y mantenimiento, el mismo que se realiza en el campo y con la obra en operación.

Por esta razón se dan solamente lineamientos generales.

El Jefe de Operación y Mantenimiento es directamente responsable por la conducción de dicho análisis, el cual en términos generales cubre los siguientes aspectos:

- Identificación de los accidentes potenciales y peligros asociados con todas las tareas de operación y mantenimiento
- Indicar una solución para cada peligro, de manera que si no elimina, se controle.
- Investigar los accidentes o actos inseguros, indicando las causas y su frecuencia
- Los cuatro pasos para realizar el análisis de seguridad en operación y mantenimiento son:
 - Selección de la tarea
 - Descomposición de la tarea en pasos sucesivos
 - Peligros y accidentes potenciales y
 - Desarrollo de las formas de control

Desarrollado el programa de seguridad, se deberá contar con guías e instrucciones sobre los siguientes aspectos:

- Vestimenta y equipos de seguridad para los diferentes tipos de personal
- Prácticas seguras en las tareas de operación
- Una guía para prácticas seguras en las tareas de mantenimiento
- Una guía para prácticas seguras en las tareas del laboratorio
- Procedimientos en condiciones de emergencia.

3.4 Costos de Operación y Mantenimiento del sistema propuesto

Las labores de operación y mantenimiento, personal y equipos, se presentaron en el tema anterior. Con base en ellas, en esta sección se presentan los costos respectivos.

Las labores de operación y mantenimiento, personal y equipos, se detallan en el tema anterior. Con base en ellas, en esta sección se presentan los costos respectivos.

3.4.1 Personal y equipo para operación y mantenimiento de la red de recolección

Se considera que con el equipamiento y apoyo suficiente, una cuadrilla de seis personas podrá darle mantenimiento a las redes de recolección durante todo el periodo de estudio.

Además del mantenimiento a las redes, estas cuadrillas se encargarían de la recolección de los sólidos recolectados en las estaciones de bombeo, así como del mantenimiento civil de las estaciones.

Es sumamente importante que el personal de O&M del sistema de alcantarillado sanitario cuente con el equipo idóneo para la operación de la red, entre el que se menciona:

- Un Camión hidrovaciador provisto de hidrojet.
- Un vehículo liviano para el supervisor de operación y mantenimiento de alcantarillado sanitario.
- Un vehículo para transporte de la cuadrilla.
- Un compresor.
- Un equipo de compactación portátil.
- Equipo de desobstrucción manual.
- Detector de tapas metálicas.
- Acceso a equipo de circuito cerrado de televisión para la inspección de tuberías. Este equipo no necesariamente tiene que estar permanentemente asignado al sistema de

Golfito. Puede ser compartido regionalmente, pero debe asignarse un tiempo parcial, tal como, dos meses al año, al sistema de Golfito y casos puntuales de emergencia.

- Herramienta menor.
- Equipo de seguridad.

3.4.2 Personal para la Operación y Mantenimiento de las estaciones de bombeo y de la Planta de Tratamiento

El personal para operar y mantener las estaciones de bombeo y la PTAR será de carácter técnico y profesional. Para su dimensionamiento se ha tomado en cuenta características tales como el tamaño de las instalaciones, los procesos que se dan al interior de esta y el tipo de desechos que se recibirán.

Para tal efecto se presenta en el siguiente Cuadro los requerimientos de personal. El personal de Operadores trabajará en turnos de 8 horas, 24 horas al día, ininterrumpidamente durante los 365 días del año. El personal de laboratorio se encargará de realizar la vigilancia de la calidad de las aguas residuales al interior de la PTAR y de la calidad del lodo desecado (nivel calorífico, huevos de helmintos, Coli.Fecales, etc).

La operación y el mantenimiento de la planta contarán por otro lado, con el apoyo administrativo y técnico en general, de la propia oficina de Golfito, así como de la oficina de Río Claro y de la Región a la que está pertenece y del nivel central del AyA. El personal de electromecánica dará servicio a los equipos de la PTAR y de las estaciones de bombeo. En el cuadro 3-22 se presenta el personal requerido para la operación de la PTAR y las estaciones de bombeo.

Cuadro 3-22: Personal requerido para la operación y el mantenimiento de estaciones de bombeo y de la PTAR

Ítem	Operación y Mantenimiento									Laboratorio de Calidad del agua				Total
	Profesional	Operadores	Vigilancia	Ingeniero electro-Mecánico	Asistentes	Electricista	Limpieza y áreas verdes	Mantenimiento Civil	Total	Profesional	Técnicos	Asistentes	Total	
Cantidad	1	6	5	1	2	2	6	2	25	1	1	1	3	28

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

3.4.3 Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento se pueden desglosar en los siguientes rubros:

- Personal
- Materiales para la operación y mantenimiento de redes, colectores y planta de tratamiento,
- Energía para la operación de las estaciones de bombeo,
- Energía para la operación de la planta de tratamiento y estaciones de bombeo,
- Tratamiento y disposición de lodos,
- Canon ambiental por vertidos, y
- Mitigación de riesgos para reducir la vulnerabilidad del proyecto

3.4.3.1 Personal

- a) Costo de personal para operación y mantenimiento de redes y colectores: este personal ha sido indicado en la sección precedente.

Los costos actuales que se estiman para este personal son:

- 1 supervisor de alcantarillado sanitario con salario medio mensual base (código 13100 según manual del AyA) = 851.900 colones, incluyendo cargas sociales, para un estimado en dólares de US\$1.600,00 por mes.

- Cuadrilla de seis operarios con salario medio mensual base mensual (código 14300 según manual utilizado por AyA) = 250.600 colones por mes cada uno + 50% por pluses + 46,4% por cargas sociales, estimado en dólares: de US\$1040 por persona = US\$8.020/mes por cuadrilla.

b) Costo de personal para operación y mantenimiento de plantas de tratamiento

En el cuadro 3-22 se muestra el personal requerido para la gestión de la PTAR. En el cuadro 3-23 se presenta el cálculo del costo del personal requerido para la operación de la PTAR según alternativa y su respectivo costo mensual.

El cuadro se divide en dos partes: la primera, muestra el personal requerido según puesto y clasificación. Luego se indica el costo mensual de cada uno de estos trabajadores para concluir en la segunda parte del cuadro, con la estimación del costo mensual en operación y mantenimiento para la planta de tratamiento.

Los costos se han establecido según los siguientes salarios base (códigos) del Índice Salarial del AyA:

▪ Profesional de operación en PTAR:	12100
▪ Operador de PTAR:	13100
▪ Vigilante:	14100
▪ Asistente de electromecánico:	13100
▪ Operario de limpieza:	14300
▪ Profesional de laboratorio:	01453

A los salarios base se agregó un 100% para los profesionales, por concepto de anualidades, dedicación exclusiva y otros pluses y a los no profesionales, un 50% por anualidades y otros pluses, más, a todos los salarios, un 46,3% por cargas sociales. Los salarios resultantes se convirtieron a dólares, al tipo de cambio de 530 colones / US\$. Si bien el caudal inicial de la planta será ligeramente mayor al 50% de su valor al final del periodo de diseño, se considera que la planta requiere el personal indicado desde el principio de su operación.

Cuadro 3-23. Detalle de los costos mensuales de personal en operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Ítem	Operación y Mantenimiento									Laboratorio de Calidad del agua				TOTAL
	Profesional	Operador	Vigilancia	Ing. electromecánico	Asistente en electromecánica	Ayudante en	Limpieza y áreas verdes	Mantenimiento Civil	Total	Profesional	Técnico	Asistentes	Total	
Personal	1	6	5	1	2	2	6	2	25	1	1	1	3	28
Unitario mensual US\$ (incluye cargas sociales)	4.763	1549	1171	4.763	1171	1549	1019	1019	-	4843	4763	1549	-	-
Costo de personal	4763	9294	5855	4763	2342	3098	6114	2038	38267	4843	4763	1549	11155	49422

Elaboración: Hidrotecnia consultores con base en Índice Salarial AyA.

3.4.3.2 Materiales para la O&M de las redes, colectores y planta de tratamiento

El costo de materiales y otros servicios para operación y mantenimiento, se considera como un 1% de las inversiones, durante los primeros 10 años de funcionamiento del proyecto (cuando las inversiones son nuevas y requieren menor costo en mantenimiento) y del 2% durante los años siguientes.

3.4.3.3 Energía

Estos costos se refieren al cargo por potencia y consumo para las estaciones de bombeo y la planta de tratamiento y se han considerado los siguientes aspectos: La tarifa eléctrica utilizada, es la de ICE que tiene cargos por potencia instalada y por consumo de energía.

- Se calcula la potencia instalada, y la potencia media a ser utilizada al final del periodo de diseño. La potencia instalada es bastante mayor, porque debe dar capacidad a los equipos para operar en caudal máximo horario. Este valor sirve para calcular el cargo mensual por potencia, y otro, para calcular el consumo anual de energía, de acuerdo con la potencia utilizada en promedio.

- b) El gasto total en energía se compone del costo por potencia instalada y el consumo de energía.
- c) Los costos debidos a potencia instalada, se calculan según los equipos instalados para satisfacer los requerimientos al final del periodo de diseño y son constantes durante todo el periodo. Los consumos de energía se obtienen multiplicando el consumo del final del periodo por la relación entre el caudal producido en cada año y el caudal del final del periodo de diseño. Es decir, son proporcionales a los caudales de agua residual generados cada año.
- d) Para el cálculo financiero se supone un crecimiento del consumo de la energía, proporcional al caudal de producción de aguas residuales, entre el estimado para el año 2015 y el calculado para el año 2042, final del periodo de diseño.

En el cuadro 3-24, se puede observar el desglose de los costos de energía anual al final del periodo de diseño, en las estaciones de bombeo del sistema de recolección. En el cuadro 3-25 se muestran los valores de la potencia a instalar y la potencia a utilizar en la PTAR. En base a este Cuadro, el cuadro 3-26 presenta el cálculo de los costos de energía en la PTAR al final del periodo de diseño.

Cuadro 3-24. Desglose de los costos de energía eléctrica en estaciones de bombeo de la red de recolección, al final del periodo de diseño

EB	Potencia a instalar (kW)	Total Potencia promedio a utilizar al final del periodo (kW)	Consumo de Energía anual (kWh) al final del periodo	Cargo anual por potencia instalada (US\$) (1)	Total gasto anual energía al final del periodo US\$	Total gasto facturación eléctrica anual al final del periodo US\$
EB-01 Ureña	2,68	1,3	11.564	540	1.156	1.697
EB-02 La Rotonda	1,34	0,7	6.095	270	609	880
EB-03 Llano Bonito	2,68	1,3	11.253	540	1.125	1.666
EB-05 PTAR	18,60	9,0	78.470	3.750	7.847	11.597
EB-07 Pueblo Civil 1	3,73	2,0	17.395	752	1.739	2.491
EB-08 Pueblo Civil 2	8,95	4,3	37.378	1.804	3.738	5.542
EB-09 INVU	5,59	2,8	24.378	1.127	2.438	3.565
EB-10 Km 5	1,64	0,9	7.532	331	753	1.084
EB-11 Cementerio	1,64	1,0	8.341	331	834	1.165
Total	46,85	23,11	202.404,68	9.445	20.240,47	29.685

(1): Cargo medio mensual por potencia 8910 colones/kW = 16,8 US\$/kW, tarifa de ICE T-CS Preferencial Carácter Social

(2): Cargo promedio por consumo 55 colones/kWh = 0,10 US\$/kWh, tarifa de ICE media tensión

(3): Tipo de cambio colones 530/US\$

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

Cuadro 3-25. Potencia instalada y potencia usada, en PTAR al final del periodo de diseño

Nº	Descripción	Potencia operativa (HP)	Factor de utilización de equipos	Potencia promedio a utilizar (HP)
1	Tratamiento Preliminar			
1,1	Motores de rejas, dos unidades de 10 HP c/u.	20	0,8	16
1,2	Inyectores de aire, 4 unidades de 1/2 HP c/u.	2	0,8	1,6
1,3	Tratamiento de olores: 4 unidades de extracción de aire e impulsión a filtro, 2 HP c/u,	8	0,8	6,4
1,4	Control de temperatura: manejadora para A/C con agua helada	10	0,5	5
1,5	Elevador de carga para basura	7,5	0,04	0,3
2	Bombeo de agua cruda en tanque de compensación			
2,1	Aireadores - mezcladores de profundidad: 8 unidades de 3,5 HP c/u.	28	0,8	22,4
2,2	Bombas de agua cruda, 2 unidades de 5 HP c/u	10	1	10
3	Pre-aireación del agua cruda			
4	Tanques de aireación - tratamiento químico			
4,1	Equipos de aireación horizontal: 3 equipos de 60 HP c/u	180	0,8	144
5	Sedimentadores secundarios			
5,1	Barrelos de fondo, extracción de flotantes y concentrador de lodos, dos unidades de 7,5 HP c/u	15	0,5	7,5
6	Bombeo de lodos a digestor y retorno de lodos			
6,1	2 bombas de 1 HP c/u	2	0,5	1
7	Digestor aeróbico			
7,1	Equipos de aireación horizontal: dos equipos de 15 HP c/u	30	0,8	24
8	Deshidratación de lodos			
8,1	Bombeo de lodos al tornillo de compresión: dos bombas de 2,5 HP cada uno	5	0,5	2,5
8,2	Tornillo de compresión de lodos: dos equipos de 7,5 HP c/u.	15	0,5	7,5
8,3	Bomba de retorno del desaguado del tornillo y de sobrenadantes de digestores: dos unidades de 5 HP c/u	10	0,3	3
9	Edificio de operaciones			
9,1	Bombas del tanque hidroneumático	5	0,16	0,8
9,2	Chiller o enfriador	39,5	0,5	19,75
9,3	Manejadoras para AC con agua helada	30	0,5	15
9,4	Elevador de personal y carga	25,2	0,05	1,26
10	Sistema de desinfección UV			
10,1	Sistema de desinfección UV	10	0,5	5
	TOTAL	442,2		293,01

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

Cuadro 3-26. Cálculo del costo de la energía eléctrica en la PTAR al final del periodo de diseño

Potencia Instalada (kW)	Potencia en operación (kW)	Consumo de Energía anual (kWh)	Cargo mensual por potencia instalada (US\$) (1)	Cargo consumo anual (US\$) (2)	Total gasto anual energía al final del periodo US\$
330	218	1.914.039	5.342	191.404	255.507

1): Cargo medio mensual por potencia 8910 colones/kW = 16,8 US\$/kW, tarifa de ICE T-CS Preferencial Carácter Social

(2): Cargo promedio por consumo 55 colones/kWh = 0,10 US\$/kWh, tarifa de ICE media tensión

(3): Tipo de cambio colones 530/US\$

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

3.4.3.4 Tratamiento y disposición de lodos

Se propone llevar estos lodos para su disposición final en un relleno sanitario privado que empezará a operar en Ciudad Neilly, a unos 36 km de Golfito, con el cual ya la Municipalidad del cantón a firmado convenio para depositar en el sus desechos sólidos.

De acuerdo con la municipalidad de Golfito, se estima una tarifa básica del orden de ₡15.000 colones por tonelada, aproximadamente misma cantidad por m³ de lodo recibido. A este costo debe agregarse el de transporte, estimado en el orden de US\$ 0,85 por m³-km.

Con base en ambos costos, -el de transporte y el de disposición y manejo en el relleno sanitario-, se calcula en el Cuadro 6-12 el costo anual correspondiente a la producción de lodos por alternativa, en el año final del periodo de diseño.

Cuadro 3-27: Cálculo del costo de transporte y disposición de lodos en el relleno sanitario de Tecnoambiente, en Montes de Oro de Puntarenas al final del periodo de diseño

Producción de lodo al final del periodo (m ³)		Costo de transporte (m ³ -km)	Distancia al relleno sanitario (km)	Costo en Relleno sanitario (m ³)	Costo total anual (US\$)
Diaria	Anual				
0,51	186,70	0,85	30	34	11.109

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

4. Presupuesto y Costo del proyecto

En el Anexo 1 –en el presente Volumen- se presenta en detalle el presupuesto de todas las obras del proyecto, incluyendo las que no fueron consideradas a nivel de estudio de alternativas, por ser comunes a todas ellas.

En el Cuadro 4-1, se presenta un resumen del presupuesto que tiene un costo de US\$17.534.467,78, de los cuales, aproximadamente el 51,6% corresponde a la PTAR.

Cuadro 4-1: Resumen del Presupuesto del Proyecto

DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	SUMA DE COSTOS (C)		SUMA DE COSTOS (\$)	
	LOCAL	EXTRANJERO	LOCAL	EXTRANJERO
A. RED DE RECOLECCIÓN	¢2.378.988.037,94	¢0,00	\$4.405.533,40	\$0,00
B. POZOS DE REGISTRO	¢388.591.511,11	¢0,00	\$719.613,91	\$0,00
C. LINEAS DE IMPULSIÓN	¢225.511.360,48	¢0,00	\$417.613,63	\$0,00
D. ESTACIONES DE BOMBEO	¢466.310.259,98	¢67.665.151,67	\$863.537,52	\$125.305,84
E. PLANTA DE TRATAMIENTO	¢2.486.174.456,54	¢1.533.950.297,54	\$4.604.026,77	\$2.840.648,70
F. TERRENOS	¢242.700.000,00	¢0,00	\$449.444,44	\$0,00
SUBTOTAL	¢6.188.275.626,04	¢1.601.615.449,21	\$11.459.769,68	\$2.965.954,54
IMPREVISTOS 10%	¢778.989.107,53		\$1.442.572,42	
ADMINISTRACIÓN E INGENIERIA 10,5%	¢899.732.419,19		\$1.666.171,15	
TOTAL	¢9.468.612.601,97		\$17.534.467,78	

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

5. Planos de los diseños preliminares de las obras diseñadas

Los planos de las obras preliminares diseñadas, se presentan en forma separada en Carpeta de Planos.

Los planos de las obras se han clasificado numerándolas de la siguiente forma:

- GE Planos Generales

- LI Líneas de conducción-impulsión
- CO Red de recolección y colectores
- EB Estaciones de bombeo
- PT Planta de tratamiento de aguas residuales

Adicionalmente, a cada uno de los planos se ha asignado una nomenclatura según siglas de la disciplina del sistema al que pertenecen, tal como:

- GE: Plano general de la obra, donde se indica su ubicación, los planos que contiene, y datos generales.
- IS: Ingeniería Sanitaria.
- DE: Planos de detalles de las redes y colectores.
- EL: Planos eléctricos.
- AR: Planos Arquitectónicos.
- ES: Estructural
- ME: Mecánico

6. Sistema de Información Geográfica

La información relevante de proyecto, ha sido recopilada en un sistema de información geográfica en el programa QGIS versión 2.2.0 Valmiera, el cual es de código libre. La ubicación de los elementos, se encuentra en el sistema de coordenadas CRTM-05.

Este sistema se presenta Anexo 8, Volumen VI digital.

El contenido del SIG es el siguiente:

- La red de alcantarillado sanitario propuesto, y el sistema de colectores, todos identificados por cuencas de drenaje. Los pozos y tuberías contienen sus principales características.
- Estaciones de bombeo propuestas, y sus principales características.
- Sistemas de agua potable, red de alcantarillado existente, y fibra óptica del ICE.

- Principales entes generadores de aguas residuales.
- Pozos de agua potable existentes dentro del área de estudio y sus cercanías.
- Ubicación de los principales pasos de ríos y alcantarillas, que representan una interferencia a considerar en la red de alcantarillado propuesto.
- Ubicación de las principales obras que componen la planta de tratamiento de aguas residuales.

7. Viabilidad ambiental del Proyecto: El Formulario D-1 y sus anexos y el Plan de Gestión Ambiental

Para realizar la evaluación ambiental a nivel de factibilidad, se elaboró el formulario D1 con sus respectivos protocolos considerando que el AyA presentará el mismo a la SETENA.

De acuerdo con los Términos de Referencia, se elaboró también el Plan de Gestión Ambiental.

La valoración final en el D1 alcanza la cifra SIA de 111, que de acuerdo con la reglamentación ambiental vigente, lo que procede es la Declaración Jurada de Compromisos Ambientales de parte del AyA. Esto significa, que el proyecto es de bajo riesgo ambiental.

Sin embargo, se ha elaborado el Plan de Gestión Ambiental, requerido para proyectos con valoración SIA del D1 de 300 a 1000.

El Anexo 4 Volumen III, comprende el formulario D1 con sus respectivos protocolos, anexos y medidas ambientales en aquellos casos en que proceden estas medidas, así como el Plan de Gestión Ambiental.

8. Evaluación financiera, económica y social del Proyecto

En el Anexo 5, Volumen IV, se presenta la evaluación financiera, económica y social. Seguidamente se presentan las principales conclusiones de esta evaluación.

8.1 Disposición a Pagar

La **Disposición a Pagar (DAP)**, que es un resultado de la encuesta socioeconómica, cuyos resultados se presentan en el Anexo 5, tiene el valor total para los colectores y plantas mostrado en el cuadro 8-1

Cuadro 8-1: Disposición a pagar por usuario, por el servicio de recolección y tratamiento.

DAP colectores (colones por mes)	DAP planta (colones por mes)	Total DAP (colones por mes)
3.830	770	4.600

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

En la realización de la encuesta, en primera instancia se efectuó una prueba piloto con 50 viviendas ubicadas en el área del proyecto. Para la determinación del tamaño de la muestra se utilizaron los parámetros que se muestran en el cuadro 8-2

Cuadro 8-2: Estimación de la fracción de muestreo

Total de viviendas ocupadas	4 510
Tamaño deseado de la muestra neta	300
Tamaño requerido de muestra bruta	316
Fracción de muestreo	1/6,6

La encuesta final se realizó en 300 viviendas y en la determinación de la DAP, se utilizaron valores tanto para la red como para la planta de tratamiento según se muestra en el cuadro 8-3

Cuadro 8-3. Valores utilizados para el cálculo de la DAP y su distribución en la muestra

DAP para conectarse al sistema alcantarillado		DAP para planta de tratamiento	
Categorías	Distribución (%)	Categorías	Distribución (%)
5 000	20,0	3 000	20,0
6 000	20,0	4 000	20,0
7 000	20,0	5 000	20,0
8 000	20,0	6 000	20,0
9 000	20,0	7 000	20,0
Total	100,0	Total	100,0

Elaboración: Hidrotecnia Consultores

Para la estimación de las curvas de disposición a pagar a nivel de totales, se partió de los datos suministrados por los entrevistados en las preguntas relacionadas con este tema, concretamente sobre los montos máximos indicados por cada entrevistado y se usaron dos metodologías diferentes: regresión logística y promedios ponderados. El propósito del uso de estas dos metodologías es el de disponer de dos escenarios alternativos, con el fin de ampliar los elementos de juicio para efectos de la evaluación social, en donde se considera que la metodología que presenta mejores resultados es la de regresión logística.

8.2 Escenarios para la evaluación financiera

Para efectos de la evaluación financiera se han desarrollado tres escenarios:

- El primer escenario considera la tarifa promedio global del sistema de alcantarillado sanitario y financiamiento bancario similar al del BID. Como tarifa promedio se utilizó la misma del proyecto desarrollado por la Consultora para la Ciudad de Nicoya.
- El segundo, corresponde a la tarifa necesaria para igualar los ingresos y los gastos, con financiamiento similar al primer escenario.
- El tercero, incluye el subsidio del Estado para la inversión y vía tarifa solo se cubren los gastos de O&M, pero sin financiamiento.

8.2.1 Conclusiones de la evaluación financiera

Ya sea por medio del Valor Presente Neto (VAN) así como por la Tasa Interna de Retorno (TIR), los resultados de estos parámetros señalan que el proyecto no es viable bajo ninguno de los escenarios estudiados, en donde es relevante señalar que la TIR prácticamente no se puede estimar (valor indicado como NUM) dado que los flujos no sufren ninguna variación y son negativos.

Para que el proyecto sea “rentable”, al menos en donde el VAN sea positivo, la tarifa debería ser 1700 colones por m³, tarifa que se considera muy poco viable establecer, ya que sería un aumento de más de 1000% sobre la tarifa actual. Otro escenario, el número 3, que incorpora un subsidio a la inversión, presenta un escenario favorable con ingresos y gastos nivelados para una tarifa de 800 colones por m³, lo cual significa un aumento considerable de un 800% sobre la tarifa promedio actual.

Cuadro 8-4. Resumen de los Indicadores de Rentabilidad Financiera

Alternativa	Tarifa por m ³	Valor Presente Neto (VPN) US \$	Tasa Interna de Retorno (TIR) %
Escenario 1 tarifa promedio	100	-15.473.754	NUM
Escenario 2 con tarifa nivelada	1700	698.154	16
Escenario 3 con aporte del Estado a la inversión	800	362.111	NUM

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

8.3 Evaluación económica

En esta evaluación se evalúa solo un escenario. Los ingresos más relevantes se estiman mediante la DAP y también se incluyen ingresos por ahorro en el mantenimiento y construcción futura de tanque sépticos y en el gasto en salud¹.

El valor de la DAP se muestra en el *cuadro Cuadro 8-1*.

¹ Con base en estudio del JIBC para el proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José, setiembre de 2004.

En relación con los gastos, se corrigen los precios de mercado por los factores de precio sombra, los cuales se presentan a continuación, en el **Cuadro 8-5**:

Cuadro 8-5. Factores de corrección para los precios de mercado (Precios Sombra)

Variable	RPC (Razón Precio de Cuenta)	Valor
Mano de obra calificada	RPCMOC	0,875
Mano de obra no calificada	RPCMONC	0,750
Divisa	RPCD	1,0188
Equipo Nacional	RPCE	0,830
Bienes y Servicios No Comercializables	FCS	0,989

Fuente: Concesa, Evaluación Económica y Financiera, Proyecto de Alcantarillado Sanitario de Jacó, 2012.

Al igual que la evaluación financiera el valor del VAN resulta tener un valor negativo de US\$-20.106.714, lo que indica que el proyecto tampoco es rentable desde el punto de vista económico.