Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

HIDROTECNIA CONSULTORES SA

"Servicios en Ingeniería para la Elaboración de los Estudios de Factibilidad y Diseños Finales del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Quepos"

Licitación Abreviada 2013LA-0000100-PRI

Informe de Etapa III Diseños Finales

Volúmenes: I –II-III y IV/ Diciembre 2015

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 INGENIERIA PARA LA ELABORACION DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE QUEPOS Licitación Abreviada 2013LA-0000100-PRI Informe de Etapa III: Diseños Finales – Diciembre-2015

SERVICIOS EN INGENIERIA PARA LA ELABORACION DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS FINALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE QUEPOS Licitación Abreviada 2013LA-0000100-PRI Informe de Etapa III: Diseños Finales –Diciembre-2015 1

1. INTRODUCCIÓN 8

1.1 Objetivo y alcance de los estudios 8

1.2 Contenido del Informe de III Etapa 10

1.3 Descripción resumida del Proyecto propuesto 12
1.3.1 Redes de recolección y colectores 15
1.3.2 Estaciones de bombeo y líneas de impulsión 16
1.3.3 Planta de tratamiento de tecnología Lodos Activados de Alta Carga, Modalidad IFAS 19

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS PROPUESTAS 22

2.1 Redes de recolección y colectores 22
2.1.1 Principales criterios de Diseño 22
2.1.2 Cobertura del sistema 25
2.1.3 Cálculo de caudales por cuenca y por tramo 25
2.1.4 Redes secundarias y colectores 28
2.1.5 Pasos de ríos y quebradas 32

2.2 Estaciones de bombeo 32
2.2.1 Ubicación de las estaciones de bombeo 33
2.2.2 Cisternas de bombeo 35
2.2.3 Rebalses de las cisternas de bombeo 38
2.2.4 Sistema de rejilla y recolección de sólidos 41
2.2.5 Equipos de bombeo 43
2.2.6 Válvulas y accesorios en las estaciones de bombeo 44
2.2.7 Sistema de alimentación eléctrica 45
2.2.8 Control operacional de los sistemas de bombeo 45

2.3 Líneas de impulsión 46
2.3.1 Tuberías 46
2.3.2 Válvulas y accesorios 50

2.4 Sistema de tratamiento 50
2.4.1 Pre-tratamiento 57
2.4.2 Tratamiento Secundario 64
2.4.3 Manejo integrado del lodo 69
2.4.4 Control operativo y monitoreo de calidad del agua en línea. 73
2.4.5 Edificios 75
2.4.6 Redes de tuberías 77
2.4.7 Descarga de la planta de tratamiento 78

2.5 Terrenos y servidumbres: sitio para PTAR 78

3. ASPECTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO 82

3.1 Mantenimiento de redes alcantarillado sanitario y colectores 82
3.1.1 Inspecciones a pozos de registro 83
3.1.2 Mantenimiento Preventivo 84
3.1.3 Limpieza de tuberías a gravedad 84
3.1.4 Reducción de Olores 85
3.1.5 Localización de infiltraciones y fugas 85

3.2 Mantenimiento de estaciones de bombeo y de líneas de impulsión 85
3.2.1 Unidades de retención de sólidos 86
3.2.2 Mantenimiento de las cisternas de bombeo 86
3.2.3 Mantenimiento de líneas de impulsión 87
3.2.4 Mantenimiento de equipo electromecánico 87

3.3 Operación y Mantenimiento de la Planta de tratamiento 88
3.3.1 Descripción de la Planta de Tratamiento - PTAR 88
3.3.2 Personal para la Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento 90
3.3.3 Requerimientos de Infraestructura 96
3.3.4 Equipo de Trabajo y Seguridad 97
3.3.5 Programa de Salud y Seguridad del Personal 98
3.3.6 Documentación Requerida 100
3.3.7 Arranque e inicio de operación 101
3.3.8 Operación de rutina de la planta 112
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 127
3.3.14 Mantenimiento rutinario de la planta 132
3.3.15 Mantenimiento de unidades electromecánicas 134
3.3.16 Mantenimiento civil 135
3.3.17 Riesgos para el personal y seguridad 136

3.4 Costos de Operación y Mantenimiento del sistema propuesto 137
3.4.1 Personal y equipo para operación y mantenimiento de la red de recolección 137
3.4.2 Personal para la Operación y Mantenimiento de las estaciones de bombeo y la Planta de Tratamiento 138
3.4.3 Costos de Operación y Mantenimiento 139

4. PRESUPUESTO Y COSTO DEL PROYECTO 147

5. PLANOS DE LOS DISEÑOS PRELIMINARES DE LAS OBRAS DISEÑADAS 147

6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 148

7. VIABILIDAD AMBIENTAL DEL PROYECTO: EL FORMULARIO D-1 Y SUS ANEXOS Y EL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL 149

8. EVALUACIÓN FINANCIERA, ECONÓMICA Y SOCIAL DEL PROYECTO 150

8.1 Disposición a Pagar 150

8.2 Escenarios para la evaluación financiera 151
8.2.1 Conclusiones de la evaluación financiera 152

8.3 Evaluación económica 153

Índice de Figuras

Figura 1-1: Proyecto Propuesto 13

Figura 2-1: Cobertura del sistema de recolección y áreas de drenaje 27

Figura 2-2: Colectores y líneas de impulsión del sistema propuesto. 31

Figura 2-3: Estación de bombeo de cisterna de 3,0m 42

Figura 2-4: Diseño de Sitio de la PTAR 52

Figura 2-5: Diagrama de Flujo de los procesos de la PTAR 53

Figura 2-6: Perfil Hidráulico de la PTAR 54

Figura 2-7: Variación horaria de nivel en el tanque de compensación 59

Figura 2-8: Sitio definido para la PTAR de Quepos 79

Figura 2-9: Plano Catastrado de la Finca madre de donde el AyA adquirirá el lote para la PTAR de Quepos 80

Figura 2-10: Datos de inscripción de la finca madre a la que pertenece el lote a ser adquirido para la PTAR de Quepos 81

Índice de Cuadros

Cuadro 1-1: Proyecciones de población y de producción de aguas residuales con 90% de cobertura 14

Cuadro 1-2 Resumen de diámetros y longitudes de la red de recolección. 15

Cuadro 1-3: Dimensiones de las cisternas de bombeo de Quepos 16

Cuadro 1-4: Datos de las bombas requeridas en las estaciones de bombeo 17

Cuadro 1-5: Datos de las líneas de impulsión..... 19

Cuadro 2-1: Resumen de criterios de diseño propuestos 24

Cuadro 2-2 Sectores, caudales y áreas utilizadas en modelos hidráulicos. 25

Cuadro 2-3: Resumen de diámetros y longitudes de la red secundaria y colectores..... 30

Cuadro 2-4: Datos de las cisternas de bombeo 37

Cuadro 2-5: Datos del tipo de rejilla y sistema de recolección de sólidos en las cisternas de bombeo 41

Cuadro 2-6: Datos de las bombas requeridas en las estaciones de bombeo 44

Cuadro 2-7: Características de las líneas de impulsión 49

Cuadro 2-8: Diámetros nominales de válvulas en los ramales de descarga de cada estación de bombeo y en las líneas de impulsión asociadas a ellas 50

Cuadro 3-1: Personal requerido en la PTAR 91

Cuadro 3-2: Equipo de trabajo requerido 97

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..... 126

Cuadro 3-7: Preservación de muestras según variables a evaluar 127

Cuadro 3-8: Programa para la toma de muestras Mínimo, Control Operacional de la Planta. 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 128

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..... 129

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 130

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..... 131

Cuadro 3-22: Personal requerido para la operación y el mantenimiento de estaciones de bombeo y de la PTAR 139

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 144

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 146

Cuadro 4-1: Resumen del Presupuesto del Proyecto 147

Cuadro 8-1: Disposición a pagar por usuario, por el servicio de recolección y tratamiento. 150

Cuadro 8-2: Estimación de la fracción de muestreo..... 150

Cuadro 8-3: Análisis detallado de toda la información recopilada 151

Cuadro 8-4. Resumen de los Indicadores de Rentabilidad Financiera..... 152

Cuadro 8-5. Factores de corrección para los precios de mercado (Precios Sombra) 153

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 Quepos.

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) Se realizó 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) Se realizó la proyección del 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) Se propusieron 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) Se realizó una evaluación multi-criterio que ponderó 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 comprendió el diagnóstico (situación sin proyecto) y el

pronóstico (situación con proyecto) ambientales que permitieron identificar los impactos significativos de cada alternativa.

5) Se realizó la selección de la alternativa de proyecto óptima. Esta selección fue racional y consistente con la evaluación realizada previamente.
6) Se elaboró la evaluación ambiental general para cada una de las alternativas estudiadas, la que correspondió a un diagnóstico y pronóstico ambiental, que permitió identificar impactos significativos que pudieron afectar la selección de alternativas. Con respecto a la alternativa que sea seleccionada, el consultor definió su factibilidad ambiental de ejecución.
7) Se llevaron a cabo los estudios de factibilidad técnica, financiera, económica, social, económica y legal de las alternativas que se propusieron, de acuerdo con la Metodología para llevar a cabo la evaluación Financiera, Económica, Social y Legal del Anexo 1 de los TDR.
8) Se llevó a cabo la priorización de obras para el proyecto de alcantarillado sanitario y tratamiento para la ciudad de Quepos.

Etapa III: Diseños Finales

9) Se realizó el dimensionamiento hidráulico, sanitario y ambiental de todas las estructuras que conforman el proyecto diseñado según la selección de la alternativa realizada en la etapa de factibilidad. Los sistemas de tratamiento propuestos fueron diseñados según las condiciones del sitio seleccionado y sus efluentes –aguas residuales tratadas y biosólidos tratados- cumplen con la legislación vigente en el país y con los valores permisibles descritos en la Tabla 1 de los TDR.
10) Se definió racionalmente el orden prioritario de ejecución de las obras que conforman el proyecto de recolección y tratamiento, considerando el periodo de diseño.
11) Se elaboró un modelo del nuevo sistema de alcantarillado sanitario diseñado en formato de sistema de información geográfica (SIG) de colectores, sub-colectores, redes secundarias, estaciones de bombeo y planta de tratamiento de aguas residuales.

12) Se realizaron los estudios registrales, catastrales y de mercado necesarios para la adquisición de los terrenos donde se propone construir las obras civiles.
13) Se recomendó al AyA cuales terrenos deberá adquirir y cuales servidumbres deberán constituirse para efectos de la ejecución, operación y mantenimiento de las obras que conforman el proyecto en cuestión.
14) Se realizó el estudio detallado de la factibilidad técnica, financiera, socio-económica, ambiental y legal de la opción de proyecto escogida.
15) Se elaboró 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.
16) Se recopiló 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 residuales tratadas y lodos), y viabilidad ambiental (formulario D-1), ante las autoridades pertinentes: MINSA, MINAET, SETENA, Municipalidad de Aguirre, CFIA. Para lo cual se tiene la información, entre otras: 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 residuales tratadas en el Río Paquita.
17) Se estudió 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) Se realizaron los diseños finales de los colectores, sub-colectores, redes secundarias, estaciones de bombeo y planta de tratamiento de aguas residuales.

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: El Volumen 1, 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

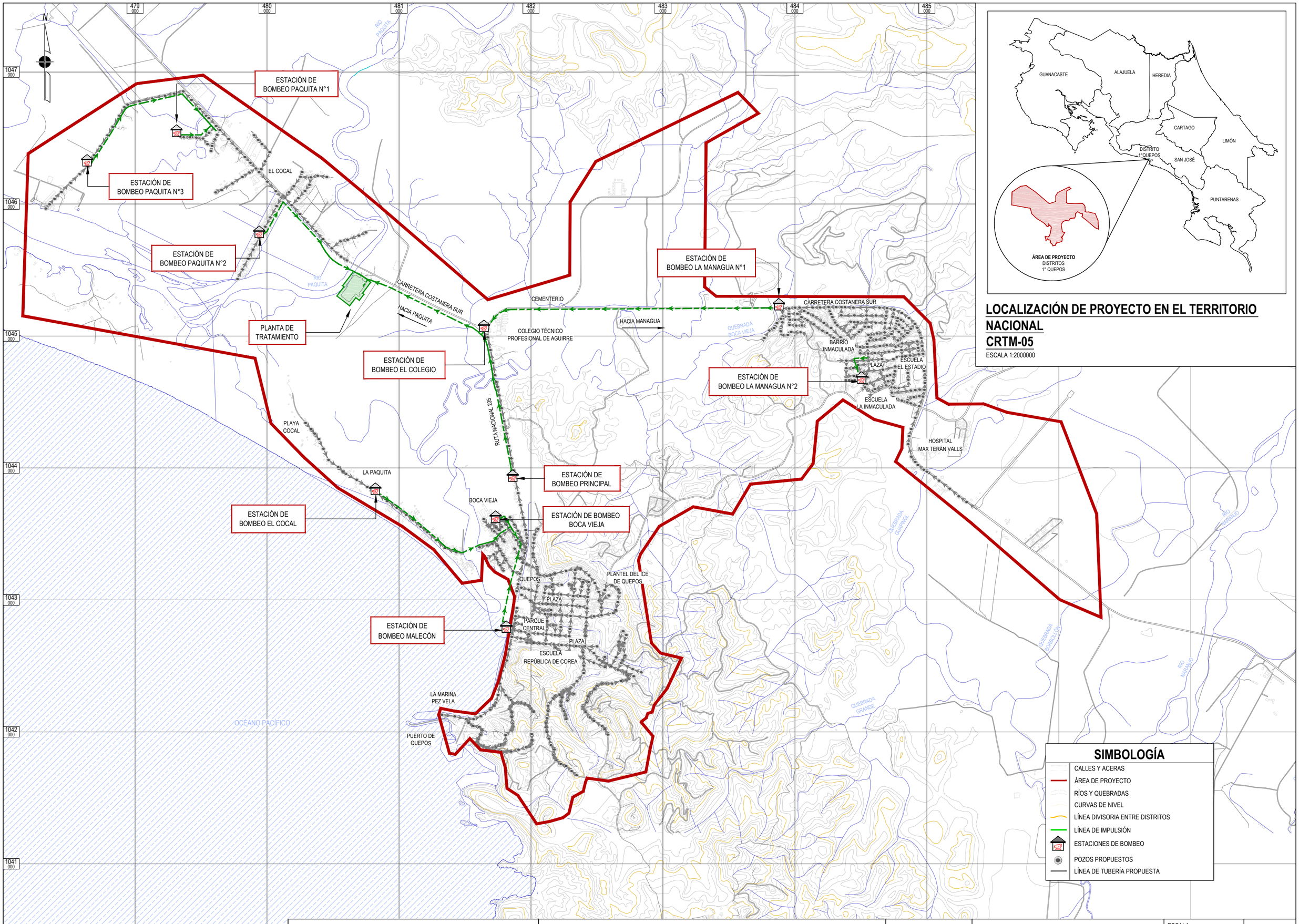
1.3 Descripción resumida del Proyecto propuesto

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 Quepos y alrededores, incluyendo los sectores de La Managua y La Paquita. En la ***figura 1-1*** se muestra en forma resumida el proyecto propuesto, cuyos diseños finales se muestran en los planos de Diseño Final (Anexo 6, Volumen V).

El proyecto contempla cubrir a una población servida proyectada al año 2042 de 23.738 hab, que producirán un caudal promedio de 103,2 l/s, según las proyecciones de población y de demanda que se presentan en el ***cuadro 1-1***

Se considera que la cobertura del sistema será del 90%, y en efecto algunas zonas dentro del área de servicio no podrán ser conectadas por ahora al sistema, en razón de dificultades topográficas, aunado ello a su escasa población para ameritar un sistema de bombeo. Sin embargo, las redes, colectores y estaciones de bombeo han sido diseñados para el 100% de cobertura, previendo posibles incorporaciones futuras de algunas de estas áreas.

El sistema de tratamiento, se diseña sin embargo solo para la población servida proyectada, que considera al 90% de la población total proyectada.



LOCALIZACIÓN DE PROYECTO EN EL TERRITORIO NACIONAL CRTM-05

ESCALA 1:2000000

PROYECTO : "LICITACIÓN 2013 LA-000068-PRI ESTUDIO INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE QUEPOS."	PROPIETARIO : INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	PROVINCIA: 06º PUNTARENAS CANTÓN: 06º QUEPOS DISTRITO: 01º QUEPOS	CONTENIDO: PROYECTO PROPUESTO	ESCALA: 1: 20000 ARCHIVO: FECHA: DICIEMBRE 2015	FIGURA 1-1

Cuadro 1-1: Proyecciones de población y de producción de aguas residuales con 90% de cobertura

Descripción	2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2042
Población total	14.880	15.230	17.043	18.966	21.002	23.153	25.429	26.375
Población servida (90% de cobertura)	13.392	13.707	15.339	17.069	18.902	20.838	22.886	23.738
% ANC que ingresa al domicilio	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%
Demanda promedio diaria domestica (l/seg) (con % ANC)	38,14	39,04	43,70	48,62	53,84	59,36	65,19	67,62
Demanda promedio diaria no domestica (l/seg) (con %ANC)	23,25	23,80	26,56	29,48	32,61	35,86	39,31	40,78
Dotación bruta en LPPD (con %ANC)	396,09	396,09	395,68	395,35	395,15	394,78	394,53	394,53
Factor de retorno domestico	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Factor de retorno no domestico	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Producción promedio diario aguas residuales (l/seg)	51,44	52,20	58,50	64,80	72,00	79,20	87,30	90,00
Producción máxima diario aguas residuales (l/seg)	66,87	67,86	76,05	84,24	93,60	102,96	113,49	117,00
Producción máxima horaria aguas residuales (l/seg)	97,73	99,18	111,15	123,12	136,80	150,48	165,87	171,00
Caudal de infiltración	0,00	0,00	8,50	9,50	10,50	11,60	12,70	13,20
Producción promedio diaria+ infiltración	51,44	52,20	67,00	74,30	82,50	90,80	100,00	103,20
Producción máxima diaria + infiltración	66,87	67,86	84,55	93,74	104,10	114,56	126,19	130,20
Producción máxima horaria+ infiltración	97,73	99,18	119,65	132,62	147,30	162,08	178,57	184,20

Nota: El factor de caudal máximo horario utilizado considera el efecto de la población flotante de parte de Quepos.

- **Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A**

1.3.1 Redes de recolección y colectores

El área cubierta por redes de recolección y colectores el proyecto los siguientes sectores:

- Quepos centro.
- Zona Americana.
- Sectores camino a Manuel Antonio, tanto por la carretera actual como por el camino viejo, hasta la línea divisoria de aguas que permite su drenaje por gravedad hacia el centro de Quepos.
- Boca Vieja.
- El Cocal.
- Vía principal de entrada a la ciudad de Quepos, desde su intersección con la Carretera Costanera.
- La Paquita.
- La Managua.

Las redes y colectores propuestos, comprenden un total de 49,52 km de tuberías en diámetros desde 145 mm hasta 369 mm, con un total de 840 pozos de registro, según se muestra en el ***cuadro 1-2.***

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

Pozos de registro	
Tamaño	Cantidad (Unidades)
Diámetro 1200 mm	747
Diámetro 1400 mm	57
Diámetro 1600 mm	32
Diámetro 1800 mm	4
Total	**840**

Tubería red de recolección	
Tamaño	
Diámetro 145 mm	
Diámetro 195 mm	
Diámetro 245 mm	
Diámetro 294 mm	
Diámetro 369 mm	
Total	**49.523,70**

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

1.3.2 Estaciones de bombeo y líneas de impulsión

El sistema tendrá diez estaciones de bombeo, todas a instalarse en terrenos públicos: una en la zona de El Malecón, tres en la zona de derecho de vía de carreteras y las restantes directamente bajo calles.

1.3.2.1 Cisternas de bombeo y bombas

Todas las cisternas de bombeo serán circulares, con diámetro variable entre 1,20 y 3,00 y profundidades entre 4,18 y 8,50 m.

Cada estación contendrá una bomba operativa y otra idéntica, de reserva, alternándose la operación de ambas.

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

Las estaciones de bombeo, al igual que la red secundaria, los colectores por gravedad y las líneas de impulsión, se han diseñado para transportar el caudal máximo horario del año 2042.

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

Estación de bombeo	Q=QMH (l/s)	N de bombas operando	N de bombas instaladas	Diámetro de la cisterna (m)	Profundidad de cisterna (m)
EB La Paquita Nº 1	2,74	1,00	2,00	1,20	5,99
EB La Paquita Nº 2	15,98	1,00	2,00	2,00	6,39
EB La Paquita Nº 3	0,63	1,00	2,00	1,20	4,18
EB Principal Quepos	95,60	1,00	2,00	3,00	8,50
EB El Malecón	69,00	1,00	2,00	3,00	8,05
EB El Colegio	19,95	1,00	2,00	2,00	5,33
EB Boca Vieja	6,74	1,00	2,00	2,00	5,31
EB El Cocal	9,32	1,00	2,00	2,00	5,80
EB La Managua	79,27	1,00	2,00	3,00	7,79
EB La Managua Nº 2	8,01	1,00	2,00	2,00	5,20

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

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

Estación de bombeo	Qprom (l/s)	Qmh (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
EB La Paquita Nº 1	1,52	2,74	1,00	2,00	17,50	2,90	0,50	1,72
EB La Paquita Nº 2	8,88	15,98	1,00	2,00	30,00	15,50	4,62	8,20
EB La Paquita Nº 3	0,35	0,63	1,00	2,00	5,50	0,75	0,04	1,19
EB Principal Quepos	47,80	95,60	1,00	2,00	50,00	112,00	55,68	96,90
EB El Malecón	34,50	69,00	1,00	2,00	18,60	72,30	13,37	18,60
EB El Colegio	9,98	19,95	1,00	2,00	35,00	22,25	7,74	17,20
EB Boca Vieja	3,37	6,74	1,00	2,00	15,00	8,80	1,31	2,98
EB El Cocal	4,66	9,32	1,00	2,00	30,10	9,60	2,87	8,20
EB La Managua	44,04	79,27	1,00	2,00	54,10	79,50	42,76	78,30
EB La Managua Nº 2	4,45	8,01	1,00	2,00	18,7	8,8	1,64	2,83

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.

Las estaciones de bombeo cumplen la función de:

- EB Malecón, a ubicarse en el Malecón de Quepos, recibirá las aguas recolectadas en Quepos centro, Zona Americana y Camino a Manuel Antonio, y las impulsará hasta el primer pozo de registro de la red de alcantarillado, a ubicarse luego de cruzar el estero, por el que el agua continuará por gravedad hasta la estación de bombeo principal de Quepos.
- EB Boca Vieja, a ubicarse a diagonal al polideportivo de la zona, recibirá la mayor parte de las aguas residuales del sector del mismo nombre, para llevarlas a la línea de impulsión EB El Cocal – Colector Principal de Quepos.
- EB El Cocal, a ubicarse aproximadamente en el centro del sector, recibirá las aguas de la zona del mismo nombre, para llevarlas al Colector Principal de Quepos, el que conduce a su vez las aguas que recibe de la EB El Malecón y de parte de Boca Vieja, hasta la EB Principal de Quepos.
- EB Principal de Quepos, a ubicarse a un costado de la vía principal de entrada a Quepos, recibirá al Colector Principal de Quepos, el que recibe las aguas de

Quepos Centro, Zona Americana, Camino a Manuel Antonio, Boca Vieja, El Cocal y entrada principal a Quepos, para impulsarlas a la PTAR, conectando en su camino, con la impulsión proveniente de La Managua y con la impulsión proveniente de La Paquita.

- EB El Colegio, se ubicará en una de las isletas de la intersección entre la Carretera Costanera y la vía principal de Quepos, aproximadamente frente el Colegio Técnico Profesional de Quepos. Recibirá las aguas del sector a su alrededor y conectará de inmediato con la línea de impulsión proveniente de la EB La Managua, poco antes de su interconexión con la línea de impulsión proveniente de la EB Principal de Quepos.
- EB La Paquita Nº 1: recibirá las aguas de una de las principales calles al sureste del poblado y las impulsará a la red principal de recolección, sobre la Carretera Costanera.
- EB La Paquita Nº 3 recibirá las aguas de una de las calles al sur de este núcleo semiurbano y las impulsará a la red principal de recolección sobre la Carretera Costanera, que también recibe las aguas de la EB Paquita Nº 1.
- EB La Paquita Nº 2: recibe las agua residuales de la totalidad de la zona de La Paquita y las impulsa a la línea principal de impulsión desde Quepos/La Managua, a la que conecta antes de ingresar a la PTAR.
- EB Principal de La Managua: recolecta la totalidad de las aguas del sector de La Managua y las impulsa hasta conectar con la línea principal que desde Quepos va a la PTAR.
- EB La Managua Nº 2: recibe las aguas de un sector al suroeste de La Mangua para impulsarlas a la red de recolección de la zona, desde donde el agua continúa por gravedad hasta la EB Principal de La Managua.

1.3.2.2 Líneas de impulsión

Las líneas de impulsión del sistema de Quepos están asociadas a las estaciones de bombeo. En el ***cuadro 1-5*** se presentan los datos más relevantes de estas tuberías.

Cuadro 1-5: Datos de las líneas de impulsión

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-La Paquita Nº 1 - red de recolección de La Paquita	2,75	0,61	75	88,9	75,74	1390	PEAD 10 bar
EB-La Paquita Nº 2 - impulsión principal a PTAR	16,85	1,04	150	168,28	143,34	1300	PEAD 10 bar
EB-La Paquita Nº 3 - red de recolección de La Paquita	0,75	0,38	50	60,3	51,86	350	PEAD 10 bar
EB-Principal Quepos - interconexión con línea de impulsión de EB La Managua	110,60	2,60	250	273,05	232,61	1127	PEAD 10 bar
EB-El Malecón - colector en entrada a Quepos	75,28	2,74	200	219,08	186,62	315	PEAD 10 bar
EB-El Colegio - Impulsión línea principal Quepos a PTAR	22,00	1,37	150	168,28	143,34	30	PEAD 10 bar
EB-Boca Vieja - Impulsión EB Cocal colector en entrada a Quepos	8,75	1,94	75	88,9	75,74	131	PEAD 10 bar
EB-El Cocal - colector entrada a Quepos	9,56 - 17,50	1,28 - 1,08	100 - 150	114,3 - 168,28	97,38 - 143,34	1195 -226	PEAD 10 bar
EB-La Managua - Interconexión con impulsión de EB Quepos Principal	82,6	1,94	250	273,05	232,61	2340	PEAD 10 bar
EB-La Managua 02- red de recolección de La Managua	8,9	1,2	100	114,3	97,4	254	PEAD 10 bar
Interconexión líneas de Quepos y La Managua a PTAR	212,00	2,26	400	406,4	346	1036	PEAD 10 bar

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.

1.3.3 Planta de tratamiento de tecnología Lodos Activados de Alta Carga, Modalidad IFAS

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se ubicará en el margen izquierdo del Río Paquita, inmediatamente aguas abajo del puente sobre la Carretera Costanera sobre dicho río.

El sistema de tratamiento se ha diseñado para atender una población 23.738 personas, equivalentes a una caudal promedio de 8.916 m^3/día y una carga orgánica contaminante de 2.600 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, con digestión aeróbica de lodos, deshidratación final y disposición de lodos en relleno sanitario de la zona. El efluente tratado será dispuesto en el río Paquita. 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 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. El tanque tendrá un volumen útil de 1.795 m^3.
- 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 8000 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 375 m^3, 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 500 HP. Este sistema de aireación tendrá un volumen útil de 2.470 m^3, con un tiempo de retención final de 7 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 780 m^3 y un periodo de retención de 2 horas.
- 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 60 HP y un volumen útil total de 750 m^3 y un tiempo de retención de 2 horas para la etapa de adensamiento y de 12 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 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.

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 Paquita.
- Tuberías para abastecimiento de agua potable
- Sistema de tuberías para evacuación de aguas pluviales y cabezal de descarga hacia el río Paquita, 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

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 14.880 a 26.375 habitantes en el año 2042. Considerando una cobertura del sistema del 90%, la población de diseño será de 23.738 habitantes.

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 para los sectores de Quepos y de 1,80 para los sectores de La Paquita y de La Managua.

A continuación se presenta un resumen de su ubicación en ese informe, así como de los aspectos más relevantes de la proyección.

- 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 domiciliarios y 0,9 para usuarios no domiciliarios.
- 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 1.8 respectivamente, aplicados al caudal promedio sin considerar el agua no contabilizada. Para los sectores centrales de Quepos (Quepos, Camino a Manuel Antonio, Zona Americana, El Cocal y Boca Vieja) se considera un factor de demanda máxima horaria de 2,00, a fin de considerar el efecto de la población flotante de Quepos y de Manuel Antonio, sobre estas zonas del área de estudio.
- Parte del 10% no cubierto podría conectarse al sistema. Sin embargo no es posible determinar qué sectores lo harían. Por tal razón, las redes de recolección, colectores, estaciones de bombeo y líneas de impulsión, se diseñarán para una cobertura del 100%, para prever la posibilidad anterior.
- 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 90%.
- Caudal de diseño de estructuras de entrada a la PTAR: aporte máximo diario + infiltración + caudal clandestino considerando cobertura del 90%.
- 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 57,15 l/s en el año 2014, a 113,20 l/s en el año 2042, considerando cobertura del 100% y de 51,44 l/s a 103,2 l/s, considerando cobertura del 90%.

El caudal total de diseño de la red y de las estaciones de bombeo, en condición de caudal máximo horario con cobertura del 100% será de 205 l/s al 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
Coeficiente de retorno usuarios residenciales		0,8
Coeficiente de retorno usuarios no residenciales		0,9
Caudal de infiltración	l/s-km	0,25
Capacidad hidráulica máxima (Y/D)	%	75
Coeficiente 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 S.A.

2.1.2 Cobertura del sistema

El área de estudio incluye grandes áreas no desarrolladas urbanísticamente y con población dispersa y escasa densidad, principalmente al norte de Quepos y sur de la Carretera Costanera, con excepción de la zona de La Managua y sus alrededores.

Para prever el futuro desarrollo de esas áreas, los sistemas de recolección y colección diseñados sobre áreas actualmente desarrolladas, tienen la previsión en cuanto a su capacidad, de recibir en un futuro caudales de esas zonas aún sin desarrollar, por lo que, desde el punto de vista de la capacidad del sistema de recolección, se tiene previsto el 100% de cobertura, al final del periodo de diseño (año 2042).

Por su parte, la planta de tratamiento tiene capacidad para el caudal promedio, con cobertura del 90% de la población de diseño al año 2042.

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 Quepos.

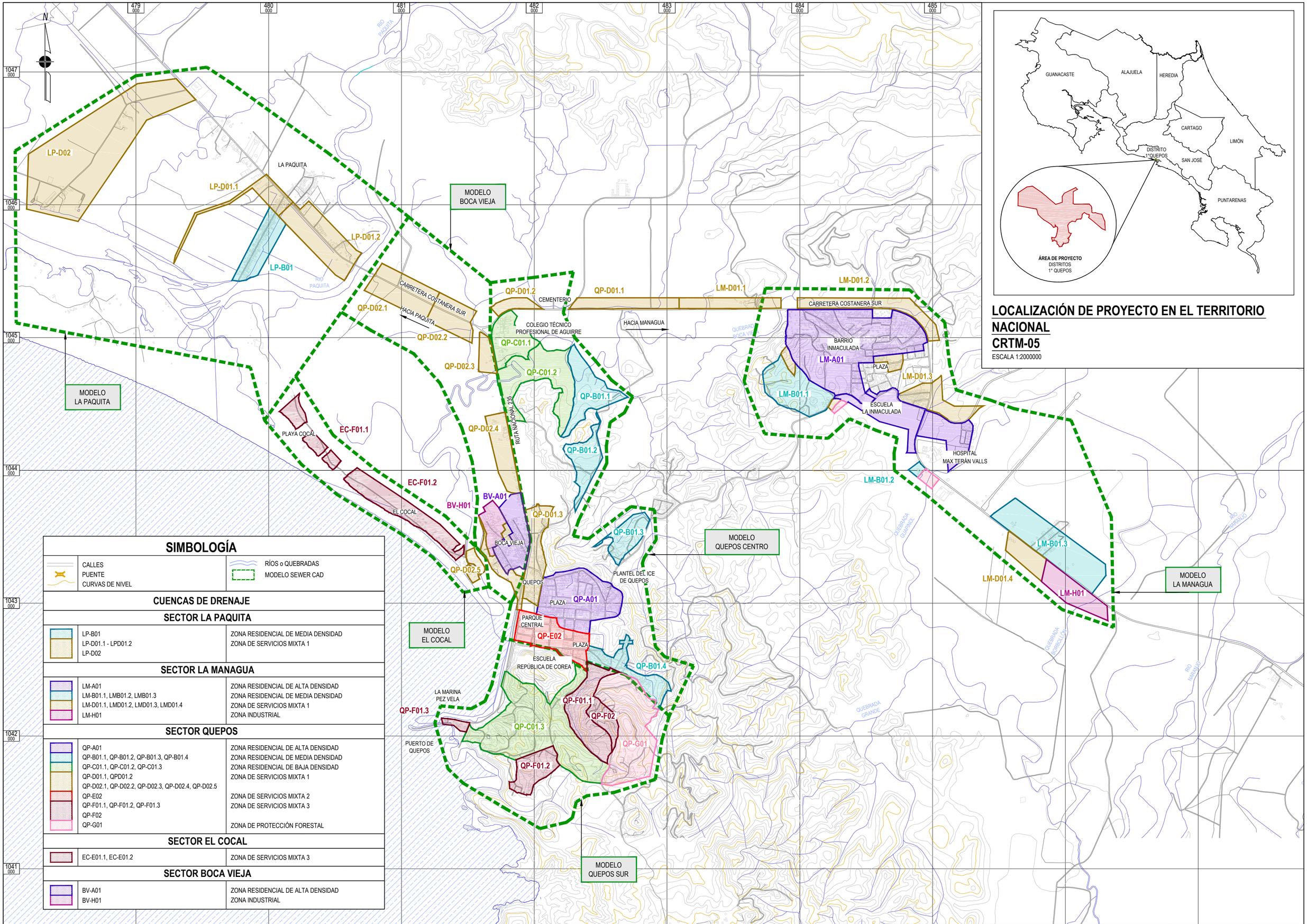
En el Anexo 3 (Volumen II) que corresponde a la Memoria de Cálculo del Estudio, se detallan la metodología y los cálculos realizados, que conducen al resultado de caudales por cuenca mostrados en el ***cuadro 2-2***

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

Modelo en SewerCAD	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)
El Cocal	ZSM3*	EC-F01.1	3.504	1,77	3,54	7,86
	ZSM3*	EC-F01.2		2,89	5,78	12,83
			Total	**4,66**	**9,31**	**20,69**
La Managua	ZRAD	LM-A01	10.302	19,52	33,12	65,38
	ZSM1*	LM-D01.1		1,85	3,13	6,19
	ZSM1*	LM-D01.2		2,87	4,86	9,60
	ZSM1*	LM-D01.3		3,56	6,03	11,91
	ZSM1*	LM-D01.4		1,52	2,58	5,09

Modelo en SewerCAD	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)
	ZRMD	LM-B01.1		4,01	6,80	13,43
	ZRMD	LM-B01.2		0,22	0,38	0,75
	ZRMD	LM-B01.3		6,40	10,85	21,42
	ZSZI	LM-H01		2,51	4,26	8,41
			Total	**42,46**	**78,54**	**142,18**
La Paquita	ZRMD	LP-B01	2.568	2,13	3,59	8,72
	ZSM1*	LP-D01.1		1,47	2,48	6,03
	ZSM1*	LP-D01.2		3,76	6,35	15,41
	ZSM1*	LP-D02		1,52	2,52	29,83
			Total	**8,88**	**14,94**	**60,00**
Quepos Centro y Boca Vieja	ZRAD	BV-A01	6.272	2,24	4,47	9,94
	ZSZI	BV-H01		1,07	2,13	4,73
	ZRAD	QP-A01		5,22	10,44	21,72
	ZRMD	QP-B01.1		2,54	5,08	10,58
	ZRMD	QP-B01.2		1,77	3,55	7,38
	ZRMD	QP-B01.3		1,57	3,14	6,53
	ZRMD	QP-B01.4		2,08	4,16	8,66
		QP-C01.1		2,11	4,23	8,80
	ZRBD	QP-C01.2		4,54	9,07	18,88
		QP-D01.2		0,64	1,28	2,67
	ZSM1*	QP-D01.3		2,31	4,62	9,61
		QP-D02.1		2,69	5,38	11,95
		QP-D02.2		1,76	3,53	7,83
		QP-D02.3		0,69	1,37	3,05
	ZSM1*	QP-D02.4		1,86	3,73	8,27
	ZSM1*	QP-D02.5		1,10	2,20	4,88
		QP-D02.5A		0,93	1,86	4,13
		QP-D02.5B		0,17	0,34	0,75
	ZSM2*	QP-E02		1,99	3,98	8,29
			Total	**37,28**	**74,56**	**158,69**
Quepos Sur	ZRBD	QP-C01.3	3.706	9,43	18,87	39,27
	ZSM3*	QP-F01.1		3,04	6,08	12,67
	ZSM3*	QP-F01.2		1,82	3,64	7,58
	ZSM3*	QP-F01.3		0,27	0,54	1,13
	ZSM3*	QP-F02		0,49	0,98	4,20
	ZSMMA	QP-G01		1,71	3,42	14,71
			Total	**16,76**	**33,53**	**79,57**

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.


LOCALIZACIÓN DE PROYECTO EN EL TERRITORIO NACIONAL
CRTM-05
ESCALA 1:2000000
GUANACASTE
ALAJUELA
HEREDIA
CARTAGO
LIMÓN
DISTRITO 1°QUEPOS
SAN JOSÉ
PUNTARENAS
ÁREA DE PROYECTO
DISTRITOS
1° QUEPOS
MODELO BOCA VIEJA
MODELO LA PAQUITA
MODELO EL COCAL
MODELO QUEPOS CENTRO
MODELO QUEPOS SUR
MODELO LA MANAGUA
LP-D02
LP-D01.1
LP-D01.2
LP-B01
LA PAQUITA
RIO PAQUITA
CARRETERA COSTANERA SUR
HACIA PAQUITA
HACIA MANAGUA
QP-D01.1
QP-D01.2
QP-D02.1
QP-D02.2
QP-D02.3
QP-D02.4
QP-D02.5
QP-D01.3
CEMENTERIO
COLEGIO TÉCNICO PROFESIONAL DE AGUIRRE
QP-C01.1
QP-C01.2
QP-C01.3
QP-B01.1
QP-B01.2
QP-B01.3
QP-B01.4
RUTA NACIONAL 235
PLAYA COCAL
EC-F01.1
EC-F01.2
EL COCAL
BV-H01
BV-A01
BOCA VIEJA
QUEPOS
PLAZA
QP-A01
PARQUE CENTRAL
QP-E02
ESCUELA REPÚBLICA DE COREA
PLANTEL DEL ICE DE QUEPOS
LA MARINA PEZ VELA
QP-F01.3
PUERTO DE QUEPOS
QP-F01.1
QP-F02
QP-G01
QP-F01.2
LM-D01.1
LM-D01.2
LM-D01.3
LM-D01.4
LM-A01
LM-B01.1
LM-B01.2
LM-B01.3
LM-H01
BARRIO INMACULADA
ESCUELA LA INMACULADA
HOSPITAL MAX TERÁN VALLS
QUEBRADA ROCAVIEJA
QUEBRADA GUAPINOL
QUEBRADA GRANDE
QUEBRADA SOBRALIN
RIO MARANJO
SIMBOLOGÍA
CALLES
PUENTE
CURVAS DE NIVEL
RÍOS o QUEBRADAS
MODELO SEWER CAD
CUENCAS DE DRENAJE
SECTOR LA PAQUITA
LP-B01 — ZONA RESIDENCIAL DE MEDIA DENSIDAD
LP-D01.1 - LPD01.2 — ZONA DE SERVICIOS MIXTA 1
LP-D02
SECTOR LA MANAGUA
LM-A01 — ZONA RESIDENCIAL DE ALTA DENSIDAD
LM-B01.1, LMB01.2, LMB01.3 — ZONA RESIDENCIAL DE MEDIA DENSIDAD
LM-D01.1, LMD01.2, LMD01.3, LMD01.4 — ZONA DE SERVICIOS MIXTA 1
LM-H01 — ZONA INDUSTRIAL
SECTOR QUEPOS
QP-A01 — ZONA RESIDENCIAL DE ALTA DENSIDAD
QP-B01.1, QP-B01.2, QP-B01.3, QP-B01.4 — ZONA RESIDENCIAL DE MEDIA DENSIDAD
QP-C01.1, QP-C01.2, QP-C01.3 — ZONA RESIDENCIAL DE BAJA DENSIDAD
QP-D01.1, QPD01.2
QP-D02.1, QP-D02.2, QP-D02.3, QP-D02.4, QP-D02.5 — ZONA DE SERVICIOS MIXTA 1
QP-E02 — ZONA DE SERVICIOS MIXTA 2
QP-F01.1, QP-F01.2, QP-F01.3 — ZONA DE SERVICIOS MIXTA 3
QP-F02
QP-G01 — ZONA DE PROTECCIÓN FORESTAL
SECTOR EL COCAL
EC-E01.1, EC-E01.2 — ZONA DE SERVICIOS MIXTA 3
SECTOR BOCA VIEJA
BV-A01 — ZONA RESIDENCIAL DE ALTA DENSIDAD
BV-H01 — ZONA INDUSTRIAL
PROYECTO :
"LICITACIÓN 2013 LA-000068-PRI
ESTUDIO INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE QUEPOS."
PROPIETARIO :
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
AYA
HIDROTECNIA CONSULTORES S.A.
PROVINCIA: 06º PUNTARENAS
CANTÓN: 06º QUEPOS
DISTRITO: 01º QUEPOS
CONTENIDO:
COBERTURA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ÁREAS DE DRENAJE
ESCALA: 1: 20000
ARCHIVO:
FECHA: DICIEMBRE 2015
FIGURA
2-1

2.1.4 Redes secundarias y colectores

La población dentro del área de estudio no está concentrada en un solo núcleo urbano, sino que se ubica principalmente en tres sectores, dos mayores y uno menor: Quepos, La Managua y La Paquita respectivamente. Por su parte el sector de Quepos incluye algunas zonas aledañas a su núcleo poblacional tales como Camino a Manuel Antonio, Boca Vieja y El Cocal.

Por otro lado, la mayor parte de los sectores se ubica a muy baja elevación sobre el nivel del mar en zonas muy planas. Eso obliga a utilizar varias estaciones de bombeo.

Así, la concepción de las redes obedece principalmente a cada uno de esos sectores. Es decir, las redes se definen en función de los sectores a atender y a las estaciones de bombeo y sus líneas de impulsión. Las redes de gravedad son en su mayoría secundarias, no pudiéndose identificar con claridad colectores.

La red colectora se diseñó con un diámetro mínimo de 150 mm, así como una pendiente mínima de 0,003 m/m, y con una fuerza tractiva mínima de 1,00 Pascal, así como también con un caudal de inicio de 1,5 l/seg.

La función de colección, la realizan principalmente las líneas de impulsión (ver sección 2.3) y la totalidad del caudal que llega a la PTAR es transportado por bombeo.

Se identifican los siguientes colectores y líneas de impulsión principales:

- La tubería de recolección que tiene función principal de colector, parte de la EB El Malecón como línea de impulsión a presión, para continuar por gravedad, luego de cruzar el afluente al Estero de Boca Vieja, ubicado a la entrada de Quepos centro (ver líneas de impulsión). Este colector recibe las aguas de la impulsión anterior, que incluyen las aguas residuales de: Quepos – Centro, Zona Americana y Camino a Manuel Antonio, y posteriormente las aguas de las impulsiones de El Cocal y de Boca Vieja y de parte de la red de este último sector, para llevarlas por gravedad a la EB Principal de Quepos. Este colector será de PEAD, el cual está compuesto por diferentes diámetros, se resume en el siguiente cuadro:

Colector Principal Quepos Centro	
Diámetro interno de tubería (mm)	**Longitud (m)**
195	1066.6
245	586.2
294	623.2
369	619.4

- Líneas de impulsión desde EB Principal de Quepos hasta PTAR: Las características de estas líneas de impulsión se describe en la sección 2.3. Impulsa en el agua residual de Quepos, Zona Americana, Camino a Manuel Antonio, El Cocal, Boca Vieja y vía de entrada a Quepos, hasta la PTAR. En el camino recibe las aguas de La Managua y del sector del Colegio, mediante las respectivas líneas de impulsión.

- Colector La Managua: Este colector será de PEAD el cual está compuesto por diferentes diámetros, se resume en el siguiente cuadro:

Colector Principal La Managua	
Diámetro interno de tubería (mm)	**Longitud (m)**
195	1233.56
245	62.49
294	345.95
369	1133.28

  Corre paralelo a la vía costanera, desde la zona del hospital de Quepos, hasta la EB Principal de La Managua, al otro extremo del sector. Recolecta las redes del sistema de alcantarillado de La Managua.

- Línea de impulsión principal de La Managua: Las características de esta línea de impulsión se describen en la sección 2.3. Esta línea conecta en el sector de la intersección de la entrada a Quepos y la Carretera Costanera, con la línea de impulsión de Quepos a la PTAR.

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.

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.

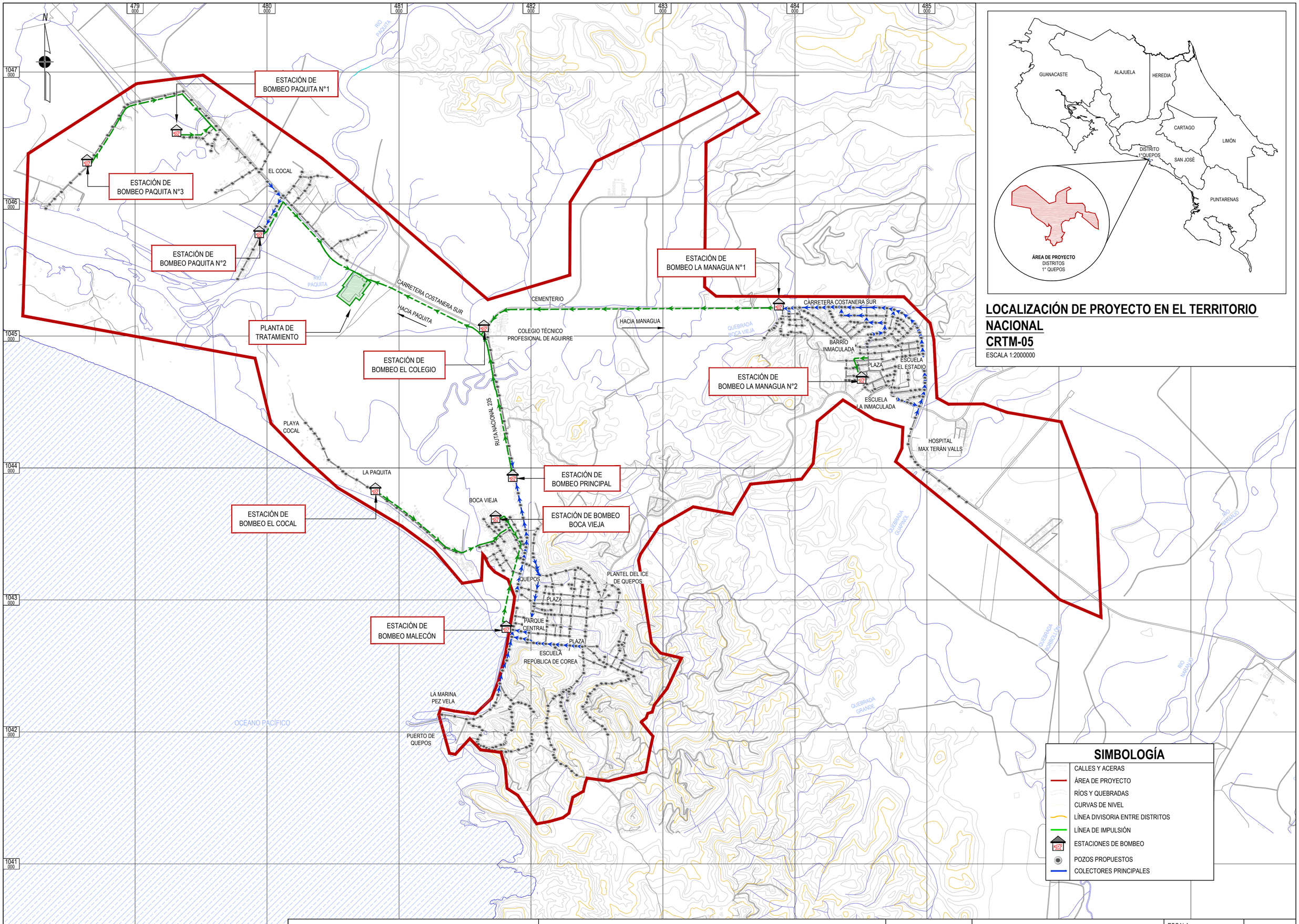
El ***cuadro 2-3*** resume las tuberías de gravedad, redes y colectores.

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

Pozos de registro		**Tubería red de recolección**	
Tamaño	Cantidad (Unidades)	Tamaño	Longitud (m)
Diámetro 1200 mm	747	Diámetro 145 mm	33.375,60
Diámetro 1400 mm	57	Diámetro 195 mm	4.987,90
Diámetro 1600 mm	32	Diámetro 245 mm	3.831,70
Diámetro 1800 mm	4	Diámetro 294 mm	6.052,50
Total	**840**	Diámetro 369 mm	1.276,00
		Total	**49.523,70**

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 sección 2.3.



LOCALIZACIÓN DE PROYECTO EN EL TERRITORIO NACIONAL CRTM-05

ESCALA 1:2000000

PROYECTO : "LICITACIÓN 2013 LA-000068-PRI ESTUDIO INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE QUEPOS."	PROPIETARIO : INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	PROVINCIA: 06º PUNTARENAS CANTÓN: 06º QUEPOS DISTRITO: 01º QUEPOS	CONTENIDO: COLECTORES Y LÍNEAS DE IMPULSIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	ESCALA: 1: 20000 ARCHIVO: FECHA: DICIEMBRE 2015	FIGURA 2-2

2.1.5 Pasos de ríos y quebradas

El sistema de drenaje pluvial del área de estudio lo conforma el Río Paquita y el sistema de afluentes del Estero de Boca Vieja, los que en su mayoría discurren de noreste a suroeste. Varias de las tuberías de gravedad así como las líneas de impulsión atraviesan estos cauces, la mayoría de los cuales se ha previsto pasar por debajo, incluyendo el paso principal, el del Río Paquita. Solamente se requiere un sifón, para atravesar bajo el cauce de la Quebrada Guapinol, cercano al sector de La Managua.

Estos cruces fueron analizados individualmente, determinándose según el caso, varias formas de cruzar:

- Cruce subterráneo paralelo a puentes y a alcantarillas: en la mayoría de los casos, las tuberías cruzará a nivel inferior del fondo del cauce.
- Cruce por encima de alcantarillas: en algunos casos en los que la cobertura sobre las alcantarillas y la profundidad del alcantarillado sanitario diseñado lo permite, las tuberías se colocarán entre la rasante de la vía y la alcantarilla. En los casos en que la cobertura concreto.
- Se ha considerado utilizar un solo sifón, en el cruce de la Quebrada Guapinol, para la tubería que recolecta el agua del sector del Aeropuerto.

En los Planos del Diseño Final se muestran los diseños de los puentes y pasos aéreos.

2.2 Estaciones de bombeo

Se proponen tres estaciones de bombeo mayores y siete estaciones de bombeo pequeñas. Las estaciones de bombeo y 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 Sector de Quepos

- EB El Malecón: Esta estación de bombeo se ubicará en el Malecón de Quepos, entre la calle sobre este y la calle principal de entrada a la Ciudad, aproximadamente frente al Hotel Kamuk. Esta estación de bombeo recibirá por gravedad las aguas residuales que se producen en el centro de Quepos, Camino a Manuel Antonio y Zona Americana. Las impulsará cruzando el cauce ubicado a la entrada de Quepos, hasta un pozo de registro en el colector que inicia sobre la vía de entrada a Quepos y que continúa por gravedad a la EB Principal de Quepos.
- EB Boca Vieja: esta estación se ubicará bajo vía pública, diagonal a la esquina norte del Polideportivo Boquense. Recolectará la mayor parte de las aguas residuales de Boca Vieja, con la excepción de las que drenan directamente al colector ubicado sobre la vía principal de entrada a la Ciudad, Impulsará el agua a la línea de impulsión que, proveniente de la EB- El Cocal, conecta al colector de gravedad de la vía principal de entrada a Quepos.

- EB El Cocal: esta estación de bombeo se ubicará subterránea bajo la calle de El Cocal, aproximadamente a la mitad de su longitud "urbana". Recolectará las aguas residuales de El Cocal y las impulsará hasta el colector de gravedad ubicado sobre la vía principal de entrada a Quepos. Antes de llegar al colector, mediante interconexión directa, recibe las aguas provenientes de la EB Boca Vieja.
- EB El Colegio: Esta estación de bombeo, a ubicarse subterránea en una de las islas de la intersección entre la Carretera Costanera y la entrada Principal a Quepos. Recogerá las aguas del sector aledaño al Colegio Técnico Profesional de Quepos y las impulsará contra la línea de impulsión proveniente de la EB La Managua que pasa frente a ella, poco antes de su interconexión con la línea principal hacia la PTAR.
- EB Principal Quepos: Se ha dado el nombre de Principal de Quepos a esta estación, por recibir la totalidad de las aguas de este sector, e impulsarlas hasta la PTAR. Se ubicará subterránea, en el derecho de vía de la calle principal de entrada a Quepos, aproximadamente a un kilómetro del puente de acceso a la ciudad, cercano al Malecón. La estación de bombeo recibe las aguas del colector que –en ambos sentidos, recolecta las aguas a lo largo de la vía de entrada principal a Quepos, desde la Quebrada Suya, hasta el puente de entrada a la ciudad arriba mencionado. A este colector se conectan las impulsiones de las EB El Malecón, EB Boca Vieja y EB El Cocal, por lo que en conjunto recibe e impulsa a la PTAR la totalidad de las aguas residuales del sector de Quepos.

2.2.1.2 Sector de La Managua

- EB La Managua: Esta estación se ubicará en el derecho de vía sur de la carretera costanera, al lado de la Quebrada. Recibirá por gravedad la totalidad de las aguas residuales de La Managua y de las zonas aledañas a la Carretera Costanera ubicadas entre La Managua y la Quebrada Guapinol, incluyendo las producidas por el Hospital Max Terán Valls. Impulsará las aguas hasta la intersección de la Carretera Costanera con la entrada a Quepos, en donde conectará con la impulsión proveniente de la EB-Principal de Quepos, que las conducirá a la PTAR. Esta estación es una de las tres principales del sistema propuesto.

- EB La Managua 02: recolectará las aguas de un pequeño sector de La Managua, que cuya salida natural es un pequeño cauce que presenta construcciones cercanas que impiden el paso de una tubería por gravedad. Las aguas de este sector, serán impulsadas por bombeo hacia la red de recolección que continúa por gravedad a la estación de bombeo La Managua 01.

2.2.1.3 Sector de La Paquita

- EB La Paquita Nº 1: Esta estación se ubicará aproximadamente a la mitad de la longitud de la calle pública que conduce al embarcadero a Isla de Damas y recolectará las aguas de esta calle y de parte de los domicilios ubicados frente a la Carretera Costanera. Las impulsará, hasta un pozo en la red de recolección sobre Carretera Costanera, desde el cual continuarán por gravedad hasta la EB-02 La Paquita Nº 2.
- EB-02 La Paquita Nº 2: se ubicará sobre una de las calles paralelas a la anterior, al suroeste de la Carretera Costanera, aproximadamente a la mitad de su longitud. Recibirá la totalidad de las aguas provenientes del sector de La Paquita, incluyendo las que impulsan a la red las estaciones de bombeo EB La Paquita Nº 1 y EB La Paquita Nº 3, para impulsarlas hacia la línea principal de impulsión a la PTAR que trae las aguas de los sectores de Quepos y de La Managua.
- EB La Paquita Nº 3: Esta estación se ubicará al fondo de una de las calles se orientan hacia el suroeste de la Carretera Costanera y cuyas aguas no pueden evacuarse hasta esta, por gravedad. Las impulsará, hasta el mismo pozo en la red de recolección sobre Carretera Costanera que recibe las aguas de la EB La Paquita Nº 1, desde el cual continuarán por gravedad hasta la EB La Paquita Nº 2.

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 3,0 l/seg, tendrán un diámetro de 1,20 m. Son: La EB La Paquita Nº 1 y la EB La Paquita Nº 3. Su altura de bombeo útil es de 0,5 m.
- Estaciones de bombeo medianas: tendrán diámetro de 2,0 m. Son la EB La Paquita Nº 2, La Mangua Nº 2, EB El Colegio, EB Boca Vieja y EB El Cocal. Su altura de bombeo útil es de 0,5 m excepto la EB El Colegio que es de 0,60 m.
- Estaciones de bombeo principales: tendrán 3,0 m de diámetro y son: EB Malecón, EB Principal de Quepos y EB Principal de La Managua. Su altura útil de bombeo es de 1,00 m la primera de ellas y 1,25 las otras dos.

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 La Paquita Nº 1	2,65	-1,94	0,4	4,99	-2,34	0,5	-2,84	0,46	0,50	-3,34	5,99	1,20
EB La Paquita Nº 2	3,69	-0,90	0,4	4,99	-1,30	0,5	-1,80	0,96	0,90	-2,70	6,39	2,00
EB La Paquita Nº 3	4,24	1,36	0,4	3,28	0,96	0,5	0,46	0,36	0,40	0,06	4,18	1,20
EB Principal Quepos	3,25	-2,60	0,4	6,25	-3,00	1,25	-4,25	1,05	1,00	-5,25	8,50	3,00
EB El Malecón	3,25	-2,40	0,4	6,05	-2,80	1,00	-3,80	1,15	1,00	-4,80	8,05	3,00
EB El Colegio	3,53	0,20	0,4	3,73	-0,20	0,6	-0,80	1,08	1,00	-1,80	5,33	2,00
EB Boca Vieja	2,10	-1,81	0,4	4,31	-2,21	0,5	-2,71	0,46	0,50	-3,21	5,31	2,00
EB El Cocal	3,00	-1,30	0,4	4,70	-1,70	0,5	-2,20	0,56	0,60	-2,80	5,80	2,00
EB La Managua	6,42	1,28	0,4	5,54	0,88	1,25	-0,37	1,06	1,00	-1,37	7,79	3,00
EB La Managua Nº 2	18,20	14,90	0,4	3,70	14,50	0,5	14,00	1,06	1,00	13,00	5,20	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 Quepos 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. Álvaro Álvarez 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 ésa 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.

De acuerdo con información verbal suministrada por el Ing Mauricio Wesson, el muelle de Quepos se encuentra a 6.5 metros sobre el nivel de marea más baja.

Un banco de nivel ubicado en el muello de Quepos, está a 4,88 msnm de acuerdo con el IGN.

De acuerdo con las tablas de predicciones de mareas publicadas en el Módulo de Información Oceanográfica del CIMAR, (http://www.miocimar.ucr.ac.cr) la marea más alta en Quepos se presentó en setiembre del 2015 y fue de 3,08 m.

De la información precedente, se tiene:

- Nivel de marea baja = 4,88 - 6,5 = -1,62
- Nivel de marea más alta = -1,62 + 3,08 = +1,46 msnm.

Considerando lo anterior y tomando un margen de seguridad, en las estaciones de bombeo de Quepos los rebalses se colocarán a nivel igual o mayor a 2,00 msnm. La excepción es la EB de Boca Vieja, en donde el bajo nivel del terreno no permite lograr ese nivel, entonces el rebalse se ubicará a +1,60 msnm.

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 rebalses de las estaciones de bombeo

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

Los siguientes son los sitios de rebalse:

- EB La Paquita Nº 1: No se prevé rebalse, por no existir cuerpo receptor cercano. En caso de falla eléctrica, para evitar derrames en la vía pública, los encargados de mantenimiento deberán acudir con planta eléctrica de emergencia para garantizar la operación del equipo. Su sistema de rejas y recolección de sólidos será manual
- EB La Paquita Nº 2: Misma situación anterior, pero el sistema de rejas y recolección de sólidos será operado por electricidad, por lo que su motor será sumergible (IP68).
- EB La Paquita Nº 3: Misma situación de anterior, pero su sistema de rejas y recolección de sólidos será manual
- EB El Colegio: se prevé rebalse al estero Boca Vieja, relativamente cercano.
- EB Principal de Quepos: se prevé rebalse al estero casi inmediato detrás de la estación.
- EB Boca Vieja: se prevé rebalse al estero.
- EB El Cocal: No se prevé rebalse, por no existir cuerpo receptor cercano. En caso de falla eléctrica, para evitar derrames en la vía pública, los encargados de mantenimiento deberán acudir con planta eléctrica de emergencia para garantizar la operación del equipo.
- EB Malecón: se prevé rebalse al estero.
- EB La Managua 2: se prevé rebalse a quebrada adyacente.
- EB La Managua: se prevé rebalse a quebrada adyacente.

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 contendor. 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.

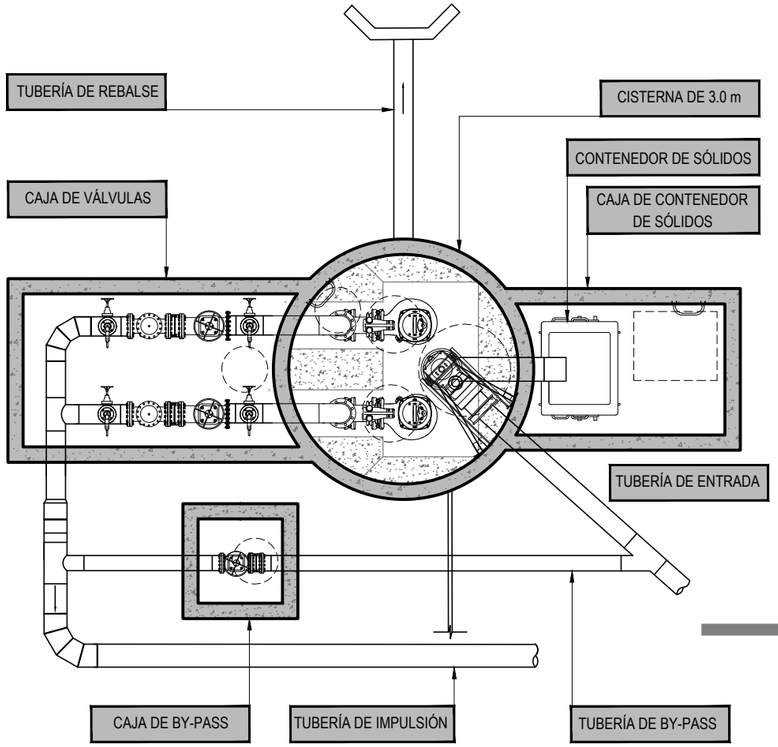
El motor del equipo será sumergible (IP68) en aquellos casos en donde la instalación presenta riesgo de inundación.

El ***cuadro 2-5*** muestra las cisternas de rejillas y de retención de sólidos, de cada estación de bombeo.

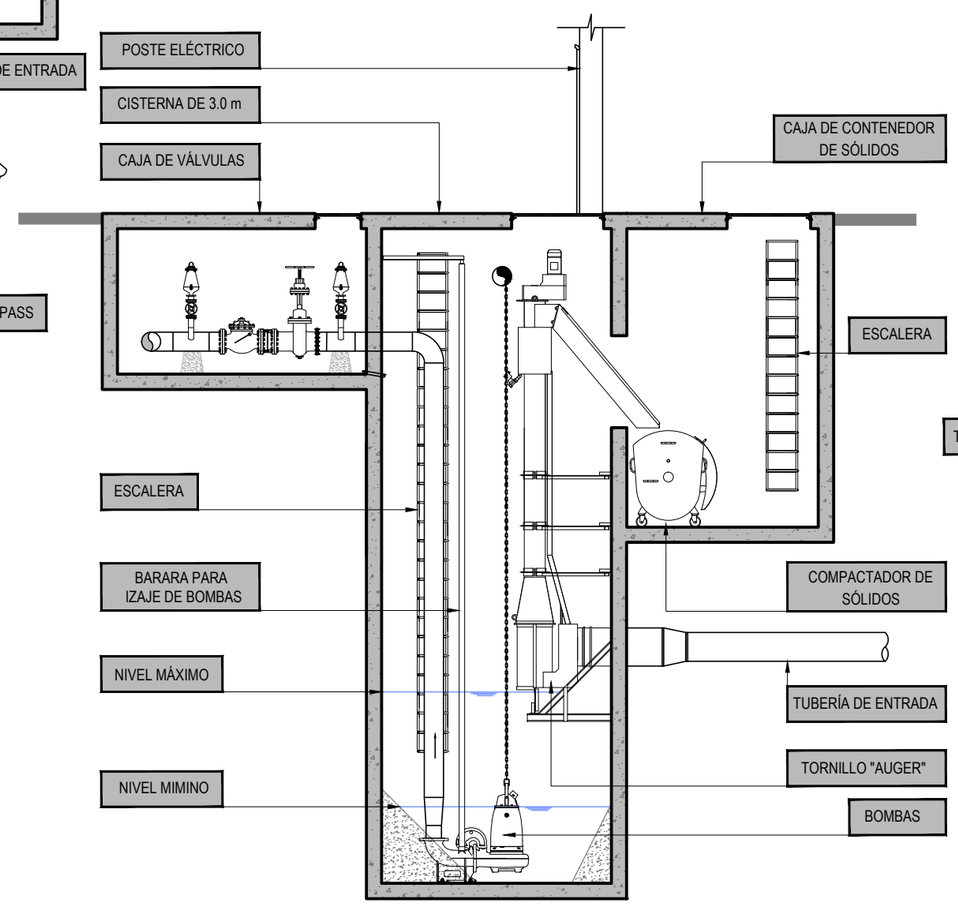
Cuadro 2-5: Datos del tipo de rejilla y sistema de recolección de sólidos en las cisternas de bombeo

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 La Paquita Nº 1	Manual	No aplica	No aplica
EB La Paquita Nº 2	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300
EB La Paquita Nº 3	Manual	No aplica	No aplica
EB Principal Quepos	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	500
EB El Malecón	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	500
EB El Colegio	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300
EB Boca Vieja	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300
EB El Cocal	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300
EB La Managua	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	500
EB La Managua Nº 2	Eléctrico automático	Sumergible (IP68)	300

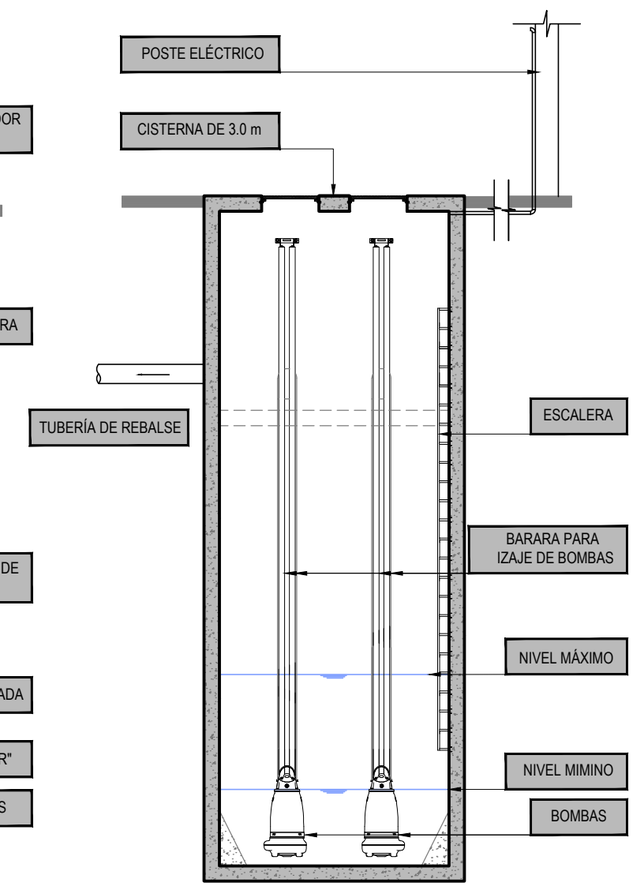
- **Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.**



PLANTA



SECCIÓN LONGITUDINAL



SECCIÓN TRANSVERSAL

PROYECTO:	PROPIETARIO:			CONTENIDO:	ESCALA:	FIGURA:
LICITACIÓN 2013 LA-000068-PRI ESTUDIO INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE QUEPOS.	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: 06º PUNTARENAS CANTÓN: 06º QUEPOS DISTRITO: 01ºQUEPOS	ESTACIÓN DE BOMBEO DE CISTERNA 3.0 m	1:75 ARCHIVO: FECHA: DICIEMBRE-2015	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	Qmh (l/s)	N de bombas operando	N de bombas a instalar	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 La Paquita Nº 1	2,74	1,00	2,00	18,00	2,83	0,50	4,7	CP 3127 HT 3~ 483
EB La Paquita Nº 2	15,98	1,00	2,00	30,50	15,80	4,62	11,0	NP 3153 SH 3~ 274
EB La Paquita Nº 3	0,63	1,00	2,00	6,32	0,81	0,04	1,3	CP 3085 MT 3~ 438
EB Principal Quepos	95,60	1,00	2,00	50,00	112,00	55,68	96,9	NP 3315 HT 3~ 458
EB El Malecón	69,00	1,00	2,00	18,60	72,30	13,37	18,6	NP 3171 MT 3~435
EB El Colegio	19,95	1,00	2,00	35,00	22,25	7,74	17,2	NP 3153 SH 3~275
EB Boca Vieja	6,74	1,00	2,00	15,30	8,97	1,31	4,2	NP 3085 SH 3~ 256
EB El Cocal	9,32	1,00	2,00	31,40	9,50	2,87	11	NP 3153 SH 3~ 275
EB La Managua	79,27	1,00	2,00	54,10	79,50	42,76	78,30	NP 3301 HT 3~460
EB La Managua Nº 2	8,01	1,00	2,00	19,3	8,88	1,64	5,9	CP 3127 HT 3~ 481

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 eficiencias de las bombas de aguas residuales en general, son bastante menores que las 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.

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 siguientes son los 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 La Paquita Nº 1	0,50	0,00
EB La Paquita Nº 2	0,50	0,00
EB La Paquita Nº 3	0,50	0,00
EB El Colegio	0,60	0,00
EB Quepos	1,25	0,00
EB El Malecón	1,00	0,00
EB Boca Vieja	0,50	0,00
EB El Cocal	0,50	0,00
EB La Managua	1,25	0,00
EB La Managua Nº 2	0,50	0,00

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.

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.

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. 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 ***figura 2-2*** (misma figura que muestra los colectores) y sus características se resumen en el ***cuadro 2-7***, las que se observan en la ***figura 2-2***

Las siguientes son las líneas de impulsión:

- Línea de impulsión desde la E.B de El Malecón, que recoge las aguas recolectadas en Quepos centro, Zona Americana y Camino a Manuel Antonio, y las conduce a través de una tubería de PEAD ASTM 3035 SDR 13,5 Dn 200 mm (Di= 186,62 mm) y 315 m de longitud hasta el primer pozo de registro de la red de alcantarillado, a ubicarse luego de cruzar el estero, a partir del cual el agua continua por gravedad hasta la estación de bombeo principal de Quepos. Esta línea atraviesa el sector del puente a la entrada de Quepos, por debajo de su cauce.

- Impulsión desde la EB El Cocal, conducirá las aguas del sector del mismo nombre, para llevarlas mediante 1195 m de tubería de PEAD ASTM 3035, SDR 13,5 de Dn=100 mm (Di=97,38 mm) mm y 226 m de tubería de PEAD ASTM 3035, SDR 13,5 de Dn=150 mm (Di=143,34 mm) al Colector Principal de Quepos, el que conduce a su vez las aguas que recibe de la EB El Malecón y de parte de Boca Vieja, hasta la EB Principal de Quepos. El incremento de diámetro de esta impulsión en su segundo tramo, se debe a la incorporación del caudal proveniente de la EB Boca Vieja.

- Impulsión desde la EB Boca Vieja a la impulsión de la EB El Cocal: conducirá la mayor parte de las aguas residuales del sector de Boca Vieja, para llevarlas a la línea de impulsión EB El Cocal – Colector Principal de Quepos, mediante tubería de PEAD ASTM 3035, SDR 13,5, de Dn 75 mm (Di=75,74 mm) y 131 m de longitud.

- Impulsión desde la EB Principal de Quepos, a la interconexión con la impulsión proveniente de la EB La Managua. Impulsará las aguas de Quepos Centro, Zona Americana, Camino a Manuel Antonio, Boca Vieja, El Cocal y entrada principal a Quepos, a la PTAR. Hasta el punto de conexión con la línea de impulsión

proveniente de La Managua, esta línea tendrá 1127 m de longitud y será de PEAD ASTM 3035, SDR 13,5 Dn 250 mm de diámetro, (Di=232,61 mm).

- Impulsión de la Paquita No 2: Conducirá las aguas de todo el sector de La Paquita, desde la EB La Paquita Nº 2 mediante tubería de PEAD, ASTM 3035, SDR 13,5 de Dn 150 mm de diámetro, (Di=143,34 mm) hasta la línea principal de impulsión que desde la Managua y Quepos conducen el agua a la PTAR. Esta línea atravesará el Río Paquita por debajo del cauce, mediante instalación por perforación horizontal dirigida. La tubería se instalará a unos 5,0 m de profundidad, para garantizar su colocación dentro de un estrato firme, que garantice que no será erosionado por el río.

- Impulsión desde la EB La Managua, a la impulsión principal a la PTAR: Conduce las aguas del sector del mismo nombre mediante 2.340 m de tubería de PEAD, ASTM 3035, SDR 13,5 de Dn 250 mm de diámetro, (Di= 232,61 mm), hasta conectar con la línea de impulsión proveniente de la EB Principal de Quepos, en la intersección de la Carretera Costanera con la entrada principal a Quepos.

- Impulsión principal a la PTAR: impulsará la totalidad de las aguas residuales producidas por Quepos centro, Zona Americana, Camino a Manuel Antonio, Boca Vieja y El Cocal y La Managua, hasta la PTAR, recibiendo en su camino, la impulsión proveniente de La Paquita. Esta línea parte de la interconexión de las dos impulsiones principales de Quepos y de La Managua, en el sector de la intersección de la Carretera Costanera con la entrada a Quepos. Tendrá 1.036 m de tubería de PEAD, ASTM 3035, SDR 13,5 de Dn 400 mm de diámetro, (Di= 346 mm), hasta llegar a la PTAR.

- Línea de impulsión desde la EB La Paquita Nº 1 a red de recolección de la Paquita: Conduce las aguas de un sector al sureste de La Paquita, mediante 1.390 m de tubería de PEAD, ASTM 3035, SDR 13,5 de Dn 75 mm de diámetro, (Di= 75,74 mm), hasta conectar con la red de recolección de La Paquita, a un costado de la Carretera Costanera.

- Línea de impulsión desde la EB La Paquita Nº 3 a red de recolección de la Paquita: Conduce las aguas de una calle al sureste de La Paquita, mediante 350 m de tubería de PEAD, ASTM 3035, SDR 13,5 de Dn 50 mm de diámetro, (Di= 51,86 mm), hasta conectar con la red de recolección de La Paquita, a un costado de la Carretera Costanera.

Cuadro 2-7: Características de las líneas de impulsión

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-La Paquita Nº 1 - red de recolección de La Paquita	2,75	0,61	75	88,9	75,74	1390	PEAD 10 bar
EB-La Paquita Nº 2 - impulsión principal a PTAR	16,85	1,04	150	168,28	143,34	1300	PEAD 10 bar
EB-La Paquita Nº 3 - red de recolección de La Paquita	0,75	0,38	50	60,3	51,86	350	PEAD 10 bar
EB-Principal Quepos - interconexión con línea de impulsión de EB La Managua	110,60	2,60	250	273,05	232,61	1127	PEAD 10 bar
EB-El Malecón - colector en entrada a Quepos	75,28	2,74	200	219,08	186,62	315	PEAD 10 bar
EB-El Colegio - Impulsión línea principal Quepos a PTAR	22,00	1,37	150	168,28	143,34	30	PEAD 10 bar
EB-Boca Vieja - Impulsión EB Cocal colector en entrada a Quepos	8,75	1,94	75	88,9	75,74	131	PEAD 10 bar
EB-El Cocal - colector entrada a Quepos	9,56 - 17,50	1,28 - 1,08	100 - 150	114,3 - 168,28	97,38 - 143,34	1195 -226	PEAD 10 bar
EB-La Managua - Interconexión con impulsión de EB Quepos Principal	82,6	1,94	250	273,05	232,61	2340	PEAD 10 bar
EB-La Managua 02- red de recolección de La Managua	8,9	1,2	100	114,3	97,4	254	PEAD 10 bar
Interconexión líneas de Quepos y La Managua a PTAR	212,00	2,26	400	406,4	346	1036	PEAD 10 bar

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 2-8*** 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 2-8: 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 La Paquita Nº 1	75	75	50
EB La Paquita Nº 2	150	150	50
EB La Paquita Nº 3	50	50	50
EB El Colegio	250	250	75
EB Quepos	200	200	50
EB El Malecón	150	150	50
EB Boca Vieja	75	75	50
EB El Cocal	100 - 150	100 - 150	50
EB La Managua	250	250	75
EB La Managua Nº 2	100	100	50
Línea final a PTAR	No aplica	400	100

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A.

2.4 Sistema de tratamiento

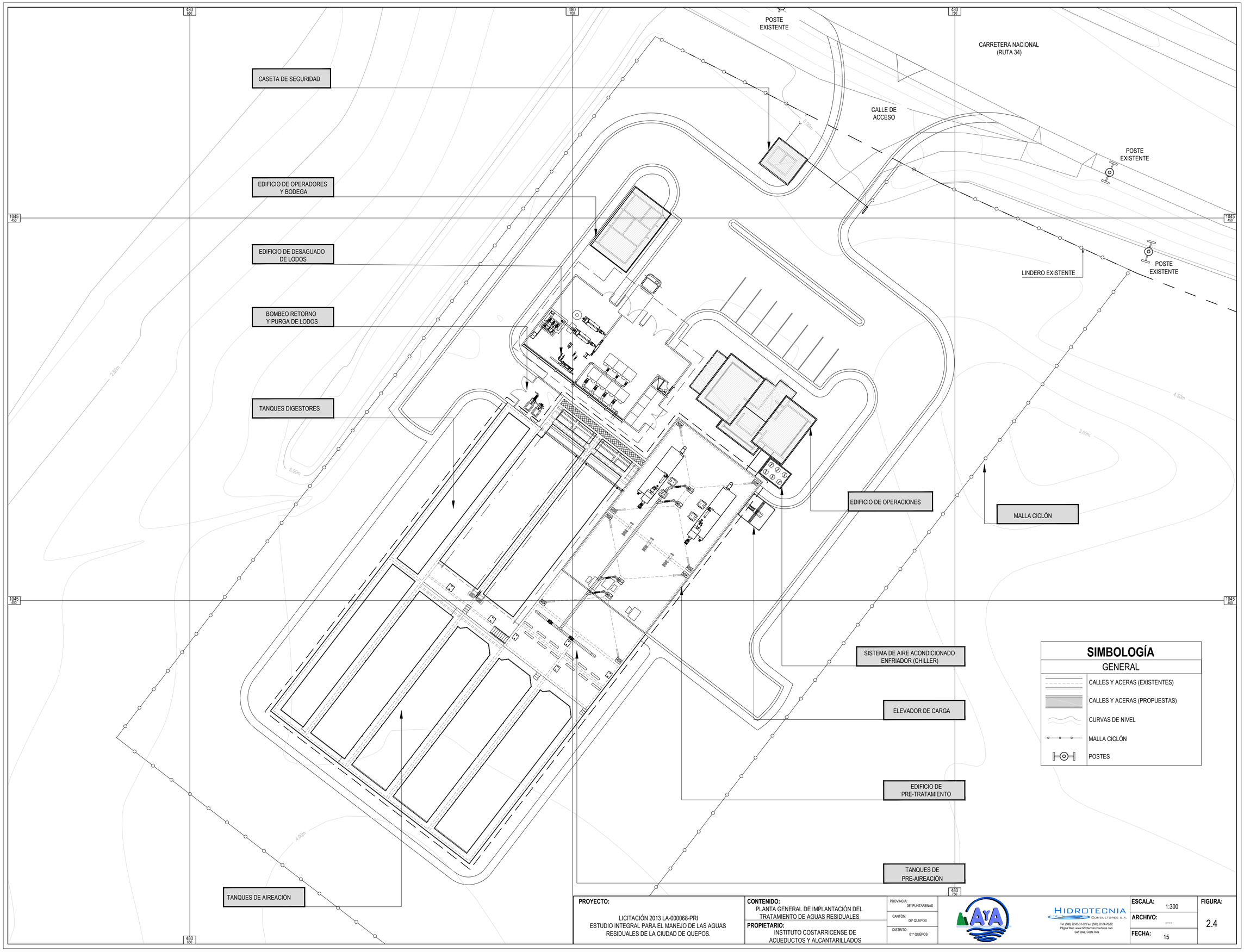
El sistema de tratamiento se ha diseñado para atender una población 23.738 personas, equivale2ntes a una caudal promedio de 8.900 m^3/día y una carga orgánica contaminante de 2.600 kgDBO/día.

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, con digestión aeróbica de lodos, deshidratación final y disposición de lodos en relleno sanitario de la zona.

El efluente tratado será dispuesto en el río Paquita. 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.



PROYECTO:

LICITACIÓN 2013 LA-000068-PRI
ESTUDIO INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE QUEPOS.

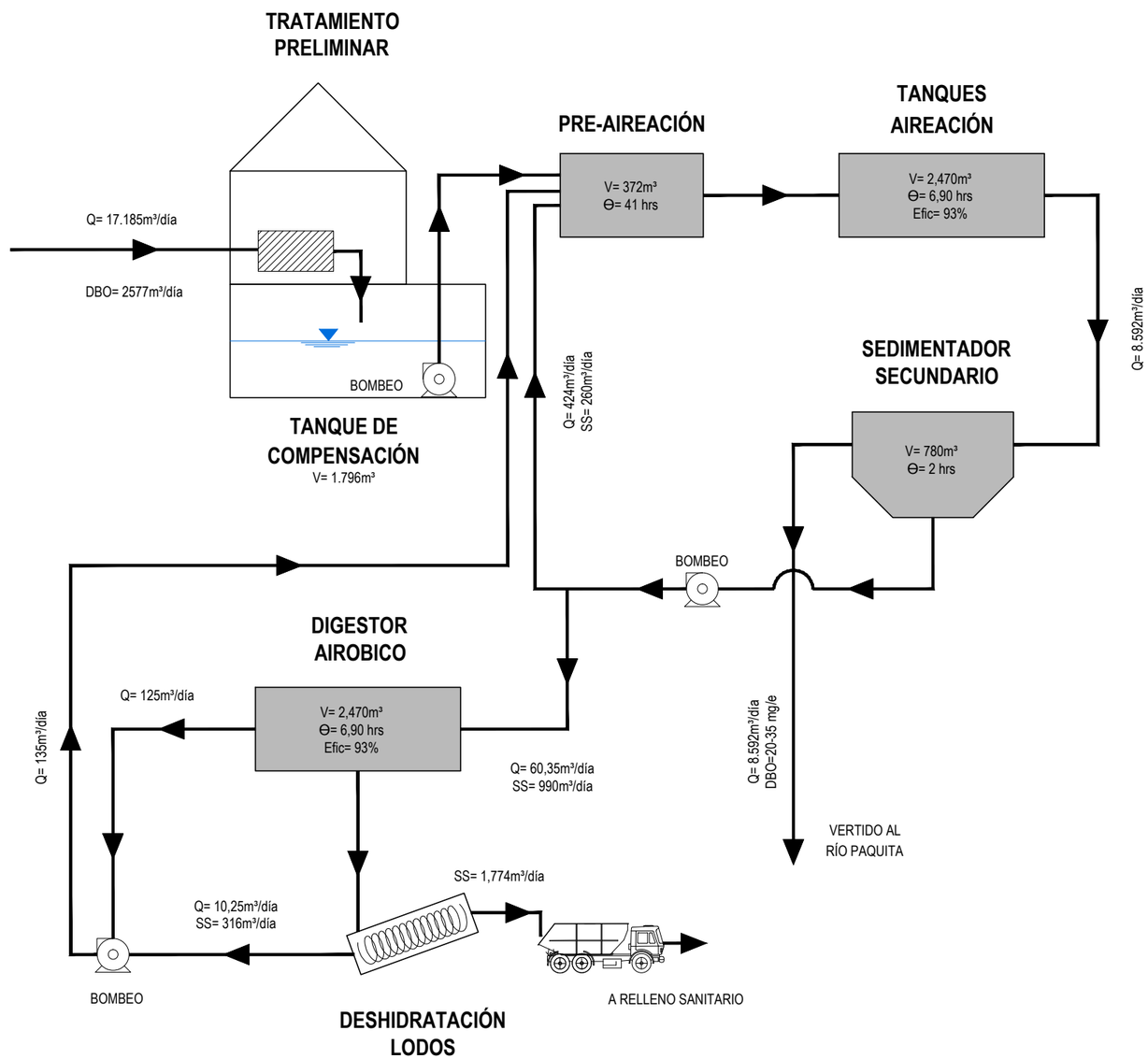
CONTENIDO:
PLANTA GENERAL DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROPIETARIO:
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

PROVINCIA: 06º PUNTARENAS
CANTÓN: 06º QUEPOS
DISTRITO: 01º QUEPOS

HIDROTECNIA CONSULTORES S.A.
Tel: (506) 22-63-31-32 Fax: (506) 22-24-76-82
Página Web: www.hidrotecnicaconsultores.com
San José, Costa Rica

ESCALA: 1:300
ARCHIVO: ----
FECHA: 15
FIGURA: 2.4



PROYECTO: LICITACIÓN 2013 LA-000068-PRI ESTUDIO INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE QUEPOS.	**PROPIETARIO:** INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	AyA	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: 06º PUNTARENAS CANTÓN: 06º QUEPOS DISTRITO: 01º QUEPOS	**CONTENIDO:** DIAGRAMA DE FLUJO, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE QUEPOS.	**ESCALA:** SIN ESCALA **ARCHIVO:** **FECHA:** septiembre-15	**FIGURA:** 2.5

EDIFICIO DE TRATAMIENTO
VISTA DE NS2
EDIFICIO DE TRATAMIENTO PRELIMINAR
TANQUE DE PRE-AIREACIÓN
TANQUE DE AIREACIÓN N°1
EDIFICIO DE TRATAMIENTO PRELIMINAR
VISTA DE N1
EDIFICIO DE TRATAMIENTO PRELIMINAR
DIGESTOR DE LODOS N°2
DIGESTOR DE LODOS N°1
VISTA N-1
ESPESADOR DE LODOS
CIRCULACIÓN DE LODOS
CIRCULACIÓN DE LODOS
DESCARGA
DESCARGA
DESCARGA

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 8000 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 375 m^3, 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 500 HP. Este sistema de aireación tendrá un volumen útil de 2.470 m^3, con un tiempo de

retención final de 7 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 780 m^3 y un periodo de retención de 2 hr.
- 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 60 HP y un volumen útil total de 750 m^3 y un tiempo de retención de 2 horas para la etapa de adensamiento y de 12 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 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.

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 Paquita.
- Tuberías para abastecimiento de agua potable
- Sistema de tuberías para evacuación de aguas pluviales y cabezal de descarga hacia el río Paquita, 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 4000.

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 (8.900 m^3/d y 17.185 m^3/d respectivamente).

El edificio de pre-tratamiento, será construido, en paredes y techo con paneles modulares con aislamiento interno y chapas de aluminio exteriores.

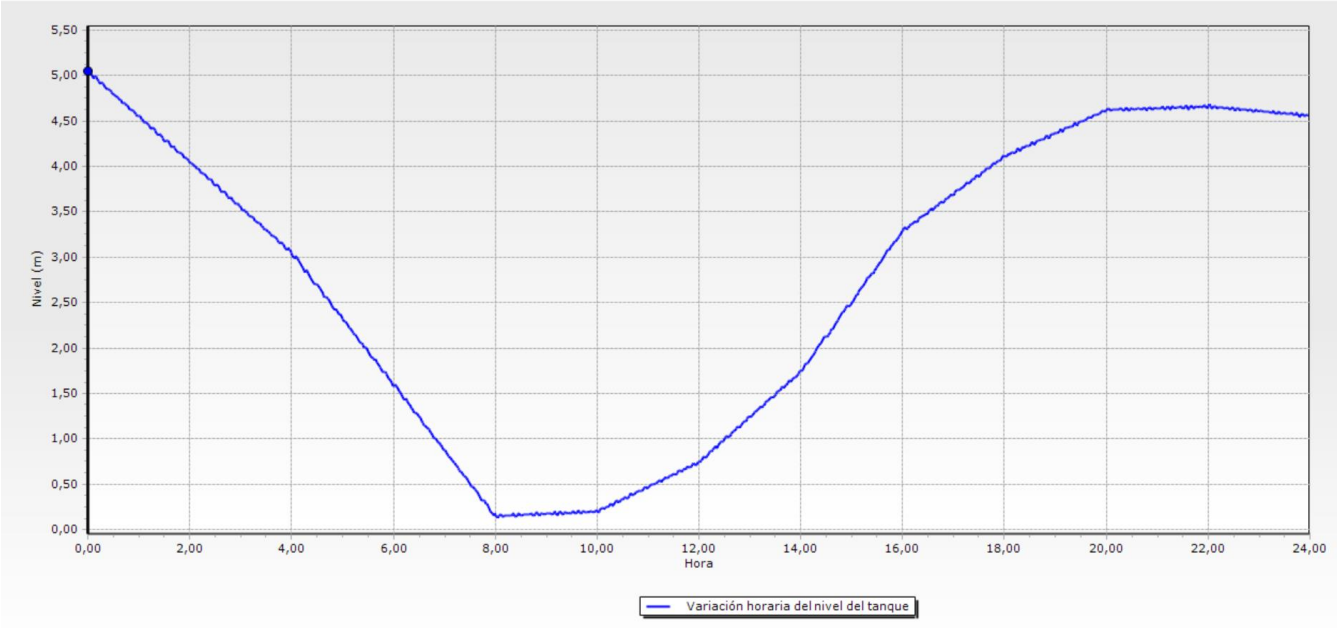
2.4.1.2 Tanque de amortiguamiento o compensación.

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 1.800 m^3 y se proyectaron unidades de bombeo para impulsar el caudal promedio diaria de aguas residuales. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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 110 m^3/hr cada una contra carga de 5 m. serán 8 unidades operativas con potencia de 7.5 hp cada uno, para un total operativo de 60 hp.

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 afluente al tanque de compensación será impulsada hacia la siguiente etapa de aireación, mediante un conjunto de bombas del tipo sumergible, que impulsarán en total, 8900 m^3/día o 370 m^3/hr con una carga de 11 mca (4 unidades 2 unidades operativas y dos unidades alternas), similares al modelo NP-3127-lt-3-42 de FLYGT. Las aguas residuales 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 residuales 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 375 m^3, con un tiempo de retención de 40 a 45 minutos para el caudal promedio de diseño de la planta de tratamiento, estimado en 8.900 m^3/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 residuales 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 11.30 m^3 aire/minuto o 400 CFM (pies cúbicos por minuto) contra una carga de 0,78 kg/cm2 o 11,10 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 6153 CFM (10.462 m^3, 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 seis (6) renovaciones/hora, y un diámetro mínimo de 250mm y máximo de 350 mm. El sistema de conducciones de aire viciado confluye a tres sistemas de tratamiento de aire operando en serie.

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 (tanque de compensación y tanques de compensación).

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.

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-216—LMDX-QD, de GREENHECK, de 2.200 RPM, capas de succionar 3000 CFM (6.360 m^3/hora por equipo o19.080 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 1680 mínimo a 3500 m^3/h máximo (condiciones PTN)
- Presión diferencial 4" de columna de agua (130 mm H_2O). 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. y de potencia adecuada a la curva del ventilador. La velocidad de giro será lo más bajo posible (preferentemente menor a 1000 RPM) y no podrá ser superior a 1450 RPM.
- 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 4 unidades, similares a los BELT DRIVE-SBE de GREENHECK, modelo SBE-1L20-LMDX-QD de 1085 RPM, con capacidad total de inyectar 3.100 CFM cada uno para un total de 12.400 CFM (21084 m^3/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 afluente 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 afluente, 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 con recirculación de lodos(denominado 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 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 colones 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 airóbicos de alta tasa se pueden acompañar de procesos con o sin recirculación de los lodos desde la sedimentación secundario. En estas condiciones, los reactores de biopelículas se definen según la siguiente configuración:

- Lodo Activado de Alta Carga biomasa mixta (soportes sintéticos o bio-soportes+ cultivos suspendidos con recirculación de lodos y aguas tratadas) – denominados

IFAS integrado fijo-Film Crivated SLüdge: 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 Quepos, se han proyectado cuatro tanques de aireación, conformando dos líneas o trenes de tratamiento operando en paralelo (2 tanques de aireación en serie para cada tren o línea de tratamiento), con un volumen total de 2.470 m^3 mínimo, para una concentración mínima de Sólidos Suspendidos Volátiles de 4.000 mg/, un superficie específica mínima equivalente del material de soporte, de 650 m^2/m^3 y un porcentaje de empacado 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 600 m^2, para un volumen ocupado del alrededor del 20 al 30% del volumen total del bioreactor.

El material utilizado para la fabricación de los medios de soporte puede ser polietileno o polipropileno, con densidad de 0.95 a 0,99 g/cm^3, 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 6.90 horas, una carga orgánica de 1.04 g.DBO/m^3.d y una carga aplicada al soporte de 4.01 g.DBO/m^2.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 483.266 m^3/d de aire, contra una presión de 0,79 kg/cm^2 (11.15 psi); para un estimado teórico de 500 HP de potencia total incluyendo pre-aireación.

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 una sistema de barrelodos 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 27 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 0,80 y 2,45 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 residuales 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, Río Paquita.

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 70 m^3/d, carga de 10mca.

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 990 kg de sólidos suspendidos totales 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 60,35 m^3.

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.

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 final.

Es importante indicar que el mezclado del adensador se realiza mediante sistemas de aereación 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 aereadores o compresores.

El lodo es sedimentado al fondo del digestor el cual ha sido calculado para una temperatura de operación de 22-30ºC.

Considerando una eficiencia del digestor 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 digestor será de 12,43 días y se ha diseñado para una longitud de 25 m y un ancho de 5,0 m y una profundidad útil de 3,00 m, cada unidad.

La extracción del lodo concentrado adensado se realizad 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, antiobstruible 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 60 m^3/d como máximo y 11 m^3/d como mínimo. Estos lodos retirados del digestor 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 Q550 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 180 m^3 aire/minuto, presión descarga 6,81 m o 1,66 atmósferas.

En condiciones normales de operación, los soplantes operan uno contra cada reactor. 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 230 m^3/d, carga de12 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 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, Módulos 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, Módulos 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 barrelodos 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.

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 todos 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.

2.4.5 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.

2.4.5.1 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 aereadores 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.

2.4.5.2 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.

2.4.5.3 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.

2.4.5.4 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, así como los tableros eléctricos de los distintos equipos. Los soplantes son del tipo lóbulos rotativos ("roots").

2.4.6 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 15 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 PVC SDR 17 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 PVC-SDR 17 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 río Paquita.
- Sistema de red para agua potable. Esta red fue diseñada según las normas de diseño para urbanizaciones y fraccionamientos. Se diseñan previstas domiciliares 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.

2.4.7 Descarga de la planta de tratamiento

El agua tratada será descargada en el Río Paquita, a la altura del emplazamiento de la planta de tratamiento.

2.5 Terrenos y servidumbres: sitio para PTAR

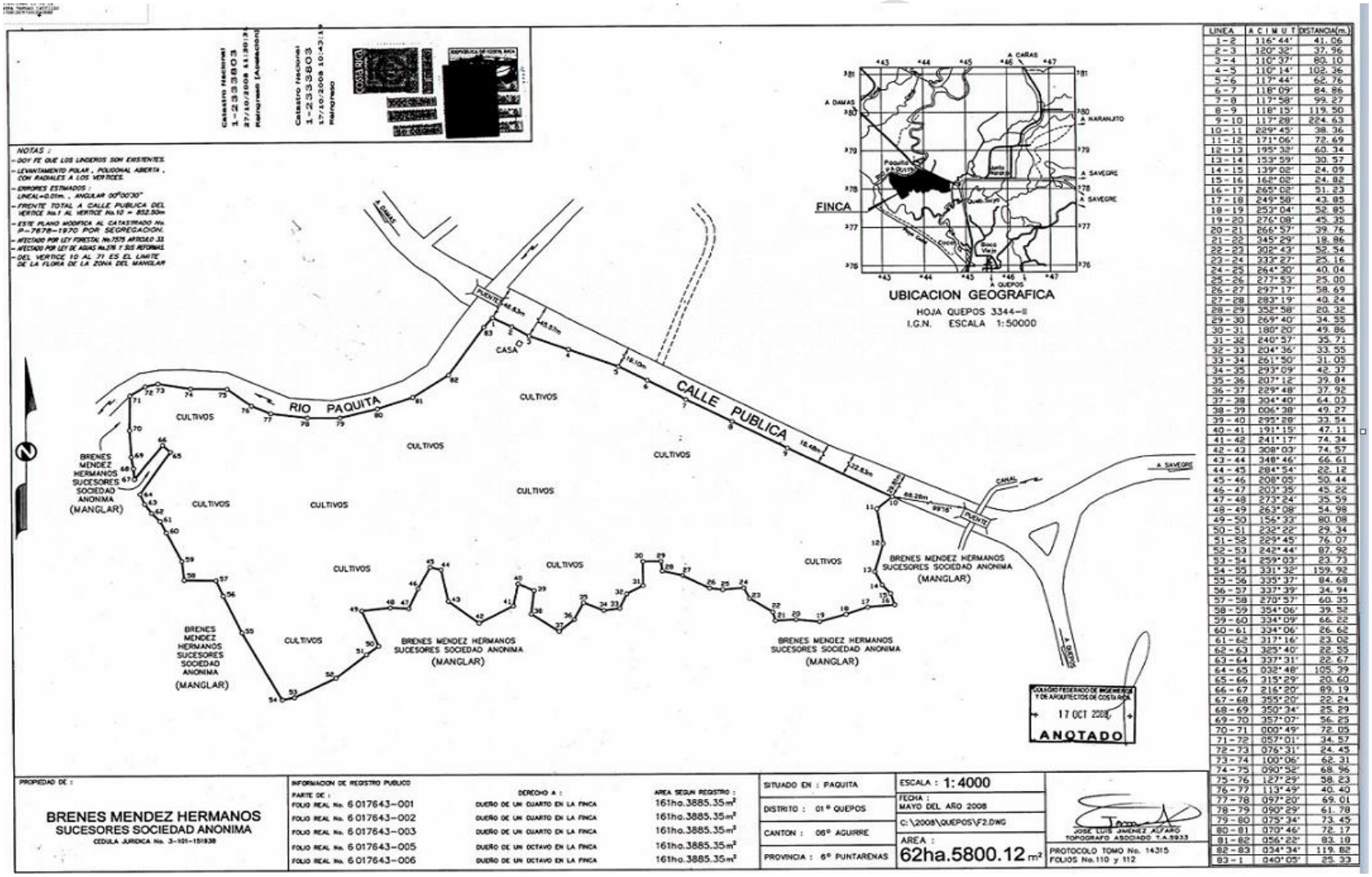
Como las estaciones de bombeo se proponen subterráneas, bajo vías y zonas públicas no requieren de terrenos para su implantación. Las tuberías, se ubicarán sobre calles públicas, por lo que no se requieren servidumbre para su colocación. Solamente la planta de tratamiento de aguas residuales requiere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

Para la planta de tratamiento se requiere adquirir un terreno de unas 2 ha en la esquina comprendida entre la aproximación del puente sobre el Río Paquita, en la carretera costanera, y la margen izquierda del Río. Este terreno tendrá aproximadamente 120 m con frente a la Carretera Costanera y fondo de unos 170 m paralelo al río, según se muestra en la figura 2-8 y en el Plano Catastrado de la figura 2-9

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

Fuente: Google Maps

Figura 2-9: Plano Catastrado de la Finca madre de donde el AyA adquirirá el lote para la PTAR de Quepos



Este terreno se ubica a unos 400 m aguas abajo del sitio propuesto a nivel de estudio alternativas Fase III y su definición es producto de conversaciones con los propietarios. El sitio es preferible respecto al analizado a nivel de factibilidad, por:

- El terreno se mantiene a cota similar y al lado del Río Paquita.
- El terreno se ubica con frente a la vía costanera, por lo que no requiere servidumbre para camino de acceso.
- La longitud de las líneas de conducción, tanto desde Quepos/La Managua como de desde La Paquita, es inferior por la razón anterior.
- El terreno tiene mayor protección contra las inundaciones, dada por la propia carretera y su puente, como por el dique paralelo al río y a la propiedad.
- El uso de este terreno, ha sido acordado con sus propietarios, mismos del terreno considerado en la etapa de factibilidad.

El sitio para ubicar la planta corresponde a la esquina noroeste de la finca parte de Folio Real 6017643-001, propiedad de Brenes Méndez Hermanos Sucesores S.A. según consta en hoja del Registro Nacional que se muestra en la ***Figura 2-10.*** Tiene un valor registral de 17,82 ¢/m^2 y un valor según las zonas homógenas del catastro Municipal, de 13000,00 ¢/m^2

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

REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
CONSULTA POR NUMERO DE FINCA
MATRICULA: 166623--000

PROVINCIA: PUNTARENAS FINCA: 166623 DUPLICADO: HORIZONTAL: DERECHO: 000
SEGREGACIONES: NO HAY
NATURALEZA: TERRENO DE REPASTO
SITUADA EN EL DISTRITO 1-QUEPOS CANTON 6-AGUIRRE DE LA PROVINCIA DE PUNTARENAS
LINDEROS:
NORTE : RIO PAQUITA Y CALLE PUBLICA
SUR : BRENES MENDEZ HERMANOS SUCESORES S.A
ESTE : BRENES MENDEZ HERMANOS SUCESORES S.A
OESTE : BRENES MENDEZ HERMANOS SUCESORES S.A

MIDE: SEISCIENTOS VEINTICINCO MIL OCHOCIENTOS METROS CON DOCE DECIMETROS CUADRADOS
PLANO:P-1300069-2008

ANTECEDENTES DE LA FINCA:

FINCA	DERECHO	INSCRITA EN
6-00017643	000	FOLIO REAL

VALOR FISCAL: 53,500,000.00 COLONES

PROPIETARIO:
BRENES MENDEZ HERMANOS SUCESORES SOCIEDAD ANONIMA
CEDULA JURIDICA 3-101-151938
ESTIMACIÓN O PRECIO: MIL COLONES
DUEÑO DEL DOMINIO
PRESENTACIÓN: 2009-00093442-01
FECHA DE INSCRIPCIÓN: 20 DE ABRIL DE 2009
ANOTACIONES SOBRE LA FINCA: SI HAY
DECLARATORIA DE INTERES PUBLICO (ARTICULO 20 LEY 7495)
CITAS: 567-21883-001
PRESENTADA A LAS 13:57 DEL DIA 04 DE ABRIL DE 2006
OTORGADA A LAS 10:00 DEL DIA 15 DE MARZO DE 2006
MANDAMIENTO DE ANOTACION DE EXPROPIACION
CITAS: 569-61527-001
PRESENTADA A LAS 14:00 DEL DIA 21 DE NOVIEMBRE DE 2006

OTORGADA A LAS 08:40 DEL DIA 08 DE NOVIEMBRE DE 2006

GRAVAMENES o AFECTACIONES: SI HAY

RESERVAS LEY AGUAS
CITAS: 293-10220-01-0004-001
FINCA REFERENCIA 600017643 000
CANCELACIONES PARCIALES: NO HAY
ANOTACIONES DEL GRAVAMEN: NO HAY

Usted se está conectando a una Base de Datos Replicada, los datos están actualizados al 4-Septiembre-2015 a las 17.10.25 horas
Emitido el 04-09-2015 a las 17:12 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 asientos 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 rejas 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 del lodo 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.
- 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 barrelodos de funcionamiento automática y concentración en la tolva principal para la extracción del lodo 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 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.

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 Paquita.
- Tuberías para abastecimiento de agua potable
- Sistema de tuberías para evacuación de aguas pluviales y cabezal de descarga hacia el río Paquita, 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 tumos 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	Uno 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 área química 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 rejas 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 las 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 aereadores 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 suscitaren 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 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 rejas 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 ***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

Herramientas y Accesorios	Cantidad
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 corno 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 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 cuente 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, 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
- 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

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.

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 estabilice 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 le 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 2º al 5º 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 Oxigeno),
    - 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/m^3 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 residuales 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.

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 dé operación se debe checar 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/I 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.

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 (0.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 sobreaireación puede ocasionar que el flóculo sea demasiado disperso y no sedimente 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 aereadores

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

Parámetro de control	Frecuencia

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 y zona de espesado

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.

El manejo del tanque 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 preacondicionamiento del lodo involucra solamente un mantenimiento preventivo y control de las tasas de transferencia del lodo y de oxígeno

3.3.8.3 Operación del digestor

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 invaluables 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 6-10% promedio	Afectada por el contenido de arena
Olor	Característico de alquitrán	
Contenido de sólidos volátiles	22-60% intervalo 40-50% promedio	Usualmente, pero no siempre menos de 50%
pH	6,7-7,8 intervalo 6,8-7,2 promedio	
Alcalinidad total	1500-6000 mg/l 1700-3000 mg/l promedio	Valores de 2000 mg/l ó más altos son deseados
Asentamiento, 30 minutos	Sobrenadante claro, bastante lodo, si está en actividad flota	

CALIDAD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
Contenido de cobre Drenabilidad en lechos de secado	a la superficie del cilindro. Bajo 200 mg/l 25-50 mg/l Buena	Concentraciones sobre 200 mg/l afectan la producción de gas y calidad del lodo.

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 Secundario	Limpieza de canaletas y pasarelas.	Diario
	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

PROCESO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
	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

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 rejas 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:

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

E: Eficiencia del sistema (%)

So: 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.

$$C = (Q * S) / 1000$$

C: Carga aplicada (kg/d)

Q:Caudal afluente al proceso o el de recirculación o purga de lodos (m^3/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 substrato 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 substrato 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 (m^3/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:

$$C.V. = So * Q * 103 / V$$

C.V.: Carga Volumétrica ($kg.DBO/m^3 x d$)

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

Q: Caudal afluente al proceso (m^3/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:

$$IVL = sd * 1000 / SS$$

sd : 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 cuadro 3-7.

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	Volumen (ml)
Variables Físicas	
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

PARAMETRO	PRESERVACION	TIEMPO MAX. DE PRESERVACION
Alcalinidad	Refrigeración 4° C	24 hrs
DBO	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

DESCRIPCION	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
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 der 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 rejas 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.	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	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	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. NOTA: Cualquier cantidad de espuma que se extraiga de los tanques debe ir dispuesta en relleno sanitario o quemado.

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	1. Use alimentación en paralelo para reducir carga fresca. 2. incremente las horas de operación de los sistemas de tratamiento de olores. 3. Revisar con un 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 aereación 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.	Solución al control de mosquitos: 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.	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 de1,5 mg/l en meses cálidos) Falla electromecánica de equipos. Deficiente mantenimiento preventivo y operativo.	1. Reduzca la carga orgánica en un tren de la planta. Opere en paralelo. 3. Adicione (si puede) aereadores suficientes para aumentar inyección y el nivel de oxígeno. 4. Use recirculación del efluente a la entrada de los tanques de pre-aireación. 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.	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 aereadores 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.	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, flóculo muy pequeño está saliendo en el efluente, espuma	Cargas orgánicas repentinas, sobreaireación, desechos industriales,	1. Controle el sistema de aireación utilizando un temporizador para el arranque de aereadores, monitoree el oxígeno disuelto para calibrar la operación de parada y arranque de aereadores, más de 1 mg/l de OD. 2. Varíe la operación del sistema de aireación de manera de sobreairear 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	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	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.	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.	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

Indicadores/observación	Causa probable	Solución
		VEGETAL VOLADA.
Paro del motor por calentamiento del elemento térmico.	1. Alambrado incorrecto. 2. Elementos térmicos equivocados en el arrancador. 3. Basura obstruyendo el impulsor. 4. Sobrecalentamiento en el panel de control. 5. Mala operación o defecto del balero. 6. El cono de succión se cayó al agua	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.	1. Basura en la propela o en el soporte del motor	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 sí 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 hacerse 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 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.

3.3.14.5 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 cuanta 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 las 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 lineamentos 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.

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

Se considera que con el equipamiento y apoyo suficiente, dos cuadrillas de seis personas podrán darle mantenimiento a las redes de recolección, hasta aproximadamente la mitad del periodo de diseño, hasta el año 2026. A partir de ese año, el crecimiento del número de usuarios y la edad del sistema, ameritarán una tercera cuadrilla adiciona.

Una las cuadrillas iniciales atendería las zonas de Quepos y la Paquita. La otra, La Managua. La tercera cuadrilla a partir del año 2026, se sumaría a la atención de la zona de Quepos y La Paquita.

Además del mantenimiento a las redes, estas cuadrillas se encargarían de la recolección diaria 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 cada cuadrilla.
- Un compresor para cada cuadrilla.
- Un equipo de compactación, para cada cuadrilla.
- Equipo de desobstrucción manual, para cada cuadrilla.
- Detector de tapas metálicas, por cuadrilla.
- 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 Quepos. Puede ser compartido regionalmente, pero debe asignarse un tiempo parcial, tal como, dos meses al año, al sistema de Quepos 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 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 tumos 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 Quepos y de la Región a la que está pertenece y del nivel central del AyA.

El personal de electromecánia 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	Operador	Vigilancia	Ing. electromecánico	Asistente en electromecánica	Ayudante de electromecánica	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**

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$6.240/mes por cuadrilla, US$12.480/mes por dos cuadrillas hasta el año 2026 y US$18.720/mes por tres cuadrillas del año 2026 al año 2042.

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 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 electromecánica	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)	4.763,00	1.549,00	1.171,00	4.763,00	1.549,00	1.171,00	1.019,00	1.019,00	-	4.843,00	4.763,00	1.549,00	-	-
Costo de personal	4.763	9.294	5.855	4.763	3.098	2.342	6.114	2.038	38.267	4.843	4.763	1.549	11.155	49.422,00

Elaboración: Hidrotecnia Consultores con base datos de salarios del 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.

a. 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 Elaboración: **Hidrotecnia Consultores S.A**

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 La Paquita Nº 1	1,72	0,9	7.897	347	790	1.136
EB La Paquita Nº 2	8,20	4,7	41.153	1.653	4.115	5.768
EB La Paquita Nº 3	1,19	0,6	4.865	240	486	726
EB Principal Quepos	96,90	41,4	362.274	19.535	36.227	55.762
EB El Malecón	26,10	12,0	105.173	5.262	10.517	15.779
EB El Colegio	17,20	7,7	67.548	3.468	6.755	10.222
EB Boca Vieja	2,98	1,1	9.997	601	1.000	1.600
EB El Cocal	8,20	4,0	34.868	1.653	3.487	5.140
EB La Managua	78,30	43,4	379.967	15.785	37.997	53.782
EB La Managua Nº 2	2,83	1,4	12.536	571	1.254	1.824
Total	**236,12**	**114,02**	**998.856,10**	**47.602**	**99.885,61**	**147.487**

(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

Nº	Descripción	Potencia operativa (HP)	Factor de utilización de equipos	Potencia promedio a utilizar (HP)
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	25	0,5	12,5
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 7,5 HP c/u.	60	0,8	48
2,2	Bombas de agua cruda, 2 unidades de 10 HP c/u	20	1	20
3	**Pre-aireación del agua cruda**			
4	**Tanques de aireación - tratamiento químico**			
4,1	Equipos de aireación horizontal: 4 equipos de 125 HP c/u	500	0,8	400
5	**Sedimentadores secundarios**			
5,1	Barrelodos de fondo, extracción de flotantes y concentrador de lodos, dos unidades de 15 HP c/u	30	0,5	15
6	**Bombeo de lodos a digestor y retorno de lodos**			
6,1	2 bombas de 3 HP c/u	6	0,5	3
7	**Digestor aeróbico**			
7,1	Equipos de aireación horizontal: dos equipos de 62,5 HP c/u	125	0,8	100
8	**Deshidratación de lodos**			
8,1	Bombeo de lodos al tornillo de compresión: dos bombas de 5 HP cada uno	10	0,5	5
8,2	Tornillo de compresión de lodos: dos equipos de 10 HP c/u.	20	0,5	10
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**			0
9,1	Bombas del tanque hidroneumático	5	0,16	0,8
9,2	Chiller o enfirador	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
	TOTAL	**943,2**		**677,61**

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

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

PTAR	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$
Lodos activados alta carga IFAS	703	678	5.935.864	11.394	593.586	730.316

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

A los efectos del análisis de alternativas, se propone llevar estos lodos para su disposición final en el relleno sanitario propiedad de Tecno Ambiente[1] ubicado en Montes de Oro de Puntarenas, a unos 130 km de Quepos. Esta empresa privada ha manifestado su disponibilidad de recibir y disponer en su relleno de estos lodos, por tiempo indefinido.

Señalan una tarifa básica actual del orden de ₡15.000 - de ₡22.500 colones por m^3 de lodo recibido. A los efectos del presente estudio, se estima un costo promedio ₡18.750/m^3, (US$34/m3). A este costo debe agregarse el de transporte desde Quepos, US$ 0,85 por m^3-km, servicio que también podría proporcionar la empresa operadora del relleno.

Con base en ambos costos, -el de transporte y el de disposición y manejo en el relleno sanitario-, se calcula en el ***Cuadro 3-27*** 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

Plantas Lodos Activados de alta carga (IFAS)	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**				
Planta La Paquita	1,77	646,05	0,85	130	34	93,354

Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A

[1] http://tecnoambientecr.com/

4. Presupuesto y Costo del proyecto

En el Anexo 1, incluido en el presente Volumen, se presenta en detalle el presupuesto de todas las obras del proyecto.

En el ***cuadro 4-1***, se presenta un resumen del presupuesto que alcanza un monto de ₡17.990.795.933,11, equivalentes a US$33.316.288,77 de los que aproximadamente el 48% corresponden a la PTAR.

Cuadro 4-1: Resumen del Presupuesto del Proyecto

DESCRIPCIÓN		RED SANITARIA - ESTACIONES DE BOMBEO		PLANTA DE TRATAMIENTO		COLECTORES- RED SECUNDARIA+PLANTA DE TRATAMIENTO	
		COLONES	DÓLARES	COLONES	DÓLARES	COLONES	DÓLARES
COSTOS DIRECTOS	TERRENOS y SERVIDUMBRES	₡ -	$ -	₡ 173.030.000,00	$320.425,93	₡173.030.000,00	$320.425,93
	OBRAS CIVILES	₡ 6.667.828.626,93	$ 12.347.830,79	₡ 3.421.205.377,63	$ 6.335.565,51	₡10.089.034.004,56	$18.683.396,30
	EQUIPO ELÉCTRICO y ELECTROMECÁNICO	₡1.070.990.166,09	$1.983.315,12	₡3.468.094.272,87	$ 6.422.396,80	₡ 4.539.084.438,96	$8.405.711,92
SUB-TOTAL		₡7.738.818.793,02	$14.331.145,91	₡7.062.329.650,51	$13.078.388,24	₡14.801.148.443,53	$27.409.534,15
COSTOS INDIRECTOS	IMPREVISTOS 10%	₡773.881.879,30	$1.433.114,59	₡706.232.965,05	$1.307.838,82	₡1.480.114.844,35	$2.740.953,42
	ADMINISTRACIÓN E INGENIERIA 10,5%	₡893.833.570,59	$1.655.247,35	₡815.699.074,63	$1.510.553,84	₡1.709.532.645,23	$3.165.801,19
TOTAL		₡ 9.406.534.242,91	$ 17.419.507,86	₡8.584.261.690,19	$15.896.780,91	₡17.990.795.933,11	$33.316.288,77

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.
- RLM Red La Managua
- REC Red El Cocal
- RBV Red Boca Vieja
- RQL Red La Paquita
- RQC Red Quepos Centro
- RQS Red Quepos Sur

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 2.8.3 Wien, 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, 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, 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 135, 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 planta 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)
8.730	5.180	13.910

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Para el proceso de selección de la muestra se utilizaron los listados de las UGM's y los mapas del Instituto Nacional de Estadística y Censos, fundamentados en el X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda del año 2011. El ***cuadro 8-2*** muestra la estimación de la fracción de muestreo.

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	1/14

Luego de un análisis detallado de toda la información recopilada, se plantearon las siguientes categorías para utilizar en las DAP del Proyecto, así como su distribución en la muestra:

Cuadro 8-3: Análisis detallado de toda la información recopilada

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 S.A**

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 desarrollaron tres escenarios de ejecución:

- 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[2] 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.

[2] Estudio de diseño preliminar del alcantarillado sanitario de la Ciudad de Nicoya. 2015

- 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

En el ***cuadro 8-4*** se presenta el resumen de la estimación de los indicadores para cada una de los escenarios evaluados.

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

Alternativa	Tarifa por m³	Valor Presente Neto (VPN) US $	Tasa Interna de Retorno (TIR) %
Escenario 1 tarifa promedio	100	-26.269.119	NUM
Escenario 2 con tarifa nivelada	950	189.128	0.13
Escenario 3 con aporte del Estado a la inversión	400	382.391	NUM

- **Elaboración: Hidrotecnia Consultores S.A**

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 financieramente, bajo ninguna de las alternativas estudiadas, 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 950 colones por m3, tarifa que se considera muy poco viable establecer, ya que sería un aumento de más de 1000% sobre la tarifa actual. Otra alternativa, el número 3, que incorpora un subsidio a la inversión, presenta un escenario favorable con ingresos y gastos nivelados para una tarifa de 400 colones por m^3, lo cual significa un aumento considerable de un 400% sobre la tarifa promedio actual.

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 salud[3].

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.

Desde el punto de vista económico social, el proyecto tampoco es viable, dado que el VPN es negativo, de US$-19.621.291.

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