



Universidad Latina de Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela de Ingeniería Mecánica y Administración

Trabajo Final de Graduación

**Drenajes Urbano Sostenibles para filtración de alcantarillado previo a su
vertido al río María Aguilar**

Autor: Luis Eladio Madrigal González

Heredia, Costa Rica

Diciembre 2017



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Drenajes Urbano Sostenibles para filtración de alcantarillado previo a su vertido al río María Aguilar, por el estudiante: Luis Eladio Madrigal González, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Mecánica y Administración de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración:

Ing. Jonathan Hernández Hernández

Tutor

Ing. Edwin Andrés Phillips Soto

Lector

Ing. Edwin Fernando Figueroa Quesada

Representante

AGRADECIMIENTOS

A la Municipalidad de Curridabat, en especial a los colaboradores del proyecto “Ciudad Dulce”, por brindarme un espacio para realizar este proyecto.

DEDICATORIAS

A mi familia, por siempre estar ahí en los momentos en los que creía que no podía más, alentándome y mostrándome a su forma que el esfuerzo valía la pena.

INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso natural más importante del planeta. Sin este la vida como la conocemos hoy en día no sería posible. Con el paso del tiempo nos dimos cuenta este recurso es limitado y que debíamos empezar a cuidar del agua o prepararnos para una escasez que nos llevaría a la extinción.

A partir de la revolución industrial, el agua empezó no solo a servirnos para las tareas domésticas del ser humano y el aseo personal, también empezó a mover las máquinas necesarias para la producción en masa, y elevó la contaminación del recurso hídrico en gran manera. Las ciudades empezaron a crecer sin ningún control y la población empezó a migrar del campo hacia la ciudad, lo hizo necesario la construcción de sistemas de drenaje para las aguas que se utilizaban en las nuevas ciudades.

Desafortunadamente estos sistemas vertían todos los desechos a una fuente de agua cercana que también era utilizada para el consumo humano e industrial y se empieza a observar que las fuentes de agua están siendo contaminadas por nuestros mismos desechos domésticos e industriales.

Costa Rica tiene el privilegio de contar con grandes fuentes de agua en su subsuelo y gran cantidad de ríos, más sin embargo, nuestros sistemas de alcantarillados y tratamiento de aguas residuales son deficientes. La mayoría de nuestros sistemas de alcantarillado van a parar a nuestros ríos y fuentes de agua sin ningún tipo de filtración o tratamiento, contaminando nuestros ríos, llenándolos de basura y provocando desbordamientos cada vez más grandes y descontrolados.

Los últimos gobiernos del país han visto en esto una oportunidad de mejora, y se ha construido plantas de tratamiento de aguas negras y aguas residuales que nos permitan tratar estas aguas antes de que lleguen a una fuente de agua y la contaminen. La Municipalidad de Curridabat en su programa “Ciudad Dulce” está haciendo esfuerzos como el diseño presentado en este trabajo para contribuir a que los ríos del cantón no lleguen a ser contaminados por las redes de alcantarillado locales.

RESUMEN

El crecimiento de las ciudades debido al rápido crecimiento urbanístico le plantea problemas severos al manejo de aguas pluviales y aguas grises provenientes de las nuevas edificaciones. Los suelos que antes filtraban el agua pluvial a los mantos acuíferos fueron recubiertos con superficies impermeables y las aguas pluviales y de desecho fueron enviadas a sistemas convencionales de drenaje que únicamente envían las aguas hacia las fuentes de agua del país sin ser filtradas ni tratadas para evitar la contaminación en estos cuerpos de agua.

Esto soluciona el problema de aguas estancadas en la zona, pero lo transporta a otro lugar aguas abajo, lo cual resulta en un movimiento del problema de un lugar a otro y hace de los sistemas tradicionales de drenaje obsoletos.

Hoy en día las ciudades están implementando nuevos Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles (SUDS) que le permitan mejorar la calidad de las aguas pluviales y grises antes de llegar a un cuerpo de agua cercano (mantos acuíferos y ríos) y contribuyan a mejorar el paisaje general de las ciudades con esta solución.

Este trabajo presenta el diseño de un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible en una zona que fue urbanizada rápidamente y le permitirá recuperar la permeabilidad del suelo y filtrar las aguas del alcantarillado previo a su filtración hacia los mantos acuíferos y vertido en el río María Aguilar.

La idea de implementar este tipo de sistema no es únicamente poder llevar las aguas a un cuerpo de agua cercano, si no también que las aguas sean tratadas mediante filtros verdes (humedales artificiales) que le permitan al agua ser filtrada y además contribuyan al paisaje general de la zona a ser más fresco y agradable, además de atraer fauna a la zona escogida para este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
INTRODUCCIÓN	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
CAPÍTULO I	1
1. PROBLEMA Y PROPÓSITO.....	2
1.1. Síntoma.	2
1.2. Causas.	2
1.3. Pronóstico.....	3
1.4. Control al pronóstico.....	3
1.5. Formulación del problema.	3
1.6. Sistematización del problema.....	3
1.7. Objetivo General.....	4
1.8. Objetivos Específicos.	4
1.9. Estado actual de la investigación.....	5
1.10. Metodología.....	5
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Marco Situacional.	8
2.2. Antecedentes Históricos de la empresa.	9

2.3.	Misión de la empresa.....	10
2.4.	Visión de la empresa.	10
2.5.	Ubicación espacial.....	11
2.6.	Organigrama.....	11
2.7.	Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio.....	12
2.8.	Hipótesis.....	19
2.9.	Limitaciones.....	19
2.10.	Alcances	20
CAPÍTULO III		21
3.	DESARROLLO.....	22
3.1.	Cálculo de los caudales de lluvia.....	23
3.2.	Cálculo de Aguas Residuales.....	26
3.3.	Dimensionamiento de la tubería horizontal.....	30
3.4.	Dimensionamiento del pre tratamiento	33
3.5.	Dimensionamiento del tratamiento primario	40
3.6.	Dimensionamiento del tratamiento primario	47
3.7.	Dimensiones finales del sistema.....	51
3.8.	Presupuesto	52
3.9.	Planos finales del sistema	54
CONCLUSIONES.....		65
RECOMENDACIONES.		66
BIBLIOGRAFÍA.		67
GLOSARIO.....		68
ANEXOS		69
APÉNDICES.....		80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estado actual de la zona de diseño.....	8
Figura 2: Diseño propuesto por Tándem Arquitectos	9
Figura 3: Mapa actual del cantón de Curridabat.....	11
Figura 4: Organigrama Organizacional de la Municipalidad de Curridabat	11
Figura 5: Corte transversal de un interceptor de sólidos	14
Figura 6: Esquema de sección de un tanque Imhoff	15
Figura 7: Humedal de flujo superficial	18
Figura 8: Humedal de flujo subsuperficial	18
Figura 9: Definición de zonas de recolección de alcantarillado	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Medición de y definición de áreas para el Área 1	22
Tabla 2: Medición de y definición de áreas para el Área 2.....	22
Tabla 3: Medición de y definición de áreas para el Área 3.....	23
Tabla 4: Medición de y definición de áreas para el Área 4.....	23
Tabla 5: Intensidad de lluvia (mm/hr) para in periodo de retorno de 25 años	24
Tabla 6: Coeficientes de escorrentía en la fórmula racional.....	24
Tabla 7: Factor de frecuencia para el coeficiente de escorrentía	25
Tabla 8: Calculo de Caudales de lluvia necesarios para el Área 1.....	25
Tabla 9: Cálculo de Caudales de lluvia necesarios para el Área 2.....	25
Tabla 10: Cálculo de Caudales de lluvia necesarios para el Área 3.....	26
Tabla 11: Cálculo de Caudales de lluvia necesarios para el Área 4.....	26
Tabla 12: Dotaciones mínimas diarias	27
Tabla 13: Valores recomendados de coeficientes punta para pequeñas comunidades (<2000 hab).....	28
Tabla 14: Resumen de caudales calculados para el diseño del sistema	30
Tabla 15: Resumen de caudales totales por zona	30
Tabla 16: Dimensionamiento de desagües indirectos	31
Tabla 17: Conversión de caudales totales a Unidades de Descarga	31
Tabla 18: Cargas Máximas Permisibles para Tuberías de Drenaje Horizontales.....	32
Tabla 19: Dimensionamiento de tubería por área	32
Tabla 20: Valores recomendados para el diseño de canal de desbaste y sus respectivas rejas	35
Tabla 21: Parámetros definidos para el diseño del canal de separación de sólidos .	35
Tabla 22: Valores recomendados para el dimensionamiento de desarenadores.....	37
Tabla 23: Valores seleccionados para el dimensionamiento del desarenador	37
Tabla 24: Valores recomendados para los parámetros de dimensionamiento de un tanque Imhoff	40
Tabla 25: Valores seleccionados para el dimensionamiento del tanque Imhoff	42
Tabla 26: Parámetros seleccionados para la zona de digestión	45

Tabla 27: Límites Máximos Permisibles para los Parámetros de Vertido en un Cuerpo Receptor.....	49
Tabla 28: Presupuesto estimado de materiales y costos estimados del proyecto.....	53
Tabla 29: Costos finales del proyecto	53

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA Y PROPÓSITO.

1.1. Síntoma.

Cuando el suelo no ha sido afectado por las actividades comerciales del ser humano, el suelo absorbe el 80% de las aguas pluviales. EL otro 20% escurre a través del suelo y es vertido en cuerpos de agua más grandes (ríos, pantanos y lagos cercanos). Los sistemas de alcantarillado actuales no contemplan estas medidas, y descargan al menos el 90% de las aguas pluviales hacia los ríos del país.

La zona escogida para la realización de este drenaje fue en un determinado momento un pantano, el cual regulaba la llegada de las aguas pluviales al río así como la filtración a los mantos acuíferos del subsuelo.

Con los años y la industrialización del cantón de Curridabat, el dueño decidió vender los terrenos que anteriormente eran pantano a diferentes empresas para que pudieran desarrollar negocios en estos lugares. Los suelos fueron sustituidos o rellenados para poder realizar las construcciones necesarias y empezar con los negocios en el área, aprovechando que los terrenos tienen salida hacia una carretera nacional. Esto cambio la permeabilidad del suelo y el pantano desapareció.

1.2. Causas.

Al cambiar la permeabilidad del suelo, las aguas pluviales y de alcantarillado no se filtraban al suelo, sino que son encausadas por las alcantarillas hacia el río María Aguilar que es el cuerpo de agua más próximo a la zona. Esto provoca que el río reciba más agua de la que está habituado y hace que su caudal aumente y se desborde a las propiedades próximas al río.

A esto hay que sumarle que debido a la misma industrialización de la zona, ahora el alcantarillado también recibe aguas grises y basura proveniente de los negocios aledaños, llegue directamente al río sin ser filtrada ni tratada de ninguna forma, contribuyendo a la contaminación del mismo.

1.3. Pronóstico.

La industrialización del cantón de Curridabat en la sección de la calle 221 cambió la permeabilidad del suelo y las salidas de las aguas pluviales y grises que antes eran absorbidas hacia mantos acuíferos son ahora dirigidas al río María Aguilar provocando que este sea contaminado y se desborde continuamente en la época lluviosa.

1.4. Control al pronóstico.

El resultado final del proyecto es un diseño eficiente que permita llevar las aguas pluviales y grises de la zona escogida hacia el río María Aguilar y que las aguas sean filtradas y tratadas eficientemente para evitar aumentar la contaminación actual del río.

El proyecto no solo contribuirá al manejo de aguas pluviales y grises, sino que además con el uso de filtros verdes y humedales artificiales permitirá embellecer la zona escogida y atraerá aves e insectos de la zona.

1.5. Formulación del problema.

Actualmente el manejo del alcantarillado en la zona es deficiente, las aguas pluviales y grises llegan a los caños junto con la basura que los transeúntes dejan. Todas estas aguas son luego canalizadas sin filtración alguna hacia el río María Aguilar y vertidas al cauce del río junto con toda la basura, grasas aceites y lodos arrastrados por el caudal de agua.

1.6. Sistematización del problema.

Se plantea diseñar un sistema de drenaje urbano sostenible que recoja las aguas de los caños mediante colectores subterráneos. Estas aguas luego pasarían a una trampa de sólidos que recogería los residuos del caudal de agua, luego a una trampa de grasas y lodos que filtraría los aceites del caudal y por último a un humedal artificial que permita eliminar los residuos microscópicos y químicos del caudal, previo a verter las aguas al río María Aguilar.

1.7. Objetivo General.

Diseñar un drenaje urbano sostenible para que las aguas pluviales y grises recibidas por el alcantarillado de un sector de calle 221 en Curridabat sean descargadas al río María Aguilar de una manera eficiente y amigable con el ambiente acatando la legislación actual.

1.8. Objetivos Específicos.

- Realizar una evaluación actual de la zona, incluyendo las aguas recibidas por el actual sistema de alcantarillado, el espacio disponible para la realización del proyecto y la condición actual de la zona.

- Revisar la legislación nacional actual para el reuso y vertido de aguas residuales para que el diseño creado cumpla con las estipulaciones actuales de las leyes y decretos de Costa Rica.

- Identificar una lista de plantas y productos existentes en el mercado nacional que permitan el desarrollo de humedales artificiales para el filtrado de aguas residuales.

- Diseñar un drenaje que permita filtrar residuos sólidos, grasas y lodos del flujo recibido por el drenaje previo a su filtración en un humedal artificial para el filtrado del agua así como el sistema de tuberías necesario para su vertido en el río María Aguilar

1.9. Estado actual de la investigación.

El proyecto parte como una iniciativa de la Municipalidad de Curridabat llamada “Ciudad Dulce”, que busca atraer al cantón polinizadores naturales. El propósito general del proyecto es hacer de la conservación una actividad diaria del cantón a través del equilibrio natural con su entorno.

El diseño de este Sistema Urbano de Drenaje Sostenible va a ser el primer paso de la municipalidad en aras de buscar una forma eficiente y amigable con el ambiente de reusar el agua que va al alcantarillado para embellecer los espacios públicos de Curridabat y a su vez encontrar una forma de verter responsablemente las aguas hacia ríos sin que esta llegue a contaminar el agua que ya se encontraba en estas fuentes.

1.10. Metodología.

Para la realización de este proyecto se va diseñar un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible que involucre los siguientes dispositivos: un sistema de alcantarillado pluvial, un interceptor de sólidos, un interceptor de grasas, un humedal de flujo subsuperficial horizontal y el vertido de aguas hacia el río María Aguilar.

Para la determinación de caudales de diseño para el sistema primero se calculará el caudal estimado de lluvia a recibir por el sistema utilizando la sección 9.3 (Normas para el Cálculo de las Tuberías de Desagüe Pluvial) del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). A este caudal deberá sumársele también el caudal estimado de las aguas residuales que actualmente caen al sistema de alcantarillado del lugar mediante el capítulo 4.1 (Cantidad de aguas residuales) libro “Depuración con Humedales Construidos” publicado por la Universidad Politécnica de Catalunya en el 2008.

Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial se utilizara la sección 7 (Sistema de Desagüe de Aguas Residuales) del código antes descrito, la cual establece todos los parámetros necesarios, materiales y dimensiones para esta clase de sistemas.

Una vez establecido el sistema de tuberías necesario para llevar las aguas residuales al siguiente dispositivo se empleará primero un interceptor de sólidos seguido de un tanque Imhoff para la depuración de grasas y sólidos del sistema.

Una vez que las aguas han pasado por estos dispositivos, estos irán a un humedal artificial que estará diseñado bajo los parámetros establecidos en el libro “Depuración con Humedales Construidos” de la Universidad Politécnica de Catalunya.

Los parámetros a cumplir para el vertido y reuso de aguas residuales serán tomados del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales publicado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) mediante decreto ejecutivo número 33601-MINAE-S.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Marco Situacional.

La Municipalidad de Curridabat actualmente impulsa la recuperación de espacios del cantón mediante su iniciativa “Ciudad Dulce”. Esta iniciativa pretende no solo la recuperación de espacios mediante parques, plazas y bulevares que le permitan al ciudadano moverse de una manera más eficiente por el espacio. Al crear espacios más verdes, también permite atraer polinizadores naturales que le permitan al cantón ser una fuente de estos miembros del ecosistema.

El espacio a recuperar actualmente consta de 10400 metros cuadrados, la cual es una entrada al cantón por la calle principal por la carretera San Pedro – Tres Ríos. Actualmente la zona cuenta con un restaurante de comidas rápidas, un supermercado mediano, una venta de carros, oficinas administrativas y casas de habitación. El espacio cuenta con un sistema de alcantarillado únicamente en el margen derecho de la calle, el margen izquierdo cuenta con cordón de caño.

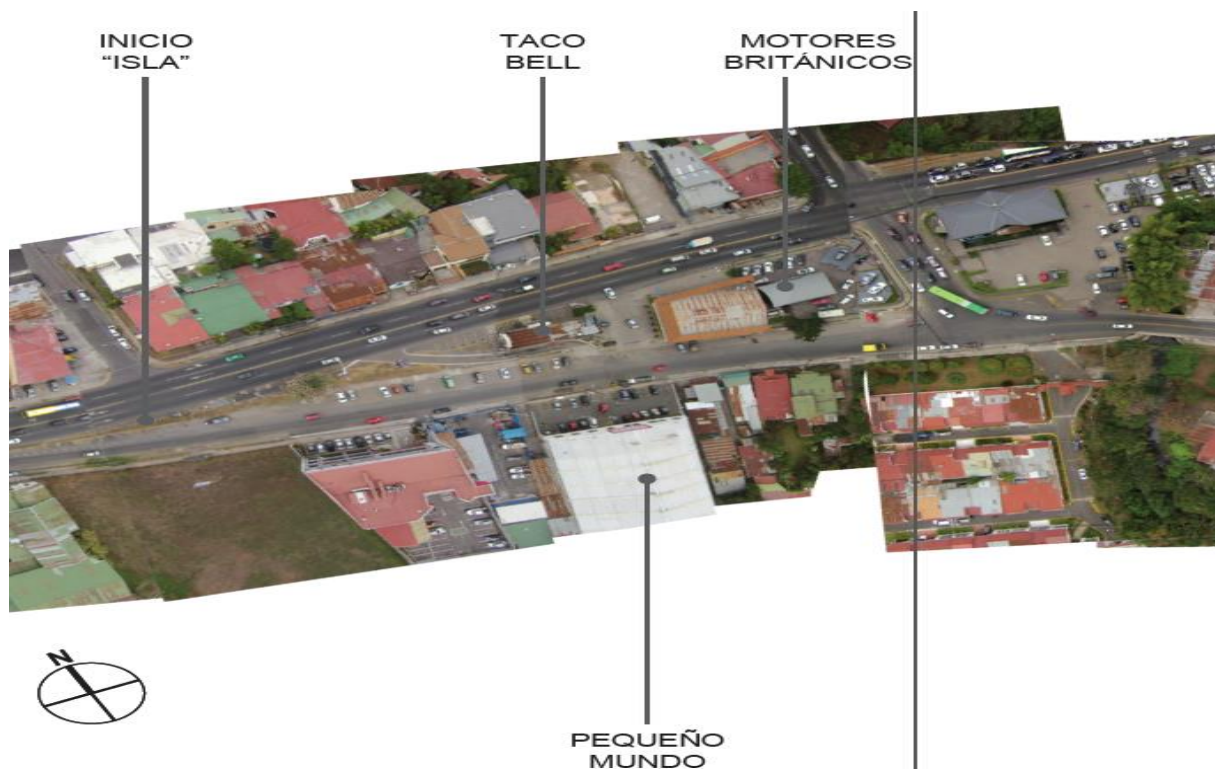


Figura 1: Estado actual de la zona de diseño

Fuente: Fotografía aérea, Municipalidad de Curridabat

Cuando llueve la calle se inunda fácilmente lo cual entorpece el tránsito que circula por el lugar. Todas las aguas del alcantarillado y que circula sobre la calle cae luego al cauce del Río María Aguilar, sin filtración alguna de sólidos o aguas grises que provienen de las casas o negocios ubicados en la zona.

Como parte de la recuperación del espacio la Municipalidad de Curridabat contrató una firma de arquitectos que rediseño el espacio a recuperar incluyendo paradas de autobuses, quioscos para negocios pequeños y zonas verdes para el tránsito de personas. Además reubico los espacios de parqueo en la zona de una forma más eficiente e incluyo un pequeño lago en la zona como embellecedor del espacio.



Figura 2: Diseño propuesto por Tándem Arquitectos

Fuente: Municipalidad de Curridabat

2.2. Antecedentes Históricos de la empresa.

Curridabat es el cantón número 18 de la Provincia de San José, Costa Rica. Curridabat se caracteriza por ser un cantón con un alto grado de desarrollo urbano, careciendo casi por completo de población en situación de pobreza y cuenta con un alto nivel económico y educativo. Tiene una red vial en buenas condiciones, por ejemplo es el inicio de la autopista Florencio del Castillo, que llega hasta la provincia de Cartago, y la Radial de Zapote que llega hasta el centro de San José.

En la Ley No. 209 del 21 de agosto de 1929, Curridabat se erigió en cantón de la provincia de San José, con cuatro distritos: Centro, Granadilla, Sánchez y Tirrases. Fue inaugurado el 1 de enero de 1930.

En 1930 el cantón contaba con una municipalidad y es en ese mismo año cuando se celebra la primera sesión del Concejo de la Municipalidad de Curridabat, que se encontraba integrada por tres regidores, un jefe político y ejecutivo municipal (ambos cargos en una sola persona) que asistía a las sesiones con voz, pero sin voto. La población aproximada en 1930 era de unos 5.000 habitantes. Conforme pasaron los años y con el aumento de la población, la municipalidad se vio en la necesidad de formar departamentos siendo el primero el de Sanidad, integrado por unos cincuenta trabajadores que se dedicaban a la recolección de basura, mantenimiento de caminos, limpieza de caños, vías y construcción de obras varias en el cantón.

2.3. Misión de la empresa.

Como Gobierno Local la Municipalidad de Curridabat es una organización pública que toma y ejecuta decisiones en representación de los habitantes de Curridabat. Observa la situación económica, social y ambiental del cantón, planifica formas de actuar sobre los problemas, las oportunidades que identifica, ejecuta acciones y servicios que preservan y mejoran la calidad de vida de las personas que viven, estudian, trabajan y pasan por la comunidad. Para cohesionar y equilibrar la comunidad combina gestión administrativa, servicios públicos, iniciativas de desarrollo y diálogo social

2.4. Visión de la empresa.

Curridabat será una comunidad integrada, con objetivos ambientales, económicos y sociales compartidos por los habitantes, proclive al diálogo a la eficiencia y la solidaridad. La Municipalidad habrá orientado a la población hacia al Desarrollo Humano Sostenible, con fidelidad a los valores que rigen su gestión y la realidad mutuamente provechosa con los sectores sociales

2.5. Ubicación espacial.

Se ubica al sureste de la Ciudad de San José, limita con Montes de Oca, La Unión, Desamparados y San José.

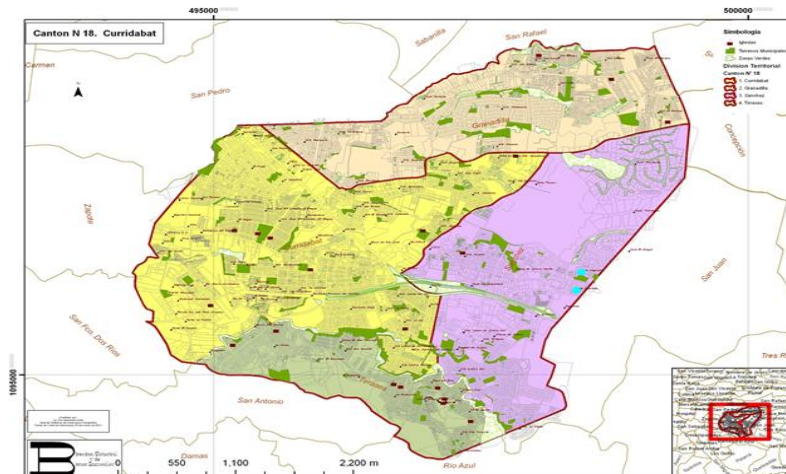


Figura 3: Mapa actual del cantón de Curridabat

Fuente: Municipalidad de Curridabat

2.6. Organigrama.

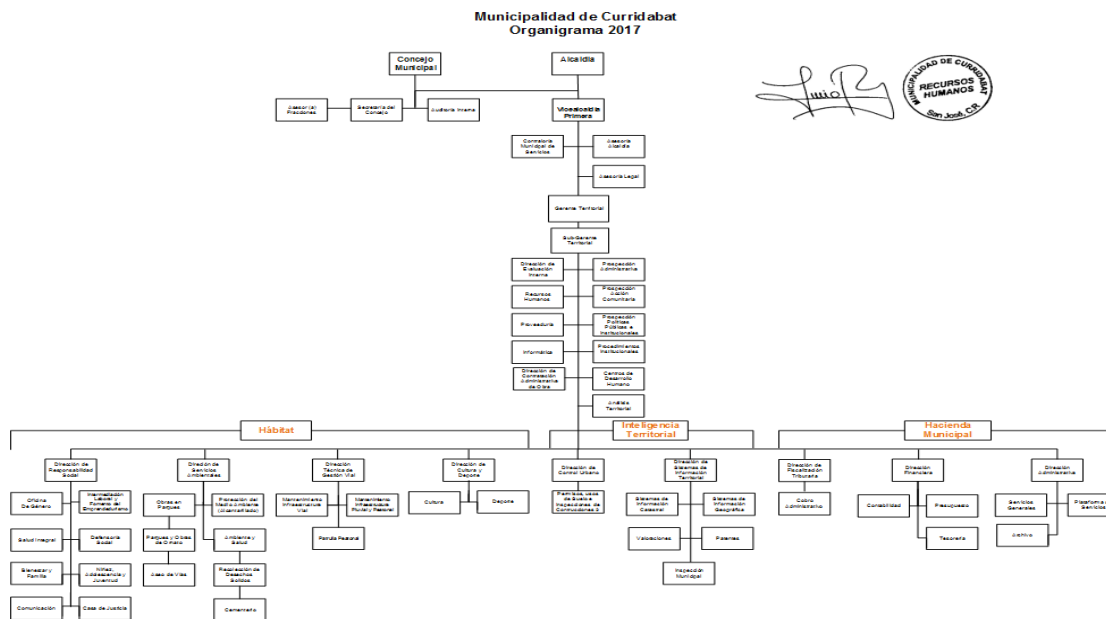


Figura 4: Organigrama Organizacional de la Municipalidad de Curridabat

Fuente: Municipalidad de Curridabat

2.7. Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio.

Siempre es importante tener o adquirir el conocimiento previo a cualquier investigación para poder tener un mejor entendimiento del diseño y mantenimiento de los sistemas. En esta sección se hace un repaso de los conceptos básicos necesarios para comprender el diseño de este proyecto.

2.7.1. Aguas residuales

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) posee un glosario en línea en el cual encontramos la definición de aguas residuales.

Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales. (FAO, 2016)

En palabras más simples, son las corrientes de agua que han sido afectadas por las actividades del ser humano. Estas aguas pueden contener residuos de grasa, detergentes, jabones e incluso materia fecal. Actualmente las ciudades tienen sistemas que permiten llevar estas aguas a plantas de tratamiento antes de ser devueltas a fuentes de agua más grandes (ríos, mantos acuíferos, lagunas e incluso al mar).

El Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) define estas aguas como “aquellas que contienen desperdicios, materiales en suspensión o solución de origen humano, animal, vegetal o químico, provenientes de las descargas de residencias, edificios comerciales o instalaciones industriales de cualquier índole” (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017).

Este mismo código señala dos tipos diferentes de aguas residuales, agua residual ordinaria y agua residual especial.

2.7.1.1. Agua residual ordinaria

Se define en el Código como “agua residual generada por las actividades domésticas del ser humano (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos); a menos de que se indique lo contrario” (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017).

En otras palabras son las aguas que provengan de las actividades domésticas del ser humano y que contaminen las fuentes de agua potable que brinda Acueductos y Alcantarillados.

2.7.1.2. Agua residual especial

El código la define como “aquella de tipo diferente a la ordinaria; por ejemplo, aguas de procesos industriales u hospitalarios” (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017).

Dicho de una manera más sencilla es cualquier agua residual que no provenga de actividades domésticas del ser humano, como por ejemplo que contenga residuos hospitalarios, residuos de producción en procesos de manufactura, lavado de piezas automotrices que contengan grasa o aceite, etcétera.

2.7.2. Alcantarillado Pluvial

Se define como un sistema de tuberías o canales que se utilizan para transportar o recolectar las aguas de lluvia que caen al sistema mediante escorrentía de la superficie. El Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales publicado por el Ministerio de Ambiente y Energía define este sistema como “Red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas de lluvia hasta su punto de vertido” (Ministerio de Ambiente y Energía, 2007)

En Costa Rica, el alcantarillado pluvial recibe las aguas pluviales de los sistemas de recolección de lluvia y también las aguas residuales ordinarias de las edificaciones cercanas a este sistema, para luego ser vertidas a alguna fuente de agua cercana, usualmente ríos y quebradas cercanos.

2.7.3. Interceptor

Como la misma palabra lo indica, un interceptor es un dispositivo que permite separar materiales del flujo de agua utilizando la gravedad para que el flujo de agua siga su curso hacia cualquier otro dispositivo o conducto de desagüe.

De nuevo ayudados por el Código, este nos define este término como “dispositivo diseñado e instalado para separar y retener materiales indeseables o peligrosos que puedan contener las aguas residuales de una edificación, permitiendo, a su vez, el desagüe por gravedad de dichas aguas a los conductos de desagüe.” (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

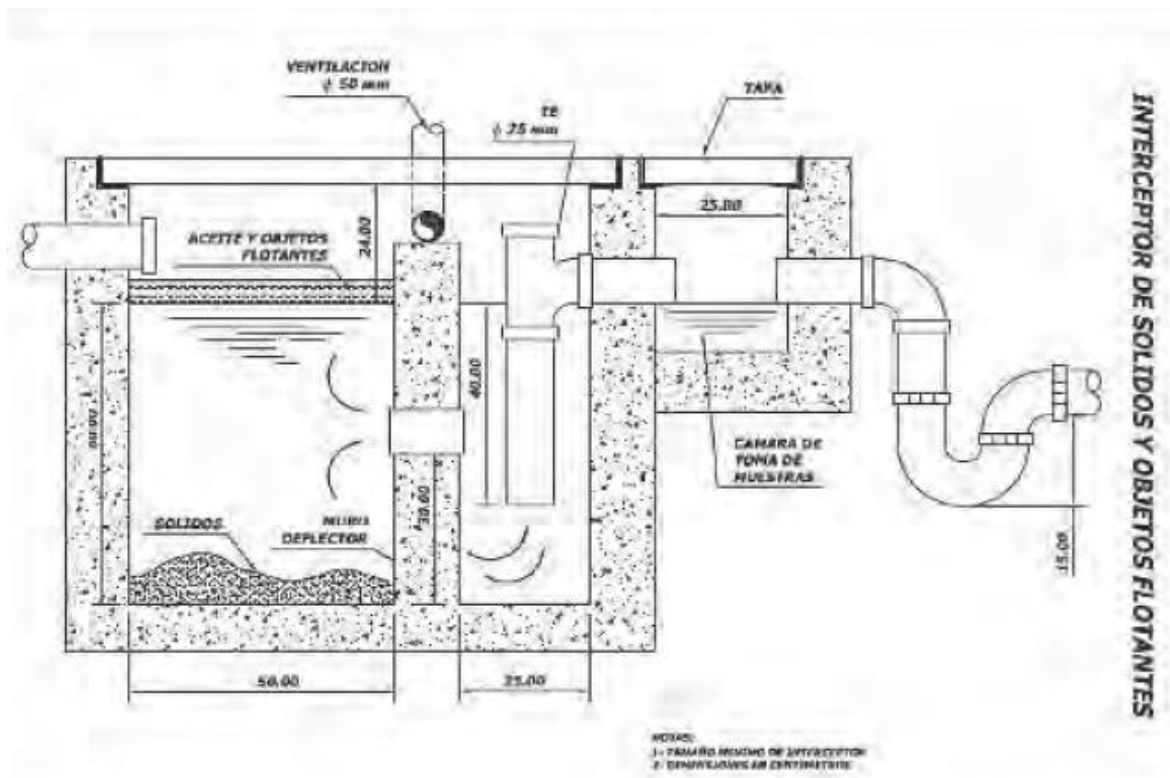


Figura 5: Corte transversal de un interceptor de sólidos

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

2.7.4. Tanque Imhoff

Se les conoce también como tanque decantador-digestor. Es básicamente una modificación de una fosa séptica en la que las zonas de decantación y digestión están una encima de la otra.

Joan García y Angélica Corzo en su libro “Depuración con Humedales Construidos” (2008) explican el funcionamiento de este dispositivo de la siguiente manera:

Los sólidos que sedimentan pasan hacia la zona de digestión a través de unas ranuras existentes en el fondo del compartimento superior. Una vez en la zona de digestión, los lodos son digeridos a temperatura ambiente durante un periodo de 6 meses en zonas cálidas y un mínimo de un año en zonas templadas o frías.

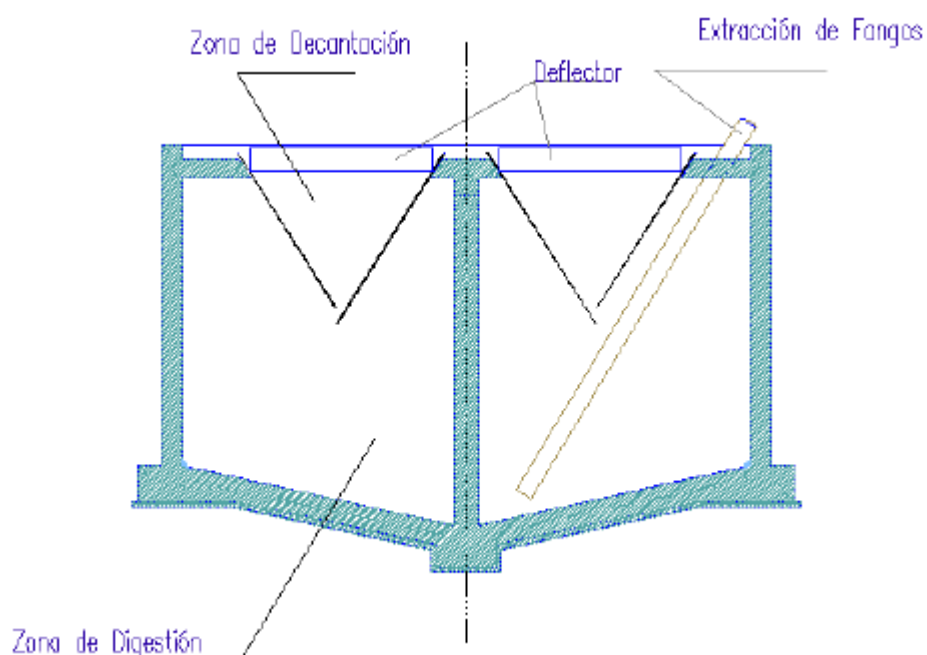


Figura 6: Esquema de sección de un tanque Imhoff
Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

2.7.5. Sistemas de Drenaje

La palabra drenaje es la forma en la que se elimina el exceso de agua hacia una fuente cercana. La FAO (2016) la define como:

Eliminación natural o artificial del exceso de aguas subterráneas y superficiales y las sales disueltas del terreno con la finalidad de mejorar la producción agrícola. En el caso del drenaje natural, el exceso de agua fluye de los campos a lagos, pantanos, corrientes de agua y ríos. En los sistemas artificiales, las aguas subterráneas o superficiales en exceso se eliminan por conducciones subterráneas o superficiales.

Los primeros sistemas de drenaje fueron encontrados en el Valle del Indo. Incluso el Imperio Romano tuvo un sistema para la eliminación de aguas residuales hacia el río Tíber conocido como “Cloaca Máxima” (Hopkins, 2007). Luego de este ejemplo, el primer sistema de drenaje a gran escala fue implantado en París, que evacuaba tanto las aguas pluviales y las aguas negras de la ciudad a través de canales subterráneos. Actualmente los sistemas modernos de drenaje separan las aguas pluviales, las aguas residuales comunes (conocidas como aguas grises) y las aguas negras (aguas contaminadas con materia fecal) para que estas sean tratadas de acuerdo a su nivel de contaminación.

En Costa Rica, los sistemas de alcantarillado reciben las aguas pluviales y grises que son enviadas luego por tubería subterránea hacia los ríos u otras fuentes de agua. Las aguas negras son depositadas en tanques sépticos y cuando está disponible en un sistema de cloacas que son luego enviadas hacia plantas de tratamiento.

2.7.6. Sistemas de tratamiento

El MINAE (2007) define este término como “Conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, cuya finalidad es mejorar la calidad del agua residual a la que se aplican.”

Son todos los procesos que se le apliquen a un flujo de agua para mejorar su calidad antes de ser usada para otro fin, sea agua potable o algún otro uso definido por el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales.

2.7.7. Humedales artificiales

Los humedales artificiales son estructuras creadas por el hombre simulando un humedal natural y su vegetación y que permiten el filtrado del agua que pasa a través de este dispositivo usando el sustrato del suelo, las plantas sembradas, los microorganismos encontrados en el humedal y procesos químicos propios de este sistema.

Los humedales construidos son sistemas de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos (de menos de 1 m) plantados con vegetales propios de las zonas húmedas y en los que los procesos de descontaminación tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos, la vegetación e incluso la fauna. Los humedales construidos también se denominan humedales artificiales. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Se distinguen dos tipos de humedales artificiales: humedales de flujo superficial y humedales de flujo subsuperficial.

2.7.7.1. Humedales de flujo superficial

En este tipo de humedal el agua está expuesta a la superficie (similar a una laguna de oxidación) y sobre el sustrato, y circula alrededor de las plantas sembradas en el humedal.

En los sistemas de flujo superficial el agua está expuesta directamente a la atmósfera y circula preferentemente a través de los tallos y hojas de las plantas. Estos tipos de humedales se pueden entender como una modificación del lagunaje natural con una profundidad de la lámina de agua entre 0,3 y 0,4 m, y con plantas. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

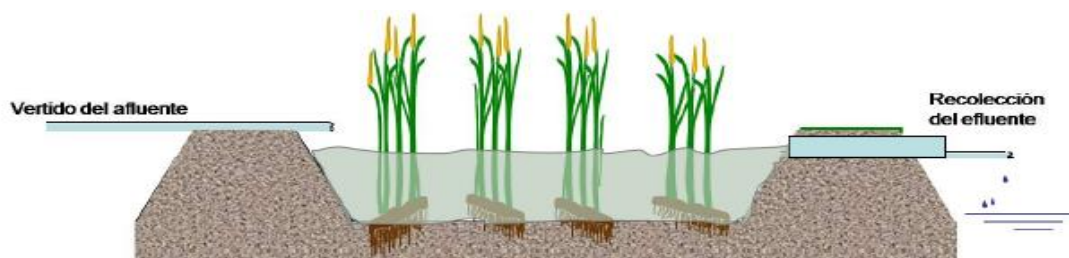


Figura 7: Humedal de flujo superficial

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

2.7.7.2. Humedales de flujo subsuperficial

Para esta clase de humedales el flujo de agua circula a través del sustrato empleado, se filtra por las raíces de las plantas sembradas en el humedal y por los microorganismos que habitan en este dispositivo.

En los humedales de flujo subsuperficial la circulación del agua es de tipo subterráneo a través de un medio granular y en contacto con las raíces y rizomas de las plantas. La profundidad de la lámina de agua suele ser de entre 0,3 y 0,9 m. La biopelícula que crece adherida al medio granular y a las raíces y rizomas de las plantas tiene un papel fundamental en los procesos de descontaminación del agua. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

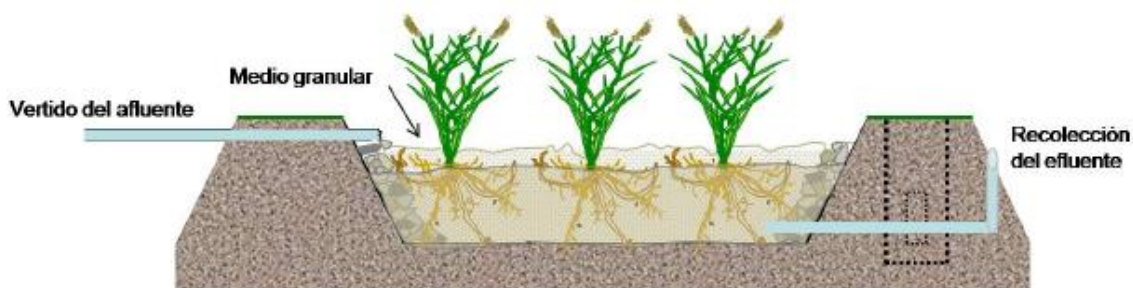


Figura 8: Humedal de flujo subsuperficial

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

2.7.8. Vertido

“Es la descarga final de un efluente a un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario” (Ministerio de Ambiente y Energía, 2007). La definición nos explica que es la descarga final hacia un efluente de agua o una fuente de agua más grande, como son los ríos, quebradas o mantos acuíferos.

En nuestro caso el vertido se hará hacia una fuente de agua cercana como lo es el Río María Aguilar, que está cercano al proyecto.

2.8. Hipótesis.

Este trabajo diseñará un sistema de drenaje urbano sostenible que permita recolectar las aguas del alcantarillado de la zona escogida, elimine los residuos sólidos, grasas y lodos del flujo de agua antes de pasar por un humedal artificial que filtrara los químicos y desechos orgánicos restantes del flujo, previo a verter el caudal de agua al río María Aguilar.

2.9. Limitaciones.

Este trabajo evalúa únicamente el diseño del drenaje y no su ejecución, ya que esta estará a cargo de la Municipalidad de Curridabat, con presupuesto de esta entidad. No se podrá verificar si los parámetros de vertido reales al río son los adecuados hasta que el proyecto esté en marcha.

AL ser este proyecto basado en una propuesta de mejora para el cantón de Curridabat, tampoco se cuenta con un estudio del perfil de aguas residuales para la zona, ya que el cambio propuesto implica también un cambio en las edificaciones cercanas a la zona del proyecto.

2.10. Alcances

El diseño de este proyecto permitirá evaluar la implementación de este tipo de sistemas en una ciudad, y dará un ejemplo para que más de estos proyectos sean diseñados e implementados alrededor del cantón.

También permitirá que las aguas del alcantarillado sean tratadas de una forma adecuada antes de su vertido al río, contribuyendo a que el agua del río no sea contaminada por los desechos que constantemente recoge el sistema de alcantarillado de nuestro país.

Al ser parte de la iniciativa “Ciudad Dulce”, el proyecto contribuirá a la atracción de polinizadores naturales a la zona, contribuyendo a que las abejas, aves e insectos polinizadores sean parte del ecosistema del cantón y contribuyan al desarrollo de este mismo.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO

Para iniciar el diseño de este sistema dividimos el área total de diseño en 4 grades áreas de recolección que luego enviarán las aguas recolectadas hacia un área de tratamiento, y luego hacia un humedal artificial.

Cada área de recolección será medida mediante el plano de diseño facilitado por el arquitecto y subdividida en áreas comunes. Los datos de cada área así como su superficie pueden ser encontrados en la siguiente imagen y cuadros respectivos.



Figura 9: Definición de zonas de recolección de alcantarillado

Tabla 1: Medición de y definición de áreas para el Área 1

Area 1			
Área	Parque	Asfalto	unidad
Cantidad	774,61	434,31	m ²

Tabla 2: Medición de y definición de áreas para el Área 2

Area 2			
Área	Comercial	Asfalto	unidad
Cantidad	1568,25	617,79	m ²

Tabla 3: Medición de y definición de áreas para el Área 3

Área 3			
Área	Comercial	Asfalto	unidad
Cantidad	2428,69	897,21	m ²

Tabla 4: Medición de y definición de áreas para el Área 4

Área 4			
Área	Comercial	Asfalto	unidad
Cantidad	2313,75	1165,38	m ²

3.1. Cálculo de los caudales de lluvia

Para determinar los caudales de lluvia de cada zona de recolección utilizamos la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CiA}{3600}$$

Donde:

Q= caudal de diseño de la tubería, bajante o canal de desagüe (L/s)

i= intensidad de la lluvia (mm / hora)

A= área de drenaje tributaria (m²)

C= coeficiente de escorrentía superficial (adimensional)

Ecuación 1

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

La intensidad de lluvia se debe estimar a partir de la curva de intensidad-duración-frecuencia (curva IDF) de la estación meteorología que se considere más cercana. Debido a que el Instituto Meteorológico Nacional no posee una estación meteorológica cercana al punto de diseño se establece usar las tablas de referencia dentro de la documentación del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Se define un periodo de retorno de 25 años ya que el mínimo recomendado por el Colegio es de 10 años (Artículo 9.3-1a):

Tabla 5: Intensidad de lluvia (mm/hr) para in periodo de retorno de 25 años

Región climática	5 minutos	10 minutos	15 minutos	30 minutos
Caribe	275	205	190	160
Norte	235	200	185	150
Valle Central	310	245	210	160
Pacífico Norte	340	235	205	160
Pacífico Central	320	250	225	170
Pacífico Sur	335	255	215	165

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

El tiempo de concentración escogido para revisar el dato es de 10 minutos ya el mínimo especificado por el Colegio para áreas menores a 1 hectárea es de 5 minutos. Esto da como resultado una intensidad de lluvia de 245mm/hr.

Para localizar los coeficientes de escorrentía utilizamos la siguiente tabla propuesta por el Código:

Tabla 6: Coeficientes de escorrentía en la fórmula racional

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno (%)						
		Pronunciada > 50	Alta 20 - 50	Media 5 - 20	Suave 1 - 5	Despreciable 0 - 1		
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60		
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50		
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30		
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50		
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40		
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20		
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45		
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35		
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15		
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40		
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30		
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10		
Bosques, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35		
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25		
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05		
Tipo de área o zona	C	Tipo de superficie				C		
Comercial céntrico	0,70 a 0,95	Sin pavimentar				0,10 a 0,30		
Comercial periférico	0,50 a 0,70	Asfálticos				0,85 a 0,90		
Oficinas comerciales	0,50 a 0,70					Mezclas bituminosas		
Industrial espaciada	0,50 a 0,80	Adoquinado						
Industrial densa	0,60 a 0,90					Con juntado		
Residencial unifamiliares	0,30 a 0,50	Estancas						
Residencial multifamiliar espaciada	0,40 a 0,60					Pavimentos		
Residencial multifamiliar densa	0,60 a 0,75	De mosaico						
Residencial semiurbana	0,25 a 0,40					Hormigón		
Deportivas	0,20 a 0,35	Ladrillo						
Parques	0,20 a 0,35					Grava		
Estaciones ferrocarril	0,20 a 0,40	Cubiertas						
Condominios	0,40 a 0,60					Cubiertas		
Apartamentos	0,60 a 0,80	Cubiertas						
Cementerios	0,20 a 0,35					Cubiertas		

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

Al estar utilizando un periodo de retorno de 25 años, el Código nos obliga a utilizar un factor de corrección para el coeficiente de escorrentía ubicado en la siguiente tabla:

Tabla 7: Factor de frecuencia para el coeficiente de escorrentía

Período de retorno (años)	Factor de frecuencia C_r (-)
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

Utilizando estas tabla podemos observar que el factor de frecuencia correcto es de 1,10. Este dato sumado a los datos anteriores de las tablas expuestas podemos entonces pasar a calcular los caudales de lluvia necesarios para el diseño:

Tabla 8: Calculo de Caudales de lluvia necesarios para el Área 1

Área 1			
Área	Parque	Asfalto	unidad
Cantidad	774,61	434,31	m ²
C	0,35	0,90	
Q	20,30	29,26	L/s
Q total	49,56		L/s

Tabla 9: Cálculo de Caudales de lluvia necesarios para el Área 2

Área 2			
Área	Comercial	Asfalto	unidad
Cantidad	1568,25	617,79	m ²
C	0,70	0,90	
Q	82,18	41,62	L/s
Q total	123,80		L/s

Tabla 10: Cálculo de Caudales de Lluvia necesarios para el Área 3

Área 3			
Área	Comercial	Asfalto	Unidad
Cantidad	2428,69	897,21	m ²
C	0,70	0,90	
Q	127,27	60,45	L/s
Q total	187,72		L/s

Tabla 11: Cálculo de Caudales de Lluvia necesarios para el Área 4

Área 4			
Área	Comercial	Asfalto	unidad
Cantidad	2313,75	1165,38	m ²
C	0,70	0,90	
Q	121,25	78,52	L/s
Q total	199,76		L/s

Este caudal de lluvia no es el caudal final de diseño ya que también debe sumársele un estimado del caudal de aguas residuales que el sistema actual de alcantarillado podría estar recibiendo.

3.2. Cálculo de Aguas Residuales

El cálculo de las aguas residuales se realizara basado en una población estimada de 500 habitantes, ya que el diseño propuesto no especifica la cantidad de habitantes para la zona establecida. El diseño, sin embargo, si especifica que la zona escogida estará destinada a quioscos comerciales, paradas de autobuses, una zona comercial y un hotel.

Para determinar el caudal medio diario utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\beta \cdot P \cdot D}{1000}$$

Siendo,

Q el caudal medio diario, en m³/día.

P la población, en habitantes.

D la dotación, en L/hab-día.

β la cantidad de agua de abastecimiento que se convierte en agua residual, expresada en tanto por uno.

Ecuación 2

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Definimos la cantidad de agua de abastecimiento que se convierte en agua residual en un 60%. La dotación de agua será definida por la siguiente tabla:

Tabla 12: Dotaciones mínimas diarias

Clase de edificación	Dotación (Litros/persona/día)
Casas de interés social	150
Casas unifamiliares	250
Apartamentos y condominios	250
Hoteles y alojamientos ⁽¹⁾	200
Hospitales ⁽²⁾	1250
Escuelas	
Alumnado externo	50
Alumnado interno	150
Restaurantes, bares y similares ⁽³⁾	25
	50 ⁽⁴⁾
Instalaciones deportivas y baños públicos	50
Locales comerciales y edificios para oficina	50
	6 ⁽⁴⁾
Salas de baile y similares	30 ⁽⁴⁾
Cines, teatros, auditorios y templos	8
Estadios, gimnasios y similares	4
Orfanatos, asilos y similares	150
Fábricas en general (uso personal)	60
Carnicerías y pescaderías	20 ⁽⁴⁾
Mercados	5 ⁽⁵⁾

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

Tomando en cuenta que el mayor desarrollo urbanístico programado para la zona es un hotel tomamos la dotación diaria mínima como 200 litros/persona/día. Sustituyendo todos los datos en la fórmula antes expuesta tenemos que:

$$Q_{med\ d} = \frac{0,6 * 500\ hab * 200l/hab/dia}{1000} = 60m^3 / dia$$

Conociendo el caudal medio diario para la zona escogida podemos continuar con el cálculo de otros caudales necesarios para el diseño del sistema. Comenzamos con el caudal medio horario determinado por la siguiente fórmula:

$$Q_{med\ h} = \frac{Q_{med\ d}}{24}$$

Ecuación 3

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Entonces utilizando los datos ya conocidos y la formula anterior determinamos este dato:

$$Q_{med\ h} = \frac{60\ m^3/dia}{24} = 2,5\ m^3/h$$

Estos caudales son únicamente una estimación media del caudal de aguas residuales del sistema, requerimos de los caudales punta y máximos los cuales calcularemos a continuación utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{punta\ d} = Q_{med\ d} * k_1$$

Ecuación 4

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Siendo k_1 el coeficiente punta tomado de la siguiente tabla:

Tabla 13: Valores recomendados de coeficientes punta para pequeñas comunidades (<2000 hab)

Parámetro	Intervalo	Valor Típico
Coficiente punta diario	1,2-2,0	1,7
Coficiente punta mensual	1,0-1,5	1,2

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Utilizando los valores típicos de la tabla entonces nuestro valor de k_1 es 1,7. Ahora pasamos a sustituir los datos a la ecuación:

$$Q_{punta\ d} = 60\ m^3/dia * 1,7 = 102\ m^3/dia$$

Para calcular el caudal punta horario primero debemos calcular el coeficiente punta horario utilizando la fórmula:

$$C_{punta\ h} = \frac{5}{p^{1/6}}$$

Ecuación 5

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sabiendo que la población del sistema es de 500 habitantes entonces podemos determinar es coeficiente:

$$C_{punta\ h} = \frac{5}{500\ hab^{1/6}} = 1,77$$

Una vez calculado el coeficiente punta horario procedemos a calcular el caudal punta horario utilizando la fórmula:

$$Q_{punta\ h} = Q_{med\ h} * C_{punta\ h}$$

Ecuación 6

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos conocidos en la fórmula entonces:

$$Q_{punta\ h} = 2,5m^3/h * 1,77 = 4,44m^3/h$$

Pasamos luego a calcular el caudal máximo diario que se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{max\ d} = 2 * Q_{punta\ d}$$

Ecuación 7

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Como conocemos todos los datos entonces:

$$Q_{max\ d} = 2 * 102\ m^3/dia = 204m^3/dia$$

Por último calculamos el caudal máximo instantáneo, que debe ser sumado a los caudales de lluvia totales para determinar el caudal total del sistema:

$$Q_{max\ i} = 10 * Q_{med\ d}$$

Ecuación 8

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos tenemos que:

$$Q_{max\ i} = 10 * 60m^3/dia = 600\ m^3/dia$$

En resumen tenemos los siguientes caudales:

Tabla 14: Resumen de caudales calculados para el diseño del sistema

Caudal	valor	unidad
Q med d	60	m^3/dia
Q med h	2,5	m^3/h
Q punta d	102	m^3/dia
Q punta h	4,44	m^3/h
Q max d	204	m^3/dia
Q max ins	600	m^3/dia

Para calcular los caudales totales para el diseño del sistema se hace una suma de los caudales de lluvia y el caudal máximo instantáneo de las aguas residuales. Se hace una conversión de unidades para el caudal máximo instantáneo:

$$Q_{\max i} = 600 \frac{m^3}{dia} * 1000 \frac{l}{m^3} * \frac{1 dia}{86400 s} = 6,94 l/s$$

En resumen los caudales totales por zona son los siguientes:

Tabla 15: Resumen de caudales totales por zona

Caudales totales por zona				
Área	Q max i	Q lluvia	Q total	Unidad
Área 1	6,94	49,56	56,50	L/s
Área 2	6,94	123,80	130,75	L/s
Área 3	6,94	187,72	194,66	L/s
Área 4	6,94	199,76	206,71	L/s

3.3. Dimensionamiento de la tubería horizontal

Conociendo los caudales totales por zona podemos proceder a la escogencia del diámetro de la tubería horizontal. Para esto consultamos los lineamientos propuestos por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos. Sin embargo, las cargas permisibles para tuberías horizontales están reguladas por Unidades de Descarga.

Una unidad de descarga equivale a 0,47 litros por segundo de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 16: Dimensionamiento de desagües indirectos

Caudal de descarga (l/s)	Equivalencia (u.d.)
0,00 a 0,47	1
0,50 a 0,95	2
1,00 a 1,89	4
1,95 a 3,15	6

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

Teniendo este dato en consideración y conociendo los caudales totales podemos entonces calcular la cantidad de unidades de descarga por cada zona:

Tabla 17: Conversión de caudales totales a Unidades de Descarga

Caudales totales por zona				
Área	Q total	Unidad	Q total	Unidad
Área 1	56,50	L/s	121	UD
Área 2	130,75	L/s	279	UD
Área 3	194,66	L/s	415	UD
Área 4	206,71	L/s	440	UD

Este dato es necesario para poder consultar el diámetro del tubo necesario para la cantidad de unidades de descarga. Utilizamos la siguiente tabla de referencia que nos da el Colegio de Ingenieros y Arquitectos:

Tabla 18: Cargas Máximas Permisibles para Tuberías de Drenaje Horizontales

Diámetro del tubo (mm)	Cualquier ramal horizontal de accesorio	Desagües y ramales principales			
		Pendiente (%)			
		0.5	1.0	2.0	4.0
Unidades de descarga					
32 ⁽¹⁾	1	np	np	np	np
38 ⁽¹⁾	3	np	np	np	np
50 ⁽¹⁾	6	np	np	21	26
62 ⁽¹⁾	12	np	np	24	31
75	20 ⁽²⁾	np	20 ⁽²⁾	27 ⁽²⁾	36 ⁽²⁾
100	160	np	180	216	250
125	360	np	390	480	575
150	-	np	700	840	1000
200	-	1400	1600	1920	2300
250	-	2500	2900	3500	4200
300	-	3900	4600	5600	6700

Notas:

1. No se permiten inodoros.
2. No se permiten más de dos inodoros.
3. No se permiten más de seis inodoros.

Fuente: (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2017)

Utilizando esta información de referencia entonces el diámetro mínimo necesario para cada área de recolección:

Tabla 19: Dimensionamiento de tubería por área

Área	Q total	Unidad	Diámetro (mm)	Pendiente
Área 1	121	UD	100	1%
Área 2	279	UD	125	1%
Área 3	415	UD	125	2%
Área 4	440	UD	125	2%

Debido a que el Código exige que toda la tubería del sistema posea el mismo diámetro de sección, entonces se escoge un diámetro mínimo de 125mm con una pendiente del 2% para todo el sistema y sus accesorios necesarios.

3.4. Dimensionamiento del pre tratamiento

Como pre tratamiento previo al ingreso al tratamiento primario se escoge realizar un canal con un aliviadero de entrada para regular la velocidad de ingreso del flujo, una reja de separación de sólidos y un desarenador que filtre las arenas y polvo que floten en el caudal de agua.

3.4.1. Aliviadero de entrada

Primero consideramos el caudal de vertido del sistema al aliviadero de entrada, utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_v = Q_{lluv} - 10 \cdot Q_{med,d}$$

Siendo,

Q_v el caudal de vertido que debe evacuar el aliviadero, en m^3/s .

Q_{lluv} el caudal de lluvia + agua residual que llega a la instalación, en m^3/s .

$Q_{med,d}$, el caudal medio, en m^3/s .

Ecuación 9

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos conocidos anteriormente tenemos que:

$$Q_v = 0,20m^3/s - (10 * (7,20x10^{-4})) = 0,19m^3/s$$

Teniendo este dato procedemos a calcular la altura del agua en el canal (P) y la altura de la lámina de agua sobre el vertedero (H). La altura P se calcula tanto para el caudal máximo instantáneo como para el caudal de lluvia más alto. Consideramos un ancho de canal propuesto de 0,5 metros y una velocidad de flujo de 0,6m/s de acuerdo con el artículo 7.3.3-1b del Código del CFIA. Se utiliza entonces la siguiente fórmula para cada caudal:

$$\frac{Q(m^3 / s)}{vel(m / s) * ancho(m)} = P(m)$$

Ecuación 10

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Como conocemos todos los datos necesarios pasamos a calcular la altura necesaria para cada caudal requerido:

$$P(m)_{lluvia} = \frac{0,20m^3/s}{0,6m/s * 0,5m} = 0,67m$$

$$P(m)_{Q_{max i}} = \frac{(7,20 \times 10^{-3})m^3/s}{0,6m/s * 0,5m} = 0,02m$$

Restando ambos valores entonces obtenemos la altura H mínima para el vertedero:

$$H = 0,67m - 0,02m = 0,65m$$

Se determina a continuación el caudal por metro lineal del vertedero utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = 1,83 \times (1 - (0,2 \cdot H)) \times (H)^{1,5}$$

Siendo,

Q el caudal por metro lineal, en $m^3/m \cdot s$.

H la altura de la lámina de agua sobre el vertedero en m.

Ecuación 11

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos conocidos en la fórmula tenemos que:

$$Q = (1,83 * (1 - 0,2 * 0,65m)) * (0,65m)^2 = 0,82m^3/m * s$$

Conociendo este dato utilizamos la siguiente fórmula para determinar el largo mínimo necesario para el aliviadero de entrada:

$$L = \frac{Q_v}{Q}$$

Ecuación 12

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Por lo tanto la longitud mínima necesaria para el vertedero de entrada es:

$$L = \frac{0,19m^3/s}{0,82m^3/m * s} = 0,23m$$

3.4.2. Canal de separación de sólidos

Tomando en cuenta los valores recomendados expuestos en la siguiente tabla definimos los valores mínimos de diseño por utilizar:

Tabla 20: Valores recomendados para el diseño de canal de desbaste y sus respectivas rejillas

Características	Reja de Gruesos	Reja de Finos
Modo de funcionamiento	Manual	Automático
Anchura de los barrotes (mm)	>12	<6
Luz entre barrotes (mm)	50-100	10-25
Pendiente en relación a la vertical (grados)		30-45
Velocidad de aproximación (m/s)		0,3-0,6
Pérdida de carga admisible (m)	0,15	0,15

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Definimos entonces los siguientes parámetros para una rejilla de gruesos en el sistema de filtración:

Tabla 21: Parámetros definidos para el diseño del canal de separación de sólidos

Características	Valor	Unidad
Ancho de barrotes	16	mm
Luz entre barrotes	50	mm
Pendiente	30	grados
Velocidad	0,6	m/s
Tiempo de retención	5	s

Con estos parámetros definidos se utiliza la siguiente ecuación para determinar el ancho útil de paso del canal, sabiendo que el ancho del canal es de 0,5 metros:

$$W_u = (A_c - n \cdot A_b) \cdot \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

Siendo,

W_u el ancho útil de paso, en m.

A_c el ancho de canal, en m.

n el número de barrotes.

A_b el ancho de barrotes, en m.

G el grado de colmatación, normalmente se utiliza un valor de 30 %.

Ecuación 13

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Utilizando los datos conocidos sustituimos los valores en la ecuación:

$$W_u = (0,5m - 10 * 0,0016m) * (1 - \frac{30}{100}) = 0,24m$$

Con este dato entonces podemos determinar la altura mínima necesaria para que el canal funcione correctamente utilizando la siguiente fórmula:

$$h = \frac{Q}{v} \times \frac{1}{W_u}$$

Siendo,

h el calado, en m.

Q el caudal de paso, en m³/s.

v la velocidad de aproximación, en m/s.

Ecuación 14

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los valores ya conocidos para la ecuación obtenemos el dato necesario:

$$h = \frac{(7,20 \times 10^{-3} m^3/s)}{0,6 m/s} * \frac{1}{0,24m} = 0,05m$$

Para determinar el largo mínimo del canal utilizamos la siguiente ecuación:

$$L = T_H \cdot v$$

Donde,

L es el largo del canal, en m.

T_H es el tiempo de retención, en s.

v es la velocidad de aproximación del agua, en m/s.

Ecuación 15

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos ya conocidos en la ecuación tenemos que:

$$L = 5s * 0,6m/s = 3m$$

Reiteramos que estos valores de diseño son valores mínimos a este punto y deberán corroborarse en el diseño final.

3.4.3.Desarenador

Para el desarenador requerimos definir los parámetros iniciales de diseño, se toman de la siguiente tabla:

Tabla 22: Valores recomendados para el dimensionamiento de desarenadores

Parámetro	Intervalo	Valor	Valor típico
Flujo horizontal (canales desbaste)			
Carga hidráulica		<70 m ³ /m ² ·hora (a Q _{máx})	
Velocidad horizontal del agua	0,2-0,4 m/s	0,3 m/s	
Tiempo de retención	45-90 s	60s	
Longitud	20-25 veces la altura de la lámina de agua		
Relación Largo-ancho	1,5-3,0	2	

Fuente: (Garcia Serrano & Corzo Hernandez, 2008)

Basados en esta tabla se seleccionan los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 23: Valores seleccionados para el dimensionamiento del desarenador

Características	Valor	Unidad
Carga Hidráulica	<70	m ³ /m ² * h
Velocidad	0,3	m/s
Tiempo de retención	60	s
Relación L-W	2	m/m

Considerando los parámetros ya establecidos utilizamos la siguiente ecuación para despejar la longitud necesaria para el desarenador:

$$W = \frac{L}{\text{relación largo - ancho}}$$

Siendo,

W el ancho del canal, en m.

L el largo del canal, en m.

Ecuación 16

Fuente: (Garcia Serrano & Corzo Hernandez, 2008)

Sustituyendo los datos conocidos y despejando la ecuación obtenemos el siguiente dato:

$$\text{relacion largo} - \text{ancho} * W = L$$

$$2 * 0,5m = 1m$$

Se procede entonces a calcular el área transversal necesaria para el desarenador con la fórmula:

$$A = \frac{Q_{\max}}{V_H}$$

Siendo,
 A la sección transversal. en m².
 Q el caudal máximo en m³/s
 V_H la velocidad horizontal del agua, en m/s.

Ecuación 17

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Se procede a sustituir entonces los datos en la ecuación para obtener el área transversal del desarenador:

$$A = \frac{(7,20 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{0,3 \text{ m/s}} = 0,02 \text{ m}^2$$

Conociendo el área transversal mínima necesaria para el desarenador se utiliza la siguiente fórmula para determinar la altura mínima necesaria:

$$h = \frac{A}{W}$$

Siendo,
 h el calado, en m.
 A la sección transversal, en m².
 W el ancho del canal, en m.

Ecuación 18

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos encontrados anteriormente:

$$h = \frac{0,02m^2}{0,5m} = 0,05m$$

Se verifica entonces a continuación que la carga hidráulica superficial no sea mayor a 70 metros cúbicos entre metro cuadrado por hora, utilizando la fórmula a continuación:

$$C_s = \frac{Q}{L * W}$$

Siendo,

C_s la carga superficial, en $m^3/m^2 \cdot h$.

Q el caudal en m^3/h .

L , el largo del canal, en m.

W el ancho del canal, en m.

Ecuación 19

Fuente: (Garcia Serrano & Corzo Hernandez, 2008)

Con los datos calculados anteriormente se sustituyen en la fórmula antes descrita:

$$C_s = \frac{24,96m^3/h}{1m * 0,5m} = 49,92m^3/m^2 * h$$

$$49,92 m^3/m^2 * h < 70 m^3/m^2 * h$$

Como la carga superficial del desarenador es menor a $70 m^3/m^2 * h$ se toman los datos como correctos y se continúa con el dimensionamiento del sistema.

3.5. Dimensionamiento del tratamiento primario

Para el tratamiento primario se dimensiona un tanque Imhoff que separara grasas y lodos del flujo de agua que se recibe del sistema de recolección y que contribuirá a la eliminación de componentes en al menos un 20%.

3.5.1. Superficie para la zona de decantación

El diseño del tanque Imhoff está determinado por la zona de decantación. Para calcular la superficie de decantación se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{Q_{punta,d}}{L_{Hpunta,d}}$$

Siendo,

S la superficie de la zona de decantación, en m²,

Q_{puntad} el caudal punta diario, en m³/h,

L_{Hpuntad} la carga hidráulica superficial punta diaria, en m³/m²·h,

Ecuación 20

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Para dimensionar el tanque Imhoff nos referimos a la siguiente tabla para determinar los parámetros mínimos recomendados:

Tabla 24: Valores recomendados para los parámetros de dimensionamiento de un tanque Imhoff

Parámetro	Unidades	Rango	Valor usual
Zona de decantación			
Carga hidráulica superficial punta diaria	m ³ /m ² ·d	24-40	32
Tiempo de retención a Q _{med}	h	2-4	3
Tiempo de retención a Q _{punta horario}	h	-	1
Velocidad horizontal punta horaria	m/min	-	<0,3
Relación longitud/ancho	-	2/1-5/1	3/1
Pendiente de la cámara de decantación	-	1,25:1,0-1,75:1,0	1,5:1,0
Obertura inferior	m	0,15-0,3	0,25
Pestaña inferior	m	0,15-0,3	0,25
Deflector debajo de la superficie	m	0,25-0,4	0,3
Deflector encima de la superficie	m	0,3	0,3
Resguardo	m	0,45-0,6	0,6
Zona de escape de gases			
Área (% de la superficie total)	%	15-30	20
Anchura (a)	m	0,45-0,75	60
Zona de digestión			
Tiempo de digestión	años	0,5-1,5	1,0
Tasa de emisión unitaria de lodos	L/hab·año	100-200	140
Tubería de extracción de lodos	m	0,2-0,3	0,25
Distancia libre hasta el nivel del lodo	m	0,3-0,9	0,60
Profundidad total del agua en el tanque (desde la superficie hasta el fondo)	m	7-9	9

a. La abertura mínima debe ser de 0,45 m para permitir el acceso

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos conocidos en la formula obtenemos el siguiente resultado:

$$S = \frac{102m^3/h}{32m^3/m^2 * d} = 3,19m^2$$

3.5.2.Zona de escape de gases

Conocemos de la tabla que la zona de gases debe ser de al menos un 20% del área total y tener un ancho de 0,6 m. Utilizamos la siguiente ecuación para determinar entonces el área mínima necesaria para el tanque:

$$S_t = (1 + \%S_{gas}) \cdot S_{dec}$$

Siendo,

S_t la superficie total del tanque, en m^2 .

$\% S_{gas}$ porcentaje de la superficie de la zona de escape de gases respecto la superficie total, en tanto por uno.

S_{dec} la superficie de la zona de decantación, en m^2 .

Ecuación 21

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Si sustituimos los datos ya calculados en la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$S = (1 + 0,20) * 3,19m^2 = 3,83m^2$$

Conociendo esta superficie mínima del tanque y utilizando una relación de longitud-ancho de 2:1 entonces podemos despejar el ancho mínimo del tanque:

$$L * W = 3,83m^2$$

$$(2W) * W = 3,83m^2$$

$$W = 1,38m$$

Con esta medida mínima y sabiendo que el ancho de la zona de escape de gases es de 0,6 m se utiliza las siguientes ecuaciones para definir las dimensiones totales del tanque:

$$W_t = W_{dec} + W_{gas}$$

$$L_t = \frac{S_t}{W_t}$$

Siendo,

W_t el ancho total del tanque, en m.

W_{dec} el ancho de la zona de decantación, en m.

W_{gas} el ancho de la zona de escape de gases, en m.

L_t , la longitud total del tanque, en m.

S_t , superficie total del tanque.

Ecuación 22 y Ecuación 23

Fuente: (Garcia Serrano & Corzo Hernandez, 2008)

Sustituyendo los datos ya conocidos anteriormente tenemos que:

$$W_t = 1,38m + 0,60m = 1,98m$$

$$L_t = \frac{3,83m^2}{1,98m} = 1,93m$$

3.5.3. Dimensiones finales del tanque

Conociendo los parámetros mínimos para el tanque entonces procedemos a utilizar los siguientes datos para el diseño final del tanque:

Tabla 25: Valores seleccionados para el dimensionamiento del tanque Imhoff

Parámetro	Valor	Unidad
relación L-W	2:1	m/m
altura del deflector	0,3	m
pendiente pared	1,5:1	m/m
obertura inferior	0,25	m
Ancho	2	m
Largo	4	m

Procedemos a calcular las características de la zona de decantación utilizando las siguientes fórmulas:

$$P = [(W - O_i) / 2] \cdot p$$

$$A_1 = [(W - O_i) / 2] \cdot P / 2$$

$$A_e = O_i \cdot P$$

$$A_t = 2 \cdot A_1 + A_e$$

Siendo,

P la profundidad de la zona de decantación, en m.

O_i la longitud de la abertura inferior, en m.

p la pendiente de la zona de decantación, en m/m.

A₁, A_e y A_t la superficie del triángulo, rectángulo y la total, en m.

Ecuación 24, Ecuación 25, Ecuación 26 y Ecuación 27

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Utilizando los datos ya calculados y obtenidos de las tablas tenemos que:

$$P = \left[\frac{2m - 0,25m}{2} \right] * \frac{1,5}{1} = 1,28m$$

$$A_1 = \left[\frac{2m - 0,25m}{2} \right] * \frac{1,28m}{2} = 0,54m^2$$

$$A_e = 0,25m * 1,28m = 0,38m^2$$

$$A_t = 2 * 0,54m^2 + 0,38m^2 = 1,47m^2$$

Con estos datos entonces calculamos el volumen de decantación correspondiente usando la siguiente fórmula:

$$V_{dec} = (h_{deflector} \cdot S) + (A_t \cdot L)$$

Siendo,

V_{dec} el volumen de la zona de decantación, en m³.

h_{deflector} la altura de la zona sumergida del deflector, en m.

Ecuación 28

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Utilizando los datos ya conocidos de la tabla de referencia y seleccionados para este diseño obtenemos que:

$$V_{dec} = (0,3m * 2m * 4m) + (1,47m^2 * 4m) = 8,27m^3$$

Comprobamos que los datos encontrados sean funcionales para el diseño con las siguientes ecuaciones:

$$v_{puntah} = \frac{Q_{puntah}}{A_t * 60} < 0,3$$

$$2 < T_H \leq \frac{V_{dec} * 24}{Q} < 4$$

Siendo,

v_{puntah} la velocidad horizontal punta horaria, en m/min.

Q_{puntah} el caudal punta horario, en m³/h.

T_H el tiempo de retención medio, en h.

Q el caudal medio, en m³/día.

Ecuación 29 y Ecuación 30

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos conocidos en las ecuaciones antes descritas:

$$V_{punta h} = \frac{4,44m^3/h}{1,47m^2 * 60} = 0,05m/min$$

$$0,05m/min < 0,3m/min$$

$$T_h = \frac{8,27m^3 * 24}{60m^3/dia} = 3,31h$$

$$2h < 3,31h < 4h$$

3.5.4. Volumen de lodos

Para calcular el volumen de lodos a conservar dentro del tanque Imhoff se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{lodos} = \frac{VEU \cdot T_d \cdot N}{1000}$$

Siendo,

V_{lodos} el volumen ocupado por los lodos, en m^3 .
 VEU la velocidad de emisión unitaria de lodos, en L/hab·año.
 T_d el tiempo de digestión, en años.
 N el número de habitantes.

Ecuación 31

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Seleccionamos los siguientes datos seleccionados de la tabla de referencia para utilizar en la ecuación anterior:

Tabla 26: Parámetros seleccionados para la zona de digestión

Parámetro	Valor	Unidad
VEU	100	L/hab/año
T_d	0,5	años

Utilizando estos datos obtenemos entonces que:

$$V_{lodos} = \frac{100L/hab/año \cdot 0,5años \cdot 500hab}{1000} = 25m^3$$

Conociendo el volumen necesario para la digestión de lodos podemos calcular entonces la altura necesaria para esta área utilizando la siguiente fórmula:

$$h_3 = \left[\frac{L_t}{n} \right] \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Siendo,
 h_3 la altura del fondo (en la zona piramidal), en m.
 n el número de puntos de recogida de lodos.
 α la inclinación de las paredes del fondo.

Ecuación 32

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Utilizando un ángulo de 30 grados para la inclinación de las paredes del fondo entonces se sustituyen los datos conocidos en la ecuación:

$$h_3 = [(4m/1)/2] * \tan 30^\circ = 0,90m$$

Se procede entonces a calcular la profundidad de la zona de digestión fuera de la zona de recolección utilizando la fórmula siguiente:

$$h_2 = \frac{V_{lodos} - \left(\frac{1}{3} \times L_t \times W_t \times h_3 \right)}{(L_t \times W_t)}$$

Ecuación 33

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

De nuevo con los datos conocidos del diseño del tanque obtenemos que:

$$h_2 = \frac{25m^3 - \left(\frac{1}{3} * 4m * 2m * 0,90m \right)}{(4m * 2m)} = 2,83m$$

3.5.5. Volumen y altura total del tanque

Para determinar la altura total y el volumen total del tanque utilizamos las siguientes fórmulas:

$$h_t = h_{resguardo} + h_{deflector} + P + h_1 + h_2 + h_3$$

$$V = V_{resguardo} + V_{dec} + V_{lodos} + [h_1 \cdot L_t \cdot W_t]$$

Siendo,

h_t la profundidad total, en m.

$h_{resguardo}$ la profundidad de la zona de resguardo, en m.

h_1 la distancia entre la abertura inferior y la superficie del lodo acumulado.

V el volumen total del tanque, en m^3 .

$V_{resguardo}$ el volumen correspondiente al resguardo, en m^3 .

Ecuación 34 y Ecuación 35

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Sustituyendo los datos ya conocidos de los cálculos anteriores obtenemos los siguientes resultados:

$$h_t = 0,6m + 0,3m + 1,28m + 0,6m + 2,83m + 0,90m = 6,50m$$

$$V = (0,6m * 2m * 4m) + (0,3 * 1,47m^2) + 25m^3 + (0,6m * 3m * 2m) = 35,04m^3$$

3.6. Dimensionamiento del tratamiento primario

Para el tratamiento secundario se selecciona una zona de 300 metros cuadrados que estaba destinada para un lago artificial en el diseño previo. En esta zona se desarrollara un humedal artificial que contribuya al filtrado de contaminantes previo a su vertido en el río María Aguilar. Basados en esta área disponible entonces calculamos el ancho medio del humedal con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{S}{W}$$

Siendo,

L la longitud, en m.

S la superficie total, en metros cuadrados

W el ancho, en m

Ecuación 36

Fuente: (Garcia Serrano & Corzo Hernandez, 2008)

Sabiendo que el largo total del humedal es de 33 metros y despejando la formula anterior obtenemos lo siguiente:

$$W = \frac{S}{L}$$

$$W = \frac{300m^2}{33m} = 9,09m$$

Conociendo el ancho medio del humedal entonces calculamos la sección transversal utilizando la siguiente ecuación:

$$W = \frac{A_s}{h}$$

Siendo,

W el ancho, en m.

h la profundidad, en m.

Ecuación 37

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Despejando la formula anterior y sabiendo que la profundidad de la lámina de agua del humedal es de 0,3 metros entonces:

$$A_s = W * h$$

$$A_s = 9,09m * 0,3m = 2,73m^2$$

Conociendo el área de sección media del humedal entonces podemos calcular la magnitud de conductividad hidráulica mínima del humedal con la siguiente fórmula:

$$A_s = \frac{Q_{med,d}}{k_s * s}$$

Siendo,

$Q_{med,d}$, el caudal medio diario, en m^3/d .

k_s , la conductividad hidraulica del medio en $m^3/m^2 * d$

Ecuación 38

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Despejando la ecuación obtenemos el siguiente resultado:

$$k_s = \frac{Q_{med,d}}{A_s * s}$$

$$k_s = \frac{60m^3/d}{2,73m^2 * 0,02m/m} = 1098.90m^3/m^2 * d$$

3.6.1. Capacidad de filtrado del humedal

Podemos calcular la capacidad de filtrado del humedal artificial utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{Q}{k_A} \ln \left[\frac{C_0}{C_1} \right]$$

Siendo,

Q , el caudal medio diario en m^3/d

k_A , la constante cinética del humedal en días

C_0 , la concentración inicial del contaminante

C_1 , la concentración final del contaminante

Ecuación 39

Fuente: (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Para la siguiente ecuación utilizamos los valores finales de vertido propuestos por el MINAE en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales en la siguiente tabla:

Tabla 27: Límites Máximos Permisibles para los Parámetros de Vertido en un Cuerpo Receptor

Parámetro	Límite
- DBO _{5,20}	50 mg/L
- DQO	150 mg/L
- Sólidos suspendidos	50 mg/L
- Grasas/aceites	30 mg/L
- Potencial hidrógeno	5 a 9
- Temperatura	15°C ≤ T ≤ 40°C
- Sólidos sedimentables	1 mL/L
- Sustancias activas al azul de metileno	5 mg/L

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Energía, 2007)

El valor de k_A va a variar según el contaminante, para eliminar la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) el valor adecuado es de 0,08 m/d. Sabiendo entonces que el límite de vertido para la DBO es de 50mg/L entonces:

$$C_0 = \frac{C_1}{e^{(-k_A \cdot S/Q)}}$$

$$C_0 = \frac{50mg/L}{e^{(-0,08m/d \cdot 300m^3/60m^3/d)}} = 74,59mg/L$$

Conociendo que el tanque Imhoff diseñado para el tratamiento primario ayudará a reducir los contaminantes en un veinte por ciento entonces:

$$C_{o\ total} = 74,59\text{mg/L} * 1,20 = 89,51\text{mg/L}$$

Ya que el sistema es capaz de reducir $39,51\text{mg/L}$ de contaminante en el flujo de agua, podemos afirmar que el sistema es capaz de reducir los contaminantes en el agua en al menos un 44 por ciento, y así cumpliendo con los parámetros establecidos de vertido propuestos por el MINAE.

3.7. Dimensiones finales del sistema

El diseño final entonces estará compuesto por colectores individuales a nivel del piso en cada una de las zonas de diseño, compuestas por un colector de cemento con rejillas hechas a base de plástico reciclado conseguidas en el mercado nacional.

Estos colectores enviarán el agua hacia los sistemas de filtrado mediante tubería de PVC SDR32.5 para aguas grises de 150mm con una pendiente del 2%. A cada tubería se le colocarán bocas de limpieza cada 10 metros cumpliendo así con el artículo 7.6.1-2 del código propuesto por el CFIA. En las zonas en donde sea necesario un cruce de calle se estará reemplazando la tubería PVC por Tubería F949 Pluvial de doble pared para soportar las cargas del tránsito en movimiento. Todas las conexiones entre las tuberías propuestas serán implementadas por medio de conexiones en Y de 45° y codos de curva abierta de 45° cumpliendo así con el artículo 7.4.2-5 del código anterior.

Una vez recolectadas todas las aguas de alcantarillado estas pasarán a un aliviadero de entrada de 0,5m de ancho, 0,5m de largo y 0,75m de alto para regular la entrada de flujo hacia los sistemas de filtrado. Luego el caudal de agua irá a un canal de desbaste de 4 metros de largo, 0,5m de ancho y 0,75m de alto que contendrá una reja desmontable con barrotes de 5/8 de pulgada de diámetro y espaciados 50 milímetros entre barrotes dentro del canal para eliminar desechos sólidos del flujo. El último metro de este canal será utilizado para eliminar arenas y partículas flotantes del flujo mediante sedimentación con una altura total del canal de 0,93m.

Este sistema contará con un canal para excedentes de agua, llamado canal de rebalse, de 0,3m de ancho, 0,30 de alto y 4,60m de largo. El flujo de agua de este canal se unirá al flujo principal al final del canal para ser enviado a la siguiente etapa de filtración.

Una vez pasado este proceso, el flujo de agua pasara a un tanque Imhoff rectangular de 4 metros de largo, 2,2 metros de ancho y 6,5 metros de altura con un solo punto de recolección de lodos que filtrará los lodos más pesados y las grasas y aceites del flujo previo a su entrada hacia el humedal artificial.

El humedal artificial será una zona de 300 metros cuadrados, de 33 metros de largo y 11 metros de ancho con una profundidad de 0,6m de profundidad y una pendiente de 2 por ciento.

Este humedal contara con una impermeabilización dentro del tanque para evitar la filtración de agua fuera del sistema y estará relleno con gravas finas y medianas de entre 16 y 32 milímetros de tamaño y plantado con heliconias (*Heliconia bourgaeana*), aneas (*Typha angustifolia*) y juncos (*Juncus acutiflorus*), y tendrá una salida de vertido hacia el río María Aguilar. Para contribuir aún más con el tratamiento de aguas residuales y el crecimiento de las plantas seleccionadas se estará utilizando un tratamiento para el agua compuesto por un caldo bacteriano y de hongos unicelulares que contribuyen a reducir la demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del humedal artificial.

La salida del humedal luego será enviada hacia el cauce del río María Aguilar mediante tubería PVC de la misma dimensión utilizada para todo el sistema.

3.8. Presupuesto

A continuación se detalla un costo aproximado de los materiales necesarios para la construcción de todo el proyecto. Este presupuesto contempla valores estimados para el proceso de excavación y colocación de la tubería propuestos por la Municipalidad de Curridabat.

El resto de los materiales fue cotizado a proveedores locales de materiales. A esto se le sumará un setenta por ciento de los materiales para cubrir el costo de mano de obra (salarios y cargas sociales), un veinte por ciento para administración y supervisión del proyecto, un veinte por ciento por el diseño final del sistema y un cinco por ciento para imprevistos finales del proyecto.

A continuación se detalla un desglose general de materiales y costos estimados del proyecto:

Tabla 28: Presupuesto estimado de materiales y costos estimados del proyecto

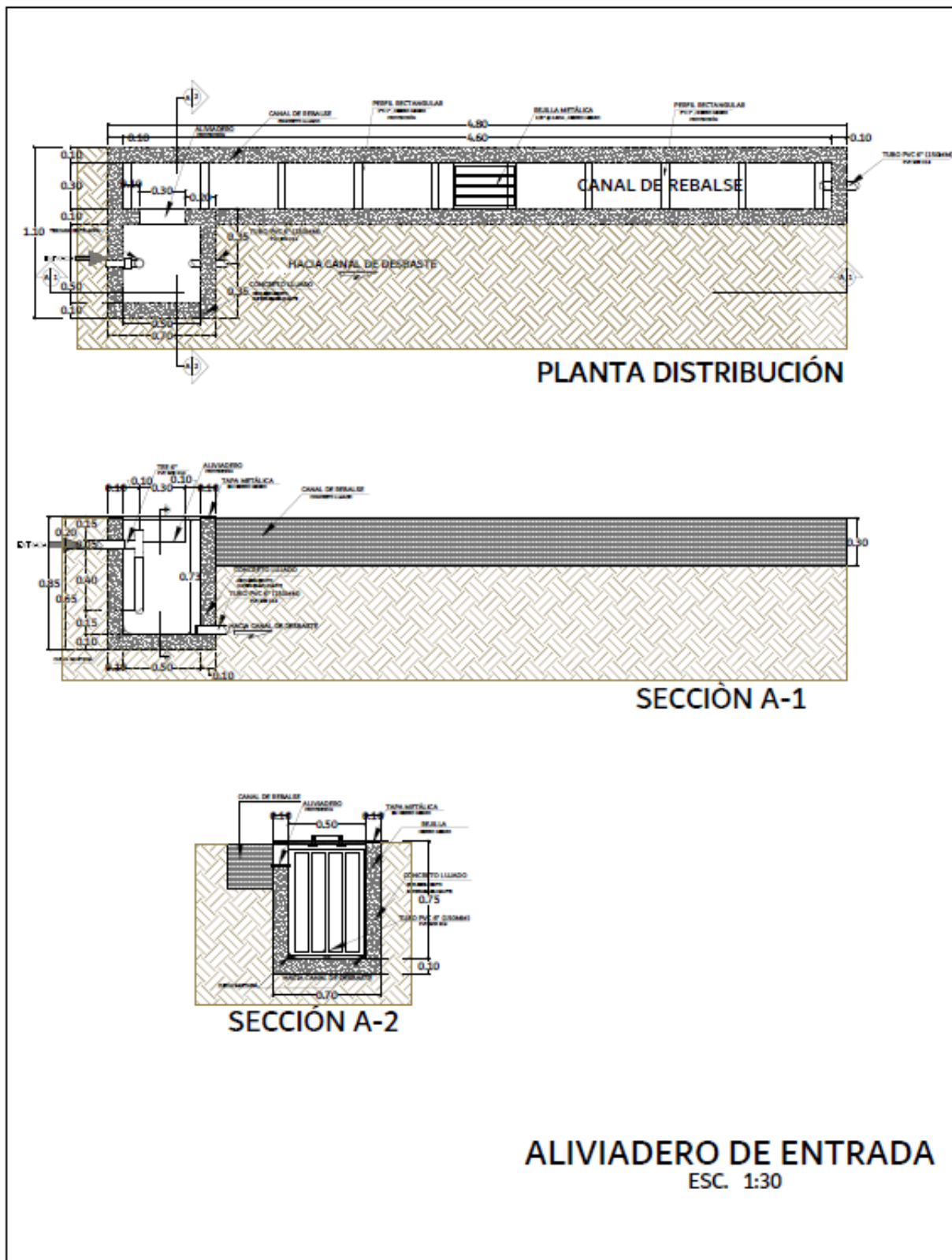
Cantidad	unidad	descripción	precio unitario	total
14	ud	Rejilla plástica con marco para recolector de aguas	₡ 58.500,00	₡ 819.000,00
36	ud	Tubo PVC 150mm (6")X6M SDR32.5	₡ 48.514,50	₡ 1.746.522,00
39	ud	Codo Liso PVC 150MM (6")X45	₡ 17.518,50	₡ 683.221,50
13	ud	Yee 150mm (6")X45 SDR32.5	₡ 14.329,50	₡ 186.283,50
7	ud	Te PVC 150mm (6")	₡ 20.758,00	₡ 145.306,00
51	ud	Unión PVC 150mm(6") SDR32.5	₡ 4.481,50	₡ 228.556,50
3	ud	Tubo PVC Corrugado Pared Sencilla Perforado 6"X6M	₡ 21.434,50	₡ 64.303,50
15	ud	Tubo PVC Alcantarillado ASTM F949 6"	₡ 21.363,00	₡ 320.445,00
30	ud	Tapón de Registro Sanitario 150MM (6")	₡ 8.055,50	₡ 241.665,00
1	ud	Caldo Bacteriano Environoc E301 20L	₡ 103.600,00	₡ 103.600,00
30	ud	baranda metálica	₡ 60.000,00	₡ 1.800.000,00
28	ud	tapa metálica	₡ 10.000,00	₡ 280.000,00
300	m2	Vegetación	₡ 12.000,00	₡ 3.600.000,00
310	m2	movimiento de tierras y acondicionamiento	₡ 15.100,00	₡ 4.681.000,00
600	m2	obra gris	₡ 15.600,00	₡ 9.360.000,00
		total		₡ 24.259.903,00

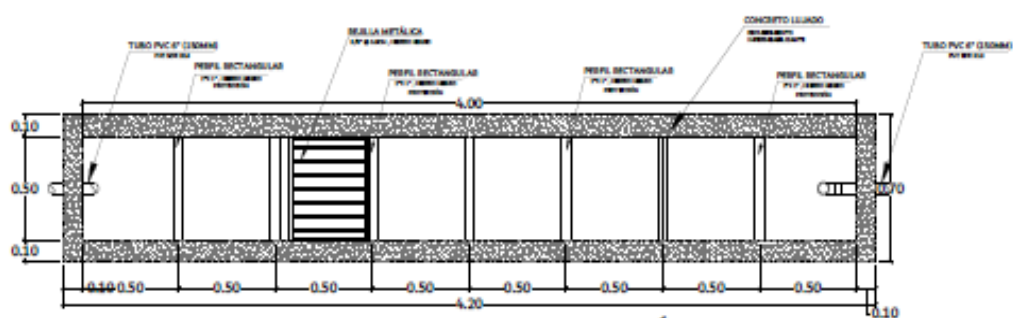
El cuadro siguiente refleja el costo final del proyecto incluyendo los porcentajes requeridos por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos:

Tabla 29: Costos finales del proyecto

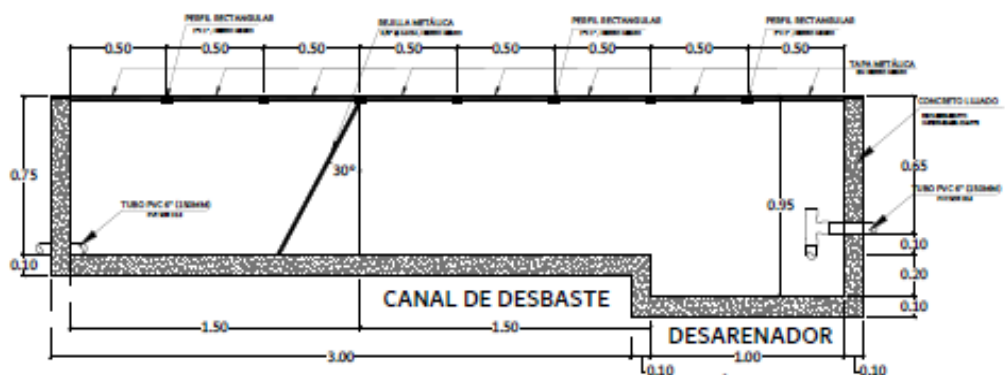
Cantidad	unidad	descripción	precio unitario	total
1	ud	materiales y otros	₡ 24.259.903,00	₡ 24.259.903,00
1	ud	mano de obra	₡ 16.981.932,10	₡ 16.981.932,10
1	ud	administración y supervisión del proyecto	₡ 4.851.980,60	₡ 4.851.980,60
1	ud	diseño final del sistema	₡ 4.851.980,60	₡ 4.851.980,60
1	ud	imprevistos	₡ 1.212.995,15	₡ 1.212.995,15
		total		₡ 52.158.791,45

3.9. Planos finales del sistema





PLANTA DISTRIBUCIÓN



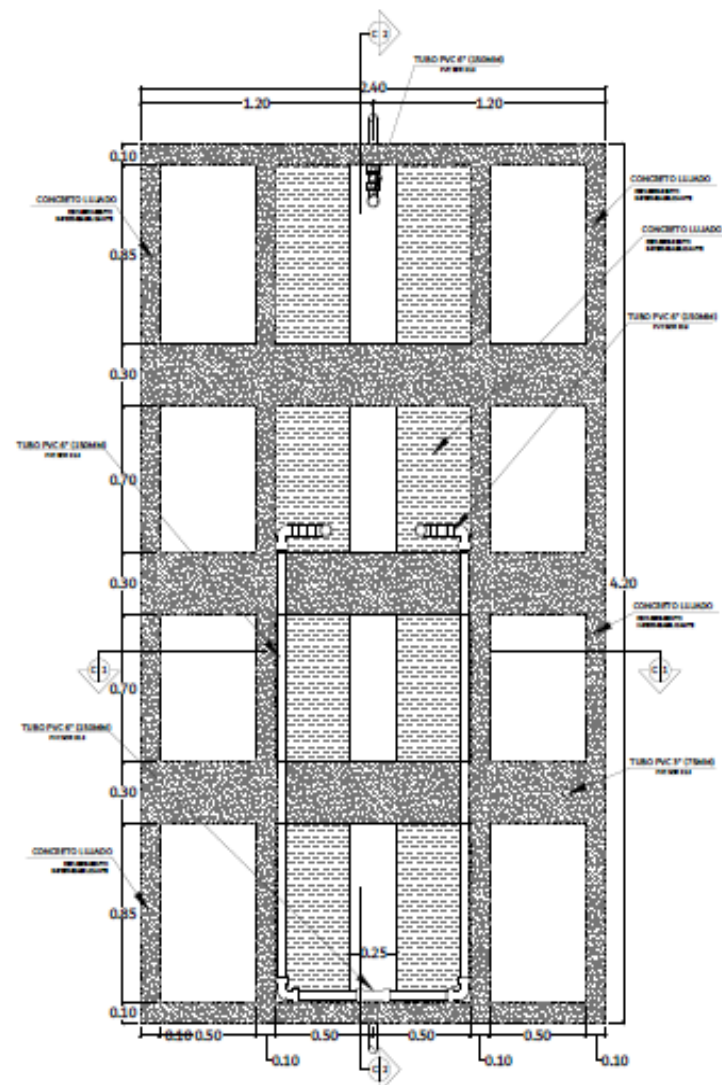
VISTA LATERAL SECCIÓN B-B



DETALLE DE REJILLA

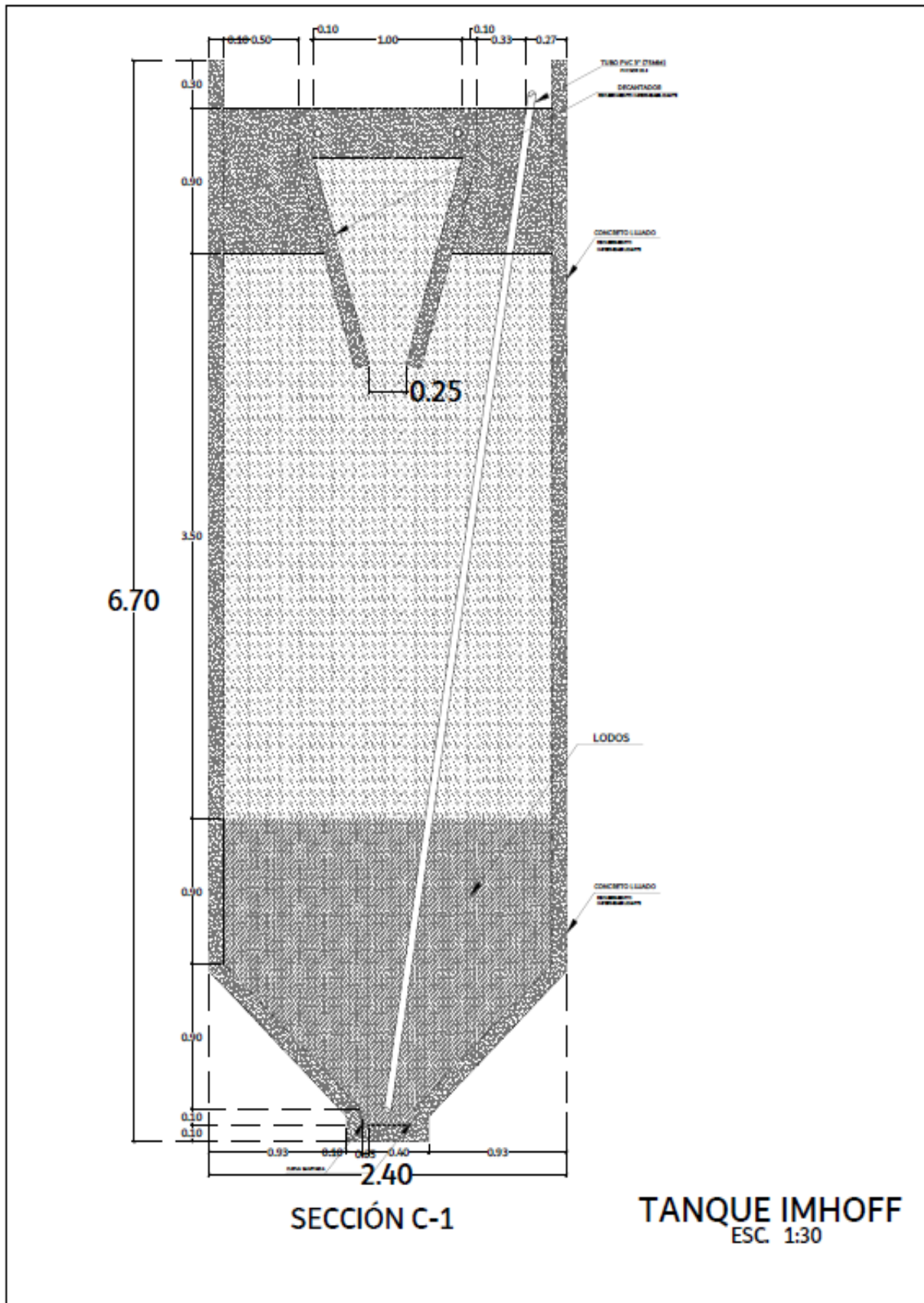
CANAL DE DESBASTE Y
DESARENADOR

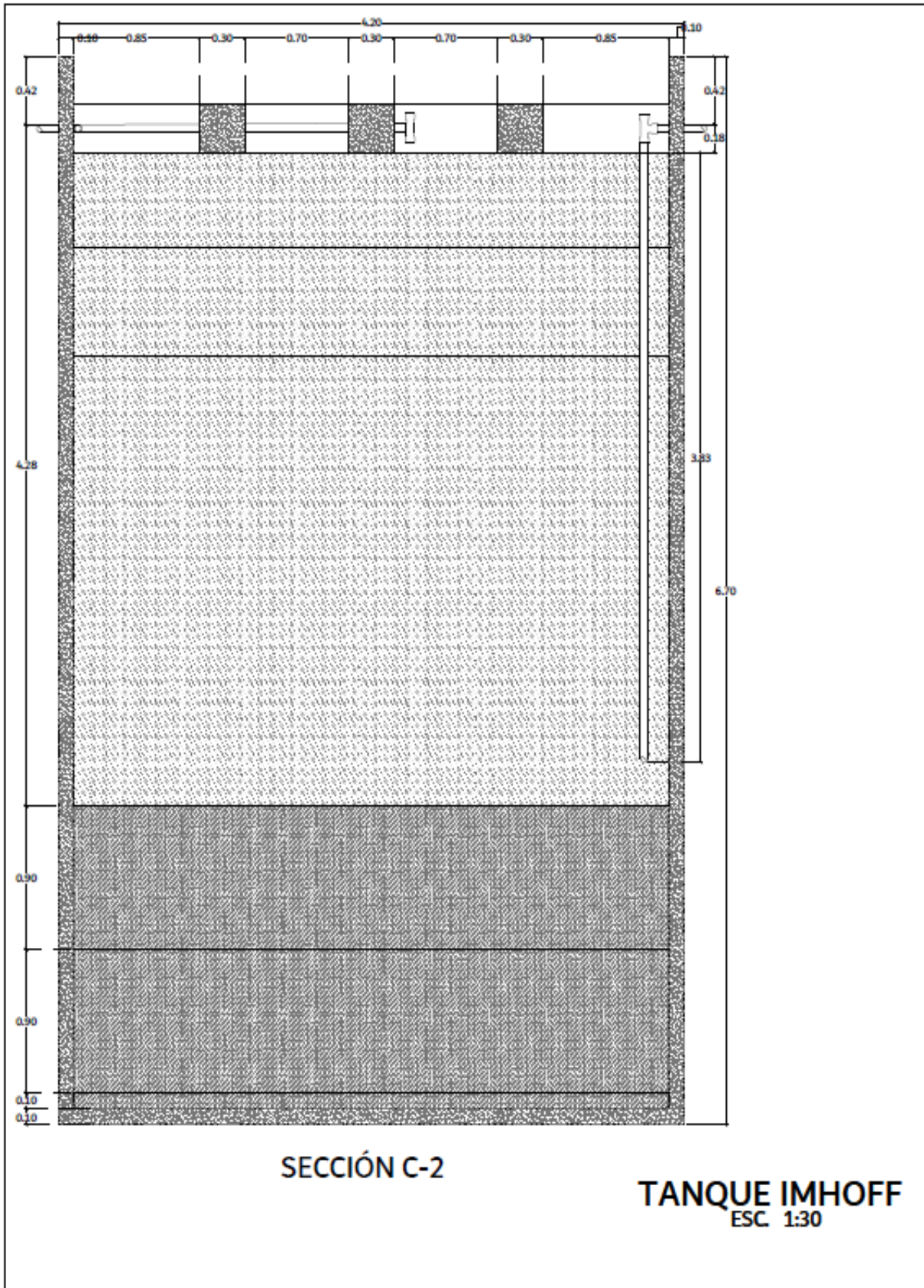
ESC. 1:30

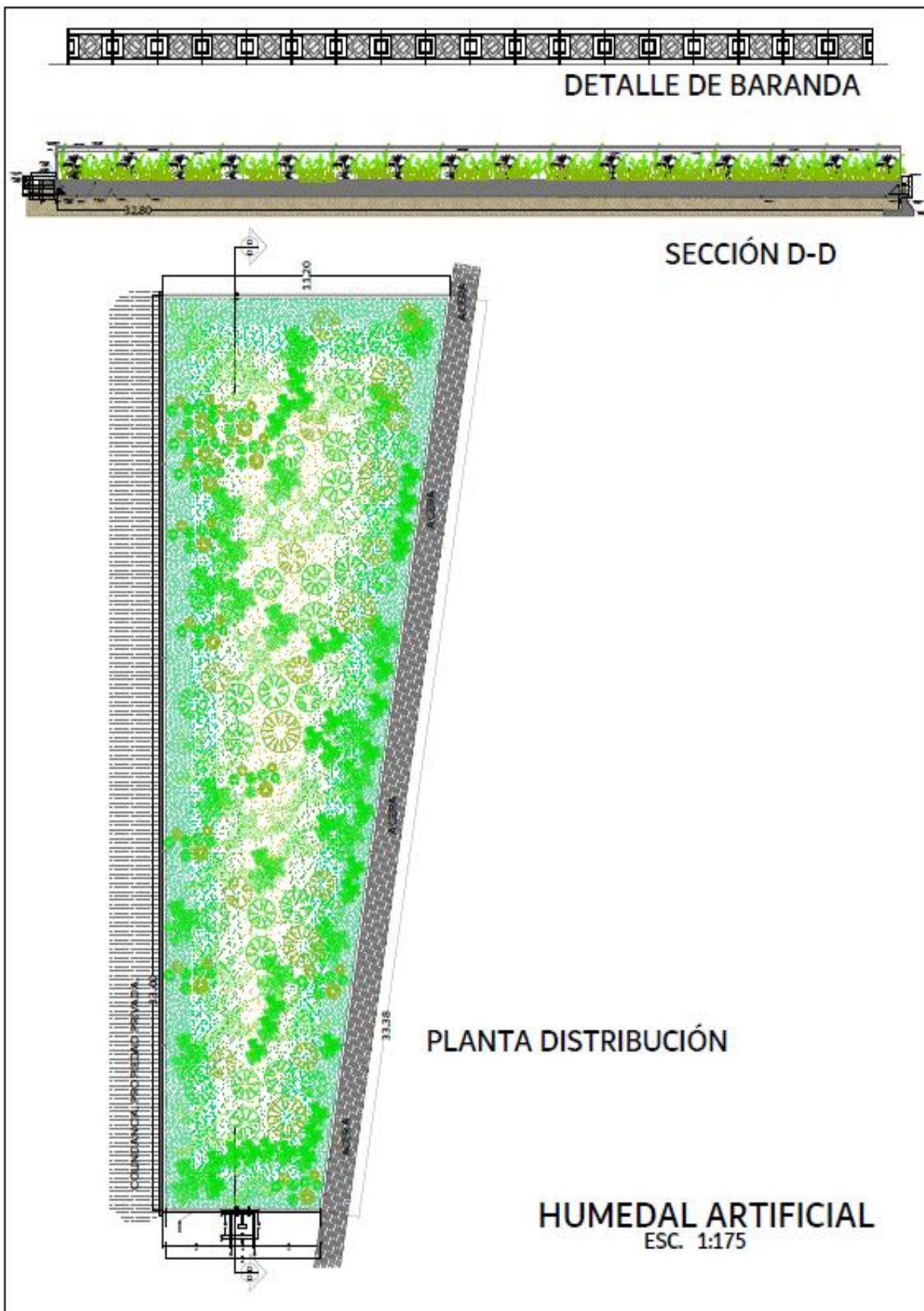


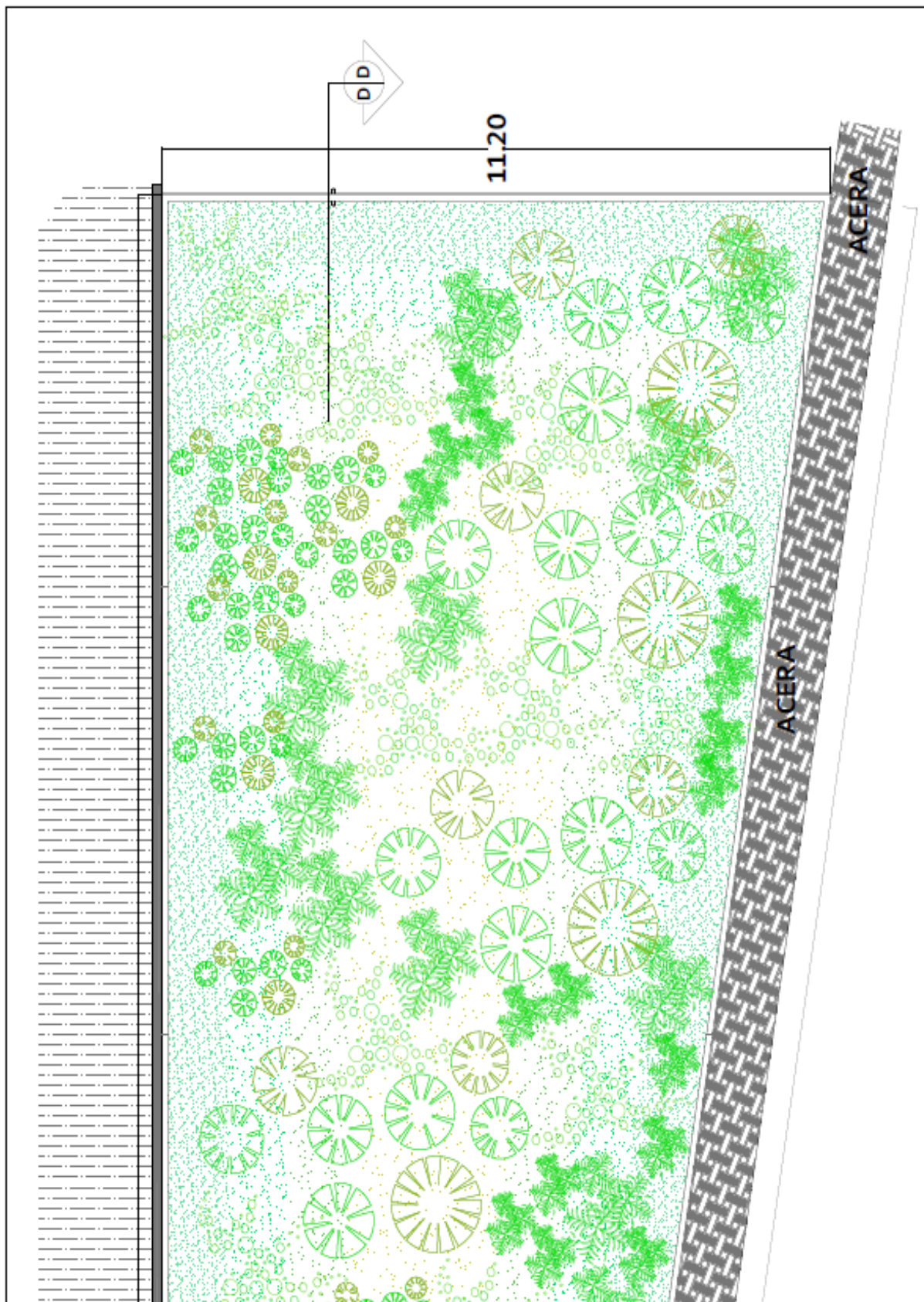
PLANTA DISTRIBUCIÓN

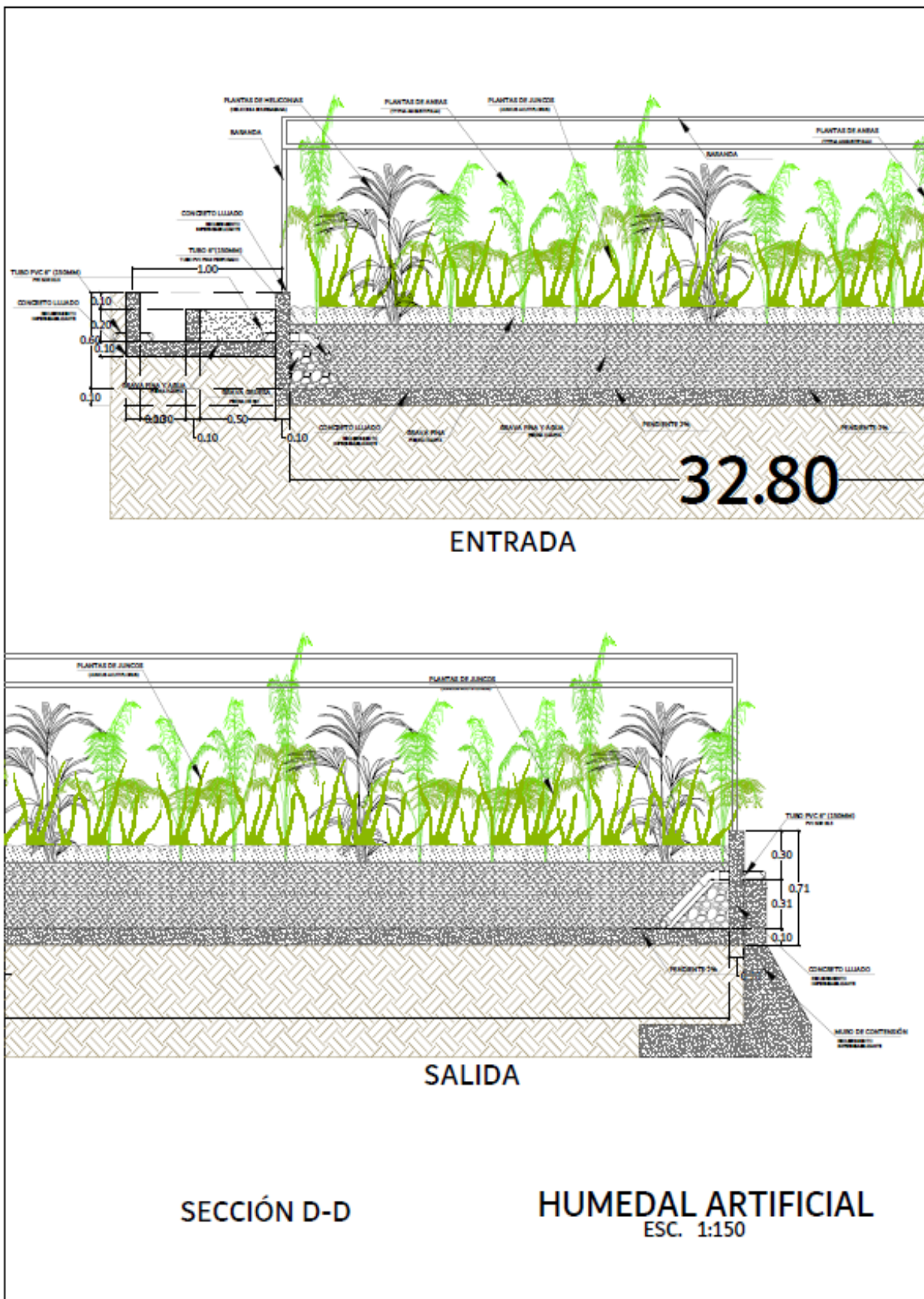
TANQUE IMHOFF
ESC. 1:30

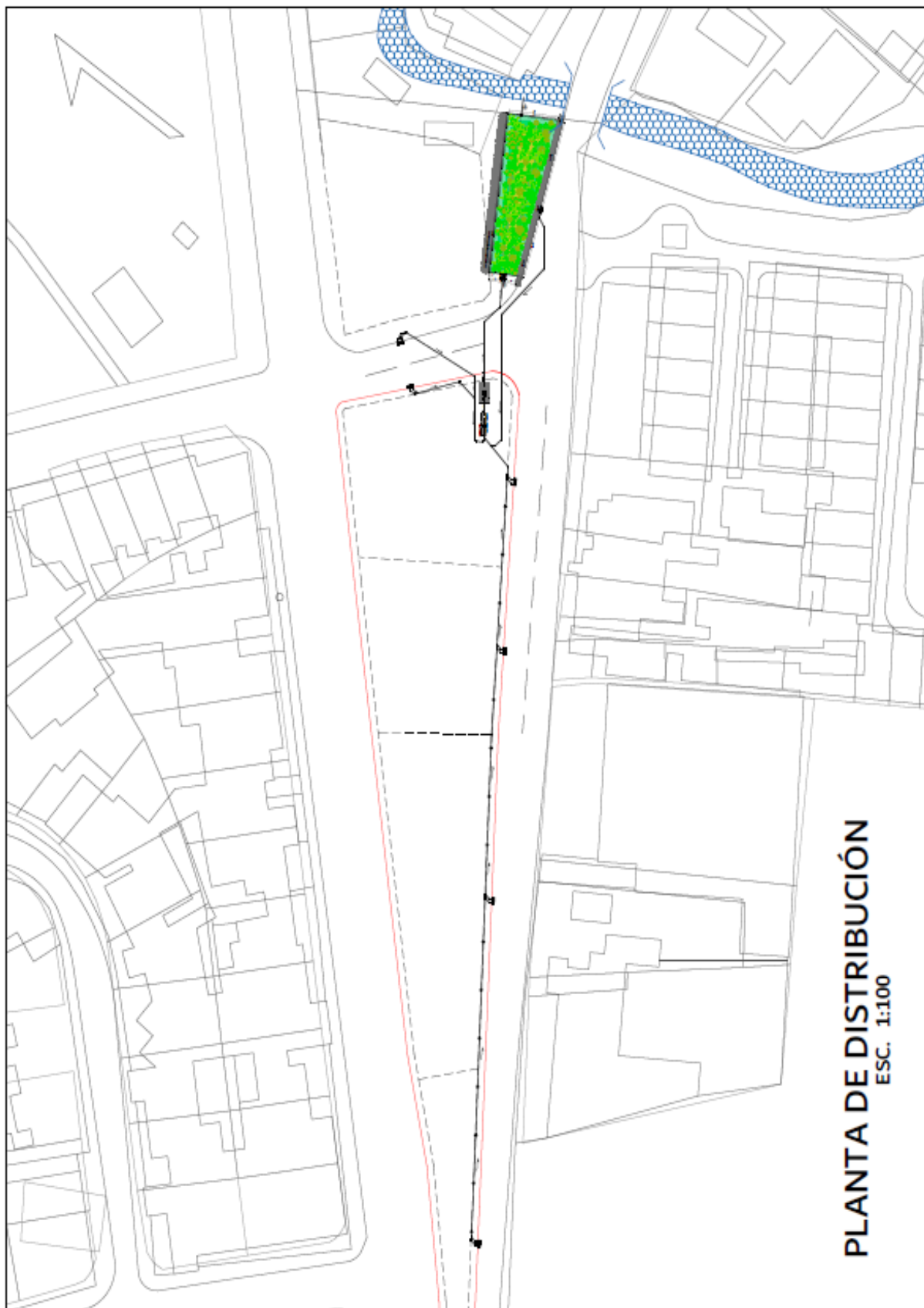


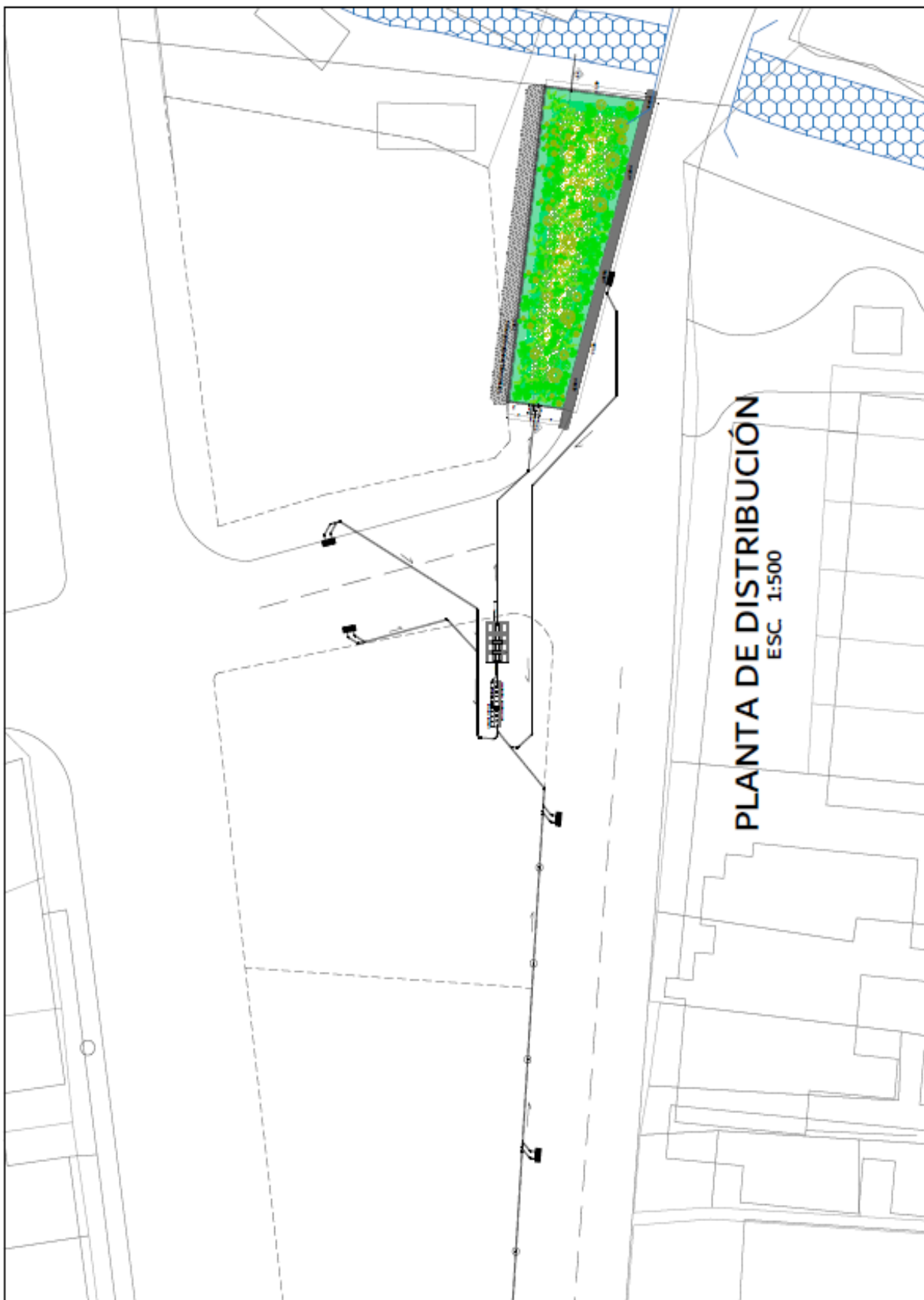












CONCLUSIONES.

Basados en los cálculos y referencias de la legislación actual costarricense se debe diseñar un drenaje urbano sostenible para que las aguas pluviales y grises recibidas por el alcantarillado de la zona escogida y que permita descargar el caudal al río María Aguilar de una forma más limpia y eficiente.

A pesar de que el espacio disponible para el sistema y el humedal es pequeño, se logró diseñar un sistema eficiente y de alta calidad. Las etapas del sistema permiten que el flujo de agua recibido sea filtrado de objetos sólidos en el caudal, arenas, grasas y lodo previo a una filtración natural por parte del humedal artificial.

Aparte de lograr un diseño eficiente también se logra identificar dentro del mercado nacional todos los productos necesarios para la realización del proyecto, y se escogen materiales y aplicaciones preferiblemente de origen reciclado o natural que contribuyan al proyecto.

El resultado final de este proyecto de graduación es entonces un sistema capaz de filtrar las aguas del alcantarillado de forma natural, limpia y eficiente, cumpliendo con la legislación actual existente y que permita a la Municipalidad de Curridabat contribuir al desarrollo del cantón de una forma más limpia y amigable con el ambiente

RECOMENDACIONES.

Debido a que este diseño está basado en un diseño preliminar de la zona, no se conoce el perfil de aguas residuales. Una vez implementado el diseño arquitectónico final se recomienda hacer un estudio de las aguas residuales para un mejor desarrollo del proyecto.

El diseño final también requiere de una limpieza periódica del sistema, se deben programar cuadrillas de la Municipalidad de Curridabat que atiendan el sistema al menos una vez a la semana en el sistema de pretratamiento, una vez al mes en el tratamiento primario y al menos una vez cada seis meses en el tratamiento secundario.

Debe existir personal capacitado para revisar y operar el tanque Imhoff. La municipalidad cuenta con un departamento de alcantarillado que deberá ser capacitado en este tipo de dispositivos para un correcto uso y funcionamiento del mismo.

Al tener vegetación sembrada en el humedal, esta debe ser podada y recortada para que no interfiera con las actividades humanas que se desarrollan cercanas al sistema. Aparte de este también deberá existir una cerca perimetral en el humedal artificial para evitar la entrada de personas no autorizadas al sistema

BIBLIOGRAFÍA.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2017). *Codigo de Instalaciones Hidraulicas y Sanitarias en Edificaciones*. San Jose: La Gaceta.

FAO. (2016). *AQUASTAT*. Obtenido de Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura:
<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html?lang=es>

Garcia Serrano, J., & Corzo Hernandez, A. (2008). *Depuración con Humedales Construidos*. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya.

Hopkins, J. (2007). The Cloaca Maxima and the Monumental Manipulation of Water in Arcaic Rome. *The Waters of Rome*, 1-15.

Ministerio de Ambiente y Energia. (2007). *Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales*. San Jose: La Gaceta.

GLOSARIO

SUDS: Sistema Urbano de Drenaje Sostenible

CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos

MINAE: Ministerio De Ambiente Y Energía

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

IDF: Intensidad-Duración-Frecuencia

PVC: Cloruro de Polivinilo

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ANEXOS

Durman

TUBERÍA PVC DE DOBLE PARED PARA ALCANTARILLADO Y OTRAS APLICACIONES, ASTM F-949

Durman ha sido una empresa pionera en el desarrollo y la introducción de tuberías para diversas aplicaciones, desde las de PVC para presión desde finales de la década de los 50, pasando por aplicaciones como la sanitaria y pluvial de pared lisa, la tubería conduit, etc. Ya en la década de los 90, con especial visión para el mercado latinoamericano dio un gran empuje, quizás el más decisivo, para el desarrollo del mercado de tuberías termoplásticas flexibles en medianos y en grandes diámetros, empuje que trasciende en una posición de liderazgo con alta y sostenida vigencia en la actualidad.

Con gran suceso también se ha incursionado en áreas de gran éxito mundial como las tuberías de PEAD en diferentes tipos y aplicaciones, así como con líneas de demostrable innovación mundial como las de PVC termo fusionado. Ahora, con la introducción de la TDP, se une a la familia lo que constituye la solución más práctica y versátil para colectores sanitarios y otras aplicaciones.

Es fabricada bajo estándares ASTM específicos para su aplicación en colectores de aguas negras, además que, desde luego, para aguas pluviales y de otros procesos o naturaleza. La tubería ASTM F-949, es un tubo de PVC de doble pared fabricado mediante el proceso de extrusión. Posee una pared interna lisa y una pared externa corrugada, para óptimo desempeño hidráulico y estructural.

Se fabrican empleando compuesto de PVC rígido bajo la clasificación de celda 12454 en conformidad con la norma ASTM D-1784. Adicionalmente son fabricados bajo el estricto cumplimiento de las especificaciones técnicas de la norma ASTM F-949.

Así mismo, la tubería PVC de doble pared para garantizar su hermeticidad entre la unión de tubo a tubo, entre tubo y accesorios, utiliza empaques de hule especialmente diseñados para cumplir ampliamente la norma ASTM F-477.



CARACTERÍSTICAS:

- Diámetros disponibles 4" hasta 18" (100 hasta 450mm)
- Largos de 6.00m estándar
- Sistema de juntas con campana integrada y empaques de hule, según ASTM F-477
- Colores disponibles: blanco, naranja y rojo
- Resistente a la corrosión química y electroquímica
- Resistente al impacto
- Excelente comportamiento mecánico. Poseen una rigidez anular de 46 psi
- Capacidad hidráulica. Valores de rugosidad según Manning tan bajos como 0.088 según flujo y aplicación
- Resistente a la abrasión, al rayado y al punzonamiento

APLICACIONES:

- Colectores pluviales
- Colectores sanitarios
- Drenajes por infiltración
- Pasos de carreteras
- Aplicaciones a baja presión interna (35psi)
- Conducciones varias por gravedad y sustitución de canales abiertos
- Viga ductos eléctricos soterrados

BENEFICIOS Y VENTAJAS:

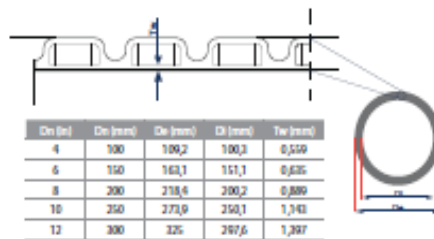
- Rápida instalación
- Fácil de Transportar
- Fácil de Cargar y Almacenar
- Bajo Costo en el Transporte
- Es 100% Hermética
- No hay desperdicio
- Durabilidad comprobada del PVC
- Son muy livianas



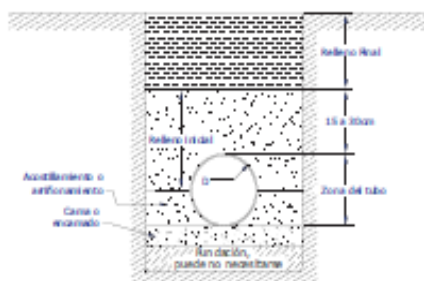
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS TDP

NORMAS ASOCIADAS:

- D618** Práctica para preparación de plásticos para prueba
D1600 Terminología y abreviaturas de términos relacionados con plásticos.
D1784 Especificaciones para compuestos de PVC (cloruro de polivinilo clorado) rígidos.
D2321 Práctica para instalación subterránea de tuberías termoplásticas para colectores y otras aplicaciones de flujo por gravedad.
D2412 Método de prueba para la determinación de las características ante carga extremas de tuberías plásticas por placas paralelas.
D2564 Especificaciones para cementos solventes para sistemas de tuberías de PVC.
D2855 Práctica para la realización de uniones cementadas en tuberías y accesorios de PVC.
D3034 Especificaciones estándar para tubería y accesorios para colector, de PVC tipo psm.
D3212 Especificaciones para uniones para tuberías plásticas para drenaje y colectores usando sellos elastoméricos.
F412 Terminología relacionada con sistemas de tuberías plásticas.
F477 Especificaciones para sellos elastoméricos (empaques) para uniones de tubos plásticos
F679 Especificaciones para tubería y accesorios plásticos de pvc de gran diámetro.
F1057 Práctica para estimar la calidad de tuberías extruidas de cloruro de polivinilo (PVC) mediante la técnica de reversión térmica.



Dn (in)	De (mm)	Ds (mm)	Ds (in)	Te (mm)
4	100	100,2	100,2	0,559
6	150	150,1	151,1	0,625
8	200	200,6	200,2	0,689
10	250	250,9	250,1	1,143
12	300	300	297,6	1,297
15	375	367,7	364,2	1,856
18	450	446,5	445,8	2,134



INSTALACIÓN:

Se basa, tanto en prácticas normalizadas comunes en América Latina, como en la Norma

ASTM D-2321 "Práctica Estandarizada para Instalación Subterránea de Tuberías para Colectores y Otras Aplicaciones de Flujo por Gravedad"

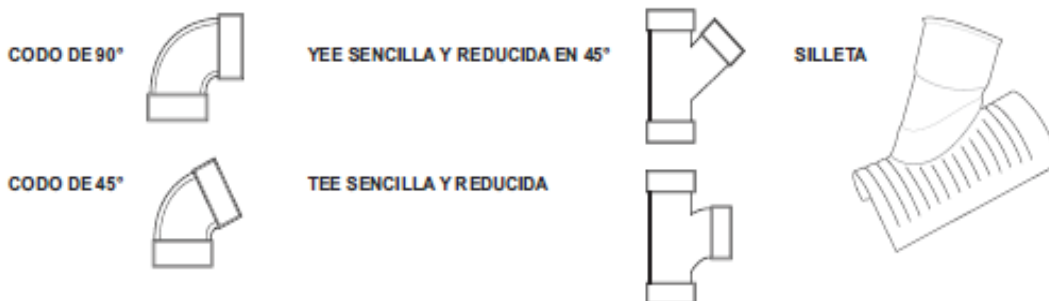
Para aplicaciones especiales de instalación, que no estén en la Guía Técnica de Durman, favor comunicarse con su Agente de Ventas y/o nuestro Departamento Técnico.

UNIONES:

Las Juntas son por medio de empaque de hule, con diseño que permite mantener estanqueidad aun si las condiciones de instalación implican cambios de dirección, asentamientos, diferencias de carga, etc.

Cumplen las normas ASTM F-477 y satisfacen las pruebas de ASTM D3212.

ACCESORIOS DISPONIBLES:



Durman®

FT Tubería TDP (ASTM F 949)

Descripción

Tubos corrugados doble pared para sistemas de alcantarillado.

Presentación

- Tubería PVC
- Diámetros de 100 mm (4") a 1050 mm (42")
- Campana integrada y empaque de hule
- Norma de referencia ASTM F 949

Aplicaciones y consideraciones básicas

- Colectores pluviales.
- Colectores sanitarios.
- Drenajes por infiltración.
- Pasos de carreteras.
- Sistemas a baja presión interna hasta 17.5 mca.
- Conducciones varias por gravedad y sustitución de canales abiertos.
- Viga ductos para conducción de cableado subterráneo.

Norma de producto

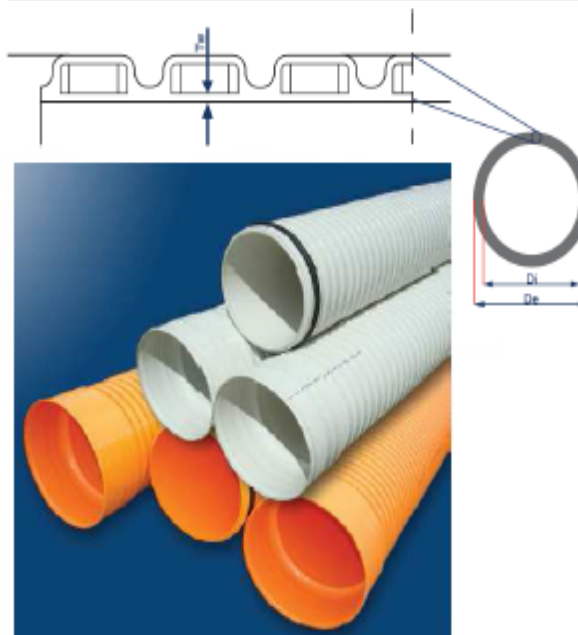
- Norma ASTM F 949.

Características generales

- Fácil instalación.
- Químicamente inerte.
- No produce olores ni sabores.
- Libres de plomo.
- Resistente a abrasión, rayado y punzonamiento.
- Externamente corrugada e internamente lisa.
- Rigidez anular de 46 PSI.

Especificaciones tubería PVC ASTM F 949

Diámetro nominal (mm)	Diámetro nominal (in)	Diámetro externo promedio (mm)	Diámetro interno promedio (mm)	Tw (mm)
100	4	109,22 \pm 0,23	100,33 \pm 0,28	0,56
150	6	163,06 \pm 0,28	150,08 \pm 0,38	0,64
200	8	218,44 \pm 0,30	200,17 \pm 0,46	0,89
250	10	273,96 \pm 0,38	250,08 \pm 0,23	1,14
300	12	324,99 \pm 0,46	297,56 \pm 0,71	1,47
375	15	397,71 \pm 0,58	364,18 \pm 0,89	1,96
450	18	486,46 \pm 0,71	445,82 \pm 1,07	2,13
600	24	649,73 \pm 0,99	596,11 \pm 1,45	2,79
750	30	816,61 \pm 1,50	748,51 \pm 2,06	3,30
900	36	983,99 \pm 2,01	901,07 \pm 2,67	3,81
1050	42	1163,3 \pm 2,36	1054,1 \pm 3,23	4,06



Tubería TDP F 949

Detalles de la Aplicación



Biodyne Costa Rica

GreCIA
Alajuela, Costa Rica
Teléfono (506) 2444-0917
Celular (506) 6059-7266
E-mail info@biodyne-costa-rica.com

TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA POZOS SÉPTICOS

MICROORGANISMOS PARA POZOS SÉPTICOS

¿Qué es Environoc 301?

Environoc 301 se puede aplicar en pozos sépticos de viviendas, colegios, hoteles, restaurantes, casinos, campamentos y en general en todo sitio rural o urbano donde las aguas servidas tengan como destino un campo de infiltración, una estación de bombeo o un tanque de almacenamiento.

La inoculación periódica de Environoc 301 tiene **grandes beneficios**: reduce la acumulación de lodos (menor necesidad de succiones), controla los olores, ayuda a mantener despejadas las zonas filtrantes y promueve la remoción de DBO y DQO.

En general la mayoría de pozos tratados muestran una **reducción importante** en la acumulación de lodos que se traduce en un **ahorro de dinero** hacia el futuro ya que se requieren menos succiones.

¿Cómo Funciona el Environoc® 301?

Environoc® 301 asegura la adición de billones de bacterias con capacidades especiales de degradación. Tan pronto se realiza la aplicación los microorganismos empiezan a multiplicarse y a colonizar todas las partes del sistema y del pozo séptico: drenajes, trampas de grasa, tanques, filtros anaeróbicos y campos de infiltración. Estas bacterias promueven la remoción eficiente de los compuestos orgánicos y grasas optimizando el funcionamiento del pozo séptico.

Dosis:

1. **Viviendas:** 1 galón cada 4-6 meses.
2. **Fincas y casas de descanso:** 1 galón durante las temporadas de alta ocupación.
3. **Hoteles, restaurantes, casinos, colegios, empresas, etc.:** las dosis dependen de la ocupación, el número de baños, la cantidad de comidas preparadas, el diseño del pozo séptico, la existencia de cajas de paso y trampas de grasa. Usualmente se programan aplicaciones regulares (semanales o mensuales).

Para mayor información sobre las dosis y frecuencias favor contactar al Distribuidor o al Área de Soporte Técnico de **Biodyne Costa-Rica S.A.**

Forma de aplicación:

1. Agitar el envase que contiene las bacterias.
2. Medir la dosis que se desea aplicar.
3. Distribuir la dosis en los sanitarios y sifones que conecten al pozo séptico. Una vez realizada la inoculación se debe dejar correr el agua para que las bacterias alcance los drenajes y el pozo séptico. También se puede aplicar directamente en el pozo séptico.

Detalles de la Aplicación



Biodyne Costa Rica

Grecla
Alajuela, Costa Rica
Teléfono (506) 2444-0917
Celular (506) 6059-7266
E-mail info@biodyne-costa-rica.com

Importante:

1. En el caso de viviendas, fincas y casas de descanso se recomienda aplicar la totalidad del galón en una sola dosis.
2. Si el pozo séptico es nuevo o se ha succionado recientemente se debe usar durante 1 - 2 semanas antes de la aplicación del producto para que las bacterias encuentren materia orgánica que degradar y puedan multiplicarse y colonizar el pozo séptico.
3. El tratamiento con bacterias se realiza de forma preventiva y pocas veces puede corregir problemas de fondo como diseños deficientes, acumulación de lodos, áreas filtrantes dañadas o taponamientos con materiales no biodegradables como plásticos.

Otras recomendaciones:

1. Instalar mallas en los sifones de los lavaplatos y realizar un buen descomidado de los platos. El uso de trituradores de alimentos está contraindicado.
2. Evitar verter grandes cantidades de desinfectantes como hipoclorito de sodio por los sifones. Ej. si se lava un trampero o se deja en remojo ropa con una concentración alta de hipoclorito es preferible verter el líquido en el jardín.
3. El agua de tinas y jacuzzis debe ser vertida al jardín y no al pozo séptico.
4. No arrojar papeles ni toallas higiénicas por los sanitarios.
5. Usar sistemas ahorradoras de agua
6. Instalar ahorradores de agua en la llave de la cocina y los baños.
7. No parquear carros sobre el campo de infiltración.
8. Medir los lodos del tanque cada 2 años y succionarlo cuando sea necesario.
9. Dejar un 5 % de lodos cuando se succione el tanque.

Advertencias:

Environoc 301 no es toxico, no es patógeno, no es cáustico y no es corrosivo. No afecta a los humanos, animales, plantas o a la vida marina y es seguro de usar en cualquier sistema de plomería. Manténgase fuera del alcance de los niños.

Conservación:

Temperatura ambiente (lugar fresco) 16 semanas. Para asegurar una buena viabilidad de los microorganismos (conteo) este producto no debe permanecer expuesto más de 16 semanas a temperatura ambiente. Refrigerado (2-6 grados centígrados): 6 meses.

Observaciones:

Normalmente el inóculo tiene un olor fuerte que se debe a la actividad de las bacterias dentro del envase.

Presentación:

Envase plástico por 4 litros.

INFORMACIÓN HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Biodyne *Costa Rica*


Biodyne Costa Rica
Grecia
Alajuela, Costa Rica
Teléfono: (506) 2444 0917
Celular: (506) 0159 7266
E-mail: info@biodyne-costa-rica.com

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre de producto:	ENVIRONOC 301 Líquido
Código del arancel armonizado:	3002 90 10 00
Uso del producto:	Rendimiento mejorado de PTARs, levantar estaciones de trampas de grasa y tanque séptico; control de olor y las algas
Dirección del fabricante:	Biodyne Costa Rica Grecia Alajuela, Costa Rica
Teléfono y correo electrónico:	506 2444/0917/ info@biodyne-costa-rica.com



SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Repaso de emergencia:	Este producto no está considerado como peligroso para los animales, plantas, seres humanos o el medio ambiente. Los microbios no han sido modificados genéticamente. Este producto tiene una toxicidad muy baja a través de la ingestión, piel / ojos de contacto o inhalación.
Posibles rutas de entrada:	Ingestión, ojos y piel.
Potenciales efectos sobre la salud de la exposición excesiva:	
Aguda:	
Piel/Ojos:	Contacto directo con la piel o los ojos puede causar irritación leve en algunos individuos.
Ingestión:	Puede causar náuseas y diarrea en algunos individuos.
Crónica:	
Síntomas:	Los datos disponibles no sugieren síntomas de largo plazo de la exposición.
Agravación:	Los datos disponibles no sugieren ningún agravamiento de condiciones preexistentes.
Sección 2 Notas:	En el caso improbable que ocurra exposición excesiva, siga las medidas de primeros auxilios en la sección 4.

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

<u>Ingrediente:</u>	<u>N ° CAS:</u>	<u>Porcentaje:</u>
Mezcla líquida de cepas microbianas	No aplicable	4.37% (nominal)
Residuos de fermentación (no animal)	No aplicable	0.2% (nominal)
Agua	No aplicable	95.43% (nominal)
Sección 3 Notas:	Esta preparación no contiene ingredientes peligrosos por la Directiva 67/548/CEE (Unión Europea - mercancías peligrosas).	

INFORMACIÓN – HDS – Environoc 301 líquido		Biodyne Costa Rica
SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS		
General:	Retirar de la fuente de exposición. Si signos de irritación o de otro tipo de exposición ocurre, busque atención médica.	
Ojos:	Retire los lentes de contacto si están presentes y enjuague con agua durante 15 minutos.	
La piel:	Retire la ropa contaminada. Lavar con jabón y enjuague con agua.	
Ingestión:	No induzca el vómito. Dar agua si puede tragar.	
Nota para los médicos y los proveedores de primeros auxilios: Este producto tiene baja toxicidad oral o dérmica. El contacto directo con los ojos puede causar irritación temporal. Proporcione el cuidado sintomático y de soporte según necesario.		
SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS		
General:	Utilizar métodos y equipos de protección que sean apropiadas para las condiciones y el tamaño del incendio.	
Medios de extinción:	Use los medios adecuados para combatir la causa y los combustibles involucrados en el incendio.	
Equipos especiales:	Mismo aparato de respiración asistida y equipo de protección completo acuerdo con las condiciones y el tamaño del fuego.	
Sección 5 Notas:	Este material no es explosivo y no constituye un peligro de incendio.	
SECCIÓN 6: MEDIDAS CONTRA DERRAMES ACCIDENTALES		
Precauciones personales:	Use ropa protectora, como camisas de manga larga, pantalones largos, guantes impermeables y zapatos con calcetines.	
Métodos de limpieza:	Cuidadosamente la fregona o barrer el derrame y coloque en un recipiente cerrado para su eliminación. Enjuague el área con agua.	
Sección 6 Notas:	Consultar la sección 8 para la protección personal y la sección 13 para la eliminación del producto.	
SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO		
Manipulación:	Use los procedimientos de manipulación que minimicen la exposición al producto.	
Almacenamiento:	Almacenar en un congelador, refrigerador o bien un lugar fresco en su envase original.	
Sección 7 Notas:	Evite el contacto con la piel, ojos y ropa. Evite la inhalación de polvo. Lave la contaminación de la piel o los ojos inmediatamente. Lávese las manos y la piel expuesta antes de comer, beber, fumar o usar el baño.	
<p>www.biodyne-costa-rica.com Página 2 de 4 bdcr_HDS_Environoc301_Liq</p>		

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

General:	Ropa protectora deben ser seleccionados de acuerdo a las condiciones que pueden encontrarse en el lugar de trabajo. Asegurar una buena ventilación. No hay límites de exposición se han establecido.
Controles de ingeniería:	No hay controles de ingeniería específicos para este producto.
Equipo de protección personal:	
Respiratoria:	Si el líquido se rocía, utilizar una máscara aprobada gota.
Los ojos y la cara:	Química gafas de seguridad o gafas de seguridad con protección lateral.
Manos / la piel:	Guantes impermeables de neopreno, vinilo, goma o nitrilo se puede utilizar para evitar el contacto.
Otra ropa:	Use ropa protectora, como camisa de manga larga, pantalones y zapatos con calcetines.
Prácticas higiénicas:	Lávese las manos y la piel expuesta antes de comer, beber, fumar o usar el baño.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Apariencia:	Faja a rosa color
Forma:	Líquido
Olor:	Compost
Punto de fusión:	No aplicable
Punto de Ebullición:	No aplicable
Gravedad específica:	1.00073 g/ml
Solubilidad en agua:	Fácilmente dispersable en agua
Incompatibilidad:	Ninguna conocida

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:	Estable, no es material reactivo.
Condiciones a evitar:	Ninguna conocida.
Condiciones a evitar:	Ninguna conocida.
Productos de descomposición peligrosa:	Ninguna conocida.
Polimerización peligrosa:	No ocurrirá.

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Posibles rutas de entrada:	Oral, los ojos y la piel
Efectos potenciales para la salud por sobreexposición:	
Ingestión:	Puede causar náuseas y diarrea en algunos individuos.
Iritación de la piel/ojos:	Contacto directo con la piel o los ojos puede causar una leve irritación en algunas personas.
Inhalación:	No aplicable
Sección 11 Notas:	Ninguno de los componentes de este producto están listados como cancerígenos por NTP, IARC o OSHA. No se han realizado estudios toxicológicos de este producto, no hay informes de toxicidad en más de 28 años de uso. Los componentes microbianos son de origen natural, no patógenos para los animales ni para las plantas. No han sido modificadas genéticamente.

INFORMACIÓN – HDS – Environoc 301 líquido		Biodyme Costa Rica	
SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA			
Información ecológica:	En relación con el medio ambiente y el comportamiento, este producto no se espera imponer ningún riesgo ambiental. Sin el uso continuo, las poblaciones volver a números antes de la inoculación sin impacto duradero en el medio ambiente y las poblaciones indígenas.		
Información de ecotoxicidad:	Este producto ha estado en uso por más de 28 años en el caso de las aguas superficiales, las aguas subterráneas y las aplicaciones terrestres y nunca ha sido reportado a ser tóxicos para los animales o las plantas.		
SECCIÓN 13: MANEJO DE DESECHOS			
Método de eliminación:	Si este producto llega a ser un desperdicio, no cumple los criterios de un desecho peligroso. Como un residuos sólidos no peligrosos, se pueden eliminarse en un vertedero de residuos industrial conforme a las regulaciones del gobierno.		
Contenedor vacío:	El contenedor vacío puede eliminarse como un residuos sólidos no peligrosos o alternativamente devuelto al proveedor para reciclar.		
Sección 13 Notas:	Requisitos normativos están sujetos a cambio y los métodos aceptables de eliminación pueden variar por ubicación. Deben contactar las agencias apropiadas para asesoramiento antes de la eliminación.		
SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE			
Tierra:	ADR / RID Clase :	Europea de transportes de mercancías peligrosas (carretera / ferrocarril)	No controlado por ADR
Agua:	IMDG Clase :	Transporte de materiales peligrosos por buque	No controlado por IMDG
Aire:	IATA – DGR Clase :	Asociación de transporte aéreo internacional (mercancías peligrosas)	No controlado por IATA
Otros:	U. S. DOT:	U. S. Departamento de transporte	No regulado
Sección 14 Notas:	Este producto puede requerir permisos de importación en algunos países.		
SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA			
Etiquetado según directivas de la Comisión Europea:			
Símbolo :	No es necesario		
Frases R:	No es necesario		
Frases S: (Recomendado)	S 2 S 20/21	Mantener fuera del alcance de los niños Cuando uso no comer, beber o fumar	
U.S. EPA SARA: (Título III clasificación)	No aguda o crónica, los peligros para la salud. Ningún incendio, liberación de presión, o reactividad peligros.		
U.S. EPA:	No es necesario registrarse.		
SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES			
Responsabilidad del usuario:	Esta hoja de datos de seguridad proporciona información de seguridad y salud. Este producto debe ser utilizado en usos compatibles con nuestra literatura de producto. Manipular este producto los individuos deben ser informados de las precauciones de seguridad recomendadas y deben tener acceso a esta información. Para otras aplicaciones, las exposiciones deben ser evaluadas para que prácticas de manejo adecuadas y programas de formación pueden establecerse para asegurar operaciones de lugar de trabajo seguro.		
Fecha de última revisión de HDS:	01 de enero de 2017	Reemplaza todas las ediciones anteriores	
www.biodyme-costa-rica.com			
Página 4 de 4		bdcr_HDS_Environoc301_Liq	

Nuestros productos

• **Marco y Rejilla**

Especificaciones Técnicas

- Resistencia máxima en carga puntual 7,58 ton según informe I-0237-16 Laname UCR
- Peso unitario 23 kg+3%
- Largo 72,5 cm
- Ancho 59 cm
- Altura 10 cm
- Cavidad hidráulica 11 litros por segundo
- 11 canales de filtración
- Doble bisagra galvanizada



Precio 58,500 c/u



Reciclando residuos, transformando el planeta.

APÉNDICES



HOJA DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Información del estudiante:

Nombre: Luis Eladio Madrigal González
Cédula: 1 1411 0361 **Carné:** 20160220191
Teléfono: 6048 8092
Email: lemadri2007@gmail.com

Información del proyecto:

Escuela: Ingeniería Mecánica y Administración
Nombre del Proyecto: Drenajes Urbano Sostenibles para filtración de alcantarillado previo a la llegada al río María Aguilar

Área del Proyecto: Mecánica de Fluidos

Definición del proyecto: Diseño de Drenaje Urbano Sostenible para filtrar las aguas provenientes del alcantarillado en una sección de la calle 221 (entrada a Curridabat por San Pedro) previo a su llegada al Río María Aguilar como parte del proyecto de recuperación de zonas verdes del cantón.

Alcances y Limitaciones: El proyecto no es una planta de tratamiento de aguas residuales, pretende filtrar desechos sólidos, lodos y grasas previo a que las aguas lleguen al río María Aguilar y que estas lleguen a un caudal apropiado mediante lagunas o tanques de retención que serán definidos durante el proyecto.

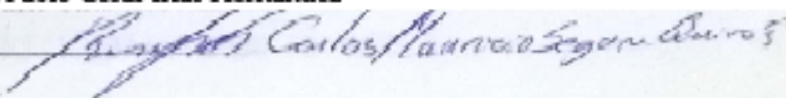
El proyecto contempla el diseño y dimensionado del drenaje urbano sostenible, incluyendo todas sus partes (tanques de captación y filtrado, cunetas, dimensionado de tubería subterránea, accesos de inspección y mantenimiento) basado en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (Edición 2017) del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos publicado en el Diario Oficial La Gaceta el día martes 21 de febrero del 2017 (Alcance numero 38) y el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales publicado en el Diario Oficial La Gaceta el día lunes 19 de marzo del 2007 (Alcance numero 8) mediante el decreto numero 33601-MINAE-S.

La principal limitación del proyecto es que la ejecución estará a cargo de la Municipalidad de Curridabat ya que se entregara un diseño final para la zona escogida por la Municipalidad para ser intervenida por lo tanto no podrá realizarse pruebas en vivo del drenaje en funcionamiento.

Información de la empresa:

Nombre: Municipalidad de Curridabat
Zona: San Jose, Curridabat, Curridabat Centro
Dirección: Vía Calle 093, 215, San José, Curridabat, 11801, Costa Rica
Teléfono: 2216 5200 **Fax:** 2272 0809 **Apartado:** 17-2300
Actividad Principal: Gobierno Local

Coordinador de la Escuela: MBA Pablo Cesar Irias Hernández

Firma del Coordinador de la Escuela: 
Fecha de aprobación: 31/01/17

Heredia, 13 de Diciembre del 2017

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Drenajes Urbano Sostenibles para filtración de alcantarillado previo a su vertido al río María Aguilar, elaborado por el estudiante Luis Eladio Madrigal Gonzalez puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Mecánica, con énfasis en Administración.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,


Ing. Jonathan Hernández Hernández

Tutor

Heredia, 13 de Diciembre del 2017

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

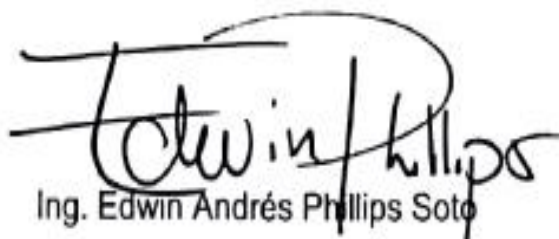
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Drenajes Urbano Sostenibles para filtración de alcantarillado previo a su vertido al río María Aguilar, elaborado por el estudiante Luis Eladio Madrigal Gonzalez puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Mecánica, con énfasis en Administración.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Edwin Andrés Phillips Soto

Lector

Carta de filólogo(a)

Señores
Universidad Latina de Costa Rica
Presente

Estimados señores:

El suscrito Edith Raissa Pizarro Alfaro con cédula de identidad número 401780133, profesional en Filología, hace constar que revisó el documento denominado **Drenajes Urbano Sostenibles para filtración de alcantarillado previo a su vertido al río María Aguilar**, del estudiante **Luis Eladio Madrigal González**, al cual se le aplicaron las revisiones y observaciones relacionadas con aspectos de construcción gramatical, ortografía, redacción entre otros.

Dado lo anterior, certifico que el documento contiene las observaciones y correcciones solicitadas, quedando de conformidad con lo pactado.

Atentamente,

Edith Raissa Pizarro Alfaro

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Edith Raissa Pizarro Alfaro', is written over a horizontal line.

Código 35554

