



Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado del campus de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus de la carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Ríos Mosquera, Roberto David y Torres Galarraga, Israel Alexander

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto PhD.

23 de agosto del 2022



IASA Ríos Torres par Copyleaks.pdf

Scanned on: 16:50 August 22, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text



Firmado electrónicamente por:
DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON

Identical Words	476
Words with Minor Changes	52
Paraphrased Words	165
Omitted Words	0



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado del campus de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus de la carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.” fue realizado por los señores Ríos Mosquera, Roberto David y Torres Galarraga, Israel Alexander; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de agosto de 2022.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
DARIO ROBERTO
BOLAÑOS GUERRÓN

.....
Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto Ph.D.

C.C. 1715206593



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, Ríos Mosquera, Roberto David y Torres Galarraga, Israel Alexander, con cédulas de ciudadanía Nro. 1724596828, 1753972098, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: “Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado del campus de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus de la carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de agosto del 2022

Firma

Ríos Mosquera, Roberto David
C.C. 1724596828

Firma

Torres Galarraga, Israel Alexander
C.C.: 1753972098



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Nosotros Ríos Mosquera, Roberto David y Torres Galarraga, Israel Alexander, con cédulas de ciudadanía Nro. 1724596828, 1753972098, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado del campus de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus de la carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE." en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 25 de agosto del 2022

Firma

Ríos Mosquera, Roberto David

C.C. 1724596828

Firma

Torres Galarraga, Israel Alexander

C.C.: 1753972098

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi familia, que sin su apoyo y sin su alegría no podría haber llegado tan lejos, cada uno de ellos me mostraron que no importa lo complicado que sea el camino, si nunca te rindes podrás llegar a la meta. No existen los atajos y luchar de frente con una sonrisa es una característica de esta hermosa familia Ríos Mosquera.

Una dedicación especial a mis Padres Roberto S. Ríos e Isabel E. Mosquera, son realmente increíbles en cada aspecto, que la salud y buen ánimo nunca lleguen a faltarles.

Roberto Ríos

Parece ayer que todo empezó y era nada más que un sueño, pero hoy estoy aquí culminando esta larga etapa que no hubiera podido superar sin el apoyo incondicional de mis padres: Ruth y Wilson, por ello este trabajo va para ustedes que han hecho esto posible.

Dedicado a todas las personas que han creído en mí y me han dado ánimos para seguir adelante y superarme cada vez

Israel Torres

Agradecimiento

Mi agradecimiento comienza por mi Mamiboli que con su ternura y cariño supo darme ese respiro para continuar en la pelea y jamás rendirme. A mi Pa Roberto que con su buen ánimo alegraba cada madrugada y cada viaje a la universidad sin importar la hora. A mi Ma Isabel que me heredo la inteligencia, habilidad con la que ahora estoy cumpliendo la meta de convertirme en Ingeniero Civil.

A mis dos hermanas Sarita y Laurita con cada baile, grito y golosina llenan mi corazón, mientras sonrío y pienso en que no pude pedir mejores hermanas, ustedes son las mejores.

A Dina Zulay, una persona importante en mi vida, que me ha acompañado en cada momento difícil y sin duda ha sido un apoyo para salir adelante. Eres mi persona favorita.

Gracias a todos ustedes estoy cumpliendo este sueño.

Roberto Ríos

No puedo empezar a escribir estas sin agradecer infinitamente a mis padres: Ruth y Wilson, que han sido un pilar fundamental en mi vida.

Un agradecimiento especial a mi hermana Gabriela que siempre ha estado dispuesta a brindarme la mano y sus conocimientos para seguir adelante.

A Valeria mi gran amiga por darme ánimo cuando más lo necesito.

A todos mis amigos que me han apoyado incondicionalmente.

A Miguel e Israel, por ayudarme incontables veces a lo largo de todo este tiempo.

Y finalmente un agradecimiento especial a nuestro tutor, el Ing. Darío Bolaños,

Ph.D., quien nos supo guiar y apoyar en el desarrollo de este proyecto.

Israel Torres

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de Tablas.....	13
Índice de Figuras.....	15
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
Introducción.....	18
Antecedentes.....	19
Planteamiento del Problema.....	19
Justificación e Importancia.....	20
Objetivos.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos.....	21
Capitulo II.....	22
Materiales y Métodos.....	22
Ubicación geográfica.....	22
Características Climáticas.....	23
Temperatura ambiente.....	23
Precipitación.....	23

Recursos hídricos	24
Sistemas de alcantarillado	24
Parámetros de diseño para sistema de alcantarillado sanitario.....	25
Periodo de diseño	25
Población Actual	25
Población de diseño.....	26
Tasa de crecimiento poblacional.....	27
Dotación Actual.....	27
Dotación de diseño	29
Caudal sanitario de diseño.....	29
Caudal medio diario de aguas residuales (QMD).....	30
Coeficiente de simultaneidad o mayoración (M).....	32
Caudal de conexiones erradas (QCE).....	33
Caudal de infiltración	33
Parámetros de diseño para sistema de alcantarillado pluvial	34
Periodo de retorno	34
Tiempo de concentración.....	35
Caudal pluvial de diseño	37
Coeficiente de esorrentía	38
Intensidad de precipitación	40
Principales parámetros de calidad de aguas residuales.....	46

	10
Parámetros Químicos	46
Parámetros físicos	47
Parámetros biológicos.....	48
Metodología de tratamiento de aguas residuales	48
Caracterización del agua residual	49
Capítulo III	51
Resultados y discusión	51
Topografía	51
Caracterización del suelo	53
Evaluación del sistema de alcantarillado actual	54
Reporte del sistema actual.....	56
Pozos de ladrillo sin revestimiento	56
Fondo de los pozos desgastado	57
Pozos de revisión sin escaleras	58
Pozos con tuberías sin revocar	59
Pozos sin juntas de construcción herméticas	60
Tapas de pozos con cubierta vegetal.....	61
Distancia máxima entre pozos excedida	62
Velocidad mínima por debajo de la norma	62
Diseño del alcantarillado sanitario.....	64
Trazado de la Red de Alcantarillado	64

	11
Parámetros de Alcantarillado Sanitario	67
Resultados Red Alcantarillado Sanitario	77
Descarga de aguas residuales.....	79
Diseño del alcantarillado pluvial	80
Parámetros de Alcantarillado Pluvial.....	81
Resultados del diseño de alcantarillado pluvial	88
Sumideros.....	89
Diseño de la planta de tratamiento.....	92
Caracterización de aguas residuales	92
Proceso de tratamiento de agua residual	93
Obras de llegada.....	93
Pretratamiento	94
Tratamiento primario.....	95
Tratamiento secundario	96
Dimensionamiento de la planta de tratamiento	96
Canal de entrada	96
Rejas	97
Desarenador	101
Canaleta Parshall.....	103
Tanque de sedimentación.....	104
Filtro biológico.....	108

Tratamiento de lodos	111
Tanque digestor.....	111
Patio de secado de lodos.....	113
Presupuesto.....	114
Análisis de precios unitarios.....	114
Presupuesto referencial	115
Capítulo IV	118
Conclusiones	118
Recomendaciones	119
Referencias.....	119
Apéndices	121

Índice de Tablas

Tabla 1 Temperatura media IASA I.....	23
Tabla 2 Distribución de población IASA I.....	25
Tabla 3 Tasas de crecimiento poblacional.....	27
Tabla 4 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.	28
Tabla 5 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.	29
Tabla 6 Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas.	30
Tabla 7 Categorización de la infiltración.....	34
Tabla 8 Periodos de retorno para diferentes ocupaciones del área.....	35
Tabla 9 Tiempos de concentración de acuerdo al tipo de área de drenaje.....	36
Tabla 10 Valores usados para determinar un coeficiente de escorrentía según las características de la superficie y el periodo de retorno.....	38
Tabla 11 Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado.....	39
Tabla 12 Precipitaciones obtenidas de las estaciones meteorológicas mencionadas.....	41
Tabla 13 Precipitaciones máximas por hora.....	42
Tabla 14 Intensidades de lluvia para distintas duraciones.....	43
Tabla 15 Tabla de regresiones.....	44
Tabla 16 Datos de la recolección de muestras.....	50
Tabla 17 Estado actual del sistema de alcantarillado del Campus IASA I.....	55
Tabla 18 Aforo de caudales.....	63
Tabla 19 Diámetros Internos mínimos.....	67
Tabla 20 Velocidad en tubería.....	70
Tabla 21 Pendientes de los conductos.....	72
Tabla 22 Profundidad hidráulica en las redes del sistema sanitario.....	73
Tabla 23 Arrastrabilidad en los conductos de la red de alcantarillado sanitario.....	75

Tabla 24	Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado sanitario IASA I ..	77
Tabla 25	Diámetros de la red de alcantarillado pluvial IASA I.	82
Tabla 26	Velocidades del sistema de alcantarillado pluvial IASA I.	84
Tabla 27	Pendiente en los tramos de tubería del sistema pluvial IASA I.	85
Tabla 28	Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado pluvial IASA I.	88
Tabla 29	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	92
Tabla 30	Resultados del muestreo de agua residual.	93
Tabla 31	Información para el diseño de barras de la reja	94
Tabla 32	Criterios de diseño para tanques de sedimentación primaria	95
Tabla 33	Datos para el diseño de rejillas	97
Tabla 34	Factor dependiente de la forma de barras	99
Tabla 35	Datos para el diseño del desarenador.....	101
Tabla 36	Límites de aplicación para aforadores Parshall con descarga libre	103
Tabla 37	Dimensiones típicas para aforadores Parshall	103
Tabla 38	Coeficientes K y n en aforadores Parshall	104
Tabla 39	Parámetros para cálculo de velocidad de arrastre	106
Tabla 40	Valores de las constantes empíricas.....	107
Tabla 41	Producción de lodos en litros por persona por día.	111
Tabla 42	Presupuesto referencial calculado para el sistema de alcantarillado sanitario.	115
Tabla 43	Presupuesto referencial sistema de alcantarillado pluvial.	116
Tabla 44	Presupuesto referencial de la planta de tratamiento de aguas residuales	117

Índice de Figuras

Figura 1 Hacienda El Prado IASA I, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.	22
Figura 2 Distribución de precipitaciones en el Campus IASA I	24
Figura 3 Diagrama de flujo para obtención de curvas IDF	41
Figura 4 Tren de tratamiento convencional	49
Figura 5 Ingreso de operarios al pozo de revisión para la toma de muestra.....	49
Figura 6 Levantamiento topográfico proporcionado por desarrollo físico	51
Figura 7 Levantamiento topográfico disponible	52
Figura 8 Perfil longitudinal del terreno	53
Figura 9 Resultados de ensayos en la muestra del suelo.....	54
Figura 10 Sistema actual de alcantarillado en el Campus Iasa I.....	55
Figura 11 Pozo de ladrillo sin revestimiento.	57
Figura 12 Presencia de sedimentos en el pozo de revisión.....	58
Figura 13 Pozo sin escaleras de acceso.	59
Figura 14 Tubería de acometida en los pozos.....	60
Figura 15 Proliferación de raíces al interior de la cámara de inspección.	61
Figura 16 Pozo enraizado	62
Figura 17 Modelo del sistema de alcantarillado sanitario. Primera Sección.....	65
Figura 18 Modelo del sistema de alcantarillado sanitario. Segunda Sección.....	66
Figura 19 Diámetros modelados de la Red Sanitaria IASA I. Primera Sección.....	68
Figura 20 Diámetros modelados de la Red Sanitaria IASA I. Segunda Sección.	69
Figura 21 Área de implantación de la PTAR.....	79
Figura 22 Trazado de la red de alcantarillado pluvial. Primera Sección.....	80
Figura 23 Trazado de la red de alcantarillado pluvial. Segunda Sección.....	81
Figura 24 Sumidero propuesto	91
Figura 25 Valores típicos para el diseño de filtros biológicos.....	108

Resumen

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el campus de la carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1, tiene una infraestructura de abastecimiento de agua y alcantarillado para aguas residuales, que fue construido hace 35 años. Este sistema ha sido implementado sin un seguimiento técnico detallado, dando como resultado que en la actualidad no se cuenten con planos de las tuberías, pozos ni una planta de tratamiento de las aguas residuales generadas. Ante esto, una vez realizada una visita técnica, en conjunto con la Unidad de Desarrollo Físico, se han establecido necesidades prioritarias para desarrollar con la colaboración de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil y los docentes del Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. En este contexto, se presentan los resultados del proyecto, en el que se realizó el levantamiento de información básica, verificación de la topografía existente de la zona de estudio, evaluación de los sistemas de alcantarillado actuales mediante visitas técnicas y además el rediseño de los mismos mediante una modelación hidráulica utilizando SEWERGEMS para el alcantarillado sanitario y uno de sus complementos STORMCAD para el alcantarillado pluvial, verificando el cumplimiento de todos los parámetros mínimos que exige la normativa vigente. Finalmente se diseñó la planta de tratamiento de aguas residuales, la misma que cuenta con un canal de entrada, reja de desbaste, desarenador, canaleta Parshall, tanque de sedimentación, filtro biológico, tanque digester y un patio de secado de lodos, complementariamente se incluyen los planos de los sistemas de alcantarillado y planta de tratamiento, presupuestos referenciales de obra, especificaciones técnicas y una guía de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: IASA, alcantarillado, modelación, tratamiento de aguas residuales.

Abstract

The University of the Armed Forces ESPE, on the campus of the IASA I Engineering in Agricultural Sciences career, has a water supply and sewerage infrastructure for wastewater, which was built 35 years ago. This system has been implemented without a detailed technical follow-up, resulting in the fact that currently there are no plans for the pipes, wells or a treatment plant for the wastewater generated. Given this, once a technical visit has been carried out, together with the Physical Development Unit, priority needs have been established to develop with the collaboration of the students of the Civil Engineering career and the teachers of the Department of Earth Sciences and the Building. In this context, the results of the project are presented, in which the survey of basic information was carried out, verification of the existing topography of the study area, evaluation of the current sewage systems through technical visits and also the redesign of the same. through hydraulic modeling using SEWERGEMS for sanitary sewerage and one of its STORMCAD complements for storm sewerage, verifying compliance with all the minimum parameters required by current regulations. Finally, the wastewater treatment plant was designed, which has an inlet channel, roughing grille, sand trap, Parshall gutter, sedimentation tank, biological filter, digester tank and a sludge drying yard, additionally the plans of the sewage systems and treatment plant, referential work budgets, technical specifications and an operation and maintenance guide for the wastewater treatment plant were included.

Keywords: IASA, sewer, modeling, wastewater treatment.

Capítulo I

Introducción

Los problemas ambientales surgidos en el presente siglo han afectado paulatinamente a los ecosistemas y en gran medida al normal desarrollo de la vida, incitando a la humanidad a buscar soluciones que contribuyan al desarrollo de la normalidad de nuestras actividades, pero asegurándonos de controlar los impactos que genera en el medio ambiente, buscando así lograr la armonía que tanto deseamos con el planeta y sus habitantes.

Las instalaciones de suministro de agua y tratamiento de aguas residuales son un elemento importante en el bienestar de las personas, tanto durante la construcción inicial como durante la operación y el mantenimiento. Además del uso doméstico, para beber, lavar, saneamiento y en el área a estudiar para riego de cultivos, ganadería, producción de insumos.

El presente proyecto se encuentra en el Campus IASA I de la Escuela Politécnica del Ejército "ESPE", recinto que cuenta con diferentes áreas de estudio, administración, laboratorios, residencias, ganadería, avicultura, piscicultura y agricultura. Infraestructura que tiene la necesidad de un rediseño de su sistema de alcantarillado para garantizar el desarrollo normal de las actividades que realiza el alumnado de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, considerando el control de los impactos generados al ambiente, por tal motivo la conducción y desecho de las aguas residuales es un punto importante para el futuro crecimiento del Campus.

En efecto, los problemas de abastecimiento y tratamiento de las aguas negras que actualmente desembocan directamente a los ríos y quebradas de la zona; consisten en el rediseño del sistema de alcantarillado cumpliendo con la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área de la Secretaría del Agua (SENAGUA), así mismo con la implementación de una planta de tratamiento para aguas negras, que evite parcialmente la contaminación excesiva al momento de su descarga.

Antecedentes

El Instituto Agropecuario Superior Andino "IASA" es una ampliación de las instalaciones correspondientes a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", establecida el 04 de abril de 1994. Este centro de investigación aprovecha la infraestructura agropecuaria y ganadera de la Hacienda El Prado, ubicado a 1 ½ km de la población denominada San Fernando.

El Centro de Investigación IASA promueve la combinación de lo académico, el trabajo y la investigación, lo que apoya la formación de profesionales competentes, capaces de trabajar en equipo y comprometidos con el desarrollo socioeconómico del país. Además de contar con maquinaria agrícola disponible para las operaciones de campo, también cuenta con una estación meteorológica de primer nivel que proporciona datos climáticos, así como agrometeorología y agroecología.

Siendo el IASA un proyecto innovador, con el avance tecnológico, las necesidades del entorno y la difusión de proyectos, además de albergar a estudiantes, profesionales, personal administrativo y de seguridad, se busca rediseñar su sistema de alcantarillado y componer una planta de tratamiento que cumpla con las necesidades de trabajo de la zona.

Planteamiento del Problema

El Instituto Agropecuario Superior Andino "IASA" cuenta con una infraestructura de abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales, construida hace 35 años que no toma en consideración parámetros de diseño y tratamiento de aguas para su correcta evacuación, prevención de daños y contaminación ambiental. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo realizar la evaluación, diagnóstico y rediseño del sistema de aguas residuales y planta de tratamiento de aguas negras, que permita la descarga a los arroyos y fuentes naturales de acuerdo con los parámetros de calidad establecidos en la norma.

Justificación e Importancia

Este proyecto surge de la necesidad de mejorar las condiciones existentes de la infraestructura correspondiente al Instituto Agropecuario Superior Andino "IASA", debido a que hoy en día las redes de drenaje ya se encuentran fuera de su vida útil y se presume que carecen de un diseño adecuado. Como resultado, los pozos de revisión se encuentran desgastados, colapsados y otros sin registro de su ubicación.

Asimismo, en la Ordenanza N° 014-2013 que establece el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, menciona que todos los desechos residuales de la industria, el comercio y los servicios públicos deben ser tratados antes de su descarga para reducir los niveles de contaminación, en este caso, el agua de uso agrícola que se descarga directamente en las fuentes hídricas.

Por lo anterior, se realizará una evaluación de los sistemas existentes para identificar las anomalías que presenten, como resultado del estudio se propondrá un rediseño del sistema de alcantarillado, de igual manera su tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta los criterios de diseño, considerando las siguientes normas:

- Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable 2009.
- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes – Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 1992- Código Ecuatoriano de la Construcción.

Con este proyecto, se busca contribuir al buen funcionamiento del sistema de drenaje de aguas residuales, y al mismo tiempo brindar soluciones para el tratamiento de aguas residuales, reduciendo el nivel de contaminación ambiental.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar y rediseñar el sistema de alcantarillado pluvial y sanitario del Campus de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA 1 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y diseñar una planta de tratamiento de agua residual para mejorar el nivel de servicio del campus.

Objetivos Específicos

Verificar la topografía existente de la zona del proyecto y si fuera necesario completar con un levantamiento topográfico la información faltante para el diseño hidráulico.

Evaluar el funcionamiento del servicio de alcantarillado sanitario y pluvial a través de inspecciones en campo de los componentes de los sistemas actuales.

Rediseñar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial cumpliendo los parámetros normativos mediante una modelación hidráulica en software especializado.

Caracterizar el agua residual descargada en el cuerpo receptor para proceder al diseño de la planta de tratamiento de acuerdo a la normativa correspondiente.

Elaborar planos, especificaciones técnicas y presupuesto de los dos sistemas de alcantarillado y la planta de tratamiento con todos los entregables necesarios de acuerdo a la normativa vigente para aprobación de estudios y diseños hidrosanitarios.

Capítulo II

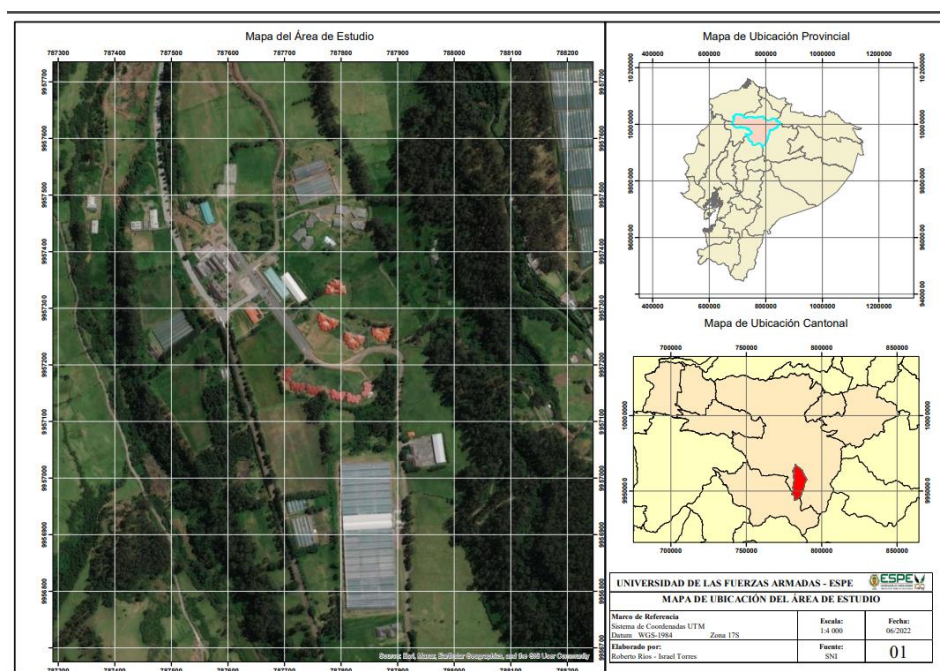
Materiales y Métodos

Ubicación geográfica

El proyecto se desarrollará en la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, sector de San Fernando, cerca de la ciudad de Sangolquí, en el Valle de los Chillos, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, a una distancia de 26 kilómetros al Sur-Este de Quito, capital de la República del Ecuador. El área de estudio se encuentra a una elevación promedio de 2932 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas $0^{\circ}23'20''$ S $78^{\circ}24'44''$, como se observa en la figura 1.

Figura 1

Hacienda El Prado IASA I, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.



Nota. El gráfico presente es una representación geográfica del terreno que conforma la zona de estudio IASA.

Características Climáticas

Para el presente proyecto se tomarán los datos climatológicos y pluviométricos proporcionados por la estación meteorológica IASA I, la misma que se encuentra dentro de la zona de estudio y dispone registros hasta el 2019, para complementar la información adicionalmente se hará uso de la estación meteorológica IZOBAMABA M003, que es la más cercana a la zona de estudio.

Temperatura ambiente

De acuerdo a los datos de la estación meteorológica IASA I la zona de estudio tiene una temperatura media entre 14° y 16° a lo largo del año.

Tabla 1

Temperatura media IASA I

Temperatura Media	
Enero	14,15
Febrero	14,30
Marzo	14,87
Abril	14,76
Mayo	14,94
Junio	14,76
Julio	15,24
Agosto	15,00
Septiembre	14,86
Octubre	14,97
Noviembre	14,86
Diciembre	14,94

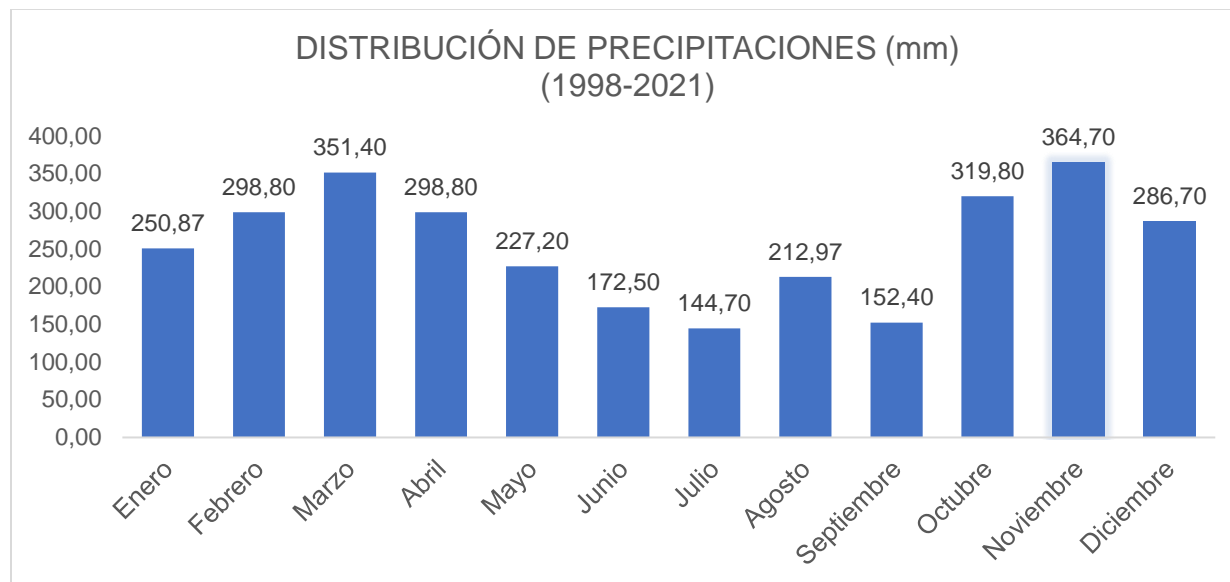
Nota. Datos recuperados de la Estación Meteorológica perteneciente al IASA I.

Precipitación

De acuerdo a los datos obtenidos de la estación meteorológica IASA 1, en los meses de marzo y noviembre se presenta alturas de precipitación mayores al resto del año. En junio se registra una altura de precipitación baja, lo que correspondería a un periodo seco.

Figura 2

Distribución de precipitaciones en el Campus IASA I



Nota. Datos tabulados en función de la información histórica recolectada por la estación meteorológica IASA I.

Recursos hídricos

Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Santa Clara y la Quebrada Pinlocoto ubicados al este de la Hacienda el Prado IASA I.

Sistemas de alcantarillado

Un sistema de alcantarillado es el conjunto de ductos, accesorios y obras de arte complementarias cuyo fin es el de coleccionar las descargas de agua residual doméstica e industrial y pluvial de una población y conducir las hacia su disposición final, minimizando los riesgos para la población de servicio y el medio ambiente.

Parámetros de diseño para sistema de alcantarillado sanitario

Periodo de diseño

En base a las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado emitido por EMAAP-Q (2009), se establece que el período de diseño será de 30 años para los sistemas de alcantarillado.

Población Actual

La población actual de la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", se determinó en base al estudio "Plan de Emergencias – Carrera de Ingeniería Agropecuaria", donde describe el personal Militar, administrativo, docente, trabajadores y estudiantes. Teniendo como resultado un total de 440 habitantes haciendo uso de las instalaciones.

Tabla 2

Distribución de población IASA I

Cantidad de Población		
	Personal Militar	12
	Personal Administrativo	18
Nro.	Personal Docente	25
Personal	Trabajadores	48
	Personal de estudiantes	337
	Total	440

Nota. Recuperado de Plan de Emergencias – ESPE. Copyright 2020 por TCRN. Viteri.

Población de diseño

La población de diseño es esencialmente el cálculo de la población futura, la cual se puede precisar por diferentes métodos de proyección, entre los más utilizados y que se hacen uso en este proyecto son: el método exponencial, aritmético y geométrico.

- Método de la Progresión Aritmética: El crecimiento aritmético muestra que en cada período la población aumenta o disminuye en un mismo número de personas, es decir que la tasa de crecimiento es constante (Granados, 1987). De esta manera se puede expresar de la siguiente forma:

$$P_t = P_o + gt \quad (1)$$

Donde:

Pf: Población futura o proyectada

Po: Población presente

t: Período de tiempo transcurrido

g: Incremento anual de la población

- Método de la progresión geométrica: El crecimiento geométrico de la población, supone que esta crece a una tasa constante, lo que significa que va aumentando la misma cantidad de personas proporcionalmente en cada período de tiempo (Granados, 1987).

Para el cálculo de la población futura se tiene:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n \quad (2)$$

Donde:

Pf: Población futura o proyectada

Pa: Población actual

r: Tasa de crecimiento

t: Período de proyección

Tasa de crecimiento poblacional

El Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN (1997), muestra las tasas de crecimiento poblacional en base a los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y recuentos sanitarios.

Tabla 3

Tasas de crecimiento poblacional

Región Geográfica	r
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Nota. Esta tabla muestra los valores que se pueden considerar para las tasas de crecimiento, calculados por medio de proyección geométrica. Recuperado de: INEN. (1997). Código de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quito.

Dotación Actual

La dotación actual se determina en consideración a las Normas INEN “Código de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural”, en el cual, se presenta los niveles de servicio aplicables para sistemas de agua, disposición de excretas y residuos líquidos, como se evidencia en la tabla 3.

Tabla 4

Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
	DE	
Ia	AP	Grifos públicos.
	DE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
	DRL	Sistema al alcantarillo sanitario.

Simbología utilizada:

AP: Agua Potable

DE: Disposiciones de excretas

DRL: Disposición de residuos líquidos

Nota. Esta tabla muestra la clasificación por niveles de servicio a considerar en un proyecto.

Recuperado de: INEN. (1997). Código de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quito.

Donde el proyecto IASA I se lo categoriza en el Nivel IIb, que determina tener conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa (residencias), sistema al alcantarillado sanitario. Con esta clasificación se establece las dotaciones L/hab*día, por medio de la tabla 4.

Tabla 5

Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

Nivel de Servicio	Clima Frío (L/hab*día)	Clima Cálido (L/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

Nota. Esta tabla presenta las dotaciones correspondientes a los diferentes niveles de servicio. INEN. (1997). Código de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quito.

Para la dotación actual del proyecto se selecciona 100 L/hab*día de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona de estudio.

Dotación de diseño

Las normas INEN “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, describe que, para la selección de la dotación para poblaciones menores a los 5 000 habitantes, se debe tomar la dotación mínima fijada. Tomando en consideración los parámetros de la población y clima, se establece una dotación de 160 L/hab*día para el presente proyecto.

Caudal sanitario de diseño

“El caudal de diseño es la suma de los caudales máximo horario, caudal de infiltración y el caudal de conexiones erradas” (INEN, 1997). El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño.

Caudal medio diario de aguas residuales (QMD)

El caudal para aguas residuales aportadas a un sistema de recolección debe estar integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales, llegado el caso de que existan cada una de estas entidades, caso contrario solo serán consideradas las que existan dentro de los límites del proyecto.

- Caudal Doméstico (Qd):

El aporte doméstico (Qd) está dado por la expresión.

$$Qd = \frac{d_{neta} * P * R}{86400} \quad (3)$$

Siendo;

d_{neta} : Dotación neta por habitante (L/ha*día)

P: Población (hab)

R: Coeficiente de retorno (adimensional)

Siendo el Coeficiente de retorno una parte del agua de uso doméstico servida, que se descarga al sistema de recolección de aguas residuales. Dentro de las Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado – EMAAP-Q, se describen factores R por medio de la tabla 5 presentada a continuación.

Tabla 6

Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas.

Nivel de complejidad del sistema	Coeficientes de retorno
Bajo y medio	0,7 - 0,8
Medio alto y alto	0,8 - 0,85

Nota. Representa los factores R, dichos valores deben mantenerse constantes durante todo el período de diseño y para toda el área servida. Recuperado de: EMAAP-Q. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. Quito.

En el proyecto de la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, cuenta con un nivel de complejidad “medio alto y alto”, por lo que el coeficiente de retorno seleccionado será de 0,8.

- Caudal Industrial (QI):

El consumo del agua industrial es muy variado debido al tipo y capacidad de producción, por lo cual los aportes de aguas industriales residuales deben ser individuales para cada caso, indiferente al nivel de complejidad del sistema. Sin embargo, para industrias pequeñas como las localizadas en la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, pueden utilizarse valores descritos en las Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado – EMAAP-Q. Por lo cual, el caudal Industrial se calcula de la siguiente manera:

$$Q_I = 0,8 \left(\frac{L}{s} ha * ind \right) \quad (4)$$

- Caudal Institucional (QIN):

El consumo de agua en diferentes instituciones varía de acuerdo al tipo de tamaño de las mismas, dentro de las cuales pueden mencionarse escuelas, colegios y universidades, hospitales, hoteles, cárceles, etc. (EMAAP-Q, 2009)

De la misma en la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” al tener un número reducido de alumnos, los aportes de aguas residuales pueden estimarse a partir de los valores por unidad de área institucional, presentes en las Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado – EMAAP-Q. Por lo cual, el caudal Industrial se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{IN} = 0,5 \left(\frac{L}{S} ha * inst \right) \quad (5)$$

Como se mencionó en un inicio el Caudal medio diario de aguas residuales (QMD), se determina sumando los aportes doméstico, industrial e institucional.

$$Q_{MD} = Qd + Qi + Qin \quad (6)$$

- Caudal máximo horario

El caudal máximo horario establece el caudal del diseño de cada uno de los tramos que conforman una red de alcantarillado de aguas residuales. Según la Organización Panamericana de la Salud (2005), la fórmula que se debe aplicar es la siguiente:

$$Q_{mH} = M * Q_{MD} \quad (7)$$

Siendo;

Q_{MH} : Caudal máximo horario (l/s)

Q_{MD} : Caudal medio (l/s)

M: Coeficiente de simultaneidad

Coeficiente de simultaneidad o mayoración (M)

Utilizando la expresión proporcionada por la EMAAP-Q, se tiene que el coeficiente de simultaneidad está determinado por la siguiente expresión:

$$M = \frac{2,228}{Q_{MD}^{0,073325}}, Q_{MD} > 4 \frac{l}{s} \quad (8)$$

$$M = 4, Q_{MD} < 4 \frac{l}{s} \quad (9)$$

Rango de aplicación: 1,5 – 4,0

Donde:

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

M: Coeficiente de simultaneidad

Caudal de conexiones erradas (QCE)

El caudal de conexiones erradas debe considerar los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, proveniente de malas conexiones de bajantes de techos y patios. Estos aportes están en función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones presentes en el área y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias. (EMAAP-Q, 2009)

Para el cálculo utilizaremos la expresión dada por Ex – IEOS que establece el caudal de conexiones erradas o ilícitas de la siguiente manera:

$$Q_{CE} = 80 \left(\frac{L}{Hab * día} \right) * PA(hab) \quad (9)$$

Donde;

Q_{CE} : Caudal de conexiones erradas (l/s)

PA: Población Aportante (hab)

Caudal de infiltración

El caudal de infiltración hace referencia al agua superficial que ingresa en las redes del sistema de alcantarillado a través de fisuras en las tuberías o en juntas deficientemente establecidas, además de las uniones de las tuberías con los pozos de inspección. (EMAAP-Q, 2009)

En el proyecto de la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, cuenta con un nivel de complejidad “medio alto y alto”, por lo que su categorización y valor de infiltración estará dado por la tabla 6.

Tabla 7*Categorización de la infiltración*

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración (L/s*ha)	alta	Infiltración media (L/s*ha)	Infiltración baja (L/s*ha)
bajo y medio	0,1 - 0,3		0,1 - 0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto	0,15 - 0,4		0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

Nota. Esta categorización está determinada en relación a las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación. Recuperado de: EMAAP-Q. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. Quito.

Por lo tanto, el valor de infiltración puede ser determinado mediante la siguiente expresión:

$$Q_{in} = 0,1 * A \quad (10)$$

Donde;

Q_{in} : Caudal de infiltración (l/s)

A: Área del proyecto (ha)

Finalmente, el caudal de diseño utilizado para dimensionar las tuberías de agua residual, se determina por medio de la siguiente manera:

$$Q_{Diseño} = Q_{MD} + Q_{CE} + Q_{in} \quad (11)$$

Considerando que cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 l/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.

Parámetros de diseño para sistema de alcantarillado pluvial

Periodo de retorno

Es el periodo de tiempo esperado para que un determinado caudal de precipitaciones ocurra o se supere. El periodo de retorno varía de acuerdo a la importancia de la obra, nivel de

complejidad del sistema y en muchos casos debido a intereses sociales y turísticos, siempre teniendo en cuenta los daños que se pueda producir a la población si la capacidad del sistema de drenaje es sobrepasada.

Tabla 8

Periodos de retorno para diferentes ocupaciones del área

Tipo de obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10-25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50 - 100

Nota. Estos valores se utilizan para el cálculo de la intensidad de lluvia con el método IDF.

Recuperado de: EMAAP-Q. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. Quito.

Para el proyecto se selecciona un periodo de retorno de 25 años ya que cuenta con áreas comerciales (floricultura, agropecuaria, etc.) y además residenciales (villas).

Tiempo de concentración

Es el tiempo de viaje que demora una gota de agua proveniente de la precipitación en recorrer el punto más alejado del desfogue de la cuenca hasta dicho desfogue. El tiempo de concentración se compone de un tiempo de recorrido de la escorrentía en el terreno hasta el conducto de desagüe (t_i) más el tiempo de recorrido dentro del conducto (t_f), tal que

$$t_c = t_i + t_f \quad (12)$$

Donde:

tc: Tiempo de concentración.

ti: Tiempo de entrada al conducto de desagüe

tf: Tiempo de flujo a lo largo de las tuberías del sistema de alcantarillado

El tiempo ti puede ser calculado con cualquier método que considere las condiciones topográficas de la zona de estudio, la resistencia del flujo, áreas de aportación, permeabilidad del terreno y distancia del terreno hasta el punto de entrada al conducto o se puede seleccionar de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 9

Tiempos de concentración de acuerdo al tipo de área de drenaje

Descripción del área de drenaje	ti (min)
Áreas densamente pobladas, alto porcentaje de zonas impermeables y 5 sumideros cercanos	
Áreas medianamente pobladas y pendiente más o menos planas	10 - 15
Zonas residenciales, superficies planas y sumideros lejanos	20 - 30

Nota. Estos valores corresponden al ti para el cálculo del tiempo de concentración total (tc).

Recuperado de Normas de diseño para sistemas de alcantarillado en la EMAAP-Q.

De acuerdo a la Tabla mostrada, se selecciona el valor del tiempo de concentración inicial de 15 minutos, correspondiente a áreas medianamente pobladas y pendiente más o menos plana que son las condiciones que más se asemejan al área del proyecto.

El tiempo de recorrido por los conductos (tf) se calcula con la siguiente ecuación:

$$t_f = \frac{L}{60V} \quad (13)$$

Donde:

L: Longitud del tramo de alcantarillado.

V: Velocidad de circulación del agua en el tramo respectivo.

De acuerdo a la norma la velocidad mínima del agua es de 0,60 m/s, y se va a ubicar los pozos de revisión cada 80 metros.

$$t_f = \frac{80m}{(0,60 * 60)m/s}$$

$$t_f = 2,22 s$$

Se adopta un t_f de 3 s

$$t_c = 13 + 3$$

$$t_c = 16 s$$

Caudal pluvial de diseño

Para el cálculo del caudal pluvial se utiliza el método racional, aplicable para cuencas hidrográficas con extensiones menores a 200 Ha (EMAAP-Q, 2009).

$$Q = \frac{CIA}{360} \tag{14}$$

En donde:

Q= Caudal pluvial pico (m³/s).

C= Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad.

I= Intensidad de precipitación (mm/h). Determinada de curvas I-D-F para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca para la recurrencia de cálculo adoptada.

A= Área de aporte de la cuenca (Ha).

Coeficiente de escorrentía

Conceptualmente el coeficiente de escorrentía es la relación existente entre el agua que fluye en el terreno posterior a la precipitación y la precipitación total, también se lo puede denominar como la infiltración que se produce en el terreno o tramo de análisis. Este coeficiente es muy importante dentro del diseño del sistema de alcantarillado pluvial ya que permite calcular realmente cuanto caudal pluvial recoge el sistema de alcantarillado descartando el porcentaje de la precipitación que se retiene en la superficie debido al uso y ocupación del suelo y al porcentaje de evaporación.

Tabla 10

Valores usados para determinar un coeficiente de escorrentía según las características de la superficie y el periodo de retorno

Descripción del área	Período de retorno			
	2 años	5 años	10 años	25 años
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86
Concreto/techo	0,75	0,8	0,83	0,88
Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta de pasto el 50% del área				
Plano 0-2 %	0,32	0,34	0,37	0,4
Promedio 2-7%	0,37	0,4	0,43	0,46
Pendiente superior a 7%	0,4	0,43	0,45	0,49
Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta de pasto el 50 al 75 % del área				
Plano 0-2 %	0,25	0,28	0,3	0,34
Promedio 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42
Pendiente superior a 7%	0,37	0,4	0,42	0,46
Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta de pasto superior al 75 % del área				
Plano 0-2 %	0,21	0,23	0,25	0,29
Promedio 2-7%	0,29	0,32	0,35	0,39
Pendiente superior a 7%	0,34	0,37	0,4	0,44
Área de cultivos				
Plano 0-2 %	0,31	0,34	0,36	0,4
Promedio 2-7%	0,35	0,36	0,38	0,44
Pendiente superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48

Descripción del área	Período de retorno			
	2 años	5 años	10 años	25 años
Pastizales				
Plano 0-2 %	0,25	0,28	0,3	0,34
Promedio 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42
Pendiente superior a 7%	0,37	0,4	0,42	0,46
Bosques				
Plano 0-2 %	0,22	0,25	0,28	0,31
Promedio 2-7%	0,31	0,34	0,36	0,4
Pendiente superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45

Nota. Los valores de esta tabla son utilizados para calcular el caudal pico por el método racional.

Recuperado de: Martínez, A. (2006). Particularización al método de los coeficientes de escorrentía. Valladolid.

Debido a que en la zona del proyecto existe un uso y ocupación de suelo variado, se procede a calcular un coeficiente de escorrentía ponderado, de acuerdo a la siguiente expresión

$$C = \frac{\sum C_i * A_i}{A_T} \quad (15)$$

Tabla 11

Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado

Zona	Área parcial (Ha)	C	C*A parcial
Módulo de ganadería	0,010807	0,88	0,010
Módulo de agricultura	0,007619	0,44	0,003
Módulo de agroindustrias	0,003417	0,88	0,003
Invernadero INIAP	0,093623	0,44	0,041
Invernadero INIAP 2	0,010239	0,44	0,005
Planta de balanceados	0,013538	0,88	0,012
Módulo de rosas	0,010855	0,44	0,005
Módulo de cuyes	0,003746	0,88	0,003
Módulo de floricultura	0,005268	0,44	0,002
Módulo de horticultura	0,009266	0,44	0,004

Zona	Área parcial (Ha)	C	C*A parcial
Módulo de ovejas	0,000963	0,88	0,001
Aulas y residencias	0,029067	0,88	0,026
Vías concreto	1,035	0,88	0,911
Pastizales	147	0,42	61,740
		Total	62,765

Nota. El coeficiente C ponderado se utiliza en el cálculo del caudal pluvial por el método racional.

$$C_{ponderado} = 0,421$$

Intensidad de precipitación

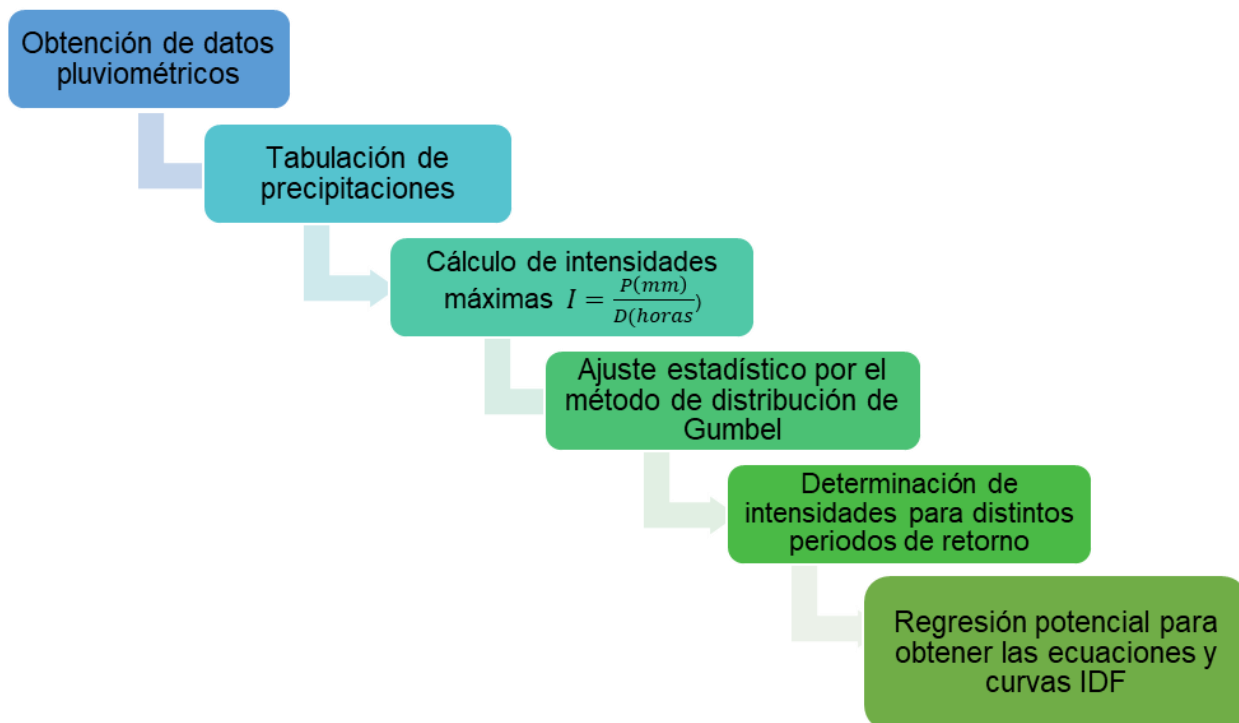
Es la relación entre la altura de precipitación que cae en una zona de terminada medida en una unidad de tiempo.

Para la zona del proyecto se dispone de los datos de precipitación de la estación meteorológica IASA I desde 1998 hasta el 2019, para complementar estos datos se hace uso de la estación Izobamba, teniendo así una serie de datos históricos de precipitación desde 1998 al 2021. Estos datos se utilizan para hallar las curvas de intensidad, duración y frecuencia.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo con la metodología utilizada para hallar las ecuaciones IDF para distintos periodos de retorno y duraciones aplicables a la zona del proyecto.

Figura 3

Diagrama de flujo para obtención de curvas IDF



Nota. Se realiza este diagrama de flujo para explicar brevemente como se obtuvieron las ecuaciones de duración, intensidad y frecuencia para el área de influencia del proyecto.

Tabla 12

Precipitaciones obtenidas de las estaciones meteorológicas mencionadas

No.	Año	Precipitación(mm)
1	1998	104,69
2	1999	131,14
3	2000	111,44
4	2001	96,77
5	2002	104,19
6	2003	125,67
7	2004	99,10
8	2005	91,84
9	2006	124,90
10	2007	108,62

No.	Año	Precipitación(mm)
11	2008	155,87
12	2009	92,53
13	2010	102,26
14	2011	144,02
15	2012	91,18
16	2013	88,63
17	2014	110,48
18	2015	75,74
19	2016	95,34
20	2017	129,23
21	2018	104,59
22	2019	108,56
23	2020	92,13
24	2021	168,23
Total		2657,13

Nota. Las alturas de precipitación corresponden al promedio de los registros históricos mensuales de las estaciones IASA I (1998-2019) e Izobamba (2020-2021).

Tabla 13

Precipitaciones máximas por hora

Tiempo de Duración	Precipitación máxima por hora (mm)						
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
t							
1 hora	32,21	39,21	43,85	49,71	54,06	58,38	68,36
2 horas	41,87	50,98	57,01	64,63	70,28	75,89	88,86
3 horas	49,38	60,13	67,24	76,23	82,90	89,52	104,81
4 horas	55,82	67,97	76,01	86,17	93,71	101,19	118,48
5 horas	61,19	74,51	83,32	94,46	102,72	110,92	129,87
6 horas	65,49	79,73	89,17	101,09	109,93	118,71	138,99
8 horas	73,00	88,88	99,40	112,69	122,54	132,33	154,94
12 horas	85,88	104,57	116,94	132,57	144,17	155,68	182,28
18 horas	97,69	118,95	133,02	150,80	163,99	177,09	207,34
24 horas	107,35	130,71	146,18	165,72	180,21	194,60	227,85

Nota. Estos datos corresponden a la precipitación máxima observada para cada periodo de tiempo.

Tabla 14*Intensidades de lluvia para distintas duraciones*

Duración		Intensidad de la lluvia (mm/h) según el Tr						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
Horas	minutos							
1	60	32,21	39,21	43,85	49,71	54,06	58,38	68,36
2	120	20,93	25,49	28,50	32,31	35,14	37,95	44,43
3	180	16,46	20,04	22,41	25,41	27,63	29,84	34,94
4	240	13,96	16,99	19,00	21,54	23,43	25,30	29,62
5	300	12,24	14,90	16,66	18,89	20,54	22,18	25,97
6	360	10,91	13,29	14,86	16,85	18,32	19,78	23,16
8	480	9,13	11,11	12,42	14,09	15,32	16,54	19,37
12	720	7,16	8,71	9,75	11,05	12,01	12,97	15,19
18	1080	5,43	6,61	7,39	8,38	9,11	9,84	11,52
24	1440	4,47	5,45	6,09	6,90	7,51	8,11	9,49

Nota. Las intensidades de lluvia se obtienen mediante la relación P/d.

Con estos datos se procede a utilizar la ecuación de intensidad de la forma

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad (16)$$

En donde:

I: Intensidad (mm/h)

T: Período de retorno (años)

t: Tiempo de duración (minutos)

K, m, n: Variables de ajuste propias de cada estación

Aplicando logaritmo natural a la ecuación

$$\ln(I) = \ln(K) + m * \ln(T) - n * \ln(t) \quad (17)$$

Se realiza un cambio de variable

$$y = \alpha_1 + \alpha_2 x_1 - \alpha_3 x_2 \quad (18)$$

En donde:

$$\alpha_1 = \ln(K); \quad \alpha_2 = m; \quad \alpha_3 = n; \quad \ln(T) = x_1; \quad \ln(t) = x_2$$

Esta ecuación se resuelve mediante un ajuste de correlación lineal múltiple por mínimos cuadrados, teniendo como variables intensidad, duración y frecuencia, obteniendo así un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas

$$\sum y = N \alpha_1 + \alpha_2 \sum x_1 + \alpha_3 \sum x_2$$

$$\sum x_1 y = \alpha_1 \sum x_1 + \alpha_2 \sum x_1^2 + \alpha_3 \sum x_1 * x_2$$

$$\sum x_2 y = \alpha_1 \sum x_2 + \alpha_2 \sum x_1 * x_2 + \alpha_3 \sum x_2 + \alpha_3 \sum (x_2)^2$$

Se procede a resolver el sistema por cualquier método numérico y se obtienen las constantes de ajuste K, m y n

Tabla 15

Tabla de regresiones

REGRESIÓN POTENCIAL						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	405,85	0,69	6,01	4,16	0,48
2	5	494,16	1,61	6,20	9,98	2,59
3	10	552,62	2,30	6,31	14,54	5,30
4	25	626,49	3,22	6,44	20,73	10,36
5	50	681,29	3,91	6,52	25,52	15,30
6	100	735,69	4,61	6,60	30,40	21,21
7	500	861,40	6,21	6,76	42,00	38,62
7	692	4357,50	22,56	44,85	147,34	93,87

REGRESIÓN POTENCIAL							
$\ln(K) =$	5,9764	$K =$	394,036	$m =$	0,1335	$n =$	0,6164

Nota. Se resuelve la regresión potencial mediante una simplificación a una regresión lineal múltiple mediante la aplicación de logaritmo natural.

Una vez realizado todo el proceso estadístico descrito, se obtiene la ecuación IDF aplicable al área de estudio para diferentes periodos de retorno

$$I = \frac{394,036 \cdot T^{0,1335}}{t^{0,6164}}$$

Con esta ecuación se calcula la intensidad máxima para el proyecto, para una duración igual al tiempo de concentración obtenido y el periodo de retorno seleccionado

$$I = \frac{394,036 \cdot 25^{0,1335}}{16^{0,6164}}$$

$$I = 109,65 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Para el periodo de retorno seleccionado de 25 años el valor de la intensidad de precipitación es 109,65 mm/h.

La Norma para diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q propone que para el cálculo de la intensidad máxima se utilice la ecuación propuesta para la estación Izobamba para sectores del sur de Quito cercanos a las faldas del Atacazo.

$$I = \frac{\{74,7140 * T^{0,0888} * [\ln(t + 3)]^{3,8202} * (\ln(T))^{0,1892}\}}{t^{1,6079}} \quad (19)$$

$$I = \frac{\{74,7140 * 25^{0,0888} * [\text{Ln}(16 + 3)]^{3,8202} * (\text{Ln}(25))^{0,1892}\}}{16^{1,6079}}$$

$$I = 88,956 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Como se puede observar existe una pequeña variación entre la ecuación propuesta por la normativa y la desarrollada para el proyecto, por lo que se considera aceptable la ecuación planteada ya que se trabaja con los datos históricos de pluviometría al interior del área de influencia del proyecto.

Una vez calculados todos los parámetros necesarios, se procede al cálculo del caudal pluvial.

$$Q_{pluvial} = \frac{0,421 * 109,65 * 149,97}{360}$$

$$Q_{pluvial} = \frac{0,421 * 109,65 * 149,97}{360}$$

$$Q_{pluvial} = 19,23 \frac{m}{s}$$

$$Q_{pluvial} = 19230,59 \frac{l}{s}$$

Principales parámetros de calidad de aguas residuales

La caracterización de agua residual se determina por medio de parámetros que se dividen en químicos, físicos y biológicos.

Parámetros Químicos

Los parámetros Químicos representativos a considerar en la caracterización del agua residual de la zona de estudio son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5): Corresponde al oxígeno que necesita la materia orgánica para oxidarse (estabilizarse) en un periodo de 5 días y representa la materia orgánica biodegradable que existe en el agua residual. Este parámetro es el más utilizado para medir la calidad de las aguas residuales.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): Representa la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar el total de materia orgánica que se presenta en el agua.

La biodegradabilidad de las aguas residuales se presenta por medio del DBO/DQO. Dicha relación considera que si el valor es de 0.5 o más significa que la materia orgánica es fácilmente biodegradable, pero si es igual a 0.3 o menor entonces no es fácilmente biodegradable e incluso podría mostrar que existen materias tóxicas. (Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 1995).

- Nitrógeno de amonio: Constituyente común de las aguas residuales, generalmente se origina debido a la descomposición del nitrógeno orgánico.
- Nitrógeno total KJEDAHL: Contenido total de nitrógeno, compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico.

Parámetros físicos

Los parámetros físicos representativos del agua residual del proyecto que se van a analizar son:

- Sólidos suspendidos: Fracción de los sólidos totales retenidos en un filtro con un tamaño específico de filtro medida después de que se ha secado a una determinada temperatura (Glynn & Heinke, 1999).
- Sólidos totales: Suma de los sólidos orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales, por definición, son aquellos residuos que permanecen una vez que la parte líquida se

ha evaporado y el resto se ha secado a peso constante aproximadamente a 103 °C (Glynn & Heinke, 1999).

Parámetros biológicos

Los parámetros físicos representativos del agua residual del proyecto que se van a analizar son:

- Coliformes fecales
- Coliformes totales

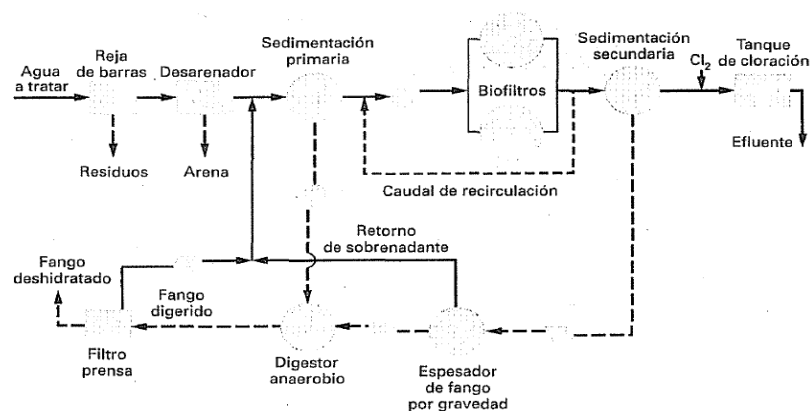
Metodología de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales se realizará mediante un tren convencional que incluya los procesos unitarios de: pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, los mismos que serán dimensionados de acuerdo a la caracterización del agua residual.

- Pretratamiento: Serie de procesos físicos que permiten la eliminación de residuos de gran tamaño, arenas, grasas flotantes y partículas de diámetros mayores a 4". El procedimiento más usado son rejillas de desbaste.
- Tratamiento primario: Proceso físico de decantación, los sólidos más pesados se van al fondo convirtiéndose en lodos y los más livianos suben a la superficie. El método más usado es la sedimentación.
- Tratamiento secundario: Serie de procesos aeróbicos y anaeróbicos en donde se eliminan los residuos orgánicos. Los métodos más comunes son lodos activos, lechos bacterianos, humedales o digestión anaeróbica.

Figura 4

Tren de tratamiento convencional



Nota. Se muestra un tren de tratamiento convencional con filtros biológicos. Recuperado de Ingeniería de Aguas Residuales. Recuperado de Metcalf, R., & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. España: McGraw-Hill.

Caracterización del agua residual

Para la caracterización del agua residual se realizó la toma de una muestra compuesta cada hora desde las 7:00 a 10:10 en 2 puntos diferentes.

Figura 5

Ingreso de operarios al pozo de revisión para la toma de muestra.



Nota. Se realizó la toma de muestra compuesta al interior del pozo de revisión con todos los equipos de protección personal respectivos.

Tabla 16*Datos de la recolección de muestras*

Punto	Fecha	Coordenadas		Elevación (m)	Descripción	Hora
		Este (m)	Norte (m)			
1	12/07/2022	787745,805	9957424,635	2675	Muestra Compuesta	7:00 - 9:00
2	12/07/2022	787735,012	9957205,908	2785	Muestra Compuesta	9:05 - 10:05

Nota. La muestra compuesta se tomó en las zonas donde existía mayor concentración de usuarios del sistema sanitario.

Capítulo III

Resultados y discusión

Topografía

Para el análisis de la topografía de la zona de estudio se contó con el levantamiento topográfico del IASA I proporcionado por la Unidad de Desarrollo Físico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, pero este no estaba realizado a detalle.

Figura 6

Levantamiento topográfico proporcionado por desarrollo físico



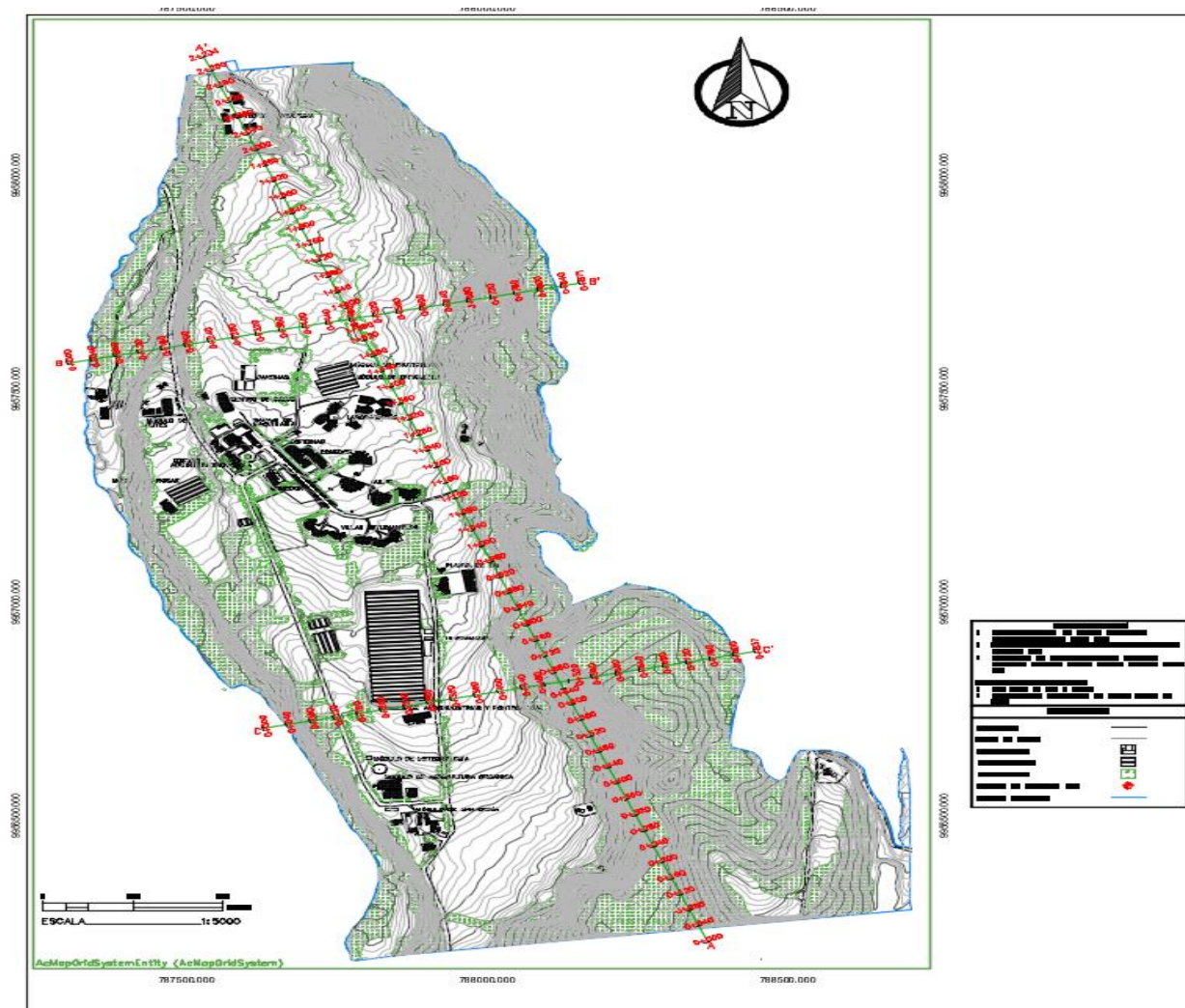
Nota. Este levantamiento topográfico se encuentra realizado de manera general, con intervalos de curvas de nivel de 5 m, la normativa vigente exige para diseños hidrosanitarios intervalos de 0,5-1 m. Copyright 2021 por UFA-ESPE

Por este motivo se optó por buscar otra alternativa a este levantamiento topográfico, y se encontró que estaba disponible un levantamiento topográfico realizado en el proyecto de integración curricular “*Generación de cartografía a detalle de aproximadamente 200 Ha a través de fotogrametría de corto alcance (UAV), como insumo topográfico para proyectos de ingeniería civil*”, realizado por María del Carmen Ordoñez y Robinson Mena y dirigido por M.Sc. César Leiva

y M.Sc. Izar Sinde. Este levantamiento topográfico se adapta a las condiciones del proyecto a desarrollar y forma parte de los archivos digitales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo que se hace uso del mismo.

Figura 7

Levantamiento topográfico disponible



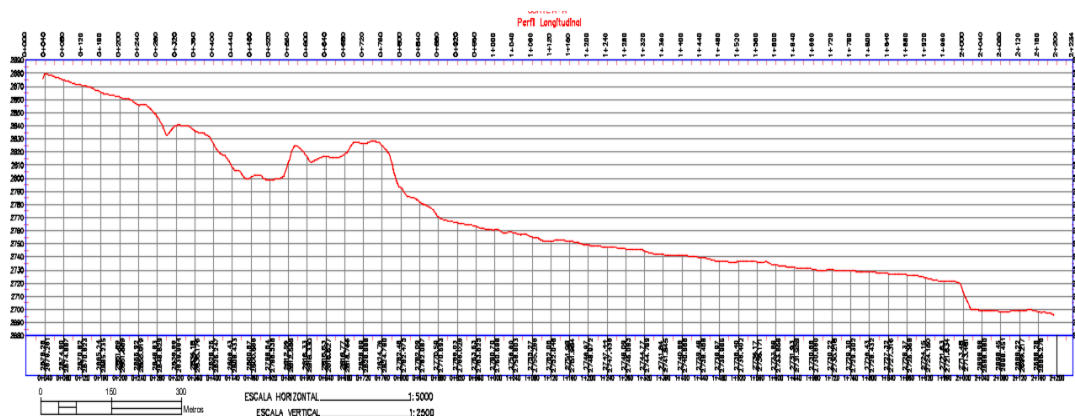
Nota. Levantamiento topográfico realizado con tecnología UAV. Copyright por UFA-ESPE 2021

El levantamiento topográfico tiene un área de 149,97 Ha, correspondiente al área de influencia del proyecto donde se va a trazar las redes de alcantarillado sanitario y pluvial.

De acuerdo a los perfiles longitudinales y transversales de la zona, se puede notar que el terreno tiene una topografía irregular, con pendientes pronunciadas en determinados tramos.

Figura 8

Perfil longitudinal del terreno



Nota. Dentro del diseño hidráulico es de suma importancia conocer las pendientes del terreno, ya que de esto dependen factores como velocidad del flujo, permeabilidad, entre otros factores.

Fuente: Copyright por UFA-ESPE 2021

Caracterización del suelo

De acuerdo al Plan de Ordenamiento territorial de Rumiñahui, geológicamente la zona de estudio se encuentra en la zona de Graben, ya que se encuentra entre los volcanes Pasochoa e Ilaló, los mismos que se agrupan a lo largo de la falla central de la depresión interandina, dando lugar a formaciones de cangahua, depósitos laháricos, sedimentos chiche, depósitos aluviales y coluviales.

Para la caracterización del suelo de la zona del proyecto se cuenta con un estudio de suelos realizado en una zona aledaña para el trabajo de titulación “Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado combinado en la urbanización Los Chillos y la Zona Este del Barrio Jatumpungo”,

En este trabajo de titulación se extrajó 5 muestras de suelo de las cuales se toma 1 que es la más cercana a la zona de interés del proyecto en desarrollo.

A la muestra se le realizó los siguientes ensayos:

Contenido de agua: Norma ASTM D-2216

Límites de Atterberg: Norma ASTM D-4318

Análisis granulométrico: Norma ASTM D-422

Clasificación SUCS; Norma ASTM-2487

Figura 9

Resultados de ensayos en la muestra del suelo

Muestra	N°1
Humedad Natural	47,10%
Límite Líquido	32,9%
Límite Plástico	25,56%
Índice de Plasticidad	7,34 %
Clasificación SUCS	SP-SM

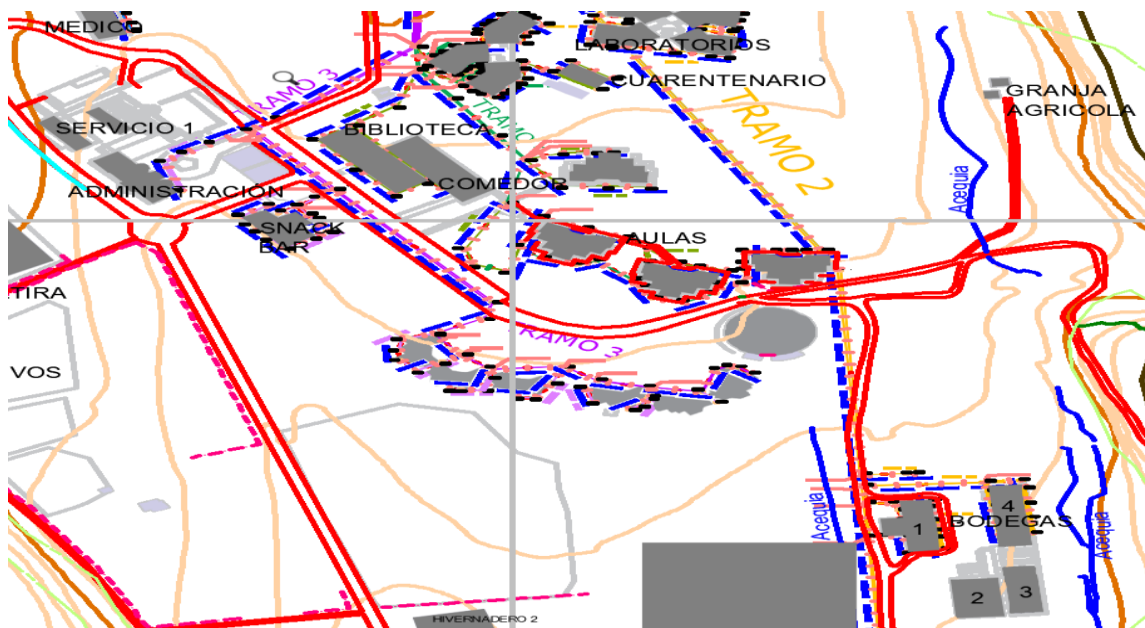
Nota. Estos resultados corresponden a los ensayos realizados en el proyecto de titulación descrito. Las muestras fueron ensayadas en el laboratorio de mecánica de suelos de la UFA-ESPE. Copyright 2019 por UFA-ESPE.

Evaluación del sistema de alcantarillado actual

El plano del sistema de alcantarillado actual fue proporcionado por los responsables de la Unidad de Desarrollo Físico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además manifestaron que estaban interesados en el desarrollo del proyecto porque el sistema de alcantarillado actual ha cumplido su vida útil. Adicionalmente indicaron que debido a la antigüedad del sistema no se tiene certeza en cómo están distribuidos ciertos tramos de tubería, motivo por el cual hicieron énfasis que lo mejor sería el rediseño del sistema actual.

Figura 10

Sistema actual de alcantarillado en el Campus Iasa I



Nota. Plano entregado por la Unidad de Desarrollo Físico de la UFA-ESPE. Copyright 2021 por UFA-ESPE

Una vez con la información preliminar recopilada se realizaron visitas técnicas a la zona de estudio para identificar las diferentes patologías presentes en los componentes del sistema actual como: pozos de revisión tuberías, tapas de los pozos, material de los pozos, entre otros parámetros que se resumen en la tabla a continuación;

Tabla 17

Estado actual del sistema de alcantarillado del Campus IASA I

Componentes	Características
Longitud total de la tubería	4666,5542 metros
Diámetro de tubería	Variable entre 100mm a 1000 mm
Tipo de tubería	Hormigón simple

Componentes	Características
Material de los pozos de revisión	Tapas de hierro fundido y hormigón. Pozos de ladrillo sin revestimiento, pozos de ladrillo revestido con mortero.
Estado de los elementos de los pozos de revisión	Existen pozos sin tapa, pozos que no cuentan con condiciones de accesibilidad
Estado de los pozos de revisión	Regular-Malo
Número total de pozos de revisión	233
Descargas existentes	1
Tipo de Descarga	Descarga directa hacia el río Santa Clara
Tipo de alcantarillado	Combinado

Nota. Estos datos se han obtenido mediante visitas técnicas a la zona de estudio, a continuación, se presenta el registro fotográfico.

Reporte del sistema actual

Se presenta el resultado de los principales problemas encontrados en los componentes del sistema de alcantarillado actual.

Pozos de ladrillo sin revestimiento

Se encontraron múltiples pozos de este tipo, el principal problema que se produce es que se afecta integridad física del pozo debido a que el agua residual entra en contacto directo y va desgastando el material, haciendo que pierda resistencia y su vida útil se acorte. Se debe tomar

en cuenta que el pozo no debe presentar ninguna anomalía para así garantizar el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado evitando obstrucciones que produzcan el desborde de agua residual; y además precautelar la salud y seguridad del operario que ingrese a realizar las inspecciones o mantenimientos programados.

Figura 11

Pozo de ladrillo sin revestimiento.



Nota. Este pozo tiene tapa rectangular, pero el interior del conducto es de sección circular.

Fondo de los pozos desgastado

Estos pozos presentan un elevado desgaste en el fondo, debido al tiempo de servicio que han tenido, se puede notar además la presencia de sólidos sedimentados que pueden provocar obstrucciones a lo largo de la tubería.

Figura 12

Presencia de sedimentos en el pozo de revisión



Nota. Siempre debe existir un recubrimiento de mortero en el fondo del pozo para evitar la acumulación de sólidos.

Pozos de revisión sin escaleras

Existen pozos que no tienen escaleras de acceso para poder realizar los mantenimientos o inspecciones respectivas, esto va reduciendo la capacidad de servicio del sistema ya que empiezan a acumularse sedimentos, rebabas, entre otros, debido a la falta de mantenimiento.

Figura 13

Pozo sin escaleras de acceso.



Nota. Los pozos de inspección deben tener siempre escaleras de acceso para facilitar el mantenimiento, inspección o alguna reparación si fuera necesario.

Pozos con tuberías sin revocar

Además, se evidenció la presencia de acometidas directamente conectadas a los pozos, estas deben estar pegadas a la pared a fin de que no dificulten la accesibilidad al interior.

Figura 14

Tubería de acometida en los pozos



Nota. La tubería de acometida no se encuentra revocada, lo que provocará problemas de accesibilidad de los operarios al dar mantenimiento al sistema de alcantarillado.

Pozos sin juntas de construcción herméticas

Algunos pozos no cuentan con juntas de construcción herméticas lo que propicia la proliferación de raíces vegetales al interior de las cámaras de revisión, esto puede provocar paulatinamente el colapso de la cámara ya que las raíces provocan que se abran estas juntas mal construidas y con ello se producirían obstrucciones y desbordamientos dentro del sistema. Las raíces en los diferentes tramos apenas han comenzado a crecer, por esta razón es necesario contar con mantenimiento e inspección constantes, pero la solución definitiva sería el reemplazo de tuberías con juntas de construcción adecuadas.

Figura 15

Proliferación de raíces al interior de la cámara de inspección.



Nota. El apareamiento de raíces al interior de la cámara hace que las juntas de construcción se abran provocando a largo plazo el colapso del sistema.

Tapas de pozos con cubierta vegetal

Gran parte de las tapas de los pozos de revisión del Campus se encuentran cubiertas con vegetación y enraizadas al suelo, lo que imposibilita que se puedan mover y realizar la inspección.

Figura 16

Pozo enraizado



Nota. Este pozo se encontraba empotrado al suelo debido a la presencia de vegetación, impidiendo que se pueda mover fácilmente y realizar la inspección.

Distancia máxima entre pozos excedida

En la Norma de diseño de sistemas de alcantarillado emitido por la EMAAP-Q se recomienda que la distancia máxima entre pozos sea de 80 m para diámetros menores a 450 mm, en el Campus IASA I se presentan varios tramos que superan este parámetro normativo.

Velocidad mínima por debajo de la norma

Para conocer la velocidad dentro de la red de alcantarillado actual se procedió primero a realizar el aforo del caudal por el método volumétrico.

El método volumétrico es útil para medir caudales pequeños y su aplicación es sencilla, se toma un recipiente con marcas de medida y se conduce el caudal hasta el recipiente, midiendo el tiempo que tarda en llenarse, posteriormente el caudal se calcula con la ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (20)$$

Donde:

Q: Caudal (l/s).

V: Volumen de agua capturado (litros).

t: Tiempo de llenado del recipiente (s)

Las mediciones se realizaron en 2 tramos, un tramo en donde convergen la mayor cantidad de las descargas del campus IASA y un tramo anterior a este. Se realizaron 10 conteos al interior del pozo de revisión y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 18

Aforo de caudales

Tramo	V (l)	t (s)	Caudal (l/s)
Tramo 1	0,800	19,066	0,0419
Tramo 2	0,300	18,706	0,0164
Total	1,10	36,772	0,0299

Nota. En el tramo 2 se utilizó un recipiente con menor volumen ya que por la falta de pendiente del pozo no podía introducir un recipiente más grande para conducir el caudal.

Con estos datos de caudal se encuentra la velocidad el tramo de mayor caudal, mediante la ecuación de continuidad. La tubería de este tramo es de 450 mm:

$$Q = \frac{A}{v} \quad (21)$$

Q: Caudal (l/s).

v: Velocidad en el conducto (m/s)

A: Área del conducto

$$v = \frac{0,0419 * 10^{-3} m^3 / s}{\frac{\pi(0,45)^2}{4} m^2}$$

$$v = 2,63 * 10^{-4} \frac{m}{s}$$

Esta velocidad está por debajo de los 0,6 m/s que exige la normativa, por lo que no se presenta las condiciones de autolimpieza y se puede presentar azolve.

Con todos estos antecedentes y la recomendación de la Unidad de Desarrollo Físico, se evidencia la necesidad de reemplazar la red de alcantarillado actual del campus IASA I por un sistema de alcantarillado separado, que cumpla con todos los parámetros normativos para que la comunidad universitaria pueda tener acceso a un servicio óptimo.

Diseño del alcantarillado sanitario

El diseño de la red sanitaria se realizó por medio del programa SewerGEMS CONNECT Edition, con asignación del motor de cálculo integrado GVF-Convex (SewerCAD), que permite realizar una modelación hidráulica del sistema.

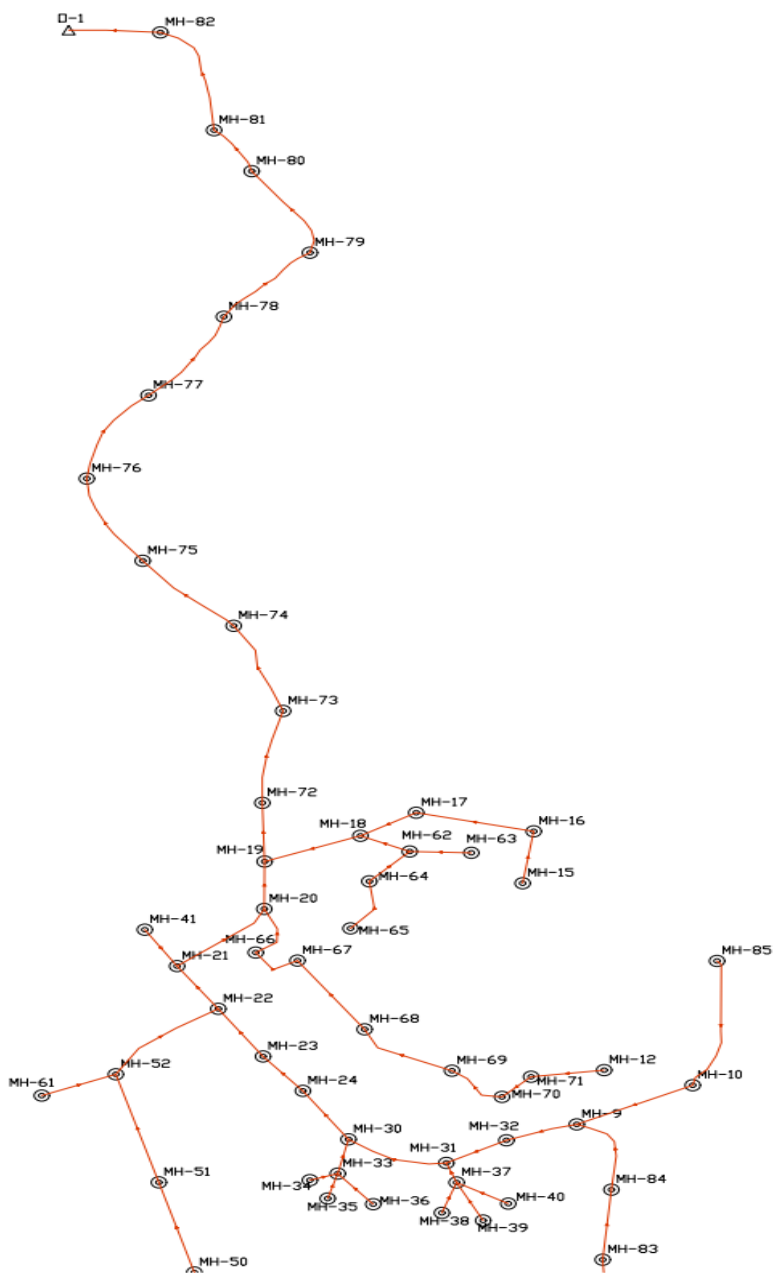
SewerGEMS permite simplificar el proceso de modelado, brindando soluciones de ingeniería hidráulica a sistemas de alcantarillado sanitario, aminorando el tiempo dedicado al cálculo del diseño y así permitir al usuario cumplir con la normativa establecida en su país. (Bentley, s.f.)

Trazado de la Red de Alcantarillado

En la Figura 17 se muestra el trazado de la Primera Sección de la red sanitaria de la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

Figura 17

Modelo del sistema de alcantarillado sanitario. Primera Sección.

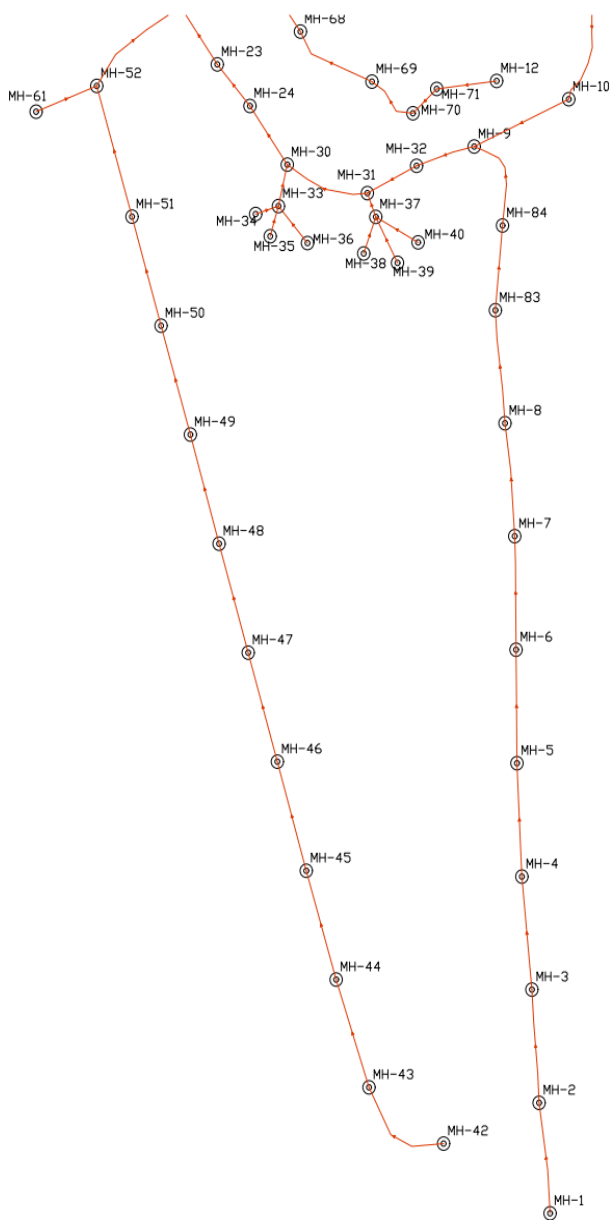


Nota. Esta imagen muestra el trazado Primera Sección realizado en IASA I, donde se consideró las pendientes, curvas de nivel, vías existentes y obras civiles para la orientación de la tubería.

La Segunda Sección del trazado de la red se evidencia a continuación con la Figura 18.

Figura 18

Modelo del sistema de alcantarillado sanitario. Segunda Sección.



Nota. Esta imagen muestra el trazado Segunda Sección realizado en IASA I, donde se consideró las pendientes, curvas de nivel, vías existentes y obras civiles para la orientación de la tubería.

Parámetros de Alcantarillado Sanitario

Los parámetros para alcantarillado sanitario hacen referencia a los elementos utilizados para el diseño de las redes de recolección y evacuación de aguas residuales.

- Diámetro de la tubería:

En el presente proyecto se consideró tubería de sección circular corrugada a lo largo de todo el trayecto, considerando los diámetros comerciales dentro del país. Los diámetros se pueden apreciar en la tabla 19.

Tabla 19

Diámetros Internos mínimos

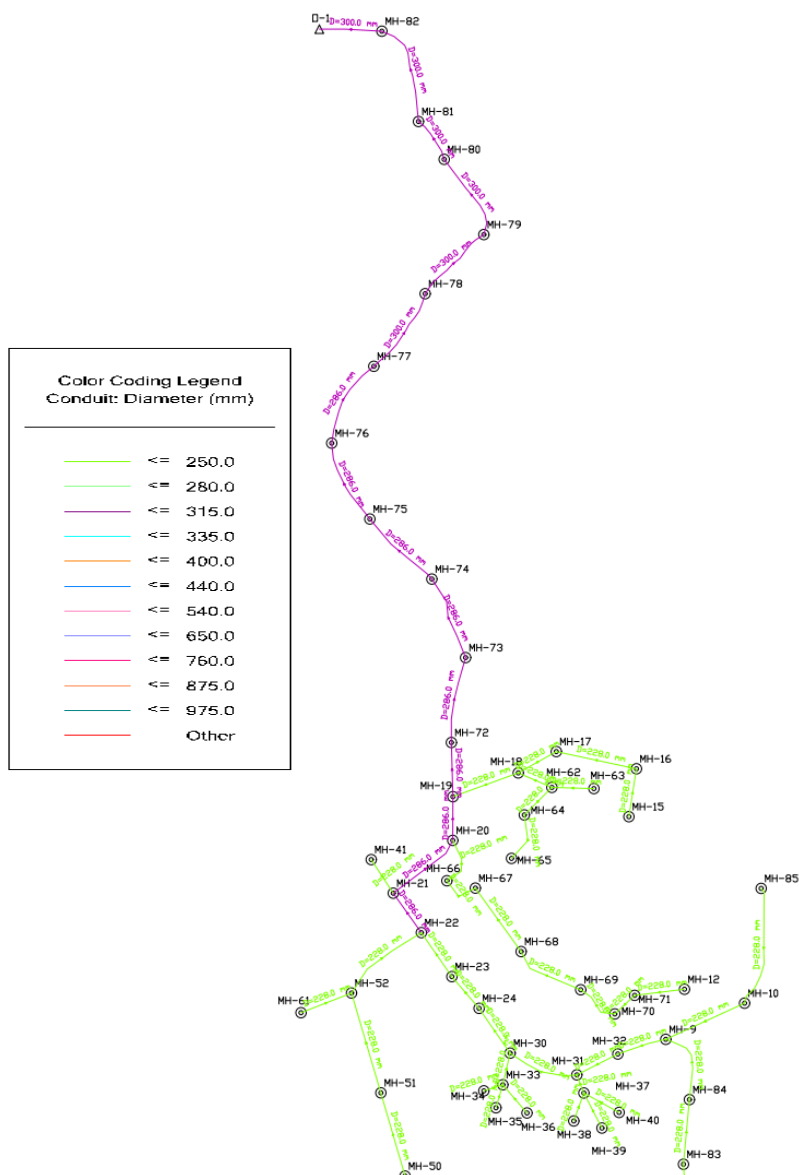
Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Interior (mm)
110	100
125	110
160	145
175	160
200	183
220	200
250	228
280	250
315	286
335	300
400	364
440	400
540	500
650	600
760	700
875	800
975	900

Nota. Tabla de diámetros comerciales ecuatorianos. Recuperado de Tubería Rival, Copyright 2022 – Rival, todos los derechos reservados.

Los resultados del modelado de la red de alcantarillado sanitario del IASA I, que se puede evidenciar en la Figura 18 Primera Sección, respeta el diámetro mínimo interno de 250 mm que establece la normativa EMAAP-Q.

Figura 19

Diámetros modelados de la Red Sanitaria IASA I. Primera Sección.

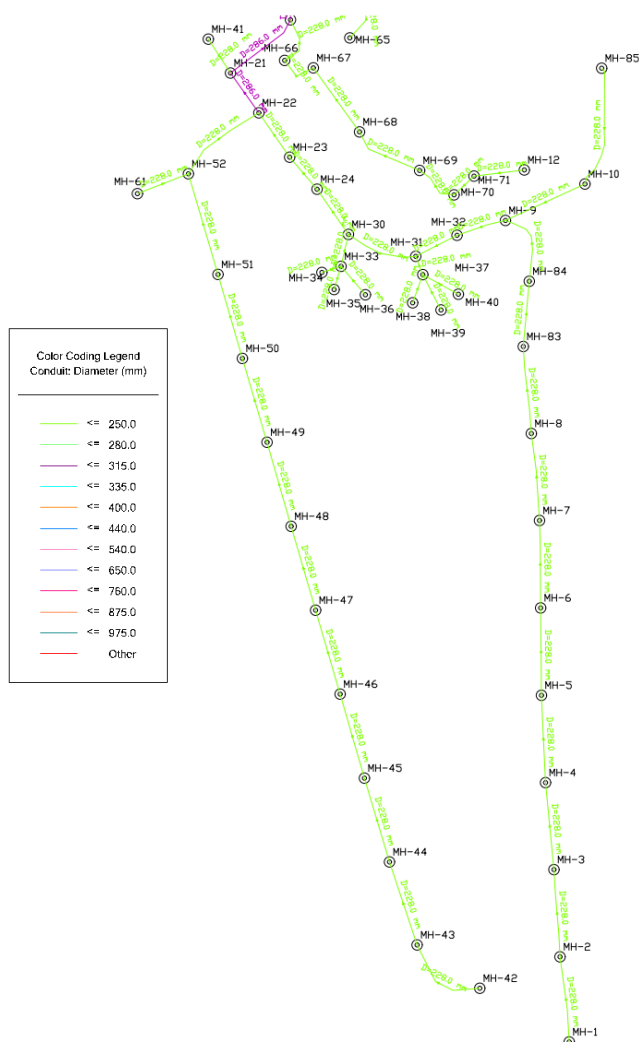


Nota. Esta figura muestra los diámetros obtenidos en la red sanitaria IASA I.

La Segunda Sección del trazado de la red se evidencia a continuación con la Figura 19.

Figura 20

Diámetros modelados de la Red Sanitaria IASA I. Segunda Sección.



Nota. Esta figura muestra los diámetros obtenidos en la red sanitaria IASA I.

- Velocidad en la tubería

Las velocidades de las tuberías se describen en la tabla 20, se priorizó que ninguna tubería excediera el máximo permitido por el material PVC que es de 5 m/s, ni baje de 0,60 m/s que es la velocidad mínima permitida para evitar problemas de rastreadibilidad.

Tabla 20*Velocidad en tubería.*

Tubería	Velocidad (m/s)
CO-1	0,82
CO-2	1,53
CO-3	1,66
CO-4	1,78
CO-5	1,30
CO-6	1,75
CO-7	1,58
CO-8	1,50
CO-9	0,95
CO-10	1,06
CO-11	1,08
CO-12	1,17
CO-13	1,73
CO-14	1,67
CO-15	1,65
CO-16	1,75
CO-17	1,57
CO-18	2,42
CO-19	1,81
CO-20	1,28
CO-21	1,38
CO-22	1,00
CO-23	1,03
CO-24	1,06
CO-25	0,94
CO-26	1,11
CO-27	0,99
CO-28	1,29
CO-29	1,32
CO-30	0,76
CO-31	1,21
CO-32	1,48
CO-33	1,65
CO-34	0,93
CO-35	0,98
CO-36	1,70
CO-37	1,91
CO-38	1,87
CO-39	2,01
CO-40	1,60
CO-41	0,71
CO-42	1,22
CO-43	1,14

Tubería	Velocidad (m/s)
CO-44	0,76
CO-45	0,86
CO-46	1,03
CO-47	1,18
CO-48	1,10
CO-49	1,62
CO-50	1,53
CO-51	1,64
CO-52	0,86
CO-53	1,75
CO-54	2,88
CO-55	3,13
CO-56	2,33
CO-57	3,74
CO-58	2,34
CO-59	1,81
CO-60	1,81
CO-61	3,68
CO-62	2,55
CO-63	3,81
CO-64	1,89
CO-65	1,27
CO-66	3,70
CO-67	2,05
CO-68	1,60
CO-69	1,11

Nota. Esta tabla contiene todos los valores de velocidad en las tuberías de la red sanitaria IASA I.

- Pendiente de la red sanitaria

Las pendientes del sistema deben garantizar la autolimpieza y control de gases dentro de la tubería por lo cual la pendiente mínima del sistema debe ser de 0,80%. Las pendientes del sistema se muestran en la tabla 21.

Tabla 21*Pendientes de los conductos*

Tubería	Pendiente (%)
CO-1	1,18
CO-2	5,00
CO-3	5,00
CO-4	4,97
CO-5	1,77
CO-6	3,59
CO-7	2,43
CO-8	4,71
CO-9	1,47
CO-10	1,43
CO-11	1,20
CO-12	0,80
CO-13	0,80
CO-14	0,80
CO-15	0,80
CO-16	1,19
CO-17	0,93
CO-18	2,94
CO-19	1,60
CO-20	0,80
CO-21	1,06
CO-22	0,80
CO-23	1,90
CO-24	2,02
CO-25	1,45
CO-26	1,08
CO-27	1,67
CO-28	3,57
CO-29	3,83
CO-30	0,80
CO-31	3,65
CO-32	4,58
CO-33	4,93
CO-34	0,80
CO-35	0,80
CO-36	3,33
CO-37	4,13
CO-38	3,49
CO-39	3,97
CO-40	1,92
CO-41	0,80
CO-42	0,80
CO-43	1,17
CO-44	0,80

Tubería	Pendiente (%)
CO-45	0,80
CO-46	1,87
CO-47	0,88
CO-48	0,80
CO-49	2,73
CO-50	2,69
CO-51	3,96
CO-52	0,80
CO-53	0,80
CO-54	2,56
CO-55	3,18
CO-56	1,48
CO-57	5,00
CO-58	1,48
CO-59	0,80
CO-60	0,80
CO-61	4,62
CO-62	1,75
CO-63	5,00
CO-64	3,65
CO-65	3,39
CO-66	4,60
CO-67	4,21
CO-68	1,93
CO-69	2,86

Nota. Esta tabla contiene las pendientes en las tuberías de la red sanitaria IASA I.

- Profundidad Hidráulica

La profundidad hidráulica permite la aireación del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible es del 85% del diámetro real de la tubería, dentro de las redes trazadas no sobrepasa este valor y se lo puede evidenciar en la tabla 22.

Tabla 22

Profundidad hidráulica en las redes del sistema sanitario.

Tubería	Profundidad Hidráulica (%)
CO-1	16,90
CO-2	18,00
CO-3	20,90
CO-4	23,40

Tubería	Profundidad Hidráulica (%)
CO-5	28,20
CO-6	28,50
CO-7	31,70
CO-8	18,10
CO-9	18,50
CO-10	22,80
CO-11	26,90
CO-12	55,90
CO-13	75,80
CO-14	67,60
CO-15	65,40
CO-16	70,30
CO-17	71,30
CO-18	60,10
CO-19	56,30
CO-20	50,60
CO-21	46,70
CO-22	31,50
CO-23	18,10
CO-24	17,90
CO-25	18,50
CO-26	30,40
CO-27	18,30
CO-28	17,00
CO-29	16,90
CO-30	19,80
CO-31	15,10
CO-32	18,20
CO-33	20,90
CO-34	27,90
CO-35	30,70
CO-36	28,70
CO-37	30,20
CO-38	32,50
CO-39	33,90
CO-40	38,20
CO-41	17,60
CO-42	46,50
CO-43	30,10
CO-44	19,80
CO-45	24,20
CO-46	18,10
CO-47	39,70
CO-48	37,50
CO-49	30,40
CO-50	27,70
CO-51	23,90
CO-52	24,20
CO-53	85,60

Tubería	Profundidad Hidráulica (%)
CO-54	71,50
CO-55	70,20
CO-56	78,20
CO-57	67,80
CO-58	79,30
CO-59	84,00
CO-60	84,90
CO-61	66,30
CO-62	74,60
CO-63	66,50
CO-64	32,40
CO-65	17,10
CO-66	67,40
CO-67	33,80
CO-68	38,20
CO-69	15,50

Nota. Esta tabla contiene las profundidades hidráulicas en las tuberías de la red sanitaria IASA

I.

- Arrastrabilidad de Sólidos

La Arrastrabilidad de sólidos no supera el valor de 3,51 kg/m² lo largo de todos los conductos del sistema de alcantarillado sanitario, permitiendo un buen arrastre y evitando taponamientos.

Los valores en los conductos se pueden evidenciar en la Tabla 23.

Tabla 23

Arrastrabilidad en los conductos de la red de alcantarillado sanitario.

Tubería	Arrastrabilidad (kg/m²)
CO-1	0,24
CO-2	0,89
CO-3	1,02
CO-4	1,12
CO-5	0,54
CO-6	1,01
CO-7	0,79
CO-8	0,85
CO-9	0,32
CO-10	0,37

Tubería	Arrastrabilidad (kg/m²)
CO-11	0,37
CO-12	0,38
CO-13	0,68
CO-14	0,65
CO-15	0,63
CO-16	0,76
CO-17	0,61
CO-18	1,55
CO-19	0,86
CO-20	0,43
CO-21	0,52
CO-22	0,30
CO-23	0,39
CO-24	0,41
CO-25	0,32
CO-26	0,37
CO-27	0,35
CO-28	0,64
CO-29	0,67
CO-30	0,20
CO-31	0,58
CO-32	0,83
CO-33	1,01
CO-34	0,27
CO-35	0,29
CO-36	0,95
CO-37	1,19
CO-38	1,10
CO-39	1,27
CO-40	0,75
CO-41	0,18
CO-42	0,40
CO-43	0,40
CO-44	0,20
CO-45	0,24
CO-46	0,39
CO-47	0,39
CO-48	0,34
CO-49	0,84
CO-50	0,77
CO-51	0,94
CO-52	0,24
CO-53	0,69
CO-54	1,95
CO-55	2,34
CO-56	1,24
CO-57	3,41
CO-58	1,25
CO-59	0,73

Tubería	Arrastrabilidad (kg/m²)
CO-60	0,73
CO-61	3,26
CO-62	1,48
CO-63	3,51
CO-64	1,14
CO-65	0,61
CO-66	3,30
CO-67	1,33
CO-68	0,75
CO-69	0,48

Nota. Los valores no exceden el 3,51 kg/m².

Resultados Red Alcantarillado Sanitario

La red de alcantarillado sanitario de la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” se presenta junto con los perfiles del trazado en el Apéndice A.

El sistema cuenta con una longitud total de tubería PVC de 4,24 km, además de 69 pozos tipo B1. La tabla 23 detalla las coordenadas y cota de terreno de los pozos.

Tabla 24

Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado sanitario IASA I

Pozo	X (m)	Y (m)	Cota Terreno (m)	Cota Borde (m)	Cota Clave (m)	Profundidad (m)
Pz-1	787938,21	9956480,91	2779,71	2779,71	2777,39	2,32
Pz-2	787929,75	9956558,78	2778,79	2778,79	2776,10	2,69
Pz-3	787924,23	9956638,56	2773,83	2773,83	2770,81	3,02
Pz-4	787916,55	9956718,17	2768,54	2768,54	2766,05	2,49
Pz-5	787912,78	9956798,10	2763,80	2763,80	2761,71	2,09
Pz-6	787912,08	9956878,08	2762,29	2762,29	2760,19	2,10
Pz-7	787911,03	9956958,06	2759,05	2759,05	2756,73	2,32
Pz-8	787903,55	9957037,66	2757,00	2757,00	2754,69	2,31
Pz-9	787879,86	9957232,64	2749,29	2749,29	2747,30	1,99
Pz-10	787952,56	9957265,98	2754,50	2754,50	2751,17	3,33
Pz-11	787897,13	9957278,88	2749,51	2749,51	2747,71	1,80
Pz-12	787845,83	9957438,20	2742,20	2742,20	2739,92	2,28
Pz-13	787852,79	9957482,43	2741,54	2741,54	2739,15	2,39
Pz-14	787778,84	9957498,31	2739,80	2739,80	2737,44	2,36
Pz-15	787743,74	9957478,62	2739,21	2739,21	2736,86	2,35
Pz-16	787683,46	9957456,69	2739,62	2739,62	2736,24	3,38
Pz-17	787683,26	9957416,27	2739,86	2739,86	2737,96	1,90

Pozo	X (m)	Y (m)	Cota Terreno (m)	Cota Borde (m)	Cota Clave (m)	Profundidad (m)
Pz-18	787628,40	9957367,57	2743,09	2743,09	2738,65	4,44
Pz-19	787654,32	9957331,15	2743,74	2743,74	2739,11	4,63
Pz-20	787682,48	9957290,54	2744,43	2744,43	2742,42	2,01
Pz-21	787707,58	9957261,22	2744,90	2744,90	2743,05	1,85
Pz-22	787736,24	9957219,89	2746,86	2746,86	2744,64	2,22
Pz-23	787797,79	9957199,81	2748,11	2748,11	2745,82	2,29
Pz-24	787835,59	9957219,06	2748,54	2748,54	2746,64	1,90
Pz-25	787729,47	9957190,68	2747,16	2747,16	2745,29	1,87
Pz-26	787711,96	9957185,07	2747,51	2747,51	2745,74	1,77
Pz-27	787723,14	9957169,43	2747,61	2747,61	2745,88	1,73
Pz-28	787751,79	9957164,64	2747,66	2747,66	2745,91	1,75
Pz-29	787804,26	9957183,09	2748,56	2748,56	2746,58	1,98
Pz-30	787794,99	9957157,26	2749,02	2749,02	2747,20	1,82
Pz-31	787820,96	9957150,70	2749,86	2749,86	2747,98	1,88
Pz-32	787836,80	9957165,11	2749,98	2749,98	2748,18	1,80
Pz-33	787608,08	9957398,58	2743,18	2743,18	2741,45	1,73
Pz-34	787856,39	9956530,02	2779,37	2779,37	2777,64	1,73
Pz-35	787799,07	9956569,67	2776,45	2776,45	2771,16	5,29
Pz-36	787773,81	9956645,61	2771,68	2771,68	2766,47	5,21
Pz-37	787750,87	9956722,30	2764,59	2764,59	2762,42	2,17
Pz-38	787728,64	9956799,19	2764,80	2764,80	2761,68	3,12
Pz-39	787706,23	9956875,98	2763,45	2763,45	2760,94	2,51
Pz-40	787683,86	9956952,76	2760,00	2760,00	2758,12	1,88
Pz-41	787661,80	9957029,66	2756,60	2756,60	2754,57	2,03
Pz-42	787639,28	9957106,39	2753,65	2753,65	2751,45	2,20
Pz-43	787616,95	9957183,23	2750,23	2750,23	2748,06	2,17
Pz-44	787589,85	9957275,36	2748,06	2748,06	2739,91	8,15
Pz-45	787543,24	9957257,19	2742,13	2742,13	2740,41	1,72
Pz-46	787774,75	9957465,24	2740,28	2740,28	2737,88	2,40
Pz-47	787813,54	9957464,13	2740,57	2740,57	2738,83	1,74
Pz-48	787749,34	9957439,83	2740,09	2740,09	2738,27	1,82
Pz-49	787737,52	9957399,70	2740,96	2740,96	2739,23	1,73
Pz-50	787677,88	9957379,10	2741,25	2741,25	2738,52	2,73
Pz-51	787704,13	9957372,27	2741,64	2741,64	2738,92	2,72
Pz-52	787746,39	9957313,68	2743,83	2743,83	2740,99	2,84
Pz-53	787801,35	9957278,40	2745,82	2745,82	2743,83	1,99
Pz-54	787832,83	9957256,08	2747,74	2747,74	2745,68	2,06
Pz-55	787851,12	9957273,24	2747,94	2747,94	2746,04	1,90
Pz-56	787682,03	9957506,68	2737,77	2737,77	2735,28	2,49
Pz-57	787695,13	9957585,07	2735,48	2735,48	2733,13	2,35
Pz-58	787664,00	9957657,61	2732,38	2732,38	2730,45	1,93
Pz-59	787606,76	9957713,04	2731,09	2731,09	2728,62	2,47
Pz-60	787571,58	9957783,10	2726,40	2726,40	2722,84	3,56
Pz-61	787610,44	9957854,06	2725,06	2725,06	2721,50	3,56
Pz-62	787657,83	9957921,07	2726,01	2726,01	2720,73	5,28
Pz-63	787711,97	9957975,65	2723,00	2723,00	2719,32	3,68
Pz-64	787675,36	9958045,13	2718,00	2718,00	2709,09	8,91
Pz-65	787651,65	9958080,07	2710,23	2710,23	2704,74	5,49

Pozo	X (m)	Y (m)	Cota Terreno (m)	Cota Borde (m)	Cota Clave (m)	Profundidad (m)
Pz-66	787617,87	9958163,44	2701,69	2701,69	2698,99	2,70
Pz-67	787896,18	9957117,28	2753,50	2753,50	2751,53	1,97
Pz-68	787901,67	9957176,99	2750,88	2750,88	2748,80	2,08
Pz-69	787967,89	9957371,95	2757,71	2757,71	2754,64	3,07

Nota. Se detalla la ubicación y cota de los 69 pozos de la red sanitaria IASA I.

Descarga de aguas residuales

La descarga de las aguas residuales provenientes del Camus IASA I se conducirán hacia la planta de tratamiento y su posterior disposición final será en la quebrada Santa Clara.

El área tentativa para la implantación de la PTAR es de 1403 m².

Figura 21

Área de implantación de la PTAR



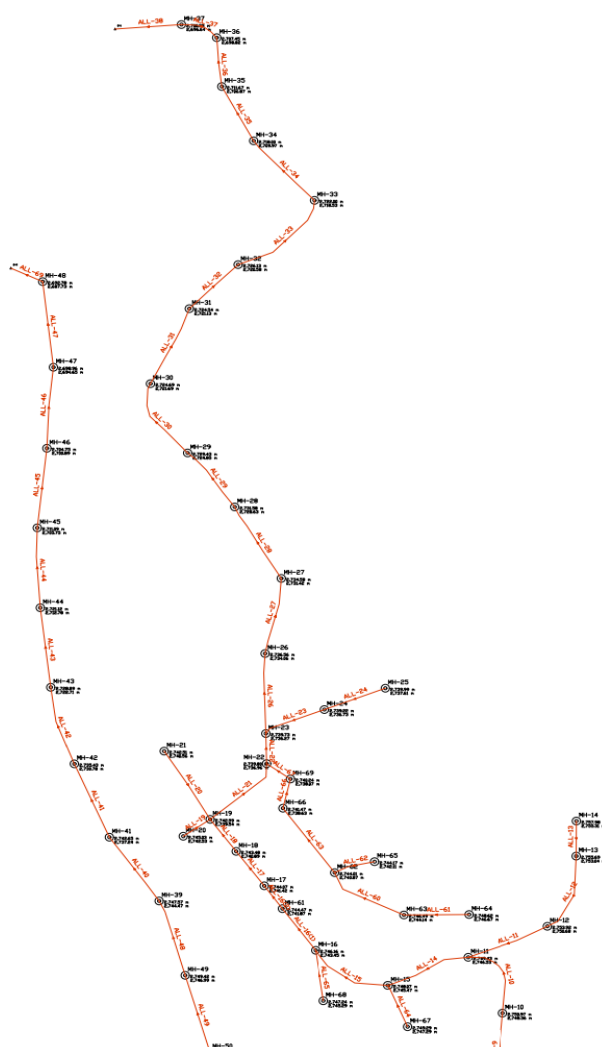
Nota. El área de implantación de PTAR del IASA I es de 1403 m².

Diseño del alcantarillado pluvial

El diseño de alcantarillado pluvial se realizó por medio del programa SewerGEMS CONNECT Edition, con asignación del motor de cálculo integrado GVF-Rational (StormCAD), que permite realizar una modelación hidráulica del sistema pluvial, por medio del método racional.

Figura 22

Trazado de la red de alcantarillado pluvial. Primera Sección.

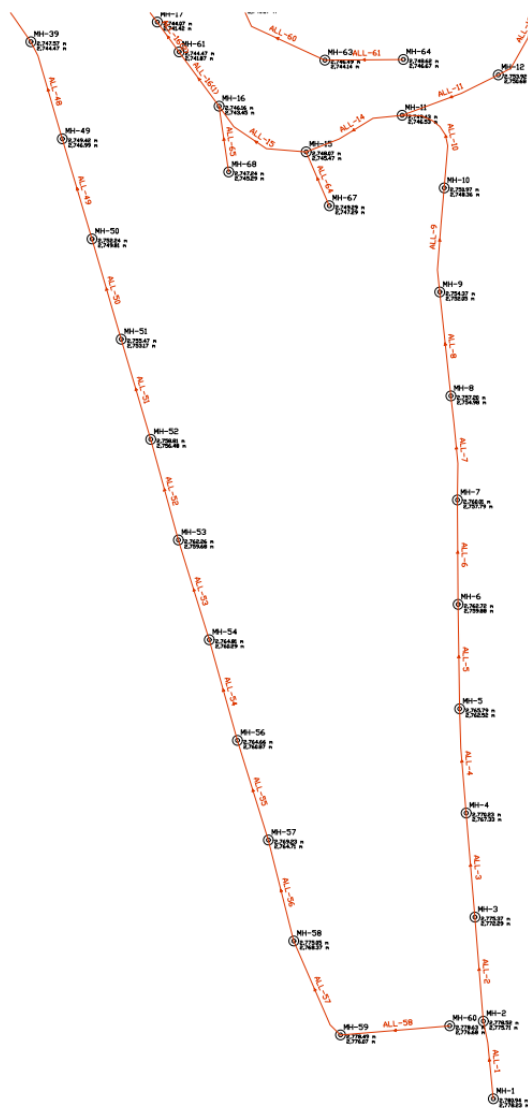


Nota. En esta figura se muestra el trazado de la red de alcantarillado sanitario de la primera sección del IASA I.

La segunda sección del alcantarillado pluvial se muestra en la figura 23.

Figura 23

Trazado de la red de alcantarillado pluvial. Segunda Sección.



Nota. En esta figura se muestra el trazado de la red de alcantarillado sanitario de la segunda sección del IASA I.

Parámetros de Alcantarillado Pluvial

Los parámetros para alcantarillado pluvial se muestran a continuación

- Diámetro de la tubería:

La red de alcantarillado pluvial contiene diámetros comerciales ecuatorianos de 300 a 900 mm, estos diámetros permiten una óptima descarga sin la presencia de obstrucciones. Los diámetros utilizados se presentan en la tabla 24.

Tabla 25

Diámetros de la red de alcantarillado pluvial IASA I.

Tubería	Diámetro (mm)
ALL-1	300,00
ALL-2	300,00
ALL-3	300,00
ALL-4	300,00
ALL-5	300,00
ALL-6	300,00
ALL-7	300,00
ALL-8	364,00
ALL-9	364,00
ALL-10	400,00
ALL-11	300,00
ALL-12	300,00
ALL-13	300,00
ALL-14	500,00
ALL-15	500,00
ALL-16	700,00
ALL-17	700,00
ALL-18	300,00
ALL-19	300,00
ALL-20	700,00
ALL-21	700,00
ALL-22	300,00
ALL-23	300,00
ALL-24	900,00
ALL-25	900,00
ALL-26	900,00
ALL-27	900,00
ALL-28	900,00
ALL-29	900,00
ALL-30	900,00
ALL-31	900,00
ALL-32	900,00
ALL-33	900,00
ALL-34	900,00

Tubería	Diámetro (mm)
ALL-35	900,00
ALL-36	900,00
ALL-37	364,00
ALL-38	364,00
ALL-39	364,00
ALL-40	364,00
ALL-41	364,00
ALL-42	364,00
ALL-43	364,00
ALL-44	364,00
ALL-45	364,00
ALL-46	364,00
ALL-47	364,00
ALL-48	364,00
ALL-49	364,00
ALL-50	364,00
ALL-51	364,00
ALL-52	300,00
ALL-53	300,00
ALL-54	300,00
ALL-55	300,00
ALL-56	500,00
ALL-57	700,00
ALL-58	300,00
ALL-59	300,00
ALL-60	300,00
ALL-61	300,00
ALL-62	300,00
ALL-63	300,00
ALL-64	300,00
ALL-65	300,00
ALL-66	364,00

Nota. En la presente tabla se muestran los diámetros utilizados en toda la red pluvial.

- Velocidad en los conductos

La velocidad máxima recomendada por las normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q, para conductos de PVC es de 7,5 m/s, el diseño del presente proyecto para el sistema de alcantarillado pluvial muestra una velocidad máxima de 4,96 m/s. Los valores en cada red de tubería se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26*Velocidades del sistema de alcantarillado pluvial IASA I.*

Tubería	Velocidad (m/s)
ALL-1	2,36
ALL-2	2,51
ALL-3	3,42
ALL-4	3,74
ALL-5	3,39
ALL-6	3,12
ALL-7	3,72
ALL-8	4,05
ALL-9	4,40
ALL-10	3,09
ALL-11	2,87
ALL-12	1,78
ALL-13	1,89
ALL-14	2,54
ALL-15	3,76
ALL-16	2,93
ALL-17	2,36
ALL-18	1,35
ALL-19	0,99
ALL-20	4,38
ALL-21	2,44
ALL-22	0,95
ALL-23	1,01
ALL-24	4,09
ALL-25	4,02
ALL-26	4,89
ALL-27	4,65
ALL-28	4,53
ALL-29	2,41
ALL-30	2,40
ALL-31	3,05
ALL-32	4,96
ALL-33	2,37
ALL-34	4,96
ALL-35	4,58
ALL-36	4,22
ALL-37	4,55
ALL-38	4,55
ALL-39	4,62
ALL-40	4,51
ALL-41	4,59
ALL-42	4,41
ALL-43	4,70
ALL-44	4,59

Tubería	Velocidad (m/s)
ALL-45	3,10
ALL-46	3,73
ALL-47	3,74
ALL-48	3,74
ALL-49	3,56
ALL-50	1,73
ALL-51	1,66
ALL-52	3,35
ALL-53	1,98
ALL-54	2,54
ALL-55	1,14
ALL-56	4,18
ALL-57	2,92
ALL-58	1,92
ALL-59	1,63
ALL-60	0,77
ALL-61	2,23
ALL-62	2,06
ALL-63	1,67
ALL-64	1,67
ALL-65	1,77
ALL-66	4,01

Nota. Ninguno de los tramos sobre pasa el máximo permisible por la normativa EMAAP-Q.

- Pendiente de las redes de alcantarillado pluvial

La pendiente mínima para diseños de alcantarillado pluvial es de 0,5%, este valor puede ser utilizado cuando las condiciones del terreno así lo permitan, dentro del presente proyecto la pendiente mínima es de 0,6% y máxima de 5%. La tabla 27 describe los valores de pendiente en los tramos de conducción del alcantarillado pluvial.

Tabla 27

Pendiente en los tramos de tubería del sistema pluvial IASA I.

Tubería	Pendiente (%)
ALL-1	4,03
ALL-2	2,86

Tubería	Pendiente (%)
ALL-3	5,00
ALL-4	4,98
ALL-5	3,10
ALL-6	2,37
ALL-7	3,39
ALL-8	3,42
ALL-9	4,12
ALL-10	1,65
ALL-11	4,97
ALL-12	1,86
ALL-13	5,00
ALL-14	0,86
ALL-15	2,22
ALL-16	1,08
ALL-17	0,60
ALL-18	5,00
ALL-19	0,60
ALL-20	3,17
ALL-21	0,60
ALL-22	0,60
ALL-23	1,30
ALL-24	2,57
ALL-25	2,45
ALL-26	4,28
ALL-27	3,74
ALL-28	3,48
ALL-29	0,60
ALL-30	0,60
ALL-31	1,18
ALL-32	4,72
ALL-33	0,60
ALL-34	4,79
ALL-35	3,84
ALL-36	3,00
ALL-37	5,00
ALL-38	4,90
ALL-39	5,00
ALL-40	4,61
ALL-41	4,74
ALL-42	4,26

Tubería	Pendiente (%)
ALL-43	4,97
ALL-44	4,61
ALL-45	1,95
ALL-46	3,40
ALL-47	3,78
ALL-48	4,02
ALL-49	3,70
ALL-50	0,60
ALL-51	0,60
ALL-52	4,54
ALL-53	1,37
ALL-54	3,67
ALL-55	0,60
ALL-56	2,83
ALL-57	1,09
ALL-58	2,97
ALL-59	3,55
ALL-60	0,60
ALL-61	2,67
ALL-62	2,72
ALL-63	2,11
ALL-64	1,14
ALL-65	1,28
ALL-66	3,27

Nota. Las pendientes adoptadas se mantienen dentro de las normas EMAAP-Q.

- Profundidad Hidráulica

La aireación es necesaria en toda red de alcantarillado por lo tanto la profundidad hidráulica en conductos cerrados según las normas EMAAP-Q debe estar comprendida entre un 70% a 85%.

Las redes del sistema de alcantarillado sanitario pluvial diseñadas en el presente proyecto cumplen con el 85% de profundidad hidráulica.

Resultados del diseño de alcantarillado pluvial

La red de alcantarillado pluvial de la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" se presenta junto con los perfiles del trazado en el Apéndice B.

El sistema cuenta con una longitud total de 4,58 km, utilizando tubería de PVC, además de 66 pozos, que se detallan en la tabla 28.

Tabla 28

Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado pluvial IASA I.

Pozo	X (m)	Y (m)	Cota Terreno (m)	Cota Borde (m)	Cota Clave (m)	Profundidad (m)
PZ-1	787940,63	9956476,17	2780,94	2780,94	2778,18	2,76
PZ-2	787933,00	9956535,63	2778,52	2778,52	2775,66	2,86
PZ-3	787926,47	9956615,35	2775,37	2775,37	2772,24	3,13
PZ-4	787919,78	9956695,10	2770,23	2770,23	2767,28	2,95
PZ-5	787914,81	9956774,88	2765,79	2765,79	2762,49	3,30
PZ-6	787913,57	9956854,88	2762,72	2762,72	2759,90	2,82
PZ-7	787913,09	9956934,85	2760,01	2760,01	2757,85	2,16
PZ-8	787908,03	9957014,60	2757,20	2757,20	2755,04	2,16
PZ-9	787899,53	9957094,16	2754,37	2754,37	2752,05	2,32
PZ-10	787902,96	9957173,85	2750,97	2750,97	2748,39	2,58
PZ-11	787870,77	9957229,58	2749,43	2749,43	2746,52	2,91
PZ-12	787944,38	9957260,53	2753,92	2753,92	2750,63	3,29
PZ-13	787970,88	9957330,63	2755,69	2755,69	2752,99	2,70
PZ-14	787971,07	9957365,65	2757,98	2757,98	2755,26	2,72
PZ-15	787797,19	9957201,56	2748,07	2748,07	2745,61	2,46
PZ-16	787730,52	9957236,54	2746,16	2746,16	2743,54	2,62
PZ-17	787683,08	9957300,99	2744,07	2744,07	2741,33	2,74
PZ-18	787657,26	9957335,34	2743,48	2743,48	2740,76	2,72
PZ-19	787633,29	9957367,32	2742,99	2742,99	2739,48	3,51
PZ-20	787608,54	9957350,46	2745,03	2745,03	2742,48	2,55
PZ-21	787591,01	9957435,44	2742,51	2742,51	2740,51	2,00
PZ-22	787685,23	9957422,98	2739,80	2739,80	2736,84	2,96
PZ-23	787684,55	9957452,99	2739,73	2739,73	2736,22	3,51
PZ-24	787738,38	9957476,93	2739,22	2739,22	2736,68	2,54
PZ-25	787794,48	9957498,24	2739,99	2739,99	2737,56	2,43
PZ-26	787683,86	9957532,92	2736,56	2736,56	2734,06	2,50
PZ-27	787698,75	9957607,94	2734,58	2734,58	2731,86	2,72
PZ-28	787663,97	9957666,14	2732,12	2732,12	2728,38	3,74
PZ-29	787635,39	9957705,67	2730,03	2730,03	2726,14	3,89
PZ-30	787578,35	9957802,37	2724,69	2724,69	2721,87	2,82
PZ-31	787614,16	9957877,31	2724,54	2724,54	2721,27	3,27

Pozo	X (m)	Y (m)	Cota Terreno (m)	Cota Borde (m)	Cota Clave (m)	Profundidad (m)
PZ-32	787659,04	9957921,25	2726,13	2726,13	2720,75	5,38
PZ-33	787729,33	9957985,42	2722,00	2722,00	2718,70	3,30
PZ-34	787673,32	9958044,85	2718,00	2718,00	2707,87	10,13
PZ-35	787644,03	9958099,10	2711,67	2711,67	2705,69	5,98
PZ-36	787639,33	9958147,89	2707,45	2707,45	2699,34	8,11
PZ-37	787606,87	9958160,97	2700,33	2700,33	2697,31	3,02
PZ-38	787586,34	9957285,80	2747,57	2747,57	2744,50	3,07
PZ-39	787540,58	9957349,51	2742,65	2742,65	2737,28	5,37
PZ-40	787508,32	9957422,73	2735,43	2735,43	2730,82	4,61
PZ-41	787486,83	9957499,17	2728,89	2728,89	2722,75	6,14
PZ-42	787477,23	9957578,58	2721,12	2721,12	2712,82	8,30
PZ-43	787474,42	9957658,40	2711,09	2711,09	2705,78	5,31
PZ-44	787483,25	9957737,86	2704,75	2704,75	2700,93	3,82
PZ-45	787489,28	9957818,76	2698,96	2698,96	2694,68	4,28
PZ-46	787479,40	9957904,29	2692,78	2692,78	2687,77	5,01
PZ-47	787610,36	9957211,55	2749,42	2749,42	2747,03	2,39
PZ-48	787633,15	9957134,84	2752,24	2752,24	2749,85	2,39
PZ-49	787655,48	9957058,03	2755,47	2755,47	2753,21	2,26
PZ-50	787678,09	9956981,34	2758,81	2758,81	2756,52	2,29
PZ-51	787699,33	9956904,25	2762,26	2762,26	2759,68	2,58
PZ-52	787723,03	9956827,84	2764,81	2764,81	2760,29	4,52
PZ-53	787744,55	9956750,75	2764,66	2764,66	2760,87	3,79
PZ-54	787768,28	9956674,40	2769,23	2769,23	2764,59	4,64
PZ-55	787787,74	9956597,02	2775,05	2775,05	2768,32	6,73
PZ-56	787823,46	9956525,03	2778,49	2778,49	2776,02	2,47
PZ-57	787907,16	9956532,08	2778,63	2778,63	2776,63	2,00
PZ-58	787699,79	9957278,13	2744,47	2744,47	2741,95	2,52
PZ-59	787747,84	9957314,11	2744,01	2744,01	2740,82	3,19
PZ-60	787811,59	9957271,84	2746,49	2746,49	2744,09	2,40
PZ-61	787871,58	9957272,31	2748,62	2748,62	2746,62	2,00
PZ-62	787784,54	9957325,07	2744,17	2744,17	2742,06	2,11
PZ-63	787700,26	9957378,43	2741,47	2741,47	2738,58	2,89
PZ-64	787814,94	9957160,24	2749,29	2749,29	2747,24	2,05
PZ-65	787737,87	9957186,12	2747,24	2747,24	2745,24	2,00
PZ-66	787707,21	9957407,60	2740,24	2740,24	2738,05	2,19

Nota. Se detalla la ubicación y cota de los 66 pozos de la red pluvial IASA I.

Sumideros

Son estructuras que captan el agua que fluye por las calles y los descarga en los pozos de revisión, se deben ubicar en lugares donde exista cruce de las vías, pendiente continua y en

los puntos más bajos. Los sumideros irán espaciados de tal forma que el 90 % a 95 % del caudal que escurre sea interceptado por la rejilla (EMAAP-Q, 2009).

Para el presente proyecto se construirán sumideros de rejilla en calzada con dimensiones, su capacidad hidráulica se encuentra en base a la fórmula establecida por la EMAAP-Q (2009).

$$Q = Cc * K * \left(1 - \frac{P}{100}\right) * L * B * (2 * g * H)^{0,5} \quad (22)$$

Donde:

Q = Caudal interceptado por el sumidero (m³/s).

Cc = Coeficiente para sumideros con depresión. C = 0,6

K = Relación entre el área de orificios de la reja y su área total.

P= Porcentaje de obstrucción de la reja debido a basuras arrastradas por el escurrimiento pluvial en superficie. Se recomienda usar como mínimo P=50.

L = Longitud del sumidero. (m)

B = Ancho del sumidero. (m)

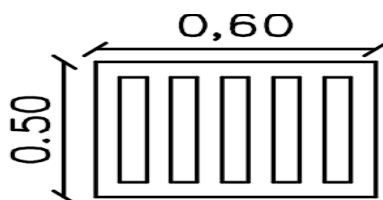
g = Aceleración de la gravedad. (m/s²)

H = Profundidad de la cara superior de la reja respecto de la superficie de agua sobre la reja.

Para el presente proyecto se propone un sumidero con las siguientes dimensiones:

Figura 24

Sumidero propuesto



Nota. Con estas dimensiones se prueba la capacidad hidráulica del sumidero.

$$Q = 0,60 * \frac{0,40 * 0,08 * 5}{0,50 * 0,60} * \left(1 - \frac{50}{100}\right) * 0,60 * 0,50 * (2 * 9,81 * 0,10)^{0,5}$$

$$Q = 0,067 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 67,23 \frac{l}{s}$$

$$Q_{pluvial} = 19230,59 \frac{l}{s}$$

$$Q_{95\%} = 18269,06 \frac{l}{s}$$

Se coloca un sumidero a cada lado de la vía, recordando que el trazado total de la red de alcantarillado pluvial es de 4,58 km.

$$No. \text{ sumideros necesarios} = \frac{18269,06}{2 * 67,23}$$

$$No. \text{ sumideros necesarios} = 135$$

$$Separación = \frac{4580 \text{ m}}{135}$$

$$Separación = 33 \text{ m}$$

Para que los sumideros capturen el 95 % del caudal se deben instalar cada 33 m, pero constructivamente se asume una separación de 50 metros.

$$No. \text{ sumideros necesarios} = 90$$

Diseño de la planta de tratamiento

Caracterización de aguas residuales

La caracterización de aguas residuales del Campus IASA I se realiza de acuerdo a los parámetros establecidos en la Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del Acuerdo Ministerial N° 28, los mismos que se presentan a continuación.

Tabla 29

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

N°	Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
1	Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	10000
2	Coliformes Totales	NMO	NMP/100ml	N/A
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
4	Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
5	Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30
6	Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
7	Sólidos suspendidos Totales	SST	mg/l	130
8	Sólidos Totales	ST	mg/l	1600

Nota. Esta tabla presenta los parámetros límites que debe tener el agua residual, si no se cumple con estos parámetros el agua residual debe ser tratada antes de la descarga al cuerpo receptor. Recuperado de: Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No. 28 Sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente. Quito.

A continuación, se presenta los resultados del análisis de agua residual, la muestra fue ensayada en el Laboratorio OSP Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador, que se encuentra acreditado por el Sistema de Acreditación Ecuatoriano.

En el Apéndice C se presenta el informe completo de la muestra analizada.

Tabla 30

Resultados del muestreo de agua residual.

No.	Parámetro	Unidad	Muestra	Verificación
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mgO ₂ /L	23	Cumple
2	Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	51	Cumple
3	Nitrógeno Amoniacal	mg/L	2,27	Cumple
4	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	5,1	Cumple
5	Sólidos suspendidos Totales	mg/L	28	Cumple
6	Sólidos Totales	mg/L	266	Cumple
7	Índice de Coliformes Fecales	NMP/100ml	3,3x10 ⁵	No cumple
8	Índice de Coliformes Totales	NMP/100ml	1,7x10 ⁶	No cumple

Nota. Estos resultados son parte del informe entregado por el Laboratorio OSP.

El Acuerdo Ministerial No. 28, emitido en 2015 establece que las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga indicados deberán ser tratados adecuadamente sin importar si su origen es público o privado. Por este motivo es pertinente el diseño de la planta de tratamiento para el Campus IASA I ya que no se cumple con los parámetros de descarga normativos,

La planta de tratamiento se diseñará bajo parámetros técnicos y de eficiencia, pero también buscando la viabilidad económica y facilidad de operación y mantenimiento.

Proceso de tratamiento de agua residual

Obras de llegada

Son las responsables de recibir el agua residual y acondicionarla antes de iniciar el proceso de tratamiento.

Canal de entrada. Esta obra permite llevar el agua residual del punto de descarga del alcantarillado hacia el tren de tratamiento de aguas residuales.

Pretratamiento

En el pretratamiento se utilizarán:

Rejas. La reja ubicada transversalmente al flujo es el primer paso en el tratamiento preliminar del agua residual, consiste en la separación de los sólidos gruesos, donde el material retenido debe ser retirado manualmente con un rastrillo en un lapso de tiempo determinado. Los sólidos flotantes y gruesos pueden causar problemas nocivos en la operación de la planta de tratamiento, estos son un foco de reproducción de insectos y producen condiciones desagradables a la vista.

Las rejas están constituidas por barrotes rectos soldados a unas barras de separación situadas en la cara posterior, y su longitud no debe exceder de aquella que permita su correcta limpieza pudiendo ser aproximadamente 3 m (Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 1995).

Estas rejas van inclinadas sobre la horizontal con ángulos de 25° y 50°. Arriba de la reja se coloca una placa perforada en donde se escurrirán los residuos rastrillados, estos se almacenarán temporalmente hasta que se lleven a un vertedero.

Tabla 31

Información para el diseño de barras de la reja

CONCEPTO	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de barra		
Anchura (cm)	0,6 - 1,5	0,6 - 1,5
Profundidad (cm)	2,5 - 7,5	2,5 - 7,5
Separación (cm)	2,5 - 5,0	1,6 - 7,5
Inclinación respecto a la vertical (°)	30 - 40	0 - 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0,3 - 0,6	0,6 - 0,9
Pérdida de carga admisible (cm)	15	15

Nota. Se presentan valores típicos para el diseño de barras de la reja. Recuperado de: Metcalf, R., & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. España: McGraw-Hill.

Desarenador. Es una estructura que tiene por objetivo remover arenas, arcillas, gravas y partículas minerales a fin de evitar que se acumulen en los diferentes conductos del sistema hidráulico.

Medidor de caudal. El dispositivo más utilizado para la medición del caudal en canal abierto es el aforador de tipo Parshall (Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, 1995). La canaleta Parshall permite llevar una medición de las aguas residuales y un mejor control de los procesos de tratamiento, está compuesto por una entrada, la garganta y la salida.

Tratamiento primario

El proceso de tratamiento primario se realizará mediante tanques de sedimentación.

Tanque de sedimentación. Es una estructura que puede tener una geometría rectangular, circular o cuadrada, que permite reducir el contenido de sólidos en suspensión. (Instituto Ecuatoriano De Normalización-INEN, 1992). Los tanques de sedimentación primario se utilizan para reducir la carga afluyente a los filtros biológicos, estos pueden eliminar ente el 50 % y 70 % de los sólidos suspendidos y el 25 % y 40 % de la DBO5.

Tabla 32

Criterios de diseño para tanques de sedimentación primaria

Parámetro	Intervalo	Valor típico
Tiempo de retención, en h.	1,5 - 2,5	2
Carga superficial, en m ³ /m ² d	32 - 48	100
Gasto medio	80 - 120	
Gasto máximo ext.		
Carga sobre el vertedero m ³ /m d	125 - 500	250
Dimensiones, en m		
Rectangular		
Profundidad	3 - 5	3,6
Longitud	15 - 90	25 - 40
Ancho	3 - 24	6 - 10
Velocidad de la rastra	0,6 - 1,2 m/min	1,0

	Circular	
Profundidad	3 - 5	4,5
Diámetro	3,6 - 60	12- 45
Pendiente del fondo	60 -160 mm/m	80
Velocidad de la rastra	0,02 - 0,05	0,03

Nota. Se utilizan las dimensiones sugeridas para un tanque rectangular, Recuperado de: Metcalf, R., & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. España: McGraw-Hill.

Tratamiento secundario

De acuerdo al INEN la eficiencia de remoción de DBO y sólidos en suspensión están en orden del 85% mediante el tratamiento secundario. Para la eliminación de estos parámetros en el presente proyecto se incluye el tratamiento biológico con fangos activados.

Dimensionamiento de la planta de tratamiento

A continuación, se presenta el cálculo de los procesos unitarios de tratamiento de agua residual.

Canal de entrada

$$Q_{diseño} = Q_{mH} + Q_{ilicitas} + Q_{inf}$$

$$Q_{diseño} = 4,12 + 0,55 + 2,127$$

$$Q_{diseño} = 6,8 \frac{l}{s}$$

$$Q_{diseño} = 0,0068 \frac{m^3}{s}$$

Base = Se asumen 0,40 m

Velocidad = 0,30 - 0,60 m/s, rango de velocidades propuesta por Crites & Tchobanoglous (2000).

$$Q = A \times V \tag{23}$$

$$A = \frac{0,0068}{0,6} = 0,01133 \text{ m}^2$$

$$A = Y \times b \quad (24)$$

Altura de calado

$$Y = \frac{0,01133 \text{ m}^2}{0,4 \text{ m}} = 0,0283 \text{ m} \approx 0,030 \text{ m}$$

La altura total del canal corresponde a la altura de calado más el borde libre por seguridad y una altura de seguridad adicional propuesta por el diseñador.

$$H_t = 0,030\text{m} + 0,12\text{m} + 0,15\text{m}$$

$$H_t = 0,30 \text{ m}$$

Rejas

Se recomienda que el espaciamiento entre las barras varíe entre 25 mm y 50 mm. En la tabla a continuación se muestran los parámetros necesarios para el diseño de las rejas.

Tabla 33

Datos para el diseño de rejas

Nombre	Símbolo	Valor	Unidades
Caudal	Q	0,0068	m ³ /s
Inclinación de las rejas con respecto a la vertical	α	45	°
Separación entre barras	s	2,5	cm
Espesor de barras	e	1	cm
Velocidad a través de la reja limpia	Vl	0,3	m/s
Velocidad a través de la reja obstruida	Vo	0,6	m/s
Ancho del canal	b	0,40	m

Nota. Los datos de las velocidades a través de la reja se han tomado de acuerdo a las recomendaciones realizadas por Crites & Tchobanoglous (2000). Recuperado de: Crites, R., &

Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. New York.

Área libre de reja

$$Q = A \times V \quad (25)$$

$$Al = \frac{0,0068 \frac{m^3}{s}}{0,60 \frac{m}{s}}$$

$$Al = 0,01133$$

Pérdida de carga en rejillas

La pérdida de carga en las rejillas es también conocida como pérdida de energía, esta es la diferencia de alturas antes y después de las rejillas, expresada en metros.

La pérdida de carga en la rejilla está relacionada con la frecuencia con la que se limpia y la cantidad de material de desecho que lleva el agua a tratar.

El cálculo de la pérdida de carga para la rejilla se determina con la ecuación propuesta por Kirschmer:

$$hf = \beta \left(\frac{2,5}{1} \right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \quad (26)$$

Donde:

β : Factor que depende de la forma de las barras.

Para el valor del factor dependiente de la forma de barras se puede consultar en la tabla a continuación:

Tabla 34

Factor dependiente de la forma de barras

Sección Transversal	
Forma	β
Barras rectangulares de caras rectas	2,42
Barras rectangulares con cara semicircular aguas arriba	1,83
Barras circulares	1,79
Barras rectangulares con cara semicircular aguas arriba y abajo	1,67

Nota. Estos valores se utilizan en el cálculo de las pérdidas de carga. Recuperado de: Romero Rojas, J. A. (2004). Tratamiento de aguas residuales. Bogotá: Colombia: Escuela Comlombiana de Ingeniería.

Usamos barras circulares, entonces:

$$hf = 1,79 \left(\frac{2,5}{1} \right)^{\frac{4}{3}} * \frac{0,60^2}{2(9,81)} \sin(45)$$

$$hf = 1,79 \left(\frac{2,5}{1} \right)^{\frac{4}{3}} * \frac{0,60^2}{2(9,81)} \sin(45)$$

$$hf = 0,0788 \text{ m}$$

De acuerdo con Crites & Tchobanoglous (2000) las pérdidas de carga en las rejjas no deben ser superior a 15 cm, ya que si hf es mayor causaría una acumulación de sólidos obstruyendo las rejjas.

$$hf = 7,88 \text{ cm} < 15 \text{ cm ok}$$

Tirante de agua o altura (h)

$$h = \frac{A}{b} \quad (27)$$

$$h = \frac{0,01133}{0,4} = 0,0283 \text{ m} \approx 0,030 \text{ m}$$

Altura total del canal (H)

La altura total del canal corresponde a la suma de la pérdida de carga en la reja, más el calado de agua y una altura de seguridad H_s propuesta por el diseñador

$$H = h + hf + H_s \quad (28)$$

Se adopta una altura de seguridad de 10 cm

$$H = (0,030 + 0,0788 + 0,10) \text{ m}$$

$$H = (0,030 + 0,0788 + 0,10) \text{ m}$$

$$H = 0,20 \text{ m}$$

Longitud de las barras

La longitud de las barras no debe ser mayor de la que permita la limpieza conveniente por el operador.

$$Lb = \frac{H}{\sin \alpha} \quad (29)$$

$$Lb = \frac{0,20}{\sin \alpha}$$

$$Lb = 0,28 \text{ cm}$$

Número de barras

El número de barras está en base a la separación entre estas, y el espesor máximo definido, entonces:

$$n = \left(\frac{b}{e + s} \right) - 1 \quad (30)$$

$$n = \left(\frac{40}{1 + 2,5} \right) - 1$$

$$n = 10 \text{ barras}$$

Desarenador

A continuación, se presentan los parámetros necesarios para el diseño del desarenador

Tabla 35

Datos para el diseño del desarenador

Nombre	Símbolo	Valor	Unidades
Caudal medio	Q	0,0068	m ³ /s
Velocidad de asentamiento de las partículas de 0,2 mm	V _s	0,02	m/s
Velocidad de flujo para que se sedimenten partículas mayores a 20 mm	V _f	0,3	m/s

Nota. Las velocidades se han tomado de acuerdo a la propuesta de Metcalf & Eddy (1995).

Recuperado de: Metcalf, R., & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. España:

McGraw-Hill.

$$Q_{\text{diario}} = 0,0068 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 587,52 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$V_{\text{diaria}} = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 86400 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 25920 \frac{\text{m}}{\text{día}}$$

Área del desarenador.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{587,52}{25920} = 0,0232 \text{ m}^2 \quad (31)$$

Ancho del desarenador.

Se asume un ancho para el desarenador de 15 cm

Tirante de agua.

$$Y = \frac{A}{b} \quad (32)$$

$$Y = \frac{0,0232 \text{ m}^2}{0,15 \text{ m}}$$

$$Y = 0,155 \text{ m}$$

Altura del desarenador.

La altura total del desarenador será igual a la suma del tirante de agua más una altura de seguridad de 0,15 m propuesta por el diseñador.

$$h_t = 0,30 \text{ m}$$

Longitud del desarenador.

$$L = \frac{V_f * y}{V_s} \quad (33)$$

$$L = \frac{0,30 * 0,155}{0,02}$$

$$L = 2,33 \text{ m}$$

Longitud adicional por turbulencia $L_a = 0,25 L$. Propuesta por Metcalf & Eddy (1995).

$$L_f = 1,25 \times 2,33 = 2,91 \text{ m}$$

$$L_f = 3,00 \text{ m}$$

Tiempo de retención.

$$t_r = \frac{L_f}{V_f} \quad (34)$$

$$t_r = \frac{3,00 \text{ m}}{0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t_r = 10 \text{ s}$$

Canaleta Parshall

Para el cálculo del flujo en una canaleta Parshall se utiliza la ecuación de flujo o descarga libre.

$$Q = K \times H^n \quad (35)$$

Tabla 36

Límites de aplicación para aforadores Parshall con descarga libre

W (pulgada y cm)		Capacidad (l/s)	
		Mínima	Máxima
3	7,6	0,85	53,8
6	15,2	1,52	110,4
9	22,9	2,55	251,9
12	30,5	3,11	455,6

Nota. Para el proyecto se selecciona un ancho de garganta de 3". Recuperado de: Azevedo, J., & Acosta, G. (1976). Manual de Hidráulica. México D.F.

Se selecciona un ancho de garganta de 3" ya que el caudal de diseño se encuentra entre estos límites y además se deja un margen para controlar el caudal que pueda aumentar en el futuro.

Tabla 37

Dimensiones típicas para aforadores Parshall

W	(cm)	A	B	C	D	E	F	G	K
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5
6"	15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	61,0	7,6

Nota. Para el proyecto se selecciona un ancho de garganta de 3". Recuperado de: Azevedo, J., & Acosta, G. (1976). Manual de Hidráulica. México D.F.

Los valores de K y n para el cálculo del caudal se obtienen de la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 38

Coefficientes K y n en aforadores Parshall

W	(m)	n	K Unidades métricas	K Unidades Inglesas
3"	0,076	1,547	0,176	0,0992
6"	0,152	1,580	0,381	2,06
9"	0,229	1,530	0,535	3,07

Nota. Para el proyecto se selecciona un ancho de garganta de 3". Recuperado de: Azevedo, J., & Acosta, G. (1976). Manual de Hidráulica. México D.F.

$$Q = 0,381 \times H^{1,580}$$

El punto de aforo se ubica a los 2/3 de la medida A.

Tanque de sedimentación

Para el tanque de diseño se toma el caudal mínimo que llega de la canaleta Parshall

$$Q = 1,52 \frac{l}{s}$$

Para el presente proyecto se diseñará un tanque de sedimentación rectangular, a continuación, se presenta una tabla con los principales valores para el diseño.

$$Q = 131,32 \frac{m^3}{día}$$

$$CS = 32 \frac{m^3}{m^2 * día} \tag{36}$$

Área Superficial

$$A = \frac{Q}{CS} = \frac{131,32}{32}$$

$$A = 4,104 \text{ m}^2$$

Se recomienda que la relación ancho: largo sea 1:4.

$$A * L = 4,104 \text{ m}^2$$

$$4A^2 = 4,104 \text{ m}^2$$

$$A = \sqrt{\frac{4,104}{4}}$$

$$A = 1,0129 \text{ m}$$

$$L = 4,05 \text{ m}$$

Dimensiones adoptadas.

$$A = 1,50 \text{ m}$$

$$L = 4,50 \text{ m}$$

Cálculo de volumen del tanque sedimentador.

Se adopta una profundidad de 2 metros.

$$V = 1,5 * 4,5 * 2 = 13,5 \text{ m}^3$$

Carga superficial nueva.

$$CS = \frac{Q}{A} = \frac{131,32}{2 * 4,5} \tag{37}$$

$$CS = 14,592 \frac{m^3}{m^2 * dia}$$

Cálculo del tiempo de retención.

$$t_r = \frac{V}{Q} = \frac{13,5}{131,32} = 0,1028 \text{ dias} = 2,467 \text{ h} \quad (38)$$

Cálculo de velocidad de arrastre.

Tabla 39

Parámetros para cálculo de velocidad de arrastre

Parámetros	Valor
Constante de cohesión	0,05
Gravedad Especifica	1,25
Aceleración de la gravedad	9,81 m/s ²
Diámetro de partículas	100 <i>um</i>
Factor de fricción de Darcy-Weisbach	0,025

Nota. Estos factores dependen de las características de partículas de la zona de estudio.

Recuperado de: Metcalf, R., & Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. España:

McGraw-Hill

$$V_H = \sqrt{\frac{8k(s-1)gd}{f}} \quad (39)$$

$$V_H = \sqrt{\frac{8 * 0,05(1,25 - 1) * 9,81 * 100 * 10^{-6}}{0,025}}$$

$$V_H = 0,0626 \text{ m/s}$$

Comparación de la velocidad de arrastre calculada con la velocidad horizontal.

$$V_h = \frac{Q}{A_H} = \frac{131,32}{2 * 1,5} \quad (40)$$

$$V_h = 43,77 \text{ m/día}$$

$$V_h = 0,0005066 \text{ m/s}$$

La velocidad horizontal es menor que la velocidad de arrastre, por tal motivo el material sedimentado no será suspendido.

Cálculo de Remoción de DBO y SST

$$R = \frac{t}{a + b * t} \quad (41)$$

Donde:

R: Porcentaje de remoción de DBO o SST esperado (%)

T: Tiempo nominal de retención (h)

a, b: Constantes empíricas

Tabla 40

Valores de las constantes empíricas

Variable	a	b
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

Nota. Constantes empíricas propuestas por Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000), para el cálculo de la remoción de DBO y SST. Recuperado de: Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. New York.

$$\text{Remoción del DBO} = \frac{t}{a + bt} = \frac{2,467}{0,010 + 0,02 * 2,467}$$

$$\text{Remoción del DBO} = 41,57 \%$$

$$\text{DBO}_{\text{salida}} = \left(1 - \frac{41,57}{100}\right) * 23 = 13,43 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\text{Remoción del SST} = \frac{t}{a + bt} = \frac{2,467}{(0,0075 + (0,014 * 2,467))}$$

$$\text{Remoción del SST} = 58,68 \%$$

$$\text{SST}_{\text{salida}} = \left(1 - \frac{58,68}{100}\right) * 266 = 109,91 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Filtro biológico

El fundamento del filtro biológico radica en el paso del agua residual por un medio filtrante de piedra gruesa o de material sintético.

Figura 25

Valores típicos para el diseño de filtros biológicos

Elemento	Baja Carga	Carga Intermedia	Carga Alta	Muy Alta Carga	De Desbaste
Medio Filtrante	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra	Piedra	Plástico, madera
Carga hidráulica m ³ /m ² -día	1,20 - 3,50	3,5 - 9,4	9,4 - 37,55	11,70 - 70,40	47 - 188
Carga orgánica kg de DBO/m ³ .día	0,08 - 0,40	0,25 - 0,50	0,50 - 0,95	0,48 - 1,60	1,6 - 8
Profundidad m	1,80 - 2,40	1,80 - 2,40	0,90 - 1,80		
Relación de recirculación	0	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 4
Moscas en el filtro	Abundantes	Algunas	Escasas	Escasas o ninguna	Escasas o ninguna
Arrastre de sólidos	Intermitentes	Intermitente	Continua	Continua	Continua

Eficiencia de eliminación de la DBO, %	8 - 90	50 -70	65 -85	65 -80	40 - 65
--	--------	--------	--------	--------	---------

Nota. Estos valores se utilizan en el cálculo de los filtros biológicos: Recuperado de: Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. New York.

Cálculo de eficiencia filtro

$$E = \frac{S_o - S_f}{S_o} \quad (42)$$

En el tanque de sedimentación se obtuvo un porcentaje de remoción de DBO de 41,47% pero para el diseño del filtro se utiliza un 30% para tener un factor de seguridad debido a la incertidumbre en los ensayos de laboratorio.

Donde:

E: Eficiencia del sistema

So: DBO efluente de entrada a filtro

$$S_o = 23 \text{ mg/l} - 30\% = 16,1 \text{ mg/l}$$

Sf: DBO efluente final o deseada

$$S_f = 5 \text{ mg/l}$$

$$E = \frac{16,1 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 5 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{16,1} = 0,689 \cong 0,70$$

Cálculo de carga de DBO

$$W = DBO_{\text{inicial}} \times Q_{\text{diseño}}$$

$$W = 16,1 \text{ mg/l} * 1,52 \text{ lt/s}$$

$$W = 24,472 \frac{mg}{s}$$

$$W = 2,11 \frac{kg}{día}$$

Volumen del filtro

$$VF = Wx \left(\frac{0,4425xE}{1-E} \right)^2 \quad (43)$$

$$VF = 2,11 * \left(\frac{0,4425x0,70}{1-0,70} \right)^2$$

$$V = 2,25 m^3$$

Factor de recirculación.

$$f = \frac{1+R}{(1+R/10)^2} \quad (44)$$

Como R=1

$$f = 1,65$$

De acuerdo al factor de recirculación se selecciona un filtro de desbaste con madera y plástico.

Cálculo del área del filtro.

$$A = \frac{V}{H} \quad (45)$$

Se adopta una altura de 1,25 m

$$A = \frac{2,25 m^3}{1,25 m}$$

$$A = 1,8 m^2$$

$$A = B \times L$$

Se asume un ancho de 1,2 m

$$1,8 = 1,2 \times L$$

$$L = 1,50 \text{ m}$$

Dimensiones del filtro L=1,50 m y B=1,2m

Tratamiento de lodos

Tabla 41

Producción de lodos en litros por persona por día.

Parámetro	Lodos nuevos (l/p/día)	Lodos digeridos (l/p/día)	Lodos secos (l/p/día)
Sedimentación primaria	1,09	0,3	0,10
Filtros biológicos	1,50	0,5	0,15
Lodos Activados	1,80	0,8	0,20

Nota. Se selecciona el factor de producción de lodos para sedimentación primaria. Recuperado de: Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. New York.

Tanque digestor

Población futura = 594 habitantes

Producción de lodos nuevos = 1,09 l/hab.*día

Periodo de retención = 30 días para una temperatura de 22°.

Cálculo del volumen necesario de agua residual para el tanque digestor.

$$V_{nr} = N * PL_n * Tr$$

(46)

Donde:

N: Número de habitantes

PLn: Producción de lodos nuevos

Tr : Tiempo de retención

$$Vnr = 594 * 1,09 * 30dias$$

$$Vnr = 19423,80 l$$

$$Vnr = 19,42 m^3$$

Cálculo de diámetro para el tanque digestor.

Se asumen un diámetro y se verifica que el volumen producido por este diámetro sea mayor o igual al volumen necesario calculado.

Profundidad adoptada H = 2 m donde:

Parte cilíndrica H = 1,5 m

Diámetro D = 4,0 m

Parte cónica H = 0,5 m

Cálculo del volumen

$Vt = vol\ cilindro + vol\ cono$

(47)

$$Vt = \frac{\pi * d^2 * h_{cilindro}}{4} + \frac{\pi * d^2 * h_{cono}}{12}$$

$$Vt = \pi * 4^2 \left(\frac{1}{4} + \frac{0,50^2}{12} \right)$$

$$Vt = 20,94 m^3$$

$$V_t > V_{nr} \quad ok$$

Patio de secado de lodos

Población = 594 habitantes

Producción de lodos secos = 0,10 l/hab*día

Periodo de retención = 30 días

Distribución de capas = 0,20 m

Cálculo del volumen necesario (Vn)

$$V_n = N * P_{ls} * T_r \quad (48)$$

$$V_n = 594 * 0,1 * 30 \text{ dias}$$

$$V_n = 1782 \text{ l} = 1,782 \text{ m}^3$$

Cálculo del área superficial necesaria.

$$A_{sn} = \frac{V_n}{S_l} \quad (49)$$

Donde:

Vn = Volumen necesario

Sl = Espesor de capas de lodos

$$A_n = \frac{1,782 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}}$$

$$A_n = 8,92 \text{ m}^2$$

Patio de secado rectangular

$$A = B \times L \quad (50)$$

Se asume un ancho de 3 m

$$L = \frac{8,92}{3}$$

$$L = 2,97 \text{ m}$$

$$L \cong 3 \text{ m}$$

En el Apéndice D se encuentran los planos correspondientes a la planta de tratamiento del Campus IASA I.

Presupuesto

El presupuesto permite determinar la viabilidad económica de un proyecto, así mismo la mejor estrategia a seguir para cumplir con los objetivos planteados en el mismo. Se obtiene mediante la cuantificación de los volúmenes de obra y del análisis de precios unitarios.

Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios es un modelo matemático que permite estimar el costo de determinado rubro por unidad de medida, además diferencia entre costos directos que corresponden a mano de obra, equipos y herramientas; y costos indirectos que son gastos administrativos, utilidades, imprevistos, seguros, entre otros.

El análisis de precios unitarios para el presente proyecto se determinó en base a los costos actuales de mano de obra como dicta la Contraloría General del Estado; y a los costos de materiales, equipos y herramientas de acuerdo a la Revista Construcción No. 275 producida por la Cámara de la Industria de la Construcción "CAMICON". En el Apéndice E se adjuntan los análisis de precios unitarios realizados y en el Apéndice F las especificaciones técnicas de construcción.

Presupuesto referencial

Las cantidades de obra se calcularon de acuerdo a los planos realizados en AutoCAD. Este presupuesto no contiene IVA y se trabaja con un porcentaje de costos indirectos del 10%.

A continuación, se presenta los presupuestos referenciales para los 2 sistemas de alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales para el Campus IASA I.

Tabla 42

Presupuesto referencial calculado para el sistema de alcantarillado sanitario.

DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO IASA I					
CÓD	RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	P. NITARIO	TOTAL
S-1	Replanteo y nivelación	m	4800	1,16	5.558,98
	Excavación zanja a máquina				
S-2	h=0.00-2.75m	m3	4628,796	13,38	61.936,80
	Excavación zanja a máquina				
S-3	h=2.76-3.99m	m3	2469,889	15,56	38.428,41
	Excavación zanja a máquina				
S-4	h=4.00-8.00m	m3	3460,435	16,61	57.473,22
S-5	Entibado de zanja	m	8.474,80	7,33	62.141,89
S-6	Cama de arena para tuberías	m3	183,96	3,83	704,82
S-7	Desalojo de material	m3	7176,354	2,22	15.918,98
	Tubería PVC alcantarillado ø				
S-8	250 mm	m	3183	37,00	117.778,42
	Tubería PVC alcantarillado ø				
S-9	315 mm	m	441,1	52,71	23.249,07
	Tubería PVC alcantarillado ø				
S-10	335 mm	m	613,3	54,06	33.155,02
	Pozo revisión H.S. f'c = 210				
	kg/cm ² , h = 1.50 - 3.00 m				
S-11	(tapa cerco peldaños)	u	53,00	443,62	23.511,67
	Pozo revisión h.s. f'c = 210				
	kg/cm ² , h =3.00 - 6.00 m				
S-12	(tapa cerco peldaños)	u	16,00	546,87	8.749,86
S-13	Relleno compactado de zanja	m3	10031,16	4,04	40.516,91
S-14	Limpieza final de la obra	m2	3.679,15	8,85	32.547,08
TOTAL					521.671,15

Nota. Se ha trabajado con un porcentaje de costos indirectos del 10%, ya que regularmente se puede encontrar este porcentaje en la contratación pública, El código S- corresponde a sanitario.

Tabla 43

Presupuesto referencial sistema de alcantarillado pluvial.

DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL IASA I					
CÓD	RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
P-1	Replanteo y nivelación	m	4.584,10	2,12	9.740,48
P-2	Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m	m3	6.245,23	10,22	63.832,71
P-3	Excavación zanja a máquina h=2.76-3.99m	m3	7.484,69	15,56	116.452,43
P-4	Excavación zanja a máquina h=4-10m	m3	1.519,54	16,61	25.237,60
P-5	Entibado de zanja	m	9.168,20	7,33	67.226,28
P-6	Cama de arena para tuberías	m3	493,81	3,83	1.891,99
P-7	Desalojo de material	m3	9.426,28	2,22	20.909,89
P-8	Tubería PVC alcantarillado ø 335 mm	m	1.701,40	54,39	92.538,27
P-9	Tubería PVC alcantarillado ø 400 mm	m	1.396,10	102,40	142.957,68
P-10	Tubería PVC alcantarillado ø 440 mm	m	80,00	62,34	4.987,09
P-11	Tubería PVC alcantarillado ø 540 mm	m	211,70	94,20	19.942,17
P-12	Tubería PVC alcantarillado ø 760 mm	m	221,30	180,61	39.968,40
P-13	Tubería PVC alcantarillado ø 975 mm	m	973,60	224,36	218.434,59
P-14	Pozo revisión h.s. F'c = 210 kg/cm2, h = 1.50 - 3.00 m (tapa cerco peldaños)	u	38,00	499,01	18.962,47
P-15	Pozo revisión h.s. F'c = 210 kg/cm2, h = 3.00 - 10.00 m (tapa cerco peldaños)	u	28,00	624,54	17.487,24
P-16	Sumidero incluye rejilla	u	90	174,56	15.710,78
P-17	Relleno compactado de zanja	m3	13.108,69	3,98	52.157,85
P-18	Limpieza final de la obra	m2	4.938,06	8,85	43.683,88
TOTAL					972.121,80

Nota. El código P- corresponde a Pluvial.

Tabla 44

Presupuesto referencial de la planta de tratamiento de aguas residuales

DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES IASA I					
CÓD	RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
PTR-1	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m2	2.063,43	1,18	2.437,74
PTR-2	LIMPIEZA Y DESBROCE	m2	2.063,43	2,94	6.057,55
PTR-3	EXCAVACIÓN DE SUELO A MÁQUINA	m3	825,37	3,49	2.876,98
PTR-4	HORMIGON SIMPLE F'C=210KG/CM2	m3	46,50	146,49	6.811,84
PTR-5	REJILLA DE HIERRO FUNDIDO	u	1,00	36,23	36,23
PTR-6	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	24,86	11,70	290,93
PTR-7	GEOTEXTIL PARA DRENAJE	m2	160,00	6,33	1.012,23
PTR-8	MALLA ELECTROSOLDADA 6 X 15 X 15	m2	268,00	23,18	6.211,33
PTR-9	ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE-MORTERO 1:3 E= 2 CM.	m2	24,86	11,69	290,63
PTR-10	ARENA	m3	13,95	1,77	24,67
PTR-11	GRAVA	m3	13,95	5,45	75,96
PTR-12	CERRAMIENTO	m	45,42	48,90	2.221,10
T O T A L					28.347,18

Nota. El código PTR- corresponde a planta de tratamiento de agua residual. En el Apéndice G se presenta la guía para operación y mantenimiento.

Capítulo IV

Conclusiones

- La topografía disponible del sitio correspondió con el área donde se va a desarrollar el proyecto, la información se encuentra completa y actualizada por lo que no fue necesario realizar otro levantamiento topográfico sobre la misma zona de estudio que hubiese arrojado resultados similares. El terreno en la zona del proyecto es irregular, presenta pendientes entre 1% y 17% regularmente llegando a tener una máxima pendiente del 30% entre el punto más alto y el más bajo.
- La inspección realizada en la Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, mostró el gran deterioro que presenta el sistema del alcantarillado sanitario y pluvial, así como la pérdida o inexistencia de dicho sistema en algunas zonas del complejo. El sistema aún cuenta con tuberías de hormigón, por lo cual, se diseñó utilizando el tipo de tubería PVC considerando los diámetros existentes en el mercado ecuatoriano.
- El nuevo sistema de alcantarillado sanitario cuenta con una longitud de tubería PVC de 4,24 km, además de un diámetro mínimo de 250 mm y un máximo de 335 mm. Otro parámetro importante es la pendiente en las tuberías, que se cumple con un valor mínimo por norma de 0,80 m/s. Solo existe un punto de descarga que fue colocado cerca del Módulo de avicultura, ya que es el punto más bajo dentro del IASA I.
- El nuevo sistema de alcantarillado pluvial, por otro lado, fue diseñado para tener dos puntos de descarga, puesto que el agua lluvia no requiere de un tratamiento para ser descargada al cuerpo receptor. El sistema pluvial cuenta con una longitud total de 4,58 km, utilizando tubería PVC comprendida entre 300 mm y 900 mm de diámetro, que le permite mantener al sistema velocidades de 0,77 m/s y 4,96 m/s, valores que están

debajo de los especificados por la normativa EMAAP-Q para diseño de redes alcantarillado sanitario y pluvial.

- El sistema de tratamiento para las aguas residuales de Hacienda el Prado IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” contempló los siguientes tratamientos: canal de entrada, rejas, desarenador, canaleta Parshall, tanque de sedimentación, filtros biológicos y un tratamiento de lodos.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar el mantenimiento anual de la red de alcantarillado para retirar grasas, sedimentos, materiales pétreos que puedan generar obstrucciones en los conductos.
- Para garantizar la vida útil de los sistemas de saneamiento deben seguirse los diseños hidráulicos planteados, ya que se han realizado cumpliendo con éxito con todos los parámetros normativos
- Realizar mantenimientos periódicos para quitar todos los sedimentos en los diferentes conductos de la planta de tratamiento.
- Se sugiere el pavimentado de los caminos antes de construir los sistemas de alcantarillado, de esta manera se evitará problema de infiltración y daño en la tubería, garantizando el periodo de vida útil del alcantarillado.

Referencias

Azevedo, J., & Acosta, G. (1976). *Manual de Hidráulica*. México D.F.

Bentley. (s.f.). *SewerGEMS*. Obtenido de [https://www.bentley.com/es/products/product-](https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/sewergems#:~:text=SewerGEMS%20simplifica%20el%20proceso%20de,normativa%20establecida%20por%20las%20autoridades)

[line/hydraulics-and-hydrology-](https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/sewergems#:~:text=SewerGEMS%20simplifica%20el%20proceso%20de,normativa%20establecida%20por%20las%20autoridades)

[software/sewergems#:~:text=SewerGEMS%20simplifica%20el%20proceso%20de,normativa%20establecida%20por%20las%20autoridades](https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/sewergems#:~:text=SewerGEMS%20simplifica%20el%20proceso%20de,normativa%20establecida%20por%20las%20autoridades)

- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. New York.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. New York.
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito.
- GADMUR Rumiñahui. (2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012-2015*. Sangolquí.
- Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. PRENTICE HALL.
- Granados, M. d. (1987). *TECNICAS DE PROYECCIONES DE POBLACION DE AREAS MENORES*. Celade.
- Guaña, C., & Ushiña, J. (2019). *Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado combinado en la urbanización Los Chillos y la zona este del barrio Jatumpungo, Cantón Rumiñahui*. Sangolquí.
- INEN. (1997). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Quito.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización-INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. QUITO.
- Martínez, A. (2006). *Particularización al método de los coeficientes de escurrimiento*. Valladolid.
- Metcalf, R., & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales*. España: McGraw-Hill.
- Metcalf, R., & Eddy. (1996). *Ingeniería de aguas residuales; Tratamiento, vertido y reutilización (Tercera Edición)*. España.

- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 28 Sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente*. Quito.
- Ordoñez, M. (2021). *Generación de cartografía a detalle de aproximadamente 200 Ha a través de fotogrametría de corto alcance (UAV), como insumo topográfico para proyectos de ingeniería civil*. Sangolquí.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. Lima.
- Rival. (2022). *Tuberías*. Obtenido de <https://plasticosrival.com/>
- Romero Rojas, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romo, J. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado separado y tratamiento de las aguas servidas para el barrio la libertad, en la parroquia Rumipamba, provincia de Pichincha*. Sangolquí.
- VITERI, T. J. (2020). *PLAN DE EMERGENCIAS*. SANGOLQUÍ: REV. 01.

Apéndices

Apéndice A. Red Sanitaria

Apéndice B. Red Pluvial

Apéndice C. Caracterización del agua.

Apéndice D. PTAR.

Apéndice E. APUS.

Apéndice F. Especificaciones Técnicas de Construcción.

Apéndice G. Guía de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento.