



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 26 de Septiembre del 2022

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Magaly Yulieth Lasso Ceron, con C.C. No. 1075313576,

Johan Sebastian Palencia Chicaiza, con C.C. No. 1075301226,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado Análisis hidrológico y diseño de canales para la recolección de escorrentía para la clausura del sector 2 en el relleno sanitario Los Ángeles.

presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de
Ingeniero (a) Civil _____;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Magaly Lasso Cejon

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Análisis hidrológico y diseño de canales para la recolección de escurrentía para la clausura del sector 2 en el relleno sanitario Los Ángeles .

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Lasso Ceron Palencia Chicaiza	Magaly Yulieth Johan Sebastian

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Izquierdo Bautista	Jaime

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero (a) Civil

FACULTAD: de Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: de Ingeniería Civil

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 103

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos X Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas
o Cuadros X



SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Relleno Sanitario</u>	<u>Landfill</u>	6. _____	_____
2. <u>Hidrología</u>	<u>hydrology</u>	7. _____	_____
3. <u>Hidráulica</u>	<u>hydraulics</u>	8. _____	_____
4. <u>Canal</u>	<u>channel</u>	9. _____	_____
5. <u>Disipador de energía</u>	<u>energy sink</u>	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El relleno sanitario Los Ángeles se encuentra ubicado en la vereda La Jagua, corregimiento de Fortalecillas, al Nororiente de la zona urbana de la ciudad de Neiva; los municipios de Neiva, Colombia, Baraya, Villavieja, Aipe, Tello, Santa María, Íquira, Teruel, Rivera, Campoalegre, Algeciras y Hobo cuentan con este relleno sanitario. En él disponen 320 ton/día, que obedece al 71.4% del total del departamento (Huila sin basuras, 2011).

Actualmente, por dictámenes establecidos en la licencia ambiental, es necesario realizar las obras de clausura en cada celda que alcance su capacidad de depósito (CAM, Resolución No. 156 19 de enero del 2017); en este caso, en el relleno sanitario se encuentra clausurada la celda No. 2, en donde se están disponiendo los residuos; además no cuenta con las obras ambientales de protección que buscan garantizar la estabilidad de las obras de infraestructura, evitando que colapsen en épocas de invierno por efecto de la fuerza del agua.

El presente trabajo de grado pretende solucionar esta problemática, para esto se realizó el estudio hidrológico para determinar el comportamiento del agua por la zona, además de establecer el régimen usual de lluvias máximas y la caracterización del territorio, y con base en esto se diseñó 1 tipo de canal trapezoidal y 4 disipadores de energía para los diferentes tramos y se calculó el presupuesto de obra dando un valor de \$ 202.896.882.18.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The Ángeles landfill is located in the village of La Jagua, district of Fortalecillas, northeast of the urban area of the city of Neiva; the municipalities of Neiva, Colombia, Baraya, Villavieja, Aipe, Tello, Santa María, Íquira, Teruel, Rivera, Campoalegre, Algeciras and Hobo have this sanitary landfill. In it they have 320 tons / day, which is due to 71.4% of the total of the department (Huila sin basuras, 2011).

Currently, due to rulings established in the environmental license, it is necessary to carry out closure works in each cell that reaches its storage capacity (CAM, Resolucion No. 156 19 de enero, 2017); in this case, cell No. 2, where the waste is being disposed of, is closed in the sanitary landfill; In addition, it does not have the environmental protection works that seek to guarantee the stability of the infrastructure works, preventing them from collapsing in winter due to the force of the water.

The present degree work aims to solve this problem, for this the hydrological study was carried out to determine the behavior of the water in the area, in addition to establishing the usual regime of maximum rainfall and the characterization of the territory, and based on this it was designed 1 trapezoidal channel type and 4 energy dissipators for the different sections and the work budget was calculated giving a value of \$202,896,882.18.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



Firma: _____

Nombre Jurado: Edinson Mujica Rodríguez

Firma: _____

Nombre Jurado: Jhon Jairo Beltrán Díaz

Firma: _____



Análisis hidrológico y diseño de canales para la recolección de escorrentía en la clausura del sector 2 en el relleno sanitario Los Ángeles

Magaly Yulieth Lasso Cerón

Johan Sebastian Palencia Chicaiza

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil

Neiva, Colombia

2022

Análisis hidrológico y diseño de canales para la recolección de escorrentía en la clausura del sector 2 en el relleno sanitario Los Ángeles

Magaly Yulieth Lasso Cerón

Johan Sebastian Palencia Chicaiza

Proyecto de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero (a) Civil

Director:

Ing. Jaime Izquierdo

Línea de Investigación:

Recursos hídricos

Universidad Surcolombiana

Facultad de ingeniería, Programa de Ingeniería Civil

Neiva, Colombia

2022

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios, ya que gracias a el hoy culmino mi carrera como profesional, a mis queridos padres Libardo y Carmen, por ser mi mayor motivación, gracias infinitas por su amor, paciencia, esfuerzo y sacrificio de todos estos años, a mis hermanos por estar presentes durante todo este proceso, en el cual, me brindaron todo su apoyo, a mis amigos, docentes, compañeros y a todas aquellas personas que de una u otra manera han sido protagonistas de momentos enriquecedores y me han compartido sus conocimientos, algunos consejos y puntos de vista, gracias porque durante estos años cada experiencia ha sido de aprendizaje, gracias a todos por contribuir a que este proyecto sea una realidad.

Magaly Yulieth Lasso Cerón

Este trabajo está dedicado a toda mi familia, en especial a mis padres que me han apoyado en todo momento, a aquellos seres queridos que ya no están, pero con los que siempre soñamos conseguir este logro, a mis amigos de toda la vida y a todos los maestros y personas que me han regalado un poco de su sabiduría profesional y humana.

Johan Sebastian Palencia Chicaiza

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecer a Dios, por guiarme y protegerme durante todo mi camino, por darme las fuerzas para superar las dificultades y así poder culminar esta etapa de mi vida, a mis padres, que son el pilar fundamental, los cuales me han apoyado y acompañado en todo este proceso, a mis hermanos, por su ayuda, cariño y apoyo, que han sido parte fundamental de mi vida y formación universitaria, a mis amigos de universidad, que en ellos encontré un apoyo incondicional, por apoyarme cuando necesite, por darme su mano en momentos difíciles y por todo el amor y cariño dado, a los docentes que me acompañaron y brindaron sus conocimientos durante este proceso y en especial a mi tutor, por su paciencia, conocimiento, enseñanza y colaboración que hicieron posible el desarrollo de este trabajo. Y gracias a todas las personas que me brindaron su ayuda en este proyecto.

Magaly Yulieth Lasso Cerón

En primer lugar, a Dios que me ha permitido alcanzar todas mis metas, a mi familia ha sido la mayor motivación para continuar en busca de nuestros sueños, a mis amigos y compañeros que han estado de forma incondicional durante todo este recorrido y a todas las personas que me ha permitido conocer esta carrera y que de cierta manera me ayudaron a enriquecer mi conocimiento.

Johan Sebastian Palencia Chicaiza

Resumen

El relleno sanitario Los Ángeles se encuentra ubicado en la vereda La Jagua, corregimiento de Fortalecillas, al Nororiente de la zona urbana de la ciudad de Neiva; los municipios de Neiva, Colombia, Baraya, Villavieja, Aipe, Tello, Santa María, Íquira, Teruel, Rivera, Campoalegre, Algeciras y Hobo cuentan con este relleno sanitario. En él disponen 320 ton/día, que obedece al 71.4% del total del departamento (Huila sin basuras, 2011).

Actualmente, por dictámenes establecidos en la licencia ambiental, es necesario realizar las obras de clausura en cada celda que alcance su capacidad de depósito (CAM, Resolución No. 156 19 de enero del 2017); en este caso, en el relleno sanitario se encuentra clausurada la celda No. 2, en donde se están disponiendo los residuos; además no cuenta con las obras ambientales de protección que buscan garantizar la estabilidad de las obras de infraestructura, evitando que colapsen en épocas de invierno por efecto de la fuerza del agua.

El presente trabajo de grado pretende solucionar esta problemática, para esto se realizó el estudio hidrológico para determinar el comportamiento del agua por la zona, además de establecer el régimen usual de lluvias máximas y la caracterización del territorio, y con base en esto se diseñó 1 tipo de canal trapezoidal y 4 disipadores de energía para los diferentes tramos y se calculó el presupuesto de obra dando un valor de \$ 202.896.882.18.

Palabras clave: Relleno sanitario, hidrología, hidráulica, Canal, Disipador de energía.

Abstract

The Ángeles landfill is located in the village of La Jagua, district of Fortalecillas, northeast of the urban area of the city of Neiva; the municipalities of Neiva, Colombia, Baraya, Villavieja, Aipe, Tello, Santa María, Íquira, Teruel, Rivera, Campoalegre, Algeciras and Hobo have this sanitary landfill. In it they have 320 tons / day, which is due to 71.4% of the total of the department (Huila sin basuras, 2011).

Currently, due to rulings established in the environmental license, it is necessary to carry out closure works in each cell that reaches its storage capacity (CAM, Resolucion No. 156 19 de enero, 2017); in this case, cell No. 2, where the waste is being disposed of, is closed in the sanitary landfill; In addition, it does not have the environmental protection works that seek to guarantee the stability of the infrastructure works, preventing them from collapsing in winter due to the force of the water.

The present degree work aims to solve this problem, for this the hydrological study was carried out to determine the behavior of the water in the area, in addition to establishing the usual regime of maximum rainfall and the characterization of the territory, and based on this it was designed 1 trapezoidal channel type and 4 energy dissipators for the different sections and the work budget was calculated giving a value of \$202,896,882.18.

Keywords: Landfill, hydrology, hydraulics, channel, energy sink.

Contenido

	Pág.
Resumen	V
Lista de figuras.....	X
Lista de tablas.....	XI
Capítulo 1	13
1. Introducción	13
1.1 Antecedentes	14
1.2 Justificación	15
1.3 Delimitación.....	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
Capítulo 2	19
2. Marco teórico.....	19
2.1 Relleno sanitario.....	19
2.2 Residuos sólidos.....	20
2.3 Criterios de diseño.....	22
2.3.1 Análisis hidrológico	22
2.3.1.1 Periodo de Retorno.....	22
2.3.1.2 Curvas intensidad - Duración - Frecuencia.....	23
2.3.1.3 Coeficiente de escorrentía	30
2.3.1.4 Curva Número (CN).....	31
2.3.1.5 Caudal máximo.....	36
2.3.2 Análisis hidráulico	36
2.3.2.1 Obras hidráulicas.....	36
2.3.2.2 Pendiente	37

2.3.2.3 Determinación del tipo de flujo	37
2.3.2.4 Verificación de la capacidad hidráulica, velocidad y caudal de diseño	38
Capítulo 3	39
3. Metodología.....	39
3.1 Determinación de los datos.....	40
3.1.1 Cartografía básica	40
3.1.2 Información hidrométrica.....	41
3.2 Caracterización de la zona de estudio.....	41
3.2.1 Ubicación	42
3.2.2 Topografía	43
3.2.3 Área	44
3.2.4 Tipo de suelo	44
3.2.5 Prueba de campo de densidades por el método del cono.....	44
3.3 Análisis hidrológico.....	44
3.3.1 Precipitaciones máximas anuales	45
3.3.2 Periodo de retorno.....	45
3.3.3 Cálculo de curva IDF	46
3.3.4 Curva número (CN).....	47
3.3.5 Caudal máximo	47
3.4 Análisis hidráulico	48
3.4.1 Método para el cálculo del caudal.....	48
3.4.2 Diseño de obras hidráulicas.....	48
3.4.2.1 Canales.....	48
3.4.2.2 Disipadores de energía	48
Capítulo 4	53
4. Resultados	53
4.1 Diseño hidrológico	53
4.1.1 Valores máximos de precipitación.....	53
4.1.2 Estimación del diagrama Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).....	54
4.1.3 Cálculo de la curva número de escorrentía (CN)	56
4.1.4 Estimación del caudal máximo	57
4.2 Diseño hidráulico.....	57
4.2.1 Dimensionamiento de canales	57
4.2.2 Dimensionamiento de disipadores de energía.....	59

4.3 Presupuesto.....	65
Capítulo 5	67
5. Conclusiones y recomendaciones.....	67
5.1 Conclusiones.....	67
5.2 Recomendaciones	68
A. Anexo: Prueba de campo de densidades por el método del cono.....	71
B. Anexo: Ensayo de permeabilidad en campo y caracterización de suelos	77
C. Anexo: Análisis hidrológico	83
D. Anexo: Corte y Relleno	89
E. Anexo: Análisis de Precios Unitarios (APU).....	94
F. Planos	99
Bibliografía.....	101

Lista de figuras

Figura 2-1:	Disposición final adecuada e inadecuada. Tomado de Minambiente.	21
Figura 3-1:	Metodología del proyecto	39
Figura 3-2:	Cartografía y ubicación geográfica - zona de estudio.	40
Figura 3-3:	Ubicación geográfica del lugar del proyecto "Relleno sanitario Los Ángeles". Fuente: Google Earth, 2022.	42
Figura 3-4:	Superficie de la zona de estudio.	43
Figura 3-5:	Curvas de nivel de la zona de estudio.	43
Figura 3-6:	Estaciones hidrológicas y meteorológicas, Fuente: (IDEAM, 2021).	45
Figura 4-1:	Canal trapezoidal. $b= 0.25$ m ; $Y=0.15$ m y $T=0.54$ m. Fuente: Hcanales.	57
Figura 4-2:	Sección del canal de diseño.	58
Figura 4-3:	Isometría del dissipador de energía #1.	59
Figura 4-4:	Sección de canal del dissipador de energía #1.	60
Figura 4-5:	Isometría del dissipador de energía #2.	61
Figura 4-6:	Sección de canal del dissipador de energía #2.	61
Figura 4-7:	Isometría del dissipador de energía #3.	62
Figura 4-8:	Sección de canal del dissipador de energía #3.	63
Figura 4-9:	Isometría del dissipador de energía #4.	64
Figura 4-10:	Sección de canal del dissipador de energía #4.	64

Lista de tablas

Tabla 2-1:	Periodo de retorno recomendados para diseños hidrológicos en diversas obras hidráulicas de control. Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).	23
Tabla 2-2:	Valores de K para la distribución Pearson tipo III (asimetría positiva). Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).	26
Tabla 2-3:	Valores de K para la distribución Pearson tipo III (asimetría negativa). Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).	27
Tabla 2-4:	Valores del coeficiente de escorrentía en zonas rurales. Fuente: (Tutoriales al día - Ingeniería civil., s.f.).....	30
Tabla 2-5:	Clasificación hidrológica de los suelos. Fuente: (Manual de Drenaje para Carreteras, 2009).	33
Tabla 2-6:	Clasificación hidrológica de los suelos. Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).	33
Tabla 2-7:	Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración (mm) para tres niveles de condición de humedad antecedente. Fuente: (Monsalve, 1999).	34
Tabla 2-8:	Número de curva de escorrentía según el uso de la tierra. Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).....	35
Tabla 3-1:	Datos de la estación (Aeropuerto Benito salas) seleccionada para el estudio.	41
Tabla 4-1:	Precipitaciones máximas "Estación Aeropuerto Benito Salas".....	54
Tabla 4-2:	Precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno (Pearson tipo III)...	54
Tabla 4-3:	Precipitaciones para diferentes periodos de retorno (Gumbel).	55
Tabla 4-4:	Resultados de ambos métodos.	56
Tabla 4-5:	Tipo de suelo, coeficiente CN, S y Q.....	57
Tabla 4-6:	Estimación de caudales por el método Racional.....	57
Tabla 4-7:	Datos constructivos del canal.	58
Tabla 4-8:	Capacidad hidráulica.	58
Tabla 4-9:	Datos hidráulicos del dissipador de energía #1.	59
Tabla 4-10:	Datos hidráulicos del dissipador de energía #2.	60
Tabla 4-11:	Datos hidráulicos del dissipador de energía #3.	62
Tabla 4-12:	Datos hidráulicos del dissipador de energía #4.	63

Capítulo 1

1. Introducción

Las obras hidráulicas son de gran importancia para prolongar la estabilidad y vida útil de las construcciones realizadas y los rellenos sanitarios no son la excepción. Este tipo de obras de saneamiento ambiental son constantemente auditadas por las entidades regionales y ambientales en procura de mitigar el impacto ambiental generado; por esta razón es que se debe realizar la clausura sectorizada de las zonas que han alcanzado su capacidad máxima de relleno, y para esto es necesario la construcción de diferentes obras civiles que eviten daños en el relleno sanitario, causados por fenómenos naturales que expongan los residuos depositados y se logre conservar la integridad del medio ambiente.

Las obras hidráulicas permiten controlar daños que se puedan generar por la fuerza del agua, producto de precipitaciones y escorrentías generando fenómenos de erosión en los taludes y arrastre de material y residuos. Para prevenir esto, las entidades encargadas de la supervisión de estos sitios de disposición final recomiendan la construcción de canales, disipadores de energía, instalación de filtros perimetrales y geotextiles que proporcionen un control óptimo respecto a las variaciones climáticas que generan los fenómenos mencionados anteriormente.

Este documento está enfocado en el diseño de las obras hidráulicas complementarias, tales como canales y disipadores de energía; necesarios para realizar las clausuras de los sectores del relleno garantizando su funcionalidad durante el periodo de actividad

1.1 Antecedentes

La disposición final de los residuos sólidos ha sido practicada por varios siglos. Hace 2000 años los griegos enterraban sus residuos sólidos sin compactar. En 1930, en la ciudad de Nueva York y Fresno, California, iniciaron la compactación de los residuos con equipo pesado y cubriéndolos, así el término de “Relleno Sanitario” fue inventado (Apuntes de Ingeniería Civil, 2009).

Un relleno sanitario, es tradicionalmente definido como un método de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo, de tal manera que proteja el ambiente, mediante el extendido de los mismos en capas delgadas, compactándolas al menor volumen posible y cubriéndolas con tierra al término de cada día de trabajo (Apuntes de Ingeniería Civil, 2009).

En Colombia los rellenos sanitarios se convirtieron en una solución para el destino final de residuos sólidos. El primer relleno sanitario en Colombia fue construido en 1945 en el municipio de Girardot, el cual no duro mucho tiempo debido a su mal uso e inexperiencia con el tema; pero con el transcurso del tiempo se han mejorado las técnicas de construcción y mantenimiento de los mismos, haciendo de estos una opción buena y utilizada para mejorar el problema del manejo de los residuos sólidos a largo plazo (Diaz & Vallejo, 2017).

Neiva es un municipio ubicado en el departamento del Huila, sus principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería; los principales cultivos son café, algodón, arroz, fríjol, maíz, sorgo, cacao, caña panelera, plátano, yuca, iraca y tabaco. La ganadería ha alcanzado un desarrollo notable, sobre todo en el ganado vacuno. De las actividades del sector primario el 64,9% corresponde al sector Agrícola, 8,7% al sector pecuario y el 7,2% al sector piscícola. En la actividad minera se destaca la mina de oro, plata, caliza, mármol y cobre (Alcaldía de Neiva, 2019).

El 11% de los establecimientos de la ciudad se dedican al sector industrial. Se destaca la explotación de petróleo y gas natural. La industria fabril está poco desarrollada, no obstante, se han instalado fábricas de productos alimenticios, bebidas, jabones, cigarros y licores (Alcaldía de Neiva, 2019).

La actividad industrial se desarrolla en la agroindustria, en manufacturas de producción artesanal, en la producción de alimentos y bebidas, y en la fabricación de carrocerías y la metalmecánica. El comercio es muy activo, ya que Neiva se ha convertido en el eje de la economía de los departamentos del Huila, Caquetá y Putumayo (Alcaldía de Neiva, 2019); lo cual genera impactos ambientales significativos debido a las altas tasas de contaminación atmosférica y acuática, el manejo deficiente de los desechos sólidos y la gran cantidad de materias primas requeridas; Esto provoca altos niveles de contaminación en este municipio, así como una gran cantidad de residuos. “Los 37 municipios del departamento del Huila, generan a diario un aproximado de 450 toneladas por día, cerca del 1.5% del total nacional” (Huila sin basuras, 2014).

1.2 Justificación

El municipio de Neiva y otros 12 municipios del departamento del Huila: Colombia, Baraya, Villavieja, Aipe, Tello, Santa María, Íquira, Teruel, Rivera, Campoalegre, Algeciras y Hobo, cuentan con el relleno sanitario Los Ángeles, ubicado en la vereda La Jagua, al Nororiente de la zona urbana de la ciudad. En él disponen 320 ton/día, que obedece al 71.4% del total del departamento (Huila sin basuras, 2011). Este relleno cuenta con una vida útil de disposición final de residuos sólidos hasta el año 2036 (CAM, 2017).

Las principales actividades económicas de la región son la agricultura y la ganadería; los principales cultivos son café, algodón, arroz, fríjol, maíz, sorgo, cacao, caña panelera, plátano, yuca, iraca y tabaco, por lo tanto, existe una alta generación de residuos, especialmente de materia orgánica, originando una mayor cantidad de lixiviados (Alcaldía de Neiva, 2019).

Es por ello que una de las normas expedidas por la administración municipal y/o distrital relacionadas con la gestión integral de residuos sólidos es la Licencia ambiental del Relleno Sanitario de los Ángeles, como la nueva forma de cubrimiento de los residuos sólidos, manejo de los lixiviados y la clausura de la antigua celda. Ampliada mediante Resolución N° 156 del 19 de enero de 2017, CAM (Alcaldía de Neiva, Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS Neiva, 2020).

La empresa prestadora del servicio de aseo “Ciudad Limpia del Huila S.A E.S.P”, es la encargada de administrar el relleno sanitario Los Ángeles de la ciudad de Neiva, ubicado en la zona rural del corregimiento de Fortalecillas.

Actualmente, por dictámenes establecidos en la licencia ambiental, es necesario realizar las obras de clausura en cada celda que alcance su capacidad de depósito; en este caso, en el relleno sanitario se encuentra clausurada la celda No. 2 (CAM, Resolución No. 156 19 de enero de 2017, 2017), en donde se están disponiendo los residuos; la piscina de lixiviados funciona sin la construcción de canales perimetrales; además no cuenta con las obras ambientales de protección que buscan garantizar la estabilidad de las obras de infraestructura, evitando que colapsen en épocas de invierno por efecto de la fuerza del agua.

Con el presente, se pretende solucionar esta problemática realizando el estudio hidrológico para determinar el comportamiento del agua por la zona, además de establecer el régimen usual de lluvias máximas y la caracterización del territorio, y con base en esto, proponer las obras hidráulicas correspondientes como canales y disipadores de energía.

1.3 Delimitación

Se presenta un documento donde se muestra la investigación y propuesta del diseño de obras hidráulicas tales como canales y disipadores de energía para el Relleno Sanitario Los Ángeles, ubicado en el municipio de Neiva, en el cual, el principal objetivo del proyecto es el manejo adecuado de las aguas lluvias y lixiviados, así como evitar la pérdida de la capa de cobertura y vertimiento de residuos. Dentro de sus limitaciones, el proyecto será una propuesta y quedará a disposición de la empresa encargada del relleno sanitario Los Ángeles de ejecutarla o modificarla y el diseño trabajará con los datos e información suministrada por el Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), pruebas de laboratorios realizados e información recopilada.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Realizar el diseño de las obras hidráulicas para la recolección de escorrentías para la clausura del sector 2 en el relleno sanitario Los Ángeles del municipio de Neiva.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el análisis hidrológico e hidráulico para la clausura del sector 2 en el relleno sanitario los ángeles del municipio de Neiva.
- Diseñar las correspondientes obras hidráulicas necesarias, para brindar la correcta disposición final de las aguas de origen pluvial y de posibles infiltraciones de líquidos lixiviados, a partir de los estudios hidrológicos.
- Calcular el presupuesto de obra, necesario para la recolección de aguas de escorrentía para la clausura del sector 2 en el relleno sanitario Los Ángeles del municipio de Neiva.

Capítulo 2

2. Marco teórico

2.1 Relleno sanitario

Se trata de una técnica utilizada en el proceso de disposición de residuos sólidos. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, y cubriendo la basura allí depositada con una capa de tierra, con la frecuencia necesaria al fin de cada jornada. Esto se realiza sobre un suelo que se ha impermeabilizado con anterioridad, con el fin de evitar la contaminación del acuífero; ya que el agua que ha entrado en contacto con la basura recoge gran cantidad de las sustancias que originalmente estaban dentro del residuo, quedando de esa manera altamente contaminada. Esta agua se denomina lixiviado, y es uno de los líquidos más contaminados y contaminantes que se conozcan. Una vez compactada la zona se procede a recubrir con capas de suelo. Los rellenos sanitarios tienen ventajas sobre otros métodos de tratamiento de residuos, como la posibilidad de recuperar áreas ambientalmente degradadas por la minería o la explotación de canteras; así como los terrenos considerados improductivos o marginales. A su vez, la inversión de capital es inferior a comparación de otros métodos de tratamiento, genera empleo de mano de obra no calificada y posee flexibilidad en cuanto a su capacidad; pero también, se debe tener en cuenta que los rellenos sanitarios mal ubicados pueden generar contaminación ambiental e impactar a la estética, salud pública y ocupacional (Ulloa, 2006).

2.2 Residuos sólidos

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Decreto 838 de 2005).

En la antigüedad, los primeros pobladores del planeta fueron cazadores-recolectores, aprovechaban todo lo que el entorno les ofrecía, sin que su interacción con la naturaleza fuera relevante para ella. Con el pasar del tiempo los seres humanos dejaron de ser nómadas para asentarse en lugares del planeta que proveían las necesidades básicas, regularmente cerca a lugares donde había agua, así nacieron las civilizaciones que conocemos hoy en día. A partir de la década de los 50 del siglo XX cuando el rápido crecimiento de la población mundial, la emigración a las ciudades y la popularización de los plásticos que la solución de los vertederos dejó de ser suficiente y mucho menos adecuada para los estándares medioambientales que la ciudadanía comenzaba a exigir (Rivas, 2018).

La clasificación de residuos sólidos es variada, ya que esto depende de la terminología que se aplique, además que no solo se generan en las ciudades, sino también en la parte rural o donde el humano tenga una interacción con el medio ambiente. Los criterios más utilizados para hacer la clasificación de los residuos sólidos son: Según la peligrosidad de los residuos, según el origen de los residuos y según su composición (Rivas, 2018).

La situación de disposición final a nivel municipal, se puede establecer que 105 municipios son atendidos por sistemas inadecuados; mientras que, 915 municipios son atendidos por sistemas óptimos. En otras palabras, el 89.7% de los municipios utilizan un sistema de disposición final avalado para su operación por la autoridad ambiental competente y por la normatividad vigente sobre la materia (Rivas, 2018), lo cual se puede observar en la figura 2-1.

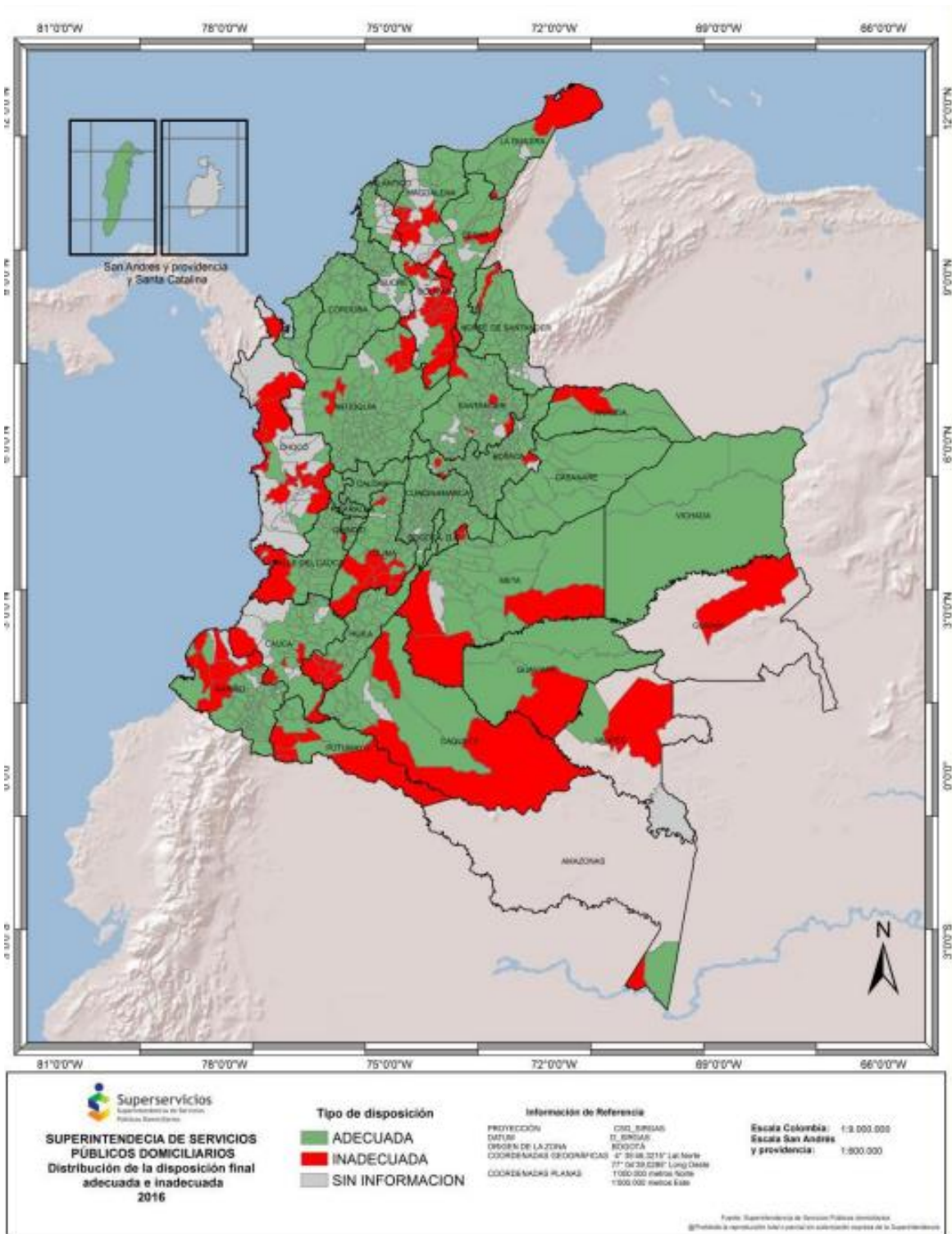


Figura 2-1: Disposición final adecuada e inadecuada. Tomado de Minambiente.

2.3 Criterios de diseño

Los criterios de diseño corresponden a realizar un análisis hidrológico e hidráulico, en el cual, el análisis hidrológico se utiliza para la planificación en el desarrollo de los recursos hídricos, permitiendo identificar las metodologías para la obtención de caudales a partir de información disponible y el análisis hidráulico define las dimensiones para obras que garanticen la conducción de agua de una forma optimizada para la clausura de la celda 2 en el relleno sanitario Los Ángeles de la ciudad de Neiva.

2.3.1 Análisis hidrológico

El análisis hidrológico tiene en cuenta las limitaciones y condiciones de desarrollo de las metodologías utilizadas. Este aspecto es de gran importancia, ya que, es común utilizar fórmulas desarrolladas en otros países con condiciones topográficas e hidrológicas diferentes al nuestro; sin embargo, estas son herramientas fácilmente disponibles ya que no hay instrumentación adecuada para obtener datos confiables sobre la relación entre la precipitación y la escorrentía.

El estudio hidrológico contempló, curvas Intensidad Duración Frecuencia - IDF de la lluvia por las metodologías de distribución de Pearson tipo III y distribución de Gumbel, coeficientes de escorrentía, número curva - NC y cálculo del caudal máximo a partir del método racional.

2.3.1.1 Periodo de Retorno

Corresponde al lapso que en promedio se cree que un evento será igualado o excedido. En ingeniería hidráulica, es el tiempo medio entre dos avenidas con caudales iguales o superiores a uno determinado. Se debe tomar en cuenta al momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas, ya que permite establecer el valor mínimo de un determinado parámetro, ya sea precipitación de la lluvia, altura de la ola, velocidad del viento, intensidad de un sismo, etc. A su vez, ayuda a evitar sobredimensionamiento (Gutierrez, 2019).

Tabla 2-1: Periodo de retorno recomendados para diseños hidrológicos en diversas obras hidráulicas de control. Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).

Descripción de la obra o estructura:	Tr en años	Creciente Máxima Probable
Alcantarillas en carreteras y drenaje de aeropuertos de		
tráfico bajo	5 a 10	—
tráfico intermedio	10 a 25	—
tráfico alto	50 a 100	—
Puentes en carreteras de		
sistemas secundarios	10 a 50	—
sistemas primarios	50 a 100	—
Drenaje en granjas o agrícola		
alcantarillas y zanjas	5 a 50	—
Drenaje urbano		
alcantarillado en ciudades pequeñas	2 a 25	—
alcantarillado en ciudades grandes	25 a 50	—
Diques de protección		
áreas forestales y planicies de inundación	≤ 10	—
granjas	2 a 50	—
zonas agrícola-industrial	50	—
grandes plantas industriales y redes de transporte importantes	100	—
ciudades	50 a 200	—
Presas cuya falla no causa pérdidas de vidas humanas (peligro bajo)		
presa pequeñas	50 a 100	—
presas intermedias	> 100	—
presas grandes	—	50 a 100%
Presas cuya falla puede causar pérdidas de vidas humanas (peligro significativo)		
presa pequeñas	> 100	50%
presas intermedias	—	50 a 100%
presas grandes	—	100%
Presas cuya falla causará considerable pérdidas de vidas humanas (peligro alto)		
presa pequeñas	—	50 a 100%
presas intermedias	—	100%
presas grandes	—	100%

2.3.1.2 Curvas intensidad - Duración - Frecuencia

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, son para predecir posibles crecientes, donde, se analizan y aplican métodos hidrológicos que transforman lluvias de diseño en las predicciones buscadas, teniendo en cuenta las condiciones físicas actuales o futuras de las áreas o cuencas objeto de estudio. Estas representan las características relevantes de las tormentas que ocurren en la zona.

Para estimar lluvias de diseño, se generaron modelos matemáticos IDF determinando la intensidad de lluvias extremas para varios rangos de duración, la información se tomó de una estación pluviográfica, ya que esta cuenta con los datos de precipitación máxima anual en 24 horas. Para realizar un análisis estadístico e incluir técnicas de ajuste de gráficos logarítmicos desarrollaron una correlación entre las precipitaciones de corta duración y los valores de precipitación diaria.

Frecuentemente, para obtener estos modelos, se comprueba la homogeneidad, la no estacionariedad de los registros de precipitación correspondientes a diferentes periodos e intervalos de tiempo, se determinan y comparan las curvas IDF utilizando distribuciones de probabilidad y análisis de eventos extremos. Los modelos IDF se aplican para: identificar las zonas más propensas a inundaciones según períodos de retorno de lluvias extremas, sintetizando los períodos críticos; diseñar la infraestructura necesaria en los sistemas de drenaje y protección contra crecientes, analizar los efectos del cambio climático en el comportamiento futuro de las precipitaciones, solucionar algunos problemas de ingeniería hidráulica, relacionando los períodos de retorno de una tormenta, con la magnitud de las precipitaciones y la distribución tanto espacial como temporal de las mismas (Zagalo , Sepúlveda, Patarroyo, & Luis, 2020).

Para este proyecto se tuvo en cuenta el Diagrama de distribución Pearson Tipo III y el diagrama de probabilidad de Gumbel.

- **Diagrama de distribución Pearson tipo III**

Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecientes máximos anuales, caudales mínimos, volúmenes de flujos anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración (Villa, 2014). Para hallar la precipitación de diseño se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Precipitación promedio (X_m)

$$X_m = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Donde:

n = Numero de datos

i = Contador

X_i = valor de la precipitación por año

- Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

- coeficiente de asimetría

$$C_s = \frac{n(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3)}{(n - 1)(n - 2)S^3} \quad (3)$$

Donde:

n: Numero de datos

S: Desviación estándar

X_i : Valor de la precipitación por año

\bar{X} : Precipitación promedio.

- factor de frecuencia (K).

El factor de frecuencia (K) se obtiene de la tabla 2-2 y tabla 2-3, interpretando el valor del coeficiente de asimetría (C_s) con el valor del tiempo de retorno (TR).

Tabla 2-2: Valores de K para la distribución Pearson tipo III (asimetría positiva). Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).

Coeficiente de asimetría (Cs)	Periodo de retorno en años (TR)						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.05
3	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97
2.9	-0.39	0.44	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.3618	0.518	1.25	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.23	2.942	3.656	4.372
2	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.31	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.66	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99
1.5	-0.24	0.69	1.333	2.146	2.743	3.33	3.91
1.4	0.0255	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.21	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.18	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.41
0.8	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4	2.67
0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

Tabla 2-3: Valores de K para la distribución Pearson tipo III (asimetría negativa). Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).

Coeficiente de asimetría (Cs)	Periodo de retorno en años (TR)						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.05
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667

- Precipitación de diseño (P).

$$P = Xm + (S) * (K) \tag{4}$$

Donde:

X_m : Precipitación promedio

S: Desviación estándar

K: Factor de frecuencia.

▪ Diagrama de Gumbel

En teoría de probabilidad y estadística la distribución de Gumbel (llamada así en honor de Emil Julius Gumbel, 1891-1966) es utilizada para modelar la distribución del máximo (o el mínimo), por lo que se usa para calcular valores extremos. Por ejemplo, sería muy útil para representar la distribución del máximo nivel de un río a partir de los datos de niveles máximos durante 10 años. Es por esto que resulta muy útil para predecir terremotos, inundaciones o cualquier otro desastre natural que pueda ocurrir (Distribución de Gumbel, 2021).

La aplicabilidad potencial de la distribución de Gumbel para representar los máximos se debe a la teoría de valores extremos que indica que es probable que sea útil si la muestra de datos tiene una distribución normal o exponencial (Distribución de Gumbel, 2021).

La teoría de valores extremos o análisis de valores extremos (AVE) es una rama de la estadística que trata de las desviaciones respecto a al valor esperado de una distribución de probabilidad (Teoría de valores extremos, 2021).

El objetivo del análisis de valores extremos, es evaluar, dada una muestra de una variable aleatoria, la probabilidad de eventos o valores más extremos que los observados previamente. Por esa razón el análisis de valor extremo se usa ampliamente en muchas disciplinas, como la ingeniería estructural, el análisis del riesgo financiero, las ciencias geológicas, la ingeniería sísmica e hidrológica o la predicción del tráfico. Así por ejemplo el AVE se ha usado en hidrología para estimar la probabilidad de una riada o inundación inusual, que en inglés se denomina 100-year flood ("inundación del siglo" así llamada por considerarse de una probabilidad de ocurrencia de un 1% anual). Análogamente, en el diseño de rompeolas un ingeniero de costas debería estimar el oleaje máximo en un período

de unos 50 años, para dimensionar adecuadamente la infraestructura (Teoría de valores extremos, 2021).

Para hallar la precipitación de diseño se plantean los siguientes cálculos:

- Se calcula la desviación estándar (S) de la siguiente manera:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^2}{n - 1}} \quad (5)$$

Donde

X_i = valor de la precipitación por año

X_m = precipitación promedio

n = número de datos

para así tener el valor de S y con esto poder despejar β de la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\beta\pi}{\sqrt{6}} \quad (6)$$

Quedando la siguiente ecuación:

$$\beta = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \quad (7)$$

- La precipitación promedio es igual a:

$$\bar{X} = \mu + \gamma\beta \quad (8)$$

Donde:

\bar{X} = precipitación promedio

γ = constante de Euler-Mascheroni $\approx 0.5772156649015328606$

Y despejando μ de la ecuación se obtiene la siguiente ecuación:

$$\mu = \bar{X} - 0.5772156649015328606 * \beta \quad (9)$$

- Para finalmente dar con la ecuación de la mediana que es igual

$$m = \mu + \beta \left(-\ln \left(\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right) \right) \quad (10)$$

Donde:

TR = Periodo de retorno en años

2.3.1.3 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total. El proceso de escorrentía es complejo, ya que, no es un factor constante, pues varía de acuerdo a la magnitud de la lluvia, cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelo, permeabilidad, por lo que su determinación es aproximada. En la tabla 2-4, se encuentra los valores de los coeficientes de escorrentía, de acuerdo con lo mencionado anteriormente.

Tabla 2-4: Valores del coeficiente de escorrentía en zonas rurales. Fuente: (Tutoriales al día - Ingeniería civil., s.f.).

Coeficiente de escorrentía (zonas rurales)						
Cobertura vegetal	Permeabilidad del suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
cultivos	impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0,20
Pastos, vegetación ligera	impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque Vegetación densa	impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Nota: Para zonas que se espera puedan ser quemadas, deben aumentarse los valores así: Cultivos: multiplicar por 1.10, Otros, (excepto Sin vegetación): multiplicar por 1.30.

2.3.1.4 Curva Número (CN)

El método del número de curva (Ven Te, 1984) fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE.UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS) para calcular la precipitación efectiva como una función de la lluvia acumulada, la cobertura del suelo, el uso del suelo y las condiciones de humedad.

La metodología del número de la curva (CN), es la más empleada para transformar la precipitación total en precipitación efectiva, surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo en varios estados y para distintas condiciones de humedad antecedente. La representación gráfica de la profundidad de precipitación (P) y la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa (Pe), permitió obtener una familia de curvas que fueron estandarizadas a partir de un número adimensional de curva CN, que varía de 1 a 100, según sea el grado del escurrimiento directo. Así un número de la curva $CN = 100$, indica que toda la lluvia escurre y un $CN = 1$, indica que toda la lluvia se infiltra (Lavao, 2015).

Uno de los métodos más utilizados para el cálculo de la precipitación efectiva es el propuesto por el Soil Conservation Service – SCS; para el método del número de curva, la altura de precipitación efectiva o escorrentía directa (Pe) es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación (P); de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca (Fa) es menor o igual a alguna retención potencial máxima S. algunas variables para la determinación del Número de Curva es:

- La precipitación, representada en este caso por la precipitación para un período de tiempo previamente seleccionado.
- El complejo de suelo - hidrológico que considera la interrelación suelo - cobertura vegetal.
- La condición de humedad antecedente; de acuerdo con estas variables se fija un número de curva (CN) que representa tal interrelación (Lavao, 2015).

Según este procedimiento, la escorrentía directa (Q) o precipitación efectiva, se expresa mediante la ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (11)$$

Donde:

Q: Es la escorrentía directa o precipitación efectiva, en pulgadas.

P: Es la precipitación considerada, en pulgadas.

S: Es la diferencia potencial máxima entre P y Q a la hora que se inicia la tormenta y representa proporcionalmente la pérdida de escorrentía por infiltración, intercepción y almacenamiento superficial.

Los estudios empíricos realizados por el SCS, permitieron relacionar la máxima infiltración potencial con un parámetro de referencia (Ecuación 12), denominado número de curva, NC, cuyos valores están tabulados entre 0 y 100 (Lavao, 2015).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (12)$$

Donde:

CN: Numero de curva

Los parámetros del modelo que intervienen en el cálculo del número de curva son las siguientes: tipo de suelo hidrológico (tipo de suelo, grupo del suelo y cobertura del suelo), condición de humedad antecedente y la precipitación.

Para la determinación del tipo de suelo hidrológico, se establece en términos de dos variables principales:

- El tipo de suelo mediante el cual se fijan las condiciones de infiltración subsuperficial incidente en la escorrentía superficial en forma directa y por tanto la condición hidrológica del suelo se ajusta a los conceptos de tipo agrológico.
- La cobertura vegetal, según la cual las plantas también ejercen una fuerte influencia en la escorrentía directa no solamente en su interpretación hipotética de un coeficiente de escorrentía sino también en la capacidad de planta para absorber agua en los periodos húmedos. Esta interacción permite determinar en forma

empírica una primera aproximación al valor del CN para las condiciones hidrológicas promedio a nivel local (Lavao, 2015).

En la tabla 2-5 y tabla 2-6 se observan los diferentes grupos en los que se clasificaron los suelos en el modelo SCS.

Tabla 2-5: Clasificación hidrológica de los suelos. Fuente: (Manual de Drenaje para Carreteras, 2009).

Grupo	Descripción
A	(Bajo potencial de escorrentía). Suelos que tienen alta tasa de infiltración incluso cuando estén muy húmedos. Consisten en arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	(Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas.
C	(Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o álcalis o suelos con niveles freáticos moderados. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados, con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100 cm).
D	(Alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o álcalis y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta.

Tabla 2-6: Clasificación hidrológica de los suelos. Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).

Grupo	Descripción
A	Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento y limos agregados.
B	Suelos poco profundos depositados por el viento y marga arenosa.
C	Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
D	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Otro factor importante para tener en cuenta en el cálculo de curvas son las condiciones antecedentes de humedad (tabla 2-7), las cuales se agrupan en tres condiciones básicas:

- Condición I: Suelo seco; No aplicable a crecida de proyecto; Caudales chicos. Los suelos en la cuenca están secos, pero no hasta el punto de marchitamiento, cuando se aran o se cultivan bien. Esta condición no se considera aplicable al cálculo para determinar la avenida de proyecto porque resulta caudales chicos.
- Condición II: Suelo medio; Asociado a crecidas anuales o promedios. Los suelos en la cuenca, se encuentran en estado de humedad normal.
- Condición III: Suelo húmedo; Crecidas máximas; Caudales grandes. Los suelos en la cuenca se encuentran en estado muy húmedo, esto se presenta cuando ha llovido mucho o poco y han ocurrido bajas temperaturas durante los cinco días anteriores a la tormenta, y el suelo está casi saturado. Los números de curva han sido tabulados por el Servicio de Conservación de Suelos en base al tipo y uso de suelo (Lavao, 2015).

Tabla 2-7: Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración (mm) para tres niveles de condición de humedad antecedente. Fuente: (Monsalve, 1999).

Condiciones de humedad antecedente (AMC)	Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración (mm)
I	Menor que 36
II	36 - 53
III	Mayor que 53

Las ecuaciones 13 y 14 permiten realizar las respectivas transformaciones para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), donde CN(I) hace referencia a la condición antecedente seca y CN(III) a la condición antecedente húmeda.

$$CN(I) = \frac{4.2 CN(II)}{10 - 0.058 CN(II)} \quad (13)$$

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0.13 CN(II)} \quad (14)$$

Finalmente, la tabla 2-8 muestra los valores de número adimensional de curva para condición antecedente de humedad II (CN(II)) para diferentes tipos de uso de la tierra (Aguilar Gómez & Páez Rivera, 2015).

Tabla 2-8: Número de curva de escorrentía según el uso de la tierra. Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1988).

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada ¹	Sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	Con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones optimas	39	61	74	80
Vegas de ríos	condiciones optimas	30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
	Cubierta buena ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	óptimas Condiciones: cubierta de pasto en el 75% o mas	39	61	74	80
	condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial ³	Tamaño promedio del lote: 1/8 acre o menos, Porcentaje promedio impermeable ⁴ : 65	77	85	90	92
	Tamaño promedio del lote: 1/4 acre, Porcentaje promedio impermeable ⁴ : 38	61	75	83	87
	Tamaño promedio del lote: 1/3 acre, Porcentaje promedio impermeable ⁴ : 30	57	72	81	86
	Tamaño promedio del lote: 1/2 acre, Porcentaje promedio impermeable ⁴ : 25	54	70	80	85
	Tamaño promedio del lote: 1 acre, Porcentaje promedio impermeable ⁴ : 20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

1. Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9

2. Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

3. Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

4. Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

5. En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

2.3.1.5 Caudal máximo

- **Fórmula Racional:** Esta metodología se usa ampliamente en nuestro medio debido a su aparente simplicidad, aunque se limita a áreas pequeñas y proyectos de drenaje. Consiste en que la determinación del caudal es el producto de la intensidad de lluvia, el coeficiente de escorrentía y el área de una zona (Grupo de trabajo Recursos Hídricos, 2015).

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} \quad (15)$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad máxima de precipitación (mm/hora)

A : Área de la zona (Km²)

2.3.2 Análisis hidráulico

En este ámbito, el protagonista es el agua y a su manejo, fundamentalmente persiguiendo dos objetivos primordiales: su aprovechamiento y la defensa ante sus excesos. Una de las medidas más efectivas para cubrir los periodos de escasez y para controlar los excesos hidrológicos es la construcción de infraestructuras hidráulicas de almacenamiento, regulación y laminación de caudales o, lo que es lo mismo, presas y embalses. Estas obras, cuando están bien planificadas y gestionadas, resultan esenciales para garantizar el bienestar social y ambiental (Suárez, 2020).

2.3.2.1 Obras hidráulicas

El agua, como recurso esencial, ha sido y es un bien preciado, y su disponibilidad y aprovechamiento ha sido, y es, una de las labores primordiales a las que se han abocado las civilizaciones y sociedades a lo largo de la historia. Esta necesidad vital ha motivado que a lo largo de los siglos, el hombre haya ido aprendiendo a gestionar el recurso, ingeniando técnicas constructivas capaces de garantizar su disponibilidad, solventando

con éxito la temporalidad cíclica con la cual este elemento se presenta en la naturaleza y permitiendo su mejor aprovechamiento hasta alcanzar los actuales niveles de desarrollo, progreso y bienestar (Suárez, 2020). Las obras o infraestructuras hidráulicas son construidas con el objeto de captar, aprovechar, desalar, almacenar, regular, conducir, controlar y aprovechar el recurso hídrico y para esto se debe tener en cuenta los parámetros y criterios de orden hidrológico e hidráulico.

2.3.2.2 Pendiente

Se puede definir como la inclinación o desnivel de un terreno, ya que es la medida horizontalmente perpendicular al flujo. la pendiente es directamente proporcional a la velocidad, es por esto que las pendientes altas son semejantes a deterioros estructurales por desgaste, aunque esto también depende del material con el que esté construida la estructura, debido a que cada material tiene diferente velocidad admisible.

2.3.2.3 Determinación del tipo de flujo

Para determinar el tipo de flujo, es por medio del número de Froude, el cual se define como la relación de las fuerzas de inercia entre las de gravedad que actúan en un fluido o dicho de otra forma, es el cociente entre la velocidad media y la celeridad relativa de la onda dinámica. “ Sí $\mathbf{Fr} = 1$, indica que las fuerzas viscosas que actúan en un fluido son iguales a las fuerzas de gravedad y el flujo se denomina crítico; Sí $\mathbf{Fr} < 1$ nos indica que las fuerzas viscosas son menores que las gravitacionales y se denomina flujo subcrítico; esto ocurre cuando las velocidades son pequeñas; Sí $\mathbf{F} > 1$ nos indica que las fuerzas viscosas son mayores que las gravitacionales y se denomina flujo supercrítico; esto ocurre cuando las velocidades son grandes” (Jimenez, 2015).

$$F_R = \frac{v}{\sqrt{gD_H}} \quad (16)$$

Donde, F_R es el número de Froude; V es la velocidad media del flujo; g es la gravedad y D_H es el diámetro hidráulico.

2.3.2.4 Verificación de la capacidad hidráulica, velocidad y caudal de diseño

Para realizar la respectiva verificación de la capacidad hidráulica, se debe calcular y conocer la velocidad admisible (velocidad del agua en las tuberías cuando trabajan llenas) y además de ello, las relaciones hidráulicas y las condiciones geométricas de la estructura a realizar, también es necesario calcular el caudal de diseño y velocidad de diseño, en donde, se debe garantizar que las condiciones de diseño sean menores a las admisibles. Para esto, se emplea la fórmula de Manning:

$$Caudal\ admisible = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A}{n} \quad (17)$$

Donde, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, R es el radio hidráulico (m), S es la pendiente de la línea de energía (m/m), A es el área de la sección hidráulica (m²).

Caudal de diseño = Metodo racional

$$Velocidad\ admisible = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (18)$$

$$Velocidad\ diseño = \frac{Caudal\ de\ diseño}{Área\ hidráulica} \quad (19)$$

Donde;

V: velocidad admisible (m/s)

n: coeficiente de rugosidad

R: Radio hidráulico (m)

S: pendiente hidráulica del conducto, expresada en forma decimal

A: Área de la sección hidráulica (m²)

Capítulo 3

3. Metodología

El proyecto se desarrolló mediante una serie de procesos consecutivos, como se muestra en la figura 3-1, los cuales permitieron el diseño de las obras hidráulicas según las condiciones hidrológicas e hidráulicas de la zona en estudio.



Figura 3-1: Metodología del proyecto

3.1 Determinación de los datos

Las obras hidráulicas son estructuras construidas para captar, explotar, desalinizar, almacenar, regular, empujar, controlar y utilizar los recursos hídricos. Durante la construcción, es necesario tener en cuenta parámetros y criterios hidrológicos e hidráulicos.

3.1.1 Cartografía básica

La cartografía representa áreas del terreno que muestran elementos básicos como son curvas de nivel, aguas, red hídrica, y algunos elementos artificiales, humanos o culturales, como son las redes de transporte y los centros poblados, entre otros. La cartografía básica está orientada a la representación general de los elementos geográficos existentes en su ámbito, sin dar mayor intensidad a un fenómeno u otro (IGAC, Grupo IDE, & GIG, s.f.).

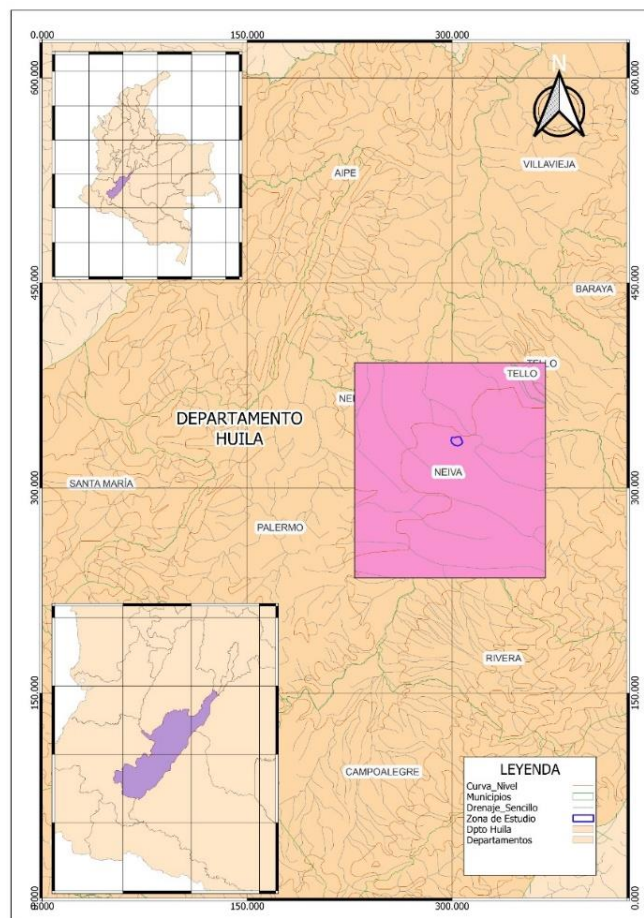


Figura 3-2: Cartografía y ubicación geográfica - zona de estudio.

Para este proyecto se tomó como base la cartográfica básica y la planimetría del departamento del Huila, esta información se obtiene de la base de datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Además, el archivo se obtuvo con extensión SHP, el cual es procesado con la implementación del software ArcGIS, en donde se ingresó la respectiva cartografía. Cabe resaltar que el sistema de coordenadas que se manejó en el proyecto fue el Magna Colombia Bogotá (figura 3-2).

3.1.2 Información hidrométrica

Para la obtención de información climatológica e hidrometeorológica de la zona de estudio (Celda #2 del relleno sanitario Los Ángeles clausurada), se realizó una búsqueda de las estaciones más cercanas al lugar del proyecto, esto se hizo por medio la página del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), con el fin de tener toda la información para realizar el diseño hidrológico. Para el sector se tiene una base de información Sinóptica Secundaria (SS), con un registro de 28 años. La tabla 3-1 muestra las características de la estación seleccionada para el estudio hidrológico.

Tabla 3-1: Datos de la estación (Aeropuerto Benito Salas) seleccionada para el estudio.

Código	21115020
Nombre de la estación	Aeropuerto Benito Salas
Categoría	Sinóptica Secundaria
Tecnología	Convencional
Estado	Activa
Fecha de instalación	15 de Enero de 1930
Altitud	439
Latitud	2.94875
Longitud	-75.2930556
Departamento	Huila
Municipio	Neiva
Fuente	IDEAM

3.2 Caracterización de la zona de estudio

Consiste en un tipo de estudio de índole esencialmente descriptiva, la cual puede recurrir a la consecución de datos cuantitativos y cualitativos con el objeto de aproximarse al

conocimiento y comprensión de las estructuras, características, dinámicas, acontecimientos y experiencias asociadas a un objeto de interés. En este caso, debido a que se desea realizar el diseño hidráulico de las obras necesarias para la clausura de la celda N° 2 del relleno sanitario Los Ángeles de la ciudad de Neiva, se requiere de información concreta en cuanto a topografía, hidrología, meteorología y estudios ambientales, a su vez, se obtuvo información en cuanto a ensayos de permeabilidad en campo y caracterización de suelos.

3.2.1 Ubicación

El relleno sanitario se encuentra ubicado en la vereda de Fortalecillas en el centro poblado, en el de predio llamado “Los Ángeles” de la empresa de servicios públicos de Neiva al nororiente de la ciudad, cuanta con una extensión de 156 Has. Para acceder al sitio se debe transitar sobre la vía que conduce del municipio de Neiva a Tello, sobre el km 1.4, se debe tomar el desvío que conduce a la vereda la jagua por una carretera en afirmado aproximadamente 3km hasta llegar al relleno sanitario, el cual se encuentra al borde de la vía.

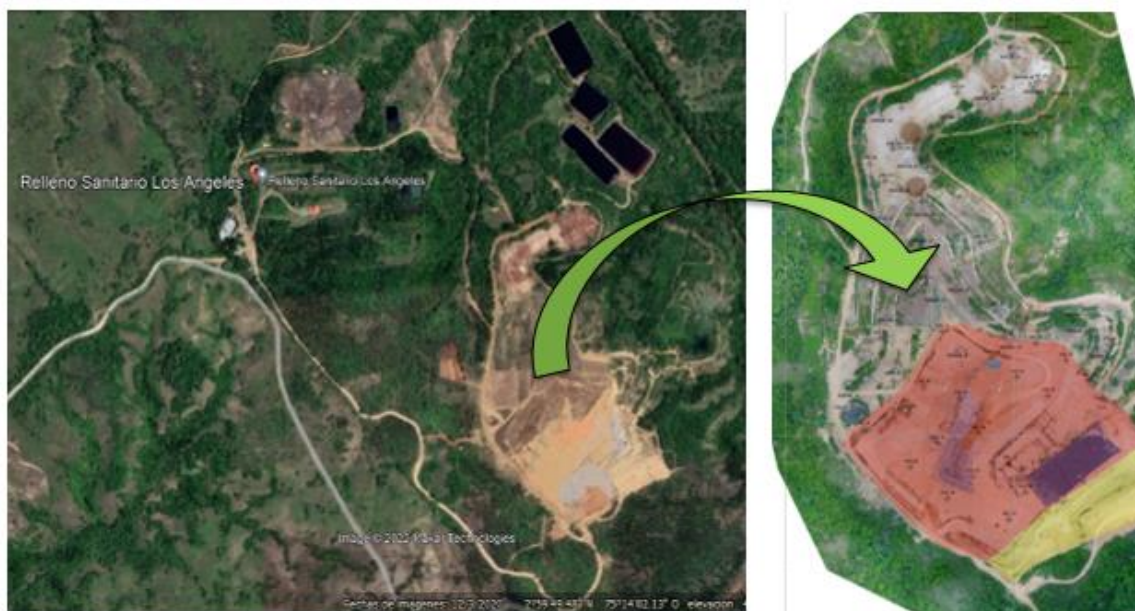


Figura 3-3: Ubicación geográfica del lugar del proyecto "Relleno sanitario Los Ángeles".
Fuente: Google Earth, 2022.

3.2.2 Topografía

La topografía del área de estudio se caracteriza por ser plana y ondulada, presenta poca vegetación, debido a que está recién clausurada la zona de estudio, lo anterior se observa mediante imágenes satelitales (figura 3-4 y figura 3-5), con el uso de los programas Global Mapper y Google Earth.

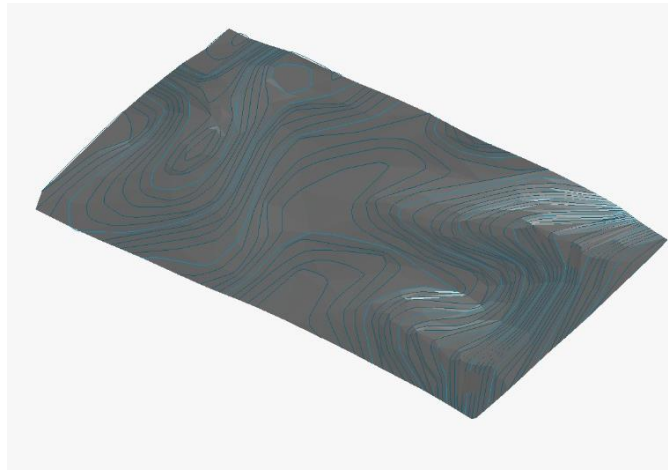


Figura 3-4: Superficie de la zona de estudio.

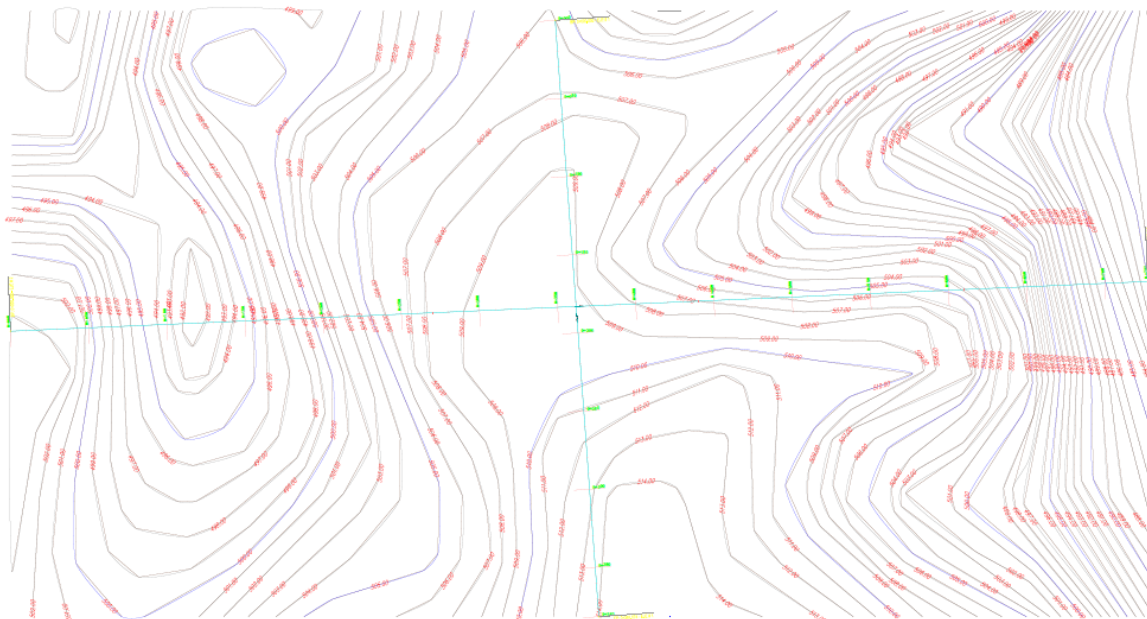


Figura 3-5: Curvas de nivel de la zona de estudio.

3.2.3 Área

La celda #2 cuenta con un área aproximada de 14 has, las cuales están divididas por secciones para realizar el diseño de las obras hidráulicas (canales y disipadores de energía).

3.2.4 Tipo de suelo

De acuerdo a un estudio realizado para ensayos de permeabilidad y caracterización del suelo, llevado a cabo en los meses de julio, agosto y septiembre del año 2021 (Construcsuelos Suministros LTDA, 2021), se logró identificar las características del suelo para la celda #2 del relleno sanitario Los Ángeles.

3.2.5 Prueba de campo de densidades por el método del cono

Es un método utilizado que sirve para determinar la compactación del suelo. El ensayo del cono de arena es importante de realizar, porque si el suelo no tiene la densidad adecuada, podría aumentar la tasa de asentamiento después de construida la «infraestructura o la estructura», comprometiendo el soporte estructural y en el peor de los casos, poniendo en riesgo la vida de las personas, siendo una de sus principales ventajas el que no tome mucho tiempo en realizar (Ingegeek, 2021). Esta prueba se realizó en el relleno sanitario Los Ángeles de la ciudad de Neiva, en la capa de cobertura cierre de celda de contingencia el día 16 de agosto del año 2021 bajo la normativa INV E-161-13.

La caracterización en general consiste en un tipo de estudio de índole esencialmente descriptiva, la cual puede recurrir a la consecución de datos cuantitativos y cualitativos con el objeto de aproximarse al conocimiento y comprensión de las estructuras, características, dinámicas, acontecimientos y experiencias asociadas a un objeto de interés.

3.3 Análisis hidrológico

En este ítem se establecerá la estimación de los caudales de crecientes para el dimensionamiento de las estructuras.

3.3.1 Precipitaciones máximas anuales

Para realizar el análisis hidrológico de la zona en estudio, se tiene en cuenta los datos de las precipitaciones de la estación del “Aeropuerto Benito Salas”, ya que, es la estación más cercana al lugar en donde se realiza el proyecto y es la que actualmente se encuentra en estado activo. Mediante la página web del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se obtiene las precipitaciones diarias (mm/día) de un periodo de 28 años, desde enero de 1994 hasta diciembre de 2021.

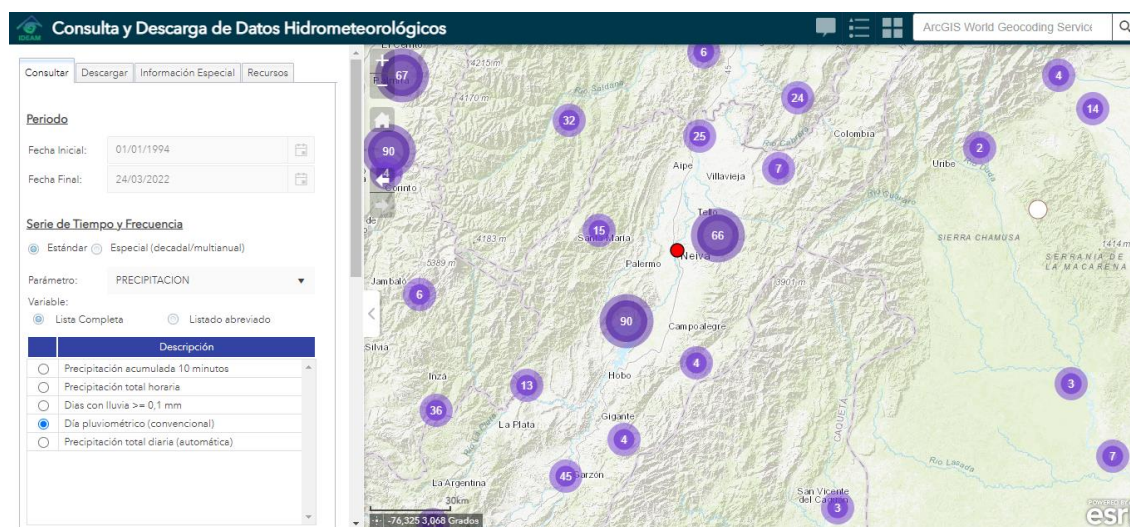


Figura 3-6: Estaciones hidrológicas y meteorológicas, Fuente: (IDEAM, 2021).

Para los cálculos correspondientes se tiene en cuenta las precipitaciones máximas de cada año, es por esto que se realiza un análisis de los datos extraídos del IDEAM, en el cual, se escoge la precipitación máxima registrada según el año analizado, esto con el fin de conocer la precipitación máxima presentada en el año evaluado, el periodo de tiempo evaluado fue desde el año 1994 hasta el 2021. Después se procede a determinar la curva Intensidad – Duración – Frecuencia; para esto se utiliza los métodos Diagrama de distribución Pearson tipo III y diagrama de Gumbel, obteniendo así, la ecuación de Intensidad de lluvia.

3.3.2 Periodo de retorno

Para este proyecto se adoptaron los periodos de retorno recomendados para diseños hidrológicos en diversas obras hidráulicas de control según Ven Te Chow, como está relacionado en la tabla 2-1.

3.3.3 Cálculo de curva IDF

En este proyecto se desarrollaron curvas intensidad – duración - frecuencia por los métodos de diagrama de distribución Pearson tipo III Y diagrama de Gumbel.

Para el desarrollo y simulación del primer modelo, se realizó lo siguiente:

1. Se recolecto y analizo por medio el Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la información de las precipitaciones diarias, medidas por el pluviómetro y registradas en la estación ubicada en el Aeropuerto Benito Salas, para calcular los valores máximos anuales de precipitación de cada año en el período de estudio, 1994- 2021.
2. Luego se calcularon los parámetros requeridos como: la precipitación promedio (X_m), la desviación estándar (S), el coeficiente de asimetría (C_s) y el factor de frecuencia (K); todo esto con el fin de obtener la precipitación de diseño para diferente periodo de retorno.

Para el diseño, desarrollo y simulación del segundo modelo, se realizó lo siguiente:

1. Se recolecto y analizo por medio el Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la información de las precipitaciones diarias, medidas por el pluviómetro y registradas en la estación ubicada en el Aeropuerto Benito Salas, para calcular los valores máximos anuales de precipitación de cada año en el período de estudio, 1994- 2021.
2. Se calculó la precipitación máxima (mm/día), con un periodo de retorno y se aplicó un factor de corrección para una mayor seguridad en los resultados.
3. Se calculó las precipitaciones diarias máximas probables para diferentes periodos de retorno, con la función de distribución de probabilidad adoptada; en donde se estableció las precipitaciones máximas para tiempos de duración de lluvia de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas, como un porcentaje de la precipitación máxima probable para 24 horas, para cada periodo de retorno.
4. Se calculó en minutos los tiempos de duración de lluvia de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas, respectivamente y así se obtuvieron los parámetros de la ecuación de intensidad en función de la duración y tiempo de retorno aplicando regresión potencial.

5. Se representó y se analizó las curvas IDF para diferentes períodos de retorno, obtenida al simular el modelo matemático.
6. Se obtuvo un resumen de aplicación de regresión potencial para los diferentes periodos de retorno.
7. Con lo realizado anteriormente se obtuvo la ecuación de intensidad y así poder representar la curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), obtenida al simular el modelo matemático.

La mejor correlación obtenida fue en la que se obtuvo la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en la estación estudiada y es la que se propone para los estudios, ya que es la más crítica.

3.3.4 Curva número (CN)

Para la asignación del coeficiente CN de la zona de estudio, se determinó la clasificación hidrológica de los suelos, el grupo de suelo y el tipo de cobertura (tabla 2-5 y 2-6), teniendo en cuenta la clasificación de la condición antecedente previamente obtenida, se transformaron los valores de CN de las ecuaciones 13 y 14, quedando con el valor más crítico, para luego sustituir dicho valor en la ecuación 12 y así obtener la diferencia potencial del suelo, para posteriormente emplear la ecuación 11, en donde se reemplazó el valor de la diferencia potencial del suelo y el valor de la precipitación considerada.

3.3.5 Caudal máximo

El Caudal de diseño es el que determina las dimensiones y características principales de un canal. El cálculo del caudal máximo de creciente, involucra una serie de variables morfométricas de la cuenca hidrográfica sobre la cual se va a trabajar, además de la intensidad de la lluvia de diseño (dato aportado por la curva I.D.F. de la zona), así como el tipo de cobertura vegetal presente en la misma, dato que influirá en el cálculo del factor de escorrentía del suelo (Gálvez & Pimiento, 2015).

Para determinar el caudal máximo se utilizó el método racional mencionado en el capítulo 2.

3.4 Análisis hidráulico

En este ítem se establecerá la estimación del caudal máximo para el dimensionamiento de las estructuras.

3.4.1 Método para el cálculo del caudal

Se implementó el método Racional, para conocer con mayor precisión el caudal que recaería sobre el canal; este método tiene variables como el coeficiente de escorrentía, la intensidad máxima de precipitación y el área de la zona.

3.4.2 Diseño de obras hidráulicas

En este ítem se establecerá brevemente el procedimiento que se realizará para el diseño hidráulico de las obras hidráulicas tales como canales y disipadores de energía.

3.4.2.1 Canales

Para el diseño de los canales se utilizó el software de Hcanales, el cual permite determinar con facilidad las condiciones y características hidráulicas y se verificó la información por medio del caudal y la velocidad admisibles mediante la ecuación de Manning, descrito en el punto 2.6.2.4 del presente informe.

3.4.2.2 Disipadores de energía

Son estructuras hidráulicas diseñadas para transportar un caudal de una cota superior a una inferior manteniendo la velocidad (energía cinética) dentro de los límites admisibles, con el fin de evitar la ocurrencia de procesos erosivos tanto en la caída como en el cauce receptor y la posible falla de la estructura misma. Por lo general estas estructuras se deben utilizar en los descoles de las alcantarillas o en cualquier otro sitio donde la evacuación de aguas pueda producir socavación debido a la alta velocidad del agua (Pulecio, 2015).

Para el diseño hidráulico de estas obras se tiene en cuenta los siguientes criterios: la altura entre escalones debe ser limitada (teniendo en cuenta la acción dinámica y avance del

chorro), la longitud de cada escalón debe permitir la formación del resalto hidráulico y en cada escalón se debe producir el ahogamiento del resalto hidráulico.

Se debe seguir una secuencia para obtener el diseño hidráulico.

- Conocer la velocidad de llegada del flujo de agua a la estructura, V_o .
- Determinar la energía específica en la entrada de la estructura, H_o .

$$H_o = h + \frac{V_o^2}{2g} \quad (20)$$

h = profundidad del agua en ese sitio (m)

$$\frac{V_o^2}{2g} = \text{Termino de energia crítica}$$

- Caudal unitario, q

$$q = \frac{Qd}{b} \left(\frac{m^3}{s-m} \right) \quad (21)$$

Qd = caudal de diseño de la estructura estimado (m^3/s)

b = ancho de la estructura (permanece constante en toda la longitud de la caída escalonada)

- Determinar altura entre escalones, P

$$P = \frac{\nabla_{superior} - \nabla_{inferior}}{N} + d \quad (22)$$

∇ = indica el nivel.

N = número de escalones.

d = altura de un deflector en el extremo del escalón, Se asume y luego se corrige si es necesario (m).

- Calcular profundidades conjugadas del resalto hidráulico. Primera profundidad conjugada o de contracción h_1 .

$$h_1 = \frac{q}{\phi \sqrt{2g(P + H_o - h_1)}} \quad (23)$$

ϕ = Coeficiente de velocidad ($\phi = 0.76-0.80$)

Primera profundidad conjugada h_2 .

$$h_2 = 0.5h_1 \left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{gh_1^3}} - 1 \right) \quad (24)$$

- Carga hidráulica total sobre el deflector en el extremo posterior de cada escalón, H_o .

Esta energía se calcula utilizando la fórmula de vertedero de cresta delgada (el deflector trabaja como vertedero de cresta delgada).

$$H_o = \left(\frac{q}{M} \right)^{2/3} (m) \quad (25)$$

M = coeficiente de descarga, vertedero de cresta delgada ($M = 1.86$)

- Carga hidráulica neta, H

$$H = H_o - \frac{V^2}{2g} \quad (26)$$

V = velocidad media del agua sobre el escalón

$$V = \frac{q}{h_2} \quad (27)$$

- Se corrige la altura del deflector (d), asumido inicialmente

$$d = K h_2 - H \quad (28)$$

K = coeficiente de seguridad ($k = 1.15 - 1.20$)

Si el valor de (d), no es igual o muy cercano al asumido inicialmente, se reinician todos los cálculos hasta este punto.

- Avance horizontal del chorro, l

$$l = (V) * \sqrt{\frac{2}{2g} * \left(P + \frac{H}{2} \right)} \quad (29)$$

V_1 = Velocidad de salida del flujo, de un escalón a otro.

$$V_1 = \frac{q}{H} \quad (30)$$

- Se calcula la longitud de formación del resalto hidráulico, L_r

Existen varias fórmulas propuestas para la determinación de este parámetro. A continuación, se dan dos de ellas:

$$l_R = 5(h_2 - h_1) \quad (31)$$

$$l_R = 2.5 * ((1.9 * h_2) - h_1) \quad (32)$$

- Calcular la longitud del escalón, L_e .

$$L_e = L + (0.9 * LR) \quad (33)$$

Con la determinación de la longitud del escalón concluye el diseño hidráulico (Lemon, 1999).

Capítulo 4

4. Resultados

4.1 Diseño hidrológico

Para el desarrollo del diseño hidrológico se debe tener presente las condiciones y limitaciones en el desarrollo de las metodologías utilizadas. En el estudio hidrológico se contempló el cálculo de parámetros morfométricos, área, pendiente, tiempos de concentración, duración e intensidad de la lluvia y cálculo de caudales a partir de diferentes metodologías.

4.1.1 Valores máximos de precipitación

La estación más cercana a la zona de estudio fue “Aeropuerto Benito Salas” y con respecto a la información obtenida de las precipitaciones diarias anuales durante un periodo de 28 años, se tiene en cuenta desde el año 1994 hasta el año 2021, cabe resaltar que para el estudio se sacó el valor máximo de precipitación por cada año, como se muestra en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Precipitaciones máximas "Estación Aeropuerto Benito Salas".

Estación Aeropuerto Benito salas					
Cantidad de datos	Año	Precipitación máxima en el año (mm/día)	Cantidad de datos	Año	Precipitación máxima en el año (mm/día)
1	1994	156.5	15	2008	89.1
2	1995	72.5	16	2009	70.2
3	1996	99.8	17	2010	83
4	1997	63.7	18	2011	81.3
5	1998	160.3	19	2012	100.5
6	1999	130	20	2013	89.7
7	2000	73.2	21	2014	78.9
8	2001	84	22	2015	50.6
9	2002	96.2	23	2016	119.8
10	2003	74.8	24	2017	143.8
11	2004	69.3	25	2018	79.5
12	2005	86.3	26	2019	70.5
13	2006	85	27	2020	126.4
14	2007	96	28	2021	127

4.1.2 Estimación del diagrama Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 4-2, se establecieron de acuerdo a la metodología de diagrama de probabilidad Pearson tipo III, donde se obtienen las precipitaciones y/o intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno.

Tabla 4-2: Precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno (Pearson tipo III).

Estacion Aeropuerto Benito salas		
TR (años)	K	P (mm/día)
2	-0.1352	90.13
5	0.778	116.94
10	1.3366	133.34
25	1.998	152.76
50	2.462	166.38
100	2.9042	179.37
200	3.3316	191.92

Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 4-3, se establecieron de acuerdo a la metodología de diagrama de Gumbel, donde se obtienen las precipitaciones y/o intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno. Finalmente se tiene la ecuación de intensidad (Ecuación 34)

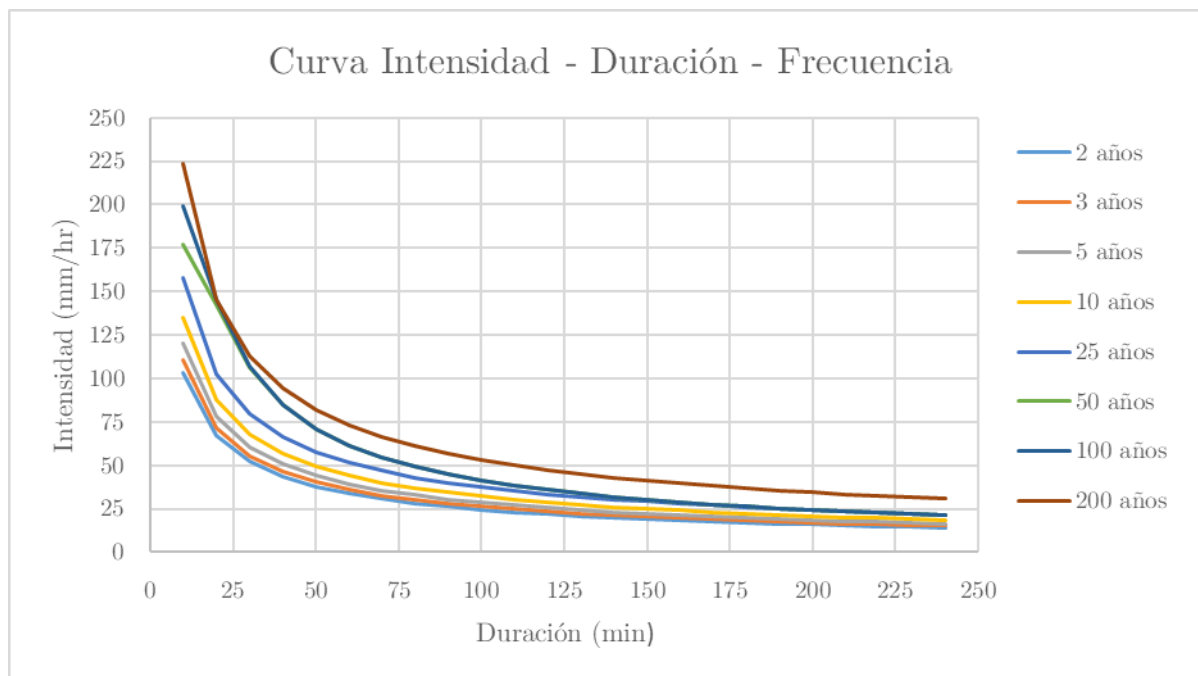
$$I = \frac{386.51 * T^{0.1681}}{t^{0.624}} \quad (34)$$

Tabla 4-3: Precipitaciones para diferentes periodos de retorno (Gumbel).

Estacion Aeropuerto Benito salas								
Duración (t min)	Frecuencia (T años)							
	2	3	5	10	25	50	100	200
10	103.2200	110.5006	120.4086	135.2885	157.8172	177.3199	199.2328	223.8535
20	66.9763	71.7005	78.1295	87.7845	102.4028	142.3424	145.1579	145.2517
30	52.0044	55.6726	60.6644	68.1612	79.5117	106.5154	106.8667	112.7821
40	43.4589	46.5243	50.6958	56.9607	66.4460	84.7780	84.8250	94.2494
50	37.8100	40.4769	44.1063	49.5568	57.8092	70.9819	70.9885	81.9986
60	33.7441	36.1242	39.3633	44.2277	51.5927	61.4854	61.4864	73.1809
70	30.6495	32.8113	35.7533	40.1716	46.8612	54.5145	54.5147	66.4695
80	28.1991	30.1882	32.8950	36.9601	43.1148	49.1519	49.1519	61.1555
90	26.2009	28.0490	30.5640	34.3410	40.0596	44.8809	44.8809	56.8220
100	24.5337	26.2642	28.6192	32.1559	37.5106	41.3878	41.3878	53.2064
110	23.1172	24.7478	26.9667	30.2992	35.3448	38.4705	38.4705	50.1343
120	21.8955	23.4399	25.5416	28.6980	33.4769	35.9925	35.9925	47.4848
130	20.8288	22.2979	24.2972	27.2998	31.8459	33.8578	33.8578	45.1714
140	19.8875	21.2903	23.1992	26.0661	30.4068	31.9972	31.9972	43.1301
150	19.0495	20.3931	22.2217	24.9678	29.1255	30.3591	30.3591	41.3126
160	18.2976	19.5882	21.3445	23.9822	27.9759	28.9043	28.9043	39.6820
170	17.6183	18.8610	20.5522	23.0919	26.9373	27.6025	27.6025	38.2088
180	17.0010	18.2001	19.8320	22.2828	25.9935	26.4298	26.4298	36.8701
190	16.4370	17.5963	19.1741	21.5436	25.1311	25.3672	25.3672	35.6469
200	15.9192	17.0421	18.5701	20.8650	24.3395	24.3992	24.3992	34.5240
210	15.4418	16.5310	18.0133	20.2393	23.6097	23.5133	23.5133	33.4888
220	15.0000	16.0581	17.4979	19.6602	22.9342	22.6990	22.6990	32.5306
230	14.5897	15.6188	17.0192	19.1224	22.3067	21.9476	21.9476	31.6407
240	14.2073	15.2094	16.5732	18.6213	21.7221	21.2518	21.2518	30.8114

En el gráfico 4-1, se evidencia las curvas características para la intensidad, duración y frecuencia (IDF) de la estación Sinóptica Secundaria del Aeropuerto Benito Salas, con duración de 200 años, lo que permite determinar una eventualidad basada en precipitaciones máximas anuales.

Gráfico 4-1: Curvas IDF



En la tabla 4-4, se muestra los datos de la precipitación máxima para el periodo de retorno de 25 años, con el cual se trabajó para realizar el diseño de las obras hidráulicas, teniendo en cuenta que el relleno sanitario tiene aproximadamente una vida útil en relación con esos años.

Tabla 4-4: Resultados de ambos métodos.

Estación Aeropuerto Benito Salas		
Método	TR (años)	P (mm/día)
Pearson tipo III	25	152.76
Gumbel	25	170.4

4.1.3 Cálculo de la curva número de escorrentía (CN)

Con el tipo de suelo y según el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S) es “Grava arcillosa con arena GC”, con esta información obtiene el valor de la curva número (CN), luego la diferencia potencial del suelo y posteriormente la escorrentía directa o precipitación efectiva como se muestra en la tabla 4-5.

Tabla 4-5: Tipo de suelo, coeficiente CN, S y Q.

Tipo de suelo	Grupo de suelo	Cobertura	Condición de humedad antecedente		S	Q (Pulg)	Q (mm)
			Clasificación CN (II)	Clasificación CN (III)			
Suelos de poca permeabilidad, textura franco arcillosa	C	Pastizales: condiciones optimas	54.45	86.75	1.53	5.17	131.34

4.1.4 Estimación del caudal máximo

El caudal máximo se obtuvo a partir del método racional. En la tabla 4-6 se muestran los resultados obtenidos a partir de diferentes periodos de retorno.

Tabla 4-6: Estimación de caudales por el método Racional.

Metodología	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
	TR 2 Años	TR 5 Años	TR 10 Años	TR 25 Años	TR 50 Años	TR 100 Años	TR 200 Años
Método Racional	0.019	0.023	0.025	0.030	0.033	0.037	0.042

4.2 Diseño hidráulico

La finalidad es el diseño de las obras hidráulicas (canales y disipadores de energía) utilizando los caudales generados en el estudio hidrológico.

4.2.1 Dimensionamiento de canales

Para el diseño de los canales, se utilizó el programa de HCanales, en donde se toma el caudal máximo como el caudal de diseño, donde se obtuvieron los siguientes datos.

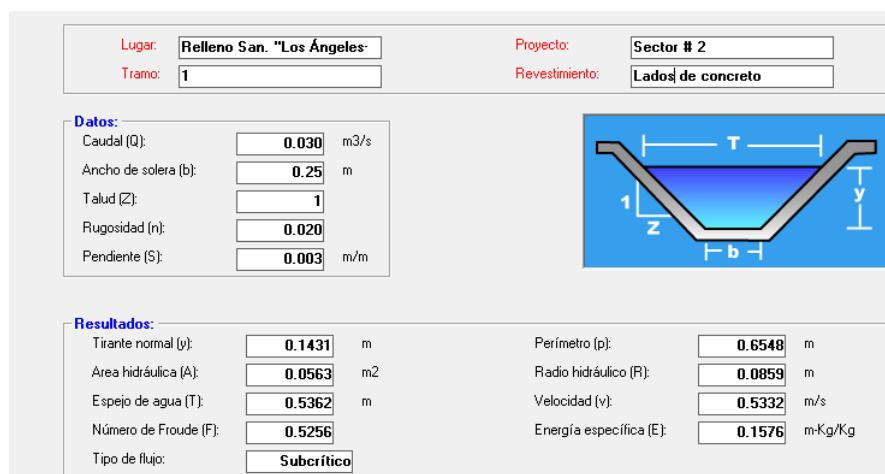


Figura 4-1: Canal trapezoidal. b= 0.25 m ; Y=0.15 m y T=0.54 m. Fuente: Hcanales.

Cabe aclarar que hubo una modificación respecto al borde libre, en cual queda de 10 cm, esto con el fin de que los canales sean funcionales y se pueda realizar el debido mantenimiento. Con respecto al dimensionamiento hidráulico del canal se obtuvo lo siguiente (figura 4-2):

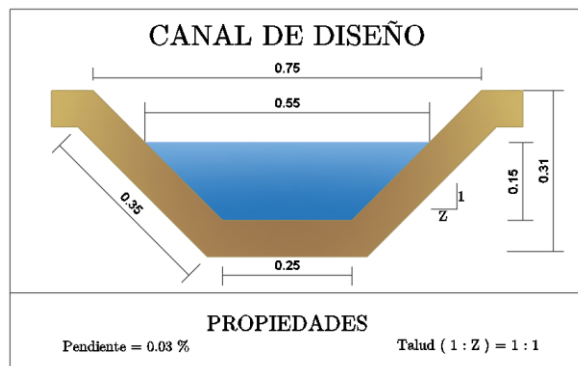


Figura 4-2: Sección del canal de diseño.

Tabla 4-7: Datos constructivos del canal.

DATOS CONSTRUCTIVOS DEL CANAL						
Tipo	Ancho (m)	Tirante Y (m)	Borde libre BL (m)	Espejo de agua T (m)	Talud (1:Z)	Pendiente (m/m)
1	0.25	0.15	0.1	0.55	1	0.003

Se verifica los cálculos, para comprobar que se cumplan las condiciones hidráulicas.

Tabla 4-8: Capacidad hidráulica.

DATOS HIDRÁULICOS		
CANAL TRAPEZOIDAL		
Ancho de solera = b (m)	0.25	
Z (1:Z)	1.00	
Coefficiente de Rugosidad (n)	0.020	
Coefficiente de Coriolis (α)	1	
Y (m)	0.15	
Pendiente (%)	0.003	
Área mojada (m ²)	0.060	
Perímetro (m)	0.674	
Radio hidráulico (m)	0.089	
Espejo de agua T (m)	0.55	
Gravedad (m/s ²)	9.81	
Qdiseño (m ³ /s)	0.030	
Velocidad de diseño (m/s)	0.5	
Qpermisible (m ³ /s)	0.033	CUMPLE
velocidad permisible (m/s)	0.546	CUMPLE
Energía específica	0.163	
Nº de froude	0.483	Flujo subcrítico

4.2.2 Dimensionamiento de disipadores de energía

- Disipador de energía #1 (Caída escalonada)

Tabla 4-9: Datos hidráulicos del disipador de energía #1.

DATOS HIDRÁULICOS			
DISIPADOR DE ENERGÍA # 1			
Gravedad (m/s^2)	9.81	Caudal unitario (q) ($m^3/s\ m$)	0.018
Coefficiente de velocidad (Φ)	0.80	Altura entre escalones (P) (m)	0.85
Coefficiente de descarga (M)	1.86	Profundidad (h_1) (m)	0.01
Coefficiente de seguridad (k)	1.15	Profundidad (h_2) (m)	0.11
Caudal de diseño (Q_d) (m^3/s)	0.018	Carga hidráulica total (H_o) (m)	0.05
Ancho del disipador (supuesto) (b) (m)	1	Velocidad media (V) (m/s)	0.16
Número de escalones asumidos (N)	12	Carga hidráulica neta (H) (m)	0.04
Diferencia de nivel (V) (m)	9	Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1
Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1	Velocidad de salida del flujo (V_1) (m/s)	0.41
Tirante (h_c) (m)	0.15	Avance horizontal del chorro (l) (m)	0.17
Velocidad de llegada (V_o) (m/s)	0.50	Long. de formación del resalto (LR) (m)	0.52
Energía específica (H_o) (m)	0.16	Long. del escalón (LE) (m)	0.64

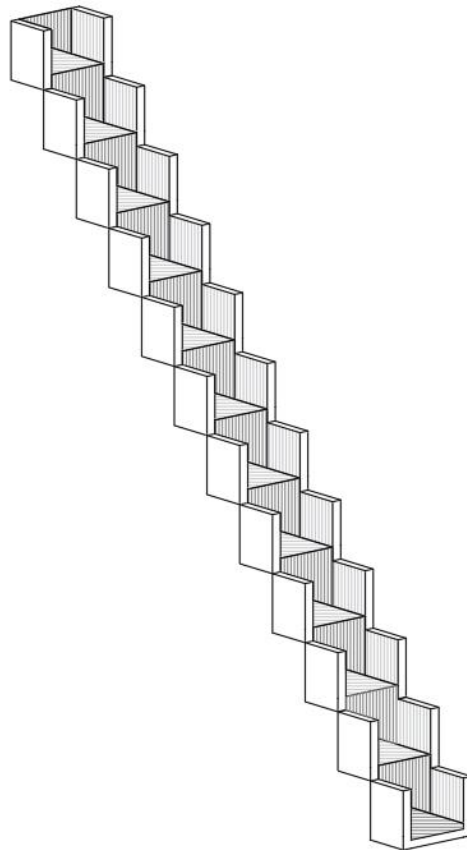


Figura 4-3: Isometría del disipador de energía #1.

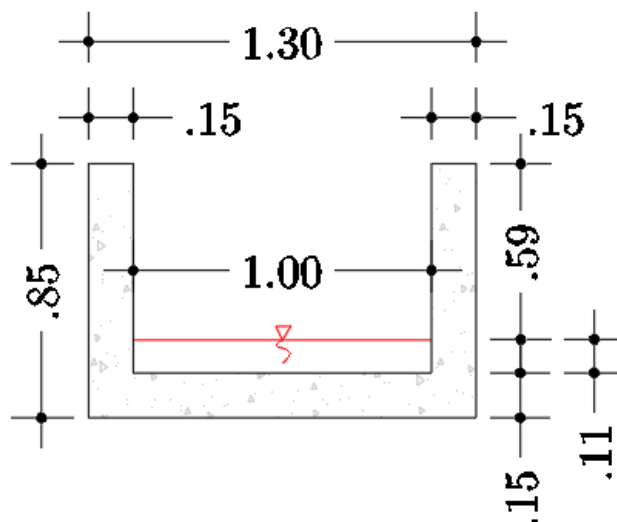


Figura 4-4: Sección de canal del dissipador de energía #1.

▪ Dissipador de energía #2 (Caída escalonada)

Tabla 4-10: Datos hidráulicos del dissipador de energía #2.

DATOS HIDRÁULICOS			
DISIPADOR DE ENERGÍA # 2			
Gravedad (m/s^2)	9.81	Caudal unitario (q) (m^3/sfm)	0.038
Coefficiente de velocidad (Φ)	0.80	Altura entre escalones (P) (m)	0.80
Coefficiente de descarga (M)	1.86	Profundidad (h_1) (m)	0.01
Coefficiente de seguridad (k)	1.15	Profundidad (h_2) (m)	0.16
Caudal de diseño (Qd) (m^3/s)	0.038	Carga hidráulica total (H_o) (m)	0.07
Ancho del dissipador (supuesto) (b) (m)	1	Velocidad media (V) (m/s)	0.24
Número de escalones asumidos (N)	10	Carga hidráulica neta (H) (m)	0.07
Diferencia de nivel (V) (m)	7	Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1
Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1	Velocidad de salida del flujo (V_1) (m/s)	0.53
Tirante (h_c) (m)	0.15	Avance horizontal del chorro (l) (m)	0.22
Velocidad de llegada (V_o) (m/s)	0.50	Long. de formación del resalto (LR) (m)	0.73
Energía específica (H_o) (m)	0.16	Long. del escalón (LE) (m)	0.87

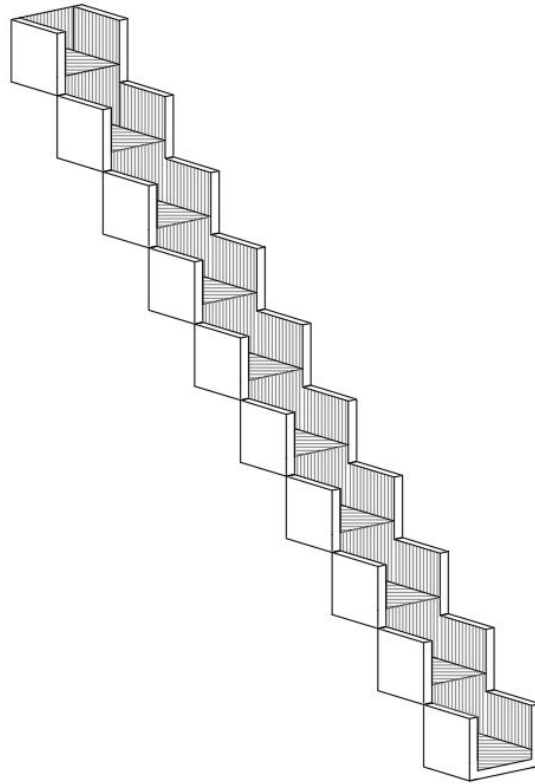


Figura 4-5: Isometría del dissipador de energía #2.

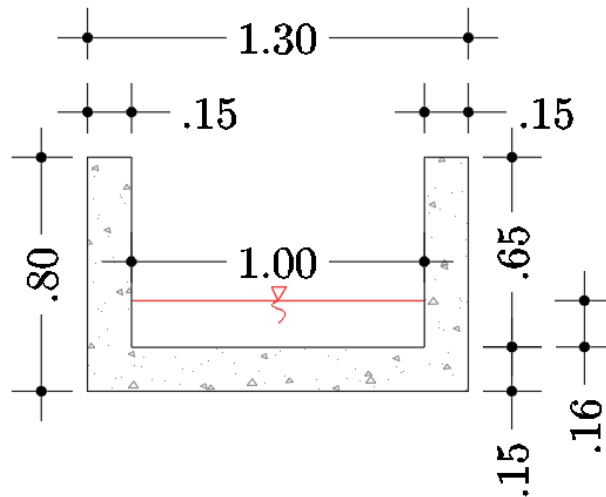


Figura 4-6: Sección de canal del dissipador de energía #2.

▪ **Disipador de energía #3 (Caída escalonada)**

Tabla 4-11: Datos hidráulicos del disipador de energía #3.

DATOS HIDRÁULICOS			
DISIPADOR DE ENERGÍA # 3			
Gravedad (m/s^2)	9.81	Caudal unitario (q) (m^3/sfm)	0.022
Coefficiente de velocidad (Φ)	0.80	Altura entre escalones (P) (m)	0.81
Coefficiente de descarga (M)	1.86	Profundidad (h_1) (m)	0.01
Coefficiente de seguridad (k)	1.15	Profundidad (h_2) (m)	0.12
Caudal de diseño (Q_d) (m^3/s)	0.022	Carga hidráulica total (H_o) (m)	0.05
Ancho del disipador (supuesto) (b) (m)	1	Velocidad media (V) (m/s)	0.18
Número de escalones asumidos (N)	14	Carga hidráulica neta (H) (m)	0.05
Diferencia de nivel (V) (m)	10	Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1
Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1	Velocidad de salida del flujo (V_1) (m/s)	0.44
Tirante (h_c) (m)	0.15	Avance horizontal del chorro (l) (m)	0.18
Velocidad de llegada (V_o) (m/s)	0.50	Long. de formación del resalto (LR) (m)	0.56
Energía específica (H_o) (m)	0.16	Long. del escalón (LE) (m)	0.69

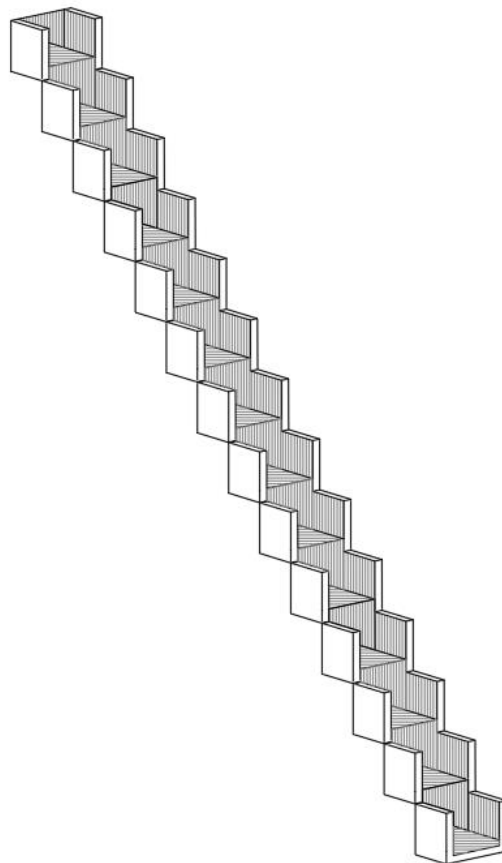


Figura 4-7: Isometría del disipador de energía #3.

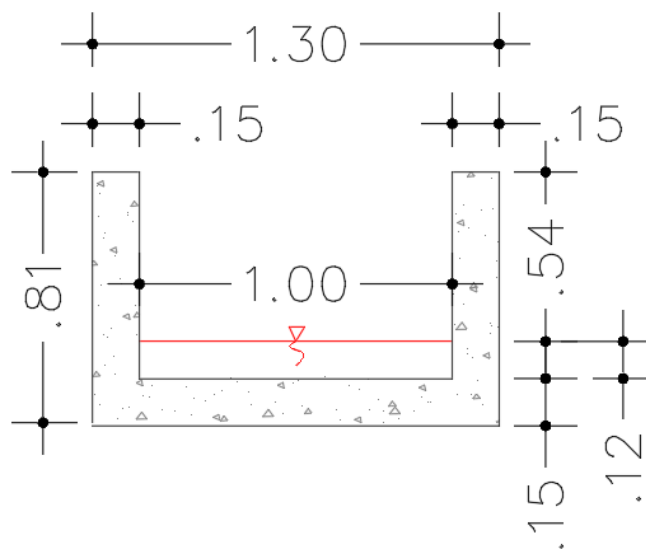


Figura 4-8: Sección de canal del disipador de energía #3.

▪ Disipador de energía #4 (Caída escalonada)

Tabla 4-12: Datos hidráulicos del disipador de energía #4.

DATOS HIDRÁULICOS			
DISIPADOR DE ENERGÍA # 4			
Gravedad (m/s^2)	9.81	Caudal unitario (q) (m^3/sfm)	0.052
Coefficiente de velocidad (Φ)	0.80	Altura entre escalones (P) (m)	0.85
Coefficiente de descarga (M)	1.86	Profundidad (h_1) (m)	0.01
Coefficiente de seguridad (k)	1.15	Profundidad (h_2) (m)	0.19
Caudal de diseño (Q_d) (m^3/s)	0.052	Carga hidráulica total (H_o) (m)	0.09
Ancho del disipador (supuesto) (b) (m)	1	Velocidad media (V) (m/s)	0.28
Número de escalones asumidos (N)	16	Carga hidráulica neta (H) (m)	0.09
Diferencia de nivel (V) (m)	12	Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1
Alt. del deflector en el extremo (d) (m)	0.1	Velocidad de salida del flujo (V_1) (m/s)	0.59
Tirante (h_c) (m)	0.15	Avance horizontal del chorro (l) (m)	0.25
Velocidad de llegada (V_o) (m/s)	0.50	Long. de formación del resalto (LR) (m)	0.85
Energía específica (H_o) (m)	0.16	Long. del escalón (LE) (m)	1.02

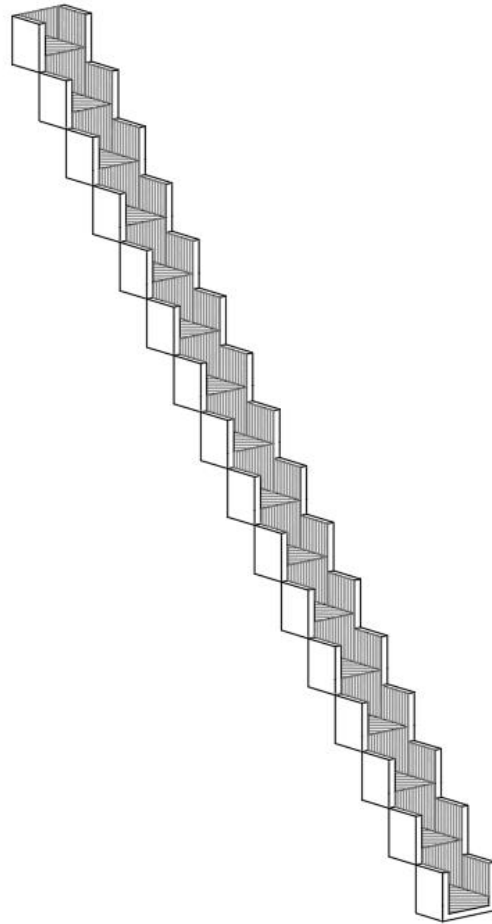


Figura 4-9: Isometría del disipador de energía #4.

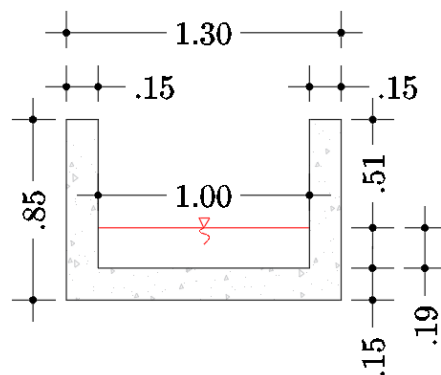


Figura 4-10: Sección de canal del disipador de energía #4.

4.3 Presupuesto

OBRAS HIDRÁULICAS DE CONTROL Y DRENAJES DE ESCORRENTÍAS EN EL SECTOR II DEL RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO				
1.1	Comisión de topografía para realización del levantamiento del área afectada por la erosión.	Día	4.00	\$273,577.50	\$1,094,310.00
2	CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS Y DISIPADORES PARA CONTROL DE ESCORRENTIAS.				
2.1	Excavación manual en material conglomerado h=0 - 2m.	M3	982.00	\$48,993.18	\$48,111,303.00
2.2	Construcción Canales en concreto de 3000 Psi	M3	140.00	\$675,792.18	\$94,610,905.00
2.3	Construcción Escalones Disipadores 3000 Psi (E=0,10 M)	M3	20.00	\$614,054.34	\$12,281,087.00
2.4	Relleno con material recebo granular compactación mecánica, tipo canguro, capa máxima de 20cm.	M3	145.00	\$80,377.50	\$11,655,088.00
COSTO DIRECTO					\$ 167,752,693.00
Administración %				12%	\$20,130,323.16
imprevisto%				3%	\$5,032,580.79
Utilidad %				5%	\$8,387,634.65
COSTO ANTES DE IVA					\$201,303,231.60
IVA 19% S/UTILIDAD					\$1,593,650.58
COSTO TOTAL OBRA					\$202,896,882.18

Capítulo 5

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Al realizar el proceso para el diseño de las obras hidráulicas fue necesario llevar a cabo el análisis hidrológico, el cual permitió conocer la precipitación máxima anual, que se presentó en el año 1998 con un valor de 160.3 mm/día y un caudal máximo para un periodo de retorno de 25 años con un valor de 0.030 m³/s, este se halló con el método racional y para verificar la capacidad hidráulica de los canales, se calculó el caudal y la velocidad admisible basado en la ecuación de Manning,

Debido a que las pendientes que se manejan para este tipo de proyectos son elevadas, a su vez se encuentran a la intemperie permanentemente y con contacto continuo con el agua, se concluyó que el material más óptimo para la construcción de los canales es el concreto hidráulico, ya que este es un material hecho para soportar tanto altas o bajas temperaturas, como la exposición a distintos elementos tan simples como el agua constante, o tan complejos como sulfatos o distintos contenidos que puedan llegar con el transporte del agua. A su vez, el concreto hidráulico no requiere de mantenimiento constante y tiene una vida útil larga (Sandstone Global, 2021), lo cual es lo ideal para su uso en los rellenos sanitarios, pues estos están destinados para utilizarse por largos periodos de tiempo.

Se diseñó 1 tipo de canal trapezoidal para 7 tramos, los cuales tienen las siguientes longitudes: 105 m , 97 m, 74 m, 70 m, 67 m, 438 m y 102 m respectivamente y 4 dissipadores de energía. Las dimensiones del canal son: ancho 0.25 m, tirante 0.15 m, borde libre 0.10

m, espejo de agua 0.55 m, talud 1:1 y su pendiente de 0.3%. las dimensiones de los disipadores son: disipador 1, ancho 1 m, numero de escalones 12, altura entre escalones 0.85 m, longitud del escalón 0.64 m; disipador 2, ancho 1 m, numero de escalones 10, altura entre escalones 0.80 m, longitud del escalón 0.87 m; disipador 3, ancho 1 m, numero de escalones 14, altura entre escalones 0.81 m, longitud del escalón 0.69 m; disipador 4, ancho 1 m, numero de escalones 16, altura entre escalones 0.85 m, longitud del escalón 1.02 m.

Teniendo en cuenta la importancia de estas obras en todos los sectores de las construcciones civiles, es válido decir que la aplicación de este diseño se puede realizar en diferentes obras, siempre y cuando se consideren las características hidrológicas de la zona.

La proyección del presupuesto siempre estará sujeta a los cambios que se presenten en el mercado, como aumento o disminución de los costos de la mano de obra o los materiales, este último debido a su método de obtención, variación en los costos de su importación o a temas de la inflación (Quintero, 2022); esto permite conocer un valor real de la ejecución de estas obras hidráulicas, lo que a su vez permitirá al ordenador del gasto realizar comparaciones de costo - beneficio respecto a los diseños tipo que se han implementado en la clausura de los demás sectores del relleno sanitario. Es por ello que se calculó el presupuesto de obra, para realizar la construcción de los 7 canales para la recolección de aguas de escorrentía y 4 disipadores de energía que recolectan el caudal de los canales y lo transporta hasta el sitio de descole final, dando un valor de \$ 202.896.882.18.

5.2 Recomendaciones

Las obras hidráulicas (canales y disipadores de energía) y su adecuada implementación en los rellenos sanitarios son de gran importancia, ya que ayudan a la reducción de la propagación de enfermedades, minimizan los impactos ambientales y mantienen el orden en la planificación de las áreas urbanas (Sensor Vital, s.f.), por tal razón es preciso realizar mantenimientos y retiro de sedimentos continuamente para evitar que estas obras pierdan capacidad hidráulica para la conducción del fluido y se generen derrames que resultaran en la afeción de las capas de recubrimiento en los taludes.

Es importante que el material sobre el cual se construirán los canales debe ser previamente compactado para evitar daños por asentamientos diferenciales en el suelo.

El diseño presentado en este proyecto corresponde al área hidráulica, por lo que es necesario que se realice el diseño estructural donde se especifiquen los aceros de refuerzo necesarios para la construcción de las estructuras diseñadas.

A. Anexo: Prueba de campo de densidades por el método del cono



ESDILAB S.A.S.
ESTUDIOS, DISEÑOS Y SERVICIOS DE LABORATORIO.

DENSIDADES DE CAMPO METODO DEL CONO.

OBRA:	CAPA DE COBERTURA CIERRE DE CELDA DE CONTINGENCIA		
CLIENTE:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
LOCALIZACIÓN:	RELLENO SANITARIO LOS ANGELES. NEIVA - HUILA.		
MATERIAL:	RECEBO ARCILLOSO		
FECHA:	16/08/2021	NORMA:	INV E-161-13

PRUEBA No	1	2	3	4	5
Fecha de toma	16/08/2021	16/08/2021	16/08/2021	16/08/2021	16/08/2021
Ubicación					
Abcisa					
	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Espesor	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Peso frasco y arena inicial	6044	6034	6018	6013	6006
Peso frasco y arena restante	3310	3082	2684	2602	3010
Peso arena total usada	2734	2952	3334	3411	2996
constante del cono	1658	1658	1658	1658	1658
Peso arena en el hueco	1076.00	1294.00	1676.00	1753.00	1338.00
Densidad de la arena	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
Volumen del hueco	763.12	917.73	1188.65	1243.26	948.94
Peso material extraido humedo	1604.00	1772.00	2326.00	2598.00	1980.00
% de humedad	7.00	7.10	7.00	7.00	7.00
Peso material extraido seco	1499.07	1654.53	2173.83	2428.04	1850.47
Densidad del material en gr/cm ³	1.96	1.80	1.83	1.95	1.95
Densidad del material en lb/pie ³	122.58	112.50	114.12	121.86	121.68
Densidad max Laboratorio lb/pie ³	128	128	128	128	128
% Humedad optima del laboratorio	7	7	7	7	7
% de compactacion en el terreno	95.76	87.89	89.15	95.21	95.06
OBSERVACIONES:					

APROBO:

ING. JOSE MARTIN CALDERON CALDERON
JEFE DE LABORATORIO



ESDILAB S.A.S.
ESTUDIOS, DISEÑOS Y SERVICIOS DE LABORATORIO.

DENSIDADES DE CAMPO METODO DEL CONO.

OBRA:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
CLIENTE:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
LOCALIZACIÓN:	RELLENO SANITARIO LOS ANGELES. NEIVA - HUILA.		
MATERIAL:	RECEBO ARCILLOSO		
FECHA:	17/08/2021	NORMA:	INV E-161-13

PRUEBA No	1	2	3	4	5
Fecha de toma	17/08/2021	17/08/2021	17/08/2021	17/08/2021	
Ubicación					
Abcisa					
	0.12	0.12	0.12	0.12	
Espesor	0.15	0.15	0.15	0.15	
Peso frasco y arena inicial	6489	6468	6450	6432	
Peso frasco y arena restante	3189	3218	3170	3258	
Peso arena total usada	3300	3250	3280	3174	
constante del cono	1658	1658	1658	1658	
Peso arena en el hueco	1642.00	1592.00	1622.00	1516.00	
Densidad de la arena	1.41	1.41	1.41	1.41	
Volumen del hueco	1164.54	1129.08	1150.35	1075.18	
Peso material extraído humedo	2381.00	2289.00	2299.00	2189.00	
% de humedad	7.00	7.10	7.00	7.00	
Peso material extraído seco	2225.23	2137.25	2148.60	2045.79	
Densidad del material en gr/cm ³	1.91	1.89	1.87	1.90	
Densidad del material en lb/pie ³	119.24	118.12	116.55	118.73	
Densidad max Laboratorio lb/pie ³	128	128	128	128	
% Humedad optima del laboratorio	7	7	7	7	
% de compactacion en el terreno	93.15	92.28	91.05	92.76	

OBSERVACIONES:

APROBO:

ING. JOSE MARTIN CALDERON CALDERON
JEFE DE LABORATORIO



ESDILAB S.A.S.
ESTUDIOS, DISEÑOS Y SERVICIOS DE LABORATORIO.

DENSIDADES DE CAMPO METODO DEL CONO.

OBRA:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
CLIENTE:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
LOCALIZACIÓN:	RELLENO SANITARIO LOS ANGELES. NEIVA - HUILA.		
MATERIAL:	RECEBO ARCILLOSO		
FECHA:	18/08/2021	NORMA:	INV E-161-13

PRUEBA No	1	2	3	4	5
Fecha de toma	18/08/2021	18/08/2021	18/08/2021	18/08/2021	18/08/2021
Ubicación					
Abcisa					
	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Espesor	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Peso frasco y arena inicial	6946	6943	6932	6926	6916
Peso frasco y arena restante	3860	3886	3890	3884	3908
Peso arena total usada	3086	3057	3042	3042	3008
constante del cono	1658	1658	1658	1658	1658
Peso arena en el hueco	1428.00	1399.00	1384.00	1384.00	1350.00
Densidad de la arena	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
Volumen del hueco	1012.77	992.20	981.56	981.56	957.45
Peso material extraído húmedo	2038.00	2042.00	2016.00	1992.00	1912.00
% de humedad	7.00	7.10	7.00	7.00	7.00
Peso material extraído seco	1904.67	1906.63	1884.11	1861.68	1786.92
Densidad del material en gr/cm ³	1.88	1.92	1.92	1.90	1.87
Densidad del material en lb/pe ³	117.35	119.91	119.78	118.35	116.46
Densidad max Laboratorio lb/pe ³	128	128	128	128	128
% Humedad óptima del laboratorio	7	7	7	7	7
% de compactación en el terreno	91.68	93.68	93.58	92.46	90.98

OBSERVACIONES:

APROBO:

ING. JOSE MARTIN CALDERON CALDERON
JEFE DE LABORATORIO



ESDILAB S.A.S.
ESTUDIOS, DISEÑOS Y SERVICIOS DE LABORATORIO.

DENSIDADES DE CAMPO METODO DEL CONO.

8	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
CLIENTE:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
LOCALIZACIÓN:	RELLENO SANITARIO LOS ANGELES. NEIVA - HUILA.		
MATERIAL:	RECEBO ARCILLOSO		
FECHA:	19/08/2021	NORMA:	INV E-161-13

PRUEBA No	1	2	3	4	5
Fecha de toma	19/08/2021	19/08/2021	19/08/2021	19/08/2021	
Ubicación					
Abcisa					
	0.12	0.12	0.12	0.12	
Espesor	0.15	0.15	0.15	0.15	
Peso frasco y arena inicial	6710	6688	6678	6665	
Peso frasco y arena restante	3552	3724	3682	3499	
Peso arena total usada	3158	2964	2996	3166	
constante del cono	1658	1658	1658	1658	
Peso arena en el hueco	1500.00	1306.00	1338.00	1508.00	
Densidad de la arena	1.41	1.41	1.41	1.41	
Volumen del hueco	1063.83	926.24	948.94	1069.50	
Peso material extraído húmedo	2402.00	1966.00	2046.00	2248.00	
% de humedad	7.00	7.10	7.10	7.10	
Peso material extraído seco	2244.86	1835.67	1910.36	2098.97	
Densidad del material en gr/cm ³	2.11	1.98	2.01	1.96	
Densidad del material en lb/pie ³	131.67	123.67	125.62	122.46	
Densidad max Laboratorio lb/pie ³	128	128	128	128	
% Humedad óptima del laboratorio	7	7	7	7	
% de compactación en el terreno	102.87	96.62	98.14	95.68	
OBSERVACIONES:					

APROBO:

ING. JOSE MARTIN CALDERON CALDERON
JEFE DE LABORATORIO



ESDILAB S.A.S.
ESTUDIOS, DISEÑOS Y SERVICIOS DE LABORATORIO.

DENSIDADES DE CAMPO METODO DEL CONO.

OBRA:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
CLIENTE:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
LOCALIZACIÓN:	RELLENO SANITARIO LOS ANGELES. NEIVA - HUILA.		
MATERIAL:	RECEBO ARCILLOSO		
FECHA:	20/08/2021	NORMA:	INV E-161-13

PRUEBA No	1	2	3	4	5
Fecha de toma	20/08/2021	20/08/2021	20/08/2021	20/08/2021	
Ubicación					
Abcisa					
	0.12	0.12	0.12	0.12	
Espesor	0.15	0.15	0.15	0.15	
Peso frasco y arena inicial	5547	5530	5509	5492	
Peso frasco y arena restante	2561	2363	2306	2361	
Peso arena total usada	2986	3167	3203	3131	
constante del cono	1716	1716	1716	1716	
Peso arena en el hueco	1270.00	1451.00	1487.00	1415.00	
Densidad de la arena	1.41	1.41	1.41	1.41	
Volumen del hueco	900.71	1029.08	1054.61	1003.55	
Peso material extraído húmedo	1976.00	2296.00	2125.00	2065.00	
% de humedad	7.00	7.10	7.10	7.10	
Peso material extraído seco	1846.73	2143.79	1984.13	1928.10	
Densidad del material en gr/cm ³	2.05	2.08	1.88	1.92	
Densidad del material en lb/pie ³	127.94	129.99	117.40	119.89	
Densidad max Laboratorio lb/pie ³	128	128	128	128	
% Humedad óptima del laboratorio	7	7	7	7	
% de compactación en el terreno	99.95	101.56	91.72	93.66	
OBSERVACIONES:					

APROBO:

ING. JOSE MARTIN CALDERON CALDERON
JEFE DE LABORATORIO



ESDILAB S.A.S.
ESTUDIOS, DISEÑOS Y SERVICIOS DE LABORATORIO.

DENSIDADES DE CAMPO METODO DEL CONO.


OBRA:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
CLIENTE:	MULTIPROYEC GROUP S.A.S		
LOCALIZACIÓN:	RELLENO SANITARIO LOS ANGELES. NEIVA - HUILA.		
MATERIAL:	RECEBO ARCILLOSO		
FECHA:	23/08/2021	NORMA:	INV E-161-13

PRUEBA No	1	2	3	4	5
Fecha de toma	23/08/2021	23/08/2021	23/08/2021	23/08/2021	23/08/2021
Ubicación					
Abcisa					
	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Espesor	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Peso frasco y arena inicial	5191	5136	5122	5103	5082
Peso frasco y arena restante	1902	2081	2196	2104	2194
Peso arena total usada	3289	3055	2926	2999	2888
constante del cono	1716	1716	1716	1716	1716
Peso arena en el hueco	1573.00	1339.00	1210.00	1283.00	1172.00
Densidad de la arena	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
Volumen del hueco	1115.60	949.65	858.16	909.93	831.21
Peso material extraido humedo	2270.00	2063.00	1914.00	2016.00	1801.00
% de humedad	7.00	7.10	7.10	7.10	7.10
Peso material extraido seco	2121.50	1926.24	1787.11	1882.35	1681.61
Densidad del material en gr/cm ³	1.90	2.03	2.08	2.07	2.02
Densidad del material en lb/pie ³	118.66	126.57	129.95	129.09	126.24
Densidad max Laboratorio lb/pie ³	128	128	128	128	128
% Humedad optima del laboratorio	7	7	7	7	7
% de compactacion en el terreno	92.71	98.88	101.52	100.85	98.63
OBSERVACIONES:					

APROBO:

ING. JOSE MARTIN CALDERON CALDERON
JEFE DE LABORATORIO

B. Anexo: Ensayo de permeabilidad en campo y caracterización de suelos


CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA
 INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS
 NIT. 800071708-1

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN CAMPO
Método del pozo invertido (Por encima del nivel freático)

ORDEN DE SERVICIO No. 8447-21
 CLIENTE: CIUDAD LIMPIA S.A. E.S.P.
 PROYECTO: RELLENO SANITARIO "LOS ANGELES" NEIVA
 LOCALIZACION: MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA

FECHA	AA	MM	DD
RECEPCION	2021	09	24
ENSAYO	2021	09	25
REPORTE	2021	10	04

PUNTO N° 1 CELDA JULIO

UBICACION	N	W	msnm
	-	-	-

Datos de campo	
Diametro del pozo (cm)	20,0
Altura del pozo (cm)	20,0
r (cm)	10,0
Ho (cm)	20,0
H (cm)	10,2
to (h)	0,0
t (h)	3,00

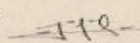
Tiempo (min)	Altura (cm)	h1[cm]	h2[cm]	h1/h2	ln (h1/h2)	t2[H]	t1[H]	k [cm/h]
0	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,00	0,02	-
1	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,02	0,03	0,0000
2	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,03	0,05	0,0000
3	0,00	20,00	19,50	1,03	0,0	0,05	0,07	7,5963
4	0,50	19,50	19,50	1,00	0,0	0,07	0,08	0,0000
5	0,50	19,50	19,00	1,05	0,0	0,00	0,17	1,5585
10	1,00	19,00	18,50	1,05	0,0	0,17	0,25	2,0021
15	1,50	18,50	18,00	1,02	0,0	0,25	0,33	0,5909
20	1,60	18,20	18,00	1,01	0,0	0,33	0,42	0,6530
25	2,00	18,00	18,00	1,00	0,0	0,42	0,50	0,0000
30	2,00	18,00	17,00	1,01	0,0	0,50	0,58	0,3343
35	2,10	17,50	17,00	1,03	0,0	0,58	0,67	2,0057
40	2,70	17,30	17,00	1,02	0,0	0,67	0,75	1,0495
45	3,00	17,00	16,50	1,03	0,0	0,75	0,83	1,7912
50	3,30	16,50	16,00	1,03	0,0	0,83	0,92	1,4725
55	3,90	16,10	16,00	1,01	0,0	0,92	1,00	0,3716
60	4,00	16,00	12,50	1,28	0,2	1,00	2,00	1,2383
120	7,00	12,50	10,20	1,23	0,2	2,00	3,00	1,0167
180	9,80	10,20	10,20	1,00	0,0	3,00	0,00	0,0000

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:
 Material granular compuesto de gravas de tamaños de hasta 2 1/2" de diámetro, mezcla de arenas en matriz arcillosa de color amarillo claro.

RESULTADOS DE LA PRUEBA:

PROFUNDIDAD (m):	0,00-0,20 m
PERMEABILIDAD (K) =	0,88 cm/h 2,45E-06 m/s
CLASE DE PERMEABILIDAD DEL SUELO:	MODERADAMENTE LENTA

CLASES DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS	INDICE DE PERMEABILIDAD	
	cm/hora	m/s
Muy lenta	< 0,1	< 2,8E-07
Lenta	0,1 - 0,5	2,8E-08 a 1,4E-06
Moderadamente Lenta	0,5 - 1,8	1,4E-06 a 4,4E-06
Moderada	1,8 - 5,0	4,4E-06 a 1,4E-05
Moderadamente rápida	5,0 - 12,0	1,4E-05 a 3,3E-05
Rápida	12,0 - 18	3,3E-05 a 5,0E-05
Muy rápida	> 18,0	> 5,0E-05

CALCULO 

ING. JAIME ENRIQUE BONILLA
DIRECTOR DE LABORATORIO

REVISO Y APROBO

GEOT. MARIA ELIZABETH BONILLA V.
SUBGERENTE TÉCNICO

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLÓGICOS

CARRERA 4-N° 15-44 TEL 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA
 WEB: www.construcsuelos.com EMAIL: laboratorio@construcsuelos.com - calidad@construcsuelos.com

2



CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA
INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS

NIT. 800071708-1

REPORTE CLASIFICACION DE SUELOS
LAB - FOR - 24

ORDEN DE SERVICIO No. **8447 - 21**

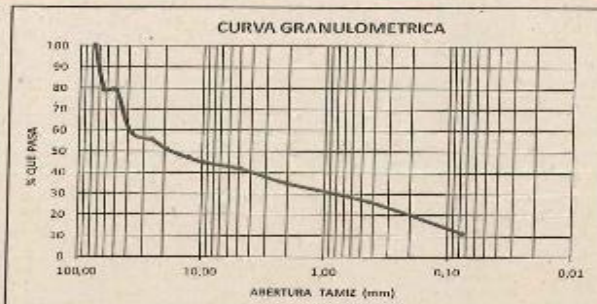
CLIENTE: CIUDAD LIMPIA S.A. E.S.P.
PROYECTO: RELLENO SANITARIO "LOS ANGELES" NEMA
LOCALIZACION: MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA

MATERIAL: MATERIAL DE EXCAVACION PARA EL ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN CAMPO

FECHA	AA	MM	DD	ESPECIFICACION	UBICACION	CELDA JULIO
RECEPCION	2021	09	24	N.A	SONDEO	-
ENSAYO	2021	09	25	NORMA DE ENSAYO	MUESTRA N°	1
REPORTE	2021	10	04	INV E-213/214 - NTC 1022	PROFUNDIDAD	20 cm

ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E-213 / 214

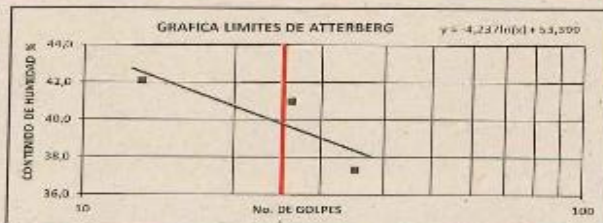
Tamiz	Peso Inicial	3261,8	Peso Final	2890,1	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
3"	76,2	0,0	0,0	0,0	100,0		
2 1/2"	03,5	678,1	23,8	20,8	79,2		
2"	50,8	0,0	0,0	20,8	79,2		
1 1/2"	39,1	651,6	20,0	40,8	59,2		
1"	25,4	118,6	3,6	44,4	55,6		
3/4"	19,0	154,0	4,7	49,1	50,9		
1/2"	12,7	121,3	3,0	52,6	47,1		
3/8"	8,63	73,3	2,2	55,2	44,8		
No. 4	4,75	58,5	3,0	58,2	41,8		
No. 10	2,00	223,6	6,9	65,0	35,0		
No. 40	0,425	294,5	8,7	73,6	26,2		
No. 200	0,075	494,1	14,8	88,6	11,4		
PASA 200		371,7	11,4	100,0			
TOTALES		3261,8	102,0				



ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG INV E -125 / 126

LIMITE LIQUIDO			
No de Golpes	35	26	13
Muestra No.	26	64	67
Peso H + Tara	18,48	15,55	15,87
Peso S + Tara	13,49	13,32	12,80
Peso Tara	5,54	5,44	5,51
% Humedad	37,4	41,8	42,1

LIMITE PLASTICO			Humedad Natural
Muestra No.	81	54	609
Peso H + Tara	12,50	13,02	3223,4
Peso S + Tara	11,35	11,53	3989,9
Peso Tara	5,43	5,21	105,1
% humedad	23,6	23,6	4,8



CLASIFICACION DEL MATERIAL MEDIANTE EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S)

Límite Líquido	39,8
Límite Plástico	23,6
Índice Plástico	16,2
Humedad Natural	4,8
GRAVAS	58,2
ARENAS	30,4
% PASA No 200	11,4

S.U.C.S
Grava mal gradada con arcilla con arena GC

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Material granular compuesto de gravas de tamaños de hasta 2 1/2" de diametro, mezcla de arenas en matriz arcillosa de color amarillo claro

OBSERVACIONES: MUESTRA SIN OBSERVACIONES RELEVANTES

CALCULO

ING. JAIME ENRIQUE BONILLA
DIRECTOR DE LABORATORIO

REVISO Y APROBO

GEOT. MARIA ELIZABETH BONILLA V.
SUBGERENTE TECNICO

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLÓGICOS

CARRERA 4 N° 15-44 TEL 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA
WEB: www.construcsuelos.com EMAIL: laboratorio@construcsuelos.com - calidad@construcsuelos.com



CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA
INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS

NTT. 800071708-1

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN CAMPO
Método del pozo invertido (Por encima del nivel freático)

ORDEN DE SERVICIO No. **8447-21**
 CLIENTE: CIUDAD LIMPIA S.A. E.S.P.
 PROYECTO: RELLENO SANITARIO "LOS ANGELES" NEIVA
 LOCALIZACION: MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA

FECHA	AA	MM	DD
RECEPCION	2021	09	24
ENSAYO	2021	09	25
REPORTE	2021	10	04

PUNTO N° 2 CELDA AGOSTO			Tiempo (min)	Altura (cm)	h1(cm)	h2(cm)	h1/h2	ln (h1/h2)	t1(h)	t2(h)	(cm/h)
UBICACION	N	-	0	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,00	0,02	-
	W	-	1	0,05	20,00	20,00	1,00	0,0	0,02	0,03	0,0000
Datos de campo	Diametro del pozo (cm)	20,0	2	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,03	0,05	0,0000
	Altura del pozo (cm)	20,0	3	0,00	20,00	19,50	1,03	0,0	0,05	0,07	7,5953
	r (cm)	10,0	4	0,30	19,50	19,40	1,01	0,0	0,07	0,08	3,5024
	Ho (cm)	20,0	5	0,60	19,40	19,00	1,02	0,0	0,08	0,17	1,2500
	H (cm)	10,0	10	1,00	19,00	18,40	1,04	0,0	0,17	0,25	1,9253
	to (h)	0,0	15	1,90	18,40	18,20	1,01	0,0	0,25	0,33	0,6557
	t (h)	3,00	20	1,90	18,20	18,00	1,01	0,0	0,33	0,42	0,6030
			25	2,00	18,00	18,00	1,00	0,0	0,42	0,50	0,0000
			30	2,00	18,00	17,90	1,01	0,0	0,50	0,58	0,3343
			35	2,10	17,90	17,90	1,03	0,0	0,58	0,67	2,0457
		40	2,70	17,90	17,00	1,02	0,0	0,67	0,75	1,0456	
		45	3,00	17,00	16,50	1,03	0,0	0,75	0,83	1,7912	
		50	3,50	16,50	16,30	1,07	0,0	0,83	0,92	1,4725	
		55	3,95	16,30	16,00	1,01	0,0	0,92	1,00	0,3738	
		60	4,00	16,00	15,00	1,25	0,2	1,00	2,00	1,0392	
		120	7,00	15,00	10,00	1,50	0,5	2,00	3,00	1,3218	
		180	10,00	10,00	10,00	1,00	0,0	3,00	0,00	0,0000	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:
 Material granular compuesto de gravas de tamaños de hasta 2" de diámetro, mezcla con arenas en matriz arcillosa de color amarillo claro.

RESULTADOS DE LA PRUEBA:

PROFUNDIDAD (m):	0,00-0,20 m	CLASES DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS	INDICE DE PERMEABILIDAD	
PERMEABILIDAD (K) =	0,89 cm/h		cm/hora	m/s
	2,48E-06 m/s	Muy lenta	< 0,1	< 2,8E-07
CLASE DE PERMEABILIDAD DEL SUELO:	MODERADAMENTE LENTA	Lenta	0,1 - 0,5	2,8E-06 a 1,4E-06
		Moderadamente Lenta	0,5 - 1,8	1,4E-06 a 4,4E-06
		Moderada	1,8 - 5,0	4,4E-06 a 1,4E-06
		Moderadamente rápida	5,0 - 12,0	1,4E-06 a 3,9E-06
		rápida	12,0 - 18	3,3E-06 a 5,0E-06
		Muy rápida	> 18,0	> 5,0E-06


CALCULO

 ING. JAIME ENRIQUE BONILLA
 DIRECTOR DE LABORATORIO

REVISO Y APROBO
 GEOT. MARIA ELIZABETH BONILLA V.
 SUBGERENTE TÉCNICO

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLÓGICOS

CARRERA 4 N° 15-44 TEL 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA
 WEB: www.construcsuelos.com EMAIL: laboratorio@construcsuelos.com - calidad@construcsuelos.com



CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA
INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS

NIT. 800071708-1

REPORTE CLASIFICACION DE SUELOS
LAB - FOR - 24

ORDEN DE SERVICIO No. **8447-21**

CLIENTE CIUDAD LIMPIA S.A. E.S.P.

PROYECTO RELLENO SANITARIO "LOS ANGELES" NEIVA

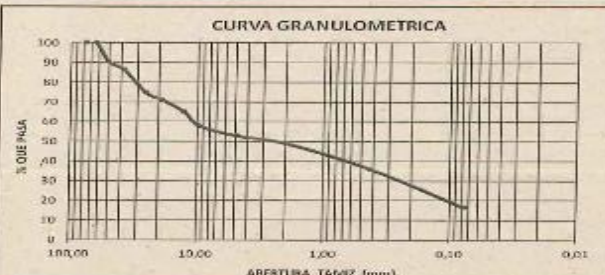
LOCALIZACION MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA

MATERIAL: MATERIAL DE EXCAVACION DEL APIQUE PARA LA PERMEABILIDAD DE CAMPO

FECHA	AA	MM	DD	ESPECIFICACION	UBICACION	CELDA AGOSTO
RECEPCION	2021	09	24	N.A.	SONDEO	-
ENSAYO	2021	09	25	NORMA DE ENSAYO	MUESTRA N°	1
REPORTE	2020	10	04	INV E 213/214 - NTC 1522	PROFUNDIDAD	20 cm

ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E-213 / 214

PESO INICIAL		PESO FINAL			
Tamiz	Peso	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	
3"	76,2	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,5	8,19	0,0	100,0	
2"	50,8	262,3	9,4	90,6	
1 1/2"	38,1	118,9	4,3	13,7	86,3
1"	25,4	323,6	11,8	25,3	74,7
3/4"	19,0	90,7	3,5	28,9	71,1
1/2"	12,7	165,8	6,1	35,0	65,0
3/8"	5,53	199,5	7,2	42,1	57,9
No. 4	4,75	143,1	5,1	47,3	52,7
No. 10	2,00	100,0	3,6	50,9	49,1
No. 40	0,425	364,0	13,1	64,0	36,0
No. 200	0,075	550,5	19,8	83,7	16,3
PASA 200	452,5	16,3	100,0		
TOTALS	2784,2	100,0			

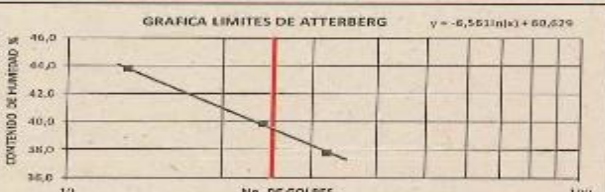


CURVA GRANULOMETRICA

ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG INV E-126 / 126

LIMITE LIQUIDO			
No. de Cortes	32	24	13
Muestra No.	42	14,0	5
Peso H + Tara	13,66	18,91	19,09
Peso S + Tara	11,35	13,55	12,68
Peso Tara	5,18	5,13	5,24
% Humedad	37,8	39,9	43,8

LIMITE PLASTICO			Humedad Natural
Muestra No.	103	69	911
Peso H + Tara	13,72	11,38	3060,9
Peso S + Tara	12,33	10,35	2814,1
Peso Tara	5,30	5,16	129,9
% Humedad	19,8	19,9	5,2



GRAFICA LIMITES DE ATTERBERG $y = -6,561(x) + 60,629$

S.U.C.S

Grava arcillosa con arena GC

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

Material granular compuesto de gravas de tamaños de hasta 2" de diametro, mezcla con arenas en matriz arcillosa de color amarillo claro

CLASIFICACION DEL MATERIAL MEDIANTE EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S)	
Límite Líquido	39,5
Límite Plástico	19,8
Índice Plástico	19,7
Humedad Natural	5,2
GRAVAS	47,3
ARENAS	36,5
% PASA No. 200	16,3

OBSERVACIONES: MUESTRA SIN OBSERVACIONES RELEVANTES

CALCULO

[Signature]

ING. JAIME ENRIQUE BONILLA
DIRECTOR DE LABORATORIO

REVISO Y APROBO

GFOT. MARIA ELIZABETH BONILLA V.
SUBGERENTE TÉCNICO

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLOGICOS

CARRERA 4 N° 15-44 TEL. 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA

WEB: www.construcsuelos.com EMAIL: laboratorio@construcsuelos.com - calidad@construcsuelos.com

5



CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA
INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS

NIT. 800071708-1

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN CAMPO
Método del pozo invertido (Por encima del nivel freático)

ORDEN DE SERVICIO No. **7442-21**
 CLIENTE: CIUDAD LIMPIA S.A. E.S.P.
 PROYECTO: RELLENO SANITARIO "LOS ANGELES" NEIVA
 LOCALIZACION: MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA

FECHA	AA	MM	DD
RECEPCION	2021	09	24
ENSAYO	2021	09	25
REPORTE	2021	10	09

PUNTO N° 3 CELDA SEPTIEMBRE				Tiempo [min]	Altura [cm]	h1[cm]	h2[cm]	h1/h2	ln (h1/h2)	t1[h]	t2[h]	(cm/h)
UBICACION	N			0	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,00	0,00	-
	W			1	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,00	0,00	0,0000
	msnm			2	0,00	20,00	20,00	1,00	0,0	0,00	0,00	0,0000
Datos de campo	Diametro del pozo (cm)		20,0	3	0,30	20,00	20,00	1,00	0,0	0,05	0,07	0,0000
	Altura del pozo (cm)		20,0	4	0,00	20,00	19,30	1,03	0,0	0,07	0,08	7,2553
	r (cm)		10,0	5	0,50	19,50	19,30	1,02	0,0	0,08	0,17	0,0000
	Ho (cm)		20,0	10	0,80	19,20	19,20	1,00	0,0	0,17	0,25	0,0000
	H (cm)		12,0	15	0,00	19,20	19,00	1,01	0,0	0,25	0,33	0,5283
	to (h)		0,0	20	1,00	19,00	18,80	1,01	0,0	0,33	0,42	0,6349
	t (h)		3,00	25	1,20	18,80	18,50	1,02	0,0	0,40	0,50	0,9552
				30	1,50	18,50	18,30	1,01	0,0	0,50	0,58	0,6522
				35	1,70	18,30	18,00	1,02	0,0	0,58	0,67	0,7018
				40	2,00	18,00	17,80	1,01	0,0	0,67	0,75	0,8704
			45	2,20	17,80	17,50	1,02	0,0	0,75	0,83	1,0199	
			50	2,50	17,50	17,30	1,01	0,0	0,83	0,92	0,6897	
			55	2,70	17,30	17,20	1,01	0,0	0,92	1,00	0,3178	
			60	2,80	17,20	15,80	1,09	0,1	1,00	2,00	0,4245	
			120	4,20	15,80	12,00	1,32	0,3	2,00	3,00	1,1755	
			180	6,00	12,00	12,00	1,00	0,0	3,00	3,00	0,0000	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:
Material granular compuesto de gravas de tamaños de hasta 2" de diámetro mezclado con arenas en matriz arcillosa de color amarillo claro.

RESULTADOS DE LA PRUEBA:

PROFUNDIDAD (m):	0,00-0,20 m	CLASES DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS	INDICE DE PERMEABILIDAD	
PERMEABILIDAD [K] =	0,79 cm/h 2,19E-06 m/s		cm/hora	m/s
CLASE DE PERMEABILIDAD DEL SUELO:	MODERADA	Muy lenta	< 0,1	< 2,8E-07
		Lenta	0,1 - 0,5	2,8E-06 a 1,4E-06
		Moderadamente Lenta	0,5 - 1,0	1,4E-06 a 4,4E-06
		Moderada	1,0 - 5,0	4,4E-06 a 1,4E-05
		Moderadamente rápida	5,0 - 12,0	1,4E-05 a 3,3E-05
		Rápida	12,0 - 18	3,3E-05 a 5,0E-05
		Muy rápida	> 18,0	> 5,0E-05

CALCULO


ING. JAIME ENRIQUE BONILLA
DIRECTOR DE LABORATORIO

REVISO Y APROBO

GEOT. MARIA ELIZABETH BONILLA V.
SUBGERENTE TÉCNICO

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLÓGICOS

CARRERA 4 N° 15-44 TEL 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA
 WEB: www.construcsuelos.com EMAIL: laboratorio@construcsuelos.com - calidad@construcsuelos.com



CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA
INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS

NIT. 800071708-1

REPORTE CLASIFICACION DE SUELOS
LAB - FOR - 24

ORDEN DE SERVICIO No. **8447 - 21**

CLIENTE CIUDAD LIMPIA S.A. E.S.P

PROYECTO RELLENO SANITARIO "LOS ANGELES" NEIVA

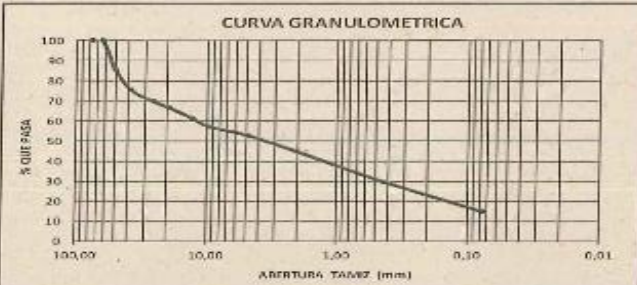
LOCALIZACION MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA

MATERIAL: MATERIAL DE EXCAVACION DEL APIQUE PARA LA PERMEABILIDAD DE CAMPO

FECHA RECEPCION	AA	MM	DD	ESPECIFICACION	UBICACION	CELDA SEPTIEMBRE
ENSAYO	2021	09	24	N.A	SONDEO	
REPORTE	2021	09	25	NORMA DE ENSAYO	MUESTRA N°	1
				INV E-213/214 - NTC 1522	PROFUNDIDAD	20 cm

ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E-213 / 214

Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
Alberne				
3"	78,2	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,5	0,0	0,0	100,0
2"	60,8	462,0	14,2	85,8
1 1/2"	36,1	329,1	30,3	75,5
1"	25,4	182,0	5,7	94,3
3/4"	19,0	103,0	3,2	96,8
1/2"	12,7	164,6	5,2	94,8
3/8"	9,53	127,6	4,0	96,0
No. 4	4,75	143,0	4,5	95,5
No. 10	2,00	258,2	8,0	92,0
No. 40	0,425	403,9	15,2	84,8
No. 200	0,075	470,4	14,8	85,2
PASA 200	471,2	14,8	100,0	
TOTALES	3183,8	100,0		

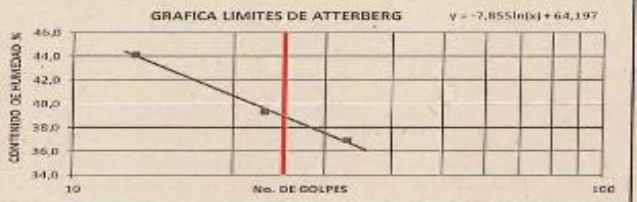


CURVA GRANULOMETRICA

ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG INV E -126 / 126

LIMITE LIQUIDO			
No de Golpes	33	23	13
Muestra No.	124	41	109
Peso H + Tara	14,70	15,74	15,09
Peso S + Tara	12,14	12,74	12,11
Peso Tara	5,20	5,11	5,38
% Humedad	28,9	29,3	44,1

LIMITE PLASTICO			
Muestra No.	19	91	816
Peso H + Tara	14,99	13,13	344,0
Peso S + Tara	13,25	11,81	3316,1
Peso Tara	5,62	5,55	132,1
% Humedad	21,0	21,1	3,9



GRAFICA LIMITES DE ATTERBERG

$y = -7,85 \ln(x) + 64,197$

CLASIFICACION DEL MATERIAL MEDIANTE EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S)

Límite Líquido	38,9
Límite Plástico	21,0
Índice Plástico	17,9
Humedad Natural	3,9
GRAVAS	47,2
ARENAS	38,0
% PASA No 200	14,8

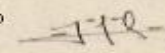
S.U.C.S

Grava arcillosa con arena GC

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

Materia granular compuesto de gravas de tamaños de hasta 2" de diámetro mezclado con arenas en matriz arcillosa de color amarillo claro

OBSERVACIONES: MUESTRA SIN OBSERVACIONES RELEVANTES

CALCULO 

ING. JAIME ENRIQUE BONILLA A.
DIRECTOR DE LABORATORIO

REVISO Y APROBO

GEOT. MARIA ELIZABETH BONILLA V.
SUBGERENTE TÉCNICO

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLÓGICOS

CARRERA 4 N° 15-44 TEL 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA

WEB: www.construcsuelos.com EMAIL: laboratorio@construcsuelos.com - calidad@construcsuelos.com

7

C. Anexo: Análisis hidrológico

Diagrama de Pearson tipo III

Estación Aeropuerto Benito salas						
Cantidad de datos	Año	Precipitación máxima (mm/día)	Orden de precipitación	$(X_i - X_m)^2$	$(X_i - X_m)^3$	TR (Años)
1	1994	156.5	160.3	4382.91	290164.49	2
2	1995	72.5	156.5	3894.21	243012.35	X_m
3	1996	99.8	143.8	2470.45	122789.94	94.1
4	1997	63.7	130	1289.07	46282.09	S
5	1998	160.3	127	1082.65	35622.89	29.36
6	1999	130	126.4	1043.52	33709.45	C_s
7	2000	73.2	119.8	660.67	16981.67	0.82
8	2001	84	100.5	41.01	262.58	K
9	2002	96.2	99.8	32.53	185.54	-0.1352
10	2003	74.8	96.2	4.43	9.31	P (mm/día)
11	2004	69.3	96	3.62	6.9	90.13
12	2005	86.3	89.7	19.33	-84.98	
13	2006	85	89.1	24.96	-124.73	
14	2007	96	86.3	60.78	-473.9	
15	2008	89.1	85	82.75	-752.68	
16	2009	70.2	84	101.94	-1029.21	
17	2010	83	83	123.13	-1366.31	
18	2011	81.3	81.3	163.75	-2095.4	
19	2012	100.5	79.5	213.06	-3109.85	
20	2013	89.7	78.9	230.93	-3509.33	
21	2014	78.9	74.8	372.35	-7185.07	
22	2015	50.6	72.5	466.41	-10072.7	
23	2016	119.8	70.5	556.79	-13138.29	
24	2017	143.8	70.2	571.04	-13645.8	
25	2018	79.5	69.3	614.86	-15246.4	
26	2019	70.5	63.7	923.94	-28084.56	
27	2020	126.4	50.6	1891.94	-82292.6	
28	2021	127	50	1944.5	-85745.29	
TOTAL				23267.51	521070.09	

Estacion Aeropuerto Benito salas		
TR (años)	K	P (mm/día)
2	-0.1352	90.13
5	0.778	116.94
10	1.3366	133.34
25	1.998	152.76
50	2.462	166.38
100	2.9042	179.37
200	3.3316	191.92

Diagrama de distribución del Gumbel

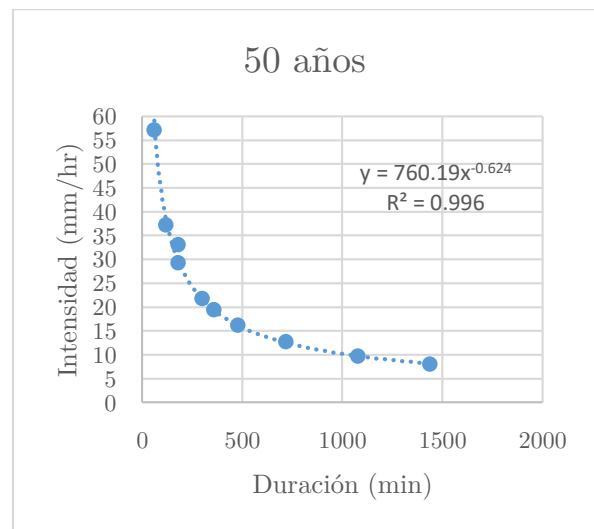
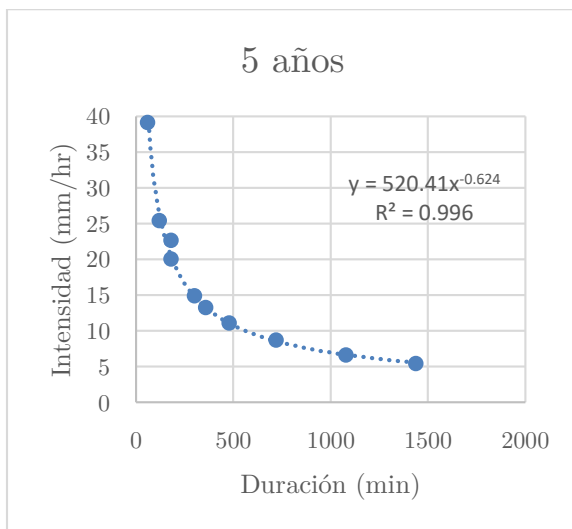
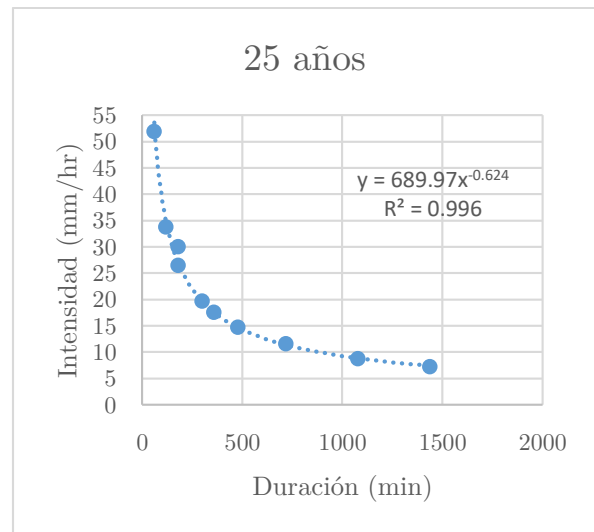
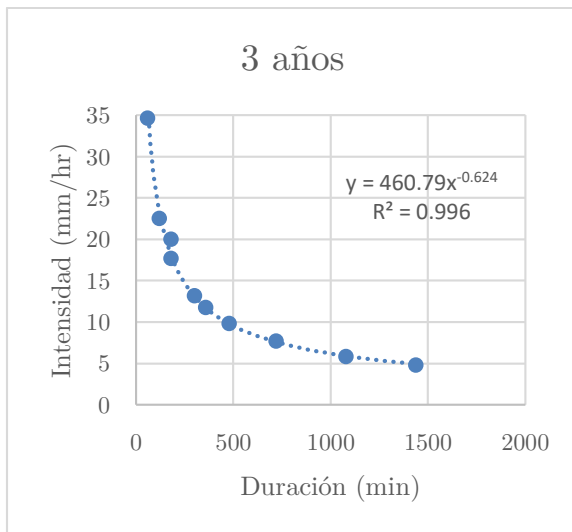
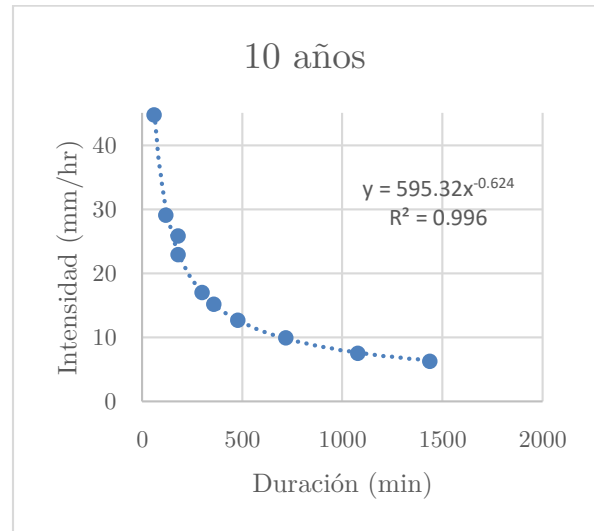
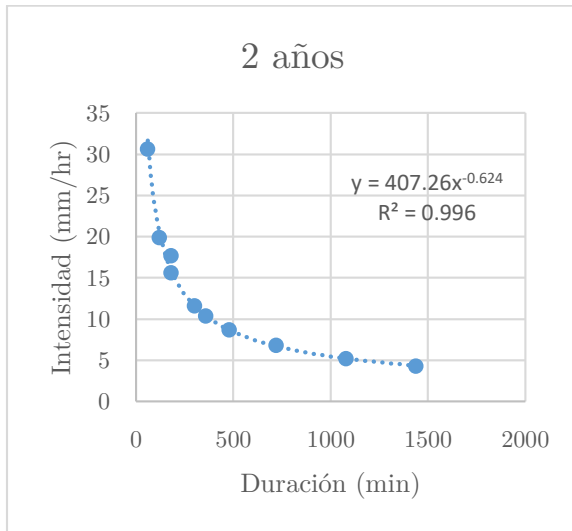
Cantidad de datos	Año	Precipitación máxima (mm/día) (Xi)	$(Xi - prom)^2$
1	1994	156.5	3791.48
2	1995	72.5	502.88
3	1996	99.8	23.77
4	1997	63.7	975.00
5	1998	160.3	4273.89
6	1999	130	1230.26
7	2000	73.2	471.98
8	2001	84	119.36
9	2002	96.2	1.63
10	2003	74.8	405.02
11	2004	69.3	656.64
12	2005	86.3	74.39
13	2006	85	98.51
14	2007	96	1.16
15	2008	89.1	33.93
16	2009	70.2	611.33
17	2010	83	142.21
18	2011	81.3	185.64
19	2012	100.5	31.08
20	2013	89.7	27.30
21	2014	78.9	256.80
22	2015	50.6	1964.71
23	2016	119.8	618.77
24	2017	143.8	2388.77
25	2018	79.5	237.93
26	2019	70.5	596.58
27	2020	126.4	990.68
28	2021	127	1028.81
MAX		160.3	21740.45
promedio		94.93	

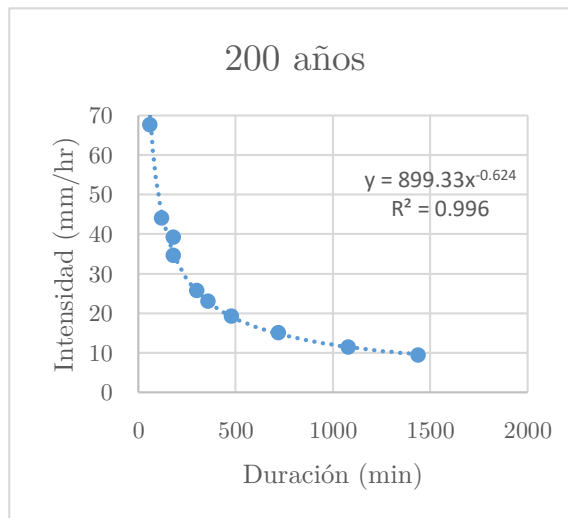
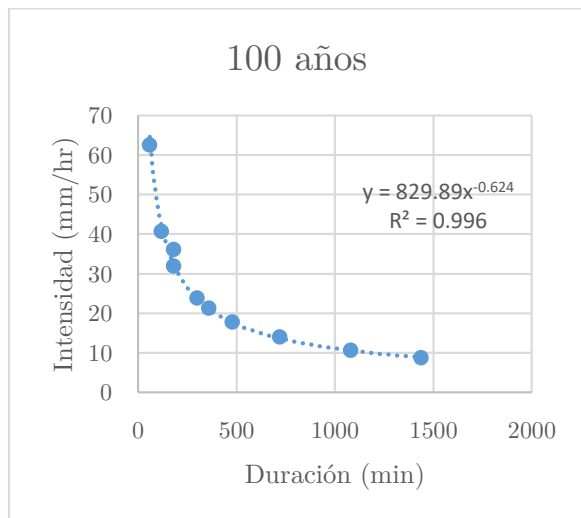
S	28.38
β	22.12
μ	82.15

Periodo de retorno	$Y_t = -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$	$\bar{X} = \mu + Y_t * \beta$	$F_{(x,\mu,\beta)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)}}$	$X_{t(\text{corregido})} = 1.13 * X_t$
	Yt	Xt	F(x)	Xt corregido (mm/día)
2	0.37	90.26	0.50	102.00
3	0.90	102.13	0.67	115.40
5	1.50	115.34	0.80	130.33
10	2.25	131.94	0.90	149.10
25	3.20	152.92	0.96	172.80
50	3.90	168.48	0.98	190.39
100	4.60	183.93	0.99	207.84
200	5.30	199.32	1.00	225.23

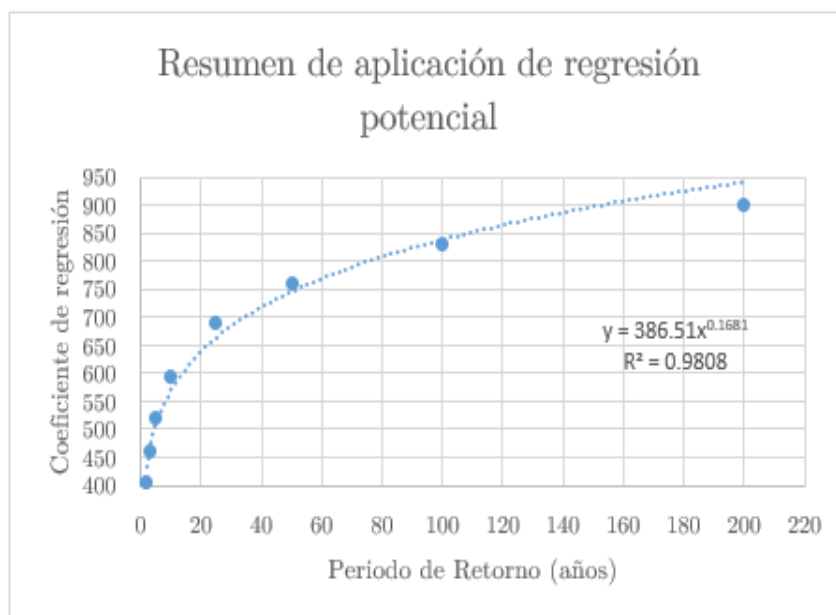
Duración	Factor de Reducción	P.M.P (mm/24 horas) para diferentes tiempos de duracion Sg. Periodo de retorno							
		2	3	5	10	25	50	100	200
24	1	102.00	115.40	130.33	149.10	172.80	190.39	207.84	225.23
18	0.91	92.82	105.02	118.60	135.68	157.25	173.25	189.14	204.96
12	0.8	81.60	92.32	104.27	119.28	138.24	152.31	166.27	180.19
8	0.68	69.36	78.47	88.63	101.39	117.50	129.46	141.33	153.16
6	0.61	62.22	70.40	79.50	90.95	105.41	116.14	126.78	137.39
5	0.57	58.14	65.78	74.29	84.98	98.50	108.52	118.47	128.38
4	0.52	53.04	60.01	67.77	77.53	89.86	99.00	108.08	117.12
3	0.46	46.92	53.09	59.95	68.58	79.49	87.58	95.61	103.61
2	0.39	39.78	45.01	50.83	58.15	67.39	74.25	81.06	87.84
1	0.3	30.60	34.62	39.10	44.73	51.84	57.12	62.35	67.57

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm/hr) según el periodo de retorno							
Hr	min	2 años	3 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años
24	1440	4.25	4.81	5.43	6.21	7.20	7.93	8.66	9.38
18	1080	5.16	5.83	6.59	7.54	8.74	9.63	10.51	11.39
12	720	6.80	7.69	8.69	9.94	11.52	12.69	13.86	15.02
8	480	8.67	9.81	11.08	12.67	14.69	16.18	17.67	19.14
6	360	10.37	11.73	13.25	15.16	17.57	19.36	21.13	22.90
5	300	11.63	13.16	14.86	17.00	19.70	21.70	23.69	25.68
3	180	17.68	20.00	22.59	25.84	29.95	33.00	36.03	39.04
3	180	15.64	17.70	19.98	22.86	26.50	29.19	31.87	34.54
2	120	19.89	22.50	25.42	29.07	33.70	37.13	40.53	43.92
1	60	30.60	34.62	39.10	44.73	51.84	57.12	62.35	67.57





Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de retorno	Coefficiente de regresión	Exponente de regresión
2	407.26	-0.624
3	460.79	-0.624
5	520.41	-0.624
10	595.31	-0.624
25	689.97	-0.624
50	760.19	-0.624
100	829.89	-0.624
200	899.33	-0.624
Promedio	645.39	-0.624



Curva Intensidad - duración - Frecuencia								
Duración (t min)	Frecuencia (T años)							
	2	3	5	10	25	50	100	200
10	103.2200	110.5006	120.4086	135.2885	157.8172	177.3199	199.2328	223.8535
20	66.9763	71.7005	78.1295	87.7845	102.4028	142.3424	145.1579	145.2517
30	52.0044	55.6726	60.6644	68.1612	79.5117	106.5154	106.8667	112.7821
40	43.4589	46.5243	50.6958	56.9607	66.4460	84.7780	84.8250	94.2494
50	37.8100	40.4769	44.1063	49.5568	57.8092	70.9819	70.9885	81.9986
60	33.7441	36.1242	39.3633	44.2277	51.5927	61.4854	61.4864	73.1809
70	30.6495	32.8113	35.7533	40.1716	46.8612	54.5145	54.5147	66.4695
80	28.1991	30.1882	32.8950	36.9601	43.1148	49.1519	49.1519	61.1555
90	26.2009	28.0490	30.5640	34.3410	40.0596	44.8809	44.8809	56.8220
100	24.5337	26.2642	28.6192	32.1559	37.5106	41.3878	41.3878	53.2064
110	23.1172	24.7478	26.9667	30.2992	35.3448	38.4705	38.4705	50.1343
120	21.8955	23.4399	25.5416	28.6980	33.4769	35.9925	35.9925	47.4848
130	20.8288	22.2979	24.2972	27.2998	31.8459	33.8578	33.8578	45.1714
140	19.8875	21.2903	23.1992	26.0661	30.4068	31.9972	31.9972	43.1301
150	19.0495	20.3931	22.2217	24.9678	29.1255	30.3591	30.3591	41.3126
160	18.2976	19.5882	21.3445	23.9822	27.9759	28.9043	28.9043	39.6820
170	17.6183	18.8610	20.5522	23.0919	26.9373	27.6025	27.6025	38.2088
180	17.0010	18.2001	19.8320	22.2828	25.9935	26.4298	26.4298	36.8701
190	16.4370	17.5963	19.1741	21.5436	25.1311	25.3672	25.3672	35.6469
200	15.9192	17.0421	18.5701	20.8650	24.3395	24.3992	24.3992	34.5240
210	15.4418	16.5310	18.0133	20.2393	23.6097	23.5133	23.5133	33.4888
220	15.0000	16.0581	17.4979	19.6602	22.9342	22.6990	22.6990	32.5306
230	14.5897	15.6188	17.0192	19.1224	22.3067	21.9476	21.9476	31.6407
240	14.2073	15.2094	16.5732	18.6213	21.7221	21.2518	21.2518	30.8114

D. Anexo: Corte y Relleno

Canal #1

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.04	0.04	0.29	0.63	0.29	0.63
0+020.00	0.04	0.05	0.38	0.42	0.67	1.05
0+030.00	0.00	0.15	0.20	0.99	0.87	2.04
0+040.00	0.00	0.23	0.02	1.92	0.90	3.96
0+050.00	0.00	0.15	0.02	1.91	0.92	5.88
0+060.00	0.00	0.16	0.04	1.58	0.95	7.46
0+070.00	0.00	0.18	0.02	1.73	0.98	9.18
0+080.00	0.00	0.26	0.01	2.20	0.98	11.38
0+090.00	0.00	0.45	0.00	3.56	0.98	14.94
0+100.00	0.00	0.43	0.00	4.43	0.98	19.37

Canal #2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	0.24	0.00	2.15	0.00	2.15
0+020.00	0.00	0.28	0.00	2.58	0.00	4.73
0+030.00	0.00	0.34	0.00	3.09	0.00	7.81
0+040.00	0.00	0.42	0.00	3.79	0.00	11.61
0+050.00	0.00	0.44	0.00	4.36	0.00	15.97
0+060.00	0.00	0.33	0.00	3.86	0.00	19.82
0+070.00	0.03	0.07	0.13	2.01	0.13	21.84
0+080.00	0.40	0.00	2.15	0.34	2.28	22.18
0+090.00	0.93	0.00	6.67	0.00	8.95	22.18
0+096.56	1.30	0.00	7.30	0.00	16.25	22.18

Canal #3

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	0.16	0.03	1.65	0.03	1.65
0+020.00	0.00	0.16	0.03	1.64	0.05	3.29
0+030.00	0.00	0.27	0.01	2.12	0.07	5.41
0+040.00	0.00	0.40	0.00	3.33	0.07	8.74
0+050.00	0.00	0.54	0.00	4.68	0.07	13.42
0+060.00	0.00	0.64	0.00	5.79	0.07	19.22
0+070.00	0.00	0.91	0.00	7.76	0.07	26.97
0+073.24	0.00	0.00	0.00	1.48	0.07	28.45

Canal #4

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.51	0.00	2.55	0.00	2.55	0.00
0+020.00	0.26	0.00	3.86	0.00	6.41	0.00
0+030.00	0.05	0.02	1.57	0.11	7.98	0.11
0+040.00	0.00	0.17	0.26	0.94	8.25	1.05
0+050.00	0.00	0.55	0.01	3.61	8.26	4.65
0+060.00	0.00	0.66	0.00	6.18	8.26	10.83
0+070.00	0.00	0.71	0.00	6.85	8.26	17.68
0+070.09	0.00	0.00	0.00	0.03	8.26	17.71

Canal #5

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.31	0.00	5.44	0.00	5.44	0.00
0+020.00	0.02	0.07	1.69	0.35	7.12	0.35
0+030.00	0.00	0.24	0.12	1.54	7.25	1.89
0+040.00	0.00	0.37	0.00	3.02	7.25	4.91
0+050.00	0.00	0.49	0.00	4.21	7.25	9.13
0+060.00	0.00	0.58	0.00	5.32	7.25	14.45
0+067.32	0.00	0.57	0.00	4.19	7.25	18.64

Canal #6

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	1.53	0.00	17.69	0.00	17.69	0.00
0+020.00	1.21	0.00	13.16	0.00	30.85	0.00
0+030.00	0.82	0.00	10.63	0.00	41.48	0.00
0+040.00	0.60	0.00	7.58	0.00	49.06	0.00
0+050.00	0.43	0.00	5.04	0.00	54.10	0.00
0+060.00	0.24	0.00	3.39	0.00	57.49	0.00
0+070.00	0.02	0.07	1.31	0.35	58.80	0.35
0+080.00	0.00	0.23	0.12	1.49	58.92	1.85
0+090.00	0.00	0.30	0.00	2.65	58.92	4.50
0+100.00	0.00	0.25	0.00	2.73	58.92	7.23
0+110.00	0.00	0.18	0.01	2.14	56.93	9.37
0+120.00	0.05	0.03	0.24	1.02	59.17	10.39
0+130.00	0.27	0.00	1.60	0.13	60.77	10.52
0+140.00	0.53	0.00	4.02	0.00	64.80	10.52
0+150.00	0.88	0.00	5.45	0.00	70.24	10.52
0+160.00	0.71	0.00	6.44	0.00	76.69	10.52
0+170.00	0.66	0.00	6.64	0.00	83.33	10.52
0+180.00	0.56	0.00	6.13	0.00	89.46	10.52
0+190.00	0.44	0.00	5.03	0.00	94.48	10.52
0+200.00	0.32	0.00	3.82	0.00	98.30	10.52
0+210.00	0.22	0.00	2.73	0.00	101.03	10.52
0+220.00	0.16	0.00	1.82	0.00	102.95	10.52

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+230.00	0.11	0.00	1.36	0.00	104.31	10.52
0+240.00	0.10	0.00	1.06	0.00	105.35	10.52
0+250.00	0.04	0.04	0.70	0.18	106.05	10.70
0+260.00	0.01	0.13	0.24	0.82	106.29	11.53
0+270.00	0.00	0.22	0.04	1.75	106.33	13.28
0+280.00	0.00	0.28	0.00	2.51	106.33	15.78
0+290.00	0.00	0.21	0.00	2.43	106.34	18.21
0+300.00	0.00	0.19	0.01	1.99	106.34	20.20
0+310.00	0.00	0.20	0.01	1.82	106.35	22.12
0+320.00	0.00	0.26	0.01	2.29	106.36	24.41
0+330.00	0.00	0.34	0.00	3.00	106.36	27.41
0+340.00	0.00	0.47	0.00	4.04	106.36	31.45
0+350.00	0.00	0.54	0.00	4.97	106.36	36.42
0+360.00	0.00	0.50	0.00	5.22	106.36	41.65
0+370.00	0.00	0.43	0.00	4.84	106.36	46.29
0+380.00	0.00	0.35	0.00	3.90	106.36	50.18
0+390.00	0.00	0.28	0.00	3.18	106.36	53.37
0+400.00	0.00	0.23	0.00	2.56	106.36	55.93
0+410.00	0.00	0.25	0.00	2.38	106.36	58.30
0+420.00	0.00	0.38	0.00	3.12	106.36	61.42
0+430.00	0.00	0.51	0.00	4.43	106.36	65.85
0+440.00	0.00	0.79	0.00	6.49	106.36	72.34

Canal #7

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	0.20	0.00	2.08	0.00	2.08
0+020.00	0.00	0.24	0.00	2.17	0.00	4.25
0+030.00	0.00	0.29	0.00	2.63	0.00	6.88
0+040.00	0.00	0.34	0.00	3.06	0.00	9.94
0+050.00	0.00	0.39	0.00	3.62	0.00	13.56
0+060.00	0.00	0.43	0.00	4.09	0.00	17.65
0+070.00	0.00	0.47	0.00	4.47	0.00	22.12
0+080.00	0.00	0.52	0.00	4.98	0.00	27.10
0+090.00	0.00	0.75	0.00	6.37	0.00	33.47
0+100.00	0.00	1.05	0.00	8.99	0.00	42.46
0+100.07	0.00	1.05	0.00	0.07	0.00	42.53

Disipador de energía #1

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	1.08	0.00	12.65	0.00	12.65
0+020.00	0.01	0.72	0.03	8.99	0.03	21.64
0+030.00	0.01	0.61	0.09	6.65	0.12	28.29
0+040.00	0.04	0.34	0.27	4.76	0.40	33.05
0+050.00	0.03	0.48	0.33	4.09	0.73	37.14
0+060.00	0.04	0.33	0.29	3.83	1.02	40.97
0+070.00	0.01	0.69	0.21	5.08	1.23	46.05
0+080.00	0.00	0.93	0.03	8.10	1.25	54.15
0+090.00	0.00	1.26	0.00	10.93	1.25	65.08
0+100.00	0.00	1.31	0.00	12.82	1.25	77.91
0+110.00	0.00	1.42	0.00	13.58	1.25	91.48
0+120.00	0.00	1.50	0.00	14.56	1.25	106.04
0+130.00	0.00	1.52	0.00	15.07	1.25	121.12
0+140.00	0.00	1.45	0.00	14.85	1.25	135.97
0+150.00	0.00	1.40	0.00	14.25	1.25	150.22
0+151.95	0.00	1.39	0.00	2.72	1.25	152.94

Disipador de energía #2

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	1.77	0.00	15.97	0.00	15.97
0+020.00	0.00	2.06	0.00	19.12	0.00	35.09
0+030.00	0.00	2.30	0.00	21.80	0.00	56.89
0+040.00	0.00	2.70	0.00	25.01	0.00	81.90
0+050.00	0.00	2.75	0.00	27.22	0.00	109.12
0+060.00	0.00	2.52	0.00	26.31	0.00	135.43
0+070.00	0.00	2.23	0.00	23.75	0.00	159.18
0+080.00	0.00	1.58	0.00	19.07	0.00	178.26
0+081.81	0.00	1.44	0.00	2.74	0.00	181.00

Disipador de energía #3

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	1.60	0.00	15.28	0.00	15.28
0+020.00	0.00	1.71	0.00	16.50	0.00	31.79
0+030.00	0.00	1.55	0.00	16.07	0.00	47.86
0+040.00	0.00	1.10	0.00	13.23	0.00	61.10
0+050.00	0.04	0.36	0.20	7.28	0.20	68.38
0+060.00	0.32	0.00	1.80	1.79	2.00	70.17
0+070.00	0.00	0.96	1.60	4.82	3.60	74.98
0+079.66	0.00	1.43	0.00	11.58	3.60	86.57

Disipador de energía #4

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	2.62	0.00	21.72	0.00	21.72
0+020.00	0.00	3.08	0.00	27.53	0.00	49.25
0+030.00	0.00	3.26	0.00	31.69	0.00	80.94
0+040.00	0.00	3.42	0.00	33.38	0.00	114.32
0+050.00	0.00	3.64	0.00	35.31	0.00	149.62
0+060.00	0.00	3.58	0.00	36.10	0.00	185.72
0+070.00	0.00	3.41	0.00	34.96	0.00	220.67
0+080.00	0.00	2.90	0.00	31.59	0.00	252.27
0+090.00	0.00	2.25	0.00	25.78	0.00	278.05
0+100.00	0.00	1.61	0.00	19.31	0.00	297.36
0+110.00	0.00	0.99	0.00	13.00	0.00	310.36
0+120.00	0.04	0.39	0.18	6.91	0.18	317.28
0+130.00	0.02	0.56	0.28	5.04	0.45	322.32
0+140.00	0.00	1.06	0.08	8.13	0.54	330.45
0+147.73	0.00	1.43	0.00	9.64	0.54	340.09

E. Anexo: Análisis de Precios Unitarios (APU)

RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA(H)		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
OBRAS HIDRAULICAS DE CONTROL Y DRENAJES DE ESCORRENTÍAS EN EL SECTOR II DEL RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA						
Comisión de topografía para realización del levantamiento del área afectada por la erosión.					ITEM	1.1
					UNIDAD	DÍA
I. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	cantidad	Valor-Parcial.	
HERRAMIENTA MENOR	DIA		\$ 23,850.00	0.15	\$ 3,577.50	
EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	DIA		\$ 250,000.00	1	\$ 250,000.00	
SUBTOTAL (A)					\$ 253,577.50	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	Cantidad	Valor-Parcial.	
SUBTOTAL (B)					\$ -	
III. TRANSPORTES						
Descripción	Unidad	Distancia (M3/Km)	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-Parcial.	
SUBTOTAL (C)					\$ -	
IV. MANO DE OBRA						
Descripción	Unidad	Cantidad	Jornal/hora	Rendimiento	Valor-Parcial.	
TOPOGRAFO	DÍA	\$ 1.00	\$ 120,000.00	0.1	\$ 12,000.00	
AUX. DE TOPOGRAFÍA	DÍA	\$ 2.00	\$ 40,000.00	0.1	\$ 8,000.00	
SUBTOTAL (D)					\$ 20,000.00	
VALOR TOTAL UNITARIO (A+B+C+D)					\$ 273,577.50	

RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA(H)		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
OBRAS HIDRAULICAS DE CONTROL Y DRENAJES DE ESCORRENTÍAS EN EL SECTOR II DEL RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA						
Excavación manual en material conglomerado h=0 - 2m.					ITEM	2.1
					UNIDAD	M3
I. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	cantidad	Valor-Parcial.	
HERRAMIENTA MENOR	DIA		\$ 23,850.00	0.15	\$ 3,577.50	
SUBTOTAL (A)					\$ 3,577.50	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	Cantidad	Valor-Parcial.	
SUBTOTAL (B)					\$ -	
III. TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Distancia (M3/Km)	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-Parcial.	
SUBTOTAL (C)					\$ -	
IV. MANO DE OBRA						
Descripción	unidad	Cantidad	Jornal/hora	Rendimiento	Valor-Parcial.	
AYUDANTE	DÍA	\$ 2.00	\$ 47,308.00	0.48	\$ 45,415.68	
SUBTOTAL (D)					\$ 45,415.68	
VALOR TOTAL UNITARIO (A+B+C+D)					\$ 48,993.18	

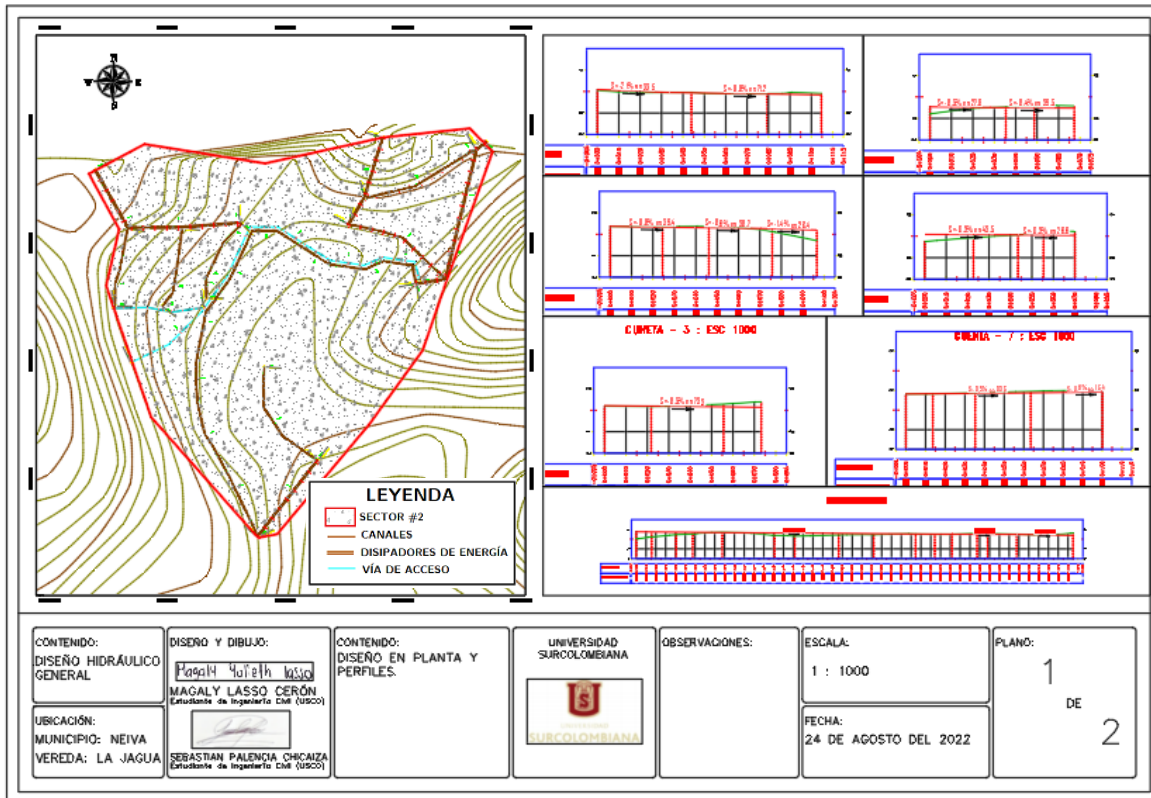
RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA(H)		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
OBRAS HIDRAULICAS DE CONTROL Y DRENAJES DE ESCORRENTÍAS EN EL SECTOR II DEL RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA						
Construcción Canales en concreto de 3000 Psi					ITEM	2.2
					UNIDAD	M3
I. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	cantidad	Valor-Parcial.	
HERRAMIENTA MENOR	DIA		\$23,850.00	0.15	\$ 3,577.50	
MEZCLADORA MOTOR A GASOLINA	\$/DIA		\$7,975.00	1	\$ 6,380.00	
VIBRADOR CON MOTOR A GASOLINA	\$/DIA		\$7,975.00	1	\$ 6,380.00	
SUBTOTAL (A)					\$ 16,337.50	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	Cantidad	Valor-Parcial.	
FORMAleta EN MADERA	M2		\$ 26,020.00	2.5	\$ 65,050.00	
ARENA LAVADA DE RÍO 1 M3	M3		\$ 95,019.00	0.558	\$ 53,020.60	
CEMENTO 1 KG	KG		\$ 615.00	367.5	\$ 226,012.50	
TRITURADO DE 3/4" X 1 M3	M3		\$ 150,500.00	0.8820	\$ 132,741.00	
AGUA PARA LA OBRA 1 LITRO	LT		\$ 39.00	199.5	\$ 7,780.50	
SUBTOTAL (B)					\$ 484,604.60	
III. TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Distancia (M3/Km)	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-Parcial.	
SUBTOTAL (C)					\$ -	
IV. MANO DE OBRA						
Descripción	unidad	Cantidad	JORNAL HORA	Rendimiento	Valor-Parcial.	
MAESTRO DE OBRA	DÍA	\$ 1.00	\$ 80,423.00	0.48	\$ 38,603.04	
AYUDANTE	DÍA	\$ 6.00	\$ 47,308.00	0.48	\$ 136,247.04	
SUBTOTAL (D)					\$ 174,850.08	
VALOR TOTAL UNITARIO (A+B+C+D)					\$ 675,792.18	

RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA(H)		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
OBRAS HIDRAULICAS DE CONTROL Y DRENAJES DE ESCORRENTÍAS EN EL SECTOR II DEL RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA						
Construcción Escalones Disipadores 3000 Psi (E=0,10 M)					ITEM	2.3
					UNIDAD	M3
I. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	cantidad	Valor-Parcial.	
HERRAMIENTA MENOR	DIA		\$23,850.00	0.15	\$ 3,577.50	
MEZCLADORA MOTOR A GASOLINA	\$/DIA		\$7,975.00	1	\$ 6,380.00	
VIBRADOR CON MOTOR A GASOLINA	\$/DIA		\$7,975.00	1	\$ 6,380.00	
SUBTOTAL (A)					\$ 16,337.50	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	Cantidad	Valor-Parcial.	
FORMAleta EN MADERA	M2		\$ 26,020.00	1	\$ 26,020.00	
ARENA LAVADA DE RÍO 1 M3	M3		\$ 95,019.00	0.558	\$ 53,020.60	
CEMENTO 1 KG	KG		\$ 615.00	367.5	\$ 226,012.50	
TRITURADO DE 3/4" X 1 M3	M3		\$ 150,500.00	0.8820	\$ 132,741.00	
AGUA PARA LA OBRA 1 LITRO	LT		\$ 39.00	199.5	\$ 7,780.50	
SUBTOTAL (B)					\$ 445,574.60	
III. TRANSPORTES						
Descripción	Unidad	Distancia (M3/Km)	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-Parcial.	
SUBTOTAL (C)					\$ -	
IV. MANO DE OBRA						
Descripción	unidad	Cantidad	Jornal/día	Rendimiento	Valor-Parcial.	
MAESTRO DE OBRA	DÍA	\$ 1.00	\$ 80,423.00	0.48	\$ 38,603.04	
AYUDANTE	DÍA	\$ 5.00	\$ 47,308.00	0.48	\$ 113,539.20	
SUBTOTAL (D)					\$ 152,142.24	
VALOR TOTAL UNITARIO (A+B+C+D)					\$ 614,054.34	

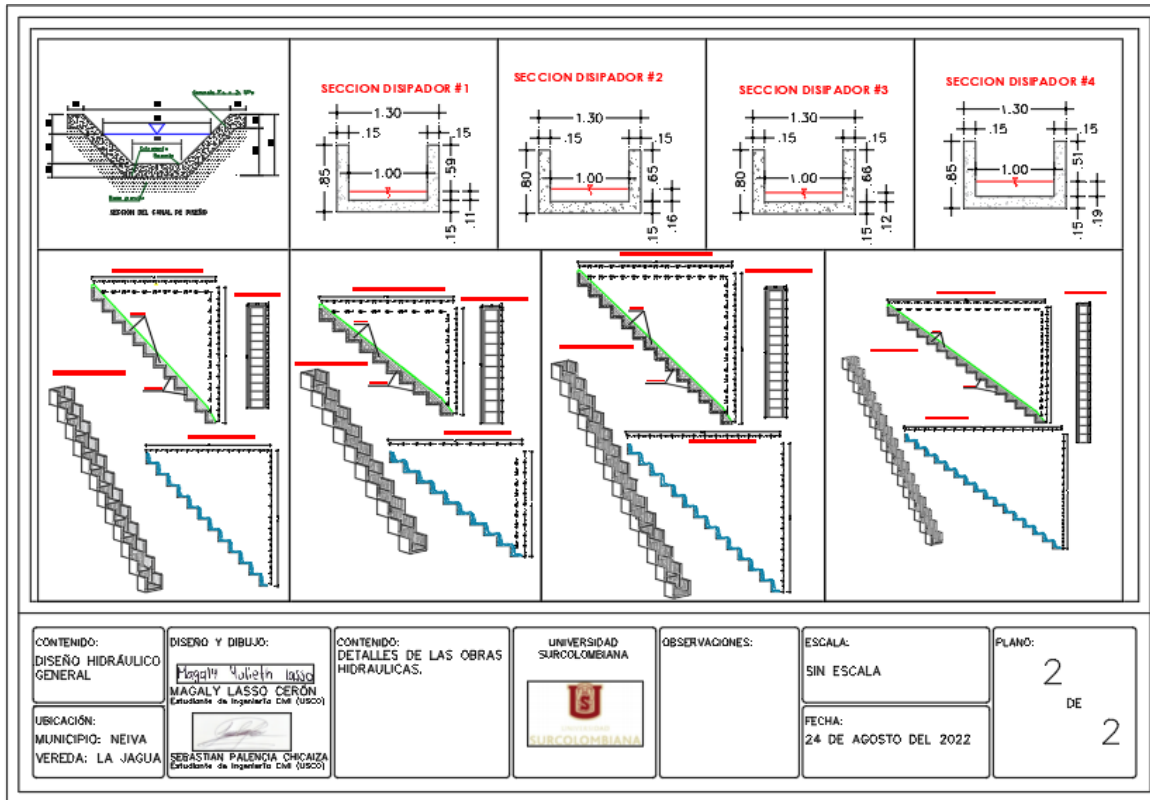
RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA(H)		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
OBRAS HIDRAULICAS DE CONTROL Y DRENAJES DE ESCORRENTÍAS EN EL SECTOR II DEL RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES - NEIVA						
Relleno con material recebo granular compactación mecánica tipo canguro, capa máxima de 20cm.					ITEM	2.4
					UNIDAD	M3
I. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	Cantidad	Valor-Parcial.	
HERRAMIENTA MENOR	DIA		\$ 23,850.00	0.15	\$ 3,577.50	
SUBTOTAL (A)					\$ 3,577.50	
II. MATERIALES						
Descripción	Unidad		Valor-Unit.	Cantidad	Valor-Parcial.	
RECEBO SELECCIONADO	M3		\$ 295,000.00	0.16	\$ 47,200.00	
SUBTOTAL (B)					\$ 47,200.00	
III. TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Distancia (M3/Km)	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-Parcial.	
VOLQUETA 6 M3	VJE	12.00	1	\$ 800.00	9600	
SUBTOTAL (C)					\$ 9,600.00	
IV. MANO DE OBRA						
Descripción	unidad	Cantidad	Jornal/día	Rendimiento	Valor-Parcial.	
TOPOGRAFO	DÍA	\$ 1.00	\$ 120,000.00	0.1	\$ 12,000.00	
AUX. DE TOPOGRAFÍA	DÍA	\$ 2.00	\$ 40,000.00	0.1	\$ 8,000.00	
SUBTOTAL (D)					\$ 20,000.00	
VALOR TOTAL UNITARIO (A+B+C+D)					\$ 80,377.50	

F. Planos

Diseño en planta y perfiles



Detalles de las obras hidraulicas



Bibliografía

- Aguilar Gómez, D., & Páez Rivera, L. (2015). *Evaluación temporal del método número de curva de escorrentía en una hoya hidrográfica sub-urbana a través de modelos arima: estudio de caso quebrada la vieja (Bogotá D.C., Colombia)*. Bogota.
- Alcaldía de Neiva. (2019). Obtenido de <https://www.alcaldianeiva.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx#:~:text=%E2%80%8BSus%20principales%20actividades%20econ%C3%B3micas,todo%20en%20el%20ganado%20vacuno>.
- Alcaldía de Neiva. (2020). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS Neiva*. Neiva.
- Apuntes de Ingeniería Civil*. (15 de Febrero de 2009). Obtenido de <http://ingenieriacivilapuntes.blogspot.com/2009/02/definicion-y-antecedentes-de-los.html>
- CAM. (2017). *Resolucion No. 156 19 de enero*. Neiva.
- CAM. (2017). *Resolucion No. 156 19 de enero de 2017*. Neiva.
- CAM. (s.f.). *Resolución No. 156 19 de enero del 2017*. Neiva: F- CAM - 110.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1988). *Applied Hidrology*. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.
- Construcuelos Suministros LTDA. (2021). *Ensayos de permeabilidad en campo y caracterización de suelos*. Neiva.
- Decreto 838 de 2005*. (s.f.). Obtenido de por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.: https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto838_20050323.htm
- Díaz, L., & Vallejo, A. (2017). *Universidad Católica de Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15489/1/Dise%C3%B1o%20de%20relleno%20sanitario%20para%20Aguachica%20Cesar.pdf>
- Distribución de Gumbel*. (08 de Agosto de 2021). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_Gumbel

- Gálvez, J., & Pimiento, D. (2015). *Cálculo del caudal máximo de creciente de la quebrada la artesa que desemboca en la quebrada de Ortega, en el municipio de Güicán (Boyacá), con el método racional*. Bogotá: Universidad distrital Francisco José de Caldas.
- Grupo de trabajo Recursos Hídricos. (2015). *Balance oferta-demanda de agua*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- Gutiérrez, W. C. (19 de Noviembre de 2019). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/435804963/09-Periodo-de-Retorno-Definicion>
- Huila sin basuras. (11 de Agosto de 2011). *Aguas del Huila*. Obtenido de <http://aguasdelhuila.gov.co/cms/huila-sin-basuras>
- Huila sin basuras*. (16 de Junio de 2014). Obtenido de <https://www.aguasdelhuila.gov.co/index.php/blog/365-huila-sin-basuras>
- IDEAM. (2021). Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- IGAC, Grupo IDE, & GIG. (s.f.). *IGAC*. Obtenido de <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>
- Ingegeek. (06 de Junio de 2021). *Ensayo del cono de arena / Definición y procedimiento*. Obtenido de Ingegeek: <https://www.ingegeek.site/2021/06/06/ensayo-del-cono-de-arena-definicion-y-procedimiento/>
- Jimenez, S. (19 de Octubre de 2015). *Hidraulica facil*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2015/10/que-regimen-tengo-en-un-canal-o-rio.html>
- Lavao, S. (2015). *Aplicación de la teoría del número de curva (CN) a una cuenca*. Bogotá D.C.
- Lemon, R. (1999). *Drenaje vial superficial y subterráneo*. Popayán.
- Manual de Drenaje para Carreteras. (2009). *Instituto Nacional de Vías*.
- Monsalve, G. (. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Bogotá D.C.: Escuela.
- Pulecio, J. (2015). *Unidad 1. Tipología obras de drenaje y subdrenaje en vías*. Obtenido de (Documento de docencia No. 6). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.: http://dx.doi.org/10.16925/greylit.1198_
- Quintero, K. (30 de Julio de 2022). Obtenido de <https://www.elspectador.com/economia/macroeconomia/altos-precios-de-los-insumos-amenazan-la-construccion-en-colombia/#:~:text=a%20los%20gremios.-,Seg%C3%BAn%20el%20%C3%8Dndice%20de%20Costos%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%20de%20Obras,indispensables%20que%20>

- Rivas, C. A. (17 de Octubre de 2018). *Mincomercio Industria y Turismo*. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>
- Sandstone Global*. (20 de Septiembre de 2021). Obtenido de <https://blog.sgl.com.mx/que-es-el-concreto-hidraulico>
- Sensor Vital. (s.f.). Obtenido de <https://sensorvital.com/2022/03/21/importancia-de-los-rellenos-sanitarios/>
- Suárez, J. (25 de Marzo de 2020). *CAF - Banco de desarrollo de América Latina*. Obtenido de <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/03/obras-hidraulicas-para-el-progreso-de-america-latina/>
- Teoría de valores extremos*. (20 de Abril de 2021). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_valores_extremos
- Tutoriales al día -Ingeniería civil*. (s.f.). Obtenido de <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-coeficiente-de-escorrentia/>
- Ulloa, J. (2006). *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>
- Villa, F. V. (2014). *Metodos probabilisticos*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/freddysantiagord/metodos-probabilisticos-de-hidrologia>
- Zagalo, S., Sepúlveda, O., Patarroyo, M., & Luis, C. (Febrero de 2020). *Modelo matemático para estimar curvas de intensidad.* Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/2509/64320779a2c4b51885786cd2b81348dd8349.pdf>