



Universidad de Guayaquil

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO
PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN HIDRÁULICA

DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN
LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y
EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES
DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS

AUTOR ING. DIEGO COTTO A.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ING. PATRICIA VILLA, M.Sc.

GUAYAQUIL, JULIO, 2022



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

PROGRAMA: MAESTRÍA EN INGENIERIA CIVIL / ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA

Título del Trabajo de Titulación: DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS.

Autor: ING. DIEGO COTTO ASSÁN

Tutor: ING. PATRICIA VILLA

RESUMEN

La alta tasa de migración hacia la ciudad de Guayaquil en los últimos años ha ocasionado que un gran número de pobladores se asienten de manera desorganizada e irregular en el sector de la Cooperativa Trinidad de Dios al noroeste de la ciudad, demandando la necesidad de servicios básicos, que no ha sido oportunamente atendido ni adecuado por el incumplimiento del plan de desarrollo territorial.

Las intensas lluvias propias de la época invernal han influido directamente al incremento del problema social, ya que se han generado inundaciones por desbordamientos de los cauces naturales de la zona, cuyo drenaje de las aguas es lento causando un impidiendo de movilidad. La alta presencia de sedimentos y deterioro de las vías, que dificultan el ingreso de ambulancias, tanqueros proveedores de agua potable y transporte de víveres, han afectado la calidad de vida de las personas del sector. A esto, se suma el mal manejo de desperdicios y el estancamiento de las aguas que incrementan la proliferación de plagas y animales causantes de enfermedades, como ratas, moscas, cucarachas, y mosquitos.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el sector de Monte Sinaí sobre la microcuenca que contiene a la Cooperativa Trinidad de Dios, mediante (i) aplicación de herramientas matemáticas, a través de mapas de sistemas de información geográfica, (ii) caracterización de la microcuenca, (iii) análisis y estudios hidrológicos de precipitaciones, generando el modelamientos de sistemas fluviales, con el patrón de los drenajes, escorrentías, (iv) propuesta de medidas de mitigación a las afectaciones por fenómenos naturales tales como inundaciones, impacto ambiental por remoción de masa y los fenómenos antrópicos.

Se realizó el diseño, modelamiento y análisis del encauce de aguas lluvias que se efectúa sobre el canal “El Burro” comparando el cambio de superficie durante el paso del tiempo y su respectivo análisis hidrológico, verificando que la evolución temporal de asentamientos humanos se ha ubicado en zonas preferenciales de drenaje, ocasionando un caos en el ordenamiento territorial del sector. La parte alta de la microcuenca refleja una escorrentía alta, drenando superficialmente por las vías con tendencia directa de aportación hacia el canal, que inicia en la Cooperativa Trinidad de Dios, y atraviesa la zona poblada hasta la desembocadura comprendiendo también las Cooperativas Guayacanes, Monte Lindo y Monte Sinaí.

En los alrededores de la Subestación eléctrica se evidencia más asentamientos irregulares posterior a la legalización, que ocupan espacios en la zona de inundación y da inicio al canal natural, con un caudal que sobrepasa las dimensiones actuales reflejando un incremento de nivel. La propuesta de medidas de mitigación responde a la identificación de los factores que inciden en el mal drenaje, contempla mantener las dimensiones del canal existente, condiciones que deben ser considerados en el ordenamiento territorial para la preservación del canal actualmente azolvado y con obstrucciones. Se recomienda mejorar los cruces de vías con obras hidráulicas complementarias que permitan la libre conducción del agua hasta la desembocadura, además de un plan de mantenimiento, educación y comunicación acerca de las zonas seguras que permitan prever futuros riesgos y, sobre todo, la correcta utilización de la propuesta de mitigación.

PALABRAS CLAVES: MIGRACIÓN, CUENCA HIDROGRÁFICA, CANAL NATURAL, SIMULACIÓN, TERRITORIAL, RIESGO



**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
(INGLÉS)**

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

**PROGRAMA: MAESTRÍA EN INGENIERIA CIVIL / ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA**

Title of the Degree Project:	DESIGN AND MODELING OF THE RAINWATER CHANNEL IN THE MICRO-WATERSHED NORTHWEST OF THE CITY OF GUAYAQUIL AND EVALUATION OF SOLUTIONS TO MITIGATE FLOODS IN THE TRINIDAD DE DIOS COOPERATIVE SECTOR.
-------------------------------------	---

Autor: ING. DIEGO COTTO ASSÁN

Advisor: ING. PATRICIA VILLA

ABSTRACT

The high rate of migration to the city of Guayaquil in recent years has caused a large number of residents to settle in a disorganized and irregular manner in the sector of the Trinidad de Dios Cooperative to the northwest of the city, demanding the need for basic services, which has not been timely or appropriately addressed due to non-compliance with the territorial development plan.

The intense rains typical of the winter season have directly influenced the increase in the social problem, since floods have been generated due to overflows of the natural channels in the area, whose drainage of the water is slow, preventing mobility. The high presence of sediments and deterioration of the roads, which make it difficult for ambulances, tankers that provide drinking water and transport food to enter, have affected the quality of life of the people in the sector. Added to this is the poor management of waste and the stagnation of water that increase the proliferation of pests and animals that cause diseases, such as rats, flies, cockroaches, and mosquitoes.

The present research work was developed in the Monte Sinaí sector on the micro-basin that contains the Trinidad de Dios Cooperative, through (i) application of mathematical tools, through maps of geographic information systems, (ii) characterization of the micro-basin, (iii) analysis and hydrological studies of precipitation, generating the modeling of river systems, with the pattern of drainage, runoff, (iv) proposal of mitigation measures to the effects of natural phenomena such as floods, environmental impact by removal of mass and anthropic phenomena.

The design, modeling and analysis of the channeling of rainwater that is carried out on the channel "El Burro" was carried out, comparing the change of surface during the passage of time and its respective hydrological analysis, verifying that the temporal evolution of human settlements has been located in preferential drainage zones, causing chaos in the territorial ordering of the sector. The upper part of the micro-basin reflects a high runoff, draining superficially through the roads with a direct tendency to contribute towards the channel, which begins in the Trinidad de Dios Cooperative, and crosses the populated area to the mouth, also including the Guayacanes, Monte Lindo and Mount Sinai Cooperatives.

In the surroundings of the electrical substation, there is evidence of more irregular settlements after legalization, which occupy spaces in the flood zone and start the natural channel, with a flow that exceeds the current dimensions, reflecting an increase in level. The proposal for mitigation measures responds to the identification of the factors that affect poor drainage, contemplates maintaining the dimensions of the existing channel, conditions that must be considered in the territorial ordering for the preservation of the channel that is currently covered in dust and with obstructions. It is recommended to improve the road crossings with complementary hydraulic works that allow the free conduction of water to the mouth, in addition to a maintenance, education and communication plan about safe areas that allow future risks to be foreseen and, above all, the correct use of the mitigation proposal.

KEY WORDS: MIGRATION, WATERSHED, NATURAL CHANNEL, SIMULATION, TERRITORIAL, RISK



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño y modelamiento del encauce de aguas lluvias en la microcuenca al noroeste de la ciudad de Guayaquil y evaluación de soluciones para mitigar las inundaciones del sector Cooperativa Trinidad de Dios.		
AUTOR(ES)	Ing. Diego Armando Cotto Assán		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Patricia Villa		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Maestría en Ingeniería Civil Mención Hidráulica		
GRADO OBTENIDO:	Ingeniería Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Septiembre de 2022	Nº DE PÁGINAS:	120
ÁREAS TEMÁTICAS:	Modelamiento Hidráulico de Microcuenca		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	MIGRACIÓN, CUENCA HIDROGRÁFICA, CANAL NATURAL, SIMULACIÓN, TERRITORIAL, RIESGO		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>RESUMEN/ABSTRACT: El presente trabajo de investigación se desarrolló en el sector de Monte Sinaí sobre la microcuenca que contiene a la Cooperativa Trinidad de Dios, mediante (i) aplicación de herramientas matemáticas, a través de mapas de sistemas de información geográfica, (ii) caracterización de la microcuenca, (iii) análisis y estudios hidrológicos de precipitaciones, generando el modelamientos de sistemas fluviales, con el patrón de los drenajes, escorrentías, (iv) propuesta de medidas de mitigación a las afectaciones por fenómenos naturales tales como inundaciones, impacto ambiental por remoción de masa y los fenómenos antrópicos. / The present research work was developed in the Monte Sinaí sector on the micro-basin that contains the Trinidad de Dios Cooperative, through (i) application of mathematical tools, through maps of geographic information systems, (ii) characterization of the micro-basin, (iii) analysis and hydrological studies of precipitation, generating the modeling of river systems, with the pattern of drainage, runoff, (iv) proposal of mitigation measures to the effects of natural phenomena such as floods, environmental impact by removal of mass and anthropic phenomena.</p>		
ADJUNTO PDF:	SI	X	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0996437004	E-mail: dcottoassan@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS		
	Teléfono: 2-283348		



RESULTADO PRUEBA SISTEMA ANTIPLAGIO



Document Information

Analyzed document	PROYECTO TESIS D.COTTO.docx (D140457169)
Submitted	2022-06-15T23:27:00.000000
Submitted by	
Submitter email	diego.cottoass@ug.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	angela.villar.ug@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL / Tesis Moya .pdf Document Tesis Moya .pdf (D140268307) Submitted by: pietro.corapi@ug.edu.ec Receiver: pietro.corapi.ug@analysis.urkund.com		4
SA	T3_GALLEGOS_HURTADO18768.docx Document T3_GALLEGOS_HURTADO18768.docx (D110323583)		2
SA	Proyecto de grado_Carlos_Cortes.pdf Document Proyecto de grado_Carlos_Cortes.pdf (D109541287)		2
SA	INUNDACIONES RIO COCA_JUMBOC_MORALES CORREGIDO_FINAL.docx Document INUNDACIONES RIO COCA_JUMBOC_MORALES CORREGIDO_FINAL.docx (D118290569)		1
SA	Informe Final_Mirian JácomeP.docx Document Informe Final_Mirian JácomeP.docx (D130671309)		2
SA	INFORME-MODELAMIENTO HEC-RAS cedeño.docx Document INFORME-MODELAMIENTO HEC-RAS cedeño.docx (D110552943)		1
SA	Cárdenas Nathaly_Cisneros Jorge_05Julio-2021.docx Document Cárdenas Nathaly_Cisneros Jorge_05Julio-2021.docx (D110190863)		1
SA	CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS TRIBUTARIOS PLATA Y CHARAGUAYACU DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PINDO GRANDE Ma yra Vargas y Mariela Valle.pdf Document CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS TRIBUTARIOS PLATA Y CHARAGUAYACU DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PINDO GRANDE Ma yra Vargas y Mariela Valle.pdf (D35176797)		1
SA	TESIS FINAL REVISION -DAVID GUZMAN.docx Document TESIS FINAL REVISION -DAVID GUZMAN.docx (D135724614)		2



APROBACIÓN - DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

**PROGRAMA: MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL / ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA**

En mi calidad de Director del Trabajo de Titulación del estudiante Diego Armando Cotto Assán, del Programa de Maestría en Ingeniería Civil /Especialidad Hidráulica, nombrado por el Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas CERTIFICO: que el estudio de caso del trabajo de investigación titulado “DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS”, en opción al grado académico de Magíster en Ingeniería Civil mención Hidráulica, cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que establece el Reglamento aprobado para tal efecto.

Atentamente

ING. PATRICIA VILLA, M.Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Guayaquil, 12 de septiembre de 2022



AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Estanislao Tapia, gran compañero profesional, al Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) y a la Compañía Constructora GISMA S.A.

Diego Cotto



DEDICATORIA

A mi tía Sandra Posligua, a mi abuela Bolivia Alcívar y a mi padre Luis Cotto.

A Luis García mi fiel amigo y compañero, a mis eternos amigos Néstor Orrala y María José Bravo.

Diego Cotto



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA
GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
PROGRAMA: MAESTRÍA EN INGENIERIA CIVIL / ESPECIALIDAD
HIDRÁULICA

Yo, Diego Armando Cotto Assán, con C.I. No. 060371824-8, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN**

DIEGO ARMANDO COTTO ASSÁN

C.I. № 060371824-8

ABREVIATURAS

ARC-GIS	ARC-GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
CNRH	CONSEJO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS
COE NACIONAL	COMITÉ DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL
EMAPAG	EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUAYAQUIL
ESRI	ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE
GAD	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE GUAYAQUIL
HEC-HMS	HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER-HYDROLOGIC MODELING SYSTEM
HEC-RAS	HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER-RIVER ANALYSIS SYSTEM
IGM	INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR
INAMHI	INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
INEC	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
INOCAR	INSTITUTO OCEANOGRÁFICO Y ANTÁRTICO DE LA ARMADA
INTERAGUA	INTERNATIONAL WATER SERVICES
MIDUVI	MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA
MTOP	MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS DEL ECUADOR
NRCS	US NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE
OMS	ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
OMM	ORGANIZACIÓN METEREOLÓGICA MUNDIAL
UNISDR	ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE LAS NACIONES UNIDAS
USACE	US ARMY CORPS OF ENGINEERS
SCS	SOIL CONSERVATION SERVICE

CAPÍTULO I

El Problema

1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Situación Problemática	3
1.4	Objetivos.....	6
1.4.1	Objetivo General.	6
1.4.2	Objetivos Específicos.	6
1.5	Delimitación del Tema.....	7
1.6	Ubicación del Proyecto.....	7
1.7	Justificación	7
1.7.1	Justificación Social.....	7
1.7.2	Justificación Económica.....	8
1.7.3	Justificación Técnica.	8

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1	Bases Teórico-Científicas	10
2.1.1	Definiciones de Términos Básicos.....	10
2.1.2	El Riesgo y Gestión.....	11
2.1.3	Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos.	12

2.1.4	Parámetros Morfométricos de la Cuenca.	14
2.1.5	Modelamiento Hidráulico.....	14
2.2	Marco Legal.....	15
2.2.1	Ambiente Sano.	15
2.2.2	Hábitat y Vivienda.....	15
2.2.3	Derechos de La Naturaleza.....	16
2.2.4	Gestión del Riesgo.....	16
2.2.5	Recursos Naturales.	17
2.2.6	Agua.	17
2.2.7	Biosfera, Ecología Urbana y Energías Alternativas.	18
2.3	Marco Institucional.....	18
2.3.1	Características y Aspectos Legales sobre la Demarcación de Cooperativa Trinidad de Dios.	18
2.3.2	Legalización de Predios.....	20

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1	Resumen de Aplicación	23
3.2	Tipo de Estudio.....	24
3.3	Enfoque de la Investigación.....	25
3.4	Población, Muestra y Muestreo	26
3.4.1	Población.	26
3.4.2	Muestra.....	26

3.4.3	Muestreo.....	27
3.5	Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	27
3.5.1	Entrevista – Encuesta.	27
3.5.2	Modelamiento, Validez y Confiabilidad.	28
3.5.3	Observación.....	29
3.6	Plan de Procesamiento y Análisis.....	29

CAPÍTULO IV

Desarrollo del Tema

4.1	Selección de Datos.....	32
4.2	Zonificación de la Encuesta.....	35
4.3	Delimitación de la Microcuenca.....	37
4.4	Plan de Procesamiento de Información.....	46
4.4.1	Parámetros Geomorfológicos.....	47
4.4.2	Parámetros Generales.....	47
4.4.3	Parámetros de Forma.....	49
4.4.4	Parámetros de Relieve.....	54
4.5	Datos Hidrológicos.....	59
4.5.1	Periodo de Retorno.....	59
4.5.2	Precipitaciones.....	59
4.5.3	Flujos de Precipitaciones.....	64
4.5.4	Distribución de Dyck Y Peschke.....	64

4.5.5	Intensidad de Lluvia (I).	68
4.5.6	Hietograma de Precipitación de Diseño.	70
4.5.7	Número de Curva (Cn).	73
4.5.8	Grupo de Suelo Hidrológico.	73
4.6	Método del SCS.	74
4.6.1	Tiempo de Concentración (Tc).	76
4.6.2	Atracciones Potenciales.	77
4.6.3	Coefficiente de Escorrentía (C).	78
4.6.4	Condición de Escorrentía.	80
4.7	Caudal de Diseño.	85
4.8	Parámetros de Drenaje.	86
4.8.1	Densidad de Drenaje (Dd) (Km/Km ²).	87
4.8.2	Relación de Bifurcación (Rb).	88
4.8.3	Numero de Froude (Fr).	89
4.8.4	Manning.	90
4.9	Secciones Transversales.	91
4.10	Modelamiento y Cambios de Sección.	104
4.11	Análisis de los Resultados.	110
4.11.1	Interpretación de Datos.	111
4.11.2	Factores Incidentes.	112

CAPÍTULO V

Propuesta

5.1	Pertinencia de la Propuesta.....	114
5.2	Beneficiarios	114
5.2.1	Equipo Técnico Responsable.	114
5.2.2	Antecedentes de la Propuesta.	114
5.2.3	Análisis de Factibilidad.	115
5.3	Propuesta.....	117

Conclusiones y Recomendaciones

6.1	Conclusiones.....	119
6.2	Recomendaciones	120

Anexos

Anexo 1	(Propuesta Aprobada por la Unidad Académica).....	121
Anexo 2	(Formato de Encuesta).....	122
Anexo 3	(Resultados de la Encuesta).....	123
Anexo 4	(Ficha de Observación).....	132
Anexo 5	(Estudios de Suelos)	141
Anexo 6	(Resultados de Modelamiento).....	170
Anexo 7	(Solicitud Legalizada de la Información)	179

Bibliografía.....	195
--------------------------	------------

Lista de Figuras

<i>FIGURA 1.</i> ESQUEMA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	5
<i>FIGURA 2.</i> MAPA DE COORDENADAS - POLÍGONO APROBADO COOP. TRINIDAD DE DIOS	22
<i>FIGURA 3.</i> ESQUEMA METODOLÓGICO	24
<i>FIGURA 4:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 1969, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	32
<i>FIGURA 5:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 1985, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	32
<i>FIGURA 6:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2002, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	32
<i>FIGURA 7:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2003, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	32
<i>FIGURA 8:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2004, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	33
<i>FIGURA 9:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2008, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	33
<i>FIGURA 10:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2009, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	33
<i>FIGURA 11:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2010, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	33
<i>FIGURA 12:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2011, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	33
<i>FIGURA 13:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2012, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	33
<i>FIGURA 14:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2013 SEGMENTANDO LA ZONA DE INUNDACIÓN, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	34
<i>FIGURA 15:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2016, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	34
<i>FIGURA 16:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2018, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	34
<i>FIGURA 17:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2020, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	34
<i>FIGURA 18:</i> FOTOGRAFÍA AÉREA 2021, MONTE SINAÍ, GUAYAQUIL.	34
<i>FIGURA 19.</i> MAPA DE ENCUESTAS – SECCIONES PARA MUESTREO	35
<i>FIGURA 20.</i> RESULTADOS ENCUESTA-PREGUNTA 1	36
<i>FIGURA 21.</i> RESULTADOS ENCUESTA-PREGUNTA 2	36
<i>FIGURA 22.</i> RESULTADOS ENCUESTA-PREGUNTA 3	36
<i>FIGURA 23.</i> RESULTADOS ENCUESTA-PREGUNTA 4	37
<i>FIGURA 24.</i> RESULTADOS ENCUESTA-PREGUNTA 5	37
<i>FIGURA 25.</i> ESQUEMA DELIMITACIÓN DE CUENCA EN ARCGIS 10.4.1	38
<i>FIGURA 26.</i> USO DEL COMANDO MOSAIC TO NEW RASTER	39

<i>FIGURA 27.</i> RESULTADO DEL COMANDO FLOW DIRECTION	40
<i>FIGURA 28.</i> RESULTADO DEL COMANDO FLOW ACCUMULATION	40
<i>FIGURA 29.</i> CREACIÓN DEL SHAPEFILE “PUNTO DESCARGA”	41
<i>FIGURA 30.</i> EDICIÓN DEL “PUNTO DESCARGA”	41
<i>FIGURA 31.</i> RESULTADO DE LA DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS	42
<i>FIGURA 32.</i> IMAGEN COMPARATIVA DE DELIMITACIONES	43
<i>FIGURA 33.</i> REUBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE DESCARGA	44
<i>FIGURA 34.</i> MAPA DE RELIEVE COMPARATIVO DE DELIMITACIONES	44
<i>FIGURA 35.</i> MAPA ESTÁNDAR COMPARATIVO DE DELIMITACIONES	45
<i>FIGURA 36.</i> MAPA DE ELEVACIONES DE LA MICROCUENCA	45
<i>FIGURA 37.</i> CAPTURA Y EXTRACCIÓN DE ELEVACIONES DIGITALES EN GLOBAL MAPPER V.20	46
<i>FIGURA 38.</i> RECORRIDO DEL FLUJO DE ACUERDO CON LAS ELEVACIONES DIGITALES EN GLOBAL MAPPER V.20	47
<i>FIGURA 39.</i> PERFIL LONGITUDINAL DE LA CUENCA	55
<i>FIGURA 40.</i> CURVA HIPSOMÉTRICA	57
<i>FIGURA 41.</i> HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA	62
<i>FIGURA 42.</i> HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO	62
<i>FIGURA 43.</i> PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24H/ANUAL	62
<i>FIGURA 44.</i> PRECIPITACIÓN TOTAL / ANUAL	63
<i>FIGURA 45.</i> GRÁFICO COMPARATIVO PRECIPITACIÓN TOTAL / MÁXIMA 24H	63
<i>FIGURA 46.</i> CÁLCULO DE IDF CON EL CRITERIO DE DYCK Y PESCHKE MEDIANTE HIDROESTA 2	66
<i>FIGURA 47.</i> IMPORTAR DATOS DESDE EXCEL MEDIANTE HIDROESTA 2	67
<i>FIGURA 48.</i> CURVAS IDF OBTENIDAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	69
<i>FIGURA 49.</i> HIETOGRAMA DE DISEÑO	71
<i>FIGURA 50.</i> HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA	72
<i>FIGURA 51.</i> VARIABLES EN EL MÉTODO DE ABSTRACCIONES DE PRECIPITACIÓN DEL SCS	80
<i>FIGURA 52.</i> HIDROGRAMA UNITARIO ADIMENSIONAL	84
<i>FIGURA 53.</i> HIDROGRAMA DE CRECIDAS	84

<i>FIGURA 54. ORDEN DE LA RED HÍDRICA DEL CANAL “EL BURRO”</i>	87
<i>FIGURA 55. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LEVANTAMIENTO</i>	92
<i>FIGURA 56. CONFIGURACIÓN INICIAL AUTOCAD CIVIL 3D-UTM, WGS84 DATUM</i>	93
<i>FIGURA 57. CREACIÓN DE LA SUPERFICIE</i>	93
<i>FIGURA 58. CREACIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL</i>	94
<i>FIGURA 59. CREACIÓN EL ALINEAMIENTO</i>	95
<i>FIGURA 60. RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL CANAL</i>	95
<i>FIGURA 61. CREACIÓN DEL PERFIL DESDE LA SUPERFICIE</i>	96
<i>FIGURA 62. INGRESAR DETALLES DE VISTA DEL PERFIL</i>	97
<i>FIGURA 63. CREACIÓN DEL ALINEAMIENTO VERTICAL</i>	97
<i>FIGURA 64. TRAZADO DEL ALINEAMIENTO</i>	98
<i>FIGURA 65. CREACIÓN DEL ENSAMBLAJE</i>	98
<i>FIGURA 66. ENSAMBLAJE TIPO CANAL</i>	99
<i>FIGURA 67. DIMENSIONAMIENTO DE PARÁMETROS</i>	99
<i>FIGURA 68. DETALLES DEL BANCO DE CONTENCIÓN</i>	100
<i>FIGURA 69. CREACIÓN DE CORREDOR</i>	100
<i>FIGURA 70. INGRESO DE DETALLES DEL CORREDOR</i>	101
<i>FIGURA 71. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CORREDOR</i>	102
<i>FIGURA 72. LÍMITES DEL CORREDOR</i>	103
<i>FIGURA 73. EL CORREDOR CON ENSAMBLAJE</i>	104
<i>FIGURA 74. NUEVO MAPA DE ELEVACIONES DE LA MICROCUENCA</i>	105
<i>FIGURA 75. IMPORTAR SUPERFICIE MEDIANTE RAS MAPPER</i>	106
<i>FIGURA 76. SUPERFICIE IMPORTADA MEDIANTE RAS MAPPER</i>	107
<i>FIGURA 77. NUEVA SUPERFICIE MEDIANTE RAS MAPPER</i>	107
<i>FIGURA 78. CREACIÓN DE ABCISAS</i>	108
<i>FIGURA 79. RESULTADO DE LAS SECCIONES</i>	108
<i>FIGURA 80. INGRESO DEL CAUDAL DE DISEÑO</i>	109

FIGURA 81. INGRESO DE CONDICIONES DE BORDE	109
FIGURA 82. COMPUTACIÓN FINAL DE MODELAMIENTO	110

Lista de Tablas

TABLA 1 POLÍGONO DE MANZANAS LEGALIZADOS EN REFORMATORIA A LA LEY 88:	19
TABLA 2 COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS, DENTRO DEL POLÍGONO COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 17 SUR: 21	
TABLA 3 RANGO DE CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	29
TABLA 4 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	31
TABLA 5 CLASIFICACIÓN DE TAMAÑOS DE CUENCAS:	48
TABLA 6 FÓRMULAS APLICADAS PARA CÁLCULO DE FACTORES:	49
TABLA 7 CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE COMPACIDAD DE GRAVELIUS:	50
TABLA 8 CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE FORMA:	53
TABLA 9 CLASIFICACIÓN DEL PARÁMETRO (Re):.....	54
TABLA 10 VALORES DE PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	56
TABLA 11 PERIODO DE RETORNO DE ACUERDO AL TIPO DE PROYECTO	59
TABLA 12 VALORES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS DE LA ESTACIÓN GUAYAQUIL	60
TABLA 13 VALORES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS DE LA ESTACIÓN GUAYAQUIL-COMPLETADO	61
TABLA 14 PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	68
TABLA 15 NÚMEROS DE LA CURVA DE ESCORRENTÍA PARA ÁREAS URBANAS (CN)	73
TABLA 16 GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS DEL NRCS	74
TABLA 17 PRUEBAS DE SUELOS.....	75
TABLA 18 CÁLCULO DE CN PONDERADO	75
TABLA 19 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA (C)	79
TABLA 20 CUADRO DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA	83
TABLA 21 CARACTERÍSTICAS DE DENSIDAD DE DRENAJE.....	88
TABLA 22 CARACTERÍSTICAS DE RELACIÓN DE BIFURCACIÓN	89
TABLA 23 CARACTERÍSTICAS DE NÚMERO DE FROUDE.....	90

TABLA 24 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD n DE MANNING	91
TABLA 25 CUADRO DE PRESUPUESTO Y PRECIOS UNITARIOS.....	116

CAPÍTULO I

El Problema

1.1 Introducción

Durante el crecimiento poblacional de la ciudad de Guayaquil incrementada por la migración, terrenos con derecho de posesión a bajo costo, y la promesa de tener un lugar para la construcción de sus viviendas, han obligado a las personas a buscar en el sector Monte Sinaí la opción más idónea para hacer sus asentamientos; desde el año 2013 las construcciones y el aprovechamiento de la tierra han alterado el relieve natural, dando lugar a que las rutas para las salidas de las aguas lluvias busquen sus cauces, con la posibilidad de que éstas se encuentren parcial o completamente bloqueadas, provocando gradualmente inundaciones que afectan a los habitantes del sector y cuya solución siempre está estrechamente relacionada con la construcción de grandes redes de servicio de alcantarillado que requieren mucha inversión económica y tiempo.

La presencia de flujos por escorrentías se relaciona directamente a la saturación de los materiales subsuperficiales y la capacidad de absorber el agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial, permitiendo la formación de un flujo a través de rutas que la escorrentía determine. Cuando las descargas se ven alteradas por factores ya sea por contener suelos muy sensitivos tales como sedimentos no consolidados, provocan que no permitan un drenaje normal y eficiente de las aguas ante la presencia de lluvias intensas en la época invernal (Suárez Díaz, 1998).

Mediante esta investigación científica, se pretende realizar un diseño del encauce de evacuación de aguas lluvias con el modelado hidrológico secuencial del terreno natural de la microcuenca comprendida en la Cooperativa Trinidad de Dios, comparando los cambios suscitados en las rutas del cauce desde el año 2010 (antes de los asentamientos humanos) hasta la actualidad, que mediante la observación en sitio se identifique los factores que inciden en el mal drenaje de las aguas lluvias, proponiendo una alternativa de mitigación ante las inundaciones, que permitan la

evacuación hasta la construcción de grandes sistemas de alcantarillado; además, identificando las zonas inseguras para que los asentamientos futuros tengan un buen desarrollo territorial brindando una mejor calidad de vida de los moradores del sector.

1.2 Antecedentes

En el sector Monte Sinaí de la ciudad de Guayaquil, desde hace algunas décadas se ha convertido en el centro de estudio para algunos profesionales, dando mayor énfasis a las ramas de la medicina, social, periodística, legal, ambiental y la ingeniería misma; debido a los múltiples problemas colaterales que se han suscitado por el asentamiento humano de la zona.

Todo da inicio en el mes de mayo del 2013, en el que se originó un desalojo masivo superando el aproximado de 3000 familias basados en el Decreto Ejecutivo Nº 607 que fue emitido en el mes de diciembre del año 2010, mediante el cual se estableció claramente que la zona ubicada al noroeste de la ciudad de Guayaquil, comprendida por una superficie protegida de 9.232 hectáreas, no podía ser habitada bajo ningún concepto, y además, se manifestó que el Estado debía intervenir en afán de evitar un deterioro en la geografía del sector (Maquilón, 2021).

Los medios de comunicación se han encargado de exponer a la comunidad durante el desalojo acerca de las condiciones de vida de los habitantes del sector de Monte Sinaí, obligando a entrar en contexto temas de salud, servicios básicos, movilidad y transporte, economía, legalización de terrenos y un sin número de factores que se encuentran de una u otra forma ligados entre sí. Siendo preciso indicar que el 11 de marzo del 2020 la OMS (*Organización Mundial de la Salud*) declaró el COVID-19 pandemia global, y que en relación al Acuerdo Ministerial Nº 00126-2020 el Ministerio de Salud Pública del Ecuador declaró por intermedio del Comité de Operaciones de Emergencia (*COE Nacional*) en estado de emergencia sanitaria a nivel nacional (COE NACIONAL, 2020), dejando al sector sin abastecimiento de agua y víveres hasta poder controlar la situación y organizarse la transportación mediante salvo conductos.

De acuerdo a lo investigado por la tesis intitulada “Diseño hidráulico del sistema de drenaje matriz de la cuenca noroeste de la ciudad de Guayaquil” (Gálvez & Javier, 2021), se determina que la zona contiene varios cauces o canales naturales para la circulación de las aguas lluvias hacia el norte, donde se forma una planicie de inundación. Los canales naturales tienen un caudal variable que dependen de la época invernal, los rellenos para realizar edificaciones han reducido la sección transversal del cauce y la suma de caudales en las uniones vertientes, incrementan su nivel provocando inundaciones por las lluvias. El autor concluye que el diseño de la solución con un coeficiente de Manning sin presencia de vegetación de los canales deberá ser limpiados por lo menos una vez al año antes de la época invernal.

Basado en lo antes expuesto, y que a pesar de los años transcurridos las afectaciones continúan, los asentamientos irregulares aún son presentes en la actualidad incluyendo las zonas de riesgos y que las medidas óptimas de evacuación se encuentran demasiado reducidas por parcelas que actualmente se encuentran legalizadas. Además, las medidas de prevención y la limpieza no están dando resultados favorables.

1.3 Situación Problemática

Desde el año 1995 empezaron las invasiones en el sector Monte Sinaí, tierras que tenían fines agrícolas terminaron siendo lotizadas y vendidas por aquellos terratenientes de la época, provocando desde el punto de vista técnico-urbanístico un desorden en la ocupación de los espacios, con asentamientos alrededor de 32.000 construcciones y 128.000 habitantes en más de 900 hectáreas incluyendo las zonas inseguras (León Kuonquí, 2019).

En el 2010 se emite el Decreto ejecutivo Nº 607 que define el Área Reservada de Seguridad en la *“Delimitación de los Estados Geográficos Nacionales Reservados bajo el control de la Fuerzas Armadas”*, con el fin de proteger el canal de Trasvase amenazado por la presencia de asentamientos en su alrededor, hasta el 2013, que durante el mandato del expresidente Rafael Correa se publicó el Registro Oficial con la Ley reformativa a la Ley de legalización de la tenencia de tierras a favor de los moradores del sector Monte Sinaí, beneficiando a los poseedores de

predios que se encuentran dentro de la circunscripción territorial, cuyas coordenadas fueron expuestas claramente, dejando fuera de legalización alguna a las zonas inseguras (Suplemento Ley 88, 2013).

La Secretaría Nacional de Riesgos Ecuatoriana describió que, al integrarse un gran número de pobladores rurales en la ciudad de Guayaquil ocasionó una demanda de servicios públicos, que no han sido oportunamente satisfechas ni adecuadas, generando un incremento considerable en la problemática social. La gobernabilidad en las zonas marginales ha sido un componente bastante influyente que ha contribuido al aumento de los riesgos urbanos en la ciudad (Ponce Chiriboga, 2014).

El sector Monte Sinaí, al cual pertenece la Cooperativa Trinidad de Dios, no cuenta con servicios básicos como: sistemas de alcantarillado, sistema de aguas lluvias y agua potable; *“En el temporal de lluvia ver como los habitantes piden que los ayuden con asfaltos para que sus calles no se llenen de lodo”* (León Kuonquí, 2019), y durante épocas de lluvias intensas los habitantes sufren inundaciones, cuyas aguas logran ingresar al interior de sus viviendas, debido a que todo el sector está conformado por una microcuenca, debido a que el cauce natural sigue siendo afectado por las nuevas construcciones no regularizadas posterior a lo dictaminado en la reforma de ley.

El encauce de las aguas lluvias se ha visto afectado directamente por el mal desarrollo poblacional, que actualmente drenan lentamente o están bloqueados provocando estancamientos que propician la reproducción de vectores, tales como insectos, roedores y mosquitos portadores del dengue o la actual Chikunguña por la picadura de mosquitos hembras que se encuentran infectados, *“la causa principal para contraer la enfermedad es la proximidad de las viviendas a los lugares de proliferación de mosquitos, que se crían en aguas estancadas.”* (Narea et al., 2016).

Al apreciarse zonas disponibles para la construcción de viviendas y sumando al desconocimiento de los habitantes, continúa la expansión hacia las zonas de evacuación de drenaje para aguas lluvias que son de carácter natural, ocupando terreno y reduciendo su capacidad de transportación. Los habitantes que se

encuentran fuera del polígono aprobado, mantienen la esperanza de que también sean considerados a pesar de no encontrarse dentro de los límites actuales permitidos y creen que, al rellenar van a evitar la inundación y lo que se está logrando que las aguas tomen cada vez rutas diferentes y arrasen cualquier cosa a su paso.

El drenaje de las aguas lluvias como sistema no convencional o sistema de drenaje sostenible. “*Son aquellos en los que se cumplen los principios económicos, ecológicos y sociales del desarrollo sostenible*” (Trapote Jaume & Fernández Rodríguez, 2016), que a pesar de que la empresa INTERAGUA (*International Water Services*) en coordinación con EMAPAG (*Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil*) durante su intervención en el mantenimiento anual de las rutas de evacuación, mediante la limpieza a lo largo del canal; sin embargo, debido a que “*durante los eventos de precipitación, la contaminación acumulada en la superficie durante el tiempo seco es lavada y arrastrada hacia los canales recolectores*”. (Perales-Momparler & Andrés-Doménech, 2016), el mal manejo de los desperdicios se convierte en otro factor predominante en el impedimento del drenaje dejando al canal sin abastecer, permitiendo que las inundaciones sigan siendo un problema social durante la época invernal.

Esquema:

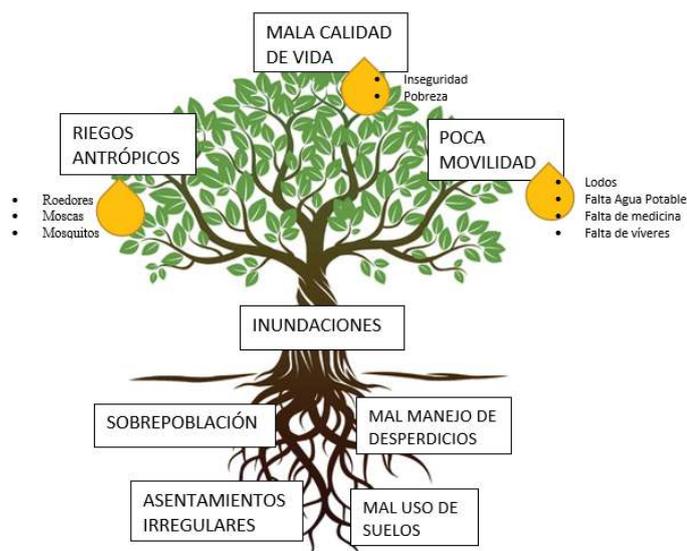


Figura 1. Esquema situación problemática
(Fuente: Elaboración propia)

¿El diseño y modelamiento del encauce de aguas lluvias de la microcuenca propuesta en la presente investigación será capaz de mitigar y evaluar soluciones ante las inundaciones de acuerdo con desarrollo territorial actual en el área de estudio?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Realizar el diseño, modelamiento y análisis del encauce de aguas lluvias durante la evolución temporal de asentamientos humanos y su incidencia en el drenaje natural en los últimos años, para la propuesta de mitigación de inundaciones considerando el desarrollo territorial e identificando las zonas de peligro actuales en el sector de la Cooperativa Trinidad de Dios.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- a. Obtener los parámetros morfológicos e identificar el encauce de las aguas lluvias del área sectorizada antes del asentamiento poblacional por medio de la delimitación y modelamiento de la microcuenca en estado natural del terreno.
- b. Obtener los parámetros de diseño mediante el modelamiento del encauce de aguas lluvias de la microcuenca delimitada en la Cooperativa Trinidad de Dios en relación directa con la evolución temporal de asentamientos humanos en este sector.
- c. Identificar las zonas seguras y movimientos de tierra no permitidos en el sector, planteando alternativas de solución ante el problema de inundaciones, enmarcado al ordenamiento territorial del área de estudio.

1.5 Delimitación del Tema

El desarrollo del estudio parte de los modelos digitales del terreno disponibles en el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (*IGM*), antes y después del asentamiento humano en el sector Monte Sinaí, considerando como punto medio el año 2013, que se determinó los medios legales para la obtención del título de propiedad de los terrenos a sus poseedores, comprendiendo un cambio físico de los alrededores del canal “EL Burro” de la microcuenca, hasta la desembocadura de las zonas habitadas.

1.6 Ubicación del Proyecto

La ubicación del proyecto de investigación toma como referencia la red hídrica de la Cuenca del Guayas que está conformada por siete subcuencas, entre ellas la del Río Daule, y se lo delimita exclusivamente a la microcuenca que comprende el cauce natural el Burro, ubicada al noroeste de la ciudad de Guayaquil, que atraviesa las Cooperativas Trinidad de Dios, Caminos Reales, 31 de Octubre, en la zona alta y las Cooperativas Guayacanes, Monte Lindo y Monte Sinaí, en la zona baja.

1.7 Justificación

1.7.1 *Justificación Social.*

Las empresas encargadas de los servicios básicos tienen prohibido brindar las extensiones de sus redes a nuevos usuarios que no poseen terrenos legalizados, evitando de cierta forma que el crecimiento poblacional sea organizado; plantear después de varios años soluciones integrales como alcantarillado, agua potable y energía eléctrica, que proveer a estos sectores conllevaría a que las construcciones de estos sistemas tomen mucho tiempo para ejecutarse y requieran de una gran inversión económica.

Por lo tanto, esta investigación pretende aportar como ayuda a la comunidad, mejorando la calidad de vida de los habitantes en el área de estudio hidráulico del canal natural “EL Burro”, hasta que se ejecute un proyecto de alcantarillado global.

1.7.2 Justificación Económica.

Los costos de este proyecto de investigación serán financiados con los recursos propios del maestrante, cuya ejecución de la propuesta obtenida de los resultados necesitará de una inversión económica para los trabajos de construcciones civiles, así como para mantener el buen funcionamiento del canal, sin embargo, esta inversión seguirá siendo mucho menor que la necesaria para un sistema de alcantarillado integral.

Es importante mencionar que la población que habita en este sector, es de bajos recursos y que en su mayoría son migrantes de otras partes del país, con el deseo de conseguir terrenos baratos para vivienda, tienen acceso a oportunistas traficantes de tierras con promesas de que van a ser legalizados. Los habitantes han adquirido terrenos a bajo costo y sin ninguna infraestructura, que progresivamente encarece la economía del ciudadano, tanto en el relleno, la construcción, movilización, alimentación, medicina, entre otros.

Lo que se pretende este trabajo de investigación es que, al mantener la utilidad al canal natural permitirá minimizar las afectaciones por inundación, solucionando los problemas del sector que se encuentran concatenados entre sí, ayudando directamente al conjunto de bienes y servicios que son imprescindibles para satisfacer las necesidades básicas del hogar, como el acceso a vehículos tanqueros de agua potable, recolectores de basura y ambulancias. Se procura fomentar el comercio de abarrotes y farmacias, reduciendo los costos del agua potable, medicinas y víveres, por lo tanto, se busca reducir el impacto económico de la canasta básica disminuyendo la pobreza del sector.

1.7.3 Justificación Técnica.

El aporte técnico que se desarrolla en la presente investigación es un diseño base, mediante el cual se puede identificar los factores que no permiten que el canal natural haga su trabajo y que al ser corregidos se aprovecha dicho canal para mitigar las inundaciones del sector; la crecida de los niveles de agua dentro de una

población es un problema que afecta al desarrollo de casi todas las ingenierías sino se la mantiene controlada.

Por ejemplo, el Gobierno Autónomo Descentralizado (*GAD*) Municipal de Guayaquil, tiene la realización del asfaltado de las vías mediante material reciclado de asfalto, como parte de las obras que influyen en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, con el objetivo de evitar realizar rellenos cada cierto tiempo y disminuir la presencia de fangos que dificultan la movilidad de las personas.

Este tipo de proyectos como cualquier otro, tarde o temprano van a ser afectados directamente por las inundaciones, en este caso el daño progresivo se daría en la capa de rodadura asfáltica. Otro detalle importante es que esta solución temporal no toma en consideración que, al reducir la infiltración aumenta la escorrentía encauzando las aguas más rápidamente hacia los puntos de acopio, y al ser depositadas las aguas con mayor velocidad dentro del canal de “El Burro”, este se queda sin su capacidad de evacuación en el tiempo incurriendo en una inundación más rápida, he ahí la importancia de mantener activo el canal natural y sus dimensiones.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Bases Teórico-Científicas

Esta sección se identifica por los conceptos y definiciones importantes que sirven al lector como aporte a entender el planteamiento acerca de cómo un mal desarrollo territorial incidió en el encauce natural de las aguas lluvias en la Cooperativa Trinidad de Dios, determinado a través del modelamiento hidráulico de los últimos años apoyando estos conceptos que permitirán complementar el sustento del diseño hidráulico con una solución ante el problema de inundaciones durante la época invernal.

2.1.1 Definiciones de Términos Básicos.

2.1.1.1 Cuenca Hidrográfica.

Muchos autores de libros y publicaciones comparten que una cuenca hidrográfica está formada por un río principal y que al final termina desembocando en el mar, y que según sus afluentes se categoriza el orden. No obstante, en el Ecuador a fin de unificar los conceptos entre las diferentes entidades que se relacionan con las cuencas hidrográficas, por medio del CNRH (*Consejo Nacional de Recursos Hídricos*) plantearon la definición como una unidad territorial, que recoge a un punto toda el agua que se precipita y escurre al mismo río, lago, o mar, y que sobre esta zona hay seres vivos que se relacionan entre sí (CNRH, 2002).

2.1.1.2 Clasificación de la Cuenca Hidrográfica.

El grado o número de orden/tamaño de ramificación propia de la red interconectada de drenaje delimitados en el interior de la cuenca hidrográfica permite identificar el río principal, sus afluentes secundarios (tributarios), terciarios y hasta de cuarto orden, lo que permite clasificar a la cuenca en unidades menores

como la subcuenca y la sub subcuenca o microcuenca, incluso agregando un último nivel identificado como quebrada (Henríquez Opazo, 2013, p. 44).

2.1.2 El Riesgo y Gestión.

Normalmente se define como la práctica ordenada para gestionar todo acto dentro de la duda con el fin de minimizar los perjuicios y las pérdidas potenciales, que en nuestro campo de acción lo provoca el cambio climático. La UNISDR (*Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas*) indica que la gestión es un tema fundamental en los sectores donde se provee de agua y energía, así como también en la producción agricultura, en el que directa o indirectamente resultan afectados por eventos meteorológicos y climáticos extremos (UNISDR, 2009, pp. 18–19).

2.1.2.1 Amenaza Hidrometeorológica.

Según la UNISDR se define como todo aquello que puede ocasionar en las personas, lesiones y/o afectaciones en la salud, incluso la muerte, cuyo origen proviene de un fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico. Se considera también los daños en la propiedad, pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR, 2009, pp. 06–07).

2.1.2.2 Vulnerabilidad.

Se considera a la vulnerabilidad como el nivel que posee una comunidad, infraestructura, economía, elemento o conjunto de elementos de debilidad ante un suceso de afectación efectuada por fenómeno de origen natural o antrópico (Toulkeridis et al., 2010). Entendiendo, así a la vulnerabilidad hidrogeológica como a la susceptibilidad ante los efectos dañinos producidos por la acción de amenazas naturales de origen geológico o hidrometeorológico.

2.1.2.3 Inundaciones.

Se caracteriza a las inundaciones de tipo pluvial como al forjamiento suscitado por el incremento de aguas lluvias, siempre y cuando el terreno se encuentre en estado de saturación hídrica, dando lugar a formaciones de lagunas debido a la acumulación con tendencia a permanecer durante mucho tiempo, hasta su evaporación y la superficie recupere su capacidad de infiltración (Toledo, 2022).

2.1.3 Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos.

En toda obra hidráulica se necesita conocer los parámetros precipitaciones o los datos máximos de caudales, y para ello, es necesario el uso de la probabilidad y la estadística con el objetivo de poder diseñar y planificar con bases en el análisis hidrológico y que esté estrechamente relacionado con el proyecto a conseguir, para lo cual, estas herramientas ayudan de manera significativa en el proceso de las estimaciones. El uso de la computadora y sus aplicaciones, en este caso referido al desarrollo de sistemas de información, brindando el mecanismo que ayuda a la interpretación y la fácil manipulación de una serie de datos, que, aplicado a la morfometría nos faculta en poder enfocar cuantitativamente la caracterización de una cuenca, (Magesh et al., 2012).

Determinar las dimensiones, ubicación y el funcionamiento de las obras civiles que se relacionan estrechamente con el agua, se requiere conocer como datos indispensables para el diseño, el periodo de retorno de los grandes eventos que vinculados con los caudales máximos y mínimos conocidos como los caudales de diseño (Herencia Félix & Carrera Saavedra, 2019).

Para este proyecto de investigación, tanto el diseño como los modelamientos tienen dentro de su análisis de estudio uno de sus factores principales como el índice de precipitación o el periodo de retorno, y que muchas veces no se cuenta con el registro completo apropiado de la estación. Y para estos casos, la aplicación de estos métodos estadísticos, nos facultan la posibilidad de estimar en el comportamiento

dentro del campo de la hidrología sin recurrir a cualquier método físico o mecánico que nos permita completar los datos faltantes.

2.1.3.1 *Periodo de Retorno.*

Básicamente se denomina a la probabilidad de que un determinado evento cuya ocurrencia pueda llegar a ser de igual magnitud o excederla, aunque sea una vez en el tiempo establecido de estudio, Esta característica es importante para el dimensionamiento, cálculo del caudal de diseño, y otros factores que se ven involucrados para estimar el riesgo admisible ante una falla tentativa de cualquier obra hidráulica.

El período de retorno consiste en el de tiempo promedio contenido en intervalo definido en años, exponiendo la información estadística de magnitud de lluvias, comparado con una magnitud específica o mayor. El período de retorno lo que nos manifiesta, es la probabilidad de que ocurra un evento de lluvia de cierta magnitud en un intervalo de tiempo (Méllice & Reason, 2007).

2.1.3.2 *Análisis de consistencia.*

La información hidrometeorológica que pueda ser almacenada y representada como una serie de datos durante un período, como caudales, precipitaciones, evaporación, humedad, radiación solar, temperatura, insolación, evapotranspiración, etc. Que se encuentren relacionados entre sí, forman un gran aporte para el diseño. Sin embargo, al no poseer toda la información, contamos con una base de datos inconsistentes y que conllevaría a un error significativo durante el análisis, afectando los resultados directamente.

Todo aquel profesional en el campo de la ingeniería civil, apoya sus estudios en los datos de información con registros hidrológicos y sus históricos, no obstante, se enfrenta a que su información es incompleta, recurriendo a la estadística y sus métodos para complementar sin afectar los resultados. El análisis de consistencia, ayuda a identificar las series de datos que contienen un error sistemático relacionado directamente al uso de diferentes instrumentos y/o técnicas de medición en un

período considerado durante la obtención de datos (Ibisate González De Matauco, 2004).

2.1.4 Parámetros Morfométricos de la Cuenca.

Los parámetros morfométricos corresponden a los estudios cuantitativos en los que se resumen todas las características de una cuenca hidrológica, cuyo fin es ser utilizados para determinar las pendientes, la forma y la red de drenaje. La morfología de la red, la densidad de drenaje y los órdenes jerárquicos alcanzados son parámetros fundamentales de estudio que dependen de los caracteres geomorfológicos y bióticos del sistema (Ibisate González De Matauco, 2004, p. 319)

El perímetro, longitud axial, longitud del curso principal, longitud total del drenaje, ancho promedio, área de la cuenca, son aquellos datos que suman un aporte importante para el desarrollo de una obra, ya que en base a estos se puede completar cuando la información no es suficiente, o poseer datos errados cuyos registros hidrológicos requieran ser modificados, siempre y cuando las características de comparación sean de gran similitud.

2.1.5 Modelamiento Hidráulico.

Un levantamiento hidráulico es primordial para un modelamiento y consta principalmente de dos elementos fundamentales, primero tenemos la geometría del canal y por otro lado las condiciones de flujo definidas, que ambas se definen por las condiciones del entorno afectadas por los asentamientos resultando diferentes geometrías conduciendo a que los resultados puedan analizarse individualmente o en conjunto.

HecRas y HecHms son programas que nos permite realizar un modelo hidráulico unidimensional que han sido creados y distribuidos libremente por el USACE (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos). Estos programas y aplicaciones como máquinas de cálculo hidráulicas (HecRas) e hidrológicas (HecHms) son muy importantes para el diseño de obras para el control y manejo de

las aguas, pero no debemos olvidar que son solo elementos complementarios para procesamiento de la información y debemos poseer el conocimiento necesario de su utilización para resolver los problemas de flujo (Dunn & Adams, 2014).

2.2 Marco Legal

2.2.1 Ambiente Sano.

De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Legislativo 0 publicado en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008. Título II (Derechos), Capítulo segundo (Derechos del buen vivir), Sección segunda (Ambiente sano), establece que: *“se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay.*

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 14).

2.2.2 Hábitat y Vivienda.

De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 31 de la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Legislativo 0 publicado en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008. Título II (Derechos), Capítulo segundo (Derechos del buen vivir), Sección sexta (Hábitat y vivienda), establece que: *“las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 31).

2.2.3 Derechos de La Naturaleza.

De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 72 de la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Legislativo 0 publicado en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008. Título II (Derechos), Capítulo séptimo (Derechos a la naturaleza), establece que: *“la naturaleza tiene derecho a la restauración, y que en los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 72).

En el mismo contexto de los “derechos de la naturaleza” incorporados en la Constitución de la República, el artículo 73 señala que: *“el Estado aplicará medidas de precaución o restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de las especies, la destrucción de los ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 73).

2.2.4 Gestión del Riesgo.

De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 389 de la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Legislativo 0 publicado en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008. Título VII (Régimen del buen vivir), Capítulo primero (Inclusión y equidad), Sección novena (Gestión del riesgo), establece que: *“el Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.”* (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 389).

2.2.5 Recursos Naturales.

De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 408 de la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Legislativo 0 publicado en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008. Título VII (Régimen del buen vivir), Capítulo segundo (Biodiversidad y recursos naturales), Sección cuarta (Recursos naturales), establece que: “...*el Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad.*” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 408).

2.2.6 Agua.

De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 411 de la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Legislativo 0 publicado en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008. Título VII (Régimen del buen vivir), Capítulo segundo (Biodiversidad y recursos naturales), Sección sexta (Agua), establece que: “*el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.*” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 411).

En la misma sección, el artículo 412 establece: “*La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.*” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 412).

2.2.7 Biosfera, Ecología Urbana y Energías Alternativas.

De acuerdo a lo dispuesto en el Art. 415 de la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Legislativo 0 publicado en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008. Título VII (Régimen del buen vivir), Capítulo segundo (Biodiversidad y recursos naturales), Sección séptima (Biosfera, ecología urbana y energías alternativas), establece que: “El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 415).

2.3 Marco Institucional

Para entender el proceso histórico de la legalidad de los terrenos de la Cooperativa Trinidad de Dios en el sector Monte Sinaí, es necesario conocer los aspectos declarados en la Ley 88 del 2007, el alcance y la participación de las instituciones públicas y privadas que están involucradas para el buen desarrollo poblacional y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

2.3.1 Características y Aspectos Legales sobre la Demarcación de Cooperativa Trinidad de Dios.

La Cooperativa Trinidad de Dios, es un asentamiento informal que tiene aproximadamente 25 años de existencia y que aún crece paulatinamente, cuyos terrenos que fueron considerados como áreas protegidas (Bosque y Vegetación Protector Papagayo de Guayaquil) destinados a la agricultura, sufrieron transformaciones físicas por los asentamientos irregulares y no fue hasta septiembre

del 2004, que se avistaban unas pocas viviendas en su mayoría construidas en caña y madera junto a la Av. Casuarina. En el 2009, los terratenientes ya habían definido por manzanas y lotes, por ende, las vías de circulación (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

El 21 de octubre de 2013, mediante la promulgación de la “*Ley Reformatoria a la Ley de Legalización de la Tenencia de Tierras a favor de los moradores y poseionarios de predios que se encuentran dentro de la circunscripción territorial de los cantones Guayaquil, Samborondón y El Triunfo*” es que se incorpora la Cooperativa Trinidad de Dios a la legalización de los terrenos, estableciéndose las manzanas ([Ver Tabla 1](#)) y los límites de expansión territorial a través de coordenadas geográficas WGS84, zona 17S (Suplemento Ley 88, 2013). ([Ver Tabla 2](#)).

Las coordenadas establecidas, no contemplaron algunas manzanas de manera total o parcial dentro de la cooperativa y más que nada respeta las líneas de flujo de las aguas lluvias, así como las zonas de inundación. Las manzanas que se encuentran fuera del polígono establecido por la Ley Reformatoria a la Ley 88 para “Trinidad de Dios”, son las siguientes:

Tabla 1
Polígono de Manzanas legalizados en Reformatoria a la Ley 88:

Nomenclatura Anterior de Mz.	Nomenclatura Actual de Mz.	Fuera del polígono establecido por la Reforma a la Ley 88 para “Trinidad de Dios”
25c	3941	
29c	3961	Forma Parcial
30c	3960	
31c	3942	Forma Total
32c	3977	Casi en su totalidad
33c	3976	Forma Parcial
36c	3943	Casi en su Totalidad
37c	3944	
39c	3945	Forma Total
40c	3946	
41c	3947	
50c	3948	Forma Parcial
44c	3949	
45c	3950	
52c	3951	Forma Total
46c	3952	Forma Parcial

Nota. Recuperado de (Suplemento Ley 88, 2013)

2.3.2 Legalización de Predios.

Como se mencionó anteriormente, la Ley 2007-88 con Registro Oficial Nº 105 publicada el 21 de octubre del 2013, proporcionó los instrumentos legales para el proceso de legalización en áreas de asentamientos informales ubicados en el sector Monte Sinaí; Se facultó a la Muy Ilustre Municipal de Guayaquil GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil) entregar los títulos de propiedad en conjunto con el MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda). Esto debido a que se trataban de predios que pertenecían a una propiedad privada que estaba destinada a la agricultura, motivo de este estudio, ya que prioriza la no ocupación de las rutas de evacuación de los encauces naturales de la zona (Suplemento Ley 88, 2013).

La Muy Ilustre Municipal de Guayaquil GAD (*Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil*), en cumplimiento a lo dispuesto en la Ley referida, promulga la “Ordenanza para la aplicación de la legalización de predios”, mediante su publicación en la Gaceta Oficial del GAD Municipal de Guayaquil Nº 70 del 24 de enero de 2014. Con el sustento legal otorgado, en agosto de 2015, la Dirección de Terrenos y Servicios Parroquiales a través del Dpto. de Legalización y Regularización de Tierras, el Área de Topografía realizó el levantamiento planimétrico de la cooperativa y su censo respectivo.

Así mismo, el 2 de mayo de 2016, INTERAGUA, a través de los técnicos de la Sub-Gerencia de Operación y Control ANC, elaboró un plano Nº AL-2016-120: SERVIDUMBRE PRELIMINAR – ALCANTARILLADO PLUVIAL – COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS. Con esta información (levantamiento planimétrico, plano de alcantarillado pluvial, y altimetría del IGM, la Dirección de Gestión de Riesgos y Cooperación, realizó el análisis de riesgo de cada uno de los solares durante los meses de septiembre y octubre de 2016.

En diciembre de 2017, la Dirección de Urbanismo, Avalúos y Ordenamiento Territorial - DUOT, realiza el plano de “Legalización de la Cooperativa Trinidad de Dios” que incluyó el diseño vial, y excluye a los solares que se encuentra fuera del polígono establecido por la Ley 88. De similar forma, se excluyeron a aquellos

solares que se encuentran afectados por la servidumbre preliminar de los canales naturales para el drenaje pluvial. El 28 de diciembre de 2017, el M.I. Concejo Municipal de Guayaquil, aprobó dicho plano para la última etapa del proceso de legalización, que culminó con la entrega de escrituras respectivas asentadas hasta el año 2015 (GACETA OFICIAL №70, 2014).

Este proceso de legalización de predios, fue negada a todo terreno que se encontraba de manera total, o parcialmente a las afueras del polígono definido y cuyo detalle consta en la [Tabla 2](#) del presente estudio. Además, se indicó que estaban afectados por estar asentados en zona de riesgo, por la faja de servidumbre preliminar del estero del Burro y de los otros drenajes naturales conformados en el sector de la Cooperativa Trinidad de Dios.

Tabla 2
*Cooperativa Trinidad de Dios, dentro del polígono coordenadas UTM
WGS 84 zona 17 sur:*

#	X	Y	#	X	Y
1	612693,33	9765531,86	38	612341,85	9764171,34
2	612718,17	9765529,61	39	612332,67	9764174,79
3	612741,89	9765530,36	40	612331,64	9764175,14
4	612781,79	9765533,37	41	612323,24	9764177,92
5	612825,83	9765534,5	42	612314,87	9764180,43
6	612875,52	9765533,75	43	612305,31	9764182,66
7	612966,46	9765527,72	44	612295,63	9764184,26
8	612966,46	9765524,71	45	612293,84	9764184,48
9	612966,45	9765523,51	46	612279,08	9764186,24
10	612964,8	9764478,87	47	612271,1	9764186,98
11	612936,68	9764453,88	48	612256,2	9764187,22
12	612930,27	9764447,84	49	612243,19	9764186,78
13	612928,42	9764445,95	50	612238,47	9764186,54
14	612876,85	9764392,53	51	612235,47	9764186,31
15	612876,01	9764391,66	52	612197,38	9764183,05
16	612836,35	9764349,9	53	612180,31	9764181,59
17	612831,96	9764345,28	54	612104,81	9764285
18	612800,91	9764312,59	55	612066,24	9764334,53
19	612800,33	9764311,98	56	611984,63	9764434
20	612751,4	9764259,88	57	611747,12	9764656,49
21	612723,37	9764234,56	58	611667,14	9764963,83
22	612691,62	9764213,57	59	611672,47	9764965,96
23	612600,37	9764165,88	60	611679,19	9764967,96
24	612461,66	9764096,28	61	611694,24	9764976,92
25	612459,93	9764096,11	62	611756,06	9765016,16
26	612459,03	9764096,13	63	611801,07	9765042,27
27	612456,08	9764096,19	64	611844,63	9765065,97

28	612452,03	9764096,78	65	612008,31	9765170,71
29	612445,16	9764098,85	66	612096,07	9765237,18
30	612415,75	9764122,33	67	612242,77	9765338,56
31	612385,45	9764146,52	68	612360,01	9765423,28
32	612383,17	9764148,3	69	612495,98	9765522,74
33	612375,2	9764154,02	70	612516,41	9765531,81
34	612366,86	9764159,2	71	612537,49	9765536,76
35	612358,2	9764163,83	72	612564,22	9765540,9
36	612355,32	9764165,21	73	612599,98	9765540,9
37	612347,91	9764168,67	74	612659,45	9765535,63

Nota. Recuperado de (Suplemento Ley 88, 2013)



*Figura 2. Mapa de coordenadas - Polígono aprobado Coop. Trinidad de Dios
(Fuente: Elaboración propia)*

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Resumen de Aplicación

La metodología en un estudio de investigación se define como: “Las prácticas, entendidas como investigación aplicada, son experiencias de investigación con propósitos de resolver o mejorar una situación específica o particular, para comprobar un método o modelo mediante la aplicación innovadora y creativa de una propuesta de intervención, en este caso de índole orientadora, en un grupo, persona, institución o empresa que lo requiera.” (Vargas Cordero, 2009).

El presente estudio partió de la realización de una encuesta en el sector profundizando la situación problemática, identificando los puntos críticos y zonificando las áreas de acuerdo a las experiencias de los moradores; se tomó como base la delimitación y el trazado de las redes de drenaje de la microcuenca correspondiente al canal natural “El Burro” que cuenta con una extensión total de 2,5 kilómetros en la zona poblada. A partir de los datos facilitados por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (*IGM*) antes y después de la evolución temporal de asentamientos humanos, optando como punto medio justamente el año (2013) que se dictaminó los medios legales para la propiedad de los terrenos del sector, y se obtuvo los parámetros morfométricos de la microcuenca verificando su expansión mediante ortofotos multitemporales secuenciales.

En acto consecuente, basados en los datos precipitaciones anuales facilitadas por el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (*INOCAR*), se procedió a determinar el caudal de diseño con el que se dimensionaría el canal propuesto y verificar si estas dimensiones se encuentran en la capacidad de descarga para mitigar las aguas lluvias.

Una vez realizada la comprobación de acuerdo con el modelado, se realizó un recorrido de la ruta de evacuación existente para una inspección visual propia del canal, identificando los factores de incidencia en el mal drenaje que fueron

estrictamente necesarios para la propuesta de diseño, enfocado en la mitigación de inundaciones considerando el desarrollo territorial y delimitando las zonas de peligro en el sector de la Cooperativa Trinidad de Dios hasta la desembocadura de la zona habitada.

Para ello, se llevó acabo el desarrollo de acuerdo al esquema siguiente:



Figura 3. Esquema metodológico
(Fuente: Elaboración propia)

3.2 Tipo de Estudio

Es necesario enfatizar que los tipos de investigación no se presentan de manera exclusiva, muchas veces se combinan entre sí y siguen sistemáticamente las aplicaciones de la investigación (Rodríguez M., 2005). Tradicionalmente se presentan tres tipos de investigación: histórica, descriptiva y experimental. Este caso se considera que es del tipo **descriptiva**, ya que se pretende mostrar la realidad de lo que está sucediendo con el canal y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta de los factores de incidencia en el mal drenaje, no obstante, se requiere aplicar un poco del tipo histórica para entender la evolución temporal de los asentamientos, así como el uso de instrumentos y procedimientos experimentales para la obtención de datos.

Por otro lado, el alcance de investigación es del tipo **explicativa**, partiendo de la exploración del sector y consultar directamente a los moradores acerca de las afectaciones que han tenido debido a las inundaciones provocadas en la época invernal, permitiendo profundizar en la problemática de la mala evacuación de las aguas lluvias debido a la influencia del cambio comportamiento del flujo.

El método considerado para ser aplicado es del tipo **inductivo**, esto es debido a que se han realizado estudios más generales de los canales naturales de todo el sector Monte Sinaí y mediante el modelamiento hidráulico comparativo de los perfiles del área de estudio, nos ayudan a demostrar de manera **cuasiexperimental** que el área de inundación es mucho más grande debido a algunos aspectos no controlados, para ello es necesario analizar el comportamiento hidrológico en el paso del tiempo y la observación para identificar los factores actuales que inciden en el mal drenaje de las aguas lluvias.

3.3 Enfoque de la Investigación

Esta investigación toma como criterio de enfoque **mixto**, ya que muchos autores señalan que se ha potenciado la investigación asociativa al combinarse los datos informativos; la información obtenida de las experiencias de los moradores, imágenes y evidencias, hacen que cualquier dato numérico sea más significativo. También se afirma que estas concepciones mixtas ayudan a obtener una mejor evidencia y comprensión de los fenómenos, siendo una base para poder consolidar el conocimiento teórico y práctico (Pereira Pérez, 2011).

Temporalmente se lo define del tipo **Transversal**, ya que los datos que se recopilaron una sola vez, previo al asentamiento poblacional como el caso de las curvas de nivel del año 2010 y comparado con el modelamiento del año 2018 en el cual ya se encuentran definidos los lugares permitidos para el hábitat; esta comparativa denota claramente la variación que ha sufrido el terreno natural, alterando los puntos altos de la microcuenca.

3.4 Población, Muestra y Muestreo

3.4.1 Población.

La población (Fuente INEC) está determinada por un total de 61.748 personas a un promedio de 4 integrantes por familia, dando un total de 15.437 familias que conviven en las riberas del canal el Burro, en la Cooperativa Trinidad de Dios.

3.4.2 Muestra.

Para determinar la muestra, se necesitó que la diferencia aceptada entre la media de la muestra y la media de la población a estudiar cuente con un margen de error de $\pm 8,5 \%$; el nivel de confianza que se deseaba tener es del 90%, para que la media real se encuentre dentro del margen de error con puntuación $Z\alpha = 1,645$. Debido a que aún no se había realizado la encuesta, y se deseaba determinar la muestra, lo más óptimo fue asumir una desviación estándar de 0,5, garantizando que el tamaño de la misma sea lo suficientemente grande con una probabilidad de éxito del 50%.

La fórmula aplicada para una población finita (n) se utilizó la siguiente:

$$\text{Población finita: } n = \frac{NZ\alpha^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z\alpha^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Dónde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Población
- $Z\alpha$ = Nivel de Confianza
- D = Desviación estándar
- p = Probabilidad a favor
- q = Probabilidad en contra ($1- p$)
- e = margen de error

$$n = \frac{15437 (1,645)^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,085^2 \times (15437 - 1) + 1,645^2 \times 0,5 \times 0,5} = \frac{10443,227}{111,525 + 0,677} = 93 \text{ familias}$$

3.4.3 Muestreo.

En la investigación científica es importante seleccionar una muestra representativa, al existir cambios en la ruta de evacuación con el paso del tiempo, se tomó la zona más crítica, y es por esto que se seleccionó la técnica de muestreo **no probabilístico intencional**, ya que al criterio del investigador debido a el comportamiento del fluido en esta determinada zona y por la vulnerabilidad que tiene las poblaciones cercanas. *“El muestreo aleatorio simple es la técnica de muestreo más básica, pero a su vez la menos empleada en las encuestas dirigidas a hogares, por las complicaciones que trae en su organización operativa y por los elevados costos”* (Hayes, 2008), es por esto que, para el presente estudio se recurrió a esta herramienta con la finalidad de determinar si las inundaciones están expandiéndose más de lo que ha sido considerado como zona de inundación.

3.5 Métodos, Técnicas e Instrumentos

“El método científico plantea una serie de pasos y estrateguitas que le sirven al investigador para adquirir nuevos conocimientos a partir de conocimiento previos, esta serie de pasos servirá para proponer hipótesis y teorías que luego serán medidas con instrumentos que el mismo investigador elaborará con criterio y juicio para contratar con él.” (Rodríguez M., 2005). Se ha escogido como punto de partida la técnica de la encuesta, y posteriormente continuar con el método sistémico de modelar el canal, luego continuamos con la técnica de la observación y así obtener las relaciones entre ellos.

3.5.1 Entrevista – Encuesta.

Fue la herramienta escogida para iniciar el proceso de investigación, nació con la entrevista mediante la presentación del maestrante y explicar el objeto de la investigación, y se procedió con la encuesta a los moradores, esto es debido a que en época de verano hay muchas zonas que se encuentran visualmente secas, pero en época lluviosa tienden a ser víctimas de las inundaciones. Se utilizó la fórmula (1) de la muestra para obtener representatividad de los datos, aplicando la encuesta de forma aleatoria pero enfocado en las riberas del canal, dividiendo el área por

secciones, ya que se estimó que los moradores del sector con años de asentamientos han vivido experiencias con las aguas lluvias y darán una guía de la situación actual de la zona. Para ello se ha empleado formato de la encuesta con su respectivo banco de preguntas ([Ver Anexo 2](#)).

3.5.2 Modelamiento, Validez y Confiabilidad.

Partiendo de las ortofotos temporales obtenidas del Google Earth desde el año 1969 hasta el 1985 se puede apreciar que el terreno aún se encuentra en estado natural, no es, sino hasta el año 2002 que se avistan las parcelas divididas para la lotización, y desde el año 2008 hasta la del 2010 facilitada por el Instituto Geográfico Militar (*IGM*) se puede apreciar el crecimiento poblacional y sus asentamientos, cuya digitalización correspondiente a los niveles de terreno se hace presente mediante un archivo DMT, y por lo tanto se pudo establecer las redes de drenaje en un Sistema de Información Geográfica (SIG), modificado y actualizado en el año 2018 por la misma institución, obteniendo así los parámetros morfométricos, de forma, de relieve y de drenaje de la microcuenca.

Por otra parte, el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) facilitó los datos de precipitaciones anuales desde el año 1990 hasta el año 2022 en curso, mismo que contienen los datos pluviométricos de la ciudad de Guayaquil detallados mensualmente (en mm), indispensables para la creación de histogramas. No obstante, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de acuerdo a sus estaciones activas, la estación Guayaquil U. Estatal (Radio Sonda) se encuentra más cercana al sitio de estudio y con una magnitud de información clasificada como **Alta** de acuerdo a la [Tabla 3](#), por lo tanto, las precipitaciones anuales del INOCAR han sido descartadas debido a que el objetivo es contar con datos y resultados que sean confiables, independientemente de los patrones de comportamiento, por lo que la confiabilidad y la validez son estándares de cumplimiento ante una investigación científica.

Tabla 3
Rango de confiabilidad de los instrumentos

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

Nota. Recuperado y Adaptado de (Corral, 2009)

3.5.3 Observación.

Finalmente, la observación fue la técnica seleccionada para determinar los factores que están afectando al buen desarrollo de conducción de las aguas lluvias en el canal natural, permitió recolectar datos importantes para la selección de las propuestas de alternativas de solución ante la situación problemática expuesta. Consistió en realizar un recorrido por el canal y de acuerdo a los resultados obtenidos de las modelaciones, comparar en sitio e identificar lo que está sucediendo.

3.6 Plan de Procesamiento y Análisis

En la sección cualitativa, durante la etapa de entrevista, se realizó el formato con 5 preguntas claves ([Ver Anexo 2](#)), cuyos resultados ([Ver Anexo 3](#)) permitieron tener una idea más clara de los antecedentes y obtener una estadística de la afectación de las inundaciones, que se complementaron con las **fichas de observación** de la etapa final ([Ver Anexo 4](#)), para corroborar lo expresado por los moradores asociados a los factores de incidencia en el mal drenaje.

Para la parte cuantitativa de la investigación se definió lo siguiente:

- Para determinar la temporalidad de los eventos necesarios, se optó por la obtención de fotografías satelitales (ortofotos) desde 1969 hasta la actualidad.

- Para el cálculo del caudal de precipitaciones, se optó por métodos estadísticos determinando las distribuciones de probabilidad y la elaboración del histograma de precipitaciones.
- Para el cálculo de los parámetros morfométricos de la microcuenca y su canal de drenaje principal, se usaron los mapas resultantes de los modelos de elevación digital DEM del año 2010 y 2018, con representaciones vectoriales previamente modificados y analizados con ArcGIS en su versión 10.4.1.
- Para la simulación del modelamiento hidráulico se aplicó el uso del software HEC-RAS 6.0.0 y con la herramienta complementaria Ras Mapper.

Nota: Para la transición de la información entre softwares y sus compatibilidades fue necesario el uso de los programas tales como Excel 2018, AutoCAD en su versión 2018, y AutoCAD Civil 3D 2018.

Tabla 4
Matriz de consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
"Diseño y modelamiento del encauce de aguas lluvias en la microcuenca al noroeste de la ciudad de Guayaquil y evaluación de soluciones para mitigar las inundaciones del sector Cooperativa Trinidad de Dios."	PROBLEMA GENERAL ¿El diseño del encauce de la microcuenca propuesta en la presente investigación será capaz de mitigar las inundaciones de acuerdo con desarrollo territorial actual en el área de estudio?	OBJETIVO GENERAL:	HIPOTESIS PRINCIPAL:	VARIABLE INDEPENDIENTE (x):
		Realizar el diseño, modelamiento y análisis del encauce de aguas lluvias durante la evolución temporal de asentamientos humanos y su incidencia en el drenaje natural en los últimos años, para la propuesta de mitigación de inundaciones considerando el desarrollo territorial e identificando las zonas de peligro actuales en el sector de la Cooperativa Trinidad de Dios.	El diseño de encauce del drenaje incidirá en un plan de mitigación de las inundaciones en la Cooperativa Trinidad de Dios al noroeste de la ciudad de Guayaquil.	Diseño y modelo de encauce
				VARIABLE DEPENDIENTE (y):
				Mitigar las Inundaciones
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:		OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPOTESIS ESPECÍFICAS:	INDICADORES
a) ¿Se podrá determinar los parámetros morfológicos y el encauce natural de aguas lluvias del área afectada al realizar la delimitación y modelamiento de la microcuenca en estado natural del terreno antes del asentamiento poblacional del área sectorizada?	• Obtener los parámetros morfológicos e identificar el encauce de las aguas lluvias del área sectorizada antes del asentamiento poblacional por medio de la delimitación y modelamiento de la microcuenca en estado natural del terreno.	La microcuenca en estado natural del terreno antes del asentamiento poblacional del área sectorizada tuvo un encauce natural suficiente para la evacuación de aguas lluvias del área afectada.	X1: Precipitaciones (mm). X2: Curvas de Nivel. X3: Zonificación de problemas de drenaje.	
b) ¿Se podrá determinar los factores principales que inciden en la mala evacuación del área actualmente habitada y afectada para obtener los parámetros de diseño del encauce?	• Obtener los parámetros de diseño mediante el modelamiento del encauce de aguas lluvias de la microcuenca delimitada en la Cooperativa Trinidad de Dios en relación directa con la evolución temporal de asentamientos humanos en este sector.	Posterior a las lluvias, los niveles de agua van cediendo lentamente, lo que implica que hay factores que están afectando la continuidad de descarga de las aguas.	X4: Identificación de drenajes naturales que han sido afectados por acción antrópica. X5: Dimensiones del Canal.	
c) ¿Se podrá identificar las zonas seguras y los movimientos de tierra no permitidos para mantener una solución de mitigación ante las inundaciones?	• Identificar las zonas seguras y movimientos de tierra no permitidos en el sector, planteando alternativas de solución ante el problema de inundaciones, enmarcado al ordenamiento territorial del área de estudio.	Debe haber zonas que necesariamente no deben ser habitadas ni explotadas, los movimientos de tierra sin control aumentan el riesgo de inundación.	Y1: Anuario Meteorológico Y2: Modelamiento Hidráulico Y3: Factores de Incidencia	

CAPÍTULO IV

Desarrollo del Tema

4.1 Selección de Datos

Mediante la ortofotografía multitemporal disponible en la plataforma de la compañía Google cuya presentación fotográfica de la superficie terrestre de acuerdo con la ubicación de la Cooperativa Trinidad de Dios, ha permitido corroborar los eventos históricos de la evolución que ha tenido los asentamientos humanos en el sector, permitiendo determinar a partir de qué año se empieza habitar la zona de inundación para el análisis de la variación del terreno.

Ortofotos multitemporales secuenciales:

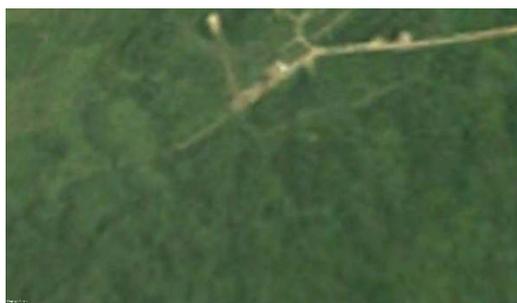


Figura 4: Fotografía aérea 1969, Monte Sinaí, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 1969)



Figura 5: Fotografía aérea 1985, Monte Sinaí, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 1985)



Figura 6: Fotografía aérea 2002, Monte Sinaí, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2002)



Figura 7: Fotografía aérea 2003, Monte Sinaí, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2003)



Figura 8: Fotografía aérea 2004, Monte Sinái, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2004)



Figura 9: Fotografía aérea 2008, Monte Sinái, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2008)



Figura 10: Fotografía aérea 2009, Monte Sinái, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2009)



Figura 11: Fotografía aérea 2010, Monte Sinái, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2010)



Figura 12: Fotografía aérea 2011, Monte Sinái, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2011)



Figura 13: Fotografía aérea 2012, Monte Sinái, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2012)



Figura 14: Fotografía aérea 2013 segmentando la zona de inundación, Monte Siná, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth , 2013)



Figura 15: Fotografía aérea 2016, Monte Siná, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2016)



Figura 16: Fotografía aérea 2018, Monte Siná, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2018)



Figura 17: Fotografía aérea 2020, Monte Siná, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2020)



Figura 18: Fotografía aérea 2021, Monte Siná, Guayaquil.
Fuente: (Google Earth, 2021)

4.2 Zonificación de la Encuesta

Durante el primer acercamiento de entrevista con los moradores del sector de la Cooperativa Trinidad de Dios, más que nada enfocado en aquellos que se encuentran habitando a las riberas del canal natural, y bordeando la zona delimitada por la subestación eléctrica, indicaron que, de acuerdo a sus experiencias vividas durante la época invernal en el sector, la problemática de inundaciones se hace más intensa a medida que se acerca a la desembocadura del canal “El Burro”.

Es por esto, que se replanteó la toma de la información y se decidió realizar la encuesta de forma aleatoria a los pobladores desde la desembocadura de la zona habitada hasta la parte alta de la Coop. Trinidad de Dios, dividiendo por secciones de acuerdo con la zonificación siguiente:

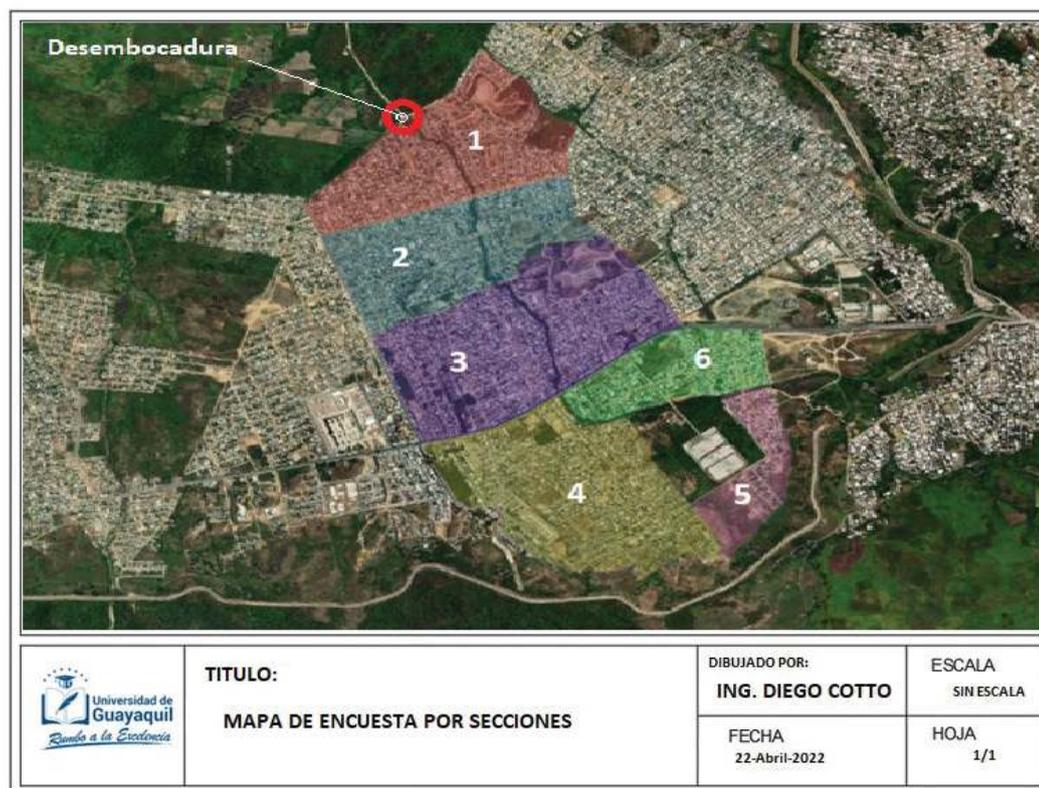


Figura 19. Mapa de Encuestas – Secciones para muestreo
(Fuente: Elaboración propia)

Los resultados obtenidos de acuerdo a las preguntas escogidas, se indican en las gráficas siguientes:

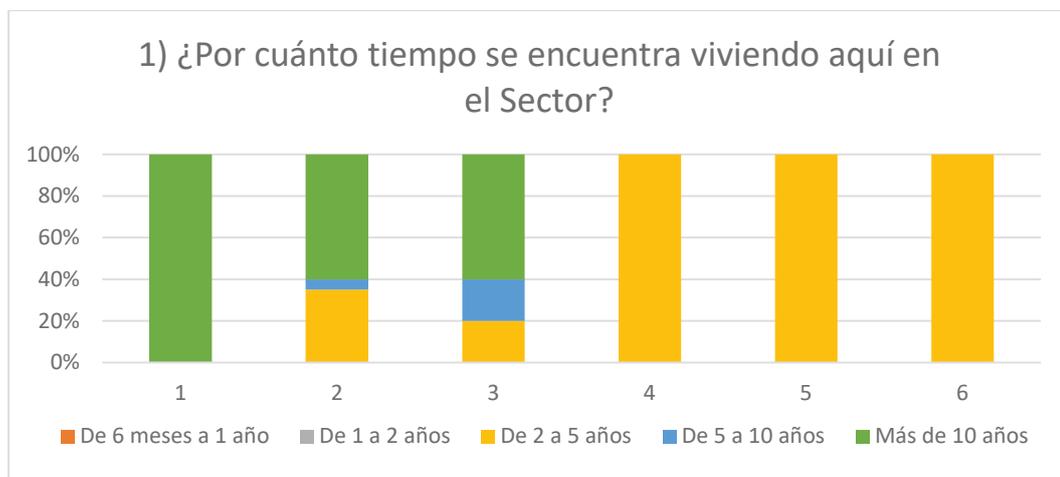


Figura 20. Resultados encuesta-pregunta 1
(Fuente: Elaboración propia)

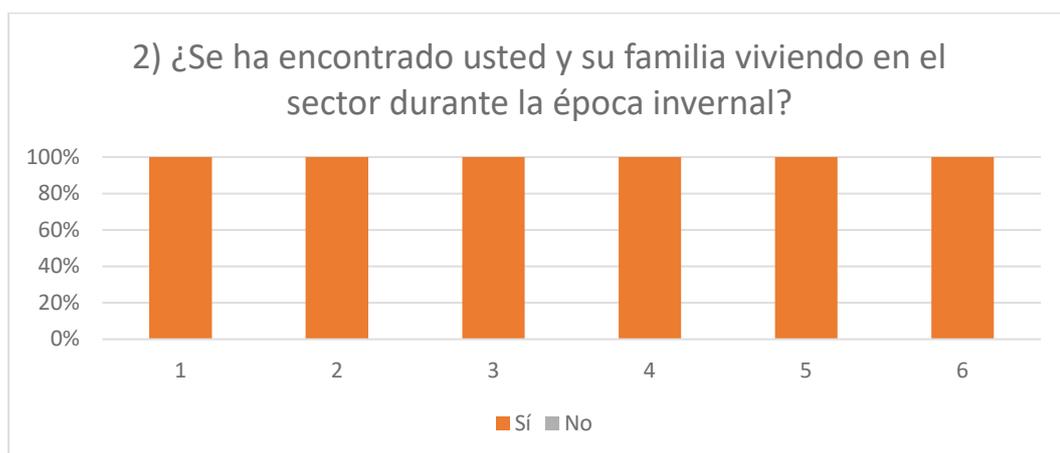


Figura 21. Resultados encuesta-pregunta 2
(Fuente: Elaboración propia)



Figura 22. Resultados encuesta-pregunta 3
(Fuente: Elaboración propia)

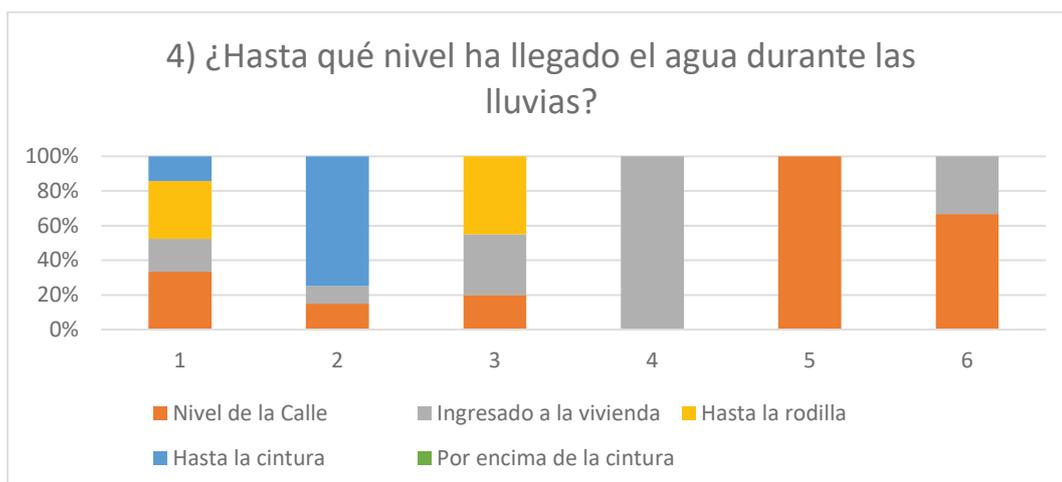


Figura 23. Resultados encuesta-pregunta 4
(Fuente: Elaboración propia)

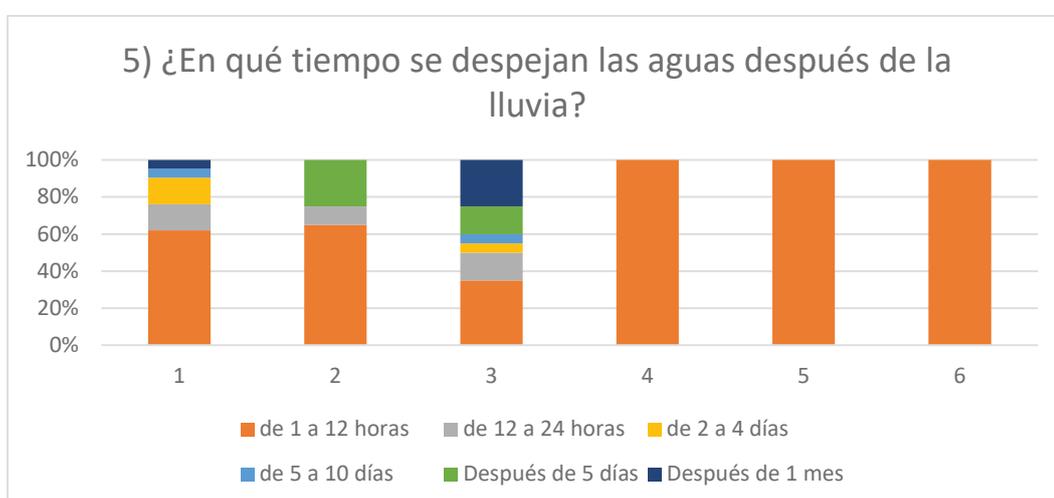


Figura 24. Resultados encuesta-pregunta 5
(Fuente: Elaboración propia)

4.3 Delimitación de la Microcuenca

Para la delimitación de la microcuenca de Monte Sinaí, de la Cooperativa Trinidad de Dios y con su respectiva red de canales, se utilizó el programa ArcGIS en su versión 10.4.1 y el Global Mapper en su versión 20. para el procesamiento de datos espaciales, permitiendo delimitar la microcuenca y posteriormente poder simular los procesos de precipitación, escorrentía y su drenaje, el uso de estas herramientas permiten incluir la contabilidad de la evapotranspiración, el deshielo y la humedad del suelo, es decir, contemplar el suministro de agua de las cuencas fluviales, la hidrología de inundaciones y la escorrentía de cuencas pequeñas, urbanas o naturales (USACE, 2022b).

Se requirió de la información ráster del modelo digital del terreno y el cauce contenida en el mapa de los años 2010 y 2018 facilitado por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (*IGM*), debido a que estos archivos en formato TIFF poseen en la meta data del modelo digital del terreno la información necesaria con medidas de longitud, latitud y altitud. Por lo tanto, se necesita transformar en un archivo ráster, indispensables para que el software pueda crear el modelo delimitado y obtener así los parámetros morfométricos, para ello se realizaron los siguientes pasos de acuerdo al siguiente esquema:

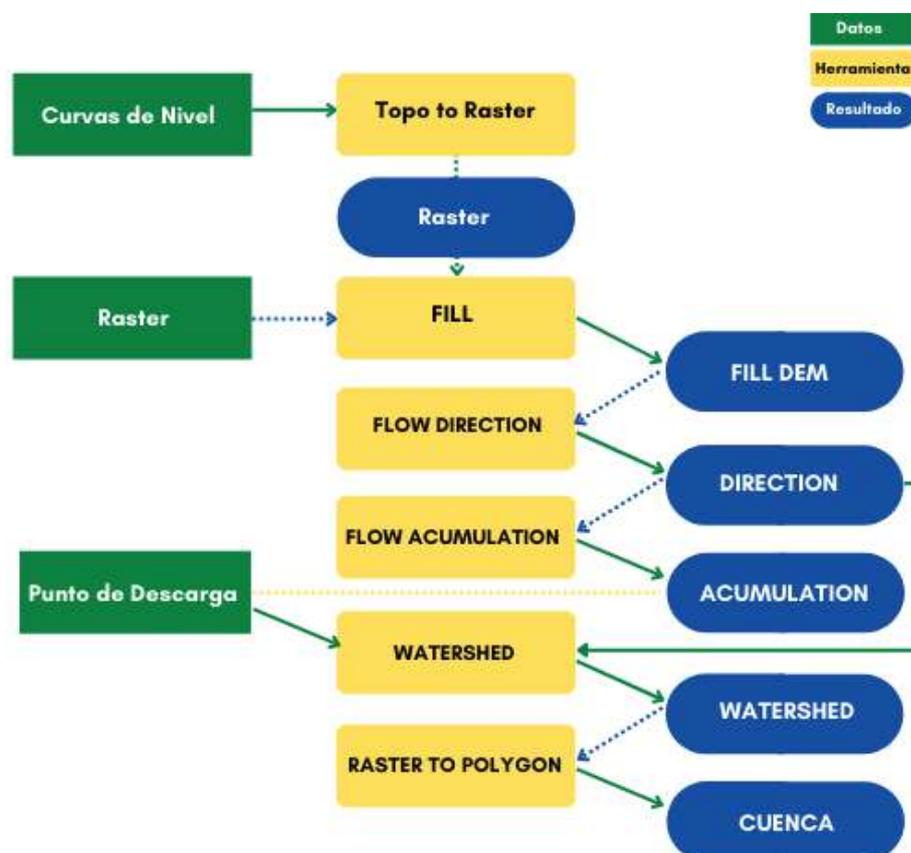


Figura 25. Esquema delimitación de Cuenca en ArcGIS 10.4.1
(Fuente: Adaptado de Mastergis 2021)

Unificado de archivos. - Los archivos con la meta data facilitados por el IGM del año 2010 está conformado por 2 archivos DTM (*Digital Terrain Model*) correspondientes a los modelos digitales del terreno de San Pablo y Pascuales, mismos que necesitaron ser previamente unidos mediante el comando “*MOSAIC TO NEW RASTER*”, mismo que puede ser encontrado en la ruta:

ArcToolbox/Raster/Data Management Tool/Raster/Data Set Raster/Mosaic to New Raster.

Nota: Es importante verificar en las propiedades del archivo el número de bandas y la referencia espacial sea WGS_1984_UTM_zone_17s.

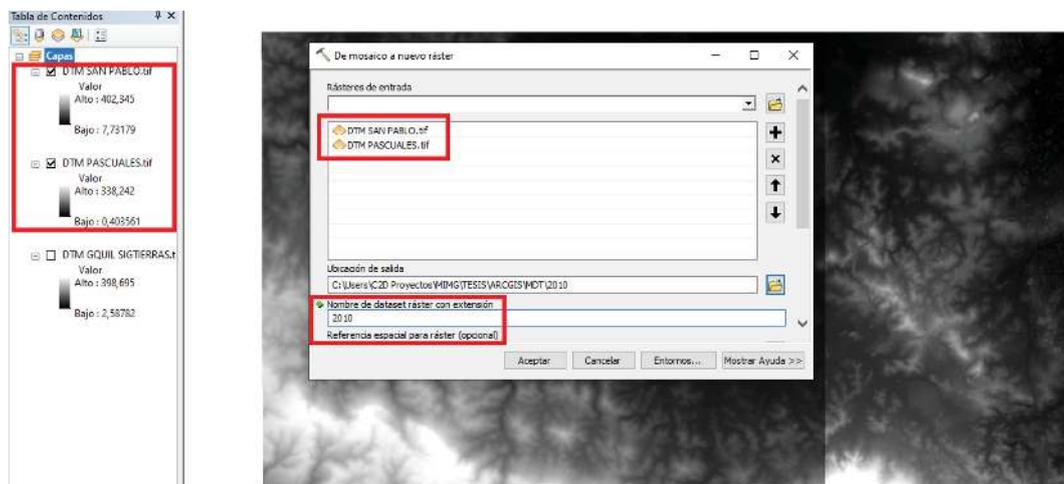


Figura 26. Uso del comando Mosaic to New Raster
(Fuente: Elaboración propia)

Flow direction. – Al contar ya con los archivos ráster del año 2010 y 2018, se requiere trabajar con la dirección del flujo de acuerdo a los niveles del terreno y para ello es necesario la conversión mediante el comando “*FLOW DIRECTION*” mismo que puede ser encontrado en la ruta: *ArcToolbox/Spatial Analyst/Hydrology/Flow Direction*.

Nota: Es importante realizar un relleno previo a la ejecución del comando, ya que no hay forma de verificar si hay espacios vacíos, esto es mediante la opción de *ArcToolbox/Spatial Analyst/Hydrology/Fill*.

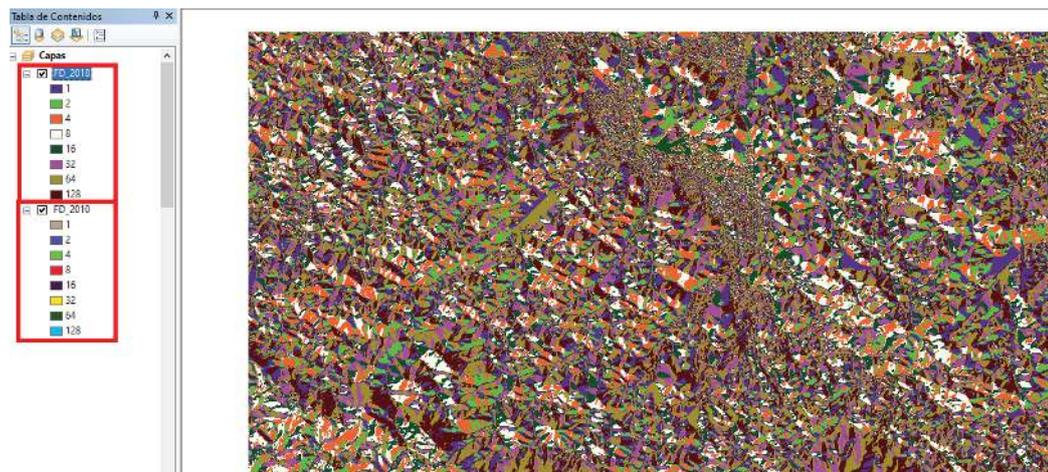


Figura 27. Resultado del comando Flow Direction
(Fuente: Elaboración propia)

Flow accumulation. – Esta herramienta se podrá identificar los principales cauces de agua, necesario para identificar el punto de descarga, esto se lo realiza mediante el comando “FLOW ACUMULATION” y se encuentra en la siguiente ruta: *ArcToolbox/Spatial Analyst/Hydrology/Flow Accumulation*.

Nota: Se recomienda realizar paso a paso, y trabajar con los archivos de manera independiente, ya que se requiere de mucha capacidad del computador durante el procesamiento de la información.



Figura 28. Resultado del comando Flow Accumulation
(Fuente: Elaboración propia)

Punto de descarga. – Para definir el punto de descarga, es necesario crear un nuevo elemento shapefile, mediante el menú *Catalog/New/Shapefile/* y se desplegará una ventana con las opciones, del cual seleccionaremos el tipo punto; es

preciso indicar que el punto de la desembocadura se consideró aguas debajo de la zona habitada, fuera de los límites de la Coop. Trinidad de Dios ya que según los resultados de la encuesta tanto el sector 1 como el sector 2 (Cooperativas Monte Lindo y Valle Hermoso) son mayormente afectados por inundaciones.

Nota: Es importante colocar el nombre, la selección de las coordenadas y que, durante la edición, se seleccione el punto justamente entre las líneas de los cauces para una correcta delimitación.

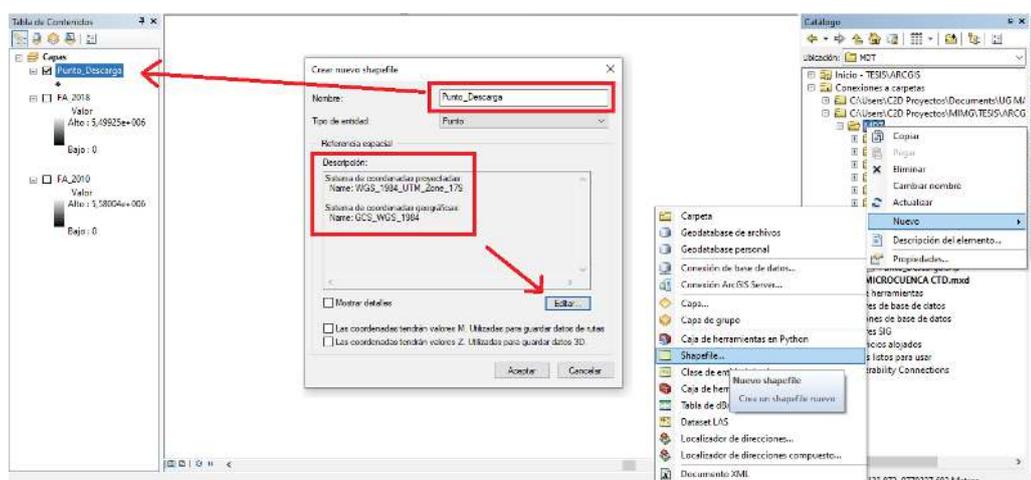


Figura 29. Creación del shapefile “Punto Descarga”
(Fuente: Elaboración propia)

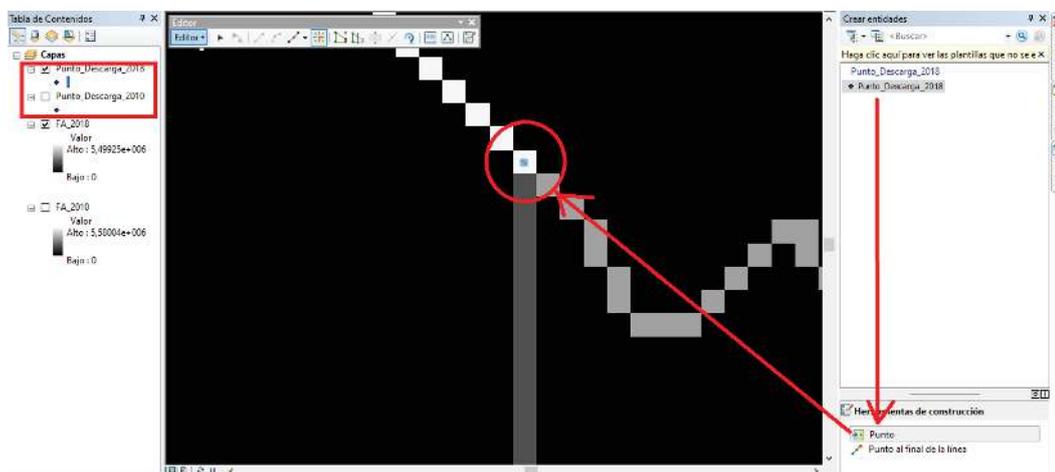


Figura 30. Edición del “Punto Descarga”
(Fuente: Elaboración propia)

Nota: Para este trabajo de investigación se requiere realizar 2 veces, ya que el punto de descarga varía para cada uno de los modelados, tanto para 2010 como para 2018.

Watershed. – Este comando permitirá generar la unidad hidrográfica en formato ráster, mediante el comando “*WATERSHED*” mismo que puede ser encontrado en la ruta: *ArcToolbox/Spatial Analyst/Hydrology/Watershed*.

Nota: En el caso de trabajar con 2 delimitaciones simultáneamente y en las mismas condiciones, se recomienda escoger correctamente los archivos y sus nombres, en este caso para los años de 2010 y 2018.

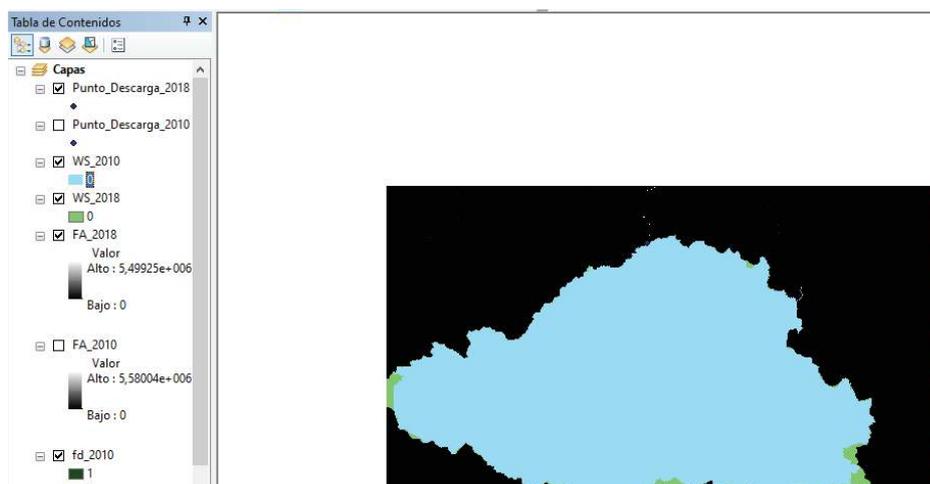


Figura 31. Resultado de la Delimitación de las Cuencas
(Fuente: Elaboración propia)

Ráster a polígono (Shapefile). – Al contar ya con los archivos ráster del año 2010 y 2018, se requiere trabajar con los polígonos y para ello es necesario la conversión mediante el comando “*RASTER TO POLYGON*” mismo que puede ser encontrado en la ruta: *ArcToolbox/Conversion Tool/From Raster/Raster to Polygon*.

Nota: Es importante realizar una reclasificación y filtración previa a la ejecución del comando ya que no hay forma de convertir directamente, esto es mediante la opción de *ArcToolbox/Spatial Analyst/RECLASS*.



Figura 32. Imagen comparativa de delimitaciones
(Fuente: Elaboración propia)

Modelo base. – Una vez delimitada la Subcuenca, es preciso definir el área de trabajo en relación a la zona habitada de las Cooperativas, y para fue es necesario la reducción de la red hidrográfica hacia el canal de “El Burro”; como pudimos observar en el resultado mostrado en la *Figura 32*, se denota una variación del terreno y, por lo tanto, se requiere realizar nuevamente los pasos anteriores y reubicando el punto de descarga.

Se requiere ser bastante preciso, debido a que el programa puede hacer una mala interpolación si éste se encuentra mal ubicado. Para entender y apreciar de mejor manera dicha variación del terreno de acuerdo a sus niveles y la ruta del cauce en el transcurso del tiempo, se preparó una figura comparativa, tal y como se muestra a continuación:



Figura 33. Reubicación de los puntos de descarga
(Fuente: Elaboración propia)

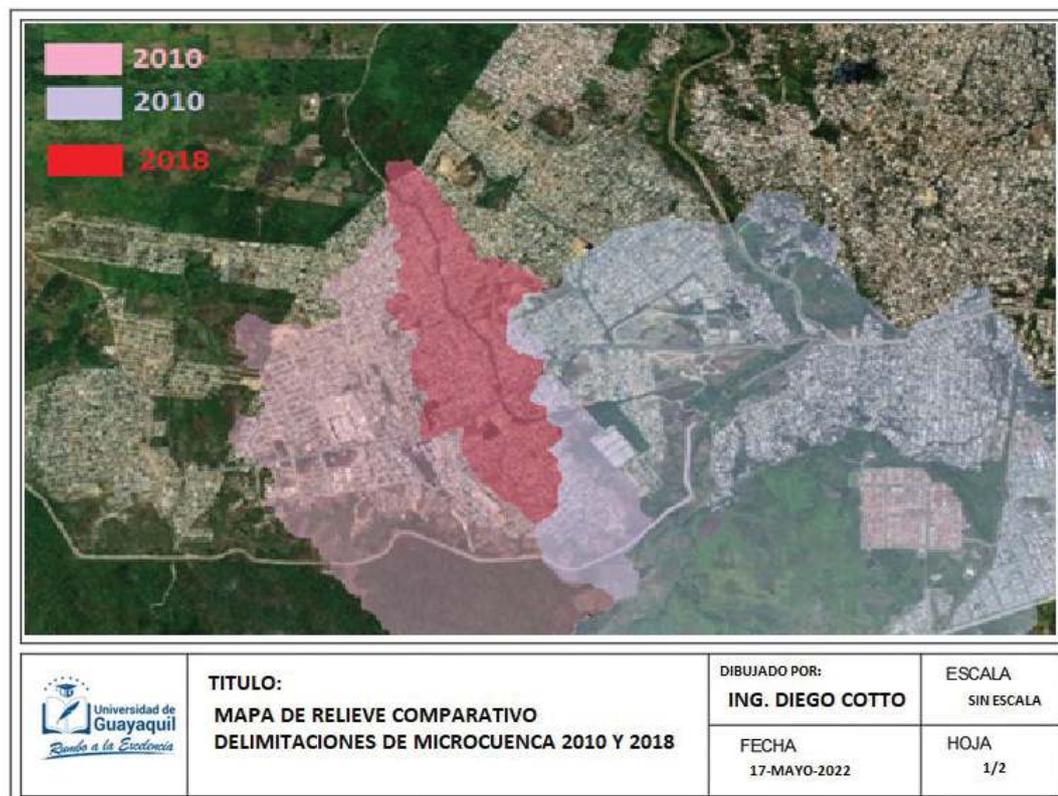


Figura 34. Mapa de relieve comparativo de delimitaciones
(Fuente: Elaboración propia)

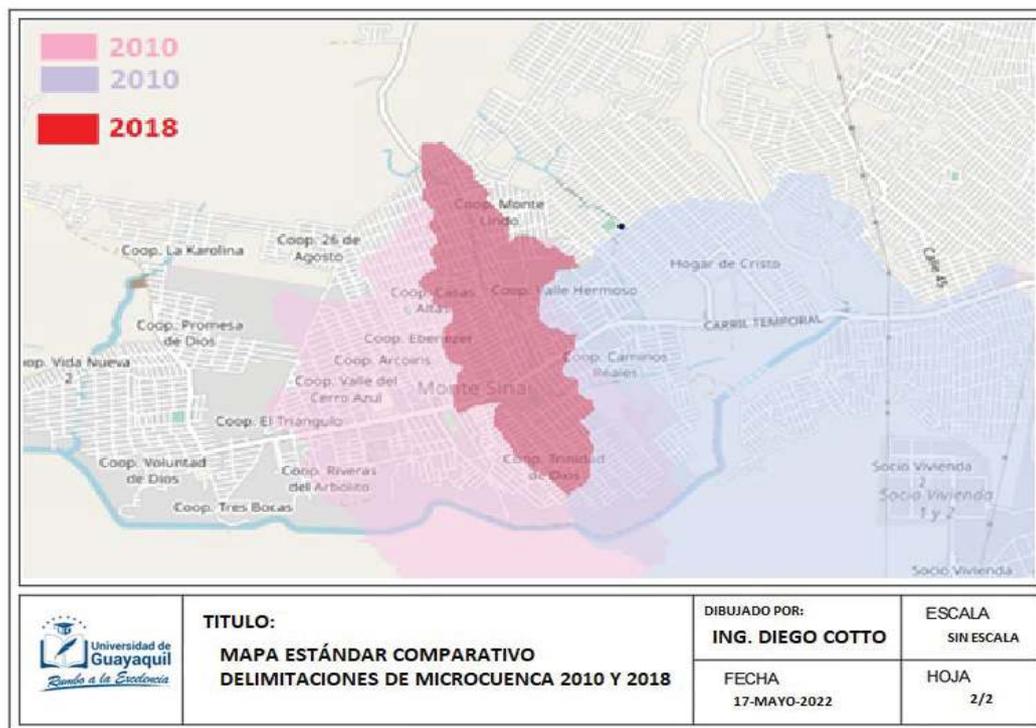


Figura 35. Mapa estándar comparativo de delimitaciones (Fuente: Elaboración propia)



Figura 36. Mapa de elevaciones de la microcuenca (Fuente: Elaboración propia)

4.4 Plan de Procesamiento de Información

Con la finalidad de trabajar con la información más actualizada, se procedió a la extracción de un modelo digital mediante el uso del software *Global Mapper* en su versión (V20.0.0) creado el 18 de septiembre del 2018 por la compañía *Blue Marble Geographics*.

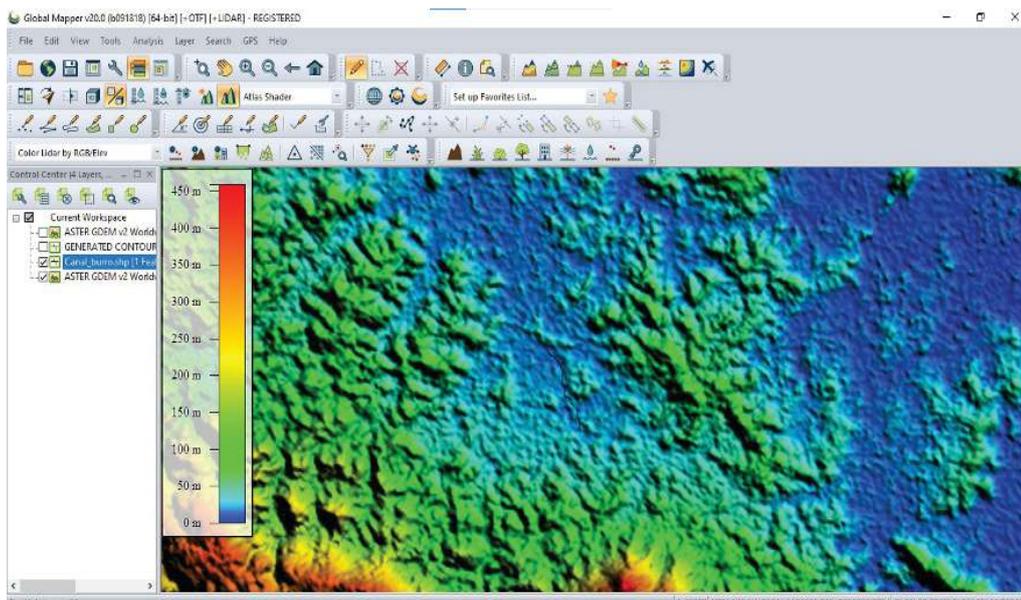


Figura 37. Captura y extracción de elevaciones digitales en Global Mapper V.20
(Fuente: Elaboración propia)

Los modelos digitales obtenidos y procesados en ArcGIS, difieren considerablemente en el curso del canal “El Burro” cuya probabilidad en la actualidad de la superficie puede ser real, sin embargo, para objeto de este estudio se procede a ignorar los resultados debido a que dicho canal queda fuera de contexto completamente según las altitudes propuestas, tal y como se muestra a continuación en la *Figura 38*.



Figura 38. Recorrido del flujo de acuerdo con las elevaciones digitales en Global Mapper V.20
(Fuente: Elaboración propia)

4.4.1 Parámetros Geomorfológicos

El estudio del comportamiento hidrológico de las cuencas hidrográficas guarda una relación muy importante con los parámetros geomorfológicos (Gavit et al., 2016). Se requiere contar con los parámetros de: generales, parámetros de forma y parámetros de relieve de la microcuenca, y para ello, mediante el software ArcGIS una vez procesada la información digital, se realizó la compilación y la validación de la información geográfica.

4.4.2 Parámetros Generales.

Mediante el software ArcGIS (v. 10.4.1), con la opción “*cálculo de geometría*” en la tabla de atributos, se extrajo las características generales de la microcuenca de la Cooperativa Trinidad de Dios hasta la desembocadura, siendo el área, perímetro y longitud de la cuenca, los valores que nos permitirán corroborar la clasificación de la microcuenca según el tamaño.

Tabla 5
Clasificación de Tamaños de Cuencas:

RANGOS DE ÁREAS (KM2)	CLASIFICACIÓN
< 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: (Campos Aranda, 1992)

Los datos obtenidos fueron:

DATOS

PERIMETRO DE LA MICROCUENCA		
Perímetro Total	7,70	Km

AREA DE LA MICROCUENCA		
Área Total	1,48	Km2

LONGITUD DEL CURSO DEL CANAL EL BURRO		
Longitud	2,62	Km

Por lo tanto, de acuerdo a la [Tabla 5](#) el área de investigación, se clasifica como cuenca muy pequeña, misma que hemos denominado “microcuenca”.

4.4.3 Parámetros de Forma.

La forma de la cuenca clasificada como muy pequeña denominada como microcuenca, fue analizada mediante varios factores que relacionan el área con el cauce principal que la drena, como el Factor de forma, coeficiente de compacidad, y relación de elongación. Estos parámetros de forma se consideran como factores que influyen en la evacuación del agua desde la parte más remota hasta su salida (Bilewu et al., 2015), por ende, se cuantifican a través de las ecuaciones que muestran en la [Tabla 6](#) para cada parámetro.

Tabla 6
Fórmulas aplicadas para cálculo de factores:

FACTORES	DATOS	FÓRMULAS
Coeficiente de compacidad (Kc)	P = perímetro de la cuenca (km)	$Kc = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$
	A = área de la cuenca (km ²)	
Factor de forma	La = longitud del cauce principal	$Rf = \frac{A}{La^2}$
	A = área de la cuenca	
Relación de elongación	A = área de la cuenca	$Re = 1,129 \times \frac{\sqrt{A}}{Lc}$
	Lc = longitud de la cuenca	

Fuente: *Recuperado y Adaptado de* (Avinash et al., 2014)

4.4.3.1 Coeficiente de Compacidad de Gravelius (Kc).

Este índice o coeficiente, es parámetro adimensional que equivale a la relación entre el perímetro de la microcuenca y el perímetro circular teórico equivalente del área de la misma, para ello, Gravelius definió la expresión matemática siguiente:

$$Kc = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Si los valores del índice se aproximan a 1, manifiesta que la forma es circular; por lo tanto, el riesgo de las crecidas tiende a ser mayor debido a la distancia de la divisoria en relación al centro. Ahora bien, si la tendencia es acercarse progresivamente hasta el valor de 1,75, la microcuenca asemeja una forma rectangular y, por tanto, todo aquello que supere este valor se clasificaría como irregular y con menor riesgo durante las crecidas (Gaspari et al., 2012).

Aplicando la ecuación (2), obtuvimos el siguiente resultado:

$$K_C = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0,282 \times \frac{7,70}{\sqrt{1,48}} = 1,785$$

Donde:

- K_C = Coeficiente de Compacidad
- P= Perímetro
- A= Área

De acuerdo al índice de compacidad obtenido, se clasifica como “*Rectangular*”, en concordancia con lo expuesto en la [Tabla 7](#).

Tabla 7
Clasificación del Índice de Compacidad de Gravelius:

Kc	CLASIFICACIÓN
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-oblonga
1,5 a 1,75	oval oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Rectangular

Fuente: (Gaspari et al., 2015)

El **rectángulo equivalente** según (Villón Bejar, 2007), es la similitud de la microcuenca en perímetro y superficie, es decir, que posee el mismo índice de compacidad y la distribución hipsométrica.

Entonces, partiendo de que $K_C > 1,128$., se realiza el siguiente análisis:

$$A = Lx l \quad (3)$$

$$P = 2(L + l) \quad (4)$$

Entonces, reemplazando en (2), nos queda:

$$K_c = 0,28 \frac{2(L + l)}{\sqrt{A}} = 0,56 \frac{(L + l)}{\sqrt{A}}$$

$$\frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} = l + L = \frac{A}{L} + L = \frac{A + L^2}{L}$$

$$\frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} L = A + L^2$$

Obteniendo así una ecuación de segundo grado de variable L

$$L^2 - \frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} L + A = 0$$

Al despejar, el resultado es:

$$L = \frac{\frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} \pm \sqrt{\left(\frac{K_c \sqrt{A}}{0,56}\right)^2 - 4A}}{2}$$

$$L = \frac{\frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} \pm \frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} \sqrt{1 - \frac{4A}{K_c^2 A} (0,56)^2}}{2}$$

$$L = \frac{\frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} \pm \frac{K_c \sqrt{A}}{0,56} \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c}\right)^2}}{2}$$

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \left(1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c}\right)^2} \right)$$

Esta ecuación tiene dos soluciones las cuales se diversifican en:

$$\text{Lado mayor, } L = \frac{K_C \sqrt{A}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right) \quad (5)$$

$$\text{Lado menor, } l = \frac{K_C \sqrt{A}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right) \quad (6)$$

$$L = \frac{K_C \sqrt{A}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right) = L = \frac{1,785 \sqrt{1,48}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,785} \right)^2} \right) = 3,45$$

$$l = \frac{K_C \sqrt{A}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C} \right)^2} \right) = l = \frac{1,785 \sqrt{1,48}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,785} \right)^2} \right) = 0,43$$

4.4.3.2 Factor de Forma (Ff).

Es un coeficiente adimensional cuyo factor corresponde a una clasificación que define la concentración del escurrimiento superficial y fue introducida por Magette en 1976, quien la denominó “*Form factor*” (Jardi, 1985). Es decir, se manifiesta como circular o alargada y responde a la fórmula siguiente:

$$Ff = \frac{A}{La^2} \quad (7)$$

Donde:

- Ff = Factor de forma
- A = Área
- La = Longitud del cauce principal

Por lo tanto, nos resulta:

$$Ff = \frac{A}{La^2} = \frac{1,48}{2,62^2} = 0,215$$

Los resultados responden a una clasificación de “Alargada”, tal y como se expone en la [Tabla 8](#).

Tabla 8
Clasificación del Factor de Forma:

Ff	CLASIFICACIÓN
≈ 1	Circular
$\lll 1$	Alargada

Fuente: *Recuperado y Adaptado de* (Jardi, 1985)

4.4.3.3 *Relación de Elongación (Re).*

Este parámetro expresa como se relaciona el diámetro un círculo con un área representativa y de igual magnitud, asociado con la longitud máxima de la cuenca cuya fórmula utilizada, es la propuesta por Shumm en 1956 nombrada como “*elongation ratio*” y simbolizándola con las iniciales *Re* (Jardi, 1985), la expresión matemática se denota de la siguiente manera:

$$Re = 1,129 \times \frac{\sqrt{A}}{Lc} \quad (8)$$

Donde:

- *Re*= Relación de elongación
- *A*= Área
- *Lc*= Longitud máxima de la cuenca

$$Re = 1,129 \times \frac{\sqrt{A}}{Lc} = 1,129 \times \frac{\sqrt{1,48}}{7,7} = 0,178$$

Los valores del parámetro clasifican a la microcuenca como “*Alargadas*”, de acuerdo a la [Tabla 9](#):

Tabla 9
Clasificación del parámetro (Re):

Re	CLASIFICACIÓN
< 1	Alargadas
≥ 1	Redondeada

Fuente: *Recuperado y Adaptado de (Jardi, 1985)*

4.4.4 **Parámetros de Relieve.**

En esta sección de desarrollo, se basó en algunos parámetros de relieve que se determinaron por medio del software ArcGIS (v. 10.4.1), cuyos valores se ilustran en el cuadro siguiente:

PARÁMETROS DE RELIEVE	RESULTADOS
Desnivel absoluto (d). - Es la diferencia entre la cota máxima y mínima.	40 m
Cota máxima de la cuenca (HM). - Es la cota más elevada de la cuenca.	75 msnm
Cota mínima (Hm). - En la más baja de la cuenca.	35 msnm
Elevación media (Hmed). - Promedio entre la cota máxima y mínima.	55 m
Coordenadas del centroide X	611818,588691
Coordenadas del centroide Y	9765534,89828

4.4.4.1 *Pendiente Media de la Cuenca (Pend) (%)*.

El parámetro de pendiente media de la cuenca, es un factor porcentual que permite tener una idea de la velocidad que adquiere la escorrentía, así como la obtención de las características de los hidrogramas. Las cuencas de menor pendiente de concentración en los taludes, ralentiza el caudal de los arroyos durante las precipitaciones (Al-Hurban et al., 2021).

PENDIENTE DE LA CUENCA			
LONGITUD		2624,83	m
COTA DE AFORO		35	msnm
COTA MAYOR		75	msnm
DIF		40	msnm
S	1,52 %	0,015	m/m

PERFIL LONGITUDINAL DE LA CUENCA					
COTA MAS BAJA (1)	COTA MAS ALTA (2)	DIFERENCIA DE ELEV. (3)	LONGITUD DEL TRAMO (4) (en m.)	DISTANCIA ACUMULADA (5) (en m.)	DISTANCIA ACUMULADA (6) (en Km.)
(en msnm)	(en msnm)	(en m.)	(4) (en m.)	(5) (en m.)	(6) (en Km.)
0,00	35	35	0,00	0,00	0,00
35,00	36	1	126,13	126,13	0,13
36,46	39	3	221,52	347,65	0,35
39,02	43	4	307,32	654,97	0,65
42,57	47	5	409,97	1064,95	1,06
47,31	53	5	459,79	1524,73	1,52
52,63	60	7	624,47	2149,20	2,15
59,85	75	15	1300,67	3449,87	3,45

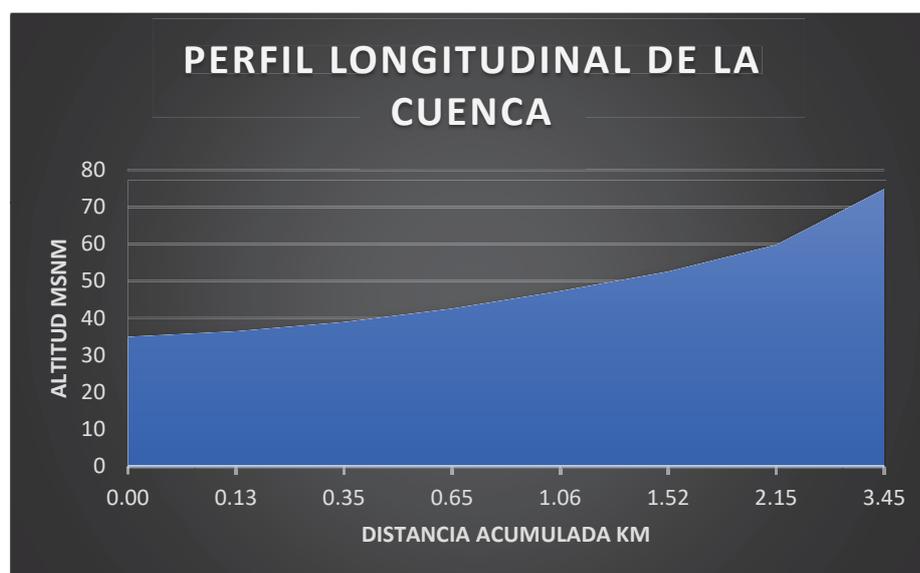


Figura 39. Perfil Longitudinal de la Cuenca
(Fuente: Elaboración propia)

4.4.4.2 Pendiente Media del Cauce Principal (I) (%).

Este es un indicador para determinar, qué tan bien responde un canal ante una lluvia torrencial. En muchos casos, su objetivo principal es poder estimar el punto

de inicio del canal principal suponiendo que representa la longitud máxima del cauce natural (Camino et al., 2018) y responde a la relación matemática siguiente:

$$i = \frac{(Hm - hm)}{Lc} \quad (9)$$

Donde:

- i = Pendiente media del cauce principal
- Hm = Altura máxima de la cuenca
- hm = Altura mínima de la cuenca

$$i = \frac{(Hm - hm)}{Lc} = \frac{(46 - 35)}{2624,83} = 0,00419 \text{ m/m} \approx 0,41\%$$

Según la propuesta por Ortiz Vera en el 2004, mediante el rango de pendiente se puede clasificar según los tipos de relieve y ésta concuerda con un relieve del tipo “Plano” ante los valores recuperados, adaptados y mostrados en la [Tabla 10](#).

Tabla 10
Valores de pendiente media del cauce

RANGOS DE PENDIENTE (%)	RELIEVE
< 3	Plano
3 a 7	Suave
7 a 12	Mediano
12 a 35	Accidentado
35 a 50	Fuerte
50 a 75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Nota. Recuperado y adaptado de (Camino et al., 2018)

4.4.4.3 Curva Característica de la Cuenca.

Con los datos obtenidos del ArcGIS (v. 10.4.1), se procede a elaborar los cuadros de las áreas respectivas a cada rango de elevación, realizando un promedio entre el máximo y mínimo de cada rango, obteniendo así la curva hipsométrica a partir de la altitud promedio y el porcentaje acumulado, así como también, la frecuencia de altitudes en base al porcentaje de área total.

AREA (m ²)	AREA (Km ²)	ALTITUD			ACUMULADO	% ACUMULADO
		MIN	MAX	PROMEDIO		
483,693,616	0,48	35	36,453,987	35,73	1,48	100,00
164,607,775	0,16	36,458,557	39,018,242	37,74	1,00	67,39
320,737,424	0,32	39,020,191	42,569,263	40,79	0,84	56,30
203,254,818	0,20	42,574,059	47,304,874	44,94	0,51	34,68
147,761,628	0,15	4,731,493	52,603,294	49,96	0,31	20,98
114,069,334	0,11	52,631,863	59,825,909	56,23	0,16	11,01
493,272,797	0,05	59,853,165	74,894,035	67,37	0,05	3,33
TOTAL	1,48					

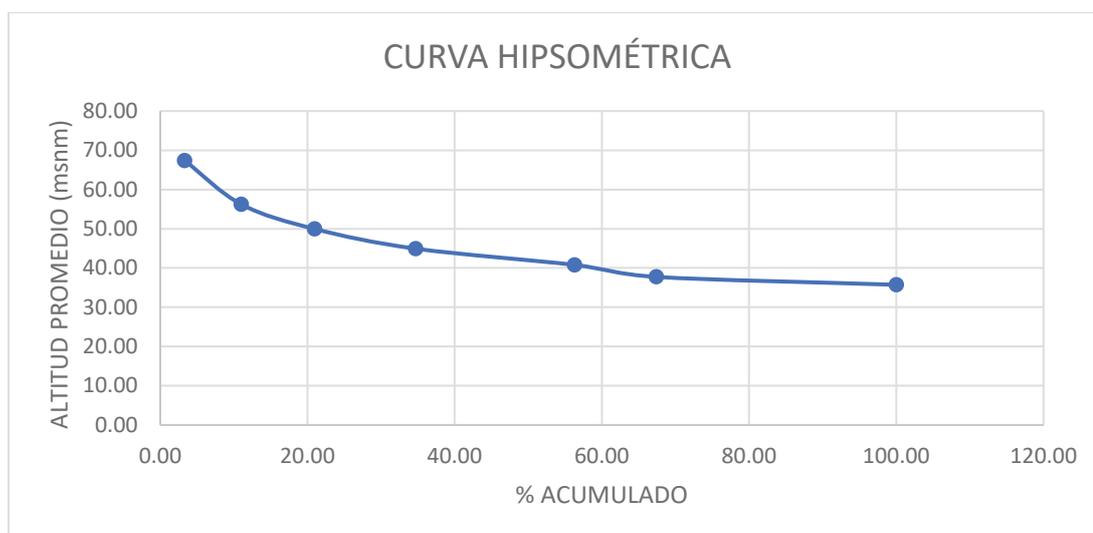
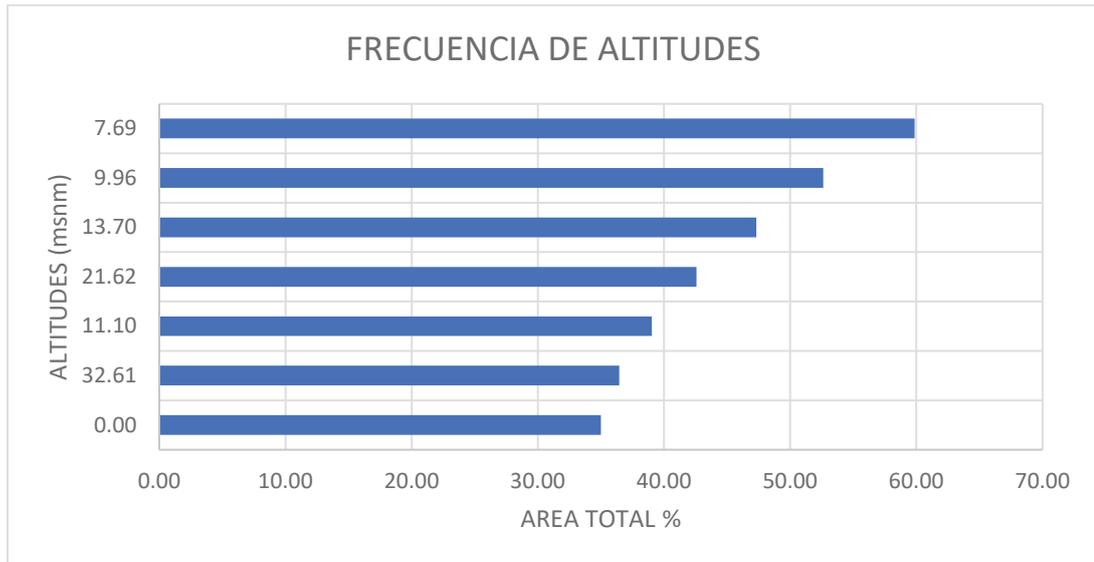


Figura 40. Curva Hipsométrica
(Fuente: Elaboración propia)

ALTITUD	AREAS			%	
	PARCIALES	ACUMULADAS	RESTANTE	A. TOTAL	RESTANTE
35,00	0,00	0	1,48	0,00	100,00
36,46	0,48	0,48	1,00	32,61	67,39
39,02	0,16	0,65	0,84	11,10	56,30
42,57	0,32	0,97	0,51	21,62	34,68
47,31	0,20	1,17	0,31	13,70	20,98
52,63	0,15	1,32	0,16	9,96	11,01
59,85	0,11	1,43	0,05	7,69	3,33
74,89	0,05	1,48	0,00	3,33	0,00
TOTAL	1,48		TOTAL	100,00	



CALCULO DE LA ELEVACION MEDIA			
ALTITUDES	AREA PARC (a)	ELEVACION MEDIA (e)	(a) x (e)
35,00	0,00	0,00	0,00
36,46	0,48	35,73	17,28
39,02	0,16	37,74	6,21
42,57	0,32	40,80	13,09
47,31	0,20	44,94	9,14
52,63	0,15	49,97	7,38
59,85	0,11	56,24	6,42
74,89	0,05	67,37	3,32
TOTAL	148,345,188		62,84

$$E_m = 42,36$$

COTA (msnm)	DIFERENCIA (msnm)	SUB-AREAS (km ²)	li (km)
35,00	0	0	0
36,46	1	0,05	0,13
39,02	3	0,10	0,22
42,57	4	0,13	0,31
47,31	5	0,18	0,41
52,63	5	0,20	0,46
59,85	7	0,27	0,62
74,89	15	0,56	1,30

4.5 Datos Hidrológicos

4.5.1 *Periodo de Retorno.*

Se define como el tiempo promedio, en años, en el que el valor del caudal pico de una crecida determinada es igualado o superado por lo menos una vez. (Monsalve, 1999).

El periodo de retorno se encuentra asociado a:

- Vida útil de la obra
- Tipo de Estructura
- Facilidad de reparación y ampliación
- Peligro de pérdidas de vidas humanas

Por ello, se propone un periodo de retorno de acuerdo con el tipo de proyecto, tal y como se expone en la [Tabla 11](#) siguiente:

Tabla 11
Periodo de retorno de acuerdo al tipo de proyecto

TIPO DE PROYECTO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
*Desviación de crecientes en proyectos hidroeléctricos.	25 a 50
*Rebosamiento para crecientes de proyectos hidroeléctricos, dependiendo de si la presa es de tierra o enrocado, o de concreto.	≥ 1000
*Colectores de aguas lluvias en ciudades dependiendo del tipo de zona dentro de la ciudad.	2 a 10
*Alcantarillas para carreteras.	1,1 a 5

Nota. Recuperado y Adaptado de (Monsalve Sáenz, 1999)

4.5.2 *Precipitaciones.*

El presente estudio requirió de los datos de precipitaciones, para cuantificar el caudal con el cual se pretende dimensionar el canal propuesto de diseño, debido a que la precipitación se constituye como la fuente principal de aportación de agua. Para ello, hemos solicitado la información meteorológica de la estación cercana conocida como Guayaquil U. Estatal (Radio Sonda) identificada con las

numeraciones MA2V y M1096, cuyos valores fueron facilitados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (*INAMHI*), se obtuvieron los datos expresados de la siguiente manera:

Tabla 12
Valores de Precipitación máxima en 24 horas de la estación Guayaquil

Guayaquil	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1992		35,1	113,6	98,4	30	35,4	3,6	0,3	0	0	0	6,5
1993	38,7	75,7	57,7	60,6	73	0,3		0,1	0	0	0	32,7
1994	47,1	48,1	55,9	40,2	15,3	3,6	0	0	0,2		0,6	130,6
1995	46,4	79	46,7	9,9	12,3	1,5	2,6	0	0,1	0,5	0,9	1,5
1996	72,1	104,3	68,5	46,1	1,1	0	0,6	0,5	0,5	0	0,4	7,5
1997	30,2	75,7	135,7	52,4	88,2	16,2	64,4	7,3	5,7	46,6	168,3	190,6
1998	82,6	85,5	151,2	221,8	82,3	32	8	0	0,3	0,3	0,1	0,2
1999	24	51,1	54,3	60,4	6,9	1,3	0	0	1,3	0,4	0,5	21,9
2000	23,8	64,2	142,2	74,7	107,4	4,3	0	0	1	0	0	1
2001	40,2	131,2	171,2	73,6	2,2	0	0,5	0	0			0,5
2002	19,4	91,9	116,9	174,2		0	0	0	0	2,1	0	5,7
2003	30,6	122	29,4			0,5	0,3		0	0	0	11,6
2004	63,7			48,7		0	0,2		2,1	0	0	
2005		12,5	96,9	57,2	0,4	0	0	0	0	0	0,2	11,3
2006	52,4	64,8	49,1	3,8	15,7	0,8	0	0,2	0,3	1	1,1	24,7
2007	36,4	20,4	81,6	53,5	5,3	1,2	0	0,1	0	1,7	0,6	2,8
2008	65,6	81,5	107,5	66	4,2	1	0,5	0,7	2,7	1	0	0,8
2009	30,2	75,7	135,7	52,4	88,2	16,2	64,4	7,3	5,7	46,6	168,3	190,6
2010	108	66,2	51,8	63,8	17,1	10,5	1,2	0,2	0			
2011	40,9	24,3	19,3	99,9	1,7	1,8	8	0	0	0,1	0,9	19,2
2012	34,6	145,1	71,8	89,4	14,4	55,6	0	0	0,2	1,7	5,1	3,5
2013	22,3	55,8		23,2	0,7	0,4	0	0,6	0	0,2	0	0,4

Nota. Intensidad de lluvia máxima en 24 horas
(Fuente: INAMHI, Elaboración Propia)

Como podemos observar en la [Tabla 12](#) anterior, existen ciertos meses que no posee la información obtenida de la estación y que no se pueden considerar como un valor numérico igual a cero. Normalmente durante una práctica común, mediante la observación se puede estimar un valor real, si los errores sistemáticos no existen o los datos han sido eliminados, es favorable realizar una estimación del valor efectuando un promedio entre un gran número de mediciones independientes (OMM, 1996).

Dicho promedio (\bar{X}) se define como el dato característico que pertenece a una serie de valores (X_1, X_2, X_n), resultante de la sumatoria de todas las mediciones obtenidas, dividida para el número total de mediciones. Es decir:

$$\bar{X} = \frac{X1 + X2 + \dots + Xn}{N} \quad (10)$$

Obteniendo como resultado, los valores expresados en la [Tabla 13](#):

Tabla 13
Valores de Precipitación máxima en 24 horas de la estación Guayaquil-
Completado

Guayaquil	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1992	45,5	35,1	113,6	98,4	30	35,4	3,6	0,3	0	0	0	6,5
1993	38,7	75,7	57,7	60,6	73	0,3	7,3	0,1	0	0	0	32,7
1994	47,1	48,1	55,9	40,2	15,3	3,6	0	0	0,2	5,4	0,6	130,6
1995	46,4	79	46,7	9,9	12,3	1,5	2,6	0	0,1	0,5	0,9	1,5
1996	72,1	104,3	68,5	46,1	1,1	0	0,6	0,5	0,5	0	0,4	7,5
1997	30,2	75,7	135,7	52,4	88,2	16,2	64,4	7,3	5,7	46,6	168,3	190,6
1998	82,6	85,5	151,2	221,8	82,3	32	8	0	0,3	0,3	0,1	0,2
1999	24	51,1	54,3	60,4	6,9	1,3	0	0	1,3	0,4	0,5	21,9
2000	23,8	64,2	142,2	74,7	107,4	4,3	0	0	1	0	0	1
2001	40,2	131,2	171,2	73,6	2,2	0	0,5	0	0	5,4	17,4	0,5
2002	19,4	91,9	116,9	174,2	29,8	0	0	0	0	2,1	0	5,7
2003	30,6	122	29,4	70	29,8	0,5	0,3	0,9	0	0	0	11,6
2004	63,7	71,9	87,9	48,7	29,8	0	0,2	0,9	2,1	0	0	33,2
2005	45,5	12,5	96,9	57,2	0,4	0	0	0	0	0	0,2	11,3
2006	52,4	64,8	49,1	3,8	15,7	0,8	0	0,2	0,3	1	1,1	24,7
2007	36,4	20,4	81,6	53,5	5,3	1,2	0	0,1	0	1,7	0,6	2,8
2008	65,6	81,5	107,5	66	4,2	1	0,5	0,7	2,7	1	0	0,8
2009	30,2	75,7	135,7	52,4	88,2	16,2	64,4	7,3	5,7	46,6	168,3	190,6
2010	108	66,2	51,8	63,8	17,1	10,5	1,2	0,2	0	5,4	17,4	33,2
2011	40,9	24,3	19,3	99,9	1,7	1,8	8	0	0	0,1	0,9	19,2
2012	34,6	145,1	71,8	89,4	14,4	55,6	0	0	0,2	1,7	5,1	3,5
2013	22,3	55,8	87,9	23,2	0,7	0,4	0	0,6	0	0,2	0	0,4
PROMEDIO	45,5	71,9	87,9	70	29,8	8,3	7,3	0,9	0,9	5,4	17,4	33,2

Nota. Intensidad de lluvia máxima en 24 horas
(Fuente: INAMHI, Elaboración Propia)

Una vez completado los datos, se procedió con la elaboración de los hietogramas de precipitación máxima y precipitación promedio, cuyos gráficos manifiestan los valores de precipitación recogida en un intervalo mensual, analizando los meses de acuerdo al período de información obtenida desde 1992 hasta el año 2013.

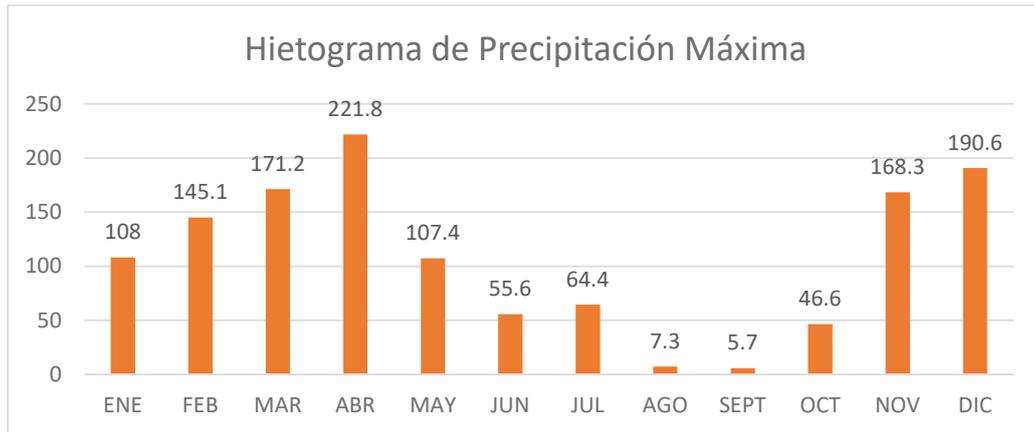


Figura 41. Hietograma de Precipitación Máxima
(Fuente: Elaboración propia)

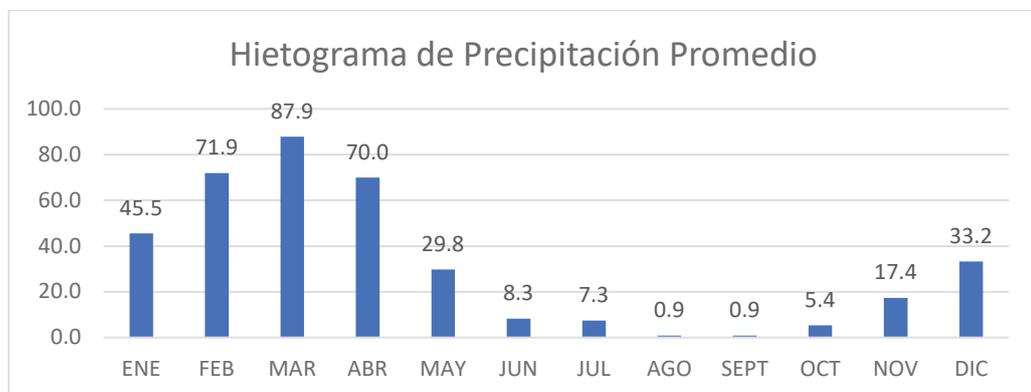


Figura 42. Hietograma de Precipitación Promedio
(Fuente: Elaboración propia)

Adicionalmente, se realizó la representación gráfica de las precipitaciones, mostrando los registros máximos y totales de acuerdo a los años.

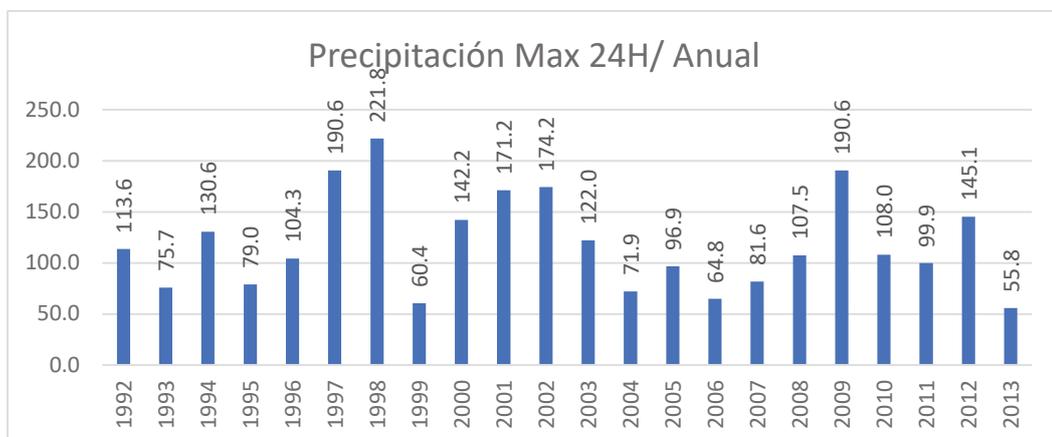


Figura 43. Precipitación Máxima 24H/Anual
(Fuente: Elaboración propia)

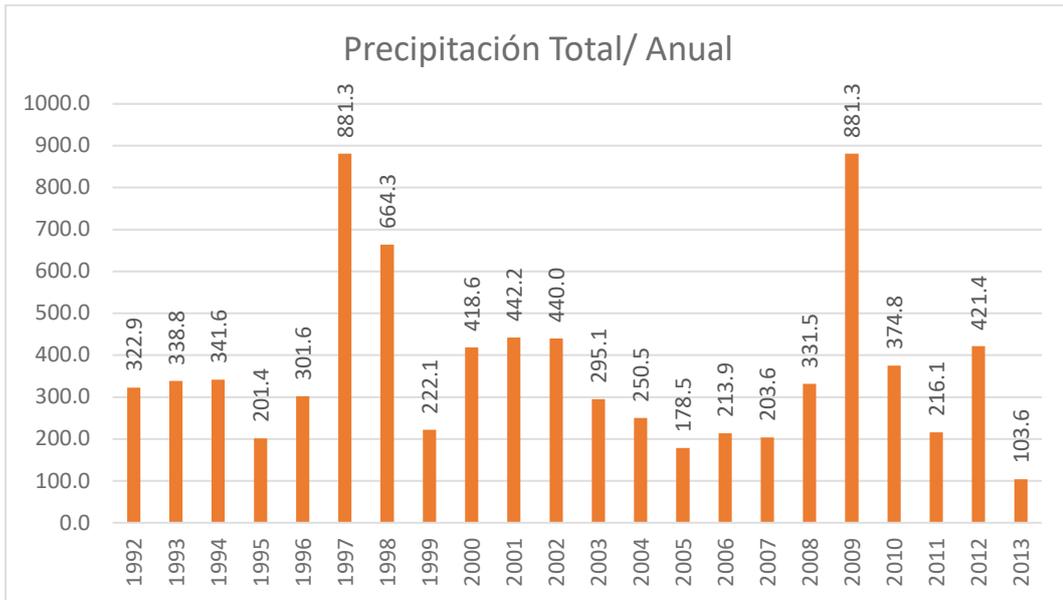


Figura 44. Precipitación Total / Anual
(Fuente: Elaboración propia)

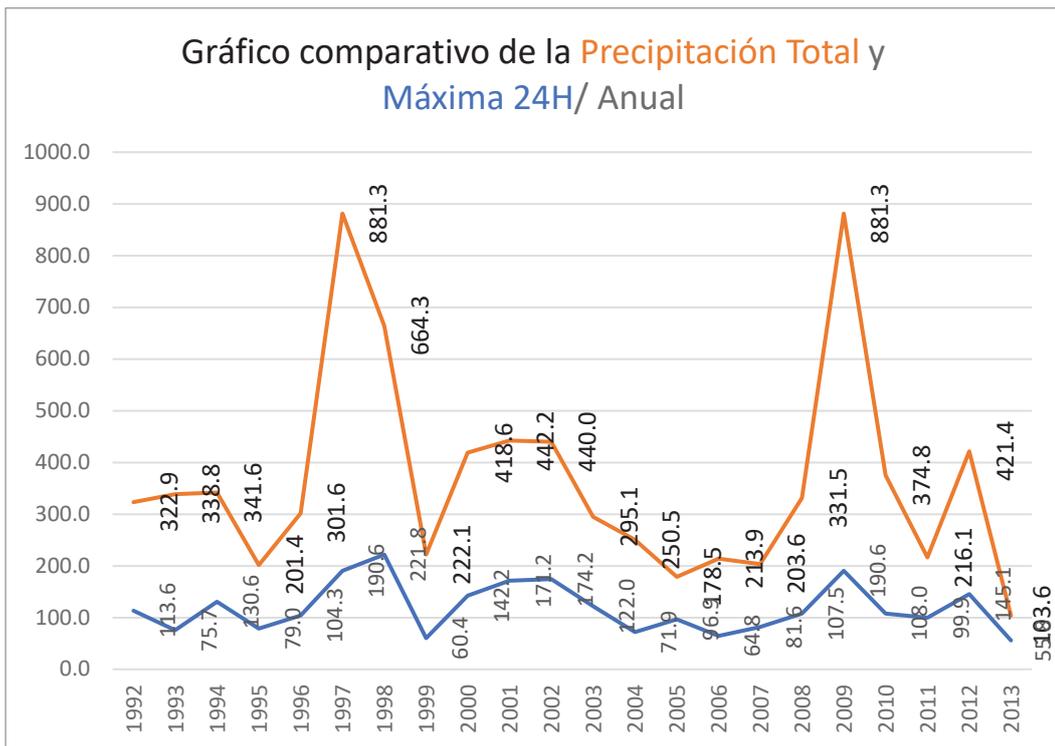


Figura 45. Gráfico comparativo Precipitación Total / Máxima 24H
(Fuente: Elaboración propia)

4.5.3 *Flujos de Precipitaciones.*

Los flujos producidos por las precipitaciones se clasifican en 3:

- **Flujo Superficial.** - Equivale a la Precipitación Neta
- **Flujo Intermedio.** – Equivale a la Infiltración
- **Flujo Base.** - Equivale a la Percolación

Para nuestro caso de estudio, el flujo **base** tiene una respuesta lenta y tarda periodos extensos en escurrir y volver a salir a la superficie, este volumen suele ser constante pero reducido a lo largo del año, por lo que el flujo **intermedio** o infiltración también son considerados como bajos, por tal motivo, ambas no suelen tener mayor importancia al momento de la crecida en épocas de invierno.

En base a ello, se estimará la precipitación neta o efectiva, por ser aquella que representa en gran porcentaje a la escorrentía producida por las lluvias mediante flujo superficial, de tal forma, se puede asumir que son aproximadamente iguales y se analizará en el coeficiente de escorrentía de este estudio.

4.5.4 *Distribución de Dyck Y Peschke.*

Para la determinación de los valores máximos de intensidades correlacionados a los diferentes períodos de retorno, en este proyecto se utilizó de acuerdo a la teoría de probabilidad y estadística, usando la distribución de Dyck y Peschke para modelar considerando los valores extremos calculados.

Esta distribución afirma que los volúmenes de precipitación máximos en intervalos menores a 24 horas ($PD_{[h]}$), pueden calcularse a partir de las precipitaciones máximas en 24 horas ($P24_{[h]}$) y la duración (D_{min}), mediante la relación matemática:

$$PD_h = P24_{[h]} \times \left(\frac{D_{min}}{1440}\right)^{0,25} \quad (11)$$

Donde:

- $PD_{[h]}$ = Precipitación máximos en intervalos menores a 24 horas
- $P24_{[h]}$ = Precipitaciones máximas en 24 horas
- D_{min} = Duración de precipitación (minutos)

Modificación de Antonio Campos Cedeño:

El Ing. Antonio Campos, en 1978 determinó que para una región se puede adaptar los coeficientes mediante una constante “Kp”, en lugar de la utilización de la ecuación (11), enlistando los siguientes valores de constantes de duración:

Duración (h)	1	2	3	4	5	6	8	12	18
Kp	0,3	0,39	0,46	0,52	0,57	0,61	0,68	0,8	0,91

Aplicando este criterio, se tomaron los valores de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Guayaquil, con los datos completados y mostrados en la [Tabla 13](#), obteniendo el cuadro resumen de precipitaciones máximas:

AÑO	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
MAX 24 h	113,6	75,7	130,6	79	104,3	190,6	221,8	60,4	142,2	171,2	174,2
AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MAX 24 h	122	71,9	96,9	64,8	81,6	107,5	190,6	108	99,9	145,1	55,8

Análisis de información mediante software:

HIDROESTA, es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de análisis de la información hidrometeorológica; esta información puede consistir en datos de precipitación, caudal, temperatura, evaporación, etc. (Villón, 2022).

Con la ayuda del programa HIDROESTA en su segunda versión, software que es el producto de una investigación patrocinada por la Vicerrectoría de

Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se procede a calcular las curvas IDF mediante la distribución **Dyck y Peschke**.

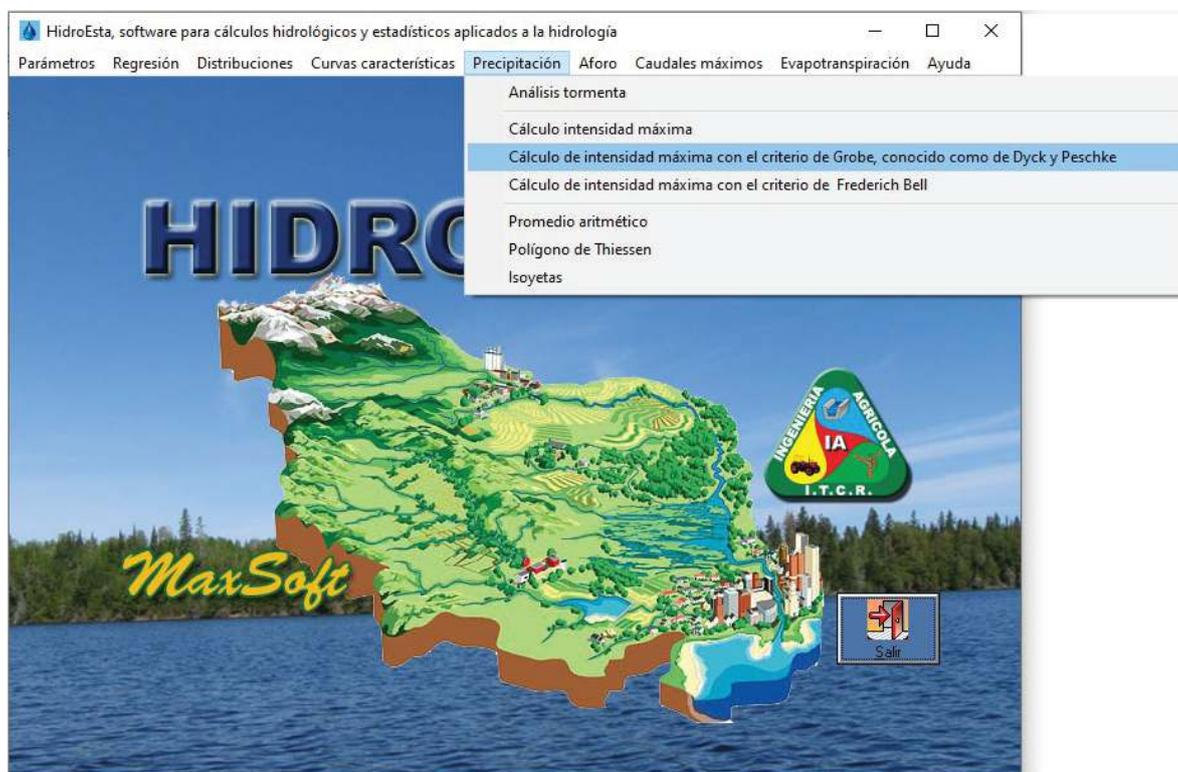


Figura 46. Cálculo de IDF con el criterio de Dyck y Peschke mediante Hidroesta 2
(Fuente: Elaboración propia)

Ingreso de los datos. - Al contar ya con los datos completados, se requiere guardar la información en un archivo único de Excel en cualquiera de sus versiones desde el año 1997 al 2010, se requiere trabajar con exclusivamente numéricos y para ello es necesario la importación mediante el comando “*Cargas Archivo desde Excel*” mismo que puede ser encontrado mediante ícono en la parte inferior derecha en el menú “*Archivos y resultados*”.



Nota: Es importante realizar una reclasificación desde los años posteriores hasta los actuales.

Como podemos observar en la siguiente *figura 47* el ajuste R^2 equivale a un valor de 0,9681 y cuya ecuación resultante de la intensidad máxima obtenida es igual a:

$$i = \frac{696,5174 \times T^{0,4559}}{t^{0,75}} \quad (12)$$

Donde:

- i = Intensidad de lluvia
- T = Periodo de retorno al que se desea calcular
- t = duración de la precipitación estimada

Calcular la ecuación de $I_{m\acute{a}x}$ a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y P...

Ingreso de datos y cálculo ecuación $I_{m\acute{a}x}$
Resultados y gráfico $I_{m\acute{a}x}$ -D-T

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER.

N*	X
1	113.6
2	75.7
3	130.6
4	79.0
5	104.3
6	190.6
7	221.8
8	60.4
9	142.2
10	171.2
11	174.2
12	122.0

Calcular $I_{m\acute{a}x}$ de diseño:

Período de retorno (T): años

Duración (D): min

mm/hr

P24h	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
113	38.79	42.93	51.05	60.71	67.19	72.20
75	25.75	28.49	33.89	40.30	44.60	47.92
130	44.63	49.39	58.73	69.85	77.30	83.06
79	27.12	30.01	35.69	42.45	46.97	50.48
104	35.70	39.51	46.99	55.88	61.84	66.45
190	65.23	72.18	85.84	102.08	112.97	121.40

Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	116.38	85.86	51.05	30.36	22.40	18.05
2	77.24	56.99	33.89	20.15	14.87	11.98
3	133.88	98.78	58.73	34.92	25.77	20.77
4	81.36	60.03	35.69	21.22	15.66	12.62
5	107.11	79.02	46.99	27.94	20.61	16.61
6	195.68	144.37	85.84	51.04	37.66	30.35

T ano	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
23.00	227.60	167.92	99.85	59.37	43.80	35.30
11.50	195.68	144.37	85.84	51.04	37.66	30.35
7.67	195.68	144.37	85.84	51.04	37.66	30.35
5.75	179.20	132.21	78.61	46.74	34.49	27.79
4.60	176.11	129.93	77.26	45.94	33.89	27.31
3.83	149.33	110.18	65.51	38.95	28.74	23.16

Ecuación	R	R ²	Se
$I_{m\acute{a}x} = 696,5174 \cdot T^{(0,4559)} \cdot D^{(-0,7500)}$	0.9839	0.9681	12.4446

Ajuste:

Archivos y resultados:

23:34 8/6/2022

Figura 47. Importar datos desde Excel mediante HIDROESTA 2
(Fuente: Elaboración propia)

4.5.5 Intensidad de Lluvia (I).

La intensidad de lluvia de diseño corresponde al tiempo de concentración de la zona y la frecuencia o período de retorno, que se relaciona directamente con la importancia de la estructura a implementar. El tiempo necesario para que el agua hidráulicamente llegue desde el punto más lejano al de salida, se lo conoce como tiempo de concentración, cuya estimación se realiza en base a fórmulas empíricas desarrolladas por la experiencia para diferentes casos específicos. A menudo, estas expresiones se aplican a una situación particular provocando resultados muy diferentes al cambiar los escenarios de estudio, por lo tanto, el consultor debe usar su experiencia y criterio para seleccionar el valor más adecuado (MTOPI, 2013)

Mediante la ecuación obtenida en HIDROESTA 2 de la intensidad máxima, se procedió a realizar la distribución de frecuencias para diferentes periodos de retorno, en relación a la duración de la precipitación:

Tabla 14
Periodo de Retorno (Años)

Duración (Horas)	Duración (min)	Periodo de Retorno (Años)								
		2,00	5,00	10,00	25,00	50,00	100,00	200,00	500,00	1000,00
		Intensidad (mm/hr)								
0,083	5	285,72	433,88	595,12	903,70	1239,55	1700,22	2332,08	3541,32	4857,41
0,167	10	169,89	257,98	353,86	537,34	737,04	1010,96	1386,66	2105,68	2888,23
0,250	15	125,34	190,34	261,07	396,45	543,78	745,87	1023,06	1553,55	2130,90
0,333	20	101,02	153,40	210,41	319,51	438,25	601,12	824,52	1252,04	1717,35
0,417	25	85,45	129,76	177,98	270,27	370,71	508,48	697,46	1059,10	1452,70
0,500	30	74,53	113,18	155,24	235,73	323,33	443,50	608,32	923,74	1267,04
0,583	35	66,39	100,82	138,29	209,99	288,03	395,08	541,90	822,89	1128,71
0,667	40	60,07	91,21	125,11	189,98	260,58	357,43	490,26	744,47	1021,14
0,750	45	54,99	83,50	114,53	173,92	238,55	327,21	448,81	681,53	934,81
0,833	50	50,81	77,16	105,83	160,70	220,43	302,35	414,71	629,75	863,78
0,917	55	47,30	71,83	98,53	149,62	205,22	281,49	386,10	586,30	804,19
1,000	60	44,32	67,29	92,30	140,16	192,26	263,71	361,71	549,26	753,39
2,000	120	26,35	40,01	54,88	83,34	114,32	156,80	215,07	326,59	447,97
3,000	180	19,44	29,52	40,49	61,49	84,34	115,69	158,68	240,96	330,50
4,000	240	15,67	23,79	32,63	49,56	67,97	93,23	127,88	194,19	266,36
5,000	300	13,25	20,13	27,61	41,92	57,50	78,87	108,18	164,27	225,32
6,000	360	11,56	17,55	24,08	36,56	50,15	68,79	94,35	143,27	196,52
7,000	420	10,30	15,64	21,45	32,57	44,67	61,28	84,05	127,63	175,06
8,000	480	9,32	14,15	19,40	29,47	40,42	55,44	76,04	115,47	158,38
9,000	540	8,53	12,95	17,76	26,97	37,00	50,75	69,61	105,71	144,99
10,000	600	7,88	11,97	16,41	24,93	34,19	46,89	64,32	97,67	133,97
11,000	660	7,34	11,14	15,28	23,21	31,83	43,66	59,88	90,94	124,73
12,000	720	6,87	10,44	14,32	21,74	29,82	40,90	56,10	85,19	116,85
13,000	780	6,47	9,83	13,48	20,47	28,08	38,52	52,83	80,23	110,04
14,000	840	6,12	9,30	12,75	19,37	26,56	36,44	49,98	75,89	104,09

15,000	900	5,81	8,83	12,11	18,39	25,22	34,60	47,46	72,06	98,84
16,000	960	5,54	8,41	11,54	17,52	24,03	32,96	45,21	68,66	94,17
17,000	1020	5,29	8,04	11,03	16,74	22,96	31,50	43,20	65,61	89,99
18,000	1080	5,07	7,70	10,56	16,04	22,00	30,18	41,39	62,85	86,21
19,000	1140	4,87	7,39	10,14	15,40	21,13	28,98	39,75	60,36	82,79
20,000	1200	4,69	7,12	9,76	14,82	20,33	27,88	38,25	58,08	79,66
21,000	1260	4,52	6,86	9,41	14,29	19,60	26,88	36,87	55,99	76,80
22,000	1320	4,36	6,62	9,09	13,80	18,93	25,96	35,61	54,07	74,17
23,000	1380	4,22	6,41	8,79	13,35	18,31	25,11	34,44	52,30	71,73
24,000	1440	4,09	6,21	8,51	12,93	17,73	24,32	33,36	50,65	69,48

Nota. Elaboración Propia

Comprobando la ecuación de intensidad máxima utilizada (I_2) y constatando los resultados obtenidos mediante el mismo programa HIDROESTA 2, rellenando los campos mediante el comando “ $I_{m\acute{a}x}$ ” en el menú “*Calcular $I_{m\acute{a}x}$ de dise\~{n}o*” en la parte inferior izquierda del programa.

Calcular $I_{m\acute{a}x}$ de dise\~{n}o:

Per\u00edodo de retorno (T): a\u00f1os

Duraci\u00f3n (D): min

mm/hr

$$i = \frac{696,5174 \times T^{0,4559}}{t^{0,75}}$$

$$i = \frac{696,5174 \times 2^{0,4559}}{10^{0,75}} = 169,89$$

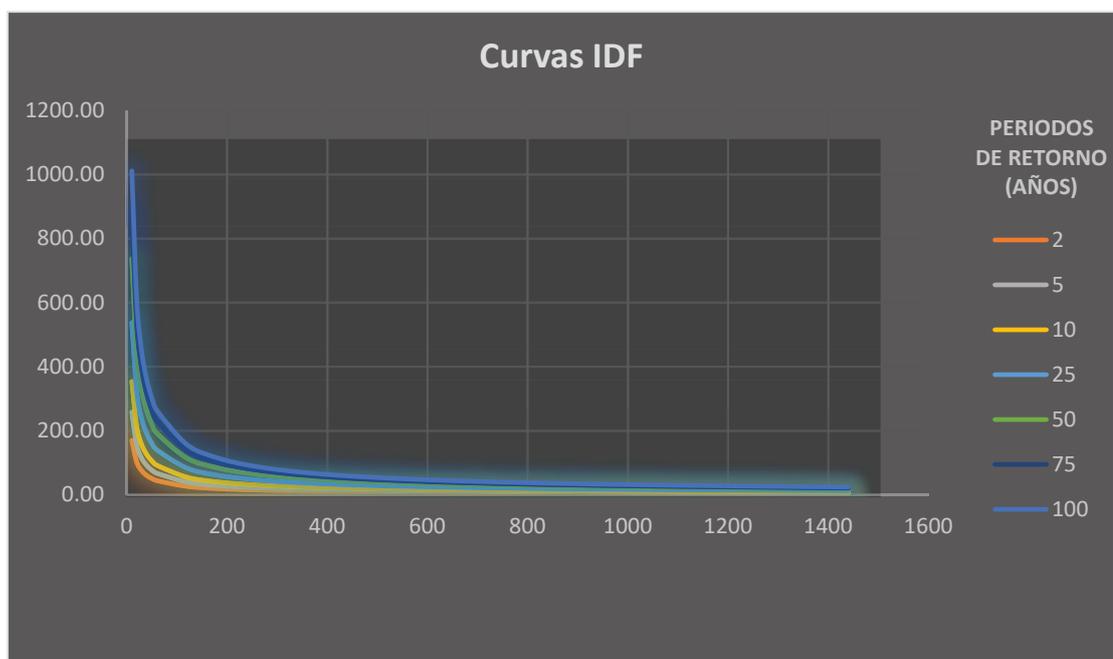


Figura 48. Curvas IDF obtenidas para diferentes periodos de retorno
(Fuente: Elaboraci\u00f3n propia)

4.5.6 Hietograma de Precipitación de Diseño.

Una vez obtenido la ecuación de la intensidad máxima de precipitación, se procede a elaborar el Hietograma de precipitación de diseño y el Hietograma de precipitación efectiva para un periodo de retorno de 10 años, resumido en los datos obtenidos siguientes:

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO					
Identificación de constantes:					
K =		696,517			
T =		10			
m =		0,4559			
n =		0,751			
$i_{max} = \frac{696,5174 \times T^{0,4559}}{D^{0,75}}$					
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	91,929	91,929	91,929	0-60	2,138
120	54,624	109,248	17,319	60-120	2,286
180	40,285	120,854	11,606	120-180	2,460
240	32,457	129,829	8,975	180-240	2,668
300	27,449	137,247	7,418	240-300	2,923
360	23,937	143,622	6,375	300-360	3,243
420	21,320	149,242	5,620	360-420	3,658
480	19,286	154,287	5,046	420-480	4,223
540	17,653	158,879	4,592	480-540	5,046
600	16,310	163,103	4,223	540-600	6,375
660	15,184	167,020	3,917	600-660	8,975
720	14,223	170,678	3,658	660-720	17,319
780	13,393	174,114	3,436	720-780	91,929
840	12,668	177,357	3,243	780-840	11,606
900	12,029	180,430	3,073	840-900	7,418
960	11,460	183,353	2,923	900-960	5,620
1020	10,950	186,142	2,789	960-1020	4,592
1080	10,489	188,811	2,668	1020-1080	3,917
1140	10,072	191,370	2,559	1080-1140	3,436
1200	9,691	193,830	2,460	1140-1200	3,073
1260	9,343	196,199	2,369	1200-1260	2,789
1320	9,022	198,485	2,286	1260-1320	2,559
1380	8,726	200,694	2,209	1320-1380	2,369
1440	8,451	202,832	2,138	1380-1440	2,209

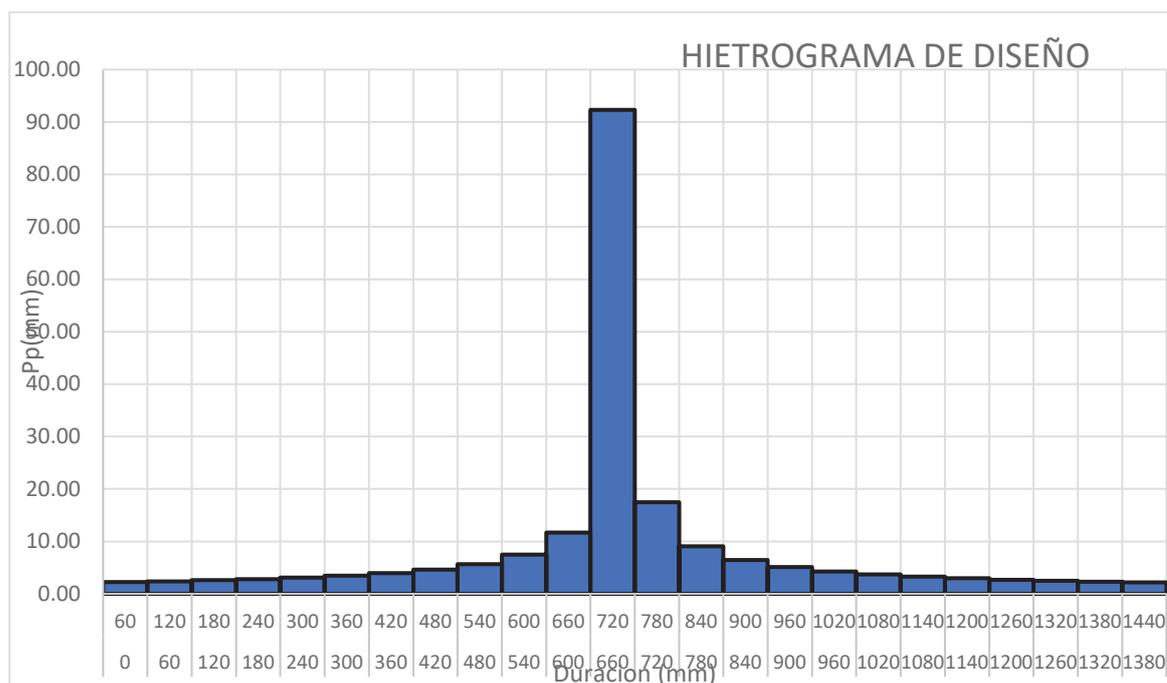
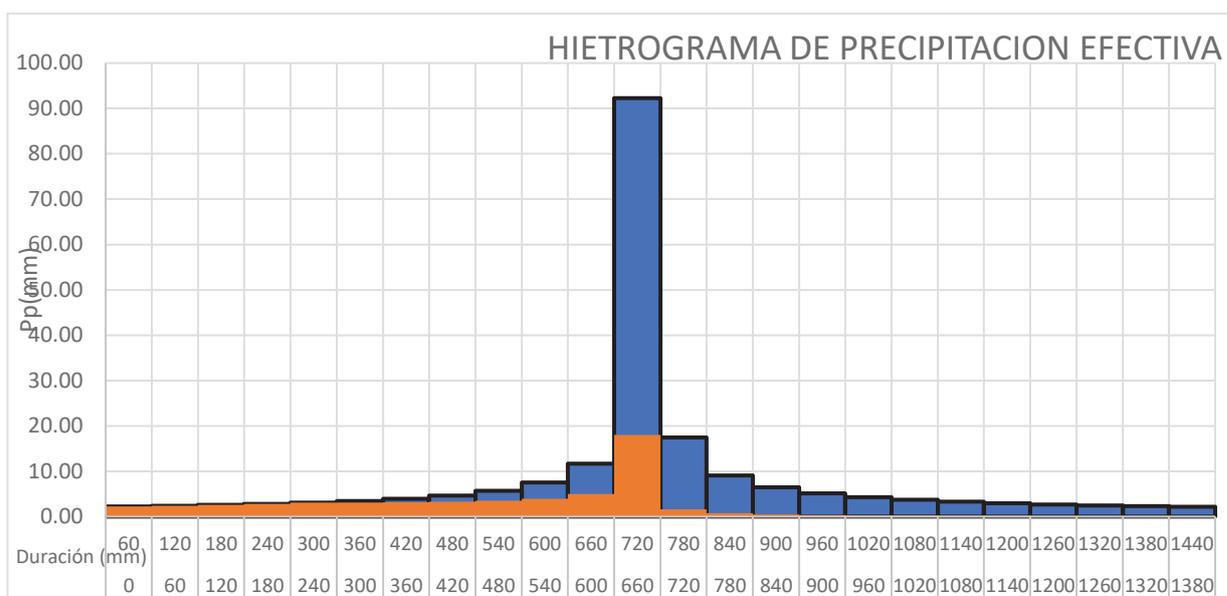


Figura 49. Hietrograma de diseño
(Fuente: Elaboración propia)

Método de Bloque alterno:

<i>DURACION (min)</i>	<i>Intensidad (mm/h)</i>	<i>Profundidad acumulada (mm)</i>	<i>Profundidad incremental (mm)</i>	<i>tiempo (min)</i>		<i>Precipitación (mm)</i>
60	92,30	92,30	92,30	0	60	2,23
120	54,88	109,77	17,46	60	120	2,40
180	40,49	121,48	11,71	120	180	2,59
240	32,63	130,54	9,06	180	240	2,82
300	27,61	138,03	7,49	240	300	3,11
360	24,08	144,46	6,44	300	360	3,47
420	21,45	150,14	5,68	360	420	3,96
480	19,40	155,24	5,10	420	480	4,64
540	17,76	159,87	4,64	480	540	5,68
600	16,41	164,14	4,27	540	600	7,49
660	15,28	168,10	3,96	600	660	11,71
720	14,32	171,80	3,70	660	720	92,30
780	13,48	175,27	3,47	720	780	17,46
840	12,75	178,55	3,28	780	840	9,06
900	12,11	181,65	3,11	840	900	6,44
960	11,54	184,61	2,95	900	960	5,10
1020	11,03	187,43	2,82	960	1020	4,27
1080	10,56	190,12	2,70	1020	1080	3,70
1140	10,14	192,71	2,59	1080	1140	3,28
1200	9,76	195,20	2,49	1140	1200	2,95
1260	9,41	197,59	2,40	1200	1260	2,70
1320	9,09	199,91	2,31	1260	1320	2,49
1380	8,79	202,14	2,23	1320	1380	2,31
1440	8,51	204,30	2,16	1380	1440	2,16

Duración (min)	Precipitación Ac (P)	Escorrentía directa (Pe)	Precipitación efectiva	Abstracción (mm)
60	2,70	0,000	0,0	223,392,494
120	6,00	0,000	0,0	23,955,193
180	8,10	0,000	0,0	258,731,413
240	10,92	0,000	0,0	281,924,522
300	14,03	0,049	0,0	305,700,563
360	17,50	0,412	0,4	310,972,369
420	21,46	1,199	0,8	317,109,616
480	26,09	2,547	1,3	329,142,422
540	31,77	4,709	2,2	351,316,105
600	39,26	8,254	3,5	394,436,828
660	50,97	14,981	6,7	498,367,971
720	143,27	89,247	74,3	180,373,706
780	160,74	105,084	15,8	162,709,464
840	169,80	113,401	8,3	0,74167127
900	176,23	119,347	5,9	0,49076571
960	181,33	124,075	4,7	0,36913066
1020	185,60	128,045	4,0	0,29671374
1080	189,29	131,493	3,4	0,24846437
1140	192,57	134,557	3,1	0,21392807
1200	195,53	137,324	2,8	0,18794376
1260	198,22	139,853	2,5	0,16766194
1320	200,71	142,189	2,3	0,15137768
1380	203,02	144,363	2,2	0,13800687
1440	205,18	146,398	2,0	0,12682653



*Figura 50. Histograma de precipitación efectiva
(Fuente: Elaboración propia)*

4.5.7 Número de Curva (Cn).

Una de las herramientas de modelado hidrológico y ambiental más populares y ampliamente utilizadas es el método racional; no obstante, existe una tendencia creciente sobre el uso del número de curvas (CN), que representan el potencial de escorrentía de la superficie de acuerdo a la descripción de las condiciones geográficas generales del suelo, que se muestra a continuación:

Tabla 15
Números de la curva de escorrentía para áreas urbanas (CN)

COBERTURA SUPERFICIE	PORCENTAJE IMPERMEABLE	GRUPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Desarrollado:					
Prados y parques					
Pasto < 50 %		68	79	86	89
Pasto 50 % - 75 %		49	69	79	84
Pasto > 75 %		39	61	74	80
Áreas impermeables:					
Estacionamientos pavimentados		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
Zonas rurales:					
Praderas		68	79	86	89
Arbustos y pastos naturales		48	67	77	83
Cultivos en hileras		67	78	85	89
Bosques y praderas		43	65	76	82
Residencial:					
Sitios de 500 m ² o menos	65	77	85	90	92
Sitios de 1.000 m ²	38	61	75	83	87
Sitios de 2.000 m ²	25	54	70	80	85
Sitios de 5.000 m ²	20	51	68	79	84
Sitios de 10.000 m ²	12	46	65	77	82
Áreas urbanas en desarrollo:					
Áreas nuevas con poca vegetación		77	86	91	94

Nota. Recuperado y adaptado de (MTOPI, 2013)

4.5.8 Grupo de Suelo Hidrológico.

La infiltración del terreno tiende a variar drásticamente debido a las condiciones de la superficie y cuán permeable se encuentre el suelo. Para aplicar el método propuesto por la Natural Resources Conservation Service (NRCS) de Estados Unidos, distingue al suelo en 4 tipos (A, B, C y D) detallados en la [Tabla 16](#).

Tabla 16
Grupos de suelos hidrológicos del NRCS

GRUPO DE SUELO HIDROLÓGICO	TASA DE TRANSMISIÓN DE AGUA	TEXTURA
A	Alto	Grava, arena, marga arenosa.
B	Moderado	Franco limoso, Franco
C	Lento	Franco arcillo arenoso
D	Muy lento	Suelos arcillosos

Nota. Recuperado y adaptado de (Díaz Carvajal & Mercado Fernández, 2014)

El suelo de tipo “A” corresponde a suelos que tienen alta tasa de infiltración y consiste principalmente en gravas o suelos arenosos o limo-arenosos con bajo potencial de escurrimiento, es decir, que poseen características físicas con un alto drenaje y conductividades hidráulicas en el orden de los 7 mm/h.

Los suelos tipo “B” cuentan con una tasa de infiltración o transmisión moderada, principalmente están caracterizados por ser del tipo limoso y su conductividad hidráulica se encuentra alrededor de entre 3 a 6 mm/h.

Los suelos tipo “C” se caracterizan por poseer una transmisión lenta y se manifiesta mayormente cuando se encuentran saturados, generalmente son limos arcillosos con algo de arena que presentan una capa impidiendo que el agua fluya, disminuyendo su capacidad de infiltración.

Los suelos tipo “D” tienen un pequeño potencial de infiltración, están conformados especialmente por suelos de arcillas expansivas o limosos, con materiales casi impermeables y con orden de 1 mm/h de conductividad hidráulica.

4.6 Método del SCS

Para poder analizar el número de curva (CN), se realizó el estudio granulométrico de suelos en 3 puntos diferentes de la microcuenca ([Ver Anexo 5](#)) y en relación al tipo, clasificación hidrológica, superficie y permeabilidad, se realizó la clasificación de las muestras y el cálculo del número de curva ponderado:

Tabla 17
Pruebas de Suelos

PUNTOS	MUESTRAS	% Gravas y Arenas	% Arcillas y Limos	% Promedio
PRUEBA1	1	73,32	16,92	70,09
	2	66,86	24,91	20,915
PRUEBA2	1	62,78	14,14	70,92
	2	79,06	18,24	16,19
PRUEBA3	1	69,61	27,66	57,67
	2	45,73	39,05	33,355

Nota. Elaboración Propia

La zona de trabajo cuenta con poca vegetación, las calles no se encuentran asfaltadas en su totalidad y no poseen alcantarillado ni sistema de drenajes; a pesar de haber transcurrido muchos años desde sus primeros asentamientos, se la considera como “áreas nuevas en desarrollo urbano”, por lo tanto, y de acuerdo con lo expuesto en la [Tabla 16](#), se escogió los números de curvas respectivos obteniendo así el ponderado denominado CN_{II} .

Tabla 18
Cálculo de CN Ponderado

% Tipo	Tipo	Uso	CN	CN PONDERADO
70,09	GRUPO A	77	539,693	
20,91	GRUPO B	86	179,869	
8,995	GRUPO C	91	818,545	801,416
70,92	GRUPO A	77	546,084	
16,19	GRUPO B	86	139,234	
12,89	GRUPO C	91	117,299	802,617
57,67	GRUPO A	77	444,059	
33,35	GRUPO B	86	286,853	
8,975	GRUPO C	91	816,725	812,584
				805,539

Nota. Elaboración Propia

Es importante mencionar, que el método propone analizar el número de curva ponderado CN_{II} , para obtener el correlacionado para ambientes secos y húmedos mediante las expresiones siguientes:

$$CN_I = \frac{4,2 \times CN_{II}}{10 - 0,058 \times CN_{II}} = \frac{4,2 \times 80,55}{10 - 0,058 \times 80,55} = 63,50 \quad (13)$$

$$CN_{III} = \frac{23 \times CN_{II}}{10 + 0,13 \times CN_{II}} = \frac{23 \times 80,55}{10 + 0,13 \times 80,55} = 90,50 \quad (14)$$

Donde:

- CN (I) = P_o para condiciones de humedad previa I (seco)
- CN (II) = P_o para condiciones de humedad previa II (normal) (Ponderado)
- CN (III) = P_o para condiciones de humedad previa III (húmedo)

4.6.1 **Tiempo de Concentración (Tc).**

La ecuación para el tiempo de concentración desarrollada en el método SCS se basa en información de cuencas utilizadas en la agricultura. La misma que se diseñó para aplicarse en pequeñas cuencas urbanas con una superficie inferior a 800 Ha. y que no se encuentren completamente pavimentadas. Los valores obtenidos generalmente tienden a estar sobreestimados y a veces se aplican factores de corrección para mejoras de canales e impermeabilización de las superficies.

$$tc = 0,0136 \times \frac{L^{0,8} \times \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0,7}}{S^{0,5}} \quad (15)$$

Donde:

- tc = tiempo de concentración (min)
- L = longitud cauce (m)
- S = pendiente (m/m)
- CN = curva número escogido

$$tc = 0,0136 \times \frac{L^{0,8} \times \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0,7}}{S^{0,5}} = 0,0136 \times \frac{2620^{0,8} \times \left(\frac{1000}{80,55} - 9\right)^{0,7}}{0,015^{0,5}} = 142,38 \text{ min}$$

Tiempo de retardo:

$$tr = 0,6 \times tc = 0,6 \times 142,38 = 85,428 \text{ min} \quad (16)$$

Donde:

- tc = tiempo de concentración (min)
- tr = tiempo de retraso

La determinación del Tiempo de Concentración (tc) existen diferentes expresiones, entre otra de las que se destaca es la propuesta por **Kirpich**, aplicado más que nada en el método racional, utilizando las mismas variables en la que podemos observar el cambio de resultado:

$$tc = 0,000323 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} = 0,000323 \times \frac{2620^{0,77}}{0,015^{0,385}} = 0,69 \text{ hr} = 41,84 \text{ min} \quad (17)$$

4.6.2 Atracciones Potenciales.

Para este estudio se consideró que la escorrentía es un equivalente a la precipitación neta, debido a que las pérdidas en época invernal son mínimas, por ende, las abstracciones potenciales se calculan con una relación matemática empírica, tomada de varias cuencas hidráulicas experimentales en función del número de curva de acuerdo al método SCS, la expresión matemática es la siguiente:

$$Sp = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (18)$$

Donde:

- Sp = Atracciones potenciales
- CN = Número de curva

$$Sp = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) = 25,4 \left(\frac{1000}{80,5539} - 10 \right) = 61,316 \text{ mm}$$

La variación del parámetro del modelo de abstracciones del SCS, mejora ligeramente el ajuste con el hidrograma registrado, pero al mismo tiempo genera una alta dependencia paramétrica dificultando así, la identificabilidad de los parámetros en los hidrogramas unitarios (*HU's*), por lo tanto, se encontró que las mejores combinaciones son aquellas en las que la variación de la abstracción inicial (λ) se considera igual a 0,20. Adicionalmente, cuando se modifica el parámetro cambia significativamente el valor del CN, obteniendo en muchas ocasiones valores erróneos de estimación. (Vargas & Monroy, 2018)

Se ha trabajado especialmente en que la abstracción inicial sea el 20% de la abstracción máxima; a este cociente se simboliza con (λ):

$$\lambda = \frac{I_a}{Sp} \quad (19)$$

Donde:

- I_a = Abstracción inicial
- Sp = Abstracción máxima

$$\lambda = \frac{I_a}{Sp} \rightarrow I_a = \lambda \times Sp = 0,2 \times 61,316 = 12,26$$

4.6.3 Coeficiente de Escorrentía (C).

El coeficiente de escorrentía depende de las características del terreno, el uso de suelo, capacidad de infiltración y otros factores que representa la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía, en otras palabras, es la relación que existe entre la precipitación total en un área determinada y el volumen de escorrentía superficial.

Este coeficiente de escorrentía usualmente varía y no es un factor constante, ya que la variación está en función de la cantidad de precipitación y, en particular, de las condiciones fisiográficas de la cuenca hidrográfica (cobertura vegetal,

pendientes, tipo de suelo) y, por tanto, este factor representa solamente una aproximación (Visión Mundial Canadá, 2004).

Tabla 19
Coeficientes de escorrentía (C)

TIPO DE SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas Urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,9	0,95	1
Cemento, tejados	0,75	0,8	0,83	0,88	0,92	0,97	1
Zonas verdes (césped, parques, etc.)							
Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,4	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,4	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (>7%)	0,4	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% de la superficie)							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,3	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (>7%)	0,37	0,4	0,42	0,46	0,49	0,53	0,6
Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (>7%)	0,34	0,37	0,4	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas Rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,6
Pendiente alta (>7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,3	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (>7%)	0,37	0,4	0,42	0,46	0,49	0,53	0,6
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (>7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Nota. Recuperado y Adaptado de (Chow et al., 1994)

Para aplicar el uso de los coeficientes de escorrentías expuestos en la [Tabla 19](#), se deben tener en cuenta sus supuestos y limitaciones. Primeramente, el método asume que el coeficiente de flujo es constante para diferentes tormentas, lo cual es más valioso para tormentas intensas, que gran parte de la superficie tiende a saturarse y comportarse como un área impermeable. Además, supone que la frecuencia de lluvia de diseño es igual a la frecuencia máxima de escorrentía,

asumiendo que dicho coeficiente de escorrentía se mantiene constante, por lo que, la situación de lluvia más severa es la que tiene la misma duración que el tiempo de concentración (MTOP, 2013).

4.6.4 Condición de Escorrentía.

Las abstracciones de precipitación y su distribución en el tiempo para determinar los hietogramas de precipitación efectiva, se calcularon utilizando el método Curve Number Runoff.

Mediante la *Figura 51* se puede apreciar las variables, donde:

- I_a = La abstracción inicial
- P_e = El exceso de precipitación
- F_a = Abstracción continuada
- P = Precipitación total
- S = Retención potencial máxima
- CN = Número de curva de escorrentía.

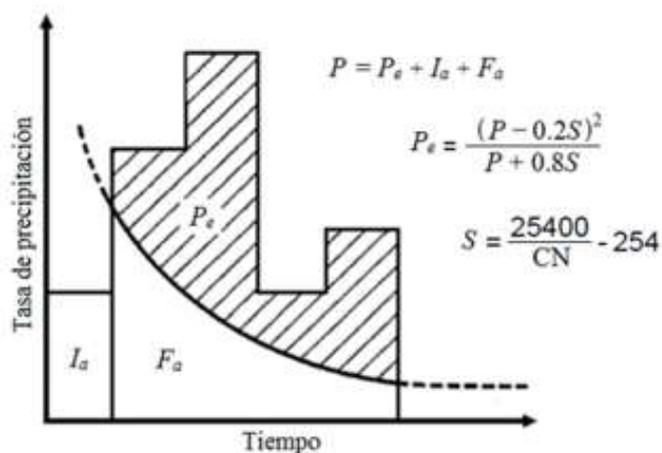


Figura 51. Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS
(Fuente: (Ven Te Chow, 1994).)

Según el principio lineal, la aglomeración de unidades hidráulicas se realiza para obtener los caudales de escorrentía máximos directos, no se tiene en cuenta la contribución del caudal de aporte por flujo base para estimar los caudales máximos, que son picos de incremento porcentual insignificante de la corriente base relativa a la corriente total.

$$1) \quad Si \ Pe \leq \lambda \quad \rightarrow \quad E = 0 \quad (20)$$

$$2) \quad Si \ Pe > 0,2 \ Sp \quad \rightarrow \quad E = \frac{(Pe - 0,2Sp)^2}{Pe + (0,8 \times Sp)} \quad (21)$$

Donde:

- Pe= Precipitación efectiva
- E= Escorrentía o Precipitación neta

El dato de precipitación efectiva (Pe) es escogido es de acuerdo a una probabilidad de ocurrencia en un intervalo de 1 hora, y el correspondiente valor seleccionado en un periodo de 10 años en similitud de un colector de aguas lluvias en una zona con cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie total y una pendiente baja inferior al 3%, y al asumir un valor de $\lambda = 0,2$, entonces:

$$Pe = 0,2 \times Sp = 0,2 \times 61,316 \\ \rightarrow (Pe = 74,3 > Sp = 12,263), \text{ cumple la condición 2.}$$

$$E = \frac{(Pe - 0,2Sp)^2}{Pe + (0,8 \times Sp)} = \frac{(74,3 - 0,2 \times 61,316)^2}{74,3 + (0,8 \times 61,316)} = \frac{3848,56}{123,59} = 31,139 \text{ mm}$$

El coeficiente de escorrentía (C) no corresponde a un valor fijo, sino que depende de la variación entre el tiempo y el espacio dentro de una misma zona de la cuenca, normalmente se utiliza los valores medios ponderados y se define como la relación entre la lluvia neta y la lluvia total obtenida en un intervalo de tiempo. Por lo tanto, se propone el cálculo del coeficiente de escorrentía mediante la siguiente expresión matemática:

$$C = \frac{E}{Pe} \quad (22)$$

Donde:

- E= Escorrentía
- Pe= Precipitación neta

$$C = \frac{E}{Pe} = \frac{31,139}{74,3} = 0,419$$

Además, el tiempo de ocurrencia o tiempo pico para el que estamos trabajando responde a lo siguiente:

$$Tp = \frac{\Delta t}{2} + tr \quad (23)$$

Donde:

- Tp= Tiempo pico o tiempo de ocurrencia (min)
- Δt= Intervalo de tiempo de lluvia (60 min)
- tr= tiempo de retraso

$$Tp = \frac{\Delta t}{2} + tr = \frac{60}{2} + 85,428 = 115,428 \text{ min} = 0,16 \text{ horas}$$

Como paso siguiente, se procede a obtener el Caudal pico (q_p) para la elaboración de los hidrogramas unitarios adimensionales en base a las precipitaciones efectivas:

$$q_p = 0,208 \times \frac{A}{Tp} \quad (24)$$

Donde:

- q_p = Caudal pico ($\frac{m^3}{s}$)/mm
- A= Área de la cuenca (km²)
- Tp= Tiempo pico o tiempo de ocurrencia (horas)

$$q_p = 0,208 \times \frac{A}{Tp} = 0,208 \times \frac{1,48}{1,9238} = 0,16 \left(\frac{m^3}{s}\right)/mm$$

Obteniendo así, los valores de precipitación efectiva (mm):

Tabla 20
Cuadro de Precipitación Efectiva

$a=t/T_p$	$b=q/q_u$	$a \times T_p$	$b \times q_p$	Precipitación efectiva (mm)
0,1	0,015	115,428	0,0024	0,17832
0,2	0,075	230,856	0,012	0,8916
0,3	0,16	346,284	0,0256	190,208
0,4	0,28	461,712	0,0448	332,864
0,5	0,43	57,714	0,0688	511,184
0,6	0,6	692,568	0,096	71,328
0,8	0,89	923,424	0,1424	1,058,032
1	1	115,428	0,16	11,888
1,2	0,92	1,385,136	0,1472	1,093,696
1,4	0,75	1,615,992	0,12	8,916
1,6	0,56	1,846,848	0,0896	665,728
1,8	0,42	2,077,704	0,0672	499,296
2	0,32	230,856	0,0512	380,416
2,2	0,24	2,539,416	0,0384	285,312
2,4	0,18	2,770,272	0,0288	213,984
2,6	0,13	3,001,128	0,0208	154,544
2,8	0,098	3,231,984	0,01568	1,165,024
3	0,075	346,284	0,012	0,8916
3,5	0,036	403,998	0,00576	0,427968
4	0,018	461,712	0,00288	0,213984
4,5	0,009	519,426	0,00144	0,106992
5	0,004	577,14	0,00064	0,047552

Nota. Elaboración Propia

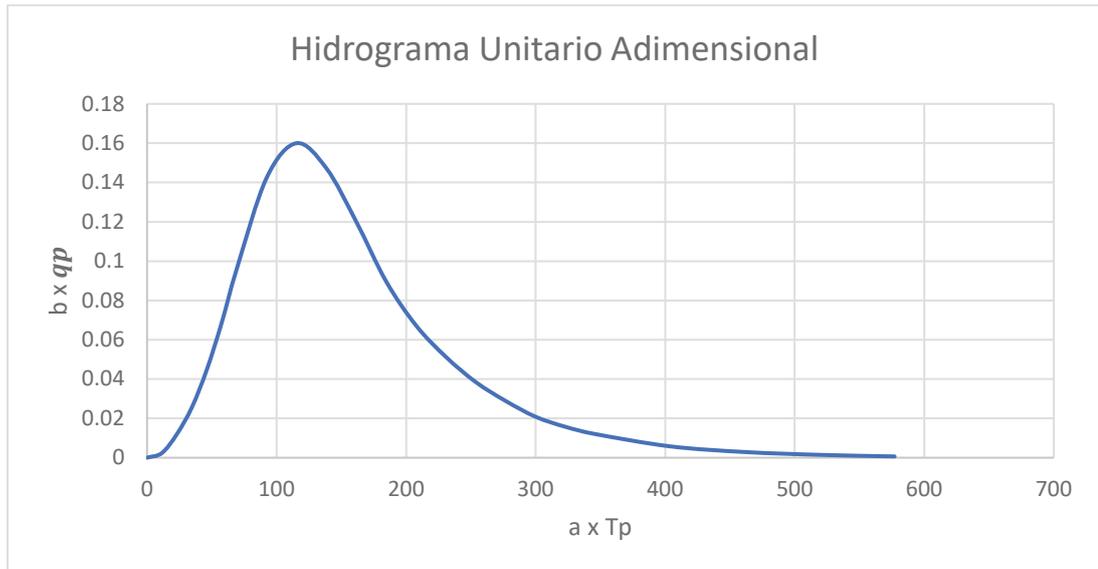


Figura 52. Hidrograma Unitario Adimensional
(Fuente: Elaboración propia)

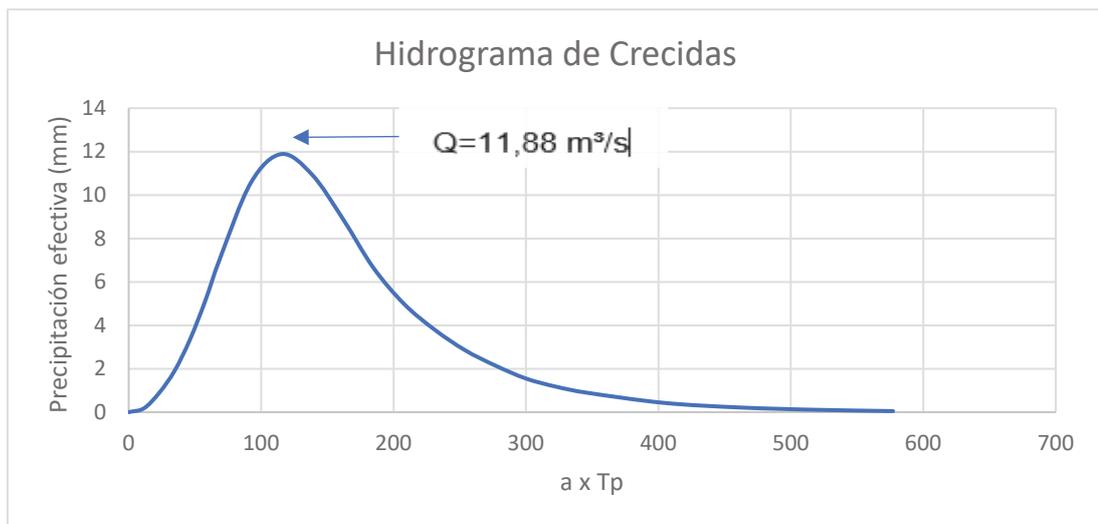


Figura 53. Hidrograma de Crecidas
(Fuente: Elaboración propia)

El caudal de diseño obtenido en la curva de hidrograma de crecidas corresponde a un valor de $Q=11,88 \text{ m}^3/\text{s}$. Para poder determinar el caudal de un cauce natural o artificial, es importante saber que es un factor para la planificación de eventos extraordinarios, en la construcción de obras hidráulicas y en el estudio de cuencas hidrográficas (Calvo & Mora, 2007), que para nuestro caso de estudio se debe realizar una estimación, debido a que durante la época seca distribuye a niveles

bajos y en tales casos obtener esta información no es una tarea fácil, ya sea por el ancho, profundidad y la falta de acceso a los puntos de medición dentro del canal de “El Burro”, sumado al depósito de aguas servidas que realizan los moradores.

4.7 Caudal de Diseño

El método racional propuesto por Mulvaney en 1850, gracias a su lógica es el más utilizado para estimar los caudales de diseño, más que nada en cuencas urbanas y rurales pequeñas (10 Km²) aunque ha resultado en zonas de captación de hasta 30 Km²; por tanto, si el área supera los 15 Km² la aplicación de este método se recomienda dividir el área de aporte en zonas uniformes, respondiendo a la relación siguiente:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (25)$$

Donde:

- Q = caudal (m³ /seg)
- C = coeficiente de escorrentía (típicamente 0,1 a 0,7)
- i = intensidad de precipitación efectiva (mm/hr)
- A = superficie de la cuenca (Km²)

El coeficiente de escorrentía expuesto en la [Tabla 19](#), para una microcuenca completamente homogénea, refiere al valor numérico de 0,37 asociado a un periodo de retorno de 10 años con el que hemos trabajado a lo largo de este estudio, valor que ha sido descartado, debido a que, de acuerdo con los datos de escorrentía y precipitación máxima estimada del valor calculado por el método SCS es mayor y se requiere optar por modelar la respuesta del canal natural en el escenario más desfavorable, el método racional propone el uso de la siguiente ecuación para la intensidad de lluvia máxima:

$$I = \frac{615 \times Tr^{0,18}}{(Tc + 5)^{0,685}} \quad (26)$$

Donde:

- I = Intensidad máxima de diseño ($\frac{mm}{hr}$)
- T_r = Tiempo de retorno (años)
- T_c = Tiempo de concentración Kirpich (min)

$$I = \frac{615 \times T_r^{0,18}}{(T_c + 5)^{0,685}} = \frac{615 \times 10^{0,18}}{(41,84 + 5)^{0,685}} = 66,76 \frac{mm}{hr}$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación (25) el caudal es:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} = \frac{0,419 \times 66,76 \times 148}{3,6} = 11,50 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como podemos observar que, la diferencia entre ambos métodos para la estimación del caudal de diseño de una microcuenca con un área inferior a las 150 *Ha*. Se obtiene una variación del 3,19%. Optando por el caudal de 11,88 m^3/s resultante del valor pico en la curva de hidrograma de crecidas del método SCS. Además, que para un área urbana en desarrollo como es el caso del sector Monte Sinaí, se espera un cambio constante en el uso del suelo. Estudios indican que los cambios en el uso de la tierra/cobertura del suelo, han impactado positivamente a favor de la escorrentía aumentando las tasas de flujo superficial para el área de estudio. La teledetección y sistemas de información geográfica son herramientas eficientes para la preparación de la mayoría datos de entrada requeridos por el modelo de número de curva SCS (Muthusi et al., 2020).

4.8 Parámetros de Drenaje.

En esta sección determinamos los parámetros que representan a las variables que explican la configuración y comportamiento de una red de drenaje; También facilitan la información necesaria acerca de la superficie de las cuencas y las características del sustrato cuyo objetivo es obtener una visión más completa de su comportamiento, tales como:

PARÁMETROS DE RELIEVE	RESULTADOS
Longitud del cauce principal (L). – Conciérne a la distancia medida desde el punto más alejado o de mayor orden del colector hasta su desembocadura.	2,62 Km.
Orden de la red hídrica (O). – Es el valor correspondiente al grado de ramificación que expresa un sistema de drenaje.	Orden 3
Longitud total de la red (Ln). – Corresponde a la sumatoria total de las longitudes propias de los cursos de agua de la red hídrica.	5,74 Km.

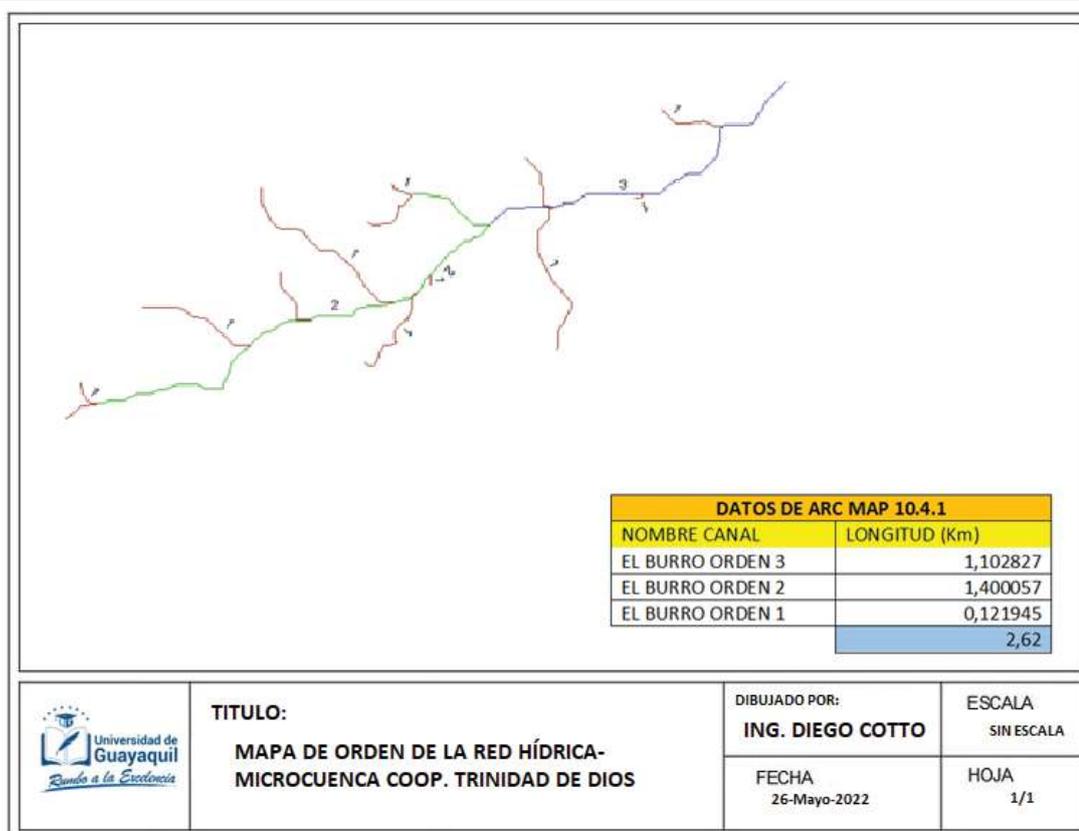


Figura 54. Orden de la red hídrica del canal “El Burro”
 (Fuente: Elaboración propia)

4.8.1 Densidad de Drenaje (Dd) (Km/Km^2).

Es otro parámetro considerado como indicador de riesgo, que cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico y es inversamente proporcional al tiempo de escorrentía respondiendo a la fórmula matemática siguiente:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (27)$$

Donde:

- Dd= Densidad de drenaje
- Lt= Longitud total de drenajes (Km)
- A= Área (Km²)

$$Dd = \frac{Lt}{A} = \frac{5,74}{1,48} = 3,87$$

En las cuencas con características planas y que poseen altas densidades de drenaje, se espera poseer una alta estabilidad en el régimen de caudales, debido a la escorrentía superficial y aportes de aguas subterráneas (Junco Fuentes, 2004). Este parámetro nos permite tener una idea acerca de la eficiencia del drenaje que posee una cuenca y se caracteriza de acuerdo a la [Tabla 21](#) como “*Bien drenada*”.

Tabla 21
Características de densidad de drenaje

DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)	CARACTERÍSTICAS
0.1-1.8	Pobrementemente drenada
1.9-3.6	Moderadamente drenada
3.7-5.6	Bien drenada

Nota. Recuperado y Adaptado de (Junco Fuentes, 2004).

4.8.2 Relación de Bifurcación (Rb).

Corresponde a la división entre el número total de cauces de un orden dado (Nr (n)) y el número total de cursos del orden inmediato superior (Nr (n + 1)) y responde a la fórmula matemática:

$$Rb = \frac{Nr (n)}{Nr (n + 1)} \quad (28)$$

Donde:

- Rb= Relación de bifurcación
- Nr= Número total de cursos

$$Rb = \frac{Nr (n)}{Nr (n + 1)} = \frac{13}{6} = 2,167$$

Esta relación sirve para describir cómo el sistema fluvial se comporta con respecto a las lluvias torrenciales (Horton, 1932), cuyo valor de Rb obtenido, nos caracteriza como una microcuenca “Homogénea”, interpretado y caracterizado de acuerdo con lo expuesto en los valores recuperados, adaptados y mostrados en la [Tabla 22](#):

Tabla 22
Características de relación de bifurcación

RELACIÓN DE BIFURCACIÓN (Rb)	CARACTERÍSTICAS
$3 \leq Rb \leq 5$	Cuenca homogénea
$Rb > 10$	Cuenca muy elongada

Nota. Recuperado y Adaptado de (Horton, 1932)

4.8.3 Numero de Froude (Fr).

Se hace mención a la relación entre la velocidad y la gravedad, y se le denomina como el número de Froude "Fr" (Villón Bejar, 2007). Este valor permite determinar si el flujo de agua es acelerado o calmado, por lo tanto, indica la naturaleza del cauce en cuánto a su velocidad. El número de Froude juega un rol importante en los estudios de un cauce, esto es debido a que este factor relaciona el comportamiento del agua con las velocidades de flujo (Potter et al., 2001) y se muestra de acuerdo con la [Tabla 23](#) siguiente:

Tabla 23
Características de número de Froude

NÚMERO DE FROUDE (Fr)	TIPO DE FLUJO
Fr<1	Subcrítico
Fr=1	Crítico
Fr>1	Supercrítico

Nota. Creado y Adaptado de (Potter et al., 2001; Villón Bejar, 2007)

4.8.4 Manning.

El ingeniero irlandés Robert Manning presentó, el 4 de diciembre de 1889, en el Institute of Civil Engineers de Irlanda, una fórmula compleja para la obtención de la velocidad, basada en coeficiente de proporcionalidad (C) que se aplicaba en la fórmula de Chézy y que podía simplificarse como:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (29)$$

Donde:

- V= Velocidad de escurrimiento (m/s)
- n= Coeficiente de rugosidad
- R=Radio hidráulico (m)
- S=Pendiente hidráulica del conducto (decimales)

Tiempo después fue modificada por otros y expresada en unidades inglesas, debido a que 1 m = 3,2808 pies, se obtuvo su expresión en ese sistema de unidades anglosajón $V = \frac{1.486}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$, manteniendo sin modificar los valores de n .

Al hacer el análisis dimensional de n se deduce que contiene como unidad $TL^{-1/3}$. Pero, al no resultar explicable que contenga el término “T” en un coeficiente que exprese rugosidad, se propuso hacer intervenir un factor \sqrt{g} , siendo “g” la aceleración de la gravedad, con lo que las unidades de n serían $L^{1/6}$, más propias del concepto físico que se pretendía representar (Ven Te Chow, 1994).

No obstante, al ser un valor calculado que proviene de datos estimados, no se optó por la aplicación de la ecuación (29), debido a que algunos de los valores que se han empleado durante años de estudios, los valores de n guardan mayor relación con lo expresado en la [Tabla 24](#), y son:

Tabla 24
Coeficiente de rugosidad n de Manning

Material	Calidad buena	Calidad regular
• Tierra, limpio de vegetación	0,016	0,018
• Tierra, con hierba corta y pocas malezas	0,022	0,027
• Suelo con alto contenido de grava, limpio	0,022	0,025
• Tierra, sección irregular y muchas malezas	0,03	0,035
• Tierra, con lados limpios de vegetación y fondo de grava	0,025	0,03
• Tierra, con lados limpios de vegetación y fondo de cantos rodados	0,03	0,035
• Roca lisa y con pocas irregularidades	0,03	0,045
• Roca dentada y con muchas irregularidades	0,04	0,045
• Canales sin mantenimiento con maleza densa de la misma altura del agua o mayor	0,08	0,12
• Canales sin mantenimiento con fondo limpio y rastrojo y matorrales en los lados, Gastos Altos	0,05	0,08
• Canales sin mantenimiento con fondo limpio y rastrojo y matorrales en los lados, Gastos Bajos	0,07	0,11

Nota. Recuperado de (Bolinaga, 1979)

4.9 Secciones Transversales

Durante el procesamiento de la información de los modelos digitales del terreno en la sección 4.3 Delimitación de la cuenca, se revisó la información de los mapas y la precisión no abarca el nivel de detalle del canal “El Burro” para la digitalización de los perfiles o secciones transversales del cauce natural, se avista levemente el drenaje de aguas lluvias de la microcuenca.

Para corregir esa serie de datos de información faltante, fue necesario acudir al sitio y realizar la medición del canal manualmente en ciertos puntos, tomando ancho

y profundidad, mostrando una variación a lo ancho por la acción invasiva de los moradores y en la profundidad por encontrar material azolvado, basura y maleza, por lo que se escogió una profundidad promedio.



Figura 55. Registro fotográfico de levantamiento
(Fuente: Elaboración propia)

Con los resultados se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D, configurando primeramente el sistema de coordenadas UTM WGS84-17S en los parámetros del dibujo, se adaptó el modelo digital y se realizó el montaje del eje principal del canal con sus anchos de borde interpolando su profundidad.

El software AutoCAD Civil 3D permite ejecutar procesos de diseño y de documentación, destinado a diferentes tipos proyectos de ingeniería civil, que ayudan a reducir flujos de trabajo en términos de Building Information Modeling (*BIM*) (Autodesk Inc., 2021).

Pasos aplicados:

Para hacer uso del software y su compatibilidad con la información digital obtenida, se debe trabajar en el mismo sistema de coordenadas, utilizando el correspondiente a la zona geográfica UTM-WGS-1984, Zona 17 Sur.

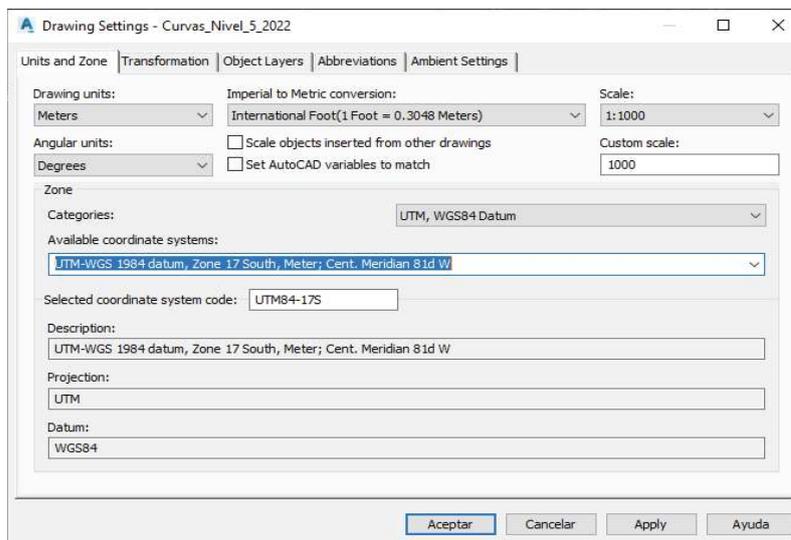


Figura 56. Configuración inicial AutoCAD Civil 3D-UTM, WGS84 Datum
(Fuente: Elaboración propia)

Crear Superficie. - Para crear la capa se requiere la utilización del comando “Create Surface” mismo que puede ser encontrado en la ruta: *Create Ground Data/Surfaces/Create Surface*. Una vez terminado, para verificar que el comando se ha ejecutado correctamente, en la vista del dibujo activo se debe colocar en “PROSPECTOR” y debe aparecer en la sección superficie el nombre colocado a la capa.

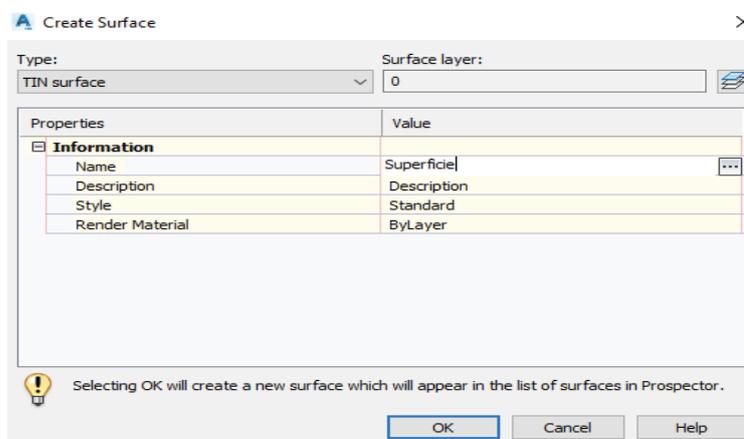


Figura 57. Creación de la superficie
(Fuente: Elaboración propia)

Curvas de nivel. - Para crear la capa de curvas de nivel, se requiere continuar en la viñeta de “*PROSPECTOR*” dirigirse a la Superficie y la utilización del comando “*Add*” mismo que puede ser encontrado en la ruta: *Surface/Definition/Contours/* clic derecho */Add/*. Colocar el nombre de la descripción, para este caso se llamó “Curvas de nivel”.

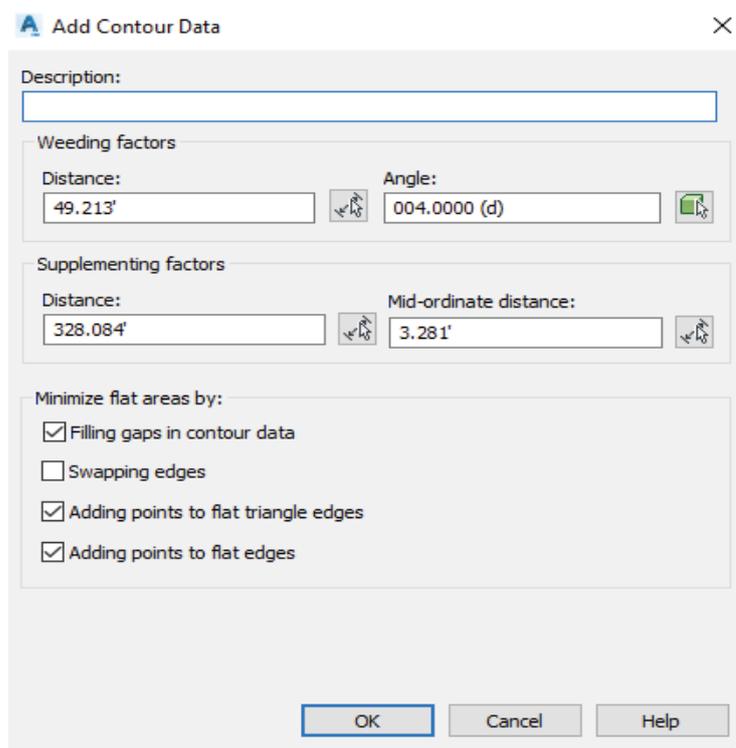
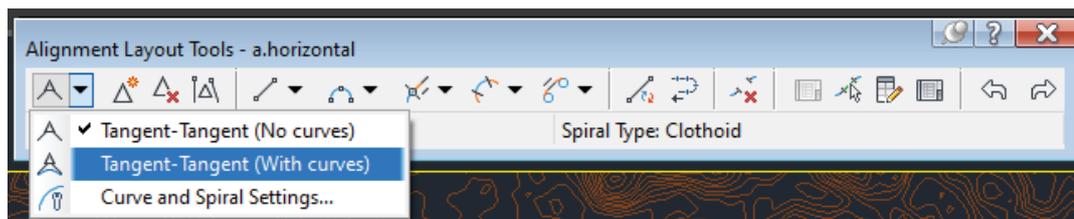


Figura 58. Creación de las curvas de nivel
(Fuente: Elaboración propia)

Alineamiento. - Para crear el alineamiento, se requiere continuar en la viñeta de “*Geolocation*” dirigirse a la sección “*Alignment*” del comando “*Create Alignment*” mismo que puede ser encontrado en la ruta: *Geolocation/Alignment/Create Alignment/*. Colocar el nombre de la descripción, para este caso se llamó “a. horizontal” cuyo nombre es el predeterminado.



Nota: Es importante seleccionar la opción de “tangente con curvas” para el traspaso.

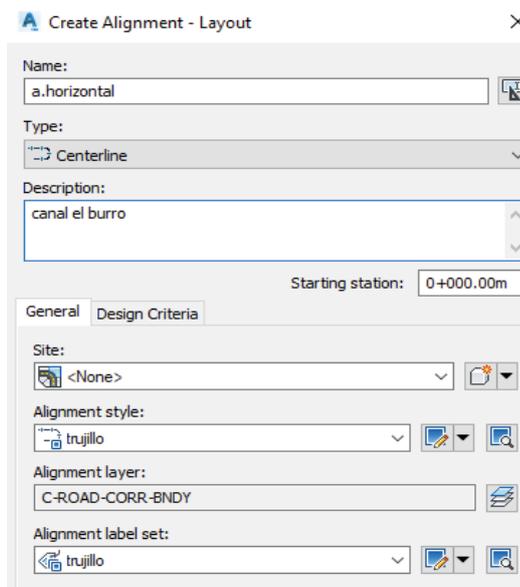


Figura 59. Creación el alineamiento
(Fuente: Elaboración propia)

Comprobar dimensionamiento. - Uno de los requisitos del software para poder crear la triangulación, es la velocidad del flujo que para ser determinada se requiere de cierta información previa para el cálculo estimado. Para ello, se hizo uso de la herramienta informática “HCANALES”, que es un software en su versión 3.1 desarrollado por el Ingeniero Peruano Máximo Villón Béjar, permitiendo simplificar y resolver el dimensionamiento de canales y estructuras hidráulicas.

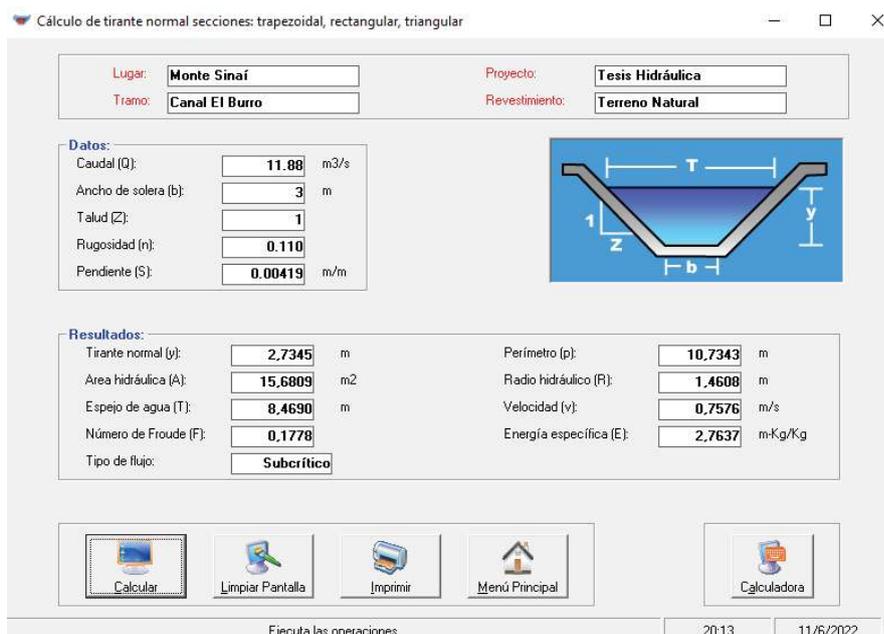


Figura 60. Resultados hidráulicos del canal
(Fuente: Elaboración propia)

Como podemos observar en la *Figura 60*, el caudal utilizado, es el estimado como máximo mediante el método SCS aplicado con anterioridad, el ancho de la solera fue estimado por las mediciones manuales, el coeficiente de Manning obtenido de las tablas y la pendiente resuelta de la parametrización de la microcuenca.

Perfil del terreno. - Retornamos a lo ejecutado hasta ahora en el AutoCAD Civil 3D, para crear el perfil del terreno en base a la superficie digital ingresada (exportada del ArcMap 10.4.1). para ello, nos dirigimos al comando “*Create Profile from Surface*” mismo que podrá ser encontrado en la viñeta de “*Create Design/Profile/Create profile from Surface*”, siguiendo la secuencia gráfica siguiente:

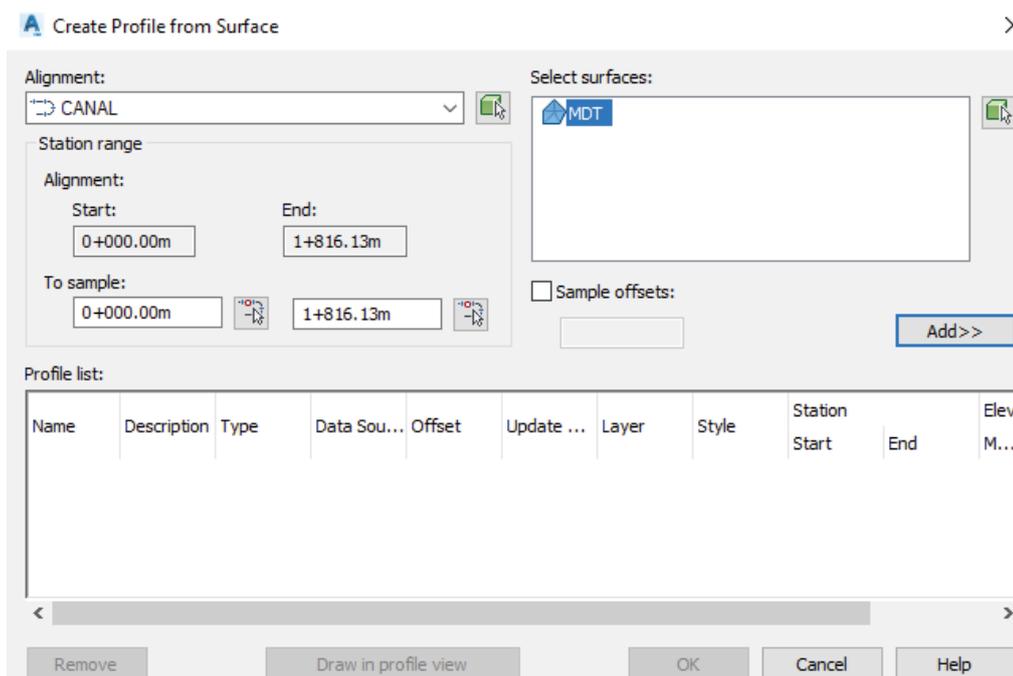


Figura 61. Creación del perfil desde la Superficie
(Fuente: Elaboración propia)

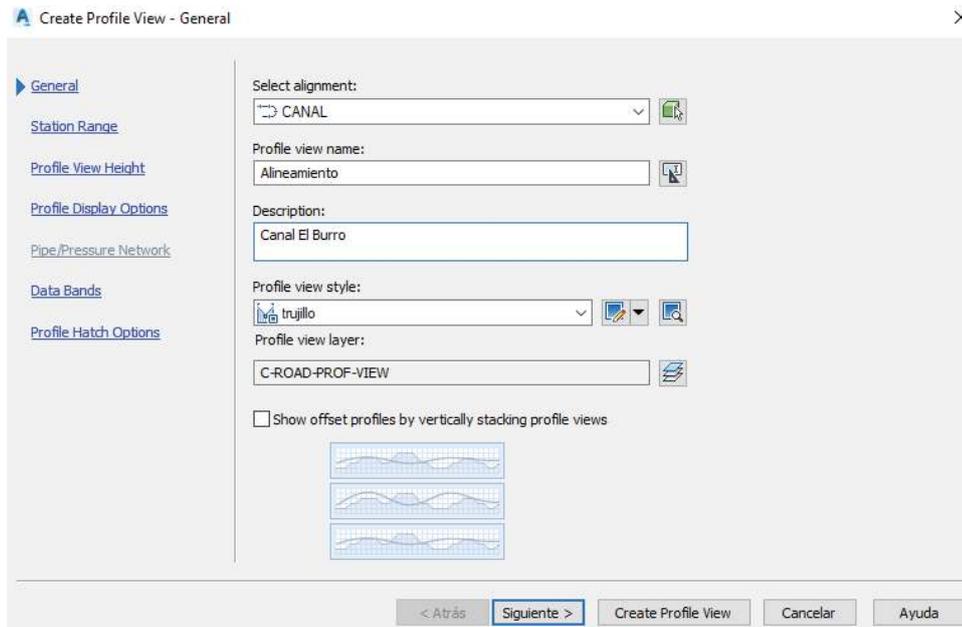


Figura 62. Ingresar detalles de vista del perfil
(Fuente: Elaboración propia)

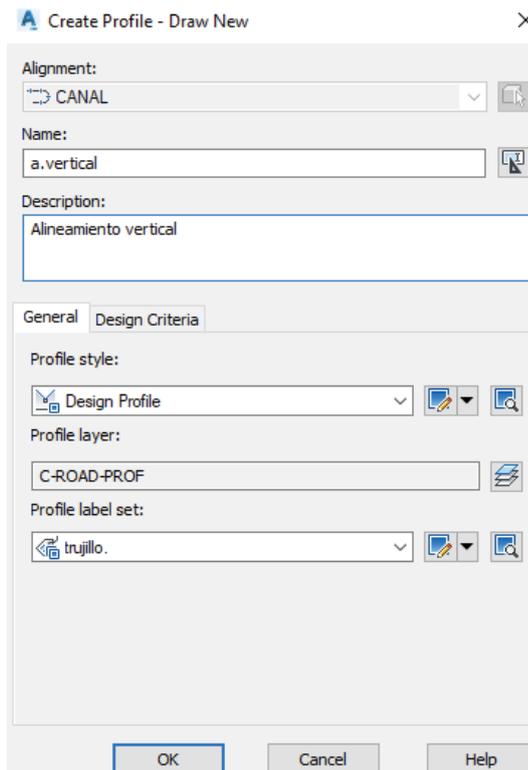


Figura 63. Creación del alineamiento vertical
(Fuente: Elaboración propia)

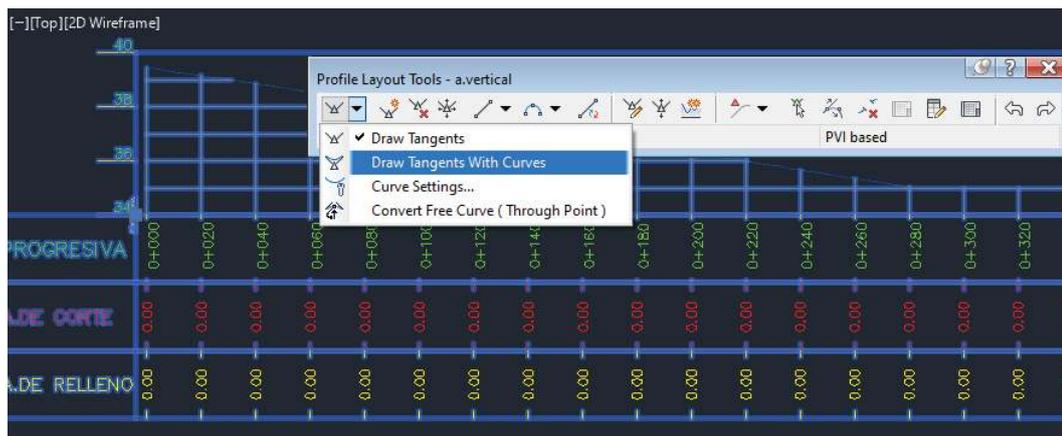


Figura 64. Trazado del alineamiento
(Fuente: Elaboración propia)

Ensamblaje. - La parte principal del ensamblaje es el dimensionamiento del canal que va a ser acoplado a la superficie del terreno, con los datos de mediciones en campo y el dimensionamiento propuesto mediante HCANALES, se procede a crear el canal digital mediante el comando “*Create Assembly*” mismo que podrá ser encontrado en la viñeta de “*Create Design/Assembly/Create Assembly*”, así mismo, siguiendo la secuencia gráfica siguiente:

Figura 65. Creación del ensamblaje
(Fuente: Elaboración propia)

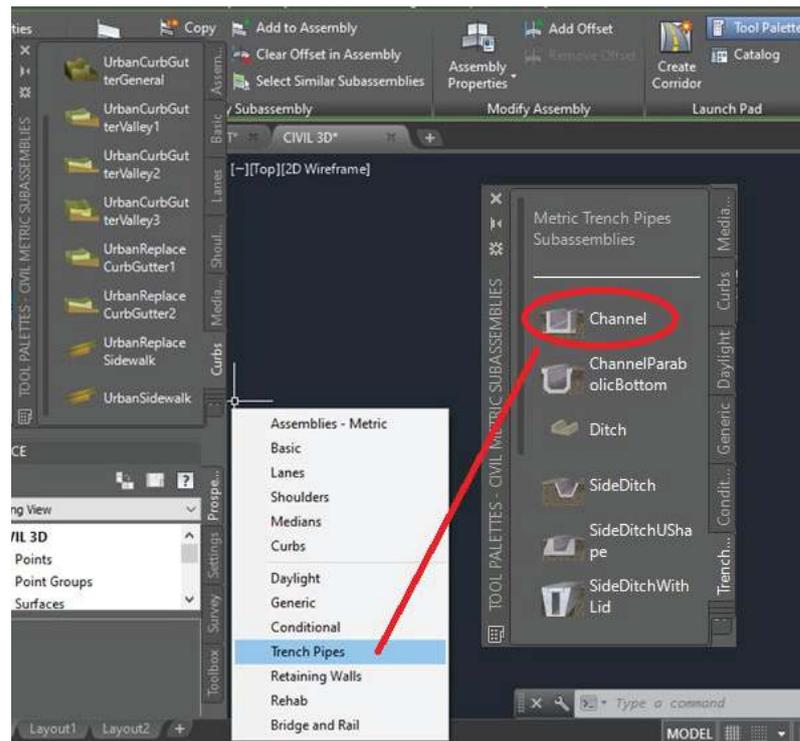


Figura 66. Ensamblaje tipo canal
(Fuente: Elaboración propia)

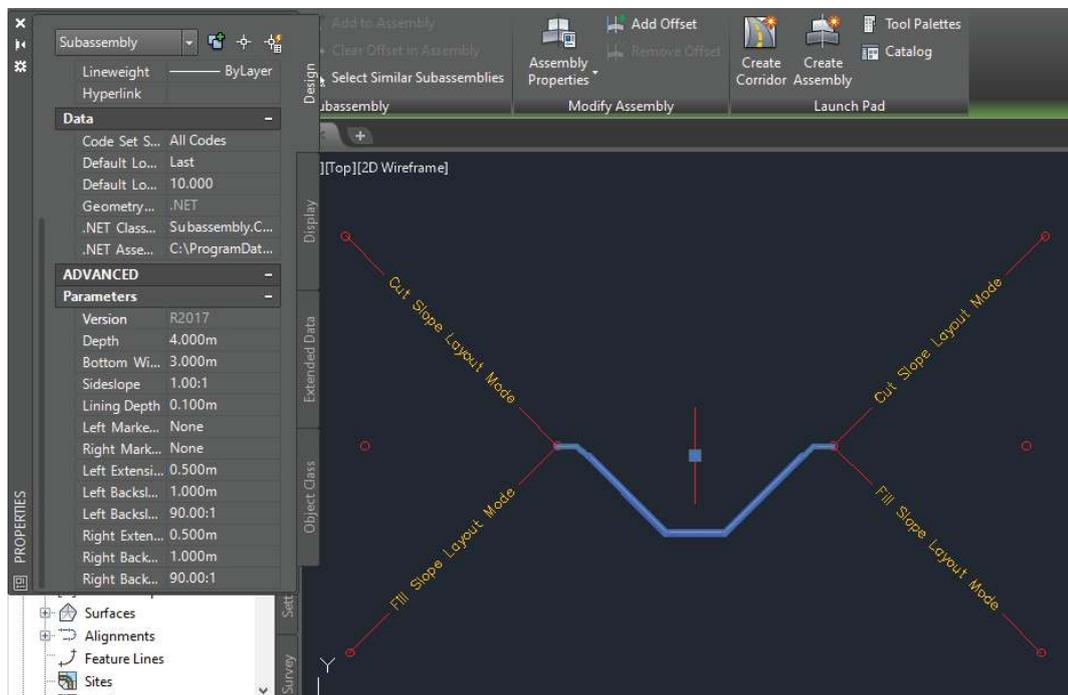


Figura 67. Dimensionamiento de parámetros
(Fuente: Elaboración propia)

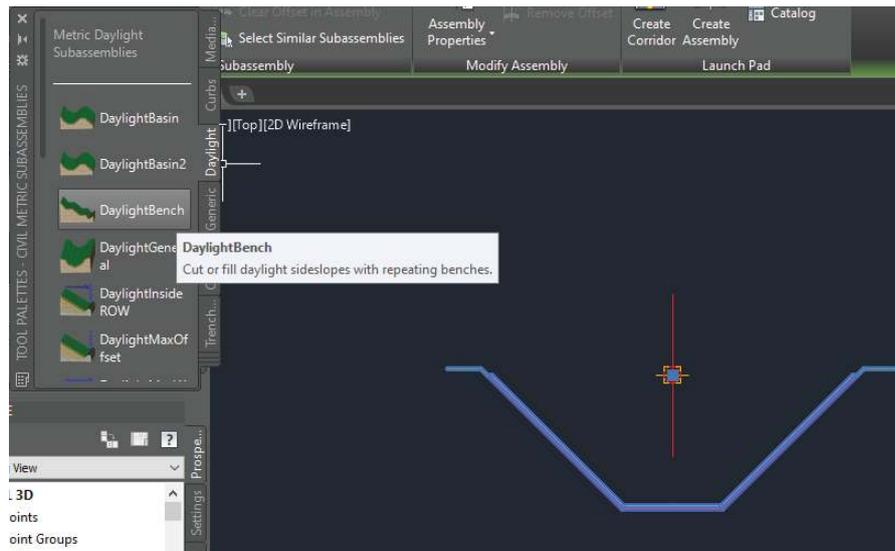


Figura 68. Detalles del banco de contención
(Fuente: Elaboración propia)

Corredor. - Como último paso, se necesita crear el corredor mediante el comando “*Create Corridor*” mismo que podrá ser encontrado en la viñeta de “*Create Design/Corridor/Create Corridor*”, siguiendo la secuencia gráfica muy similar que el paso anterior de ensamblaje con la diferencia que aquí se agrupan ambos elementos:

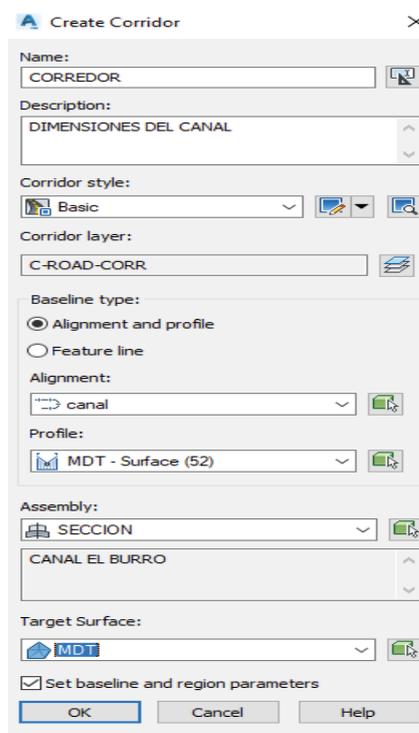


Figura 69. Creación de corredor
(Fuente: Elaboración propia)

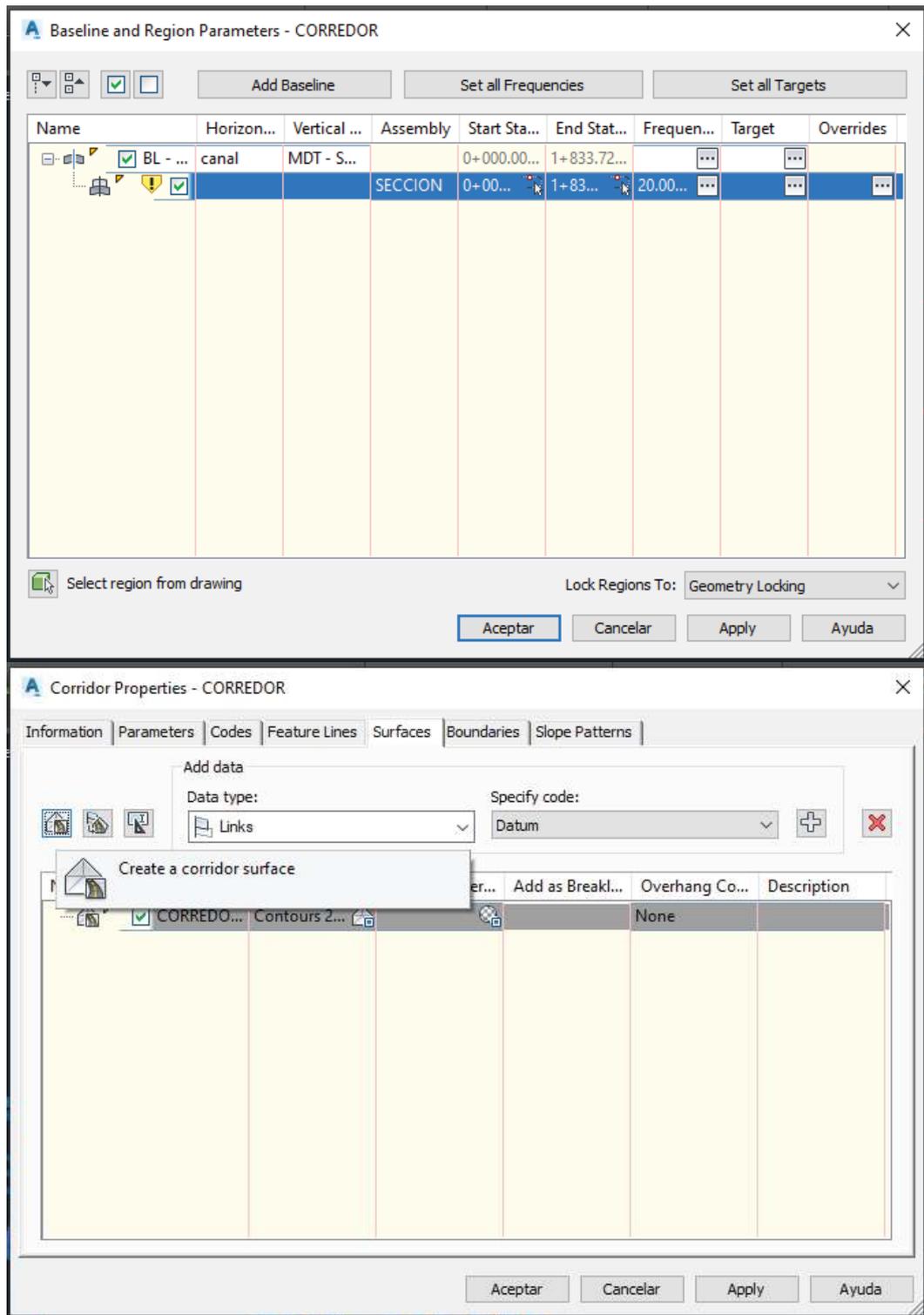


Figura 70. Ingreso de detalles del corredor
(Fuente: Elaboración propia)

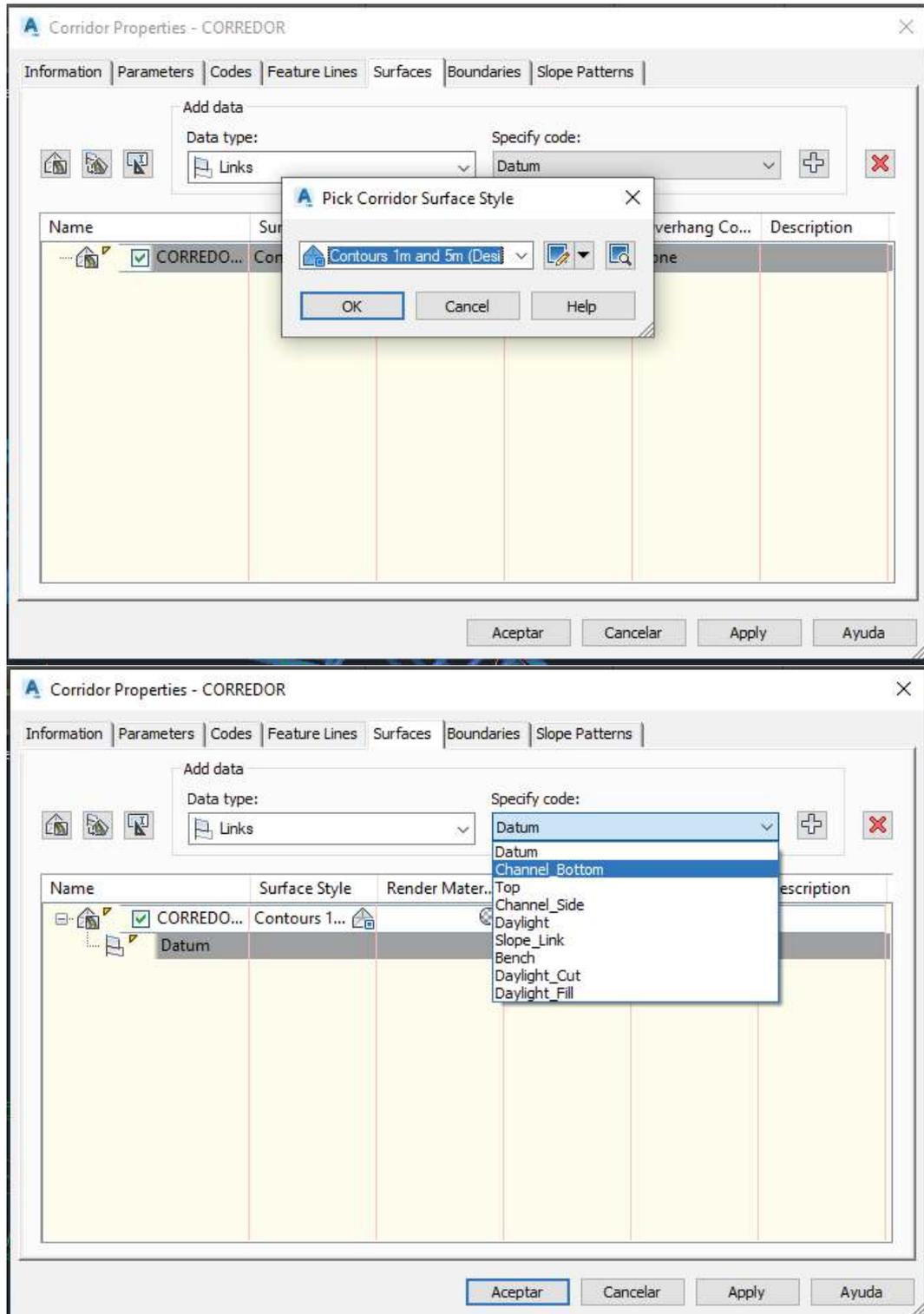


Figura 71. Propiedades físicas del corredor
(Fuente: Elaboración propia)

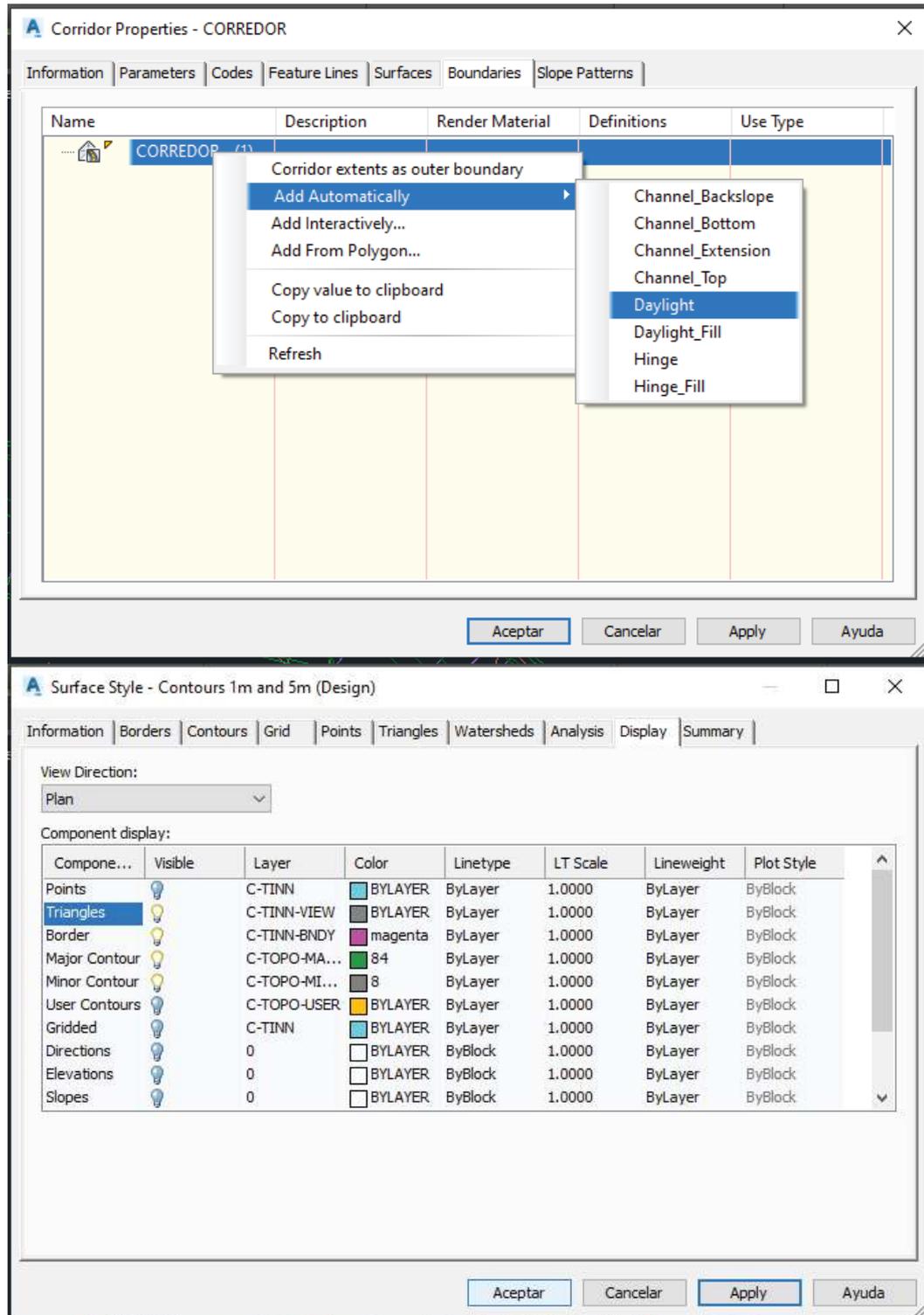


Figura 72. Límites del corredor
(Fuente: Elaboración propia)

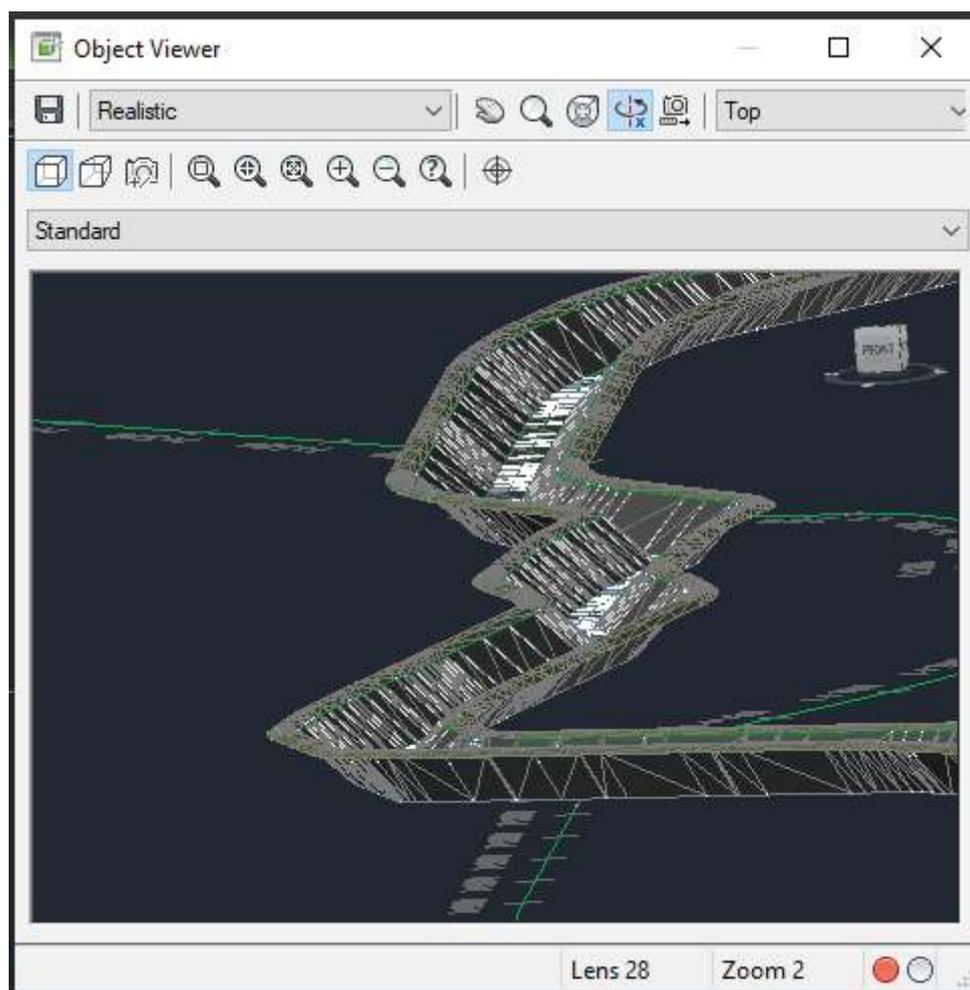


Figura 73. El corredor con ensamblaje
(Fuente: Elaboración propia)

4.10 Modelamiento y Cambios de Sección.

HEC-RAS es un programa que nos permite realizar modelaciones de flujos de agua de ríos naturales o de canales mediante procesos unidimensionales y bidimensionales. HEC-RAS también permite la modelación con archivos del tipo geo-ráster, estos archivos poseen información geo referenciada en cuanto a altitud, latitud y longitud de un área en específico (USACE, 2022a).

El IGM proporcionó los archivos con la metadata de la cuenca noroeste de Guayaquil con el cual mediante el programa ArcGIS se procedió a extraer la zona de la microcuenca de la Cooperativa Trinidad de Dios en donde se encuentra el cauce natural de estudio. No obstante, al no poseer detalles de ancho y profundidad del canal, agregamos los puntos geográficos de la superficie creada en AutoCAD

Civil 3D, efectuado mediante la importación de datos X, Y, Z en el ArcMap V. 10.4.0 gracias al comando “Agregar datos X, Y” que se encuentra en la ruta: “Menú/Agregar datos/Agregar datos X, Y”.

Una vez importado los puntos, creamos la interpolación de los mismos, obteniendo así una nueva superficie con los detalles del canal “El Burro”, que fue convertido en un archivo ráster para ser utilizados en el modelamiento del HEC-RAS en su versión 5.0.7. Incluso podemos apreciar la diferencia con la *Figura 74* del Mapa de elevaciones de la microcuenca, en la que se aprecia la superficie con el detalle del canal “El Burro” incluido.

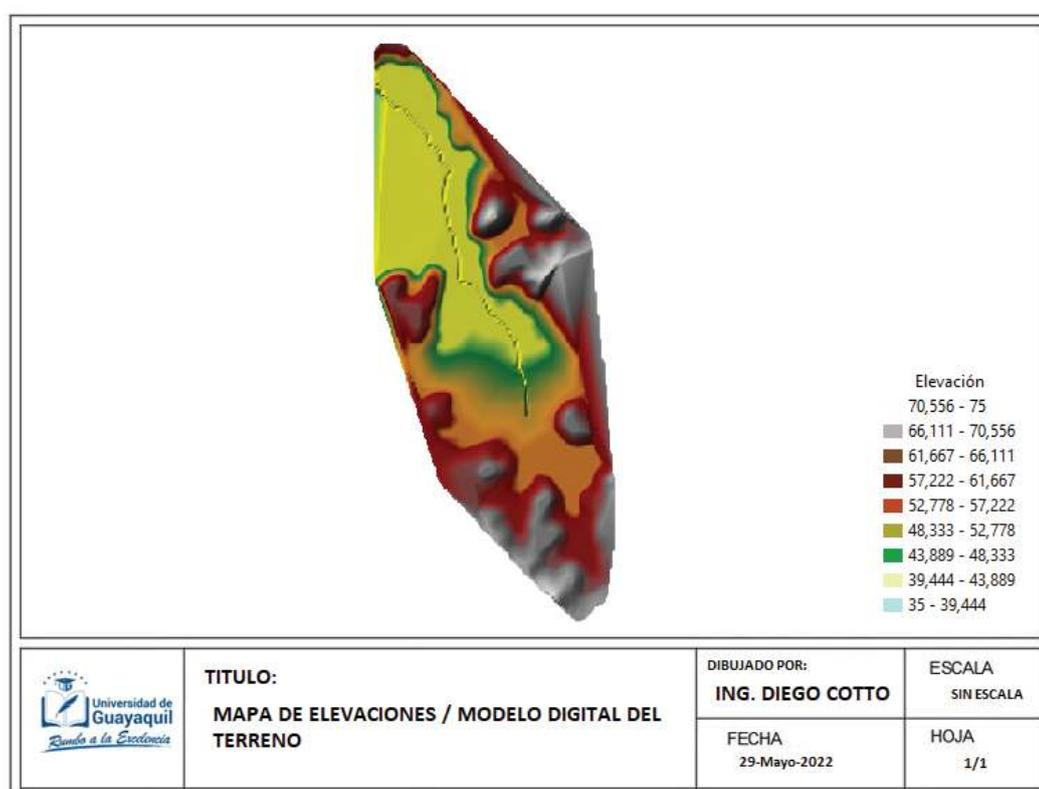


Figura 74. Nuevo mapa de elevaciones de la microcuenca
(Fuente: Elaboración propia)

Con todos los elementos listos, se procedió al modelamiento para introducir en el software los datos geométricos e hidráulicos para la creación del esquema del canal como tramo, para ello, iniciamos un nuevo proyecto con su respectiva identificación y sobre una misma carpeta de trabajo, sin olvidar definir el sistema internacional de medidas con las que se ingresó la información. Los pasos ejecutados se denotan a continuación:

RAS Mapper. – Dentro del software HEC-RAS Versión 5.0.7 se encuentra un módulo denominado “*RAS Mapper*” que nos ayudó a dibujar el tramo del cauce, haciendo clic punto a punto sobre la capa del mapa satelital en el que se definen los extremos aguas arriba y aguas abajo del canal, importando la superficie mediante el comando “*New Terrain Layer*” que se encuentra en la sección de capas “*Terrains*”.

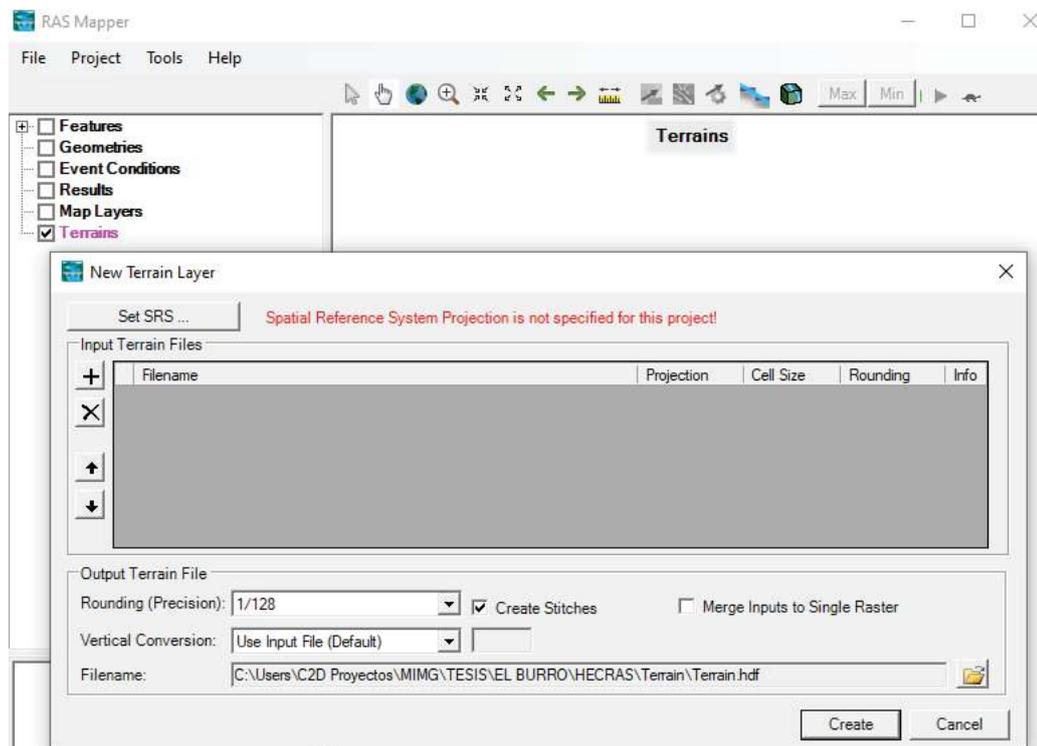


Figura 75. Importar superficie mediante RAS Mapper
(Fuente: Elaboración propia)

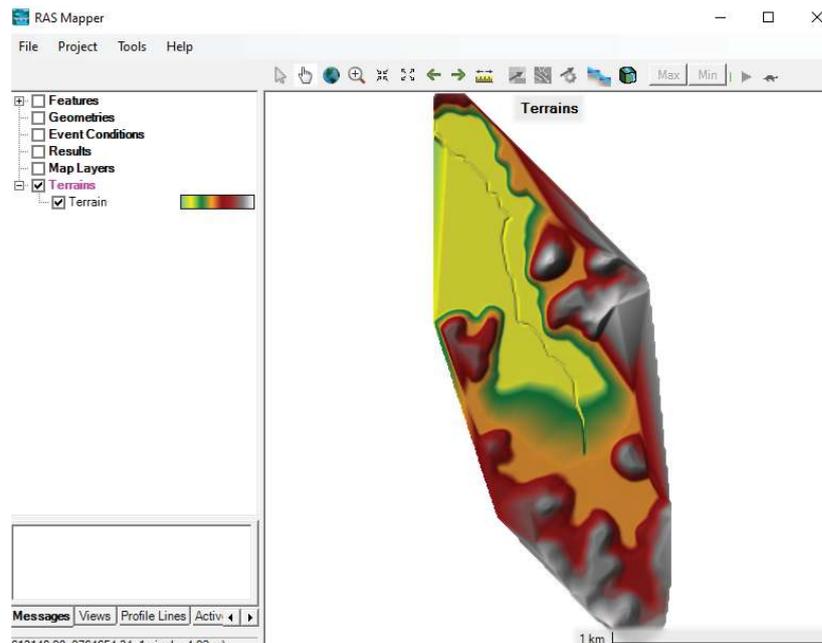


Figura 76. Superficie importada mediante RAS Mapper
(Fuente: Elaboración propia)

Para comenzar a trabajar, es necesario crear en la ventana de “Geometries” el esquema del cauce de tramo a tramo, mediante el puntero en forma de lápiz, con el que se dibujará el tramo del canal, haciendo clic en un punto a punto según el contorno, tanto para el eje principal, como para las líneas de bancos laterales izquierdo y derecho denominados “Bank lines”, así como los “Flow paths”.

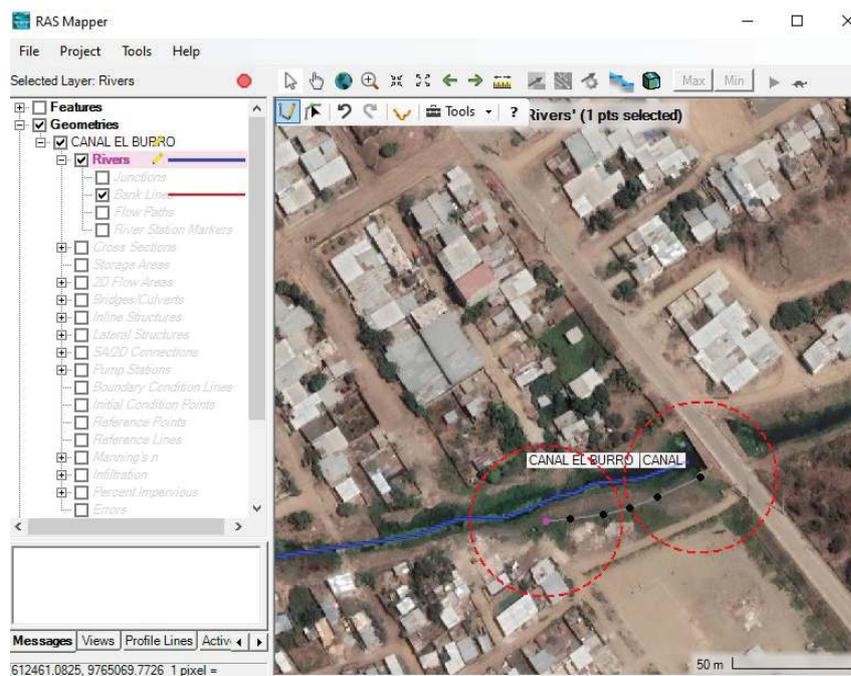


Figura 77. Nueva superficie mediante RAS Mapper
(Fuente: Elaboración propia)

Luego pasamos a la capa de “*Cross Sections*” y creamos las estaciones en relación a largo del canal, se puede editar una a una o creamos por defecto las abscisas mediante un espaciado fijo, que el software permite ejecutar automáticamente, eso queda a criterio del investigador.

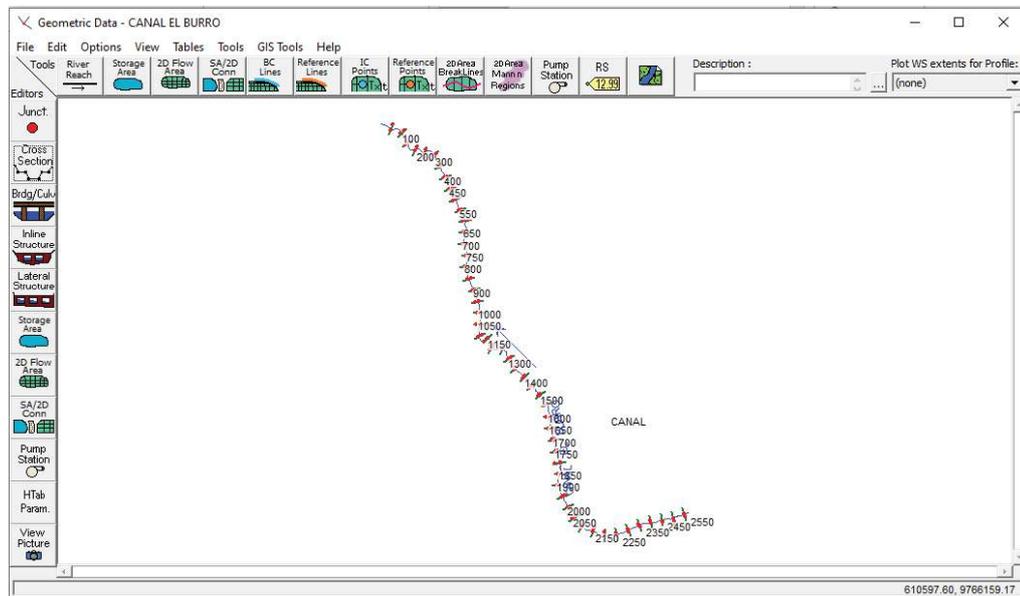


Figura 78. Creación de abscisas
(Fuente: Elaboración propia)

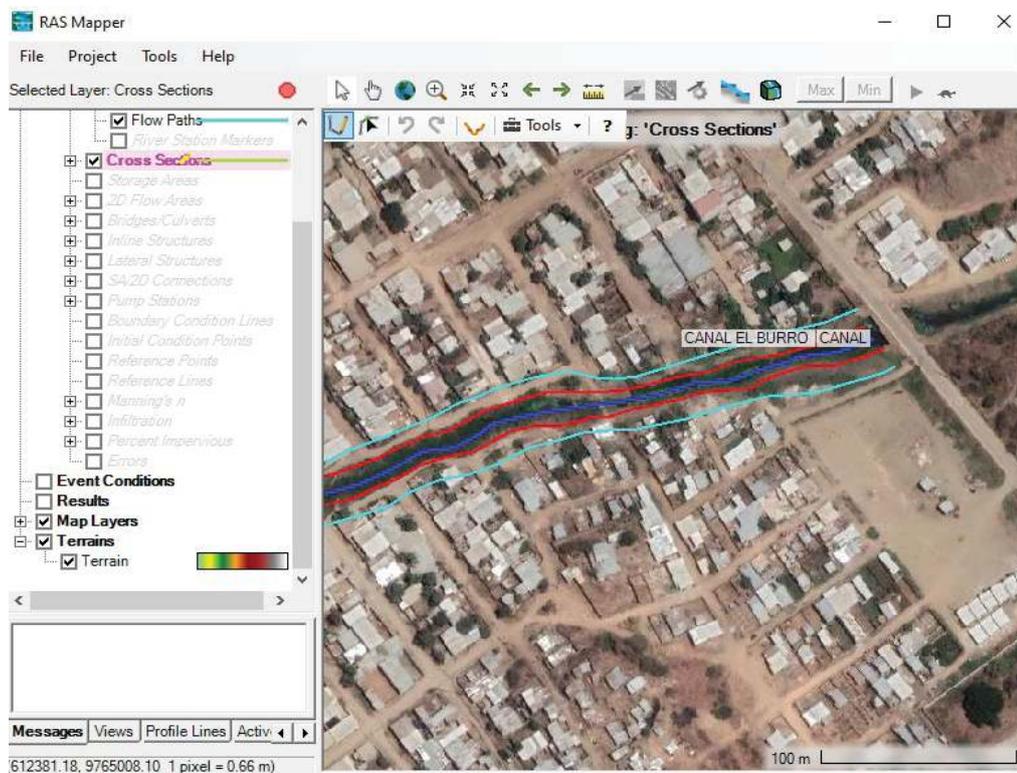


Figura 79. Resultado de las secciones
(Fuente: Elaboración propia)

Steady Flow Data. – Dentro del software HEC-RAS Versión 5.0.7 otro módulo a utilizar es el “*Steady Flow Data*” que nos permitirá incluirle al programa los datos hidráulicos como caudal y las condiciones de bordes, como el tipo de flujo y las condiciones del terreno como Manning. Todo esto mediante la casilla PF 1 para el caudal y mediante el comando “*Reach Boundary Conditions*”.

Steady Flow Data - CAUDAL

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach: River Sta.:

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	PF 1	
1	CANAL EL BURRO	CANAL	2556	11.88

Figura 80. Ingreso del Caudal de diseño
(Fuente: Elaboración propia)

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
CANAL EL BURRO	CANAL	all	Critical Depth	Critical Depth

Figura 81. Ingreso de condiciones de borde
(Fuente: Elaboración propia)

Obteniendo así, toda la información necesaria para generar el modelado del canal natural “El burro” con las condiciones más críticas para un evento con un periodo

de retorno de 10 años y una superficie en condiciones regulares, cuyos resultados podrán ser observados en el ([Ver Anexo 6](#)).

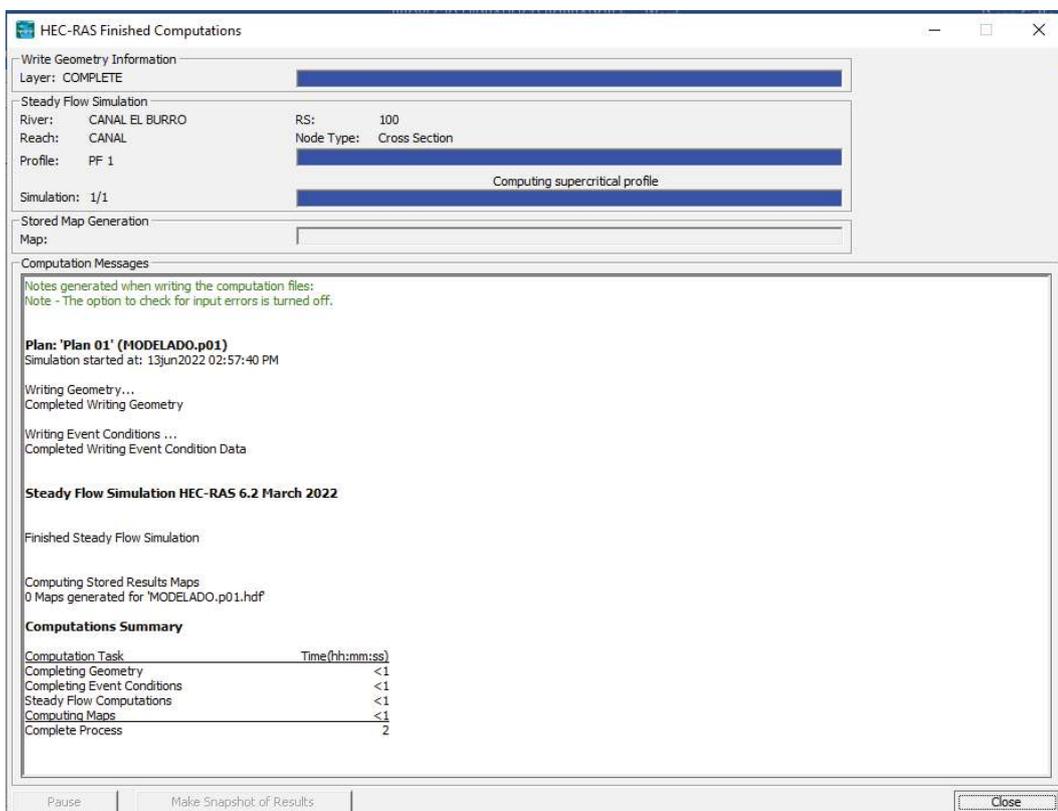
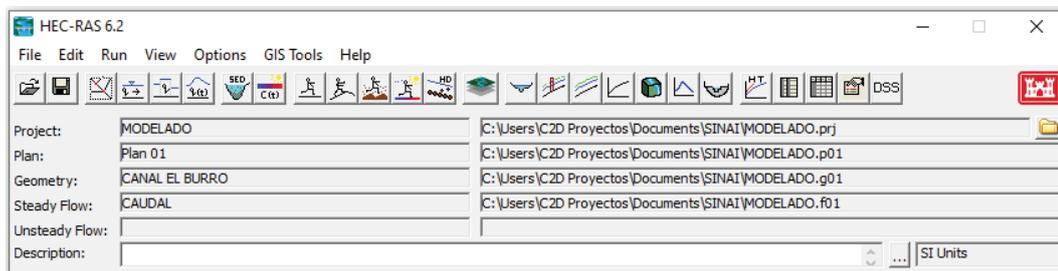


Figura 82. Computación final de modelamiento
(Fuente: Elaboración propia)

4.11 Análisis de los Resultados

- a. Al hacer uso de los modelos digitales de terreno a través del software ArcGIS logamos delimitar nuestra cuenca hidrográfica, la cual se encuentra catalogada de acuerdo a los parámetros generales, en particular los parámetros de forma como una microcuenca, rectangular y alargada.

- b. Con respecto a los parámetros de relieve, la pendiente media de la cuenca difiere con la pendiente media del cauce “Canal El Burro”, esto es debido a que la zona más alta de la Cooperativa Trinidad de Dios drena sus aguas por medio de la vía de manera superficial hasta llegar al canal.
- c. Con respecto a los datos hidrológicos y las precipitaciones máximas registradas, se puede apreciar que los años de mayor intensidad de lluvia fueron el año 1997 y 2009 con un periodo de retorno de 12 años, para los cuales, se optó por trabajar con una probabilidad de retorno de 10 años.
- d. El caudal de diseño obtenido numéricamente no difiere mucho entre el método racional y el método SCS, con una diferencia del 3.19%. Escogiendo así, el que mayor caudal refleja apuntando siempre al peor escenario o al más desfavorable al que podría someterse el canal natural.
- e. La interpolación de los puntos geográfico del canal y la superficie fue bastante acertada, hubo que corregir y ajustar la información del terreno con el levantamiento manual. A pesar de la calidad de imagen DEM la formación de curvas de nivel se realizó con bastante precisión, exceptuando los obtenidos mediante Internet de los servidores de Mapas satelitales. La profundidad puede ser bastante irregular por la presencia de fangos, pero a manera general, mantiene el promedio en relación a las vías principales.

4.11.1 Interpretación de Datos.

Los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico del canal “El Burro” ([Ver Anexo 6](#)), se puede apreciar que, manteniendo una magnitud del calado de 3 metros, el canal mantiene una reserva del 80% útil para enfrentar cualquier eventualidad en la parte alta de la microcuenca.

Desde la desembocadura en la zona habitada hasta la abscisa 0+500, se registra una falta de capacidad sobrepasando el límite superior con una media de 50 centímetros de alto con una extensión que supera los 25 metros desde el eje, llegando a las avenidas debido a que contiene pendientes muy bajas.

Se afectó el modelado con esa diferencia del 3% del caudal y no presentó ningún cambio significativo en los resultados, por lo tanto, se descartó esa diferencia entre los caudales de diseño.

Estos resultados difieren drásticamente a lo obtenido mediante la encuesta, cuyas declaraciones indicaron que efectivamente han sufrido una crecida de niveles en su mayoría hasta la rodilla concordando con los 50 centímetros obtenidos, pero sin abarcar toda el área de la sección 1, pero aún en las secciones 2 y 3.

4.11.2 Factores Incidentes.

Para determinar los factores que inciden directamente en el mal drenaje de las aguas lluvias, se realizó un recorrido a lo largo del canal, identificando y recolectando los puntos más importantes, tal y como se muestra en la ficha de observación ([Ver Anexo 4](#)) y son los siguientes:

- **Maleza.** - A lo largo de canal se evidencia formación vegetal, más que nada maleza, al ser tierras agrícolas y con la humedad suficiente del canal, su crecimiento es bastante rápido.
- **Taponamientos.** - Las vías no poseen confinamiento, y los canales o surcos laterales se encuentran taponados con materiales de relleno o construcción.
- **Represamiento.** - El nivel freático es muy alto, incluso en época seca debido a los represamientos de los surcos laterales de las vías.

- **Maleza.** - A lo largo de canal se evidencia formación vegetal, más que nada maleza, al ser tierras agrícolas y con la humedad suficiente del canal, su crecimiento es bastante rápido.
- **Escombros.** - Las rutas que el agua lluvia ya tiene bien debidas por escorrentía, son pequeños canales que conducen el agua hasta el canal, mismos que se encuentran obstruidos por escombros y basura.
- **Azolve.** - La limpieza del canal a pesar de realizarse una vez al año, se considera que es muy poco, además la maquinaria no tiene acceso a todas las áreas del canal, por lo que toca realizar trabajo manual.
- **Estrechamiento.** - En afán de evitar las inundaciones, los moradores rellenan las rutas de evacuación provocando estrechamiento en la conducción, creando obstrucciones significativas en las descargas.
- **Cruce de vías.** - Existe un mal diseño en los cruces de vías tipo puente vehicular, con tuberías con diámetros pequeños y de fácil taponamiento.

CAPÍTULO V

Propuesta

5.1 Pertinencia de la Propuesta

5.2 Beneficiarios

Los beneficiarios con este proyecto de investigación, en el caso de ser aplicable alguna obra de construcción, participación ciudadana y/o de una entidad gubernamental, serían un aproximado de 61.748 habitantes que viven y transitan por el sector.

5.2.1 Equipo Técnico Responsable.

Durante el desarrollo de este estudio, compañías y entidades públicas que de alguna manera participaron en este proyecto de investigación, aportando según el detalle siguiente:

CONSEES CIA. LTDA.- Consultores encargados de realizar la prueba de suelos.

Constructora GISMA S.A.- Encargados de limpiar canales secundarios aportantes mediante el uso de maquinaria pesada y analizar la evacuación de las aguas hacia el canal en los laterales de las vías.

INTERAGUA. - Recorrido del sector, limpieza del canal, explicación en la forma de trabajo y frecuencia.

5.2.2 Antecedentes de la Propuesta.

Al eliminar circunstancialmente los factores incidentes en el mal drenaje, se espera aumentar la velocidad de descarga y al llegar a las zonas más bajas con mayor rapidez, lo que se fomentaría a disminuir la probabilidad de retención de flujo, aprovechando la existencia física del canal natural y sacando el mayor provecho para el control de inundaciones del sector. Por lo tanto, este trabajo de

estudio es para buscar esas soluciones naturales mínimas que pueden ayudar técnicamente a evacuar con mayor eficiencia y reducir los riesgos que se generan actualmente por una lentitud en la descarga.

5.2.3 *Análisis de Factibilidad.*

5.2.3.1 *Factibilidad Organizacional.*

El presente estudio faculta a la Universidad de Guayaquil brindar información relacionada al canal “El Burro” obtenida y su importancia hídrica para el sector de Monte Sinaí, para que sea acogida por cualquier representante cantonal o barrial, y se motive las mejoras constructivas y la preservación del mismo para el bienestar de los moradores.

5.2.3.2 *Factibilidad Ambiental.*

La preservación y cuidado del canal “El Burro” requiere de la participación de todos, es fundamental mediante la socialización crear un escenario de concientización para fomentar que el canal no es un lugar de depósito de desperdicios, sino más bien, un cauce que beneficiará a la población. Estas medidas preventivas evitarán la contaminación de las aguas y cuya recuperación podría conllevar a un costo muy elevado.

5.2.3.3 *Factibilidad Socio-Cultural.*

La parte social es de vital importancia, con la que nace este proyecto en base a la necesidad de atención a las condiciones de riesgo ante las inundaciones en las que viven las personas del sector. Durante la realización de la encuesta, se pudo percibir que existe un desconocimiento absoluto sobre la importancia que el canal natural brinda, por lo que sigue siendo utilizado como un lugar de depósito para aguas servidas, basura y escombros. Se estima que esta percepción cambiaría radicalmente al momento de crearle una estructura de construcción civil que mantenga los linderos del canal protegidos durante la época seca, limitando la expansión territorial y el estrechamiento del cauce.

El buen encauzamiento de las aguas lluvias hasta el canal es un trabajo arduo, debido el flujo superficial por las vías es obstruido en gran proporción, no solo desperdicios o materiales de construcción, sino también con rampas de acceso vehiculares, en particular para el ingreso de tanqueros proveedores de agua potable. En otras palabras, satisfacer ciertas necesidades atenta contra lo que puede ser una acción preventiva ante las inundaciones; poner en conocimiento a la comunidad acerca de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se estima una aceptación garantizada, sin embargo, requiere de una inversión alta y constante.

5.2.3.4 Factibilidad Económico-Financiera.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el canal no necesita por sí solo una mejora constructiva. En caso de requerir disminuir el coeficiente de rugosidad por medio de una obra de construcción civil a través de un enrocado con piedra base de mínimo 20 centímetros de espesor a lo largo del canal, o de hormigón armado en el mejor de los casos, se estima una inversión total de \$592.254,14 dólares americanos.

El cálculo de este valor se encuentra contemplado en los rubros y cantidades a ejecutarse, con los precios unitarios que fueron obtenidos de proyectos anteriores ejecutados por la M.I. Municipalidad de Guayaquil, disponibles en el portal de compras públicas del Ecuador:

Tabla 25
Cuadro de Presupuesto y Precios Unitarios

RUBROS	UND.	P.U.	CANT.	TOTAL
EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN (INC. DESALOJO)	m ³	\$3,91	2.515,2	\$9.834,4
MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO (INC. TRANSP)	m ³	\$12,59	1.676,8	\$21.110,9
ACABADO DE OBRA BÁSICA EXISTENTE	m ²	\$0,42	20.960,0	\$8.803,2
TRAZADO Y REPLANTEO	m ²	\$0,92	20.960,0	\$19.283,2
RECUBRIMIENTO CON PIEDRA BASE	m ²	\$25,44	20.960,0	\$533.222,4
			Total:	\$592.254,1

Nota. Recuperado de M.I. Municipalidad de Guayaquil

No obstante, siendo enfáticos en que el canal en condiciones actuales no necesita la realización de este progreso constructivo, la inversión está enfocada a otros aspectos que no guardan relación con la conducción de las aguas lluvias, sino que el mejoramiento de la superficie con recubrimiento de piedra base serviría más como un limitante para la expansión territorial hacia las riberas del canal, además que evitaría la pérdida erosiva de terreno, disminuiría la reproducción de maleza y con ello la proliferación de roedores y mosquitos.

5.3 Propuesta

Los resultados demuestran que el canal tiene la capacidad de descarga suficiente para evacuar las aguas lluvias, se identifica que las Cooperativas en realidad si se encuentran en zonas seguras, con la salvedad de que debe existir un retiro de al menos unos 20 metros desde las riberas del canal, que ayude a mantener la sección del mismo.

La forma de la superficie es prácticamente plana, por lo que, todo movimiento de tierra que se realice, debe ser respetando el retiro del canal y contener una pequeña pendiente con surcos laterales que permitan direccionar las descargas directamente al canal.

Las modificaciones de la superficie deben ser ordenadas, es indispensable evitar rellenos de tierra que generen desniveles superiores a la de descarga posterior, es decir, evitar la formación de estancamientos.

Los accesos vehiculares deben permitir la evacuación normal a través de los surcos laterales, es vital la colocación de tuberías o canales abiertos que facilite la limpieza manual, las pendientes son muy bajas como para esperar un buen arrastre para una autolimpieza.

El plan de mantenimiento anual, se debe realizar al menos 2 veces por año, respetando un calado de 3 metros mínimo de cota y en lo posible delimitar un ancho de 9 metros mínimo. El material azolvado que es retirado, no debe ser colocado en las riberas, permitiendo que el drenaje superficial pueda ser depositado

directamente al canal. Lugares con difícil acceso de maquinaria pesada, se deberá realizar paulatinamente de forma manual hasta llegar a la cota propuesta.

Las aguas servidas deben ser depositados en pozos sépticos impermeables y ser retirados para su debido procesamiento, de no ser así, las aguas subterráneas tienden a ser fácilmente contaminadas y evitar drásticamente el arrojar desperdicios sobre el cauce del canal.

Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

Se trató de obtener los parámetros morfológicos e identificar la red hídrica de los encauces de las aguas lluvias del área en estado completamente natural del terreno, el cual no se pudo ejecutar en su totalidad por no contar la información de modelos digitales de terreno antes del asentamiento poblacional, sin embargo, para dar cumplimiento a la finalidad del objetivo de verificar variaciones en la red hídrica, se tomó la información disponible del año 2010 previa a la legalización de los terrenos, delimitando la microcuenca con la presencia de parcelas y el avistamiento de construcciones de viviendas, obteniendo así las curvas de nivel necesarias para realizar la comparativa con información disponible de años posteriores.

Se realizó la delimitación de la microcuenca con la información correspondiente al año 2018 del modelo digital de terreno, obteniendo notables diferencias con la delimitación del 2010, permitiendo obtener los parámetros de diseño mediante el modelamiento del encauce de aguas lluvias de la microcuenca delimitada en la Cooperativa Trinidad de Dios, en relación directa con la evolución temporal de asentamientos humanos y las afectaciones por inundación en este sector.

Mediante la encuesta se logró tener una visión más amplia de la situación problemática de la zona, ampliando la atención hacia las Cooperativas Guayacanes, Monte Lindo y Monte Sinaí, identificando que éstas se encuentran en zonas seguras, exceptuando los casos que no respetan las riberas del canal. Los movimientos de tierra en el sector no están permitidos, con la salvedad que se rellene con material importado y evite la formación de estancamientos.

Se concluyó que el canal si se encuentra en la capacidad de descargar las aguas lluvias y evitar inundaciones, por lo que se plantearon alternativas de soluciones que conlleven al trabajo comunitario de prevención, y que además requiere la participación de entidades públicas para la limpieza y mantenimiento del mismo.

Así también, se expone en la propuesta las acciones y consideraciones más importantes enmarcadas a llevar un ordenamiento territorial del área.

El área que rodea la subestación eléctrica, no posee un paso libre de descarga hacia el canal “El Burro”, esto es debido a que las paredes perimetrales han ocupado el espacio físico que le pertenecía al canal, dejando unas pequeñas rejillas que no son lo suficientemente grandes para la cantidad de caudal, además, continúan las expansiones territoriales hasta la pared sin respetar los límites para la red hídrica.

6.2 Recomendaciones

Los estudios científicos que son multitemporales y requieren de información histórica, se recomienda notificar a las Instituciones Públicas que las actualizaciones de la información se realicen de manera independiente, respaldando la información vigente.

Controlar los asentamientos en las zonas cercanas a nuestro sistema de drenaje, y fomentar una cultura de prevención a la comunidad acerca de construcciones que se interpongan en el paso natural de las fuentes que aportan al drenaje principal.

Se recomienda mejorar el talud y recubrir con piedra base cementada, ayudando considerablemente ante el problema de expansión territorial hacia las riberas del canal, además que, sin lugar a duda evitaría la pérdida del terreno por erosión. Existe también la posibilidad de disminuir los riesgos a la salud, evitando la mal formación vegetal y con ello la proliferación de roedores y mosquitos.

Se recomienda realizar modificaciones urgentes en los diseños y construcción de los cruces viales, el flujo hídrico debe mantenerse libre de la obstrucción, siendo el estrechamiento y el taponamiento las principales causas de inundaciones en 3 puntos estratégicos de la zona.

Anexo 1 (Propuesta Aprobada por la Unidad Académica)



ANEXO II.- FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA APROBACIÓN DEL TEMA/PROBLEMA PROPUESTO DEL TRABAJO DE TITULACION

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
PROGRAMA DE MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCION EN HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

Nombre de la propuesta de trabajo de la titulación:	DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS.		
Nombre del estudiante (s):	COTTO ASSAN DIEGO ARMANDO		
Programa:	MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCION EN HIDRÁULICA COHORTE I		
Línea de Investigación:	SOBERANIA, DERECHOS Y TECNOLOGIAS EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y AMBIENTE DE LA CONSTRUCCION- GESTION DEL RECURSO AGUA		
Fecha de presentación de la propuesta de trabajo de Titulación:	30/11/2021	Fecha de evaluación de la propuesta de trabajo de Titulación:	20/12/2021

ASPECTO A CONSIDERAR	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
Título de la propuesta de trabajo de Titulación:	X		
Línea de Investigación:	X		
Objetivo de la Investigación:	X		
Modalidad de Titulación:	X		

<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO
<input type="checkbox"/>	APROBADO CON OBSERVACIONES
<input type="checkbox"/>	NO APROBADO

Director de trabajo de Titulación: ANGELA VILLA RIOS



Firmado electrónicamente por:
MANUEL IGNACIO GÓMEZ DE LA TORRE GÓMEZ

Ing. Manuel Gómez de la Torre, MSc.
Presidente del Comité Académico



Firmado electrónicamente por:
DAVID OMAR STAY COELLO

Ing. David Stay Coello, MSc.
Miembro del Comité Académico



Firmado electrónicamente por:
PIETRO CORAPI

Ing. Pietro Corapi, MSc.
Miembro del Comité Académico



Firmado electrónicamente por:
ANGELA PATRICIA

Ing. Ángela Villa Ríos, MSc.
Miembro del Comité Académico

Anexo 2 (Formato de Encuesta)



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN HIDRÁULICA

1) ¿Por cuánto tiempo se encuentra viviendo aquí en el Sector?

- a De 6 meses a 1 año
- b De 1 a 2 años
- c De 2 a 5 años
- d De 5 a 10 años
- e Más de 10 años

2) ¿Se ha encontrado usted y su familia viviendo en el sector durante la época invernal?

- a Sí
- b No

3) ¿Se ha inundado su sector durante la época invernal?

- a Sí
- b No

4) ¿Hasta qué nivel ha llegado el agua durante las lluvias?

- a Nivel de la Calle
- b Ingresado a la vivienda
- c Hasta la rodilla
- d Hasta la cintura
- e Por encima de la cintura

5) ¿En qué tiempo se despejan las aguas después de la lluvia?

- a de 1 a 12 horas
- b de 12 a 24 horas
- c de 2 a 4 días
- d de 5 a 10 días
- e Después de 5 días
- f Después de 1 mes

Anexo 3 (Resultados de la Encuesta)



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE	CEDULA	UBICACIÓN EN MAPA	RESPUESTAS A PREGUNTAS					
			1	2	3	4	5	
Julio Salazaría Romo	0922514112	SECTOR	J	e	a	a	d	a
Mayra Basua Bacuy		SECTOR	J	e	a	a	c	d
Silvia Proaño	1203426802	SECTOR	J	e	a	a	d	a
Joselyn Pilozo Ibarra	0922033139	SECTOR	J	e	a	a	d	a
Henry Castro	0929157659	SECTOR	J	e	a	a	c	a
Celeste Bajaña	0911836500	SECTOR	J	e	a	a	b	b
Tatiana Borja Ibarra	0922032040	SECTOR	J	e	a	a	c	a
Sandra Bajaña	0913631354	SECTOR	J	e	a	a	b	b
Zoila Contrera	0911199230	SECTOR	J	e	a	a	b	a
Margarita Marcillo	0913025763	SECTOR	J	e	a	a	c	c
Michael Jince	0941587180	SECTOR	J	e	a	a	c	c
Laura Moreira	0926288051	SECTOR	J	e	a	a	c	a
Antonio Laaz	J302353915	SECTOR	J	e	a	a	a	a



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE	CEDULA	UBICACIÓN EN MAPA	RESPUESTAS A PREGUNTAS				
			1	2	3	4	5
Dolores Zambrano	1304253766	SECTOR	e	a	a	a	a
Estefany Vera	0953950177	SECTOR	e	a	a	a	a
Rosa Montalván		SECTOR	e	a	a	c	f
Margarita Bravo	1310612260	SECTOR	e	a	a	b	a
Diana Vera	0909778425	SECTOR	e	a	a	a	a
Edwin Cedeno	0918243189	SECTOR	e	a	a	a	c
Gema Arboleda	0919703793	SECTOR	e	a	a	a	a
Andrea Tumbaco	0957797384	SECTOR	e	a	a	a	b
		SECTOR					
		SECTOR					
		SECTOR					
		SECTOR					
		SECTOR					



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE	CEDULA	UBICACIÓN EN MAPA	RESPUESTAS A PREGUNTAS					
			1	2	3	4	5	
Geovanny Chele	1303945529	SECTOR	2	c	a	a	d	b
Joel Morales		SECTOR	2	c	a	a	d	a
Victor Miguel Gonzalez		SECTOR	2	e	a	a	d	f
Angela Pizarro	0916929250	SECTOR	2	c	a	a	d	a
Andrés Gonzalez	0950093542	SECTOR	2	e	a	a	d	b
Abigail Hina		SECTOR	2	d	a	a	d	f
Andrea Borja		SECTOR	2	e	a	a	d	f
Mónica Banchón		SECTOR	2	e	a	a	a	a
Flor Uvo	0921077707	SECTOR	2	e	a	a	a	a
Mercedes Quijije		SECTOR	2	e	a	a	a	a
Deisy Gómez	0916203219	SECTOR	2	c	a	a	d	f
Tiffany Salazar	0953721863	SECTOR	2	c	a	a	d	f
Petita Moreira	0908918121	SECTOR	2	c	a	a	b	a



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE	CEDULA	UBICACIÓN EN MAPA	RESPUESTAS A PREGUNTAS				
			1	2	3	4	5
Angelica Marquez		SECTOR	C	a	a	b	c
Auna Murillo	0906601265	SECTOR	e	a	a	c	f
Cecilia Bustamante	0925769309	SECTOR	e	a	a	a	f
Patricia Mazarero	0802411298	SECTOR	e	a	a	b	f
Grace Soárez	0908740558	SECTOR	e	a	a	c	e
Rosa Jazmin Arriaga C.	0926692336	SECTOR	e	a	a	c	f
María Rodríguez	0926892192	SECTOR	e	a	a	c	f
Ana Ortiz	0850059478	SECTOR	d	a	a	b	d
Heman Real		SECTOR	d	a	a	b	b
Andy Castro	0953713286	SECTOR	d	a	a	c	e
Linda Garrido		SECTOR	d	a	a	c	e
Miriam Mera		SECTOR	c	a	a	b	a
Sofía Medina		SECTOR	c	a	a	b	a



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE	CEDULA	UBICACIÓN EN		RESPUESTAS A PREGUNTAS				
		MAPA		1	2	3	4	5
Melisa Ariana Intriago	0940571334	SECTOR	4	C	a	b		
Pablo Sellan	0917023145	SECTOR	4	C	a	b		
Beatriz Fugón	095643464	SECTOR	4	C	a	b		
Patricia Reyes	0905820338	SECTOR	4	C	a	b		
Keirly Perez	1250215785	SECTOR	4	C	a	a	b	a
Sonia García	1204008205	SECTOR	4	C	a	b		
Paul Reyes	0907928969	SECTOR	4	C	a	b		
Emperatriz Rodriguez	1302521966	SECTOR	4	C	a	a	b	a
Antonia Burgos	0907181440	SECTOR	4	C	a	b		
Jose Bonchón	0917430050	SECTOR	4	C	a	b		
Rey Merchan	1306644186	SECTOR	4	C	a	b		
Luis Centeño	1201255377	SECTOR	4	C	a	b		
Wilson Salazar	0918380957	SECTOR	4	C	a	a	b	a



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE	CEDULA	UBICACIÓN EN		RESPUESTAS A PREGUNTAS				
		SECTOR	MAPA	1	2	3	4	5
Jennifer Vargas Barco	0927141770	SECTOR	5	C	a	b		
Evelyn Navarrete León	0944194778	SECTOR	5	C	a	b	a	a
Carmita Navarrete León	0943227199	SECTOR	5	C	a	b	a	a
Rocío del Pilar Sosa G.	0996489371	SECTOR	5	C	a	b		
Angela León C.	0918416405	SECTOR	5	C	a	b		
Jaqueline Paredes	0918635228	SECTOR	5	C	a	b		
Gabriela Ruera H.	1313075762	SECTOR	5	C	a	b		
Máximo Chiriguaya H.	0924189590	SECTOR	5	C	a	a	a	a
Picardo López.	0951397249	SECTOR	5	C	a	a	a	a
Ana Hidalgo Gujano	0916870223	SECTOR	5	C	a	b		
William Murillo Pincay	0917157844	SECTOR	5	C	a	a	a	a
Beleñ Mendoza Ortiz	095968482	SECTOR	5	C	a	b		
Pedro León	0991436273	SECTOR	5	C	a	b		



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE	CEDULA	UBICACIÓN EN		RESPUESTAS A PREGUNTAS				
		SECTOR	MAPA	1	2	3	4	5
Sugey Tapia Peralta	0918577625	SECTOR	6	C	a	b		
Lupita Alvario Customante	1201347067	SECTOR	6	C	a	b		
Melba Gavilanez Estrada	12022140495	SECTOR	6	C	a	a	b	a
Stalin Miguel Pance Baque	0915530307	SECTOR	6	C	a	b		
Javier León Héndez	1307946424	SECTOR	6	C	a	b		
Orlando Vera Antrade	1302553001	SECTOR	6	C	a	b		
Lucía Suárez Smith	0920906302	SECTOR	6	C	a	b		
Edwin Vera Loo	1306894781	SECTOR	6	C	a	b		
Jessica Suárez	0926319492	SECTOR	6	C	a	a	a	a
Daisy Pinales Cabrera	0915588024	SECTOR	6	C	a	b		
Cecilia Cenado P.	1203860802	SECTOR	6	C	a	b		
Eduardo Fernando Ologue	0921098190	SECTOR	6	C	a	a	a	a
Miriam Vera Choez	0917420119	SECTOR	6	C	a	b		

Anexo 4 (Ficha de Observación)



Universidad de Guayaquil
Guayaquil-Ecuador
Sector Monte Sináí

Ficha de observación

Observador: Ing. Diego Cotto Assán.

Objetivo: Canal "El Burro".

Fecha: 01/jun/2022

FACTORES	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	1	DETALLES
MALEZA		A lo largo de canal se evidencia formación vegetal, más que nada maleza, al ser tierras agrícolas y con la humedad suficiente del canal, su crecimiento es bastante rápido.
TAPONAMIENTOS		Las vías no poseen confinamiento, y los canales o surcos laterales se encuentran taponados con materiales de relleno o construcción

REPRESAMIENTO



El nivel freático es muy alto, incluso en época seca debido a los represamientos de los surcos laterales de las vías.

ESCOMBROS



Las rutas que el agua lluvia ya tiene bien debidas por escorrentía, son pequeños canales que conducen el agua hasta el canal, mismos que se encuentran obstruidos por escombros y basura.

AZOLVE



La limpieza del canal a pesar de realizarse una vez al año, se considera que es muy poco, además la maquinaria no tiene acceso a todas las áreas del canal, por lo que toca realizar trabajo manual.

ESTRECHAMIENTO



En afán de evitar las inundaciones, los moradores rellenan las rutas de evacuación provocando estrechamiento en la conducción, creando obstrucciones significativas en las descargas

CRUCES DE VÍAS



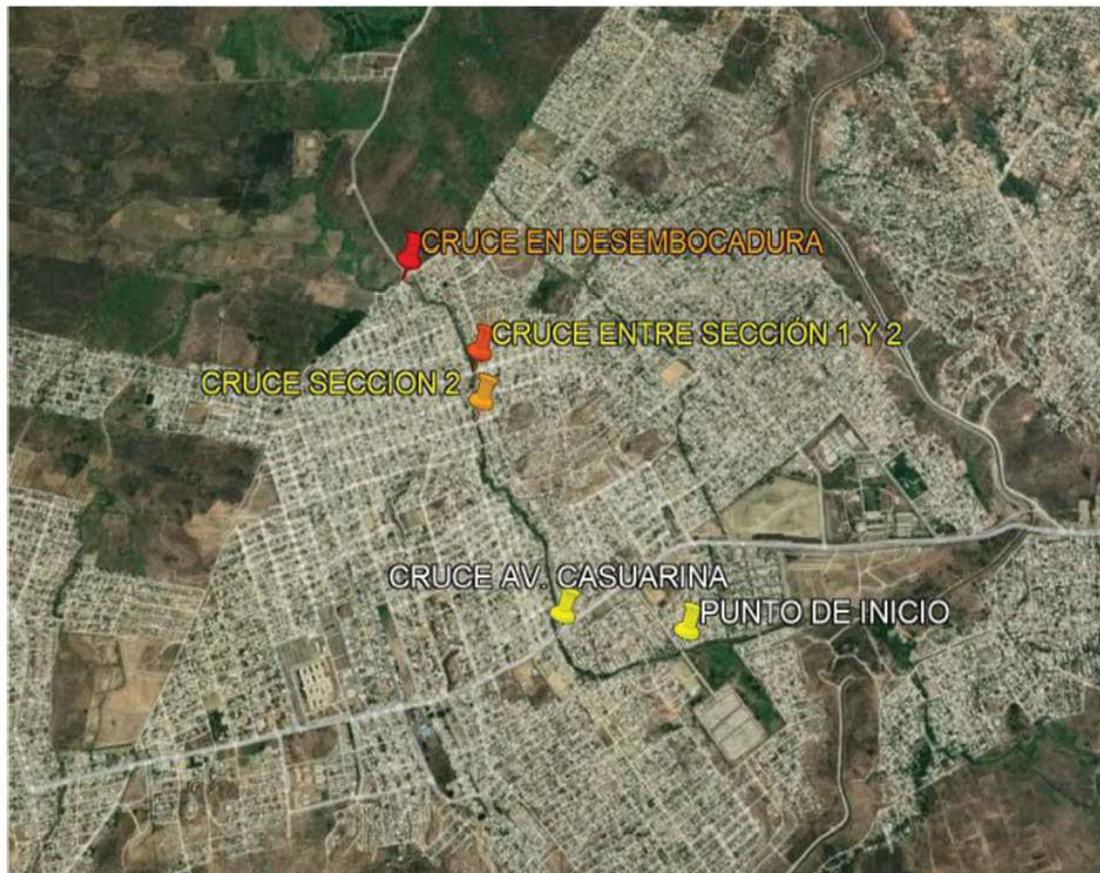
Existe un mal diseño en los cruces de vías tipo puente vehicular, con tuberías con diámetros pequeños y de fácil taponamiento.



Observaciones:

De todos los factores encontrados, el más perjudicial se denota en los cruces de vías, debido a que la afectación es directa al canal de primer orden "El Burro", creando el mayor taponamiento y que justamente se encuentran localizados en la desembocadura del canal de la zona poblada y entre las secciones 2 y 3.

La separación entre tuberías crea una barrera provocando que se tapone con cualquier material de basura o de arrastre, dejando parcial o totalmente inhabilitada la circulación.



CRUCE DESEMBOCADURA



CRUCE ENTRE SECCIÓN 1 Y 2



CRUCE SECCIÓN 2



CRUCE AV. CASUARINA



INVASION TERRITORIAL ALREDEDOR DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
INGRESO



INVASION TERRITORIAL ALREDEDOR DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA LATERAL





..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/4/2022

CALICATA : 1

MUESTRA #	1	2	3	4	5	6
Peso en gr.						
Recipiente No.	Zb	11	----			
Recipiente + Peso húmedo	1062,40	1528,00	----			
Recipiente + Peso seco	962,00	1360,00	----			
Agua	100,40	168,00	----			
Peso del Recipiente	71,20	96,50	----			
Peso Seco	890,80	1263,50	----			
Contenido de Agua	11,27	13,30	----			

MUESTRA No.	----	----	----	----	----	----
Peso en gr.						
Recipiente No.						
Recipiente + Peso húmedo						
Recipiente + Peso seco						
Agua						
Peso del Recipiente						
Peso Seco						
Contenido de Agua						

MUESTRA No.	----	----	----	----	----	----
Peso en gr.						
Recipiente No.						
Recipiente + Peso húmedo						
Recipiente + Peso seco						
Agua						
Peso del Recipiente						
Peso Seco						
Contenido de Agua						

$$W \% = \frac{(\text{recipiente} + \text{peso húmedo}) - (\text{recipiente} + \text{Peso seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso seco}) - (\text{recipiente})} \times 100 = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

Observaciones:

Operador: C.C.

Realizado por: M.C.O

Verificado por:

Ing. Guillermo Espín E.



CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

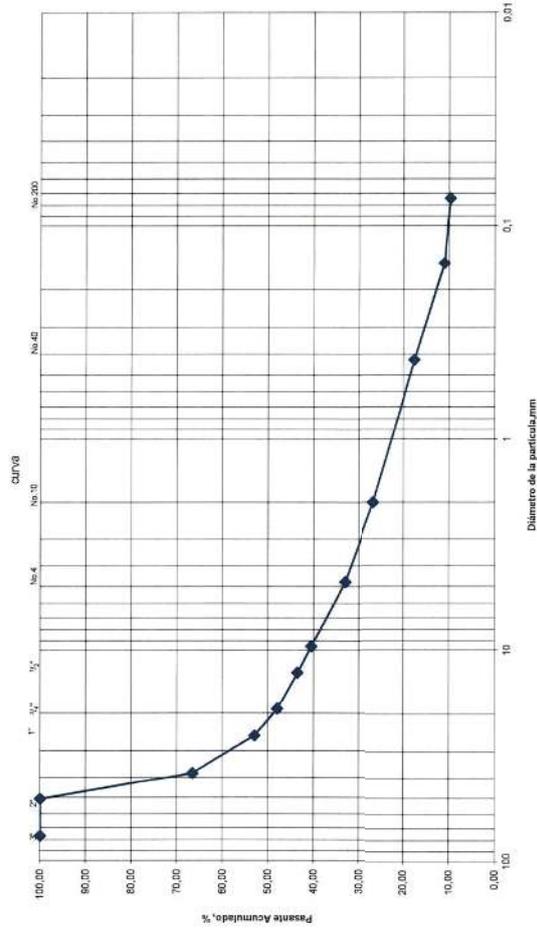
Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
 Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec
 www.consees.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: REHABILITACIÓN DE VÍAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALESMONTE SINAI
 UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas
 CALICATA: 1 MUESTRA: 1
 FECHA: 12/4/2022

TAMICES	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	ESPECIFICACIONES
3"	0,30	0,00	0,00	100,00	
2"	0,30	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	297,90	33,44	33,44	66,56	
1"	121,40	13,63	47,07	52,93	
3/4"	44,10	4,95	52,02	47,98	
1/2"	39,20	4,40	56,42	43,58	
3/8"	27,30	3,06	59,49	40,51	
1/4"					
No.4	67,10	7,53	67,02	32,98	
No.8					
No.10	56,10	6,30	73,32	26,68	
No.16					
No.20					
No.30					
No.40	80,30	9,01	82,33	17,67	
No.50					
No.80					
No.100	58,60	6,58	88,91	11,09	
No.200	11,90	1,34	90,24	9,76	
FONDO	86,90	9,76	100,00	0,00	
TOTAL	890,80				

CURVA GRANULOMÉTRICA

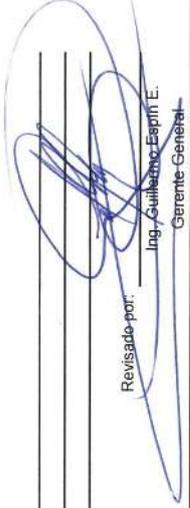


Espino2008

Observaciones:

Operador: C.C

Calculado por: Ing. G.E.E

Revisado por: 
 Ing. Guillermo Espino E.
 Gerente General



CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: REHABILITACIÓN DE VÍAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALESMONTE SINAI

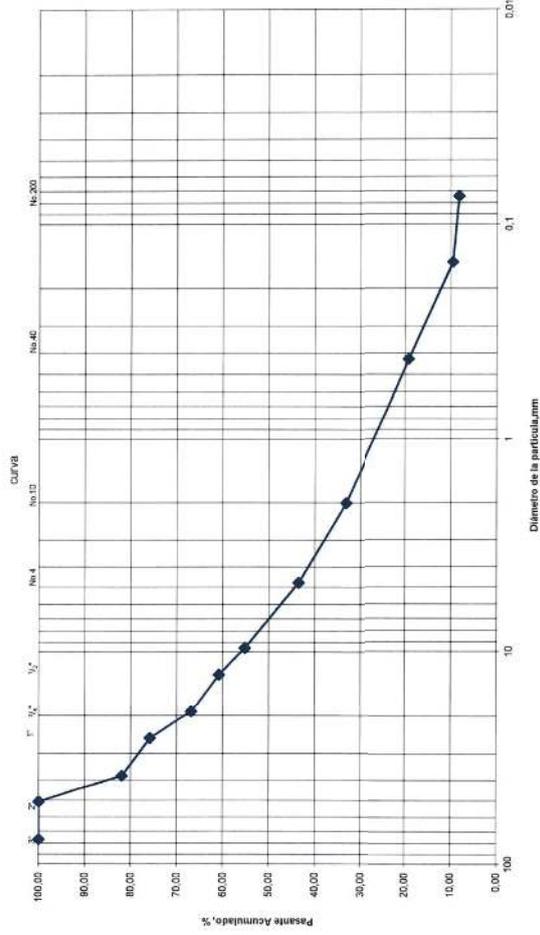
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/4/2022

CALICATA: 1 MUESTRA: 2

TAMICES	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	ESPECIFICACIONES
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	228,40	18,08	18,08	81,92	
44,1	76,60	6,06	24,14	75,86	
3/4"	113,20	8,96	33,10	66,90	
1/2"	76,40	6,05	39,15	60,85	
3/8"	71,40	5,65	44,80	55,20	
1/4"					
No.4	147,20	11,65	56,45	43,55	
No.8					
No.10	13,60	10,42	66,86	33,14	
No.16					
No.20					
No.30					
No.40	176,20	13,95	80,81	19,19	
No.50					
No.80					
No.100	121,00	9,58	90,38	9,62	
No.200	17,50	1,39	91,77	8,23	
FONDO	104,00	8,23	100,00	0,00	
TOTAL	1263,50				

CURVA GRANULOMÉTRICA





..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

PRUEBA PROCTOR

Proyecto: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

Ubicación: Cantón Guayaquil - Provincia Guayas

Calicata: 1

Muestra: 1

Peso del Cilindro = 5220 Kg.

Volúmen del Cilindro =

0,002122

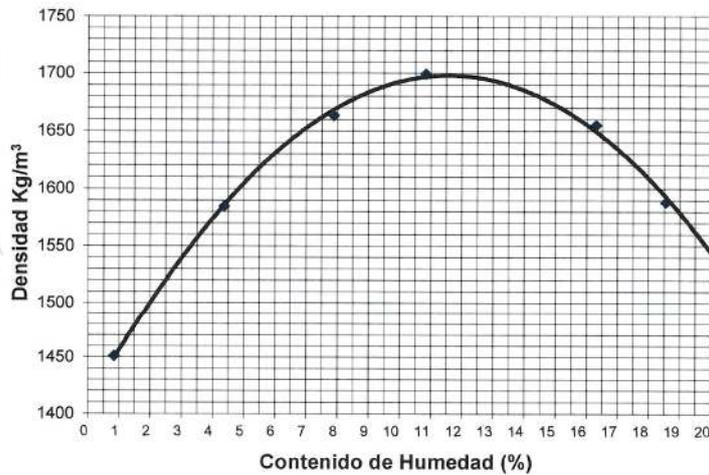
m³

Fecha: 13/4/2022

Número de Golpes por capa = 56

Número de capas = 5

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA	1 + w/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm ³	No.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	gr.	gr.		gr.	Kg/m ³
NAT	4	142,30	141,30	21,50	1,00	119,80	0,83	8325	3105	1,008	3079	1451
150	9	180,30	173,60	20,00	6,70	153,60	4,36	8730	3510	1,044	3363	1585
300	15	164,10	153,60	20,20	10,50	133,40	7,87	9028	3808	1,079	3530	1664
450	19	141,50	129,40	17,70	12,10	111,70	10,83	9217	3997	1,108	3606	1700
600	7	151,60	132,90	18,20	18,70	114,70	16,30	9305	4085	1,163	3512	1655
750	6	148,10	127,70	17,70	20,40	110,00	18,55	9216	3996	1,185	3371	1589



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

0,83

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

11,50 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1698 Kg/m³

OBSERVACIONES:

Muestra No.	PROF.	CLASIFICACION	Gs	Wi	Wo	Ip	% >No.4

Operador: C.C.

PRESIDENTE: Ing. Noemí Espin E.

Verificaco Por: Ing. Guillermo Espin E.



..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

C. B. R.

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 17/4/2022

Calicata: 1 Muestra: 1

Molde No. 1 - 2 - 3

Peso del Molde:

Volumen del Molde:

2316 cm³

No. de Ensayo:	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	4	5		
----------------	-----------	-----------	-----------	---	---	--	--

ANTES DE LA INMERSION

MUESTRA: 1 - Calica	No. Rec.		7	31	49			
	Wh + r =		137,20	151,70	177,20			
	Ws + r =		125,20	137,20	160,80			
	Ww =		12,00	14,50	16,40			
	r =		17,20	16,70	20,70			
	Ws =		108,00	120,50	140,10			
	W % =		11,11	12,03	11,71			
MOLDE + SUELO HUMEDO	P		11925	11876	11968			
MOLDE			7705	7580	7616			
SUELO HUMEDO	W		4220	4296	4352			
SUELO SECO = $\frac{100 w}{100 + w}$	Ws		3798	3835	3896			
CONTENIDO DE AGUA = $\frac{w - ws}{ws} \times 100$	W		11,11	12,03	11,71			
DENSIDAD HUMEDA = W / V	δh		1,822	1,855	1,879			
DENSIDAD SECA = $\frac{\delta h}{1 + w/100}$	δs		1,640	1,656	1,682			

DESPUES DE LA INMERSION

HUMEDAD	No. Rec.		5	38	30			
	Wh + r =		162,50	202,60	188,00			
	Ws + r =		143,80	180,30	169,20			
	Ww =		18,70	22,30	18,80			
	r =		17,70	20,00	18,20			
	Ws =		126,10	160,30	151,00			
	W % =		14,83	13,91	12,45			
MOLDE + SUELO HUMEDO	P		12043	11929	11975			
MOLDE			7705	7580	7616			
SUELO HUMEDO	W		4338	4349	4359			
SUELO SECO = $\frac{100 w}{100 + w}$	Ws		3778	3818	3876			
CONTENIDO DE AGUA = $\frac{w - ws}{ws} \times 100$	W		14,83	13,91	12,45			
DENSIDAD HUMEDA = W / V	δh		1,873	1,878	1,882			
DENSIDAD SECA = $\frac{\delta h}{1 + w/100}$	δs		1,631	1,648	1,674			

HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0,135	0,215	0,364			
24 HORAS		0,150	0,235	0,379			
48 HORAS							
72 HORAS							
% HINCHAMIENTO		0,33	0,44	0,33			

DENSIDAD SECA MAXIMA:
HUMEDAD OPTIMA:
HUMEDAD NATURAL:

OBSERVACIONES:

REALIZADO POR: G.ESPIN E.

VERIFICADO POR:

Ing. Guillermo Espin E.
GERENTE GENERAL



..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

C. B. R. PENETRACION

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTEINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

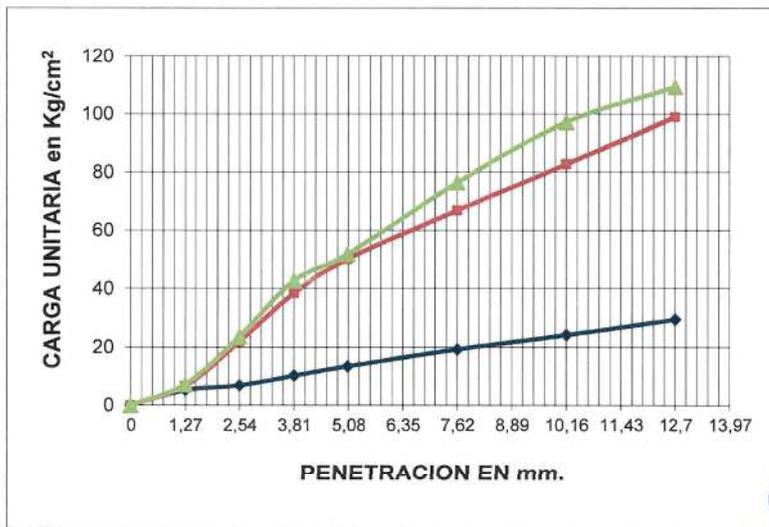
FECHA: 13/4/2022

CALICATA: 1 MUESTRA: 1

Molde No. 1 Peso del molde = 7631 gr. Volúmen del molde (V) = 0.002316 m³

No. De golpes por capa: 12-25-56

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
	CARGA DE PENETRACION en Libras			CARGA DE PENETRACION en Kgs.		
1,27 mm (0.05")	222	287	309	101	130	140
2,54 mm (0.10")	293	944	1014	133	428	460
3,81 mm (0.15")	437	1650	1831	198	748	831
5,06 mm (0.20")	575	2150	2222	261	975	1008
7,62 mm (0.30")	826	2871	3280	375	1302	1488
10,16 mm (0.40")	1033	3549	4168	468	1609	1890
12,70 mm (0.50")	1258	4244	4686	571	1925	2125
	CARGA UNITARIA EN Lbs/pulg ²			CARGA UNITARIA EN Kg/cm ²		
1,27 mm (0.05")	73,87	95,55	102,90	5,17	6,69	7,20
2,54 mm (0.10")	97,83	314,58	338,10	6,85	22,02	23,67
3,81 mm (0.15")	145,75	550,00	610,42	10,20	38,50	42,73
5,06 mm (0.20")	191,76	716,63	740,51	13,42	50,16	51,84
7,62 mm (0.30")	275,48	957,04	1093,31	19,28	66,99	76,53
10,16 mm (0.40")	344,20	1182,84	1389,22	24,09	82,80	97,25
12,70 mm (0.50")	419,32	1414,73	1562,10	29,35	99,03	109,35



C. B. R. = 33,81%
Para: 2.54 mm. De penetración

HINCHAMIENTO = 0,33%

OPERADOR: E.C.

REALIZADO POR: G. ESPIN E.

VERIFICADO POR:

(Signature)
Ing. Guillermo Espin E.
GERENTE GENERAL

OBSERVACIONES:



..CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar #12
Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec
www.consees.com

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

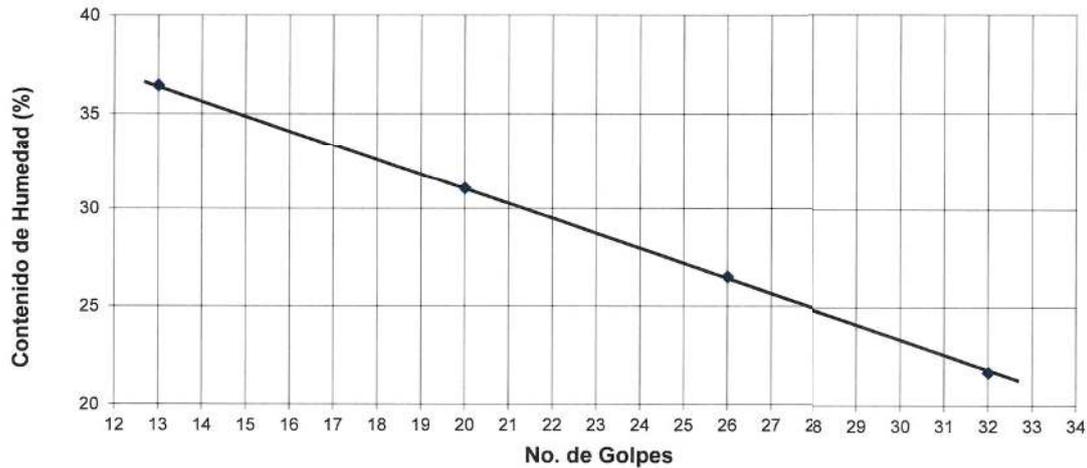
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

CALICATA: 1 MUESTRA : 1

FECHA: 12/04/2022

LIMITE LIQUIDO

PASO No.	1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE No.	4	18	109	32	----	----
Peso en Grs.	REC.+ P.HUM.	24,70	25,30	25,90	24,60	
	REC.+ P.SECO	21,20	22,03	22,82	22,30	
	P. AGUA Ww.	3,50	3,27	3,08	2,30	
	P.REC.	11,60	11,50	11,20	11,70	
	P. SECO	9,60	10,53	11,62	10,60	
CONT. HUMEDAD	36,46	31,05	26,51	21,70		
NUMERO DE GOLPES	13	20	26	32		



LIMITE PLASTICO

PASO No.	1	2	3	4	5	
RECIPIENTE No.	10	22	79	----	----	WL=27
Peso en grs.	REC.+ P.HUM.	14,30	14,40	14,20		WP= 19
	REC.+ P.SECO	13,10	13,10	13,00		IP= 8
	P. AGUA Ww.	1,20	1,30	1,20		
	P.REC.	6,50	6,20	6,60		
	P. SECO	6,60	6,90	6,40		
CONT. HUMEDAD	18,18	18,84	18,75			Simbolo de la carta de Plasticidad
LIMITE PLASTICO		18,59				

Observaciones:

OPERADOR POR: F.G.

REALIZADO POR: J.M.T

VERIFICADO POR:

Ing. Guillermo Espín E.



..CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec
www.consees.com

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

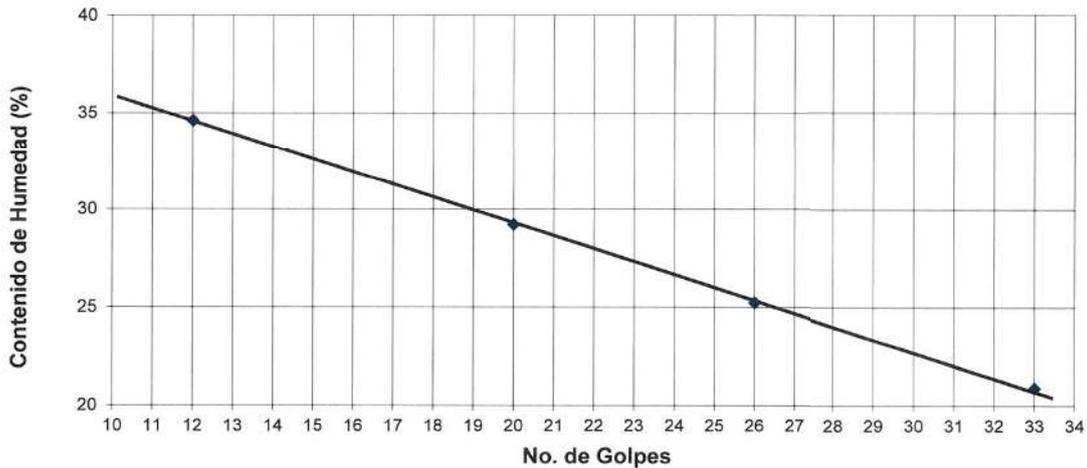
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

CALICATA: 1 **MUESTRA :** 2

FECHA: 12/04/2022

LIMITE LIQUIDO

PASO No.	1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE No.	98	30	81	49	----	----
Peso en Grs.	REC.+ P.HUM.	25,80	26,20	24,60	25,50	
	REC.+ P.SECCO	22,20	22,90	22,00	23,20	
	P. AGUA Ww.	3,60	3,30	2,60	2,30	
	P.REC.	11,80	11,60	11,70	12,20	
	P. SECCO	10,40	11,30	10,30	11,00	
CONT. HUMEDAD	34,62	29,20	25,24	20,91		
NUMERO DE GOLPES	12	20	26	33		



LIMITE PLASTICO

PASO No.	1	2	3	4	5
RECIPIENTE No.	70	4	43	----	----
Peso en grs.	REC.+ P.HUM.	14,00	14,00	13,70	
	REC.+ P.SECCO	12,90	13,10	12,60	
	P. AGUA Ww.	1,10	0,90	1,10	
	P.REC.	6,50	8,00	6,80	
	P. SECCO	6,40	5,10	5,80	
CONT. HUMEDAD	17,19	17,65	18,97		
LIMITE PLASTICO		17,93			

WL=26
WP= 18
IP= 8
Simbolo de la carta de Plasticidad

Observaciones:

OPERADOR POR: F.G.

REALIZADO POR: J.M.T

VERIFICADO POR:

Ing. Guillermo Espín E.



CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Parraiso – Calle 28 de Mayo Solar # 12
 Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec
 www.consees.com

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES
 FECHA: 12/04/2022

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

CALICATA: 2

MUESTRA	PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION VISUAL	ESTRATIGRAFIA	S.U.C.S.	W _n	ANALISIS GRANULOMETRICO			PROCTOR		C.B.R.	LIMITES DE ATTERBERG			CONTENIDO DE HUMEDAD		
							No. 4	No. 40	No. 200	W _{opt}	δS _{max}		W _L	W _P	I _P	W _n (%)	W _p (%)	I _p (%)
1	0,00 - 1,00	0,00	Grava arenosa café oscura	0000000000	GP-SC	12,87	43,13	28,62	23,08	12	1686	34	29	17	12	15	28	15
2	1,00 - 1,80	-1,80	Grava arenosa café	0000000000	GP-SC	15,69	27,07	11,62	2,70	---	---	---	34	20	14	15	28	15

Observaciones:

Verificado por:
 Ing. Guillermo Espin E.
 GERENTE GENERAL

Realizado por: A.M.M.



..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/4/2022

CALICATA : 2

MUESTRA #		1	2	3	4	5	6
Peso en gr.	Recipiente No.	X1	5	----			
	Recipiente + Peso húmedo	1642,10	1891,60	----			
	Recipiente + Peso seco	1466,80	1653,00	----			
	Agua	175,30	238,60	----			
	Peso del Recipiente	104,80	132,00	----			
	Peso Seco	1362,00	1521,00	----			
Contenido de Agua		12,87	15,69	----			

MUESTRA No.		----	----	----	----	----	----
Peso en gr.	Recipiente No.						
	Recipiente + Peso húmedo						
	Recipiente + Peso seco						
	Agua						
	Peso del Recipiente						
	Peso Seco						
Contenido de Agua							

MUESTRA No.		----	----	----	----	----	----
Peso en gr.	Recipiente No.						
	Recipiente + Peso húmedo						
	Recipiente + Peso seco						
	Agua						
	Peso del Recipiente						
	Peso Seco						
Contenido de Agua							

$$W \% = \frac{(\text{recipiente} + \text{peso húmedo}) - (\text{recipiente} + \text{Peso seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso seco}) - (\text{recipiente})} \times 100 = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

Observaciones:

Operador: C.C.

Realizado por: A.M.M

Verificado por:

Ing. Guillermo Espín E.



CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
 Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec
 www.consees.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTEINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

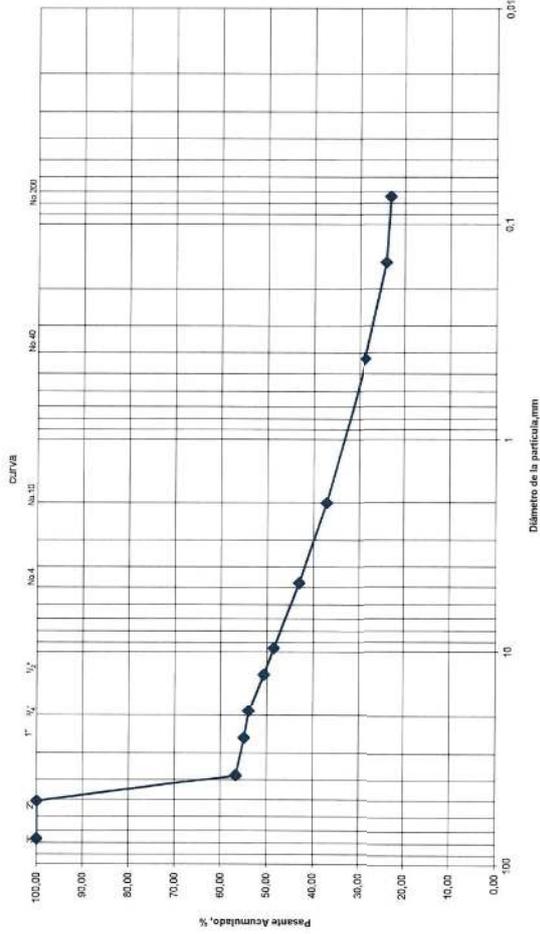
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/4/2022

CALICATA: 2 MUESTRA: 1

TAMICES	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	ESPECIFICACIONES
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	589,50	43,28	43,28	56,72	
1"	23,70	1,74	45,02	54,98	
3/4"	13,40	0,98	46,01	53,99	
1/2"	44,60	3,27	49,28	50,72	
3/8"	29,10	2,14	51,42	48,58	
1/4"					
No.4	74,30	5,46	56,87	43,13	
No.8					
No.10	80,50	5,91	62,78	37,22	
No.16					
No.20					
No.30					
No.40	117,10	8,60	71,38	28,62	
No.50					
No.60					
No.100	62,50	4,59	75,97	24,03	
No.200	13,00	0,95	76,92	23,08	
FONDO	314,30	23,08	100,00	0,00	
TOTAL	1362,00				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Espin2006

Observaciones:

Operador: C.C

Calculado por: Ing. G.E.E

Revisado por:
 Ing. Guillermo Espin E.
 Gerente General



CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
 Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec
 www.consees.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

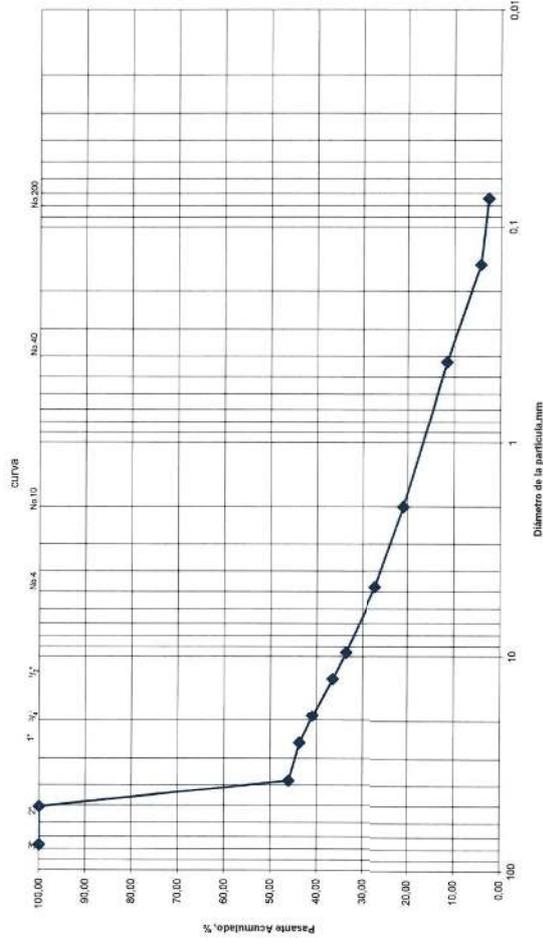
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/4/2022

CALICATA: 2 MUESTRA: 2

TAMICES	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulad	% Pasante Acumulado	ESPECIFICACIONES
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	820,40	53,94	53,94	46,06	
44,1	35,80	2,35	56,29	43,71	
3/4"	42,00	2,76	59,05	40,95	
1/2"	66,60	4,38	63,43	36,57	
3/8"	44,90	2,95	66,38	33,62	
1/4"		0,00			
No.4	99,60	6,55	72,93	27,07	
No.8					
No.10	93,20	6,13	79,06	20,94	
No.16					
No.20					
No.30					
No.40	141,70	9,32	88,38	11,62	
No.50					
No.80					
No.100	111,20	7,31	95,69	4,31	
No.200	24,60	1,62	97,30	2,70	
FONDO	41,00	2,70	100,00	0,00	
TOTAL	1521,00				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

Operador: C.C

Calculado por: Ing. G.E.E

Revisado por:
 Ing. Guillermo Espin E.
 Gerente General



CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

PRUEBA PROCTOR

Proyecto: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

Ubicación: Cantón Guayaquil - Provincia Guayas

Calicata: 2

Muestra: 1

Peso del Cilindro = 5220 Kg.

Volúmen del Cilindro =

0,002122

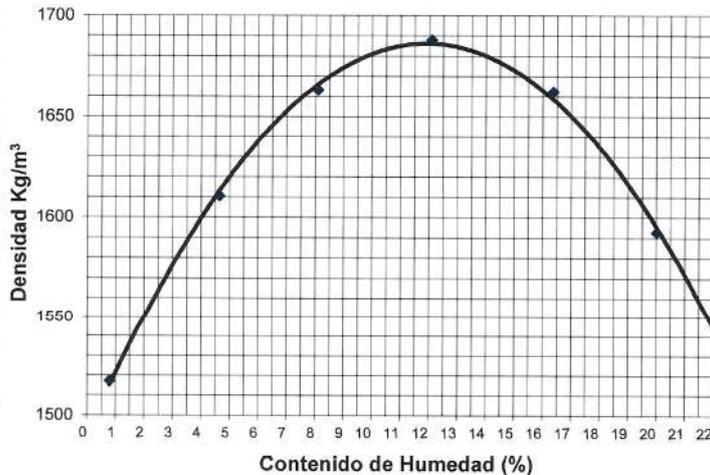
m³

Fecha: 13/4/2022

Número de Golpes por capa = 56

Número de capas = 5

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA	1 + w/100	PESO TIERRA SECA	DENSIDAD SECA
cm ³	No.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	gr.	gr.		gr.	Kg/m ³
NAT	1	149,80	148,80	21,50	1,00	127,30	0,79	8465	3245	1,008	3220	1517
150	3	171,40	164,70	20,00	6,70	144,70	4,63	8796	3576	1,046	3418	1611
300	9	160,60	150,10	20,20	10,50	129,90	8,08	9035	3815	1,081	3530	1663
450	11	129,90	117,80	17,70	12,10	100,10	12,09	9235	4015	1,121	3582	1688
600	17	151,20	132,50	18,20	18,70	114,30	16,36	9325	4105	1,164	3528	1663
750	21	140,10	119,70	17,70	20,40	102,00	20,00	9276	4056	1,200	3380	1593



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD
0,79

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD
11,90 %

DENSIDAD SECA MAXIMA
1686 Kg/m³

OBSERVACIONES:

Muestra No.	PROF.	CLASIFICACION	Gs	Wi	Wo	Ip	% >No.4

Operador: C.C.

PRESIDENTE: Ing. Noemí Espin E.

Verificaco Por: Ing. Guillermo Espin E.



..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cdla. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

C. B. R. PENETRACION

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

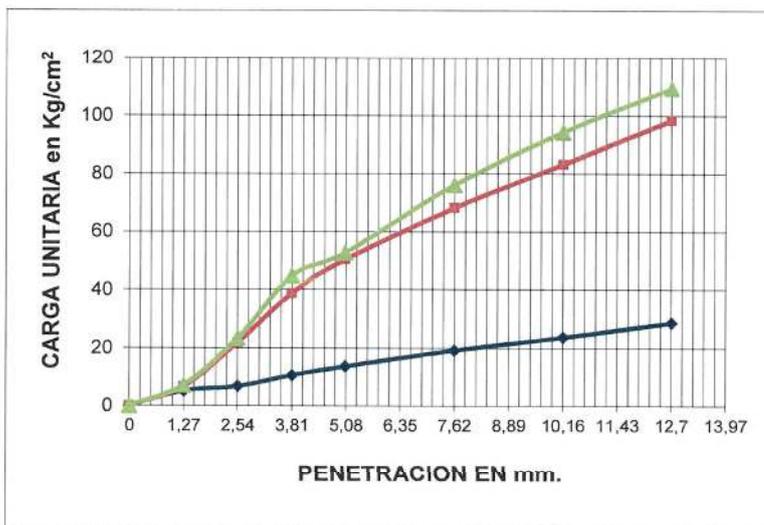
FECHA: 13/4/2022

CALICATA: 2 MUESTRA: 1

Molde No. 1 Peso del molde = 7631 gr. Volúmen del molde (V) = 0.002316 m³

No. De golpes por capa: 12-25-56

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
	CARGA DE PENETRACION en Libras			CARGA DE PENETRACION en Kgs.		
1,27 mm (0.05")	221	286	308	100	130	140
2,54 mm (0.10")	290	944	1008	132	428	457
3,81 mm (0.15")	454	1663	1917	206	754	869
5,06 mm (0.20")	586	2159	2260	266	979	1025
7,62 mm (0.30")	824	2923	3263	374	1326	1480
10,16 mm (0.40")	1017	3574	4048	461	1621	1836
12,70 mm (0.50")	1233	4224	4694	559	1916	2129
	CARGA UNITARIA EN Lbs/pulg ²			CARGA UNITARIA EN Kg/cm ²		
1,27 mm (0.05")	73,72	95,18	102,68	5,16	6,66	7,19
2,54 mm (0.10")	96,65	314,65	335,90	6,77	22,03	23,51
3,81 mm (0.15")	151,19	554,34	638,94	10,58	38,80	44,73
5,06 mm (0.20")	195,36	719,79	753,45	13,68	50,38	52,74
7,62 mm (0.30")	274,82	974,24	1087,80	19,24	68,20	76,15
10,16 mm (0.40")	339,06	1191,44	1349,39	23,73	83,40	94,46
12,70 mm (0.50")	411,09	1408,11	1564,82	28,78	98,57	109,54



C.B.R. = 33,59%
Para: 2.54 mm. De penetración

HINCHAMIENTO = 0,11%

OPERADOR: E.C.

REALIZADO POR: G. ESPIN E.

VERIFICADO POR:

(Handwritten signature)
Ing. Guillermo Espín E.
GERENTE GENERAL

OBSERVACIONES:



..CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
 Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec
 www.consees.com

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES SINAI

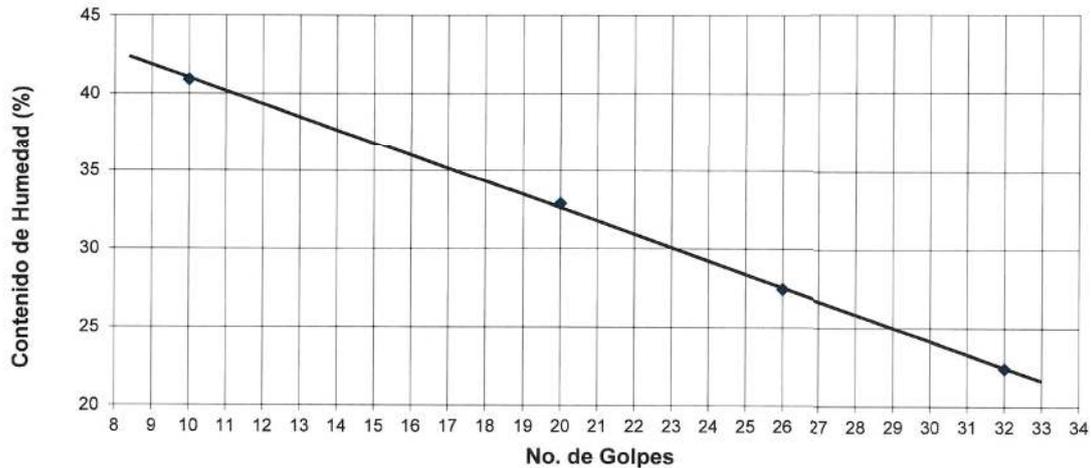
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

CALICATA: 2 **MUESTRA :** 1

FECHA: 12/04/2022

LIMITE LIQUIDO

PASO No.	1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE No.	80	113	17	14	----	----
Peso en Grs.	REC.+ P.HUM.	24,20	24,80	24,30	24,60	
	REC.+ P.SECO	20,60	21,56	21,50	22,20	
	P. AGUA Ww.	3,60	3,24	2,80	2,40	
	P.REC.	11,80	11,70	11,30	11,50	
	P. SECO	8,80	9,86	10,20	10,70	
CONT. HUMEDAD	40,91	32,86	27,45	22,43		
NUMERO DE GOLPES	10	20	26	32		



LIMITE PLASTICO

PASO No.	1	2	3	4	5	
RECIPIENTE No.	83	46	71	----	----	WL=29
Peso en grs.	REC.+ P.HUM.	14,40	14,20	14,50		
	REC.+ P.SECO	13,30	13,10	13,60		
	P. AGUA Ww.	1,10	1,10	0,90		
	P.REC.	6,80	6,60	8,00		
	P. SECO	6,50	6,50	5,60		
CONT. HUMEDAD	16,92	16,92	16,07			WP= 17
LIMITE PLASTICO		16,64				IP= 12

Simbolo de la carta de Plasticidad

Observaciones:

OPERADOR POR: F.G.

REALIZADO POR: J.M.T

VERIFICADO POR:

Ing. Guillermo Espin E.



CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

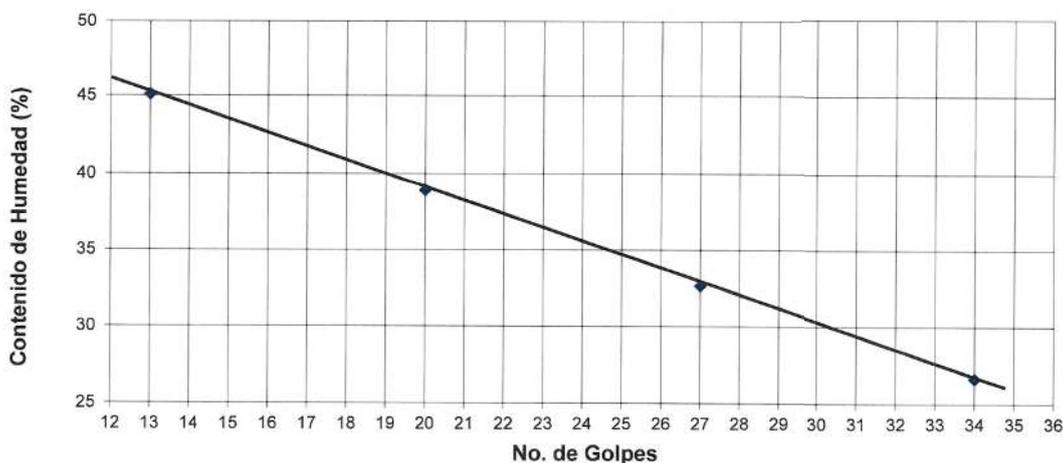
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

CALICATA: 2 MUESTRA: 2

FECHA: 12/04/2022

LIMITE LIQUIDO

PASO No.	1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE No.	25	15	16	1	----	----
Peso en Grs.	REC.+ P.HUM.	26,00	25,30	26,50	24,90	
	REC.+ P.SECO	21,40	21,52	22,76	22,10	
	P. AGUA Ww.	4,60	3,78	3,74	2,80	
	P.REC.	11,20	11,80	11,30	11,60	
	P. SECO	10,20	9,72	11,46	10,50	
CONT. HUMEDAD	45,10	38,89	32,64	26,67		
NUMERO DE GOLPES	13	20	27	34		



LIMITE PLASTICO

PASO No.	1	2	3	4	5	
RECIPIENTE No.	62	58	55	----	----	
Peso en Grs.	REC.+ P.HUM.	13,80	14,20	13,70		WL=34
	REC.+ P.SECO	12,60	13,20	12,70		WP= 20
	P. AGUA Ww.	1,20	1,00	1,00		IP= 14
	P.REC.	6,60	8,00	7,70		Símbolo de la carta de Plasticidad
	P. SECO	6,00	5,20	5,00		
CONT. HUMEDAD	20,00	19,23	20,00			
LIMITE PLASTICO		19,74				

Observaciones:

OPERADOR POR: F.G.

REALIZADO POR: J.M.T

VERIFICADO POR:

Ing. Guillermo Espín E.



CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

FECHA: 17/04/2022

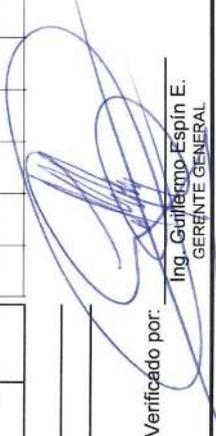
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

CALICATA: 3

MUESTRA	ESTRATIGRAFIA	PROFUNDIDAD	DESCRIPCION VISUAL	ESTRATIGRAFIA	S.C.S.	W _n	ANALISIS GRANULOMETRICO			PROCTOR		C.B.R.	LIMITES DE ATTERBERG			CONTENIDO DE HUMEDAD		
							No. 4	No. 40	No. 200	W _{ppt}	δS _{max}		W _L	W _P	I _p	W _n (%)	W _p (%)	I _p (%)
1	m.	0,00 - 1,00	Grava arenosa oscura	0000000000	SC-GP	12,73	43,30	12,30	2,73	2	1733	27	18	9	12	18	6	
2	m.	1,00 - 1,80	Arena con grava café clara	0000000000	GP-SC	15,03	68,19	31,11	15,22	---	---	24	17	7	12	17	5	

Observaciones:

Realizado por: A.M.M.

Verificado por: 
Ing. Guillermo Espin E.
GERENTE GENERAL



..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/4/2022

CALICATA : 3

MUESTRA #		1	2	3	4	5	6
Peso en gr.	Recipiente No.	J	3	----			
	Recipiente + Peso húmedo	1639,10	1574,30	----			
	Recipiente + Peso seco	1468,20	1380,80	----			
	Agua	170,90	193,50	----			
	Peso del Recipiente	126,10	93,80	----			
	Peso Seco	1342,10	1287,00	----			
Contenido de Agua		12,73	15,03	----			

MUESTRA No.		----	----	----	----	----	----
Peso en gr.	Recipiente No.						
	Recipiente + Peso húmedo						
	Recipiente + Peso seco						
	Agua						
	Peso del Recipiente						
	Peso Seco						
Contenido de Agua							

MUESTRA No.		----	----	----	----	----	----
Peso en gr.	Recipiente No.						
	Recipiente + Peso húmedo						
	Recipiente + Peso seco						
	Agua						
	Peso del Recipiente						
	Peso Seco						
Contenido de Agua							

$$W \% = \frac{(\text{recipiente} + \text{peso húmedo}) - (\text{recipiente} + \text{Peso seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso seco}) - (\text{recipiente})} \times 100 = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

Observaciones:

Operador: C.C.

Realizado por: A.M.M

Verificado por:

Ing. Guillermo Espin E.



CONSEES CIA. LTDA.
CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
 Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec
 www.consees.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

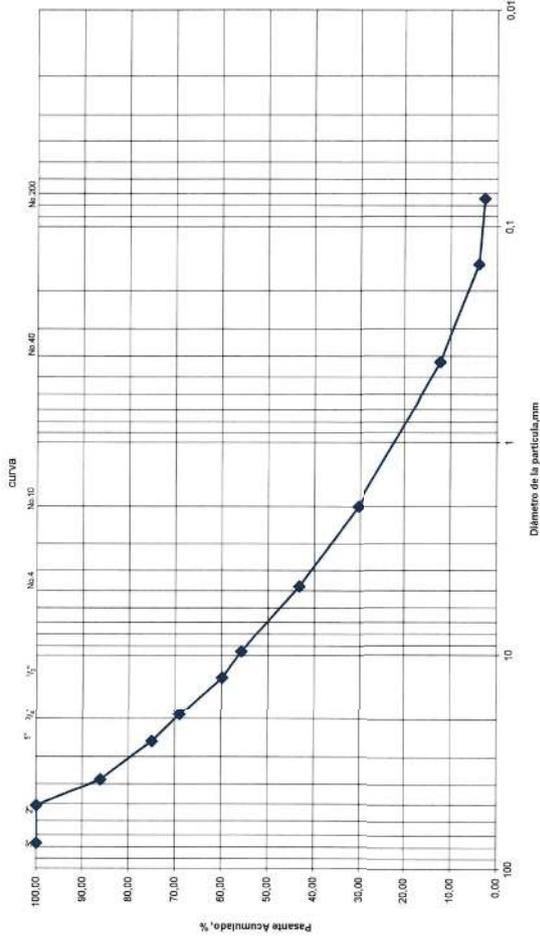
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/14/2022

CALICATA: 3 MUESTRA: 1

TAMICES	Peso Parcial	% Retenido	% Pasante Acumulado	ESPECIFICACIONES
3"	0.00	0.00	100.00	
2"	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	186.30	13.88	86.12	
1"	149.30	11.12	74.99	
3/4"	80.30	5.98	69.01	
1/2"	12.00	9.02	60.00	
3/8"	56.30	4.19	55.80	
1/4"				
No.4	167.80	12.50	43.30	
No.8				
No.10	173.30	12.91	30.39	
No.16				
No.20				
No.30				
No.40	242.70	18.08	12.30	
No.50				
No.80				
No.100	111.80	8.33	3.97	
No.200	16.60	1.24	2.73	
FONDO	36.70	2.73	0.00	
TOTAL	1342.10			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

Espin2002

Operador: C.C

Calculado por: Ing. G.E.E

Revisado por:
 Ing. Guillermo Espin E.
 Gerente General



CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

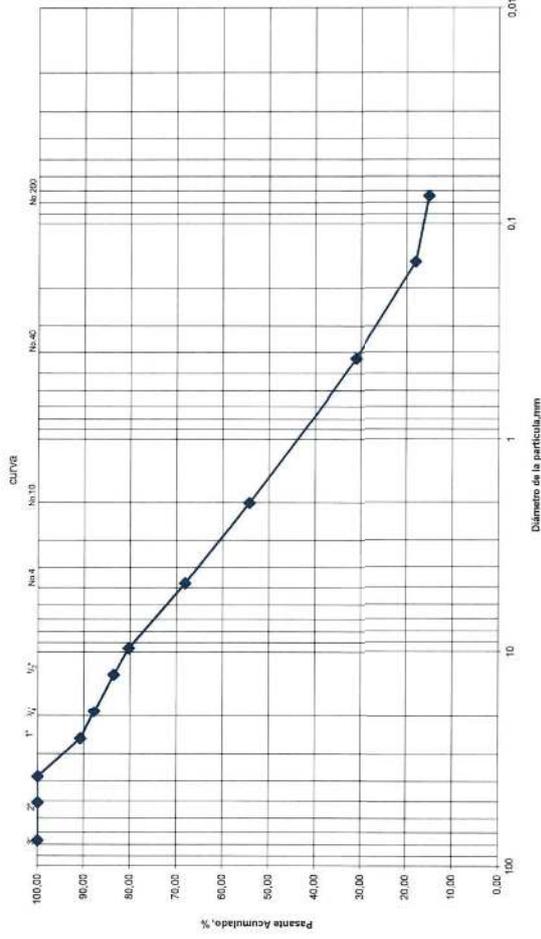
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 12/4/2022

CALICATA: 3 MUESTRA: 2

TAMICES	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	ESPECIFICACIONES
3"	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	
44,1	119,00	9,25	9,25	90,75	
3/4"	37,30	2,90	12,14	87,86	
1/2"	54,80	4,26	16,40	83,60	
3/8"	42,30	3,28	19,69	80,31	
1/4"					
No.4	156,00	12,12	31,81	68,19	
No.8					
No.10	178,20	13,92	45,73	54,27	
No.16					
No.20					
No.30					
No.40	298,00	23,15	68,89	31,11	
No.50					
No.80					
No.100	167,90	13,05	81,93	18,07	
No.200	36,60	2,84	84,78	15,22	
FONDO	195,90	15,22	100,00	0,00	
TOTAL	1287,00				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

Operador: C.C

Calculado por: Ing. G.E.E

Revisado por:
Ing. Gyffelio Espino E.
Gerente General



CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

PRUEBA PROCTOR

Proyecto: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

Ubicación: Cantón Guayaquil - Provincia Guayas

Calicata: 3

Muestra: 1

Peso del Cilindro = 5220 Kg.

Volúmen del Cilindro =

0,002122

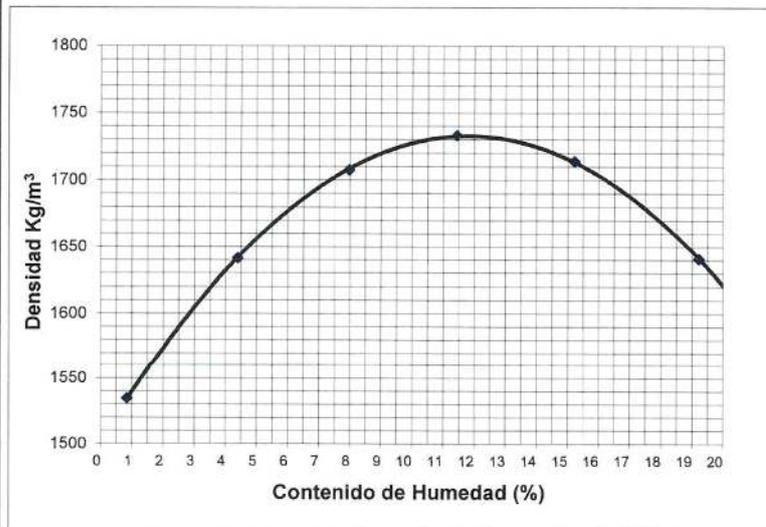
m³

Fecha: 13/4/2022

Número de Golpes por capa = 56

Número de capas = 5

CANTIDAD DE AGUA cm ³	RECIPIENTE No.	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE gr.	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE gr.	PESO DE RECIPIENTE gr.	PESO DE AGUA gr.	PESO SECO gr.	W %	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO gr.	PESO TIERRA HUMEDA gr.	1 + w/100	PESO TIERRA SECA gr.	DENSIDAD SECA Kg/m ³
NAT	8	141,70	140,70	21,50	1,00	119,20	0,84	8504	3284	1,008	3257	1535
150	38	179,50	172,80	20,00	6,70	152,80	4,38	8856	3636	1,044	3483	1642
300	40	162,60	152,10	20,20	10,50	131,90	7,96	9132	3912	1,080	3624	1708
450	5	135,70	123,60	17,70	12,10	105,90	11,43	9318	4098	1,114	3678	1733
600	30	159,90	141,20	18,20	18,70	123,00	15,20	9410	4190	1,152	3637	1714
720	4	144,30	123,90	17,70	20,40	106,20	19,21	9371	4151	1,192	3482	1641



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

0,84

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

11,78 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1733 Kg/m³

OBSERVACIONES:

Muestra No.	PROF.	CLASIFICACION	Gs	Wi	Wo	Ip	% >No.4

Operador: C.C.

PRESIDENTE: Ing. Noemí Espin E.

Verificado Por: Ing. Guillermo Espin E.



CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12
Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

C. B. R.

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

FECHA: 13/4/2022

Calicata: 3 Muestra: 1

Molde No. 1 - 2 - 3

Peso del Molde:

Volumen del Molde:

2316 cm³

No. de Ensayo:	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	4	5		
----------------	-----------	-----------	-----------	---	---	--	--

ANTES DE LA INMERSION

MUESTRA: 1 - Calica	No. Rec.	XY	F	43			
	Wh + r =	171,80	192,00	146,80			
	Ws + r =	156,50	174,60	133,90			
	Ww =	15,30	17,40	12,90			
	r =	20,60	21,40	19,60			
	Ws =	135,90	153,20	114,30			
	W % =	11,26	11,36	11,29			
MOLDE + SUELO HUMEDO	P	11471	12054	12236			
MOLDE		7108	7650	7803			
SUELO HUMEDO	W	4363	4404	4433			
SUELO SECO = $\frac{100 w}{100 + w}$	Ws	3922	3955	3983			
CONTENIDO DE AGUA = $\frac{w - ws}{ws} \times 100$	W	11,26	11,36	11,29			
DENSIDAD HUMEDA = W / V	δh	1,884	1,902	1,914			
DENSIDAD SECA = $\frac{\delta h}{1 + w/100}$	δs	1,693	1,708	1,720			

DESPUES DE LA INMERSION

HUMEDAD	No. Rec.	Y	8	20			
	Wh + r =	160,90	162,90	173,90			
	Ws + r =	144,40	147,10	156,90			
	Ww =	16,50	15,80	17,00			
	r =	17,70	21,50	20,40			
	Ws =	126,70	125,60	136,50			
	W % =	13,02	12,58	12,45			
MOLDE + SUELO HUMEDO	P	11431	12083	12260			
MOLDE		7108	7650	7803			
SUELO HUMEDO	W	4323	4433	4457			
SUELO SECO = $\frac{100 w}{100 + w}$	Ws	3825	3938	3963			
CONTENIDO DE AGUA = $\frac{w - ws}{ws} \times 100$	W	13,02	12,58	12,45			
DENSIDAD HUMEDA = W / V	δh	1,867	1,914	1,924			
DENSIDAD SECA = $\frac{\delta h}{1 + w/100}$	δs	1,652	1,700	1,711			

HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL	0,300	0,033	0,120			
24 HORAS	0,310	0,045	0,130			
48 HORAS						
72 HORAS						
% HINCHAMIENTO	0,22	0,27	0,22			

DENSIDAD SECA MAXIMA:

HUMEDAD OPTIMA:

HUMEDAD NATURAL:

OBSERVACIONES:

REALIZADO POR: G. ESPIN E.

VERIFICADO POR:

Ing. Guillermo Espin E.
GERENTE GENERAL



..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar #12

Teléfono: 0593-04-4622018 – e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

C. B. R. PENETRACION

PROYECTO: REHABILITACION DE VIAS CON RAP ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICO EN LAS COOP. MONTELINDO, GUAYACANES Y MONTE SINAI - PARROQUIA PASCUALES

UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

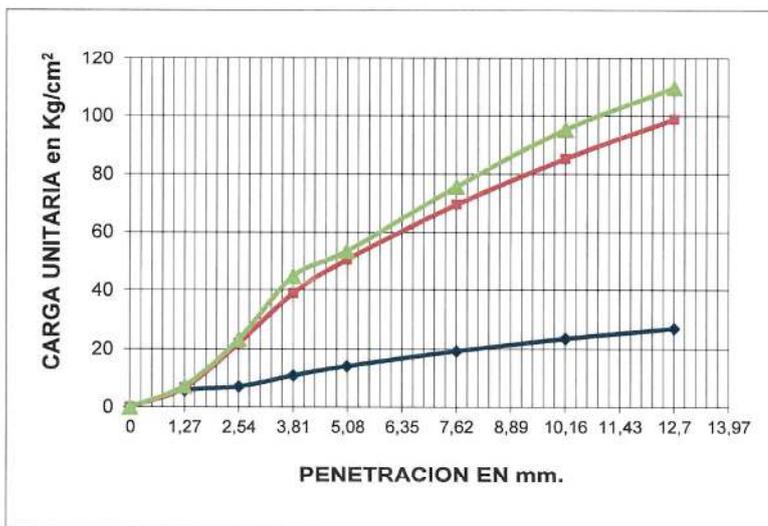
FECHA: 13/4/2022

CALICATA: 3 MUESTRA: 1

Molde No. 1 Peso del molde = 7631 gr. Volúmen del molde (V) = 0.002316 m³

No. De golpes por capa: 12-25-56

NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
	CARGA DE PENETRACION en Libras			CARGA DE PENETRACION en Kgs.		
1,27 mm (0.05")	243	286	313	110	130	142
2,54 mm (0.10")	302	947	1003	137	429	455
3,81 mm (0.15")	465	1675	1923	211	760	872
5,06 mm (0.20")	603	2165	2292	274	982	1039
7,62 mm (0.30")	828	2984	3249	376	1353	1474
10,16 mm (0.40")	1011	3660	4086	458	1660	1853
12,70 mm (0.50")	1159	4240	4709	526	1923	2136
	CARGA UNITARIA EN Lbs/pulg ²			CARGA UNITARIA EN Kg/cm ²		
1,27 mm (0.05")	81,14	95,18	104,44	5,68	6,66	7,31
2,54 mm (0.10")	100,62	315,54	334,35	7,04	22,09	23,40
3,81 mm (0.15")	155,01	558,23	641,07	10,85	39,08	44,87
5,06 mm (0.20")	201,02	721,70	763,96	14,07	50,52	53,48
7,62 mm (0.30")	275,99	994,60	1083,02	19,32	69,62	75,81
10,16 mm (0.40")	336,85	1220,03	1361,96	23,58	85,40	95,34
12,70 mm (0.50")	386,24	1413,48	1569,59	27,04	98,94	109,87



C. B. R. = 33,44%
Para: 2.54 mm. De penetración

HINCHAMIENTO = 0,22%

OPERADOR: E.C.

REALIZADO POR: G. ESPIN E.

VERIFICADO POR:

(Signature)
Ing. Guillermo Espin E.
GERENTE GENERAL

OBSERVACIONES:



..CONSEES CIA. LTDA.

CONSULTORES ESPIN ESPARZA

Dirección: Cda. El Paraíso - Calle 28 de Mayo Solar # 12

Teléfono: 0593-04-4622018 - e-mail: contacto@consees.com.ec

www.consees.com

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO: MONTE SINAI

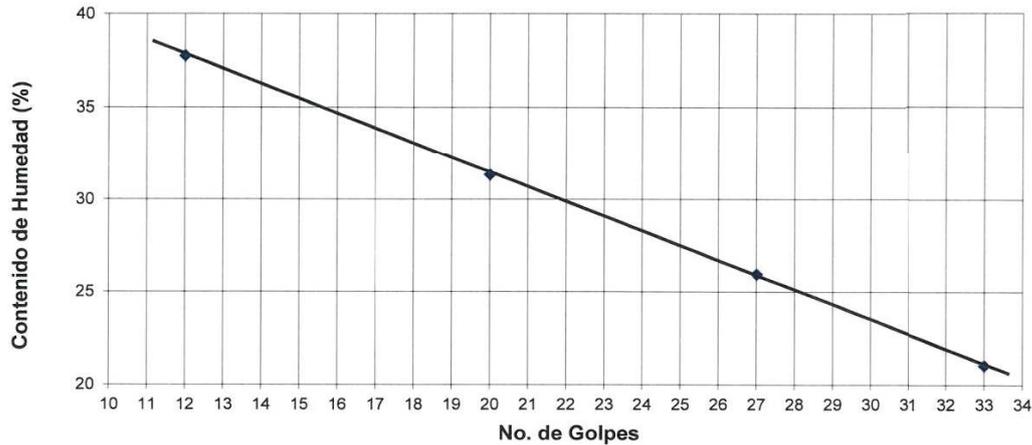
UBICACIÓN: Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas

CALICATA: 3 MUESTRA : 1

FECHA: 11/04/2022

LIMITE LIQUIDO

PASO No.	1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE No.	59	46	107	29	----	----
Peso en Grs.	REC.+ P.HUM.	25,70	24,80	24,60	25,60	
	REC.+ P.SECO	22,00	21,65	21,92	23,20	
	P. AGUA Ww.	3,70	3,15	2,68	2,40	
	P.REC.	12,20	11,60	11,60	11,80	
	P. SECO	9,80	10,05	10,32	11,40	
CONT. HUMEDAD	37,76	31,34	25,97	21,05		
NUMERO DE GOLPES	12	20	27	33		



LIMITE PLASTICO

PASO No.	1	2	3	4	5	
RECIPIENTE No.	78	34	64	----	----	WL=27
Peso en grs.	REC.+ P.HUM.	14,50	14,40	14,20		WP= 18
	REC.+ P.SECO	13,30	13,20	13,10		IP= 9
	P. AGUA Ww.	1,20	1,20	1,10		Símbolo de la carta de Plasticidad
	P.REC.	6,60	6,50	6,80		
	P. SECO	6,70	6,70	6,30		
CONT. HUMEDAD	17,91	17,91	17,46			
LIMITE PLASTICO		17,76				

Observaciones:

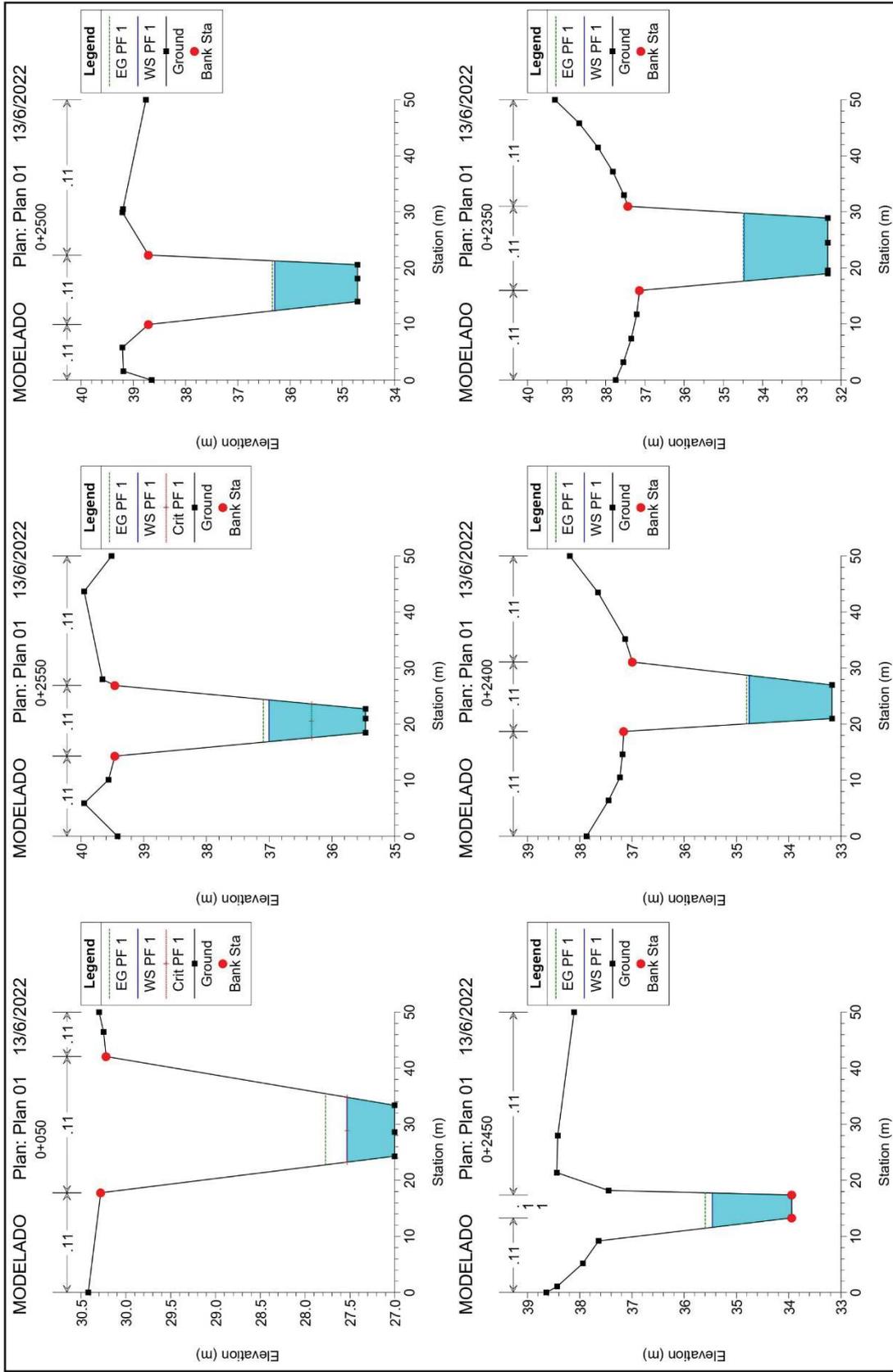
OPERADOR POR: F.G.

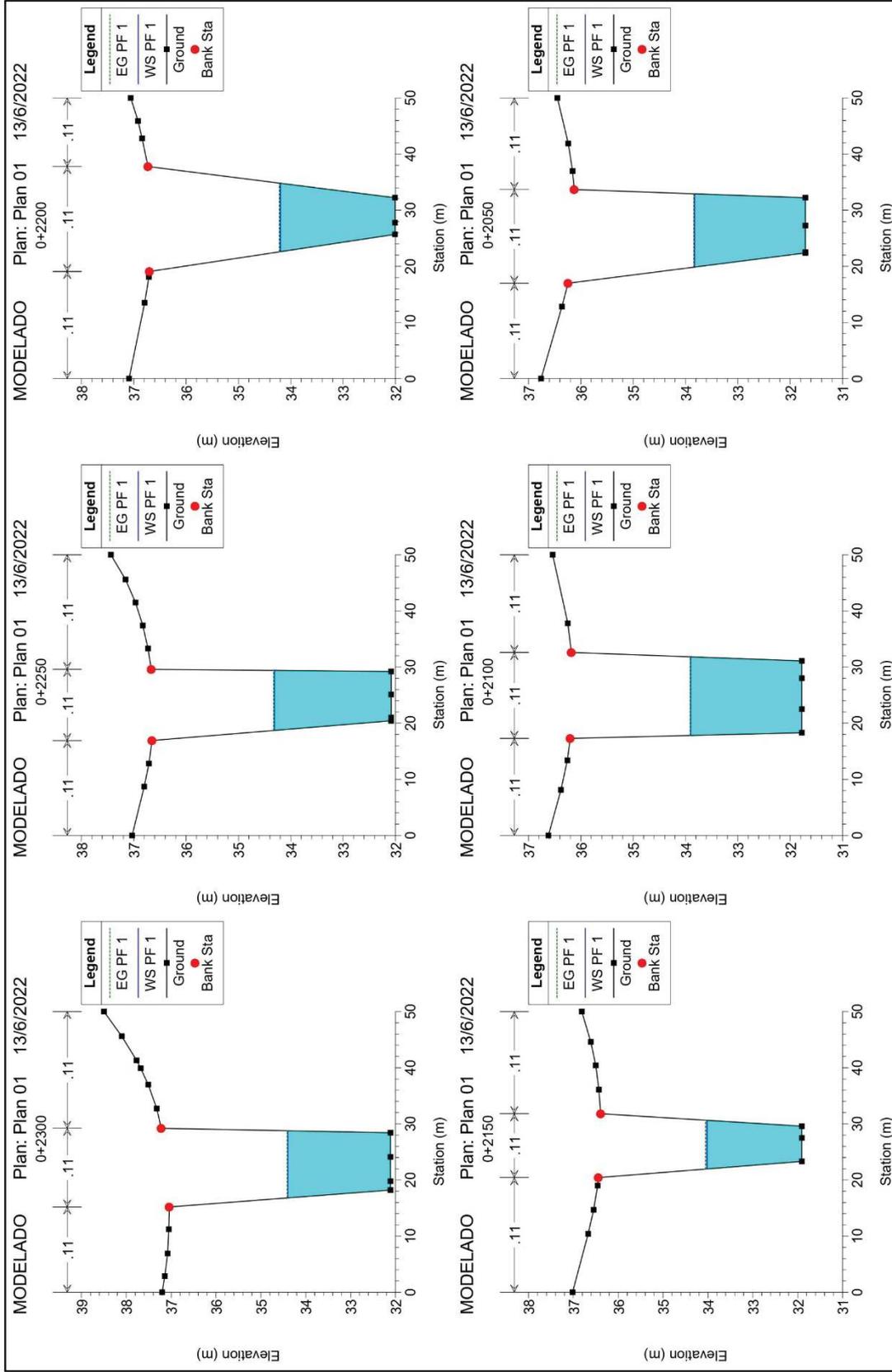
REALIZADO POR: J.M.T

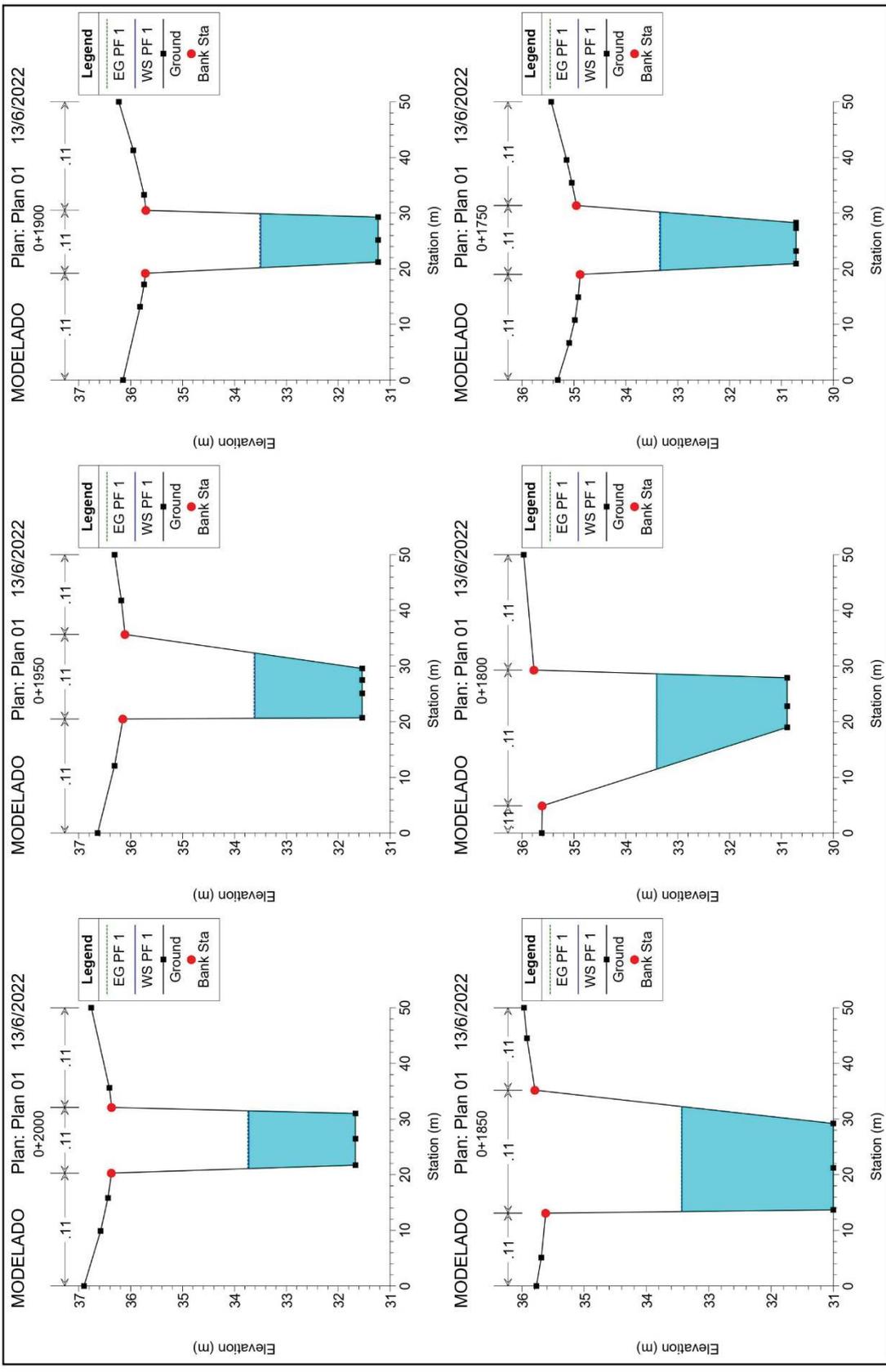
VERIFICADO POR:

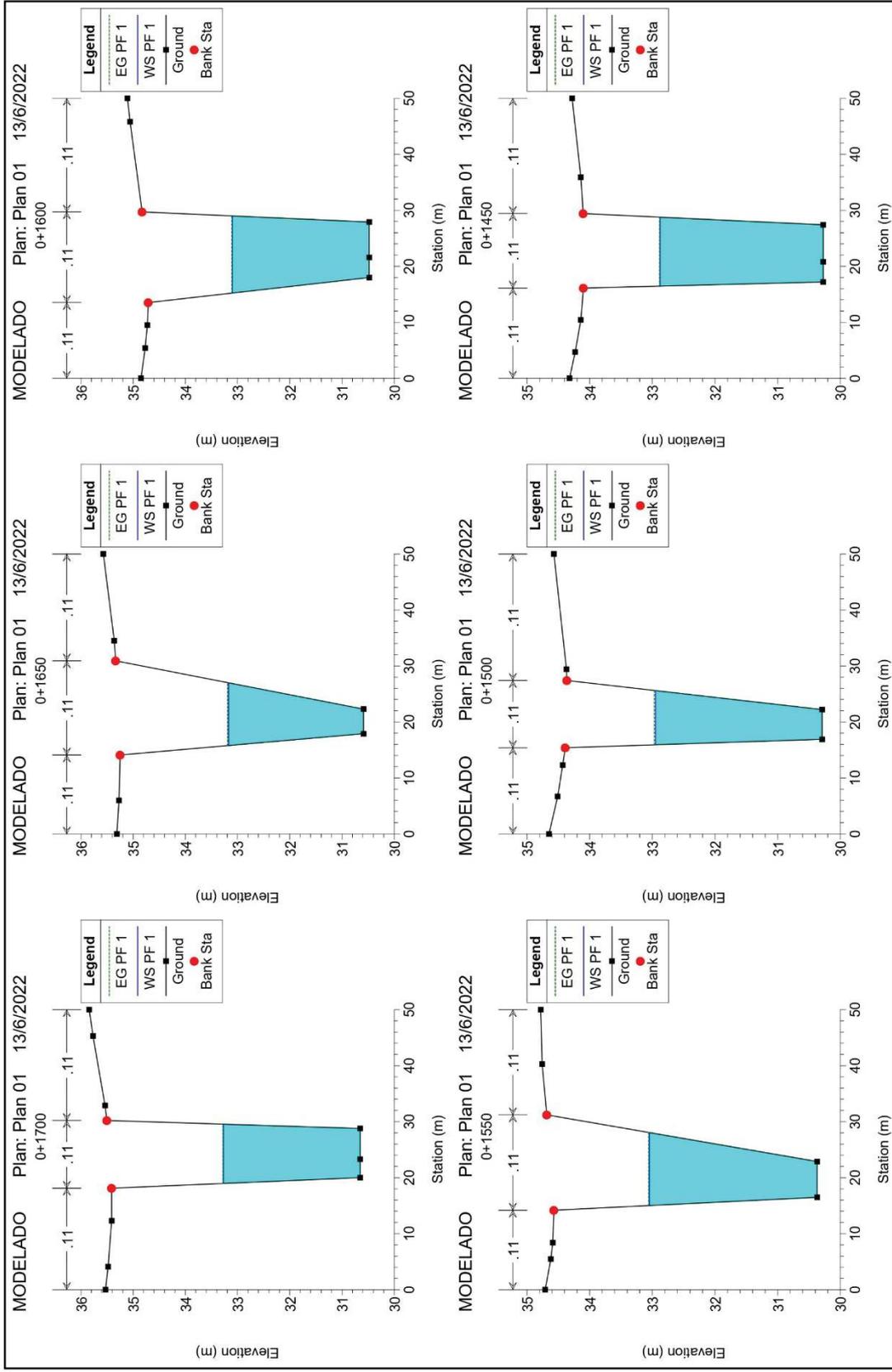
Ing. Guillermo Espín E.

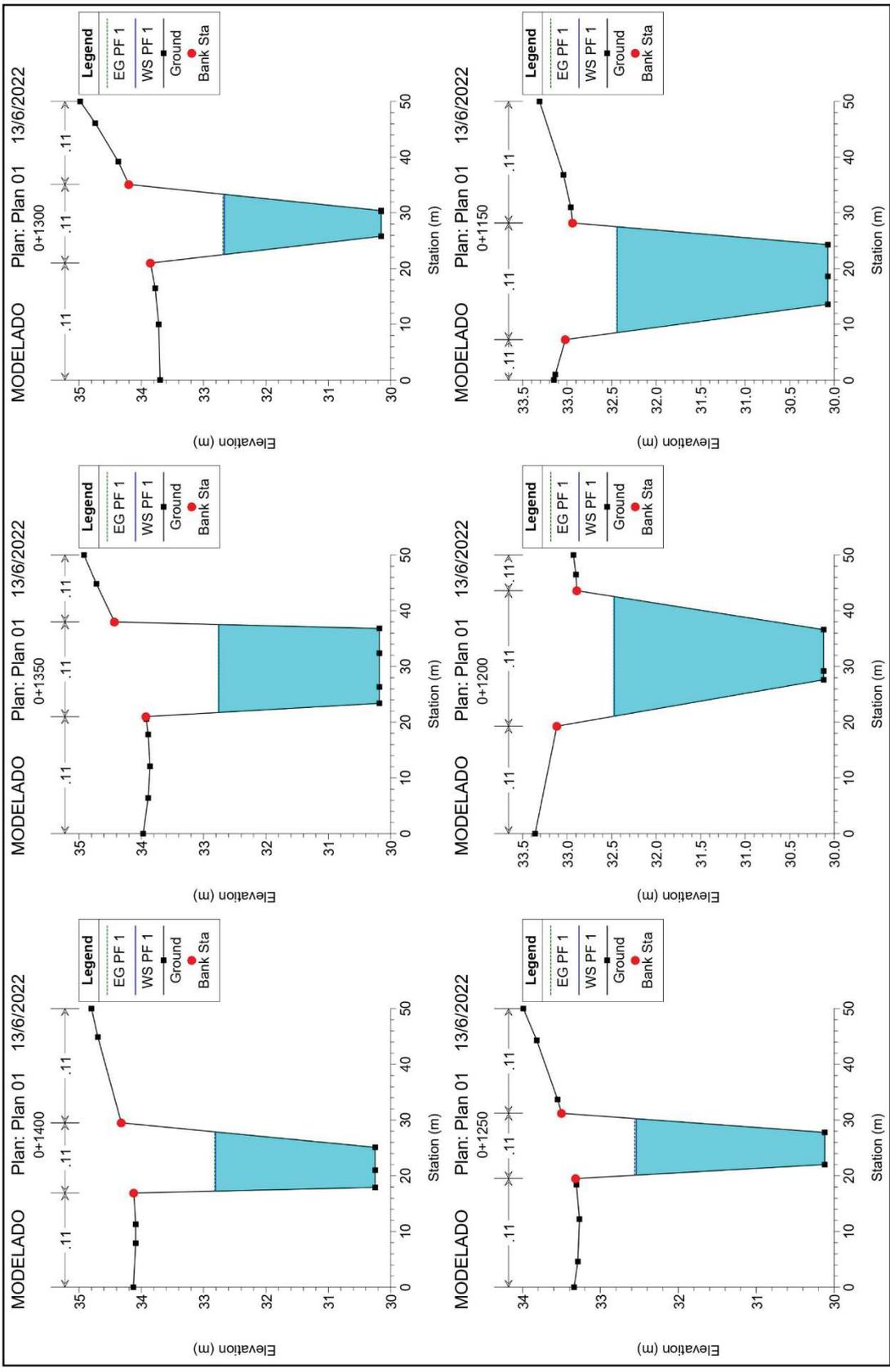
Anexo 6 (Resultados de Modelamiento)

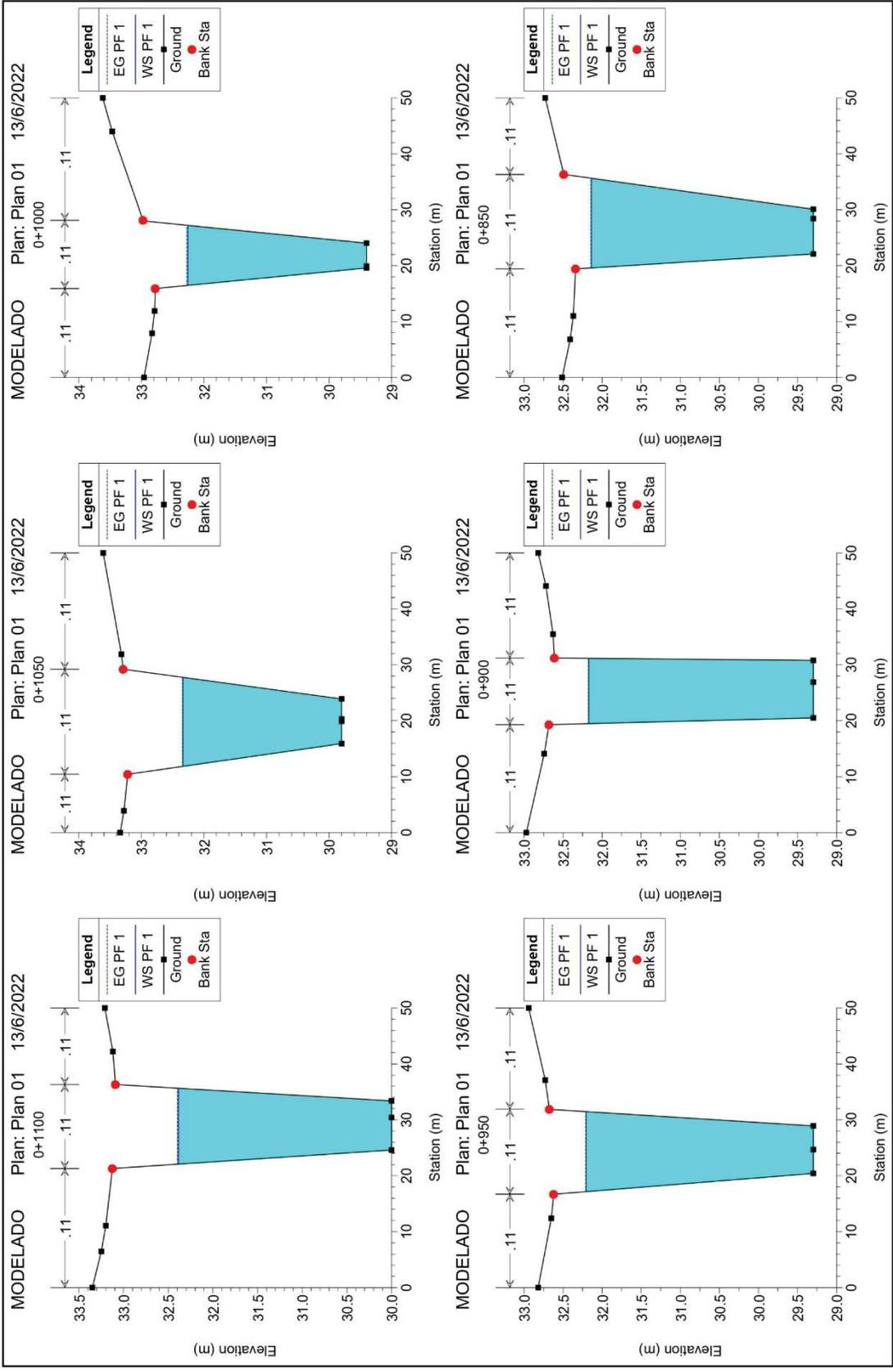


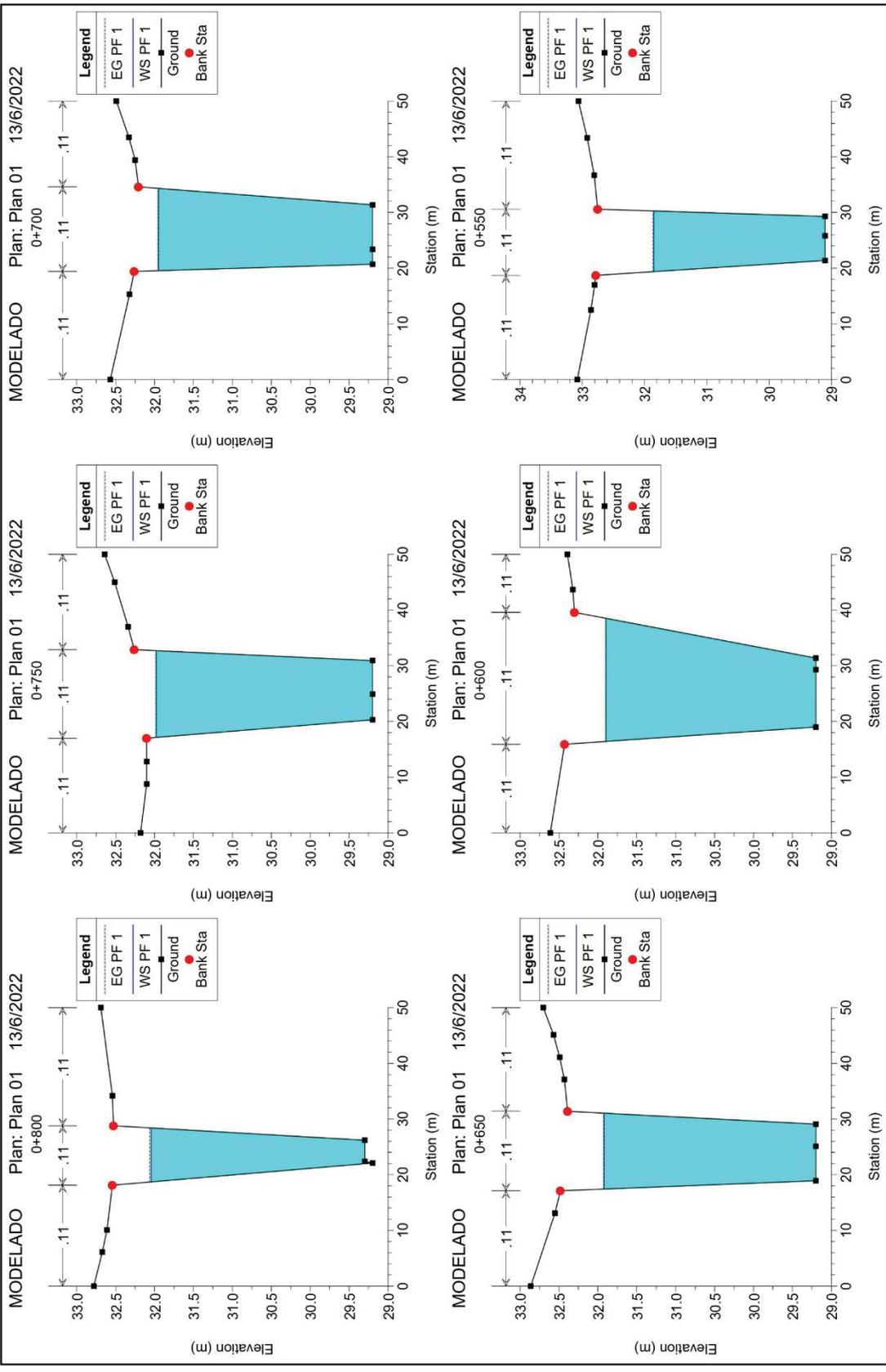


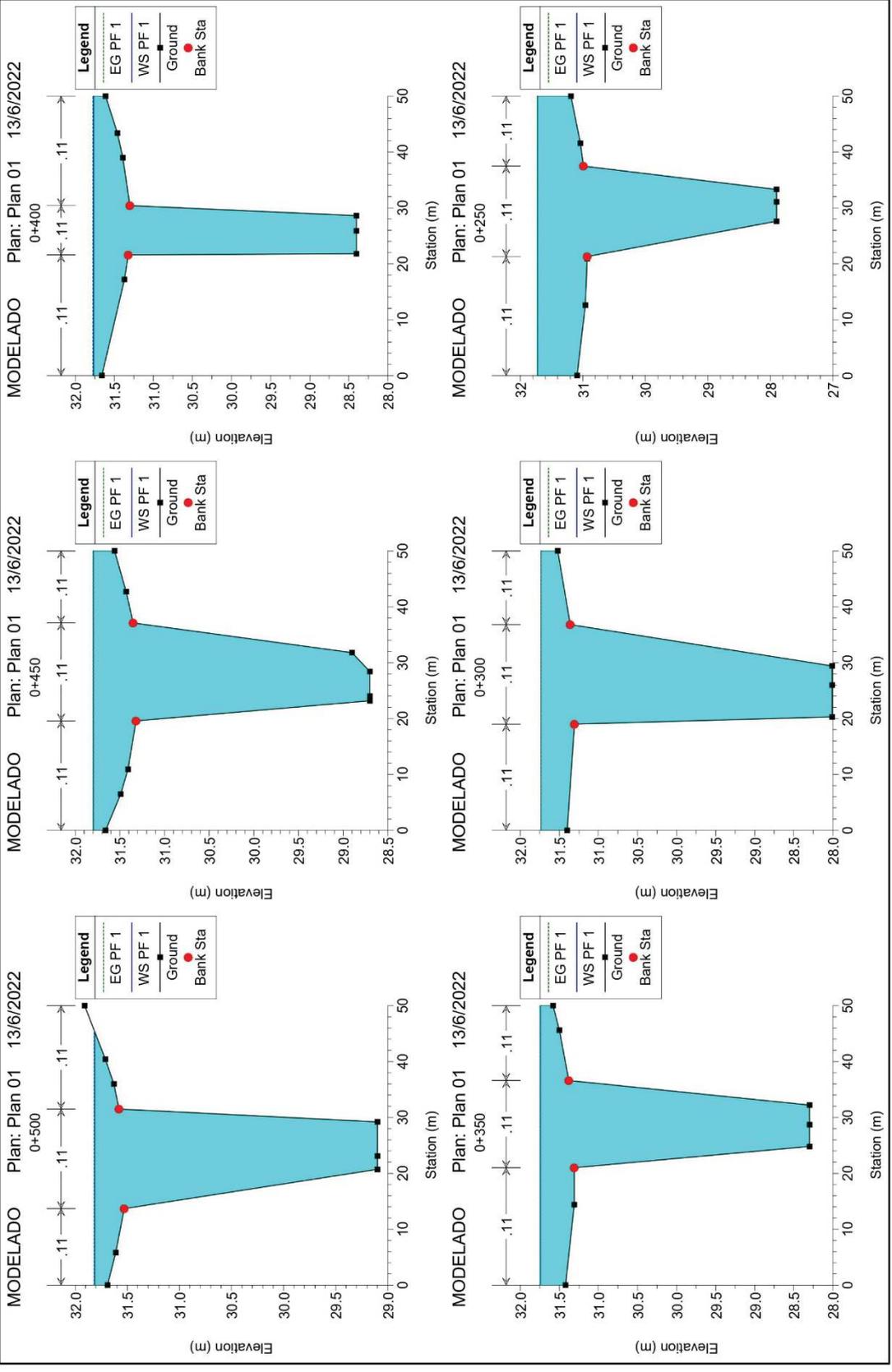






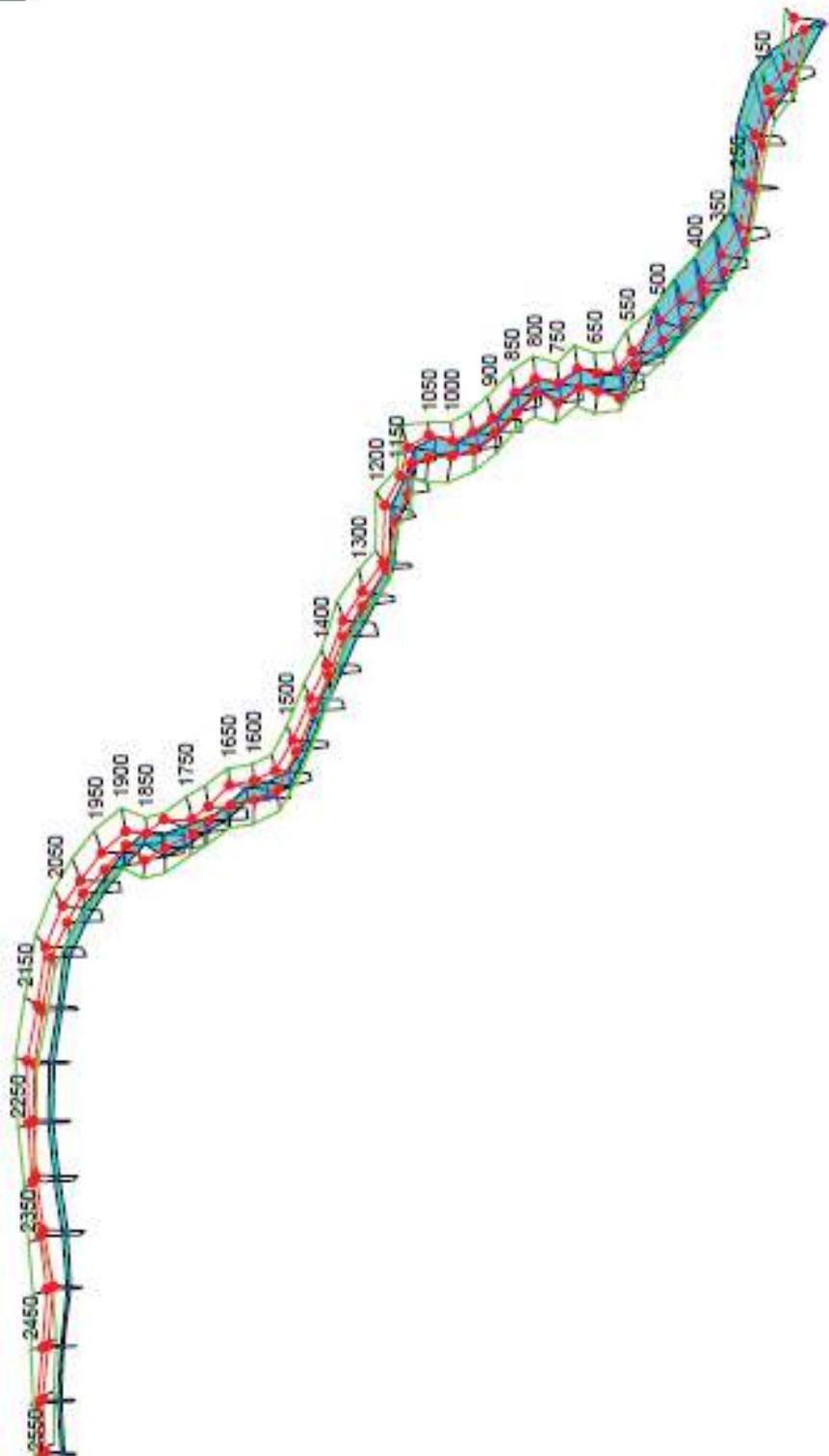






MODELADO Plan: Plan 01 14/6/2022

Legend	
	WS PFT
	Ground
	Bank Sta



Anexo 7 (Solicitud Legalizada de la Información)



Guayaquil, 04 de abril de 2022

Cnl. de EMC.
Pablo Anibal Acosta Álvarez
DIRECTOR INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
Presente

De mi consideración:

Estimado Director, reciba un cordial saludo de parte de Diego Armando Cotto Assán, estudiante de Maestría de Ingeniería Civil mención Hidráulica, actualmente me encuentro en el desarrollo de la tesis intitulada "DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS" de la Universidad de Guayaquil de la Facultad Ciencias Matemáticas y Físicas, la presente carta es para solicitarle la información que contenga el modelo digital de elevaciones de la cuenca comprendida en el sector Monte Sinai al noroeste de la ciudad de Guayaquil, así como ortofotos del área de estudio; esto con la finalidad de realizar un estudio para conocer cómo ha variado en el tiempo las zonas de descarga de aguas lluvias.

La información necesaria es la siguiente:

MDT (Modelo Digital del Terreno)	Coordenadas:	Temporalidad
Proyecto de Modelo Digital Del Terreno- Pascuales (Monte Sinahi) (Curvas de Nivel)	ESQ. SUP. IZQ: -2.0614066,-80.0978367 (600327,82 E, 9772123,2 N) ESQ. INF. DER.: -2.1481386,-79.9413937 (617720,87 E, 9762524,3 N)	Multitemporal desde el año 1990 (Escala preferentes 1:25000 / 1:50000)
Proyecto de Ortofotos Pascuales (Monte Sinahi)	ESQ. SUP. IZQ: -2.1100906,-80.0290447 (607975,43 E, 9766736,8 N) ESQ. INF. DER.: -2.1355166,-79.9729377 (614213,62 E, 9763922 N)	Multitemporal Disponibles desde el año 1990

El estudiante de Maestría de Ingeniería Civil Mención Hidráulica responsable de la recepción de la información es:

- Diego Cotto Assán.
- **Cédula:** 0603718248
- **Celular:** 0996437004
- **Correo:** diego.cottoass@ug.edu.ec



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN**

Sin otro particular, agradezco de antemano la atención que preste a la presente y quedo a sus órdenes, esperando su amable respuesta.

Atentamente,

DOUGLAS DANIEL ITURBURU SALVADOR
Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL



Firmado electrónicamente por:
**DANIEL DOUGLAS
ITURBURU
SALVADOR**

Copia: Ing. Patricia Villa, **Tutora de Tesis**
Nota: "Este documento fue firmado electrónicamente".



Guayaquil, 04 de abril de 2022

CPNV-EMT
CARLOS ZAPATA CORTEZ
DIRECTOR DEL INSTITUTO OCEANOGRÁFICO Y ANTÁRTICO DE LA ARMADA

Presente

De mi consideración:

Estimado Director, reciba un cordial saludo de parte de Diego Armando Cotto Assán, actualmente me encuentro en el desarrollo de la tesis intitulada "DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS" de la Universidad de Guayaquil de la Facultad Ciencias Matemáticas y Físicas, la presente carta es para solicitarle la información meteorológica de la cuenca comprendida en el sector Monte Sinaí al noroeste de la ciudad de Guayaquil, esto con la finalidad de realizar un estudio para conocer cómo ha variado en el tiempo las zonas de descarga de aguas lluvias.

La información necesaria es la siguiente:

HISTORIAL DE PRECIPITACIONES (mm)	Estaciones:	Datos:
Desde 1990 hasta la Actualidad	Guayaquil	Anuario Meteorológico en formato Excel.

El estudiante de Maestra de Ingeniería Civil Mención Hidráulica responsable de la recepción de la información es:

- Diego Cotto Assán.
- **Cédula:** 0603718248
- **Celular:** 0996437004
- **Correo:** diego.cottoass@ug.edu.ec



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN**

Sin otro particular, agradezco de antemano la atención que preste a la presente y quedo a sus órdenes, esperando su amable respuesta.

Atentamente,

DOUGLAS DANIEL ITURBURU SALVADOR
Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL



Firmado electrónicamente por:
**DANIEL DOUGLAS
ITURBURU
SALVADOR**

Copia: Ing. Patricia Villa, **Tutora de Tesis**
Nota: "Este documento fue firmado electrónicamente".



ACTA DE ENTREGA RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN OCEANOGRÁFICA Y/O METEOROLÓGICA

En la ciudad de Guayaquil, a los veinte días del mes de abril de 2022, comparecen por una parte el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, a través del TNNV-SU José Alcivar González, como Director de Oceanografía Naval, y por otra el Ing. Diego Armando Cotto Assán, maestrante de la Universidad de Guayaquil para la suscripción de la presente Acta de Entrega Recepción de información.

CLÁUSULA PRIMERA. - ANTECEDENTES:

- 1.1. La ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública, faculta a las instituciones como el Instituto Oceanográfico de la Armada, a entregar información pública que hubieren generado o que se encontrare en su poder.
- 1.2. Las normas 2.3, 3.2, 4.5, 4.9, y 4.10 de la Política Nacional de Información Geoespacial disponen que: *"2.3 Las instituciones u organismos generadores de información geoespacial, deben tener un registro de la entrega, para fines estadísticos."*; *"3.2 Todas las instituciones custodias de información pública deben garantizar el acceso a la información salvo que ésta sea declarada secreta, reservada y confidencial."*; *"4.5 Se prohíbe la venta, arrendamiento y comercialización o cualquier otra forma conocida o por conocerse de transferencia de la propiedad intelectual, incluso como parte de otros servicios de la información geográfica de carácter público. Se prohíbe la redistribución de los datos e información pública vía Internet, excepto al Sistema Nacional de Información o salvo expresa autorización del generador y/o propietario de la información."*; *"4.9 Las Instituciones y organismos públicos titulares de los derechos de propiedad de productos o aplicaciones, desarrolladas por sus servicios o cuyo desarrollo haya sido objeto de contratación, deben ponerlas a disposición de cualquier organismo del sector público, sin contraprestación y sin necesidad de convenio, guardando las restricciones de uso que se establezcan por parte del propietario de la información"*; *"4.10 Para fines académicos y de investigación, la información geoespacial será otorgada de manera gratuita, siempre que se canalice a través de la institución patrocinadora"*.
- 1.3. Mediante comunicación del siete de abril de 2022 el Ing. Diego Armando Cotto Assán, estudiante de la maestría en ingeniería civil mención hidráulica de la Universidad de Guayaquil a través del Ing. Douglas Daniel Iturburu Salvador, Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas solicita información de toda la serie de tiempo histórica (desde la instalación de la estación hasta la presente fecha) de datos meteorológicos (incluyendo temperatura ambiental, temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, humedad relativa, fuerza del viento, dirección del viento, presión atmosférica, tensión de vapor, punto de rocío, evaporación, heliofanía y presión atmosférica) de las estaciones meteorológicas de propiedad de INOCAR ubicada en la provincia del Guayas con fin de ser utilizados en una tesis, que tiene como objetivo analizar la red hidrográfica de la cuenca.

CLÁUSULA SEGUNDA. - OBJETO DE LA ENTREGA RECEPCIÓN:

- 2.1. La Dirección de Oceanografía Naval entrega al Ing. Diego Armando Cotto Assán, la siguiente información:
 - 2.1.1. **Datos históricos (desde la instalación de la estación hasta la presente fecha) de clima de las estaciones en la Provincia del Guayas.**



República
del Ecuador

Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada

- 2.2 El Ing. Diego Armando Cotto Assán, se compromete a entregar una copia impresa y digital de su trabajo, máximo un mes después de la fecha de culminación.
- 2.3 Este instituto con la finalidad de dar seguimiento al proyecto y aportar con sus conocimientos al trabajo de investigación, nombra a **SGOP-HI José Reyes Alava**, como contraparte institucional, a quien, **la institución solicitante, le extenderá la respectiva comunicación de participación en un oficio adjunto a este documento.**



Firmado en línea (Certificado por):
DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN

TNNV-SU José Alcivar González
DIRECTOR DE OCEANOGRAFÍA
Y
METEOROLOGÍA MARINA

Ing. Diego Cotto Assán
Universidad de Guayaquil
Email: diego.cottoass@ug.edu.ec
Teléfono: 0996437004

Nota: Se debe adjuntar copia de la cédula de identidad a color del Jefe de área del investigador o funcionario que firma el oficio.



FORMULARIO PARA SOLICITUD DE INFORMACIÓN OCEANOGRÁFICA Y/O METEOROLÓGICA

Datos del solicitante (Usuario directo de la información)

Nombre: Ing. Diego Armando Cotto Assán.

C.I. del solicitante: 0603718248

Ciudad (Cantón/Provincia): Guayaquil, Guayas
Dirección: Romareda 3era etapa Mz 1950 V. 17
Teléfono: 044605637 Celular: 0996437004
Correo electrónico: diego.cottoass@ug.edu.ec

Tema del Proyecto o Trabajo a realizarse: DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS.

Fecha de culminación del Trabajo de investigación: 31 de julio de 2022

Información solicitada: (Indicar detalles técnicos específicos de la información solicitada)

Toda la serie de tiempo histórica (desde la instalación de la estación hasta la presente fecha) de datos meteorológicos (incluyendo, pero no limitado a temperatura ambiental, temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, humedad relativa, fuerza del viento, dirección del viento, presión atmosférica, tensión de vapor, punto de rocío, evaporación y heliofanía) de las estaciones meteorológicas de propiedad de INOCAR ubicada en la Provincia del Guayas.

Motivo de la solicitud:

Utilizar los datos solicitados para realizar una tesis de investigación científica relacionada a realizar el diseño, modelamiento y análisis del encauce de aguas lluvias durante la evolución temporal de asentamientos humanos y su incidencia en el drenaje natural en los últimos años, para la propuesta de mitigación de inundaciones considerando el desarrollo territorial e identificando las zonas de peligro actuales en el sector de la Cooperativa Trinidad de Dios, de la cual se espera producir un documento de tesis en el cual se incluirá el respectivo reconocimiento y crédito al INOCAR por su gentil colaboración.

NOTA:

- Se debe adjuntar copia de la cédula de identidad a color del técnico responsable registrado en este formulario.
- El Instituto Oceanográfico nombrará un tutor o copartícipe de la investigación o proyecto.



Firmado electrónicamente por:
DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN

Ing. Diego Armando Cotto Assán.
Universidad de Guayaquil
Email: diego.cottoass@ug.edu.ec
Teléfono: 0996437004



LICENCIA DE USO DE INFORMACIÓN OCEANOGRÁFICA Y/O METEOROLÓGICA

En la ciudad de Guayaquil, a los a los veinte días de abril de 2022, comparecen por una parte el Instituto Oceanográfico de la Armada, a través del TNNV-SU José Alcivar González, como Director de Oceanografía y Meteorología Marina, y por otra el Ing. Diego Armando Cotto Assán, maestrante de la Universidad de Guayaquil, a quien en adelante se le denominará "el Requirente"; con el objeto de suscribir el presente registro de uso de información meteorológica

CLÁUSULA PRIMERA.- ANTECEDENTES:

- 1.1. Las normas 3.2 y 4.9 de la Política Nacional de Información Geoespacial, aprobada por el CONAGE y publicada en el R.O. No. 269 del 1 de septiembre de 2010, establecen que "Todas las instituciones custodias de información pública deben garantizar el acceso a la información salvo que esta sea declarada secreta, reservada y confidencial"; y que "Las Instituciones y organismos públicos titulares de los derechos de propiedad de productos o aplicaciones, desarrolladas por sus servicios o cuyo desarrollo haya sido objeto de contratación, deben ponerlas a disposición de cualquier organismo del sector público, sin contraprestación y sin necesidad de convenio, guardando las restricciones de uso que se establezcan por parte del propietario de la información".
- 1.2. Mediante comunicación del siete de abril de 2022, el Ing. Diego Armando Cotto Assán, estudiante de la maestría en ingeniería civil mención hidráulica de la Universidad de Guayaquil a través del Ing. Douglas Daniel Iturburu Salvador, Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas solicita información de toda la serie de tiempo histórica de datos meteorológicos de la estación de propiedad de INOCAR ubicada en la Provincia del Guayas, para utilizarla en trabajos de investigación y académicos.

CLÁUSULA SEGUNDA. - REGISTRO Y CONDICIONES DE LA LICENCIA DE USO DE LA INFORMACIÓN:

Con los antecedentes indicados, por el presente documento se deja constancia de lo siguiente:

- 2.1. Que mediante el presente instrumento la Dirección de Oceanografía, entrega la información: **Datos históricos (desde la instalación de la estación hasta la presente fecha) de clima de la estación en la Provincia del Guayas.**
- 2.2. Por este instrumento, la Dirección de Oceanografía Naval autoriza el uso de la información meteorológica, que será utilizada por el requirente, en las condiciones que constan en el presente instrumento.
- 2.3. Que el uso es restringido exclusivamente para el objetivo que fue solicitado, debiendo ser utilizado exclusivamente por el investigador Ing. Diego Armando Cotto Assan, en su propuesta de Investigación o Proyecto y tomarse todas las medidas de seguridad necesarias para impedir la simple entrega, distribución, reproducción, traspaso y/o venta de la información que se entrega.
- 2.4. Que el requirente utilizará esta información sin fines de lucro, por tanto, la presente autorización de uso, se concede a título gratuito.
- 2.5. El uso de la información entregada es de carácter libre y gratuito, siempre que se mencione su origen y titularidad, y que su uso no tenga fines comerciales o de lucro. El Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada no se responsabiliza por productos generados a partir de la información entregada, ni por el uso indebido, ilegal o inmorales que se diere a la información entregada o que atenten contra la seguridad nacional.
- 2.6. El investigador Ing. Diego Armando Cotto Assan se compromete a entregar a este Instituto, una copia de la investigación, producto o trabajo realizado, una vez culminada, la cual ingresará a la Biblioteca institucional y estará a disponibilidad de consulta pública.
- 2.7. Que el investigador Ing. Diego Armando Cotto Assan bajo su responsabilidad recibe la información y declara que la información entregada no será utilizada para fines de lucro ni fines ilegales, inmorales, o que puedan comprometer la seguridad nacional, y por ende se compromete a no entregar a personas o grupos vinculados a acciones terroristas o de espionaje.



República
del Ecuador

Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada

- 2.8. La entrega, comercialización y distribución de la información reservada y confidencialidad queda prohibida. Por tanto, se prohíbe su venta, donación, cesión bajo sub-licencia, arrendamiento, préstamo público, comercialización o cualquier otra forma conocida o por conocerse de transferencia de la propiedad, incluso como parte de otros servicios de la información geográfica de carácter público.
- 2.9. La información entregada queda bajo custodia y responsabilidad del investigador Ing. Diego Armando Cotto Assan de conformidad con la normativa pública y administrativa y la que consta en este instrumento.
- 2.10. En caso de infringir las condiciones y restricciones de la presente Autorización, la autoridad competente, ejercerán las acciones administrativas y/o legales pertinentes en defensa de los derechos que representan.
- 2.11. Que la institución solicitante acepta que un funcionario del INOCAR, sea la contraparte institucional en el proyecto, quien además verificará el buen uso de la información, para lo cual, deberá enviar un oficio legalizando la designación respectiva.

Para constancia de lo actuado y en fe de conformidad y aceptación, suscriben la presente constancia en tres ejemplares de igual contenido y efecto las personas que intervienen.



AL SEÑOR DIRECTOR DEL INOCAR
DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN

TNNV-SU José Alcivar González
DIRECTOR DE OCEANOGRAFÍA
Y
METEOROLOGÍA MARINA

Ing. Diego Armando Cotto Assán
Universidad de Guayaquil
Email: diego.cottoass@ug.edu.ec
Teléfono: 0996437004



Guayaquil, 04 de abril de 2022

PhD
Bolívar Andrés Erazo Maldonado
Director Ejecutivo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Presente

De mi consideración:

Estimado Director, reciba un cordial saludo de parte de Diego Armando Cotto Assán, actualmente me encuentro en el desarrollo de la tesis intitulada "DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS" de la Universidad de Guayaquil de la Facultad Ciencias Matemáticas y Físicas, la presente carta es para solicitarle la información meteorológica de la cuenca comprendida en el sector Monte Sinái al noroeste de la ciudad de Guayaquil, esto con la finalidad de realizar un estudio para conocer cómo ha variado en el tiempo las zonas de descarga de aguas lluvias.

La información necesaria es la siguiente:

HISTORIAL DE PRECIPITACIONES (mm)	Estaciones:	Datos:
Desde 1990 hasta la Actualidad	M1253 M1271 M5132	Anuario Meteorológico en formato Excel.

El estudiante de Maestra de Ingeniería Civil Mención Hidráulica responsable de la recepción de la información es:

- Diego Cotto Assán.
- **Cédula:** 0603718248
- **Celular:** 0996437004
- **Correo:** diego.cottoass@ug.edu.ec



Sin otro particular, agradezco de antemano la atención que preste a la presente y quedo a sus órdenes, esperando su amable respuesta.

Atentamente,

DOUGLAS DANIEL ITURBURU SALVADOR
Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL



Copia: Ing. Patricia Villa, **Tutora de Tesis**
Nota: "Este documento fue firmado electrónicamente".

COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD Y NO DIVULGACIÓN DE LA INFORMACIÓN ENTREGADA POR EL
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Yo, **Diego Armando Cotto Assán** con cédula de ciudadanía Nro. **0603718248** en mi calidad de **estudiante de maestría en ingeniería civil mención hidráulica** perteneciente a la **Universidad de Guayaquil**, en adelante y para efectos del presente instrumento en calidad de **Receptor de la Información** libre y voluntariamente suscribo el presente compromiso.

Por medio del presente instrumento como **RECEPTOR DE LA INFORMACIÓN** me obligo expresamente a guardar sigilo, confidencialidad y reserva sobre el contenido de toda la información generada, verbal o escrita, que sea entregada por el INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA.

Como **RECEPTOR DE LA INFORMACIÓN** me comprometo a hacer uso de la información, únicamente para las actividades relacionadas con las funciones que desempeño y conforme lo solicitado, consiente de las obligaciones y prohibiciones legales pertinentes.

1. DERECHOS Y OBLIGACIONES:

Son deberes de quien haga las veces de **RECEPTOR DE LA INFORMACIÓN**:

1. Guardar la reserva y confidencialidad, sin el deterioro de cualquier tipo de información que se le suministre o a la cual llegare a tener acceso o conocimiento;
2. Todo funcionario público de cualquier entidad pública y/o empleado de empresa privada que haga uso y tenga acceso a la información proporcionada por el INAMHI, deberá suscribir el presente instrumento.
3. Mantener en forma estrictamente reservada y confidencial toda la información que por razón de su competencia tendrá acceso, por lo tanto, se obliga a abstenerse de usar, disponer, divulgar y/o publicar por cualquier medio, oral, escrito, y/o tecnológico y en general, aprovecharse de ella en cualquier otra forma para efectos ajenos a los intereses de la Institución a la cual pertenece.
4. Utilizar la información suministrada por el INAMHI, únicamente para los fines solicitados.

No realizar copia o duplicado alguno de la información proporcionada sin la autorización previa y escrita del INAMHI; tampoco se podrá divulgar ni proporcionar dicha información a terceras personas sin que medie igualmente la respectiva autorización previa y escrita del INAMHI.

Declaro expresamente que de incumplir este compromiso de confidencialidad me someteré a la aplicación de sanciones que pueda establecer el INAMHI conforme a la normativa legal vigente.

Para fe y constancia firmo el presente documento, en la ciudad de Guayaquil, el día 08 del mes de abril del año 2022.



FIRMA FOTOCOPIABLEMENTE
DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN

FIRMA



Guayaquil, 05 de mayo de 2022

Director
Roberto Castillo A.
Instituto Nacional de Estadística y Censos

Presente

De mi consideración:

Estimado Director, reciba un cordial saludo de parte de Diego Armando Cotto Assán, estudiante de Maestría de Ingeniería Civil mención Hidráulica, actualmente me encuentro en el desarrollo de la tesis intitulada "DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS" de la Universidad de Guayaquil de la Facultad Ciencias Matemáticas y Físicas, la presente carta es para solicitarle la información que contenga el modelo digital de población (SHP) en el sector Monte Sinaí al noroeste de la ciudad de Guayaquil; que contenga el número total de habitantes por familias comprendidas en la Coop. Trinidad de Dios, Caminos Real, 31 de octubre, Guayacanes, Monte Lindo y Monte Sinaí, esto con la finalidad de realizar un estudio para conocer cómo ha variado en el tiempo las zonas de descarga de aguas lluvias.

La información necesaria es la siguiente:

Información:	Coordenadas y Ubicación:	Temporalidad
Mapa de Población (SHP)	ESQ. SUP. IZQ: -2.0614066,-80.0978367 (600327,82 E, 9772123,2 N) ESQ. INF. DER.: -2.1481386,-79.9413937 (617720,87 E, 9762524,3 N)	ACTUAL
Número total de familias	Coop. Trinidad de Dios, Caminos Real, 31 de octubre, Guayacanes, Monte Lindo y Monte Sinaí	ACTUAL

El estudiante de Maestría de Ingeniería Civil Mención Hidráulica responsable de la recepción de la información es:

- Diego Cotto Assán.
- **Cédula:** 0603718248
- **Celular:** 0996437004
- **Correo:** diego.cottoass@ug.edu.ec



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN**

Sin otro particular, agradezco de antemano la atención que preste a la presente y quedo a sus órdenes, esperando su amable respuesta.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**DANIEL DOUGLAS
ITURBURU
SALVADOR**

DOUGLAS DANIEL ITURBURU SALVADOR
Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Copia: Ing. Patricia Villa, **Tutora de Tesis (UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL)**
Nota: "Este documento fue firmado electrónicamente".

ACUERDO DE USO COMERCIAL DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA ESTADÍSTICA

El usuario se compromete a observar y cumplir irrestrictamente las condiciones determinadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos -INEC, para el uso, tratamiento y difusión de la Información Cartográfica Estadística que se detalla en el presente contrato y sus anexos.

PRIMERO.- ANTECEDENTES:

El Instituto Nacional de Estadística y Censos -INEC, fue creado mediante la Ley de Estadística publicada en el R.O. Nro. 82 de 7 de mayo de 1976; y, en virtud de las atribuciones conferidas por la Ley, se constituye en la entidad productora de información estadística oficial de la República del Ecuador y en el organismo coordinador del Sistema Estadístico Nacional - SEN, teniendo entre sus competencias: normar, planificar, dirigir, coordinar y supervisar las actividades Estadísticas que se ejecuten en el País.

La Información Cartográfica Estadística se encuentra protegida por la normativa de Propiedad Intelectual vigente en la República del Ecuador, cuya titularidad de los derechos de autor le corresponde al INEC. En consecuencia, su uso, tratamiento y difusión se sujetarán a los términos fijados por su titular en el presente contrato y de acuerdo a las Políticas que para el efecto se determinen, quedando prohibido cualquier uso que difiera de ellas.

SEGUNDO.- DEFINICIONES:

Para efectos del presente Acuerdo de Uso Comercial de Información Cartográfica Estadística, se entenderá:

- **Comunicación Pública Gratuita:** acto por el cual una obra es puesta a disposición de una pluralidad de personas, sin que implique un acto de distribución o explotación.
- **Copia:** soporte que contiene la obra o producción, como resultado de un acto de reproducción.
- **Distribución:** acto de poner a disposición del público una obra o sus copias, mediante su venta, arrendamiento, préstamo o de cualquier forma conocida o por conocerse de transferencia de propiedad de dicha obra.
- **Explotación:** reproducción, distribución y transformación de una obra que se realice para ponerla a disposición del público con ánimo de lucro.

- **Fijación:** incorporación de signos, imágenes o su representación digital sobre una base que permita su lectura, percepción, reproducción, comunicación o utilización.
- **Acuerdo:** permiso que concede el titular de los derechos de autor sobre una obra para que el usuario la utilice en la forma determinada por dicho titular, sin transferir sus derechos sobre la obra.
- **Obra:** creación intelectual susceptible de ser divulgada o reproducida en cualquier forma, incluyendo bases de datos. Para efectos del presente Acuerdo de Uso Comercial, la obra será la Información Cartográfica Estadística producida por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), cuyo uso se autoriza de conformidad con los términos del presente documento.
- **Obra compuesta e independiente:** obra nueva que incorpore una obra preexistente sin la colaboración del autor de esta.
- **Obra Derivada:** aquella que resulte de la transformación de una o más obras preexistentes.
- **Publicación:** producción de ejemplares para ser puestos al alcance del público con el consentimiento del titular de los derechos sobre la obra, teniendo en cuenta la naturaleza de la obra.
- **Reproducción:** fijación de la obra en cualquier medio o por cualquier procedimiento, incluyendo su almacenamiento digital y la obtención de copias de toda o parte de ella.
- **Transformación o modificación:** traducción, adaptación y cualquier otra modificación en la forma de una obra, que se derive una obra diferente. Cuando se trate de una base de datos, se considerará también transformación la reordenación de la misma. La creación resultante de la transformación de una obra tendrá la consideración de obra derivada.
- **Usuario:** es la persona natural o jurídica que ejercita los derechos cedidos mediante este acuerdo y que no ha violado previamente los términos de la misma

TERCERA.- CONDICIONES:

3.1 El presente Acuerdo de Uso Comercial de Información Cartográfica Estadística faculta al Usuario para:

- a. Reproducir la información objeto de este acuerdo, sin que dicha reproducción implique su distribución.
- b. Transformar la obra para la explotación de la obra derivada resultante.

- c. Emplearla para la generación de obras compuestas e independientes, incorporándola en ellas para su reproducción y publicación, reconociendo la fuente y derechos de autor del INEC.
- d. Efectuar transformaciones o modificaciones sobre la obra y crear obras derivadas;
- e. diferenciando la obra base de la obra derivada, reconociendo los derechos de autor sobre cada una y aclarando que el INEC no asume ninguna responsabilidad respecto de la obra derivada.

Las anteriores facultades o derechos podrán ser ejercitados en todos los medios y formatos, tangibles e intangibles, conocidos y por conocer. Incluyen el derecho a efectuar las modificaciones que sean precisas técnicamente para el ejercicio de los derechos en otros medios y formatos. Todos los derechos no cedidos expresamente por el productor de la información quedan reservados.

3.2 Con el presente Acuerdo de Uso Comercial de Información Cartográfica Estadística, el usuario se compromete, a petición de parte, a facilitar sin costo al INEC las obras derivadas y compuestas e independientes que genere, las mismas que serán utilizadas con fines de investigación estadística.

3.3. El presente Acuerdo de Uso Comercial de Información Cartográfica Estadística concedida en su beneficio por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se sujeta a las siguientes restricciones:

- a. No se podrá distribuir la obra.
- b. No se podrán retirar los avisos sobre la propiedad intelectual de la obra ni dejar de reconocer la autoría del INEC.
- c. No se podrá descontextualizar el contenido de la obra.

3.4 Se prohíbe todo uso para fines ilegales e inmorales o aquellos que puedan comprometer la seguridad nacional o la intimidad de las personas.

3.5 Al aceptar este acuerdo de uso comercial, usted se compromete a:

Proporcionar sin costo capacitación a funcionarios del INEC, en el proceso que genere las obras derivadas y compuestas e independientes que resultaren del producto entregado.

3.6 En ningún caso el INEC será responsable por cualquier daño (incluido daño emergente y lucro cesante) que se produzca en su perjuicio y guarde relación con este Acuerdo de Uso Comercial.

3.7 El INEC se exime de toda responsabilidad por indebida, ilegal o inmorales utilización que pueda darse a la Información Cartográfica Estadística y se reserva el ejercicio de las acciones que le concede la Ley en caso de incumplimiento de las condiciones de este Acuerdo de Uso Comercial.

3.8 Si alguna disposición de este acuerdo resulta inválida o inaplicable según la Ley vigente, ello no afectará la validez o aplicabilidad del resto de los términos de este convenio.

3.9 No caben interpretaciones, acuerdos o términos con respecto a la obra que no se encuentren expresamente especificados en el presente instrumento. Este acuerdo no se puede modificar sin el mutuo consentimiento por escrito entre el productor de la información y el Usuario.

3.10. Previo a la suscripción del presente acuerdo, el usuario facilitará al INEC los datos de carácter personal que este requiera, a fin de agregarlos a su base de datos. Los datos solicitados por INEC son: a) Apellidos y Nombres, b) Número de Cédula o RUC, c) Institución (Dirección y/o Departamento), d) Actividad, e) Correo electrónico, f) Dirección, g) Ciudad, h) Provincia, i) País, j) Teléfonos, y k) Áreas de interés investigativo. El INEC garantiza que utilizará los datos recibidos para fines estadísticos, de mejora de procesos institucionales y de control del presente contrato, por lo que no se los dará a conocer al público en general.

En razón de lo anterior, el INEC adoptará las medidas de seguridad que razonablemente protejan los proporcionados y en virtud de ello, no se hará responsable al INEC por los daños que terceros le causen luego de obtener los datos confiados por vías ilegítimas o ilegales.

3.11. Pese a que este acuerdo es perpetuo, terminará automáticamente en caso de cualquier incumplimiento de los términos del mismo.

3.12. Al aceptar esta acuerdo, el Usuario se compromete a citar la fuente de la información estadística utilizada, tanto para los datos originales, como para los productos que se deriven de ella o de su tratamiento; para el efecto, se deberá seguir el siguiente formato:

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC); "<Nombre del Producto>"; "<Número y año de publicación de la versión>"; "<Formato utilizado>"; Quito, Ecuador.

Declaro haber revisado, entendido y estar de acuerdo con el contenido del presente documento y sus anexos, y someterme a todos sus términos.

FORMULARIO PARA REGISTRO DE DATOS DEL USUARIO:

Nombres:	DIEGO ARMANDO
Apellidos:	COTTO ASSÁN
Número de cédula o RUC:	0603718248
Institución (Dirección y/o Departamento):	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL- FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS
Actividad:	TESIS DE MAESTRIA DE INGENIERIA CIVIL-HIDRAULICA
Correo Electrónico:	diego.cottoass@ug.edu.ec
Dirección:	ROMAREDA 3ERA ETAPA MZ 1950 V. 17
Ciudad:	GUAYAQUIL
Provincia:	GUAYAS
País:	ECUADOR
Teléfonos:	0996437004
Áreas de interés investigativo:	HIDRÁULICA



Firmado e institucionalmente por:
DIEGO ARMANDO
COTTO ASSAN

FIRMA

Guayaquil, 04 de abril de 2022

Ingeniero
Jerome Cardineau
DIRECTOR GENERAL DE VEOLIA-GYE
Presente

De mi consideración:

Estimado Director, reciba un cordial saludo de parte de Diego Armando Cotto Assán, estudiante de Maestría de Ingeniería Civil mención Hidráulica, actualmente me encuentro en el desarrollo de la tesis intitulada "DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL ENCAUCE DE AGUAS LLUVIAS EN LA MICROCUENCA AL NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES DEL SECTOR COOPERATIVA TRINIDAD DE DIOS" de la Universidad de Guayaquil de la Facultad Ciencias Matemáticas y Físicas, la presente carta es para solicitarle la información que contenga el modelo digital de elevaciones de la cuenca comprendida en el sector Monte Sinaí al noroeste de la ciudad de Guayaquil, así como ortofotos del área de estudio; esto con la finalidad de realizar un estudio para conocer cómo ha variado en el tiempo las zonas de descarga de aguas lluvias.

La información necesaria es la siguiente:

MDT (Modelo Digital del Terreno)	Coordenadas:	Temporalidad
Proyecto de Modelo Digital Del Terreno- Pascuales (Monte Sinahí) (Curvas de Nivel)	ESQ. SUP. IZQ: -2.0614066,-80.0978367 (600327,82 E, 9772123,2 N) ESQ. INF. DER.: -2.1481386,-79.9413937 (617720,87 E, 9762524,3 N)	Multitemporal desde el año 1990 (Escala preferentes 1:25000 / 1:50000)
Proyecto de Ortofotos Pascuales (Monte Sinahí)	ESQ. SUP. IZQ: -2.1100906,-80.0290447 (607975,43 E, 9766736,8 N) ESQ. INF. DER.: -2.1355166,-79.9729377 (614213,62 E, 9763922 N)	Multitemporal Disponibles desde el año 1990

El estudiante de Maestría de Ingeniería Civil Mención Hidráulica responsable de la recepción de la información es:

- Diego Cotto Assán.
- **Cédula:** 0603718248
- **Celular:** 0996437004
- **Correo:** diego.cottoass@ug.edu.ec



Firmado electrónicamente por:
DIEGO ARMANDO COTTO ASSAN

Sin otro particular, agradezco de antemano la atención que preste a la presente y quedo a sus órdenes, esperando su amable respuesta.

Atentamente,

DOUGLAS DANIEL ITURBURU SALVADOR
Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL



Firmado electrónicamente por:
DANIEL DOUGLAS ITURBURU SALVADOR

Copia: Ing. Patricia Villa, **Tutora de Tesis**
Nota: "Este documento fue firmado electrónicamente".

Bibliografía

- Al-Hurban, A., Al-Ruwaih, F., & Al-Dughairi, A. (2021). Quantitative Geomorphological and Hydromorphometric Analysis of Drainage Basins of As Sabriyah (Kuwait) Using GIS Techniques. *Journal of Geographic Information System*, 13(02), 166–193.
<https://doi.org/10.4236/jgis.2021.132010>
- Autodesk Inc. (2021). *Arquitectura*. <https://www.autodeskjournal.com/que-es-autocad-civil-3d/>
- Avinash, K., Deepika, B., & Jayappa, K. S. (2014). Basin geomorphology and drainage morphometry parameters used as indicators for groundwater prospect: Insight from geographical information system (GIS) technique. *Journal of Earth Science*, 25(6), 1018–1032. <https://doi.org/10.1007/s12583-014-0505-8>
- Bilewu, S., Sule, B., & Ayanshola, A. (2015). Optimum parameter selection for the morphometric description of watersheds: A case study of central Nigeria. *Journal of Ecological Engineering*, 16, 29–35.
<https://doi.org/10.12911/22998993/59344>
- Bolinaga, J. J. (1979). *Drenaje urbano*. https://kupdf.net/download/drenaje-urbano-bolinaga_58f12de3dc0d60a310da9811_pdf
- Calvo, G., & Mora, J. (2007). Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tárcoles y el Reventazón Parte II: Modelo

utilizado en la medición de caudales investigados. Revista Tecnológica En Marcha. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/96/95

Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., López de Armentia, A., del Río, J. L., & de Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *27(1)*, 73–97.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652018000100005

Campos Aranda, D. Fco. (1992). *Procesos del ciclo Hidrológico* (Vol. 3).

Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

<https://www.hidrosm.com/2020/08/libro-procesos-del-ciclo-hidrologico.html>

Chow, V. te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*.

McGraw-Hill. <https://baixardoc.com/documents/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-5cae52662105a>

CNRH. (2002). *DIVISIÓN HIDROGRAFICA en el ámbito de SISTEMAS, CUENCAS Y SUBCUENCAS*.

http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG_REG_EMAB_IX_dt%203_Ax2.pdf

COE NACIONAL. (2020). *Informe de Situación COVID-19 Ecuador*. In Informe

Nº8. [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/Informe-de-Situaci%C3%B3n-No008-Casos-Coronavirus-Ecuador-16032020-20h00.pdf)

[content/uploads/2020/03/Informe-de-Situaci%C3%B3n-No008-Casos-Coronavirus-Ecuador-16032020-20h00.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/Informe-de-Situaci%C3%B3n-No008-Casos-Coronavirus-Ecuador-16032020-20h00.pdf)

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449. <http://www.lexis.com.ec>

Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de La Educación*, 19(33).
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>

Diaz Carvajal, Á., & Mercado Fernández, T. (2014). Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí (Córdoba, Colombia) mediante teledetección y SIG. *Ingeniería y Desarrollo*, 32(2), 200–217.
<https://doi.org/10.14482/inde.32.2.5406>

Dunn, C. N., & Adams, L. (2014). Newsletter A Personal View (pp. 1–13). U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.
https://www.hec.usace.army.mil/newsletters/HEC_Newsletter_Summer2014.pdf

Gálvez, B., & Javier, J. (2021). Diseño hidráulico del sistema de drenaje matriz de la cuenca noroeste de la ciudad de Guayaquil.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16615>

Gaspari, F. J., Diaz Gomez, A. R., Delgado, M. I., & Senisterra, G. E. (2015). Evaluación del Servicio Ambiental de provisión hídrica en cuencas hidrográficas del sudeste bonaerense, Argentina. *Rev. Fac. Agron.*, 114(1), 214–221.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48783/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Revista Electrónica Del Comité de Medio Ambiente*, 143–148.

<https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/download/476/505/>

Gavit, B., Purohit, R., Singh, P., Kothari, M., & Jain, H. (2016). Grouping of Geomorphic Parameters in Selected Watershed using Principal Component Analysis for Hydrological Modelling.

<http://www.isca.in/IJENS/Archive/v5/i12/2.ISCA-IRJEvS-2016-118.pdf>

Hayes, C. (2008). *HILDA Standard Errors: A Users Guide*.

<https://melbourneinstitute.unimelb.edu.au/assets/documents/hilda-bibliography/hilda-technical-papers/Hilda-Standard-Errors-2.08-Technical-paper-RVSD.pdf>

Henríquez Opazo, Osvaldo. (2013). *Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial*. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, Gobierno de Chile.

Herencia Félix, B. G., & Carrera Saavedra, C. E. (2019). Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 22(44), 15–24.

<https://doi.org/10.15381/iigeo.v22i44.17282>

Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, 13(1), 350. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>

Ibisate González De Matauco, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1079160.pdf>

Jardi, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, 41–68. <https://raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/download/45789/56812/0>

Junco Fuentes, A. J. (2004). Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2009/02/morfometria_pico_tancitaro.pdf

León Kuonquí, E. N. (2019). Monte Sinaí Tierra De Nadie- Ley 88. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13502>

Suplemento Ley 88, Pub. L. No. 105, Reforma Registro Oficial №105 1 (2013). <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Ley-88-Reforma-Ley-88-2013.pdf>

GACETA OFICIAL №70, Ordenanza para la Aplicación de la Legalización de Predios, Acorde a lo Establecido en la Reforma a La Ley 2007-88 Publicada en el Registro Oficial No. 105 del 21 de octubre del 2013 1 (2014). <https://bit.ly/gacetaoficial70>

Magesh, N. S., Jitheshlal, K. v., Chandrasekar, N., & Jini, K. v. (2012). GIS based morphometric evaluation of Chimmini and Mupily watersheds, parts of Western Ghats, Thrissur District, Kerala, India. *Earth Science Informatics*, 5(2), 111–121. <https://doi.org/10.1007/s12145-012-0101-3>

- Maquilón, O. (2021). Conflictos socio políticos en torno a los Asentamientos Irregulares en el sector Monte Sinaí, Guayaquil.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54956>
- Mélice, J.-L., & Reason, C. J. C. (2007). Return period of extreme rainfall at George, South Africa. <http://www.scielo.org.za/pdf/sajs/v103n11-12/a1410312.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>
- Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la Ingeniería: Vol. 2da Edición (ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, Ed.; 2da Edición). Escuela Colombiana de Ingeniería. <https://studylib.es/doc/9065443/hidrolog%C3%ADa-en-la-ingenier%C3%ADa--2da-edici%C3%B3n---germ%C3%A1n-monsalv...>
- MTOP. (2013). Norma para Estudios y Diseño Vial -Libro B (Volumen No 2). Subsecretaría de Infraestructura del Transporte.
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Muthusi, N. N., Dulo, S. O., & Kuria Ndiba, P. (2020). Runoff Estimation for an Urban Area using SCS-CN Method, Remote Sensing and Geographic Information Systems Approach: A Case Study of Mavoko Municipality, Kenya. www.ijert.org

- Narea, V., Fonseca, R., Rodríguez, K., & Armijo Baño, C. (2016). Análisis situacional integral de salud en la comunidad el Fortín, Guayaquil. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 4(31), 1–10. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp1-10>
- OMM. (1996). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos*. https://www.pluviometro.com/temasdivul/wmo_8-1996_espfd.pdf
- Perales-Momparler, S., & Andrés-Doménech, I. (2016). *Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia*. <https://www.researchgate.net/publication/237213737>
- Pereira Pérez, Z. (2011). Mixed Method Designs in Education Research: A Particular Experience. In *Revista Electrónica Educare: Vol. XV. Enero-Junio*. <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>
- Ponce Chiriboga, E. (2014). *Los Consejos Ciudadanos y La Gobernabilidad: Monte Sinaí*. Secretaría de Gestión de Riesgos, 1–15. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/LOS-CONSEJOS-CIUDADANOS-Y-LA-GOBERNABILIDAD.pdf>
- Potter, M. C., Wiggert, D. C., & Ramadan Cuarta Edición, B. H. (2001). *Mechanics of Fluids*. https://www.academia.edu/43519179/MEC%C3%81NICA_DE_FLU%C3%8DDOS
- Rodríguez M., E. A. (2005). *Metodología de la investigación*. https://www.academia.edu/37714580/Metodolog%C3%ADa_de_la_investig

aci%C3%B3n_Ernesto_A_Rodr%C3%ADguez_Moguel_LIBROSVIRTUA
L

Suárez Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, 1–550.

Toledo, B. B. (2022). Evaluación de riesgo por inundación pluvial en la zona urbana del distrito de Ocuvi, Provincia de Lampa.
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/18110/Toledo_Andia_Beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toulkeridis, T., Francisco, A. :, & Guerrón, M. (2010). Manual para la evaluación de los factores de vulnerabilidad y su aplicación en el Ecuador.
<https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/handle/24000/436/IAEN-M020-2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Trapote Jaume, A., & Fernández Rodríguez, H. (2016). Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible.

UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional Para La Reducción de Desastres de Las Naciones Unidas, 1–43.
https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

USACE. (2022a, March 11). HEC-RAS New Features. US Army Corps of Engineers-New Features. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

USACE. (2022b, June 21). HEC-HMS Release Notes. US Army Corps of Engineers-Release Notes. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

Vargas, A., & Monroy, J. C. (2018). Estudio del comportamiento de modelos hidrológicos bajo un análisis de sensibilidad e incertidumbre. 27(1). <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231122666006.pdf>

Vargas Cordero, Z. R. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Universidad de Costa Rica. <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

Ven Te Chow. (1994). Hidráulica de canales abiertos. McGraw Hill. https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANALES_ABIERTOS

Villón Bejar, M. (2007). Hidráulica de Canales 2da Edición. <https://www.scribd.com/document/370821111/HIDRAULICA-DE-CANALES-MAXIMO-VILLON-pdf>

Villón, M. (2022). Hidroesta 2. Blogspot. <http://maximovillon.blogspot.com/p/hidroesta.html>

Visión Mundial Canadá. (2004). Manual de manejo de cuencas. <https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>