



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

MODALIDAD: PROYECTO TÉCNICO

TEMA:

“DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN PARA DESAZOLVAR DEL CAUCE DEL RÍO PORTOVIEJO DESDE LA PRESA SALAZAR BARRAGÁN HASTA EL PUENTE DE LA VÍA AYACUCHO, EN EL CANTÓN SANTA ANA, PROVINCIA DE MANABÍ”

AUTORES:

CHÁVEZ ALVARADO GREGORY DAMIÁN
MONTANERO ZAMBRANO LENIN JOEL

TUTOR:

ING. JAVIER ENRIQUE BAQUE SOLÍS

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

Junio 2026

Certificado del tutor

Como tutor académico de la carrera de Arquitectura en la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico lo siguiente:

He supervisado y orientado la elaboración del trabajo de titulación, completando un total de 384 horas, bajo la modalidad de Proyecto Técnico. El tema del proyecto se titula " DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN PARA DESAZOLVAR DEL CAUCE DEL RÍO PORTOVIEJO DESDE LA PRESA SALAZAR BARRAGÁN HASTA EL PUENTE DE LA VÍA AYACUCHO, EN EL CANTÓN SANTA ANA, PROVINCIA DE MANABÍ". Este proyecto ha sido desarrollado conforme a los lineamientos internos de la mencionada modalidad, y ha cumplido con los requisitos establecidos por el Reglamento de Régimen Académico. Por lo tanto, **certifico** que el proyecto mencionado posee los méritos académicos, científicos y formales necesarios para ser evaluado por el tribunal de titulación designado por la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde a Chávez Alvarado Gregory Damián y Montanero Zambrano Lenin Joel, estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2025 (2), quienes se encuentra aptos para la sustentación de su trabajo de titulación.

Certifico lo anterior para los fines pertinentes, a menos que la ley disponga lo contrario.

Manta, 30 de junio de 2026.

Lo certifico,



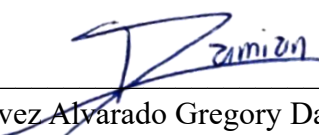
Ing. Javier Enrique Baque Solís
Tutor

Declaración de autoría

Yo, Chávez Alvarado Gregory Damián con C.C. 131684223-4, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Técnico con el tema “DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN PARA DESAZOLVAR DEL CAUCE DEL RÍO PORTOVIEJO DESDE LA PRESA SALAZAR BARRAGÁN HASTA EL PUENTE DE LA VÍA AYACUCHO, EN EL CANTÓN SANTA ANA, PROVINCIA DE MANABÍ”, el cual fue dirigido por el tutor, Ing. Javier Enrique Baque Solís.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 30 días del mes de junio de dos mil veinte y seis.



Chávez Alvarado Gregory Damián
C.C. 131684223-4
Autor

Declaración de autoría

Yo, Montanero Zambrano Lenin Joel con C.C. 135128687-5, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Técnico con el tema “DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN PARA DESAZOLVAR DEL CAUCE DEL RÍO PORTOVIEJO DESDE LA PRESA SALAZAR BARRAGÁN HASTA EL PUENTE DE LA VÍA AYACUCHO, EN EL CANTÓN SANTA ANA, PROVINCIA DE MANABÍ”, el cual fue dirigido por el tutor, Ing. Javier Enrique Baque Solís.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 30 días del mes de junio de dos mil veinte y seis.



Montanero Zambrano Lenin Joel

C.C. 135128687-5

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

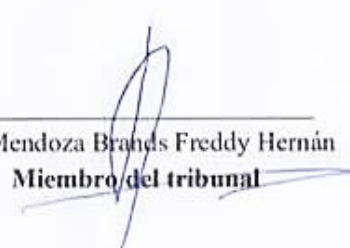


UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: **“DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN PARA DESAZOLVAR DEL CAUCE DEL RÍO PORTOVIEJO DESDE LA PRESA SALAZAR BARRAGÁN HASTA EL PUENTE DE LA VÍA AYACUCHO, EN EL CANTÓN SANTA ANA, PROVINCIA DE MANABÍ.”** elaborado por la egresada: CHÁVEZ ALVARADO GREGORY DAMIÁN y MONTANERO ZAMBRANO LENIN JOEL de la Carrera de Ingeniería Civil.

INGENIERA CIVIL

Aprobado por el Tribunal Examinador



Ing. Mendoza Brands Freddy Hernán
Miembro del tribunal



Ing. Villacreses Vera Adolfo Fernando
Miembro del tribunal

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación es el resultado de años de dedicación y disciplina, y se lo dedico, antes que nada, a Dios, por concederme la sabiduría y la resiliencia frente a los complejos desafíos que exige la formación profesional.

A mis padres, mi mayor referente de rectitud, esfuerzo y perseverancia. Gracias por sus incontables sacrificios, por comprender mis ausencias durante las largas jornadas de estudio y por su amor incondicional. Ustedes son los cimientos sobre los cuales he construido este logro; gracias por creer firmemente en mis capacidades y ser mi motor principal.

A mis amigos y compañeros de ruta, por su valiosa compañía, por las horas compartidas debatiendo ideas y por hacer que la carga de esta etapa fuera mucho más ligera y llena de buenos recuerdos. Su motivación y solidaridad han sido vitales para llegar hasta aquí.

Finalmente, extendiendo esta dedicatoria a todos aquellos que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la materialización de este objetivo. A los futuros lectores y colegas, les entrego este trabajo con la sincera esperanza de que la investigación aquí plasmada trascienda, enriquezca su formación y sirva como un aporte real y práctico para nuestra sociedad.

Chávez Alvarado Gregory Damián

Dedicatoria

Dedico este proyecto en primer lugar a Dios, por darme la fe de que con él todo se puede, por ser paciente y sabio, para alcanzar mis metas; a mis padres, Oswaldo y Ana, por su amor, apoyo y motivación constante; a mi papi que aunque no estará presente en estos momentos físicamente fue parte de toda la formación de valores en mi vida, a mi mami que con sus oraciones puedo seguir adelante a mis hermanos Jordy y Jimmy, así como a mis amigos Joel, Dhagmar, José Luis, Eduardo, Paúl, Roxanna y Amy, por su compañía, apoyo y ánimo durante todo este proceso.

Asimismo, dedico este trabajo a todos los lectores y mi cantón, esperando que este proyecto sirva de aporte a dar solución de la misma y motivación en su propio camino académico y profesional.

Montanero Zambrano Lenin Joel

Agradecimiento

El presente logro es el resultado de un largo camino, y deseo dedicarlo y agradecer, antes que nada, a Dios. Gracias por obsequiarme cada momento vivido, por ser mi refugio espiritual y por brindarme la resiliencia y la sabiduría para no decaer frente a las adversidades académicas.

A mis padres, quienes son mi mayor inspiración. Gracias por brindarme un apoyo que no conoce límites, por abrazarme con sus palabras de aliento cuando el cansancio aparecía, y por estar siempre presentes. Su respaldo me ha dado la seguridad para perseguir mis sueños; ustedes son, sin duda, parte esencial de esta victoria.

A mi compañero de investigación, Lenin Montanero, y al Ing. Javier Baque. Este proyecto lleva impreso el esfuerzo conjunto, las horas de análisis y la dedicación de un gran equipo. Gracias por su invaluable orientación técnica, por asumir este reto con absoluta responsabilidad y por el compromiso demostrado de principio a fin.

A mis amigos y compañeros de ruta, cuya lealtad y ánimo constante convirtieron los momentos de mayor estrés en recuerdos memorables. Gracias por caminar a mi lado durante estos años.

De manera muy especial, a Leyla Castro, mi compañera de vida. Gracias por tu amor incondicional, por tu paciencia infinita durante los días interminables de trabajo y por ser ese apoyo silencioso pero constante que me dio la tranquilidad para seguir avanzando.

Por último, mi gratitud eterna a todos aquellos que aportaron directa o indirectamente a la materialización de este objetivo, celebrando conmigo el cierre de este ciclo y el comienzo de mi nueva vida profesional.

Chávez Alvarado Gregory Damián

Agradecimiento

A Dios, en primer lugar, por obsequiarme cada momento vivido, la fortaleza, la paciencia y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi formación académica, por acompañarme en cada instante.

A mis padres, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su constante motivación y estar presentes, brindándome su respaldo y alentándome a cumplir cada una de mis metas.

A mis familiares paternos y maternos, que de una y otra forma fueron parte de este proceso, en especial a mis tíos maternos que me inculcaron conocimientos sobre la construcción desde muy pequeño, por estar siempre presente, por su cariño, consejos y apoyo sincero, que han sido una fuente de fortaleza, y a mis hermanos Jordy y Jimmy, por su compañía y motivación durante este proceso académico.

A Brittany mi hermana de la vida, por escucharme y aconsejarme siempre.

A mi compañero de tesis, Damián Chávez; y al Ing. Javier Baque, por la orientación, el compromiso, la responsabilidad y el trabajo en equipos demostrados durante el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos Joel, Dhagmar, José Luis, Paúl, Eduardo, Roxanna y Amy, por su apoyo, amistad y motivación a lo largo de esta etapa académica.

A Belén, por su amor, apoyo, paciencia y compañía constante.

Finalmente, agradezco a todos quienes contribuyeron a la culminación de esta meta y me acompañaron en el inicio de una nueva etapa.

Montanero Zambrano Lenin Joel

Síntesis y palabras clave

Los sedimentos fluviales son fenómenos que reducen la capacidad de conducción hídrica de los cauces fluviales, cuya frecuencia es casi absoluta en todos los ríos del mundo. En Manabí, el río Portoviejo es una fuente hidráulica importante para el desarrollo de actividades de producción y abastecimiento. El tramo entre la presa Salazar Barragán y el puente de la vía Ayacucho del cantón Santa Ana, es uno de los sectores de mayor afectación natural en razón a la presencia de materiales sedimentarios como arena, limos y demás elementos considerados de arrastre que son depositados sobre el lecho del río. A pesar de las intervenciones realizadas por las autoridades competentes, aún no se dispone de una cuantificación actual y sustentada del volumen de material sedimentado. Por este motivo, el objetivo central del estudio se orientó a determinar el volumen de excavación requerido para desazolvar el cauce del Río Portoviejo, en el tramo comprendido entre la presa Salazar Barragán y el puente de la vía Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia de Manabí. Se encontró que la acumulación de sedimentos ha reducido la capacidad de conducción del río, limitándola a un caudal de 178.67 m³/s. Se concluyó que volumen total de material sedimentado que obstruye el cauce del río es de 28,268.8m³, cuyo costo de obra estimada es de \$81.869,29 conforme al Análisis de Precios Unitarios. Se recomienda realizar trabajos periódicos de mantenimiento y limpieza bajo criterios técnicos-ambientales que reduzcan los posibles impactos en el ecosistema fluvial del cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

Palabras clave: Abastecimiento, cause, ecosistema, producción, sedimentación

Abstract and Keywords

River sedimentation is a phenomenon that reduces the water-carrying capacity of river channels, occurring almost universally in rivers worldwide. In Manabí, the Portoviejo River is a vital water source for agricultural production and supply activities. The section between the Salazar Barragán Dam and the Ayacucho Highway bridge in the Santa Ana canton is one of the most affected areas due to the presence of sedimentary materials such as sand, silt, and other transported elements deposited on the riverbed. Despite interventions by the relevant authorities, a current and reliable quantification of the volume of sediment is still unavailable. Therefore, the central objective of this study was to determine the volume of excavation required to dredge the Portoviejo River channel in the section between the Salazar Barragan Dam and the Ayacucho Highway bridge in the Santa Ana canton, Manabí province. Sediment accumulation has been found to have reduced the river's flow capacity, limiting it to a flow rate of 178.67 m³/s. The total volume of sediment obstructing the river channel is estimated at 28,268.8 m³, with a projected cost of \$81,869.29 based on the Unit Price Analysis. Periodic maintenance and cleaning are recommended, following technical and environmental criteria to minimize potential impacts on the river ecosystem of the Santa Ana canton, Manabí province.

Keywords: Water supply, riverbed, ecosystem, production, sedimentation

Tabla de contenido

Certificado del tutor	¡Error! Marcador no definido.
Declaración de autoría	ii
Aprobación del trabajo de titulación.....	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	viii
Síntesis y palabras clave	x
Abstract and Keywords.....	xi
Índice de ilustraciones.....	xv
Índice de tabla	xvi
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	3
3. Planteamiento del problema.....	6
4. Objetivos.....	8
4.1 Objetivo general.....	8
4.2 Objetivos específicos	8
5. Justificación	9
6. CAPÍTULO I: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	11
6.1 Aspectos generales.....	11
6.1.1 Aspectos físicos del terreno	11
6.1.1.1 Ubicación	11
6.1.1.2 Área del proyecto.....	11
6.2 Levantamiento topográfico	12
6.2.1 Planimetría y Altimetría.....	12
7. CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CONCEPTUAL	21

7.1 Sedimentación fluvial.....	21
7.2 Azolvamiento de cauces.....	21
7.3 Hidráulica de canales y cauces naturales	22
7.4 Ecuación de Manning.....	23
7.5 Levantamiento topográfico: tecnología GNSS-RTK	24
7.6 Modelos digitales del terreno	25
7.7 Cuantificación volumétrica: secciones transversales	25
8. CAPÍTULO III: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CRITERIOS DE DISEÑO..	27
8.1 Levantamiento topográfico.	27
8.1.1 Equipos y herramientas utilizados.	28
8.1.2 Establecimiento de secciones transversales.	30
8.2 Definición del perfil de diseño del cauce y criterios hidráulicos.	32
8.2.1 Criterios de diseño hidráulico.	33
8.2.2 Ecuación de Manning.	34
8.2.3 Escenario actual: caos morfológico.	34
8.2.4 Escenario proyectado: optimización y eficiencia.	35
8.2.5 Control de velocidades permisibles.	36
8.2.6 Geometría de la sección de excavación.	36
8.3 Análisis hídrico mediante la ecuación de Manning: velocidad y caudal	38
8.4 Rediseño hídrico mediante la ecuación de Manning.....	39
9. CAPÍTULO IV: PROCESAMIENTO DE DATOS Y CUBICACIÓN	41
9.1 Procesamiento y análisis de datos.	41
9.1.1 Desglose del flujo de trabajo en gabinete.	42
9.1.2 Digitalización de la topografía.....	43
9.1.3 Generación de perfiles y secciones.....	45

9.1.3.1	Perfil longitudinal: control altimétrico del proyecto.....	46
9.1.3.2	Secciones transversales: delimitación geométrica de la excavación.	47
9.2	Metodología para la determinación del volumen de excavación.	47
9.2.1	Método de las áreas medias.	48
9.2.2	Selección de maquinaria y rendimientos.	49
9.2.3	Consideraciones críticas sobre el alcance operativo del equipo	50
10.	CAPÍTULO V: PRESUPUESTO REFERENCIAL	53
10.1	Análisis de precios unitarios del rubro.....	53
10.2	Presupuesto referencial: desazolve del tramo del río Portoviejo.	54
11.	CAPÍTULO VI: CUANTIFICACIÓN VOLUMÉTRICA DEL DESAZOLVE	56
11.1	Desglose segmentado de los volúmenes del río Portoviejo	56
11.2	Interpretación dinámica de la cubicación por sectores	56
11.3	Consideraciones logísticas	57
12.	Conclusiones.....	59
13.	Recomendaciones	60
14.	Bibliografía	61
15.	Anexos	66

Índice de ilustraciones

Ilustración 1	Área del proyecto: tramo de estudio del río Portoviejo	11
Ilustración 2	Puntos de quiebre morfológicos.....	31
Ilustración 3	Elevación del tramo de estudio del río Portoviejo.	41
Ilustración 4	Secciones de 20m del tramo de estudio del río Portoviejo	41
Ilustración 5	Perfiles y secciones del tramo analizado del río Portoviejo.....	45
Ilustración 6	Perfil longitudinal del tramo analizado del río Portoviejo	46

Índice de tabla

Tabla 1 Delimitación del tramo de estudio del río Portoviejo	11
Tabla 2 Planimetría y altimetría: tramo de estudio del río Portoviejo	12
Tabla 3 Descripción de los valores de la ecuación universal de Manning.....	34
Tabla 4 Valores actuales del tramo del río Portoviejo sujeto a estudio práctico	38
Tabla 5 Rediseño del tramo del río Portoviejo sujeto a estudio práctico	39
Tabla 6 Fórmula: método de áreas extremas promedio.	48
Tabla 7 Datos generales del proyecto.....	53
Tabla 8 Equipos y maquinaria.....	53
Tabla 9 Costos de mano de obra	53
Tabla 10 Resumen APU: actividades de excavación y desalojo	54
Tabla 11 Parámetros considerados en el proyecto.....	54
Tabla 12 Presupuesto referencial final	55
Tabla 13 Desglose segmentado de los volúmenes del río Portoviejo	56
Tabla 14 Interpretación dinámica de la cubicación por sectores.....	56

1. Introducción

Los ríos son elementos vitales del ciclo hidrológico y del ecosistema ambiental, cuyos beneficios naturales permiten sostener hábitats completos y permitir el desarrollo social-ambiental de un territorio, al intervenir en las actividades productivas, agrícolas y urbanas en general (García, 2025). No obstante, los ríos no se encuentran exentos de procesos naturales como la erosión y la deposición de sedimentos, los cuales alteran su geometría, restringen su capacidad hidráulica y generan problemas relacionados a la gestión del recurso hidráulico.

Los sedimentos fluviales son los fenómenos causantes de reducir la capacidad de conducción de los cauces fluviales, cuya frecuencia es casi absoluta en los ríos de todo el mundo (Padilla & Peña, 2024). La acumulación de materiales sólidos altera el comportamiento de los sistemas fluviales, lo cual aumenta el nivel de agua en situaciones de fuertes lluvia, ocasionando inundaciones. Frente a esta situación, identificar y cuantificar el volumen de los sedimentos es importante para planificar intervenciones que minimicen el problema de las inundaciones y recuperen los cauces naturales.

En Manabí, el río Portoviejo es una fuente hidráulica importante para el desarrollo de actividades de producción y abastecimiento local (Culcay et al., 2026). Sin embargo, varios tramos del río han experimentado procesos de azolvamiento debido al sedimento, situación que ha modificado la geometría del cauce natural y una disminución de su capacidad hidráulica. En este aspecto, si bien es un problema importante en Portoviejo, adquiere mayor fuerza en aquellos sectores locales donde existen infraestructuras hidráulicas y poblaciones en las orillas del río.

En este contexto, el tramo entre la presa Salazar Barragán y el punto de la vía Ayacucho, de Santa Ana, presenta situaciones adversas que necesitan de una evaluación técnica para determinar el grado de sedimentación existente. Al determinar estos volúmenes, se podrán realizar planificaciones para actividades de desazolve, una elaboración presupuestaria

referencial y la toma de decisiones basada en informes técnicos que reduzcan los riesgos asociados a inundaciones y la conservación hidráulica del río.

En base a lo expuesto, el objetivo general de la investigación se centró en determinar el volumen de excavación requerido para desazolver el cauce del Río Portoviejo, en el tramo comprendido entre la presa Salazar Barragán y el puente de la vía Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia de Manabí. Para lograrlo, se desprenden los objetivos específicos los cuales pretenden realizar un levantamiento topográfico para determinar niveles del cauce y niveles de crecientes máxima; identificar y cuantificar los niveles de azolvamiento actuales comparándolos con datos históricos; aplicar métodos geomáticos y de cálculo volumétrico para estimar el volumen de material a remover; realizar el presupuesto referencial que demande la obra; y proponer recomendaciones técnicas para las labores de desazolve y manejo sostenible del cauce.

2. Antecedentes

Los autores Culcay et al. (2026) en su investigación titulada “El río Portoviejo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: un análisis integral basado en Una Salud”, abordaron las problemáticas actuales del río Portoviejo a nivel ambiental y social, debido a la contaminación industrial que compromete la salud de los seres vivos y ecosistemas que dependen del mismo. Para su análisis, el objetivo central fue estudiar la relación del deterioro y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), utilizando como principal enfoque, la salud. Se utilizó una revisión sistemática cuyo eje principal fue la calidad de agua, riesgos y la sostenibilidad del río Portoviejo.

Se encontró que la contaminación y sedimentación del río restringe el acceso a agua segura, lo que en ciertas ocasiones produce enfermedades transmitidas por el agua e inundaciones a las zonas aledañas. Se encontró que la pérdida de la biodiversidad es uno de los factores más impactados en el río al afectar sus ecosistemas naturales. Bajo este análisis, los autores concluyen que la gestión del río Portoviejo necesita de políticas públicas que alineen en una misma dirección salud, ambiente y sostenibilidad.

Desde un punto de vista sistemático, los autores Vines & Vera (2024) en su estudio “Estrategias de mitigación de riesgos por erosión fluvial del Río Portoviejo en el sector La mocora del Cantón Portoviejo”, analizan cómo la erosión del río afecta a hogares, infraestructura y ecosistemas cercanos. Para ello, el objetivo investigativo se orientó a diseñar alternativas que posibiliten la reducción de riesgos con base a experiencias internacionales como punto de partida. Se aplicó una metodología de revisión bibliográfica y validación de expertos que permitieron detectar áreas críticas y procesos erosivos.

Los datos obtenidos indicaron que la erosión en determinadas zonas del río Portoviejo requieren de intervención emergente, planteando estrategias relacionadas a la reforestación en zonas degradadas, construcción de muros de contención y bioingeniería que establezca las

riberas. Los autores concluyen que la gestión del río Portoviejo necesita incluir soluciones con participación local y políticas públicas que avalen la seguridad local y la conservación de un entorno natural.

Para Pinto & Prehn (2023) en su investigación denominada “Análisis de la cuenca del río Portoviejo y el plan de contingencia ante el fenómeno de el niño”, el río Portoviejo enfrenta problemas por los cambios climáticos extremos, los cuales son la inundaciones y desbordamientos. El objetivo del estudio se orientó a conocer las características (sociales y físicas) del río para proponer un plan de contingencia que reduzca los riesgos. La investigación se llevó a cabo mediante una metodología descriptiva y explicativa con sustento bibliográfico e histórico, permitiendo detectar tramos críticos y su relación histórica pasada.

El fenómeno del niño aumenta los riesgos de inundaciones en el río Portoviejo, al igual que los deslizamientos y los daños a la infraestructura territorial. Los autores concluyen que la reducción de los problemas depende de una planificación adaptada a las condiciones locales con obras de protección, sistemas de alerta y participación de comunidades que garanticen la seguridad de la comunidad ribereña.

Tal como indica Pinargote & Álvarez (2023) en su artículo “Calidad de agua del río Portoviejo y su incidencia en el turismo”, la condición del río incide en la percepción de los visitantes y por supuesto, su desarrollo turístico. El artículo presentó como principal objetivo la determinación de la relación calidad de agua y afluencia turística, realizando muestreos en varios puntos del río. Se aplicó una metodología que implicó el análisis de laboratorio y la aplicación del modelo Battelle-Columbus, el cual permitió estudiar el impacto ambiental y social relacionado al recurso hídrico del Santa Ana.

Se evidenció que el agua del río tiene altos niveles de nitratos y olores, determinándola como contaminada, lo cual influye en cómo lo ven los turistas de la zona, además de restringir el potencial del río como atractivo natural. Pese a la detección de elementos positivos como la

ecología, predominan elementos negativos como la estética y la contaminación, cuya conclusión aludió a que el mejoramiento de la calidad del agua si es posible al aplicar estrategias de gestión ambiental.

Para Quijano (2022) en su estudio “Contaminación del río Portoviejo producida por las actividades antrópicas de la ciudadela La Paz, cantón Portoviejo, provincia de Manabí”, la problemática parte de las actividades humanas y elementos naturales que interfieren en el caudal. El objetivo del estudio centró en identificar la contaminación producidos por la acumulación de residuos y sedimentaciones que deterioran el entorno local del río. Se aplicó una metodología mixta con encuestas y entrevistas para obtener una visión precisa de cómo las intervenciones del hombre y la naturaleza afectan el recurso hídrico.

Los resultados dejan en claro que la contaminación altera la biodiversidad del río e incrementa los riesgos para la población que vive cerca ya que limita el uso del agua como fuente segura. El autor concluye que es necesario la implementación de políticas y de gestión ambiental para minimizar las consecuencias negativas, dejando en evidencia que la recuperación del río Portoviejo depende del compromiso de las autoridades y los habitantes para evitar inundaciones y contaminaciones.

3. Planteamiento del problema

A nivel internacional, es inevitable que la capacidad hidráulica y el funcionamiento de estructuras relacionadas se vea afectada por la sedimentación de los ríos (Hansen et al., 2022). Bajo este escenario, la acumulación de estos sedimentos aumenta el riesgo de inundaciones y crea la necesidad de realizar constantemente labores de mantenimiento y desazolve que avalen la funcionalidad natural de los sistemas fluviales.

En Ecuador, un gran porcentaje de ríos presentan problemas de sedimentación relacionados a la erosión y el transporte de materiales cuando llueve intensamente (Morales, 2024), lo que afecta la conducción fluvial y la capacidad para gestionar adecuadamente el recurso hídrico, sobre todo en provincias como Manabí, donde los ríos ayudan al abastecimiento del agua y a las actividades productivas locales.

El río Portoviejo es considerado uno de los principales sistemas hídricos en todo Manabí, cuya función es el abastecimiento de agua y el equilibrio ambiental de los territorios aledaños a la zona de influencia (Guambo et al., 2022). Empero, en las últimas décadas se ha visualizado una acumulación de sedimentos en varios tramos del cauce, situación que ha alterado las condiciones y las capacidades de conducción hídrica, representando un problema que se debe de tratar lo más pronto posible.

El tramo entre la presa Salazar Barragán y el puente de la vía Ayacucho del cantón Santa Ana, es uno de los sectores de mayor afectación natural en razón a la presencia de materiales sedimentarios como arena, limos y demás elementos considerados de arrastre que son depositados sobre el lecho del río. A este fenómeno se le debe sumar la acumulación de ramas o residuos vegetales que son transportados por las crecientes, generando obstrucciones parciales dentro del cauce.

Pese a las intervenciones realizadas por las autoridades competentes, aún no se dispone de una cuantificación actual y sustentada del volumen de material sedimentado del tramo entre

la presa Salazar Barragán y el puente de la vía Ayacucho. Esta limitación documental y procedimental dificulta la correcta planificación para eventos futuros de desazolve, la estimación de costos y la asignación de recursos, situación que se pretende resolver en este estudio investigativo y práctico. De esta manera, se presenta como pregunta investigativa: *¿Cuál es el volumen real de excavación necesario para desazolver el cauce del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho ubicado en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí?*

Bajo este escenario, se presenta la necesidad de determinar el volumen de excavación necesario para desazolver del cauce del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, por medio de un levantamiento topográfico y su respectiva cuantificación volumétrica que posibilite la generación de información técnica actualizada para planificar intervenciones y gestiones futuras sobre el recurso hídrico.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Determinar el volumen de excavación requerido para desazolver el cauce del Río Portoviejo, en el tramo comprendido entre la presa Salazar Barragán y el puente de la vía Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

4.2 Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento topográfico con equipo de Cinemática en Tiempo Real (RTK) para determinar los niveles del cauce y azolvamiento presentado en el río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho.
- Cuantificar el volumen volumétrico del tramo analizado del río Portoviejo mediante el software AutoCAD Civil 3D para conocer el volumen de sedimento a remover.
- Desarrollar un presupuesto referencial mediante el estudio del rendimiento de la maquinaria pesada para el proceso de excavación y desalojo del material sedimentario.
- Proponer recomendaciones técnicas en base a evidencia sólida para las labores de desazolve y manejo sostenible del cauce del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho.

5. Justificación

Indiscutiblemente, la acumulación de sedimentos en el cauce del río Portoviejo, específicamente entre la Presa Salazar Barragán y el Puente de la Vía Ayacucho, ha modificado la geometría natural del río y por consecuencia, la reducción de su capacidad hidráulica. Este escenario constituye un problema real para el cantón Santa Ana, cuyo azolvamiento altera el flujo hídrico y la eficiencia para transportar los caudales en períodos de mayores precipitaciones.

A nivel social, reducir la capacidad de conducción del río aumenta las probabilidades de desbordamientos e inundaciones en las zonas cercanas al cauce, generando pérdidas materiales (viviendas e infraestructura pública) e impactando las actividades económicas-productivas del cantón Santa Ana. Por lo expuesto, es importante que se disponga de información técnica que apoye las gestiones preventivas de riesgos coligados a eventos hidrológicos excesivos.

Desde una perspectiva ambiental e hidráulica, el estudio permite entender cuáles son las condiciones actuales del cauce y su grado de sedimentación, constituyendo un elemento crucial para planificar acciones de mantenimiento y recuperación de la funcionalidad hidráulica del río Portoviejo. De esta manera, se favorece pública con mayor adecuación de los recursos naturales y de los ecosistemas asociados al entorno fluvial del cantón Santa Ana y la provincia de Manabí en general.

Bajo criterios técnicos, la investigación determinará el volumen de excavación necesario para el desazolve del cauce por medio de la aplicación de levantamientos topográficos, procesamiento y cuantificación volumétrica actualizada. Asimismo, la justificación teórica se presenta al integrar conocimientos relacionados topografía, hidráulica de cauces naturales, sedimentación fluvial, entre otros. Esta aplicación conjunta de conocimientos fortalecerá el análisis de una problemática real en el contexto manabita.

Los datos obtenidos servirán de soporte para las instituciones responsables de planificar y gestionar el recurso hídrico; al ofrecer información técnica y confiable tendrán un guía de apoyo para la toma de decisiones fundamentadas. En última instancia, la metodología utilizada servirá como referencia para estudios similares llevados a cabo en otros tramos del río Portoviejo o con características similares, asistiendo a una planificación territorial y al manejo sostenible de los sistemas fluviales del país.

6. CAPÍTULO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

6.1 Aspectos generales

6.1.1 Aspectos físicos del terreno

Se presenta un relieve colinado con riesgo de inundación en estaciones de lluvia.

6.1.1.1 Ubicación

El área de estudio comprende el cauce del río Portoviejo (desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho) del cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

Tabla 1

Delimitación del tramo de estudio del río Portoviejo

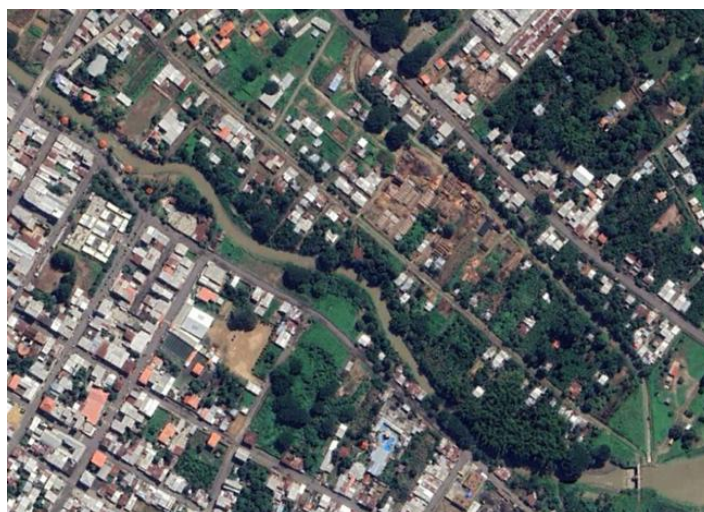
Punto de referencia	Infraestructura asociada	Función estratégica
Punto inicial (PI)	Presa Salazar Barragán	- Control/desvío del flujo de agua. - Mitigación de palizadas.
Punto final (PF)	Puente de la vía Ayacucho	- Conectividad vial crítica.
Tramo de intervención	Cauce azolvado	- Restablecimiento de capacidad hidráulica.

Nota. La presente tabla es de autoría.

6.1.1.2 Área del proyecto

Ilustración 1

Área del proyecto: tramo de estudio del río Portoviejo



Nota. Autoría propia utilizando Google Earth.

6.2 Levantamiento topográfico

6.2.1 Planimetría y Altimetría.

La corriente principal del río Portoviejo presenta valores estimados a los 130km zigzagueando entre una topografía agrícola y valles aluviales. El tramo de estudio presentó 349 puntos, los cuales se obtuvieron en el proceso de levantamiento topográfico con RTK, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2

Planimetría y altimetría: tramo de estudio del río Portoviejo

Punto	X	Y	Z	Descripción
1	9866537.4818	570619.2389	74.2273	Set base
2	9866363.0127	570784.8882	74.2211	puerta
3	9866368.4384	570777.7276	74.1591	puerta
4	9866376.1289	570767.2974	73.9871	puerta
5	9866364.8712	570774.9495	70.1821	puerta
6	9866346.9567	570767.9528	69.6591	f
7	9866355.3080	570765.0417	70.2611	esp a
8	9866364.5928	570766.4198	70.6991	cn
9	9866367.8311	570767.9650	70.6041	cn
10	9866367.0854	570760.3614	70.4621	cn
11	9866363.5258	570759.6466	70.7861	cn
12	9866351.0200	570757.0716	70.2101	esp a
13	9866366.4362	570747.7520	70.4501	cn
14	9866365.3702	570735.4891	70.5081	cn
15	9866361.3520	570735.1496	70.5831	cn
16	9866354.9560	570734.5393	70.1991	esp a
17	9866347.0961	570733.9190	69.7641	f
18	9866373.2044	570725.4408	73.7651	cn
19	9866365.5121	570726.6199	70.6921	cn
20	9866359.0664	570725.6638	70.5201	cn
21	9866357.2464	570725.5664	70.2051	esp a
22	9866363.3262	570716.3265	70.2251	cn
23	9866370.6291	570714.4979	72.9251	cn
24	9866361.8674	570712.9047	70.1911	esp a
25	9866351.9991	570710.2149	69.9321	f
26	9866365.6202	570708.3735	71.2931	cn
27	9866363.2546	570707.4276	70.1591	esp a
28	9866365.5306	570688.9444	70.1171	esp a
29	9866356.8925	570687.1511	69.9691	f

Punto	X	Y	Z	Descripción
30	9866358.1593	570672.7888	69.7451	f
31	9866366.2008	570673.5254	71.7581	cn
32	9866366.9945	570673.4433	71.8351	cn
33	9866371.4137	570670.5747	73.4801	cn
34	9866365.7054	570667.1575	70.1941	esp a
35	9866364.4708	570666.8450	69.6711	f
36	9866358.1083	570663.5733	69.6461	f
37	9866368.0819	570654.2341	70.1681	esp a
38	9866365.6601	570654.4534	69.7211	f
39	9866360.1255	570651.2280	69.8751	f
40	9866371.0732	570639.8914	70.2131	esp a
41	9866370.5636	570639.6173	69.8911	f
42	9866364.1743	570635.2550	69.8841	f
43	9866379.9084	570624.4274	71.7911	cn
44	9866376.4694	570620.3049	70.2021	esp a
45	9866374.8134	570619.7435	69.7881	f
46	9866371.4989	570617.3127	69.6751	f
47	9866383.0656	570594.7876	69.5521	f
48	9866389.8670	570585.5079	69.6201	f
49	9866406.4544	570580.9211	71.3011	cn
50	9866404.9882	570578.7281	70.1511	esp a
51	9866403.1650	570572.7904	69.8781	f
52	9866400.6407	570568.5859	69.5801	f
53	9866435.9769	570554.0689	71.9271	cn
54	9866434.0284	570552.1523	70.1791	esp a
55	9866429.5920	570543.6947	69.6871	f
56	9866427.4202	570539.8361	69.5681	f
57	9866425.9620	570537.8941	69.4511	f
58	9866448.2817	570547.4139	73.1141	cn
59	9866446.9537	570543.9894	72.4021	cn
60	9866451.3507	570535.9243	70.1061	esp a
61	9866446.5358	570530.4850	69.6601	f
62	9866445.2709	570520.0882	69.7111	f
63	9866462.1468	570525.3309	70.1321	esp a
64	9866462.4068	570516.0689	69.6301	f
65	9866453.5364	570512.3481	69.7191	f
66	9866475.7963	570515.0371	70.1311	esp a
67	9866473.6076	570506.9097	69.6981	f
68	9866472.3787	570497.1331	69.6451	f
69	9866501.3187	570496.6319	70.0731	esp a
70	9866499.7979	570486.7743	69.6751	f
71	9866501.3983	570476.7486	69.6481	f

Punto	X	Y	Z	Descripción
72	9866500.1038	570474.2901	70.7251	cn
73	9866508.6539	570478.8012	69.6111	f
74	9866517.7884	570484.6715	70.0831	esp a
75	9866520.1910	570489.1216	73.0491	cn
76	9866531.8618	570484.2178	73.1731	cn
77	9866529.0127	570480.7411	71.7071	cn
78	9866528.5723	570478.3020	70.0901	esp a
79	9866524.7310	570470.7235	69.7561	f
80	9866522.1863	570460.8110	69.6501	f
81	9866521.7572	570460.5830	70.1001	esp a
82	9866521.1056	570458.7555	70.6091	cn
83	9866522.5970	570452.5804	72.8351	cn
84	9866531.3956	570452.1826	70.7761	cn
85	9866534.1750	570453.9248	70.0641	esp a
86	9866534.7688	570455.5859	69.5291	f
87	9866542.9178	570456.7791	69.5631	f
88	9866553.5575	570461.8312	70.0791	esp a
89	9866556.3825	570464.5897	71.8101	cn
90	9866551.3612	570451.5245	69.5861	f
91	9866545.3595	570446.7289	70.0771	esp a
92	9866546.5042	570437.3698	72.7511	cn
93	9866565.1817	570442.5700	69.6351	f
94	9866581.2593	570452.1135	73.2381	cn
95	9866578.5372	570447.0995	70.0221	esp a
96	9866567.6473	570424.8357	69.8901	f
97	9866567.5571	570424.5561	70.0341	esp a
98	9866568.8154	570415.9360	72.8631	cn
99	9866576.1654	570418.1442	69.9801	f
100	9866580.1736	570421.3695	69.9171	f
101	9866593.3992	570421.1249	69.6541	f
102	9866601.5155	570426.9556	69.9711	esp a
103	9866603.9838	570429.8983	73.2061	cn
104	9866590.0328	570382.5817	72.7891	cn
105	9866595.0793	570388.9612	70.2041	cn
106	9866605.1355	570394.6989	69.9831	esp a
107	9866610.8889	570396.7772	69.6991	f
108	9866626.6819	570397.9314	73.2131	cn
109	9866621.6981	570399.2327	69.9961	esp a
110	9866575.8274	570416.5664	69.9741	esp a
111	9866581.0374	570408.8377	70.1301	cn
112	9866586.1912	570413.1743	70.0051	esp a
113	9866597.7145	570404.0455	70.0101	esp a

Punto	X	Y	Z	Descripción
114	9866590.1828	570397.3570	70.0691	cn
115	9866608.7616	570383.8728	69.9801	esp a
116	9866600.6948	570377.0391	70.4691	cn
117	9866609.7917	570376.9128	69.9621	esp a
118	9866597.8873	570367.3831	73.2451	cn
119	9866609.8038	570366.7061	70.0341	esp a
120	9866617.1736	570373.3333	69.3291	f
121	9866624.5864	570371.6406	69.9441	esp a
122	9866634.1807	570372.3611	72.5841	cn
123	9866635.4312	570355.4737	73.0811	cn
124	9866631.8077	570347.2871	70.0001	esp a
125	9866631.4768	570346.0259	69.3671	f
126	9866626.4935	570340.6356	69.6821	f
127	9866615.1721	570329.2569	69.9621	esp a
128	9866606.2080	570332.7962	72.9671	cn
129	9866615.0283	570330.3877	69.9951	esp a
130	9866625.4444	570324.2155	69.6771	f
131	9866641.5002	570323.9075	73.2981	cn
132	9866643.5234	570315.2477	73.2431	cn
133	9866635.3770	570320.1603	69.9691	esp a
134	9866629.9398	570306.9174	69.5681	f
135	9866616.5783	570311.6872	69.9101	esp a
136	9866618.5308	570311.7201	69.8801	f
137	9866618.7352	570301.3816	69.9611	esp a
138	9866620.3479	570293.2300	69.9021	esp a
139	9866621.9148	570286.1106	69.9611	esp a
140	9866631.0314	570290.2477	69.6491	f
141	9866642.5475	570291.9429	69.9461	esp a
142	9866648.4563	570279.7171	69.9441	esp a
143	9866649.9271	570273.8907	69.9491	esp a
144	9866653.3242	570273.6092	70.1391	cn
145	9866659.0757	570277.4497	73.6961	cn
146	9866659.3922	570265.9446	70.2591	cn
147	9866654.8940	570261.5214	69.9081	esp a
148	9866649.1902	570255.9449	69.5051	f
149	9866637.5732	570253.3125	69.9441	esp a
150	9866643.2457	570245.6741	69.9111	esp a
151	9866653.1437	570247.8797	69.4631	f
152	9866661.4961	570251.0947	69.9311	esp a
153	9866667.2136	570253.7290	70.1211	cn
154	9866673.8346	570261.8920	73.9501	cn
155	9866681.6321	570252.3500	73.6041	cn

Punto	X	Y	Z	Descripción
156	9866690.4738	570244.0648	73.3111	cn
157	9866676.8005	570243.6934	70.2461	cn
158	9866671.7812	570238.9813	69.9071	esp a
159	9866666.7630	570234.3369	69.5281	f
160	9866661.5883	570227.9435	69.2651	f
161	9866660.9539	570227.2024	69.9881	esp a
162	9866668.5284	570222.2848	69.4841	f
163	9866667.9612	570222.1444	69.9191	esp a
164	9866675.1011	570223.6274	69.4271	f
165	9866685.0409	570227.6437	69.9001	esp a
166	9866691.0278	570230.7213	70.2901	cn
167	9866703.3913	570218.8427	70.1631	cn
168	9866701.1700	570215.0060	69.8841	esp a
169	9866706.6091	570211.7510	69.9031	esp a
170	9866708.8834	570213.9059	70.1471	cn
171	9866726.7425	570210.5268	73.0891	cn
172	9866732.9778	570202.9261	73.0031	cn
173	9866742.6330	570189.9278	73.0561	cn
174	9866707.0674	570202.2105	69.4861	f
175	9866698.9871	570196.7256	69.4821	f
176	9866698.2174	570196.6122	69.8831	esp a
177	9866703.5708	570190.2631	69.9011	esp a
178	9866699.0172	570187.6154	73.5551	cn
179	9866708.3585	570184.3116	69.9021	esp a
180	9866719.9864	570188.6640	69.5841	f
181	9866730.3114	570194.9287	69.8681	esp a
182	9866736.1538	570187.2051	69.8721	esp a
183	9866739.1090	570181.7402	69.9131	esp a
184	9866748.2218	570179.4884	72.9541	cn
185	9866746.7354	570172.5933	69.8731	esp a
186	9866727.3015	570180.6809	69.5671	f
187	9866715.7301	570173.1819	69.8931	esp a
188	9866709.9974	570165.4740	73.1631	cn
189	9866713.0865	570155.8132	72.8591	cn
190	9866719.4947	570159.9340	70.3281	cn
191	9866725.3174	570161.1015	69.8381	esp a
192	9866716.6306	570137.0044	73.0271	cn
193	9866720.3608	570141.7147	72.1101	cn
194	9866722.5653	570142.0327	70.4241	cn
195	9866725.7475	570143.0879	70.1731	cn
196	9866731.9228	570144.8215	69.8191	esp a
197	9866738.4614	570147.0078	69.4991	f

Punto	X	Y	Z	Descripción
198	9866747.1485	570150.4424	69.8781	esp a
199	9866745.7236	570141.8574	69.8591	esp a
200	9866742.1102	570133.8399	69.0521	f
201	9866747.9433	570134.3064	69.8741	esp a
202	9866753.7449	570129.5167	73.1081	cn
203	9866749.9264	570127.0228	69.8691	esp a
204	9866752.1702	570121.6737	69.8711	esp a
205	9866742.8303	570124.6006	69.2551	f
206	9866735.0192	570125.0296	69.8151	esp a
207	9866731.9287	570123.9545	69.9141	cn
208	9866727.2756	570122.0659	70.7931	cn
209	9866720.0167	570117.9151	73.2291	cn
210	9866724.4715	570110.7949	73.1221	cn
211	9866728.7535	570110.5288	70.7861	cn
212	9866734.8516	570105.0202	69.8641	esp a
213	9866736.6719	570107.6644	69.8411	esp a
214	9866734.7798	570118.0817	69.8351	esp a
215	9866746.8079	570112.8810	69.5051	f
216	9866754.9521	570114.4066	69.8581	esp a
217	9866758.9953	570106.6693	69.8401	esp a
218	9866767.1679	570108.7555	73.2511	cn
219	9866771.1057	570102.1171	73.1891	cn
220	9866777.8359	570093.1564	73.2061	cn
221	9866766.4185	570096.7831	69.8031	esp a
222	9866760.5348	570092.1833	69.5211	f
223	9866752.1480	570085.7960	69.1831	f
224	9866751.9534	570086.0604	69.9041	esp a
225	9866751.8278	570085.9436	70.3031	cn
226	9866765.6101	570083.5906	69.4911	f
227	9866774.8410	570085.6683	69.8251	esp a
228	9866779.6261	570078.4916	69.8231	esp a
229	9866781.6698	570079.4283	69.8641	cn
230	9866783.0233	570075.9621	69.7991	esp a
231	9866785.7709	570073.8684	69.8671	esp a
232	9866780.4093	570067.8280	69.6701	f
233	9866773.4083	570061.6315	69.1641	f
234	9866773.1695	570061.8168	69.8611	esp a
235	9866773.1142	570061.6022	70.1171	cn
236	9866778.4109	570055.0594	69.2711	f
237	9866778.4769	570054.8279	69.8311	esp a
238	9866777.9513	570055.3242	70.2691	cn
239	9866787.6411	570057.7700	69.6141	f

Punto	X	Y	Z	Descripción
240	9866796.6649	570059.6329	69.7171	esp a
241	9866797.9837	570063.7308	72.4201	cn
242	9866802.4189	570056.3884	72.4921	cn
243	9866805.3762	570051.6225	72.4571	cn
244	9866804.9914	570047.9844	69.7981	esp a
245	9866808.4667	570047.0331	72.4861	cn
246	9866807.8152	570043.7943	69.8071	esp a
247	9866811.4424	570037.9922	69.7551	esp a
248	9866813.7727	570038.9496	72.4071	cn
249	9866815.0081	570032.9612	69.7971	esp a
250	9866816.8163	570034.1418	72.5141	cn
251	9866801.1350	570038.0883	69.3651	f
252	9866792.5102	570031.8169	69.7821	esp a
253	9866789.4050	570028.5818	72.9501	cn
254	9866794.8282	570017.3888	72.9661	cn
255	9866799.7036	570021.3826	69.7851	esp a
256	9866808.0134	570024.3154	69.4491	f
257	9866819.6759	570024.9810	69.8281	esp a
258	9866821.8883	570026.2282	72.5301	cn
259	9866823.1067	570019.6912	69.8401	esp a
260	9866828.6994	570011.0366	69.8041	esp a
261	9866830.5940	570012.5435	72.5341	cn
262	9866820.0303	570005.4819	69.3911	f
263	9866813.9305	569999.5909	69.6291	f
264	9866812.0084	569998.1478	69.7631	esp a
265	9866807.2892	569994.7869	73.0991	cn
266	9866813.8922	569981.7156	73.1951	cn
267	9866819.8728	569985.5717	69.7381	esp a
268	9866826.2641	569988.0391	69.5911	f
269	9866836.4276	569995.9120	69.7801	esp a
270	9866839.2272	569998.8666	72.5311	cn
271	9866834.7151	569977.7368	69.3501	f
272	9866819.7888	569973.6618	73.1651	cn
273	9866822.9722	569968.8630	75.3871	p
274	9866826.5401	569962.2874	75.3791	p
275	9866862.1082	569981.9717	75.4011	p
276	9866858.4867	569988.4146	75.4251	p
277	9866784.2975	570039.5565	73.0661	cn
278	9866762.2429	570070.8880	73.0151	cn
279	9866738.8407	570097.7270	72.9951	cn
280	9866643.2199	570239.2932	73.2211	cn
281	9866622.0979	570269.3537	73.7261	cn

Punto	X	Y	Z	Descripción
282	9866612.0106	570298.1181	73.5091	cn
283	9866603.6972	570331.5496	73.3661	cn
284	9866590.1597	570364.0420	73.7921	cn
285	9866435.2602	570526.8851	72.6231	cn
286	9866424.4097	570537.1927	72.4901	cn
287	9866412.1850	570549.3088	72.4351	cn
288	9866398.8531	570561.5651	72.9121	cn
289	9866387.6857	570570.3288	73.5781	cn
290	9866379.7636	570581.2344	73.6721	cn
291	9866374.0672	570587.0825	74.4821	cn
292	9866368.4239	570599.3117	73.4471	cn
293	9866362.9024	570608.2403	73.4151	cn
294	9866359.0811	570620.2138	72.1971	cn
295	9866351.9936	570632.8520	72.3901	cn
296	9866349.3511	570634.0076	73.5711	cn
297	9866345.3736	570641.7069	73.7241	cn
298	9866339.0262	570654.1518	73.9681	cn
299	9866334.9351	570664.0329	74.2811	cn
300	9866329.4134	570678.2542	74.6291	cn
301	9866325.5314	570689.2261	74.4401	cn
302	9866340.5253	570665.4993	70.1461	esp a
303	9866346.0688	570659.3647	70.1481	esp a
304	9866349.6889	570657.4890	70.1541	esp a
305	9866352.6903	570661.7537	70.1521	esp a
306	9866352.6026	570669.2985	70.1971	esp a
307	9866350.7033	570682.6228	70.1621	esp a
308	9866346.4069	570695.5905	70.2141	esp a
309	9866345.5771	570702.4927	70.1841	esp a
310	9866340.2526	570725.9408	70.2221	esp a
311	9866339.5931	570744.1193	70.1911	esp a
312	9866339.8590	570758.3811	70.2041	esp a
313	9866338.4217	570768.6040	70.1981	esp a
314	9866330.7995	570781.2423	70.2701	esp a
315	9866329.0794	570778.1915	70.7821	cn
316	9866325.8841	570772.5546	71.0511	cn
317	9866324.0999	570766.5694	71.1601	cn
318	9866325.7095	570755.7106	70.7681	cn
319	9866327.1541	570747.5513	70.6671	cn
320	9866328.5663	570732.2066	70.7931	cn
321	9866331.7892	570718.1203	70.6051	cn
322	9866333.1598	570704.4192	70.4641	cn
323	9866331.6134	570691.9295	70.7831	cn

Punto	X	Y	Z	Descripción
324	9866333.7651	570681.7340	70.8811	cn
325	9866338.8073	570668.6888	70.4351	cn
326	9866320.3536	570708.5045	73.5931	cn
327	9866319.7819	570719.6328	75.0611	cn
328	9866317.4083	570723.4907	75.5421	cn
329	9866312.4315	570731.6776	75.5781	cn
330	9866311.7197	570745.4703	74.7991	cn
331	9866313.6924	570754.5081	74.4691	cn
332	9866310.6793	570765.6848	74.0811	cn
333	9866314.7245	570771.1527	74.0181	cn
334	9866319.7777	570775.2783	74.0801	cn
335	9866326.2302	570780.8774	74.2801	puerta
336	9866332.9358	570786.4509	74.1861	puerta
337	9866333.4080	570791.1458	74.2401	puerta
338	9866334.4637	570804.2690	74.2531	puerta
339	9866334.7421	570804.2981	74.2361	puerta
340	9866331.8336	570805.5109	75.6021	p
341	9866332.0906	570808.9184	75.6321	p
342	9866366.9446	570806.1933	75.5921	p
343	9866366.6411	570802.7321	75.6101	p
344	9866363.6033	570802.0379	74.2371	puerta
345	9866363.8630	570802.0088	74.2361	puerta
346	9866363.0134	570791.8113	74.2121	puerta
347	9866374.7809	570754.2318	74.1731	cn
348	9866529.8501	570613.1084	73.1787	est 1
349	9866521.8537	570623.3602	73.2741	est 2

Nota. La presente tabla es de autoría propia y se realizó conforme al levantamiento topográfico con RTK.

7. CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CONCEPTUAL

7.1 Sedimentación fluvial

La sedimentación fluvial es un proceso natural que ocurre cuando las condiciones hidráulicas reducen la capacidad de transporte del agua (Hulatt, 2024). En este proceso, las partículas sólidas que el agua transporta se van depositando paulatinamente en el lecho o los márgenes del río; asimismo, este fenómeno es parte del comportamiento natural de los cauces y ayuda a modelar la morfología de los sistemas fluviales con el paso del tiempo.

Los sedimentos que una corriente mueve pueden originarse de procesos erosivos en las cuencas hidrográficas, de desprendimientos de materia en las márgenes o del transporte de partículas que ya se encuentran en el propio cauce. Conforme la velocidad del flujo va decreciendo, los materiales más grandes y pesados empiezan a asentarse, mientras que las partículas más finas se mantienen en suspensión durante distancias largas, lo que ocasiona una distribución irregular de sedimentos a lo largo del río.

Para Moreira (2022), en proyectos de conservación y restauración de cauces, es esencial entender los procesos de sedimentación porque la acumulación gradual del material puede disminuir la capacidad hidráulica del río y cambiar el comportamiento del flujo durante las crecidas. Por lo tanto, examinar la sedimentación es una técnica esencial para planear actividades de desazolve y mantener el drenaje y la conducción hidráulica en condiciones apropiadas.

7.2 Azolvamiento de cauces

Conforme a Zambrano (2024), la acumulación progresiva de sedimentos, materiales sueltos y residuos arrastrados por la corriente en ciertas zonas del río, que altera su figura original. Este proceso tiende a ocurrir con más fuerza en áreas donde la velocidad del flujo

disminuye, lo que propicia la creación de bancos de arena, islas o depósitos que modifican la sección hidráulica disponible.

La capacidad de conducción del cauce puede verse afectada a medida que el material sedimentado aumenta, lo que causa alteraciones en la dirección del flujo y una reducción de la eficiencia hidráulica del sistema (Velásquez et al., 2023). Estos cambios no solo impactan la conducta natural del río, sino que además son propensos a desbordamientos en épocas de lluvias fuertes, particularmente en áreas urbanas o cercanas a infraestructuras vulnerables.

Establecer las áreas afectadas por azolvamiento es una fase esencial en los análisis de mantenimiento y recuperación de ríos, pues posibilita identificar con más exactitud los sectores que necesitan ser intervenidos. Las labores de desazolve, en este escenario, tienen como objetivo recuperar condiciones apropiadas para la circulación del agua a través de la eliminación controlada de los materiales acumulados, ayudando a optimizar el funcionamiento hidráulico del cauce y disminuir los peligros vinculados con la disminución de la capacidad de transporte.

7.3 Hidráulica de canales y cauces naturales

La hidráulica de canales y cauces naturales investiga cómo se comporta el agua en su circulación por superficie libre, o sea, sin estar totalmente confinada por una estructura cerrada (Estela et al., 2022). En esta clase de flujo, la forma en que el agua se mueve a lo largo de su recorrido está influenciada directamente por los rasgos geométricos del cauce, la inclinación del terreno y la resistencia presentada por el lecho.

Los cauces naturales tienen una geometría irregular por la existencia de curvas, fluctuaciones en la profundidad, alteraciones en el material del fondo y procesos permanentes de sedimentación y erosión, distinguiéndolo de los canales artificiales. El análisis de las propiedades del flujo es esencial para entender la capacidad de conducción y respuesta del río

ante diversas condiciones hidrológicas, dado que estas circunstancias provocan cambios continuos en su comportamiento hidráulico.

Tal como indica López & Carmen (2022), el análisis hidráulico de un cauce posibilita la evaluación de factores como el tirante del agua, la velocidad del flujo y la capacidad de transporte. Estos elementos son esenciales para diseñar e implementar intervenciones que busquen mejorar las condiciones de drenaje, además de ser un instrumento técnico que ayuda a determinar geometrías más eficaces en proyectos de desazolve y colabora con la seguridad del funcionamiento apropiado del sistema fluvial intervenido.

7.4 Ecuación de Manning

La fórmula de Manning es una de las más empleadas en la ingeniería hidráulica para calcular la velocidad del flujo y la capacidad de conducción en ríos y canales a cielo abierto (Díaz et al., 2020). Su uso posibilita el establecimiento de una relación entre las propiedades geométricas del canal y elementos como la rugosidad y la pendiente del lecho, lo que brinda resultados que simplifican el diseño y análisis de obras hidráulicas.

Tal como indica Fernández (2022), la inclusión del coeficiente de rugosidad de Manning, que es el parámetro que simboliza la resistencia que presenta la superficie del cauce al movimiento del agua, es uno de los factores más significativos de esta ecuación, debido a que el coeficiente mencionado puede cambiar dependiendo de las propiedades del terreno, la vegetación presente, la existencia de sedimentos y las irregularidades propias del lecho, su elección apropiada afecta directamente la exactitud de los resultados conseguidos.

La ecuación de Manning se ha utilizado extensamente en investigaciones sobre cómo diseñar canales, drenajes y optimizar los cauces naturales, gracias a su sencillez y fiabilidad. Su uso en proyectos de desazolve posibilita el análisis del comportamiento hidráulico de las

secciones sugeridas y la comprobación de que los términos geométricos establecidos faciliten una conducción eficaz del flujo a lo largo del segmento intervenido.

7.5 Levantamiento topográfico: tecnología GNSS-RTK

Según Baque et al. (2022), una de las técnicas más empleadas hoy en día para adquirir información geoespacial con gran exactitud es la topografía mediante tecnología GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic), el cual posibilita la obtención de coordenadas en tres dimensiones en tiempo real a través de la recepción y el procesamiento de señales provenientes de satélites, lo que hace más fácil obtener puntos sobre la superficie terrestre con rapidez y confiabilidad.

El método RTK opera a través de la comunicación entre un receptor móvil y una estación de referencia, lo cual posibilita la corrección de fallos vinculados con la señal satelital y la obtención de precisiones centimétricas. En este sentido Ticona & Mamani (2024) indica que, debido a esta capacidad tecnológica, estas herramientas han sido ampliamente utilizada en la ingeniería civil, la cartografía, los estudios hidráulicos y la infraestructura. En estos campos, la precisión de los datos es esencial para desarrollar diseños y modelos fiables.

En intervenciones que tienen que ver con flujos naturales, el empleo de GNSS-RTK ayuda a conseguir datos exhaustivos acerca de la forma del terreno y las alteraciones presentes en toda la zona analizada. La exactitud obtenida durante el levantamiento posibilita la creación de bases de datos topográficas coherentes, además de ser considerados como recurso fundamental para hacer perfiles, secciones transversales y modelos digitales que se usan en la planificación de actividades de desazolve y en la cuantificación volumétrica.

7.6 Modelos digitales del terreno

Los Modelos Digitales del Terreno (MDT) son representaciones en números de la superficie terrestre que se crean a partir de datos georreferenciados sobre la topografía (Bertoni, 2022). Su objetivo es duplicar digitalmente los rasgos del relieve usando un conjunto de puntos con coordenadas definidas, lo que posibilita una descripción exacta de la forma y las fluctuaciones del terreno en una zona específica.

Según Almeida et al. (2023), la creación de un MDT permite observar y examinar componentes como pendientes, elevaciones, depresiones y cambios de nivel que sería complicado entender con la misma claridad si se usaran solo datos aislados. Estos modelos pueden ser empleados para crear superficies en tres dimensiones, gracias al progreso de software especializado, lo que ayuda a entender las condiciones presentes y respaldan la toma de decisiones en cada fase de un proyecto ingenieril.

Los Modelos Digitales del Terreno son una herramienta esencial para la creación de perfiles longitudinales, secciones transversales y superficies comparativas en investigaciones acerca de cauces naturales. Su uso posibilita una valoración más exacta de las condiciones topográficas del sector intervenido, además de servir como base para calcular los volúmenes de excavación y para definir propuestas encaminadas a mejorar la hidráulica del cauce.

7.7 Cuantificación volumétrica: secciones transversales

La empresa SGS (2023), en su página web indica que el método de cuantificación volumétrica a través de secciones transversales es un procedimiento muy común en los proyectos de ingeniería, y su función es calcular el volumen del material que se encuentra entre dos o más superficies. Este procedimiento se basa en examinar cortes que son perpendiculares al eje de una obra o elemento lineal, lo que posibilita la representación precisa de los cambios geométricos que ocurren a lo largo del terreno analizado.

Para discernir las discrepancias entre la disposición presente del terreno y las condiciones de diseño proyectadas, se emplean con éxito las secciones transversales (García Rodríguez, 2022). Al establecer las secciones transversales, se pueden determinar áreas de corte o excavación en lugares específicos utilizando estas representaciones, y luego se suman para estimar el volumen total que abarca el tramo de estudio. En este sentido, la exactitud de los resultados está fuertemente influenciada por la calidad de los datos topográficos y el espaciamiento establecido entre secciones.

La implementación de secciones transversales en proyectos de desazolve de cauces posibilita una evaluación minuciosa del volumen del material sedimentario que necesita ser eliminado para restablecer las condiciones hidráulicas requeridas. Además, este método permite planificar las tareas de construcción, ya que brinda datos esenciales para calcular los rendimientos, elegir la maquinaria y elaborar presupuestos de referencia.

8. CAPÍTULO III: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CRITERIOS DE DISEÑO

8.1 Levantamiento topográfico.

Para Klag (2025), la piedra angular de cualquier proyecto de intervención hídrica es el levantamiento topográfico. Con respecto al río Portoviejo, la topografía no solo tiene que registrar la posición (x, y) de los elementos, sino también determinar con exactitud milimétrica el componente altimétrico (z) del lecho fluvial, debido a que estas pequeñas alteraciones en la cota de fondo afectan de manera drástica tanto a la capacidad de conducción estimada como a los volúmenes presupuestados para el movimiento de tierras. En el proyecto, se aplica una estrategia híbrida que une el posicionamiento satelital GNSS-RTK con la topografía tradicional debido a la complejidad del entorno fluvial, que abarca áreas ribereñas con vegetación abundante, estructuras civiles como puentes y represas, así como el lecho del río sumergido.

Para llevar a cabo este levantamiento en el área de estudio de Santa Ana, se han registrado meticulosamente polígonos topográficos amplios; las coordenadas del Norte (Y) oscilan entre 9'866,412.5 y 9'867,395.0, mientras que las del Este (X) presentan valores entre 570,900.0 y 572,775.0. El sistema Base-Rover del equipo GNSS-RTK tiene la capacidad de irradiar puntos topográficos a través de correcciones diferenciales que se transmiten por radioenlace UHF (Ultra High Frequency), logrando cubrir la llanura inundable y los taludes del cauce con una densidad de puntos adecuada para crear mallas triangulares que reflejan fielmente la realidad física del terreno.

La recopilación de información altimétrica se organiza funcionalmente a través de la recolección de secciones transversales que son perpendiculares al alineamiento longitudinal del eje del cauce, conservando una distancia máxima estandarizada entre los perfiles de 20 metros. El equipo determina y codifica los puntos de quiebre morfológicos más críticos durante el recorrido de estas abscisas, que van desde la estación 0+000 (situada cerca de la presa derivadora) hasta la estación 1+000 y las subsiguientes. La corona del talud izquierdo y

derecho, el pie del talud, las terrazas aluviales intermedias, los niveles de agua estática y el fondo o lecho profundo del cauce son algunos de los puntos de inflexión. Los valores de las elevaciones 66.00 msnm y 76.00 msnm, que se encuentran en el perfil longitudinal y transversal, son esenciales para la delimitación volumétrica frente a la rasante del diseño después de este levantamiento.

El levantamiento enfrenta limitaciones específicas debido a la complejidad del segmento de estudio, que comienza en una estructura de control hidráulico (la Presa Salazar Barragán) y termina en una infraestructura vial (el Puente Vía Ayacucho). Bajo este análisis, para modelar no solo el canal principal, sino también las áreas de inundación inmediata, se necesita una densidad de puntos adecuada para su estructuración.

8.1.1 Equipos y herramientas utilizados.

El proyecto de desazolve se presenta conforme a un levantamiento topográfico de la zona, cuyo propósito fue obtener las coordenadas tridimensionales X, Y, Z que describen la forma actual del canal azolvado (**tabla 2**), para asegurar que estos datos se integren con los sistemas de información geográfica locales y con los modelos digitales de elevación (DEM) del Instituto Geográfico Militar (IGM). La proyección se realizó exclusivamente sobre el Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84, empleando la proyección cilíndrica conforme de Universal Transversal Mercator (UTM) y tomando como referencia el Norte Geográfico, tal como puede observarse en la planimetría de los anexos 7 al 10 del proyecto.

El instrumental topográfico se seleccionó basado en un análisis exhaustivo de las condiciones operativas entre el Puente de la Vía Ayacucho y la Presa Salazar Barragán, además de los requerimientos precisos de la ingeniería hidráulica. Asimismo, las tolerancias de error deben ser manejadas de manera rigurosa para un estudio de desazolve de este tamaño cuyo diseño metodológico estableció un error vertical máximo tolerable de 2 centímetros para la

poligonal base de control geodésico y un error máximo de 5 centímetros para los puntos de relleno topográfico que describen el relieve general del terreno natural. Para cumplir con estos niveles de tolerancia, se ha diseñado la siguiente cadena de herramientas y equipos tecnológicos:

*a) **Sistemas GNSS en modo RTK:*** El levantamiento tiene como núcleo la tecnología RTK (Cinemática en Tiempo Real), la utilización de receptores de múltiples frecuencias (L1, L2 y L5) y multiconstelación del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), que tienen la capacidad para procesar señales provenientes de las constelaciones BeiDou (de China), Galileo (de la Unión Europea), GLONASS (de Rusia) y GPS (de Estados Unidos). Para conservar la solución "fija" (Fixed RTK) en ambientes donde la canopia de los árboles ribereños causa bloqueos de señal y efectos de multitrayectoria (multipath), esta redundancia satelital es esencial.

Ubicada en un vértice de control geodésico monumental, la estación Base envía correcciones diferenciales de fase de la portadora por medio de un enlace de radio UHF potente. El receptor móvil (Rover), que es operado por el cadenero en las riberas y el lecho del río, recibe las correcciones mencionadas y determina su ubicación en tres dimensiones con una exactitud de 10 mm + 1 ppm para la planimetría y de 20 mm + 1 ppm para la altimetría. Esta técnica disminuye de manera significativa el tiempo de levantamiento en comparación con el teodolito y el nivel tradicionales.

*b) **Estación total robótica de exactitud:*** Se emplea una estación total como suplemento del sistema GNSS-RTK, que es esencial en áreas donde la señal satelital no puede penetrar de ninguna manera debido a la cobertura vegetal. Este dispositivo óptico-electrónico, que tiene una precisión angular de 1" a 2" y

mide distancias mediante láser (EDM), se utiliza para levantar datos estructurales importantes en los muros de protección y vertederos de la Presa Salazar Barragán y debajo del tablero del Puente de la Vía Ayacucho, donde el impacto de interferencia satelital es total.

c) *Software de campo y recogida de datos:* Dispositivos fortalecidos que administran el registro de datos y posibilitan la codificación en tiempo real de elementos (Zárate et al., 2025). Al culminar el análisis de campo, se clasifica cada punto levantado (por ejemplo, CT para Corona de Talud, TN para Terreno Natural, PT para Pie de Talud y EJE para el centro del flujo) usando bibliotecas de códigos ya establecidos.

8.1.2 Establecimiento de secciones transversales.

El método común para crear Modelos Digitales del Terreno (MDT) en proyectos fluviales y para aplicar el método de cubicación por áreas medias, es indiscutiblemente la discretización; la cual se logra a través de secciones transversales sistemáticas. En este sentido, la sección transversal se denomina a aquel corte topográfico ortogonal al eje principal de la corriente, la cual revela el perfil altimétrico del lecho y de las márgenes.

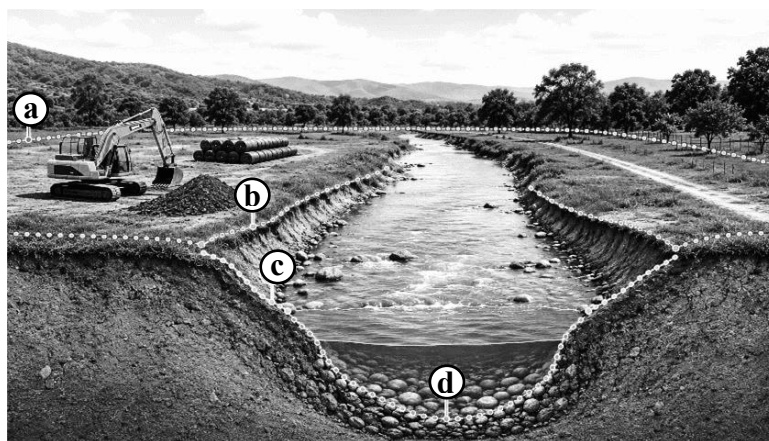
El segmento de análisis se dividió basándose en un alineamiento central teórico que sigue la línea de mayor profundidad (thalweg); este eje longitudinal ha sido destacado de manera virtual, lo que define el kilometraje o la abscisa del proyecto. Como se detalla en las láminas de perfiles que surgen del levantamiento RTK (**ver Anexos 7-10**), el corredor de estudio comienza en la abscisa 0+000, cerca de las instalaciones para descarga de la Presa Salazar Barragán, y se extiende por un kilómetro entero hasta alcanzar la abscisa 1+000, cerca del puente.

Se ha establecido una densidad de levantamiento con una distancia equidistante de 20 metros entre cada sección transversal. La secuencia ordenada de las estaciones (por ejemplo, 0+020, 0+040, 0+060, avanzando de manera sucesiva hasta llegar a 0+660, 0+680 y concluyendo en 1+000) sigue un principio conservador de ingeniería hidráulica. Una separación de 20 metros en cauces con una sinuosidad moderada asegura que las macroformas del lecho, como las pozas de socavación, las barras de meandro (point bars) y los cambios abruptos de pendiente, sean capturadas con precisión, lo cual evita que la interpolación lineal del software se salte cantidades relevantes de sedimento.

En cada una de estas abscisas, se realizó la operación del Rover RTK a través del cauce y de manera perpendicular al eje, garantizando así que se registren obligatoriamente los puntos de quiebre morfológicos: (a) terreno natural, (b) corona de talud, (c) pie de talud, y (d) fondo del cauce, tal como se describe en el siguiente gráfico.

Ilustración 2

Puntos de quiebre morfológicos



Nota. La presente tabla es de autoría propia.

Donde:

- a) Terreno natural y área de llanura inundable:** Puntos expandidos hacia las propiedades contiguas para establecer la disponibilidad de zonas para el tránsito de maquinaria pesada, espacios de almacenamiento temporal de lodos y derechos de vía.

- b) Corona o hombro de talud (Bankfull):** El límite más alto de la orilla que establece la capacidad máxima de retención del río antes de que el caudal se desborde hacia la llanura aluvial.
- c) Talud y pie del talud:** Puntos intermedios que determinan el ángulo natural de las orillas erosionadas, terminando con el paso hacia el lecho móvil.
- d) Fondo del cauce:** Los puntos de menor cota, que se levantaron con atención particular para establecer los espesores de las capas de arena, limo y material arrastrado orgánico (palizadas), que impiden el paso en la sección.

La incorporación de estas secciones transversales cada 20 metros a lo largo de un kilómetro genera una malla densa de información en tres dimensiones, estableciendo así las bases innegables para el diseño del nuevo perfil del cauce.

8.2 Definición del perfil de diseño del cauce y criterios hidráulicos.

La metodología implica una ingeniería de diseño después de la digitalización del estado natural y azolvado del Río Portoviejo. De manera consecuente, definir el nuevo perfil longitudinal y la sección transversal de excavación no se trata simplemente de aumentar la anchura o profundidad del lecho sin criterio, ya que causaría desequilibrios geomorfológicos serios, generando una socavación regresiva que podría desestabilizar la Presa Salazar Barragán en dirección río arriba, o, por el contrario, transformando el sector dragado en una trampa de sedimentos que se volvería a llenar de lodo después del primer periodo de lluvias.

El diseño sugerido para el estudio persigue un balance dinámico de medición y cálculo, dimensionando una sección que sea eficiente en términos hidráulicos y prácticos, además de ser estable desde el punto de vista geotécnico y factible para los equipos mecánicos utilizados en términos operativos.

8.2.1 Criterios de diseño hidráulico.

La rasante de fondo, que es el perfil de elevación del lecho fluvial a lo largo de su cauce, no es simplemente una línea geométrica en un plano; se la conoce también como el "motor" topográfico del río. En la hidráulica de canales abiertos, la inclinación del fondo determina la rapidez del flujo (a través de fórmulas como la de Manning) así como el régimen del mismo (subcrítico o supercrítico). Si la rasante se construye de manera inadecuada, el río tenderá a corregirla de manera natural, ya sea erosionando el fondo en caso de que la pendiente sea excesivamente fuerte o depositando sedimentos si es muy plana, estropeando las tareas de excavación a medio plazo. Por ende, la elección técnica de fijar una pendiente longitudinal de diseño del 0.25% no es un parámetro escogido al azar o empíricamente.

Es común que los ríos de llanura o de sectores medios-bajos tengan una pendiente de 0.0025 m/m. En la ingeniería de los ríos, se persigue una "pendiente de compensación" o "pendiente de equilibrio"., cuyo valor adaptado es un valor de compromiso, que restringe la velocidad del agua a un rango (normalmente entre 0.6 m/s y 1.2 m/s, según la sección) que es suficientemente rápida para impedir que el río se llene de sedimentos rápidamente, pero lo bastante lenta para no extraer el material del fondo.

La represa de Poza Honda se encuentra corriente abajo del cantón Santa Ana, lo que indica que en este sector el río presenta el síndrome de "aguas hambrientas" (un flujo con mucha energía, pero sin sedimentos gruesos, que son retenidos por la presa) junto con grandes cantidades de sedimentos finos provenientes de las cuencas laterales en la temporada de lluvias (suceso del fenómeno El Niño). El diseño riguroso de la rasante al 0.25% tiene como objetivo encauzar las crecidas invernales para que la potencia del agua no erosione los cimientos de puentes, muros de gaviones o terrazas agrícolas cercanas, asegurando así la estabilidad morfológica del cauce.

8.2.2 Ecuación de Manning.

La ecuación universal de Manning establece que la velocidad es directamente proporcional al radio hidráulico y a la raíz cuadrada de la pendiente, pero inversamente proporcional al coeficiente de rugosidad de las paredes del cauce (Daza, 2026). Esta ecuación se utiliza para modelar matemáticamente el caudal volumétrico y la velocidad media del flujo en los principios de la hidráulica de canales abiertos, calculando la capacidad de conducción (Q) y la velocidad (V) de un canal y su fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Cuyos valores de mayor relevancia se presentan de la siguiente manera:

Tabla 3

Descripción de los valores de la ecuación universal de Manning

Términos de ecuación	Descripción
Caudal (Q).	Cantidad total del agua que pasa por segundo.
Velocidad (V).	Rapidez con la que el agua corre.
Área mojada (A)	Espacio que ocupa el agua (dentro del canal).
Perímetro mojado (P)	Paredes y fondo que tocan el agua.
Radio hidráulico (R).	Proporción entre el perímetro mojado (P) y el área de la sección transversal (A). Expresa la eficacia geométrica del canal.
Pendiente (S).	Energía motriz (la gravedad) que mueve el flujo.
Coeficiente de rugosidad (n).	Elemento que funciona como el "freno" del sistema y es inversamente proporcional a la velocidad.

Nota. La presente tabla es de autoría propia conforme a los valores establecidos por la ecuación universal de Manning.

8.2.3 Escenario actual: caos morfológico.

Un canal de conducción eficaz no es característico de un valor de $n > 0.040$, sino más bien de cauces montañosos irregulares o llanuras de inundación con una vegetación densa. En

este sentido, una serie de problemas hidrodinámicos surgen a partir de este elevado nivel de fricción, tales como:

- a) ***Crecimiento del tirante (nivel de agua):*** Cuando el río reduce de manera significativa su velocidad por los obstáculos (troncos, maleza profunda), se requiere que el área transversal sea mucho más grande para poder evacuar la misma cantidad de agua; esto significa que el nivel del agua sube rápidamente, desbordando el cauce principal e inundando áreas cercanas durante la temporada invernal.
- b) ***Pérdida de energía y zonas de calma:*** La sedimentación caótica produce barreras físicas y "escalones" que interrumpen la uniformidad del flujo, lo que da lugar a flujos turbulentos y áreas de aguas muertas que fomentan aún más la sedimentación (un círculo vicioso).

8.2.4 Escenario proyectado: optimización y eficiencia.

Se ha diseñado una forma geométrica que incluye un coeficiente calculado entre 0.03 y 0.1, el cual representa un canal trapezoidal de tierra limpio, recientemente excavado y bien definido. Devolver la conductividad al río significa reducir el coeficiente a un rango de 0.04 a 0.1, donde se encuentra:

- a) ***La geometría trapezoidal:*** No se escoge solo por cuestiones estéticas. El trapecio es un acercamiento práctico a la "sección hidráulicamente óptima", que corresponde al semicírculo, el cual posibilita la estabilización de los taludes laterales (previniendo deslizamientos) al tiempo que se maximiza el radio hidráulico.
- b) ***La mejora radical:*** La capacidad de evacuación de agua del cauce tiene la posibilidad de incrementarse en cerca del 80% si cambiamos de un $n = 0.03$ a

un $n = 0.1$, sin que sea necesario ampliar el río o elevar los muros de contención, por lo que el agua simplemente fluye con mayor rapidez y menor resistencia.

8.2.5 Control de velocidades permisibles.

El diseño iterativo de la profundidad y el ancho del cauce tiene que cumplir con una doble condición de velocidad (V), que determina:

- a) **Velocidad mínima de limpieza automática:** Para evitar un re-azolvamiento temprano, la velocidad del flujo en la sección dragada tiene que ser lo bastante elevada (normalmente más de 0,60 m/s), a fin de asegurar que la carga de sedimentos finos (limos y arcillas en suspensión) provenientes de la cuenca alta no se asiente instantáneamente en el tramo de Santa Ana.
- b) **Velocidad máxima no erosiva:** Al mismo tiempo, para impedir que el flujo se torne torrencial y erosione los taludes recién formados de manera destructiva, la velocidad debe estar por debajo de la tensión tractiva crítica del suelo in situ. Esta velocidad máxima permitida se limita a cifras menores de 1.50 m/s a 2.00 m/s en las formaciones arcillo-limosas y suelos residuales característicos del litoral de Ecuador.

8.2.6 Geometría de la sección de excavación.

La morfología del nuevo cauce ha sido diseñada de acuerdo con un modelo de sección trapezoidal simple o compuesta, a fin de satisfacer las demandas hidrodinámicas previamente establecidas. Con lo expuesto, no es casual esta elección geométrica; el trapecio es la figura poligonal más adecuada para optimizar la relación entre el perímetro mojado y el área hidráulica. Por ende, la superficie de fricción entre las paredes de tierra y el agua se reduce al máximo cuando se maximiza el radio hidráulico (R), lo que asegura una evacuación del caudal

de diseño fluida y eficaz. La parametrización de esta geometría se divide en estos componentes clave:

- a) Base o ancho de solera (b):** La dimensión del fondo del canal no solo depende de la fórmula de continuidad hidráulica (con el fin de asegurar la capacidad de descarga), sino también está fuertemente determinada por la logística constructiva y la factibilidad operativa. El ancho proyectado debe ser bastante amplio para que la maquinaria pesada (excavadoras de orugas con brazo largo) pueda entrar, maniobrar y realizar giros. Además, durante la ventana de trabajo en épocas de estiaje, se tiene que posibilitar el paso seguro de las flotas de volquetas sobre el lecho del río, asegurando que no haya interrupciones en el procedimiento de extraer y desalojar el material azolvado.
- b) Inclinación de taludes laterales (Z):** La pendiente de las riberas, representada por la relación horizontal a vertical (Z:1), es un parámetro que pertenece exclusivamente al ámbito geotécnico. Su diseño tiene como objetivo minimizar el peligro de errores debido a cortes o deslizamientos rotacionales del suelo. Cuando hay crecidas, el agua satura los taludes. Si el nivel del río baja de manera repentina, la presión de los poros en la tierra empuja el material hacia el cauce vacío. Para neutralizar esto, se han diseñado taludes tendidos (suaves) con relaciones que varían entre 1.5H:1V y 2H:1V. En base a estudios en materia civil, los estudios de mecánica del suelo locales determinarán la inclinación precisa en cada sección, particularmente la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ) de los estratos fuertes de arcilla y limo existentes en el área.
- c) Perfil longitudinal y rasante de fondo:** El diseño altimétrico del proyecto se compone de una línea de pendiente constante que conecta lógicamente dos puntos de control hidráulico fijos: la cota de entrega de aguas en la presa Salazar

Barragán (hacia arriba) y la cota de la batea de cruce debajo del puente que conduce a Ayacucho (hacia abajo). Al corregir este perfil, se establece un gradiente topográfico constante, siendo crucial para eliminar las "contrapendientes" actuales (ondulaciones y cavidades en el lecho causadas por la erosión irregular), que hoy actúan como diques ocultos. Estos diques ralentizan la velocidad del agua y fuerzan al río a depositar su carga de sedimentos antes de tiempo.

8.3 Análisis hídrico mediante la ecuación de Manning: velocidad y caudal

Con el estudio de campo realizado se obtuvo información precisa y actualizada del tramo del río Portoviejo (desde la presa Salazar barragán hasta el puente de la vía Ayacucho), presentando los siguientes valores:

Tabla 4

Valores actuales del tramo del río Portoviejo sujeto a estudio práctico

Valores	Descripción	Unidad de medida
Ancho	20	m
Lado 1	4	m
Lado 2	4	m
Longitud	1000	m
Taludes	1	.
Área hidráulica (A)	96,00	m ²
Perímetro mojado (P)	31,31	m
Radio Hidráulico (R)	3,07	m
Radio Hidráulico ($R^{2/3}$)	2,11	.
Coefficiente de rigurosidad (n)	0,03	.
Factor de rigurosidad (1/n)	33,33	.
Pendiente ($S^{1/2}$)	0,03	.
Pendiente de terreno		
Inicio	70	m

Final	69,3	m
S	0,0007	m/m
S%	0,07	%

Nota. La presente tabla es de autoría propia y presenta los valores actuales del tramo del río Portoviejo, desde la presa Salazar barragán hasta el puente de la vía Ayacucho.

Una vez obtenido todos los valores necesarios se aplicó la ecuación universal de Manning dando como resultado actual un valor del **caudal (Q) de 178,67 m³/s** y una **velocidad (V) de 1,86 m/s**.

8.4 Rediseño hídrico mediante la ecuación de Manning.

Conforme a los nuevos datos, se procede al rediseño hídrico del tramo del río Portoviejo sujeto a estudio práctico, exponiendo los siguientes valores:

Tabla 5

Rediseño del tramo del río Portoviejo sujeto a estudio práctico

Valores	Descripción	Unidad de medida
Ancho	30	m
Lado 1	6	m
Lado 2	6	m
Longitud	1000	m
Taludes	1	.
Área hidráulica (A)	216,00	m ²
Perímetro mojado (P)	46,97	m
Radio Hidráulico (R)	4,60	m
Radio Hidráulico (R ^{2/3})	2,77	.
Coefficiente de rigurosidad (n)	0,10	.
Factor de rigurosidad (1/n)	10,00	.
Pendiente (S ^{1/2})	0,05	.
Nueva pendiente de terreno		
Inicio	69,07	m
Final	67,01	m

S	0,0021	m/m
S%	0,206	%

Nota. La presente tabla es de autoría propia y presenta el rediseño de los valores del tramo del río Portoviejo, desde la presa Salazar barragán hasta el puente de la vía Ayacucho.

Al procesar los nuevos datos derivados el rediseño del tramo estudiado se obtuvo como resultado un valor del **caudal (Q) de 271,11 m³/s** y una **velocidad (V) de 1,26 m/s**, estableciendo valores más favorables para el río Portoviejo.

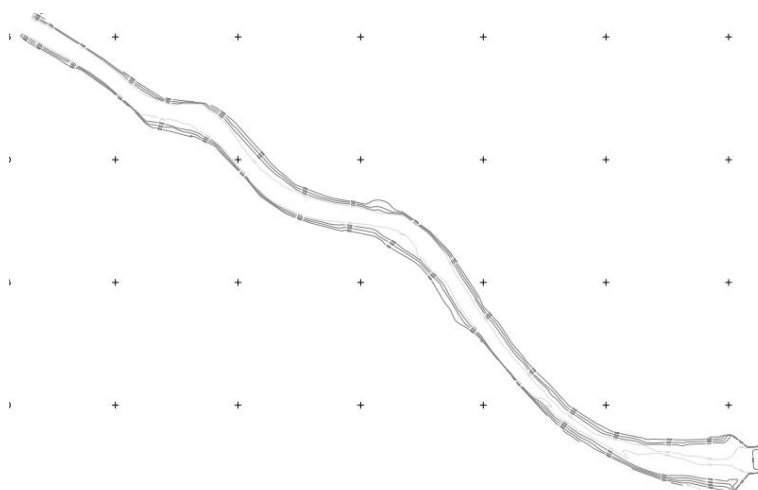
9. CAPÍTULO IV: PROCESAMIENTO DE DATOS Y CUBICACIÓN

9.1 Procesamiento y análisis de datos.

Al concluir la campaña de levantamiento topográfico, los datos georreferenciados (coordenadas X, Y, Z) obtenidos por medio de la tecnología GNSS-RTK se analizaron en un software especializado para mayor precisión y referencia. En este punto de inflexión, los datos empíricos sin procesar se unen con las guías geométricas y los parámetros de diseño hidráulico u elevación (**ver Anexo 7**).

Ilustración 3

Elevación del tramo de estudio del río Portoviejo.

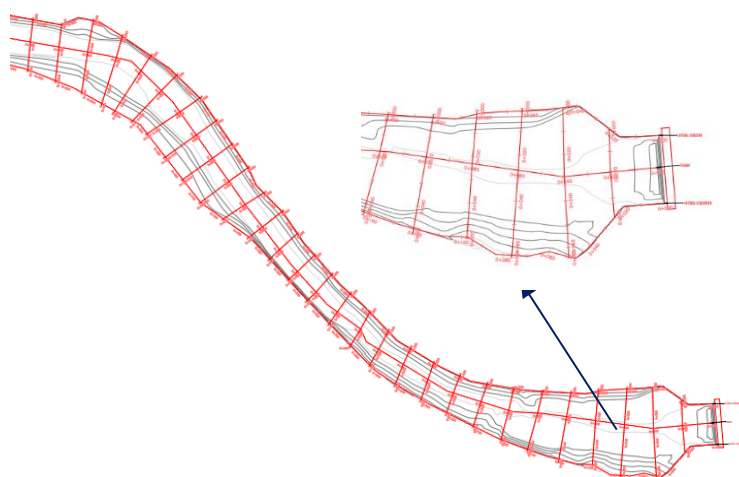


Nota. La presente ilustración es de autoría propia.

Se utilizó el software especializado Autodesk AutoCAD Civil 3D, programas estandarizados para el diseño industrial y civil para la creación de movimientos de tierras e infraestructuras lineales. Bajo este ambiente computacional se crea una réplica digital del proyecto, el cual fue segmentados por tramos de 20m para permitir una correcta visualización, análisis y cuantificación precisa de los requisitos de la obra (**ver Anexo 8**).

Ilustración 4

Secciones de 20m del tramo de estudio del río Portoviejo



Nota. La presente ilustración es de autoría propia.

9.1.1 Desglose del flujo de trabajo en gabinete.

El desglose del flujo se presenta de la siguiente manera:

- a) Importación y creación del modelo de la tierra:** El primer priorizó la importación de los 349 puntos que el equipo RTK ha levantado para establecer una red de triángulos irregulares, también conocida como superficie TIN. Esta malla matemática establece el Modelo Digital del Terreno (MDT) en su estado actual, que es el punto de partida para que el software trace automáticamente las curvas de nivel y el perfil longitudinal del lecho fuertemente azolvado.
- b) Montaje de la obra lineal (corredor):** Se traza la alineación horizontal que seguirá el cauce rectificado sobre el modelo de la topografía existente, y se coloca encima la rasante de diseño. Posteriormente, se proyectó la sección transversal típica (la geometría trapezoidal definida por los criterios hidrodinámicos). El software barre o extruye esta sección geométrica a lo largo de todo el eje longitudinal, produciendo un corredor tridimensional que ilustra el canal excavado.

c) Cubicación (cuantificación volumétrica): La finalidad última de todo este modelado digital es conseguir medidas exactas para el movimiento de tierras. El programa realiza un cálculo comparativo transversal cuando se intercepta la superficie del terreno natural (datos RTK) con la superficie de diseño (el corredor trapezoidal). El volumen de excavación requerido para llevar a cabo el desazolve es el resultado, y se trata de un insumo esencial para la planificación de la maquinaria, la logística operacional del desalojo de sedimentos y el presupuesto.

9.1.2 Digitalización de la topografía.

El primer eslabón esencial del análisis geométrico es la conversión de los datos recopilados en el campo a un entorno digital. Mediante el uso de AutoCAD Civil 3D, un software de ingeniería especializada, se realizó la importación y el filtrado de la nube de puntos en crudo que se adquirió a través del levantamiento batimétrico y topográfico efectuado con equipos RTK.

Se organizó la información de manera estricta utilizando el formato de archivo delimitado PNEZD (Punto, Norte, Este, Elevación/Cota, Descripción/Código) para asegurar la integridad espacial del modelo. Esta taxonomía no es simplemente un formalismo; la herramienta esencial que deja al software interpretar la georreferenciación precisa y dividir los componentes del paisaje para su modelado en tres dimensiones es el hecho de asignar descriptores detallados a cada coordenada.

El objetivo principal de esta etapa computacional fue la elaboración de un modelo digital del terreno (MDT) con alta precisión. Este gemelo digital funciona como la "línea base" geométrica, mostrando la condición morfológica del lecho fluvial y sus riberas antes de realizar cualquier trabajo de excavación. Asimismo, la precisión de este modelo determina la exactitud

de las estimaciones del volumen de movimientos de tierra que se harán más adelante. Este proceso fue dividido en dos fases de modelado:

a) Fase 1: Creación de la Red Irregular de Triangulación (TIN).- Utilizando un conjunto de puntos importados, creó una superficie matemática llamada malla TIN (red irregular triangulada). Esta red, al unir los puntos tridimensionales más próximos entre sí, da forma a la topografía real de la corriente. En el estudio, su configuración posibilitó la elaboración de un mapa muy claro de las patologías hidráulicas actuales del río, por ejemplo:

- Los cambios en los volúmenes de los bancos de arena (barras aluviales).
- Los parches de vegetación.
- Las áreas que son críticas para el estrangulamiento debido a la acumulación no controlada de sedimentos finos.

b) Fase 2: Líneas de rotura para la restricción morfológica.- En la interpolación automática de la malla TIN, si no se le establecen límites físicos, tiende a suavizar o "aplanar" los desniveles abruptos, lo cual representa un reto matemático en el modelado de cauces fluviales. Se utilizó el método de Líneas de Rotura con el fin de prevenir que el software triangulase incorrectamente el espacio vacío entre los bordes opuestos.

Estas pautas vectoriales obligan a la superficie tridimensional a mantener la topología real del terreno, enlazando de manera secuencial los códigos topográficos que indican los cambios de pendiente abruptos. Para determinar la batea del río, se establecieron líneas de ruptura en dos ejes longitudinales fundamentales:

- **Corona del talud:** La cota más alta que marca el comienzo de los muros de contención ya existentes o la orilla natural.
- **Pie del talud:** El vértice bajo donde la inclinación del margen se cruza con la horizontalidad relativa del lecho de río cubierto de sedimentos.

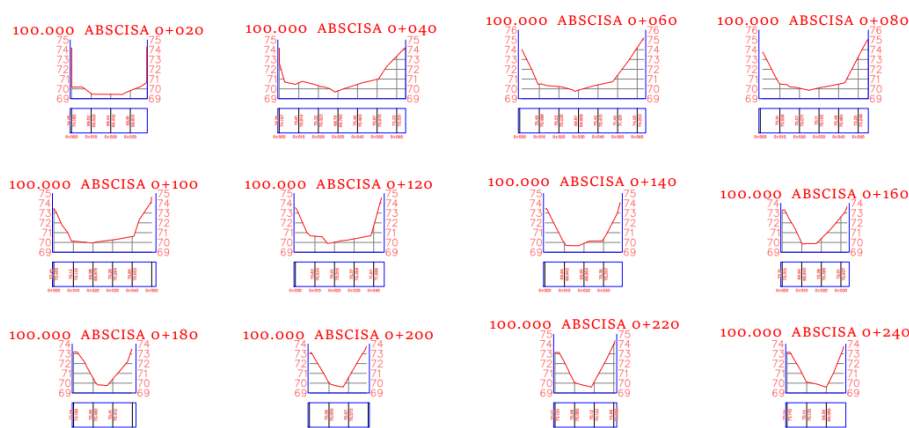
9.1.3 Generación de perfiles y secciones.

La ingeniería de detalle avanza hacia la planimetría del proyecto después de que se ha consolidado y validado el Modelo Digital del Terreno (MDT). En ella, se dibuja el alineamiento horizontal sobre la vista en planta del cauce modelado; este sirve como directriz o eje espinal horizontal sobre la vista en planta del cauce modelado; este sirve como directriz o eje espinal de la obra. Es de considerar que esta línea no es arbitraria; se traza con la intención de que coincida con el centro de gravedad hidrodinámico del nuevo flujo, lo que permite optimizar la trayectoria del agua y disminuir áreas de turbulencia o erosión lateral.

El programa AutoCAD Civil 3D extiende las Líneas de Muestreo de manera automática, basándose en este eje rector, las cuales funcionan como planos de corte ortogonales que dividirían el río. Con el fin de asegurar una elevada exactitud en la cubicación posterior, se define un intervalo de muestreo o estacionamiento estricto cada 20 metros, incluyendo todo el segmento proyectado (desde la progresiva inicial 0+000 hasta la abscisa final 1+000). Una vez que se ha establecido esta matriz espacial, el sistema computacional genera y produce dos clases de representaciones gráficas esenciales para la supervisión y realización de la obra (**ver Anexo 10**).

Ilustración 5

Perfiles y secciones del tramo analizado del río Portoviejo



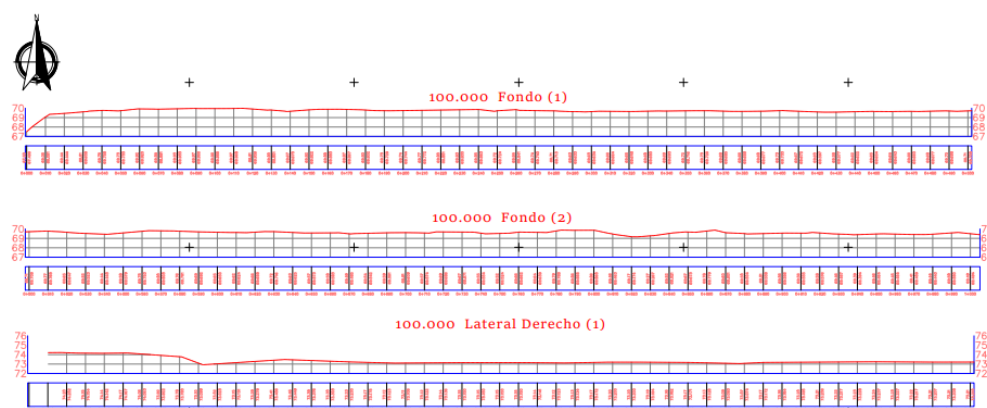
Nota. La presente ilustración es de autoría propia.

9.1.3.1 Perfil longitudinal: control altimétrico del proyecto.

Esta representación toma una proyección lateral continua a través de todo el eje directriz cuya función es el análisis comparativo de la altimetría es su principal función. Este gráfico presenta dos formas geométricas principales: la línea topográfica irregular que representa el fondo actual del río (lo que muestra el grave azolvamiento) y la línea recta de pendiente uniforme que define la rasante de diseño o fondo proyectado (**ver Anexo 9**).

Ilustración 6

Perfil longitudinal del tramo analizado del río Portoviejo



Nota. La presente ilustración es de autoría propia.

El modelo produce planos de plani-perfil estandarizados para garantizar que esta información técnica pueda ser entendida en campo y en gabinete. Como se muestra en las láminas del proyecto (**ver Anexos 7-10**), estas se exportan usando formatos de ploteo, como el ARCH D (17x11 pulgadas). Las escalas ingenieriles, que suelen ser 1:1750 o 1:2750, son ajustadas en función de la longitud del segmento y la densidad de información.

Los ingenieros y operados maquinaria tienen la posibilidad de detectar visualmente y a gran escala las "zonas críticas". De esta manera, gracias a estas escalas se pueden proyectar los segmentos en los que se ha perdido la pendiente natural, lo que ha generado cuencos sedimentarios o ha puesto de manifiesto la existencia de amplias barras aluviales consolidadas a lo largo del kilómetro intervenido.

9.1.3.2 Secciones transversales: delimitación geométrica de la excavación.

Un software especializado produce una sección transversal o vista en elevación frontal para cada abscisa definida (por ejemplo, en las estaciones 0+720, 0+740 y 0+760) con el fin de llegar a los detalles micrométricos. En estas vistas, el Ensamblaje (Assembly), que es la plantilla matemática, establece la geometría de la sección trapezoidal propuesta, corta la línea irregular del terreno natural. El Punto de Intersección o Cota de Trabajo (Daylight) es el término que se utiliza para referirse al lugar preciso donde el talud de diseño se encuentra con el terreno existente; este aspecto es el más crítico en esta intersección, y tiene lugar en las riberas.

Estos puntos laterales funcionan como los márgenes físicos de la intervención; cuando se unen la rasante de fondo, los taludes proyectados y la línea del terreno natural inicial, se crea un polígono cerrado. La sección transversal del suelo azolvado que las excavadoras tienen que eliminar se refleja físicamente en el área de esta figura bidimensional. Para determinar el volumen total del dragado, es necesario calcular analíticamente el área de cada polígono y graficar cada uno de ellos.

9.2 Metodología para la determinación del volumen de excavación.

El resultado final del proceso de planificación es la medición exacta del volumen de desazolve. Para determinar el volumen de excavación se utilizaron métodos matemáticos estándares de ingeniería civil, como el cálculo de áreas transversales y las fórmulas volumétricas (promedio de áreas), los cuales ajustaron minuciosamente a los resultados obtenidos. Esta adaptación es esencial para transformar un volumen teórico a uno real en el desplazamiento de tierras, asegurando que la cuantificación sea económicamente lo más real y viable en términos operacionales sobre el cálculo de costos y manejo de logística.

9.2.1 Método de las áreas medias.

Para medir el volumen de material a extraer durante las operaciones de desazolve del río Portoviejo, se utilizó un método volumétrico estricto, fundamentado en la fórmula de las áreas medias (también conocida como el método del promedio de áreas). Debido a su robustez demostrada, su aceptable precisión y su simplicidad operacional, este enfoque es un estándar reconocido a nivel topográfico, especialmente para calcular volúmenes en proyectos lineales como ríos, carreteras y canales.

La interpolación lineal del volumen entre dos secciones transversales sucesivas es el principio básico de este método, suponiendo que la sección transversal cambia de manera uniforme a lo largo de toda la longitud del tramo. Esta perspectiva metodológica, fundamentada en la geometría descriptiva, sostiene que el volumen de tierra que hay entre dos secciones transversales seguidas tiene un comportamiento semejante al de un prismoide rectilíneo. Siguiendo esta premisa, se determina con gran exactitud el volumen parcial del sólido a través de la interpolación lineal del promedio de las áreas de las dos caras más distales, multiplicado por la distancia perpendicular que hay entre ellas. La fórmula matemática se expresa así:

$$V_i = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L$$

En donde los valores son representados de la siguiente manera:

Tabla 6

Fórmula: método de áreas extremas promedio.

Valor	Descripción
V_i	Volumen total de excavación de sedimento entre dos estaciones adyacentes, medido en metros cúbicos (m ³).
A_1	Área de corte geométrica en la primera sección transversal, indicada en metros cuadrados (m ²). Esta zona es el polígono cerrado que se obtiene al superponer la plantilla de diseño en el terreno natural.
A_2	Área geométrica de corte en la segunda sección transversal (la estación que le sigue), expresada en metros cuadrados (m ²).

L Distancia horizontal entre las secciones A1 y A2. Debido al espaciamiento geográfico riguroso utilizado en este proyecto, la variable L se mantiene constante a 20 metros en todo el segmento de análisis.

Nota. La presente tabla es de autoría propia conforme a la descripción de los valores del método de áreas extremas promedio.

Este procedimiento se lleva a cabo de forma secuencial e interactiva, para todas las estaciones (perfiles) que se encuentran a lo largo del cauce fluvial que comprende el proyecto, desde la Presa Salazar Barragán hasta el Puente Ayacucho. Tras conseguir todos los volúmenes parciales, el Volumen Total Geométrico de Excavación (V_T) se calcula sumando todos estos elementos:

$$V_T = \Sigma V_i$$

Este valor métrico consolidado es clasificado en los manuales de presupuestos y geotecnia como "Volumen en Banco" (V_b) o como material medido in situ. Esta definición es crucial, pues representa la magnitud matemática del sólido en su estado original, o sea, el volumen que ocupan los sedimentos con su nivel de compacidad, organización estructural de partículas y densificación natural cuando se encuentran sin cambios en el fondo del río y unidos a los taludes ribereños, antes de experimentar cualquier modificación debido al trabajo de la maquinaria.

9.2.2 Selección de maquinaria y rendimientos.

La definición de la metodología para calcular volúmenes de desazolve no es un procedimiento independiente; está directamente relacionada y determinada por la elección y las habilidades operativas del equipo de excavación que se empleará en terreno. Es necesario validar de manera rigurosa el diseño final de la sección hidráulica del río a desazolvar (determinado por el talud, la profundidad y el ancho de solera) para comprobar que sea compatible con el alcance operativo de las máquinas estándar, las cuales son económicamente

viables y están presentes en la zona donde se llevará a cabo la obra. En particular, esta validación se enfoca en las características técnicas de excavadoras hidráulicas de oruga (usualmente los modelos Komatsu PC200, PC300, Caterpillar 320, 330 o aquellos que tengan un tamaño y una potencia equivalentes).

9.2.3 Consideraciones críticas sobre el alcance operativo del equipo

Alcance horizontal y profundidad máxima: Es crucial comprobar que la excavación de diseño no supere el alcance vertical y horizontal del brazo de la excavadora. Para equipos estándar (que poseen un brazo de longitud media), la distancia máxima que pueden excavar es entre 6 y 7 metros desde el nivel de apoyo. Si la sección transversal proyectada requiere una profundidad que exceda notablemente este rango, se deben tener en cuenta modificaciones a nivel de diseño y/o de operación:

1. Utilización de brazos largos: Se tiene en cuenta la alternativa de arrendar o comprar excavadoras que cuenten con brazos y plumas alargadas, las cuales han sido creadas para labores de dragado o desazolve profundo. Estos equipos tienen la capacidad de llegar a profundidades de 15-20 metros, pero su eficiencia y capacidad de carga (el tamaño del cucharón) disminuyen un poco en comparación con las máquinas estándar.
2. Implementación de aceras de trabajo (bermas): Si la profundidad es demasiado grande para el equipo estándar y no se puede utilizar el brazo largo, se planea construir banquetas o plataformas de trabajo intermedias. Estas banquetas posibilitan que la excavadora baje a niveles diversos, lo que acerca el punto de apoyo al área de excavación y mejora el ciclo laboral. Esta táctica puede incrementar temporalmente el volumen de movimiento de tierras, lo cual debe tenerse en cuenta en la programación.

3. Opción de dragado hidráulico: Cuando las condiciones del material o la profundidad son extremas (por ejemplo, si superan los 10-12 metros), se examina la posibilidad técnica y económica de emplear dragas de succión o dragas de corte y succión. Esta técnica es más cara y necesita una infraestructura para la disposición de lodos, sin embargo, es la solución técnica más avanzada para grandes cantidades y profundidades en ambientes acuáticos.

Para calcular los costos y la productividad, es fundamental determinar con exactitud el volumen de material a eliminar. Los volúmenes adquiridos, generalmente por medio de batimetrías a través del modelo digital de terreno (MDT) o del método de áreas promedio, son empleados para definir los siguientes parámetros cruciales para la administración del proyecto:

1. Cálculo de Horas-Máquina: El volumen total (m³) se convierte directamente en las horas-máquina requeridas para llevar a cabo la tarea. Para realizar este cálculo, es necesario tomar en cuenta la capacidad geométrica del cucharón (en metros cúbicos), el factor de llenado (dependiente de las características del material: granular, cohesivo o saturado) y el tiempo de ciclo de la excavadora (que comprende excavar, rotar, descargar y volver), que a su vez se ve afectado por el ángulo de giro y la distancia a recorrer o descargar.
2. Estudio de precios unitarios (APU): Para calcular el costo directo de la maquinaria en el APU de la categoría "Desazolve", la estimación de horas-máquina es el factor más importante. Esto abarca el costo por hora de tener y operar el equipo (mantenimiento, operador, combustible y depreciación).
3. Creación del cronograma de la obra: Con el cálculo de la productividad por hora y las horas totales estimadas para la máquina, es posible definir un cronograma realista para la etapa de desazolve. Este cronograma debe ser adaptable a factores

como cambios en la eficacia del operador o interrupciones por condiciones climáticas desfavorables (inundaciones).

4. Logística de disposición del material: La cantidad de camiones volquete requeridos y los costos relacionados con el acarreo dependen del volumen calculado, que también determina la capacidad y la logística necesaria para transportar y disponer del material de desazolve en el lugar autorizado.

10. CAPÍTULO V: PRESUPUESTO REFERENCIAL

10.1 Análisis de precios unitarios del rubro.

El presente análisis presupuestario corresponde a las actividades de excavación y desalojo de sedimentos del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 7

Datos generales del proyecto

Concepto	Valor/Descripción
Rubro	Excavación y desalojo.
Unidad	m ³ .
Volumen total	28.768,80 m ³ .
Distancia de transporte	2 km.
Precio unitario	\$2,85/m³

Nota. La presente tabla es de autoría propia.

Tabla 8

Equipos y maquinaria

Descripción	Cantidad	Tarifa (\$/h)	Rendimiento	Costo unitario (\$/m ³)
Retroexcavadora de Orugas (140 HP)	1	45,00	60	0,75
Volqueta de 8 m ³	3	25,00	60	1,25
Herramientas menores	1	-	-	0,00
Subtotal equipos				2,00

Tabla 9

Costos de mano de obra

Descripción	Cantidad	Tarifa (\$/h)	Rendimiento	Costo unitario (\$/m ³)
Operador de equipo pesado	1	5,50	60	0,09

Chofer profesional de volqueta	3	5,00	60	0,25
Peón / ayudante de campo	1	4,00	60	0,07
Subtotal mano de obra				0,41

Nota. La presente tabla es de autoría propia.

Tabla 10

Resumen APU: actividades de excavación y desalojo

Concepto	Valor (\$/m ³)
Subtotal equipos	2,00
Subtotal mano de obra	0,41
Costo directo	2,41
Costos indirectos y utilidad (18%)	0,43
Precio unitario final	2,85

Nota. La presente tabla es de autoría propia.

Los costos presentados se encuentran ligados al uso de maquinaria pesada, representando el 83% del costo unitario total según APU y el 17% correspondiente a la mano de obra. En este sentido, al unificar los costos indirectos con la utilidad del contratista se presenta un valor unitario estimado de \$2,85 por cada m³ de material excavado y recolectado.

10.2 Presupuesto referencial: desazolve del tramo del río Portoviejo.

El presupuesto referencial se expone conforme al volumen del sedimento encontrado en el río Portoviejo (desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho) por medio del levantamiento topográfico y procesamiento en AutoCAD Civil 3D, presentando los siguientes valores:

Tabla 11

Parámetros considerados en el proyecto

Parámetro considerado	Valor
Ubicación	Tramo Presa Salazar Barragán – Puente vía Ayacucho

Cantón	Santa Ana
Provincia	Manabí
Longitud del tramo	Variable
Volumen de excavación	28.768,80 m ³
Capacidad hidráulica actual	178,67 m ³ /s
Capacidad hidráulica proyectada	273,73 m ³ /s
Precio unitario	\$2,85 m³

Nota. La presente tabla es de autoría propia.

Tabla 12

Presupuesto referencial final

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Excavación en cauce y desalojo de material sedimentado (2km)	m ³	28.768,80	2,85	81.869,29
TOTAL, general				81.869,29

Nota. La presente tabla es de autoría propia.

11. CAPÍTULO VI: CUANTIFICACIÓN VOLUMÉTRICA DEL DESAZOLVE

11.1 Desglose segmentado de los volúmenes del río Portoviejo

El tramo de intervención total fue de 1km, el cual se dividió en tres (3) segmentos operativos cuyas características son morfológicamente variadas para facilitar el desglose del metrado y optimizar la logística de excavación y acarreo. Los datos del procesamiento se realizaron en AutoCAD Civil 3D y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13

Desglose segmentado de los volúmenes del río Portoviejo

Segmentación	Progresivas	Volumen natural (m3)	Volumen proyectado (m3)	Volumen de excavación (m3)
Tramo I (salida de presa)	0+000 a 0+300	28210,5	39520,2	11309,7
Tramo II (Zona media del canal)	0+300 a 0+700	34140,3	45020,1	10879,8
Tramo III (Llegada al puente Ayacucho)	0+700 a 1+000	22261,0	28840,3	6579,3
Total	0+000 a 1+000	84611,8	113380,6	28768,8

Nota. La presente tabla es de autoría propia.

11.2 Interpretación dinámica de la cubicación por sectores

El comportamiento dinámico del azolvamiento durante este kilómetro crítico del Río Portoviejo se demuestra a través de la evaluación espacial del desglose volumétrico, presentado en la siguiente tabla.

Tabla 14

Interpretación dinámica de la cubicación por sectores

Segmentación	Progresivas	Volumen de excavación (m3)
Saturación en el Tramo I.	(0+000 a 0+300)	Este segmento inicial tiene la mayor densidad de sedimentación por metro lineal del canal, con un requerimiento total de excavación de 11309,7 m3 . La presencia de la presa derivadora Salazar Barragán

	crea una barrera física que produce un efecto de remanso aguas arriba, lo que causa una reducción considerable en la velocidad del flujo. Esto provoca la precipitación masiva y sistemática de arenas y limos que son llevados por el río, lo cual requiere realizar una excavación a gran profundidad para restablecer las cotas de solera del vertedor.
Inestabilidad en (0+300 a 0+700) el Tramo II.	Con un volumen de excavación de 10879,8 m³, este segmento intermedio se caracteriza por un ensanchamiento natural del cauce y curvas sinuosas que favorecen la formación de bancos interiores de sedimentos gruesos. La excavación aquí es vital para rectificar la sección transversal y evitar desbordamientos laterales que erosionen las áreas y taludes marginales de las riberas.
Vulnerabilidad (0+700 a 1+000) en el Tramo III.	A pesar de que tiene el volumen más pequeño con 6579,3 m³, la intervención en la región del puente de la vía Ayacucho es de máxima prioridad estructural. El aumento del fondo disminuye la superficie hidráulica libre debajo del tablero del viaducto, lo cual, en inundaciones excepcionales, hace que la velocidad del agua se incremente de manera peligrosa. Al eliminar este volumen se reestablecerá el calado hidráulico y resguardará los cimientos de la pila del puente frente a fallos debidos a socavación localizada.

Nota. La presente tabla es de autoría propia conforme a los datos obtenidos para la evaluación espacial del desglose volumétrico del río Portoviejo.

11.3 Consideraciones logísticas

Desde un punto de vista técnico de ingeniería, distinguir entre el volumen esponjado de transporte y el volumen in-situ calculado geoméricamente para la planificación presupuestaria

y la organización de la flota de desalojo es de suma importancia. El agua que se retiene en los poros, junto con el agua, causa que las arenas saturadas y los sedimentos finos que están en el fondo del río se expandan volumétricamente de inmediato al ser excavados y perder su compactación natural. Para este tipo de suelo limoso que está saturado, se determina un factor medio de esponjamiento de 1,20. En consecuencia, el volumen neto de excavación in-situ se determina como:

$$V_{ex} = V_{dis} - V_{nt}$$

Al ser desarrollada la siguiente fórmula se obtiene:

$$V_{ex} = 113380.6 - 84611.8 = 28768.8 \text{ m}^3$$

Una vez realizada la ecuación, se estima un volumen total de transporte y disposición final en vertedero autorizado de alrededor de 34522,6 m³ (calculado como 28768,8 m³ multiplicado por el factor de 1,20). Este valor será utilizado para determinar las especificaciones técnicas y los costos de acarreo del proyecto.

12. Conclusiones

- El levantamiento topográfico realizado en el tramo del Río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, evidenció que el tramo inicial posee unas cotas de 70 m y su trayecto final con valores de 69.3m. De igual manera, se encontró que la acumulación progresiva de sedimentos ha reducido drásticamente la capacidad de conducción del río, limitándola a un caudal de 178.67 m³/s aproximadamente, valor que aumenta el riesgo de desbordamiento en eventos de intensa lluvia.
- El procesamiento de datos topográficos y la modelación digital de las secciones transversales del río Portoviejo permitió tener un bosquejo preciso del tramo de estudio presentando un volumen total de 28,268.8m³ de material sedimentado que obstruye el cauce del río, cuya remoción posibilitará recuperar su operatividad local y evitara inundaciones.
- El presupuesto referencial se estructuró y apegó a la normativa nacional vigente, estableciendo los Análisis de Precios Unitarios con un valor estimado de \$81.869,29 dólares de los Estados Unidos de América. Estos valores económicos consideraron los rendimientos de la maquinaria pesada requerida para la excavación y su respectivo desalojo, de tal manera que se avale un marco financiero real de licitación y ejecución de obra civil.

13. Recomendaciones

- Conforme al levantamiento topográfico y la reducción hidráulica, se recomienda realizar trabajos periódicos de mantenimiento y limpieza del cauce entre la presa Salazar Barragán y el puente de la vía Ayacucho para restituir la capacidad de conducción hídrica y minimizar riesgos asociados al desbordamiento e inundaciones. De manera complementaria, se sugiere llevar a cabo un estudio periódico de monitoreo topográfico para estudiar la evolución de los procesos de sedimentación del río Portoviejo.
- En cuanto al volumen de los sedimentos, se recomienda realizar una remoción controlada de material sedimentario encontrado por medio de criterios técnicos-ambientales que reduzcan los posibles impactos en el ecosistema fluvial del cantón. Como complemento, se sugiere la inserción de evaluaciones post intervención con el fin de verificar el proceso de recuperación hidráulica y eficiencia del río.
- Sobre el presupuesto referencial, se recomienda utilizar dicho presupuesto como base para los procesos de contratación y efectivización de la obra, considerando la actualización de algunos materiales como el combustible o el tipo de máquina en relación al mercado de licitación contractual. Para complementar esta recomendación, se aconseja utilizar mecanismo de control técnico.-financiero que garanticen el correcto cumplimiento presupuestario de la obra.

14. Bibliografía

- Almeida Navarrete, F. J., Alvarez Ochoa, J. L., & Cevallos Gangotena, F. S. (2023). Modelo digital y fotogrametría a través del uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV). Caso de estudio, entorno del río Tahuando en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. *Eidos*, 16(22), 49-60. https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Cevallos/publication/373604383_Modelo_digital_y_fotogrametria_a_traves_del_uso_de_vehiculos_aereos_no_tripulados_UAV_Caso_de_estudio_entorno_del_rio_Tahuan_do_en_la_ciudad_de_Ibarra_provincia_de_Imbabura/links
- Baque, J. E., Cuadrado Torres, L. M., & Palacios Paredes, B. G. (2022). Análisis comparativo topográfico sobre levantamientos altimétricos con RTK GNSS, Estación Total y Drone en Manta. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(12), 586-602. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Bertoni, M. C. (2022). *Cálculo de biomasa aérea (AGB) a partir de datos LIDAR*. Universidad Nacional de La Plata, La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/142858>
- Culcay, J. I., Richard, E., Struve Alarcón, G. L., & Pulgar Haro, H. (2026). El río Portoviejo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: un análisis integral basado en Una Salud. *Revista San Gregorio*, 1(65), 116-124. <https://doi.org/https://doi.org/10.36097/rsan.v1i65.3851>
- Daza, A. (2026, Mayo 27). *La ecuación de Manning*. Aporrea: <https://www.aporrea.org/tecno/a353339.html>
- Díaz, A., Guevara Pérez, E., & Rosales Cueva, J. (2020). Modelo de estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en función de la granulometría en el río Santa, sector Recuay–Carhuaz, Áncash, Perú. *Revista INGENIERÍA UC*, 27(3), 328-342. <https://doi.org/https://doi.org/10.54139/revinguc.v27i3.292>

Empresa Líder SGS. (2023, Febrero 21). *¿Cómo se realiza la medición de caudal?* SGS SA:

<https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/02/como-realizar-medicion-caudal>

Estela, R. O., Danducho Paati, J. J., Chiclote Alcalde, S. M., Incio Flores, F. A., Santamaría

Baldera, N., Fernández Villarroel, R. Á., Carcausto Quispe, C., Guzmán Cáceres, G.,

Cárdenas León, M. E., & Castro Vargas, D. J. (2022). Métodos numéricos aplicados al

cálculo hidráulico en canales de regadío de Bagua. *Revista Científica Dékamu Agropec*,

3(1), 20-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.70>

Fernández Cardona, J. E. (2022). Modelo para el cálculo del coeficiente de rugosidad de

Manning en función de la altura del material del fondo del cauce del río Achiguate-

Guacalate. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 17(1), 22-28.

<https://doi.org/https://doi.org/10.36829/08ASA.v17i1.1410>

García Rodríguez, E. (2022). Los Caudales Ambientales o Ecológicos en los Ríos: Obtención

de la Información del Hábitat Físico Hidráulico para Alimentar un Modelo

Bidimensional de la Hidrodinámica. *Revista de la Alta Tecnología y Sociedad*, 14(1).

Los Caudales Ambientales o Ecológicos en los Ríos: Obtención de la Información del

Hábitat Físico Hidráulico para Alimentar un Modelo Bidimensional de la

Hidrodinámica. Revista de la Alta Tecnología y Sociedad, 14(1), 14(1), 28-36.

[https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/62ec43e5604f4f6](https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/62ec43e5604f4f6e9b8f5656/1659651054894/CLY120Garciarodriguez-ATS2022-28-36.pdf)

[e9b8f5656/1659651054894/CLY120Garciarodriguez-ATS2022-28-36.pdf](https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/62ec43e5604f4f6e9b8f5656/1659651054894/CLY120Garciarodriguez-ATS2022-28-36.pdf)

García, S. L. (2025). El papel de los humedales en la conservación de la biodiversidad y en la

regulación del ciclo hidrológico. *Scienceevolution*, 1(13), 18-28.

<https://doi.org/https://doi.org/10.61325/ser.v1i13.153>

- Guambo, G., Torres, J., & Quiroz, S. (2022). Análisis histórico de la contaminación hídrica en el río Portoviejo. *Minerva Journal*, 3(8), 54-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.47460/minerva.v3i8.64>
- Hansen, A. M., García Chevesich, P., & de França Doria, M. (2022). Congreso iberoamericano sobre sedimentos y ecología. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38, 81-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.20937/RICA.54798>
- Hulatt, L. (2024, Septiembre 6). *Sedimentación fluvial*. StudySmarter ES: <https://www.studysmarter.es/resumenes/geografia/geociencias/sedimentacion-fluvial/>
- Klag, M. (2025, Junio 17). *Comprensión de los estudios de carreteras y el papel del topógrafo de carreteras*. McKissock: <https://www.mckissock.com/blog/land-surveyor/understanding-road-surveys-and-the-role-of-a-road-surveyor/>
- López Mariano, M. E., & Carmen Quispe, E. Y. (2022). *álisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del Río Huallaga en el Sector de Huayopampa, Distrito de Amarilis, Provincia de Huánuco 2021*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7329>
- Morales, J. P. (2024). Variación paisajística debido a la dinámica del transporte de sedimentos en el río Lumbaqui, Ecuador. *Revista Científica GeoLatitud*, 7(2), 25-33. https://www.researchgate.net/profile/Juan-Corozo/publication/385137373_Variacion_Paisajistica_Debido_a_la_Dinamica_del_Transporte_de_Sedimentos_en_el_Rio_Lumbaqui_Ecuador_Landscape_Variation_Due_to_the_Dynamics_of_Sediment_Transport_in_the_Lumbaqui_River
- Moreira Romero, Á. F. (2022). Gestión de la sedimentación en los embalses. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 1303-1312.

- Padilla, D. A., & Peña, M. A. (2024). *Análisis de pre factibilidad del diseño de un nuevo trazado vial en el sector Esperanza-Sinaí, municipio de Mesetas, Meta, afectado por la erosión fluvial, utilizando las herramientas de modelado y diseño Civil 3D*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Villavicencio. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/ac493e64-8dc8-4b58-8508-956604197ab8>
- Pinoargote Vinuesa, J. A., & Álvarez Gutiérrez, Y. (2023). Calidad de agua del río Portoviejo y su incidencia en el turismo. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(5), 481-489. <https://doi.org/doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2067>
- Pinto Almeida, C. D., & Prehn Garces, C. (2023). Análisis de la cuenca del río Portoviejo y el plan de contingencia ante el fenómeno de el niño. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 1929-1949. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4535
- Quijano Mera, J. I. (2022). *Contaminación del río Portoviejo producida por las actividades antrópicas de la ciudadela La Paz, cantón Portoviejo, provincia de Manabí*. PUCE, Quito. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/13581>
- Ticona Cusi, G. S., & Mamani Gutiérrez, H. A. (2024). Levantamiento fotogramétrico georreferenciado mediante (VANT - DRONE) y sistema de navegación satelital cinemática en tiempo real (GNSS RTK). *Revista Tecnológica*, 20(26). http://revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rtft/v20n26/v20n26_a07.pdf
- Velásquez, F. J., Alcántara Boza, F. A., Cabrera Estupiñán, E., & Bazurto Meza, L. S. (2023). Características superficiales y azolvamiento en la cuenca aportante al embalse La Esperanza, Manabí, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*,

17(1). *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 17(1).

<https://doi.org/https://doi.org/10.53591/cna.v17i1.2154>

Vinces Álava, M. D., & Vera Mendoza, M. B. (2024). Estrategias de mitigación de riesgos por erosión fluvial del Río Portoviejo en el sector La mocora del Cantón Portoviejo. *REINCISOL: Revista de Investigación Científica y Social*, 3(6), 2539-2555. [https://doi.org/https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)2539-2555](https://doi.org/https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)2539-2555)

Zambrano Salvatierra, G. D. (2024). *Evaluación hidráulica del azolvamiento en la represa La Estancilla, parroquia rural Ángel Pedro Giler del cantón Tosagua*. Unesum, Jipijapa.

Zárate, A. N., Marcillo Zapata, C. A., Guerra Valladares, M. D., Toasa Jimenes, R. P., & Fiallos Iglesias, J. A. (2025). Uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la carrera de ingeniería civil. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 8(16), 597-624. <https://doi.org/https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/422>

15. Anexos

Anexo 1. Foto del lugar de investigación.



Anexo 2. Posicionamiento de estación Real-Time Kinematic (RTK).



Anexo 3. Levantamiento topográfico mediante equipo GNSS en las zonas de ribera seca, recabando datos para el procesamiento del terreno.



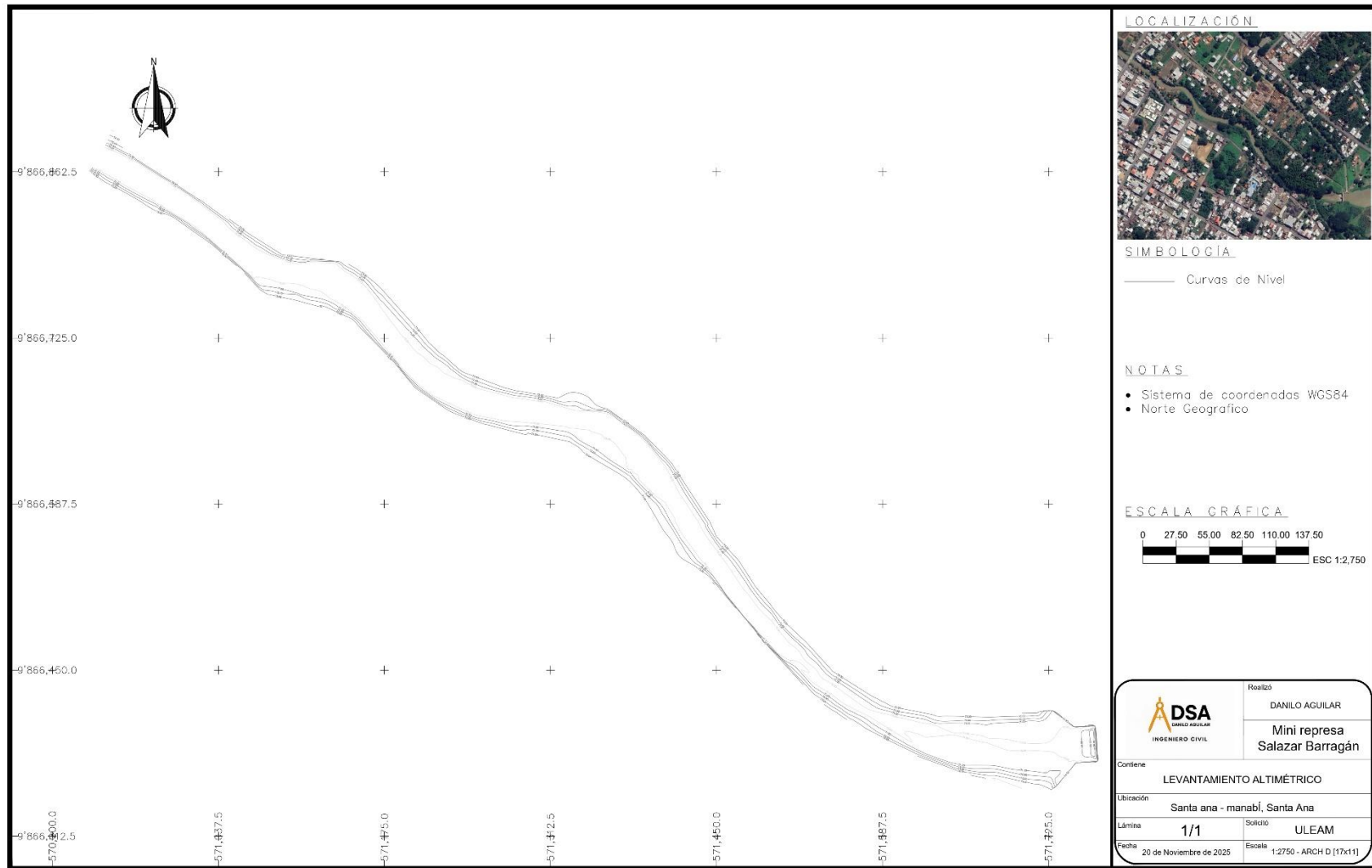
Anexo 4. Registro de cotas de fondo directamente dentro del cauce, procedimiento clave para evaluar la sección hidráulica y determinar el nivel de asolvamiento del río.



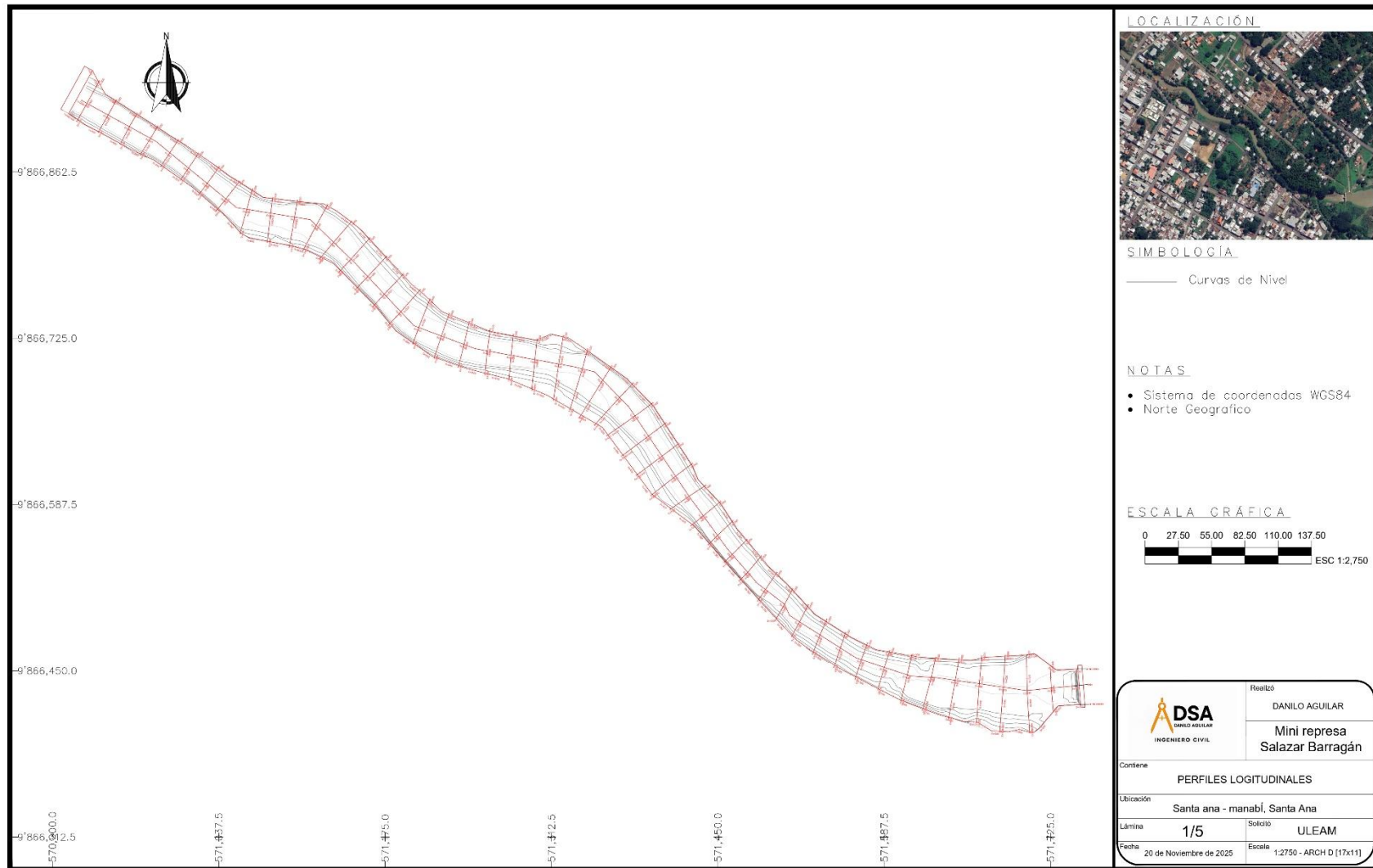
ANEXO 5. Detalle de la superficie del terreno y la cobertura vegetal predominante en el área de estudio.

Anexo 6. Tutorías de tesis con el Ing. Javier Enrique Baque Solís.

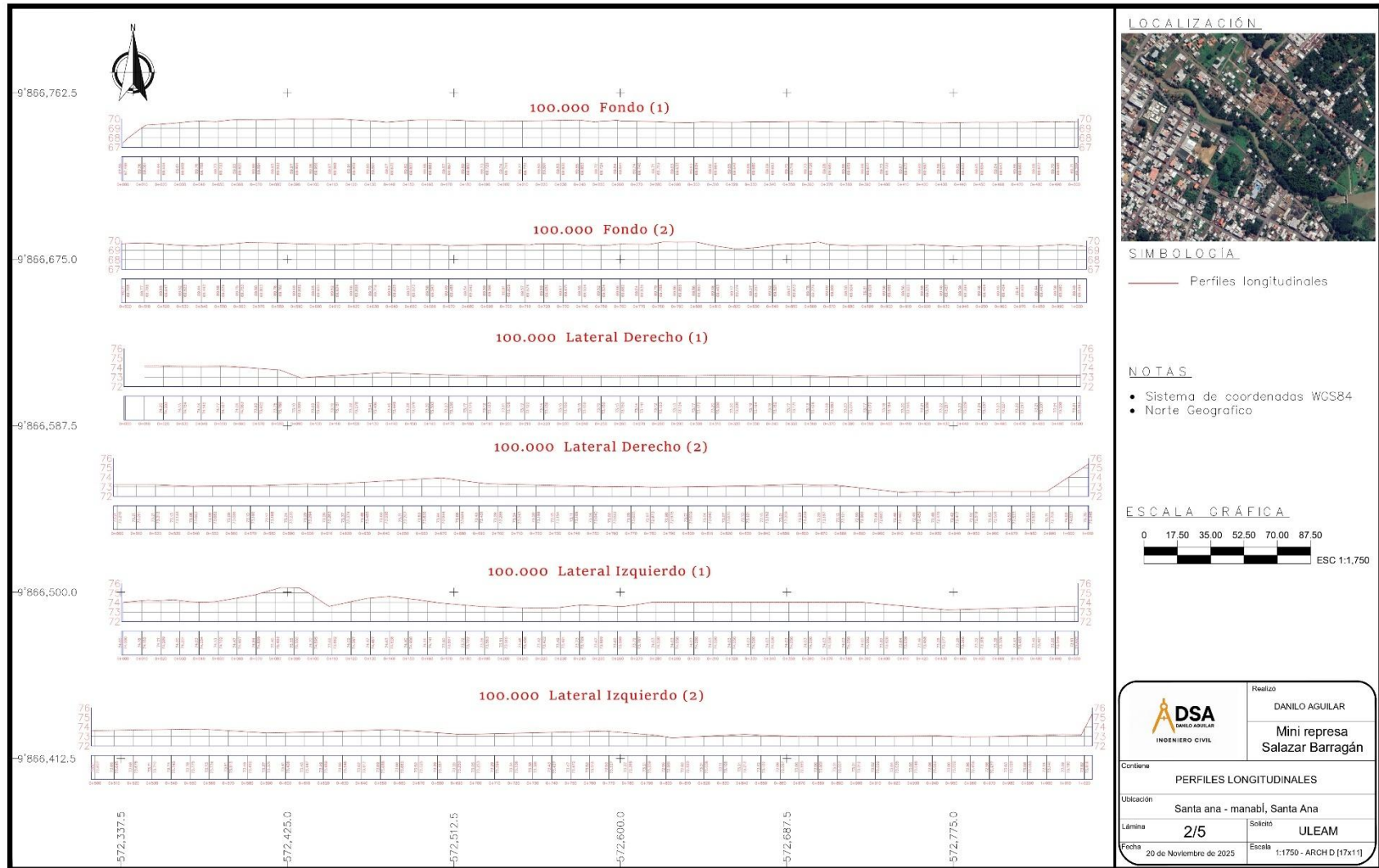
Anexo 7. Curvas de nivel del cauce del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí.



Anexo 8. Curvas de nivel (cada 20m) del cauce del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

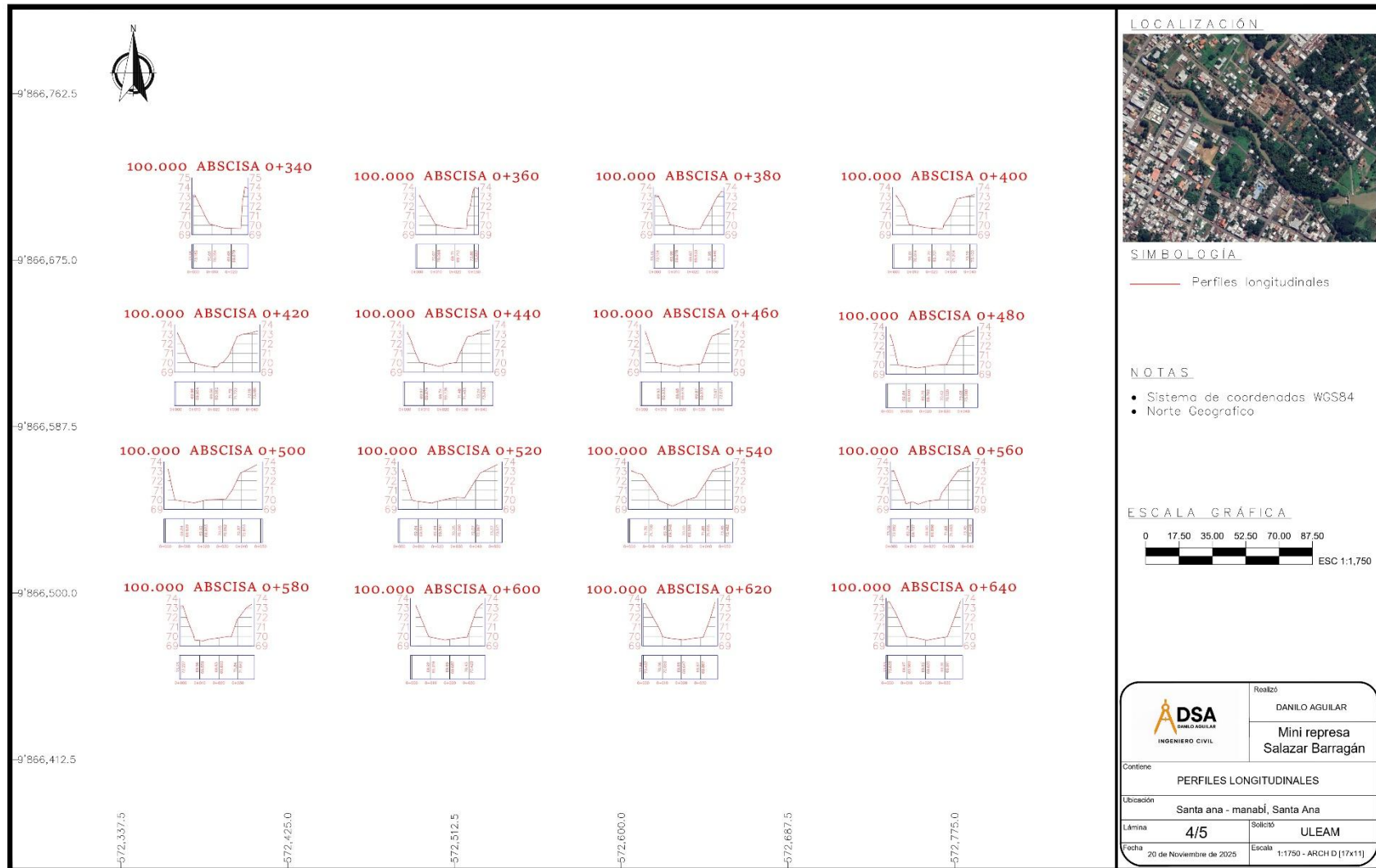


Anexo 9. Perfiles longitudinales (fondo, lateral izquierdo, lateral derecho) del cauce del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí.



Anexo 10. Perfiles transversales utilizados para la cuantificación volumétrica del desazolve del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí.





Anexo 11. Rediseño de las curvas de nivel y perfiles longitudinales del cauce del río Portoviejo desde la presa Salazar Barragán hasta el puente de la vía Ayacucho, en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí.

