



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS



FACULTAD DE INGENIERÍA

CAMPUS I

**“ESTUDIO TOPOBATIMÉTRICO PARA REALIZAR
EL ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DEL CAUCE RÍO
GRIJALVA, ZONA DE ESTUDIO MALECÓN DE
CHIAPA DE CORZO.”**

Tesis que para obtener el grado de:

Maestro en ingeniería con formación en hidráulica

Presenta:

Ing. Pedro Estrada González 11012007

Director de tesis:

Dr. Miguel Ángel Aguilar Suarez

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Marzo 2022.



Tuxtla Gutiérrez; Chiapas.
A 31 de mayo del 2021
Oficio. FI. 01/727/2021

C. Pedro Estrada González
Maestría en Ingeniería con formación en Hidráulica
Presente.

Por este medio comunico a usted, que se autoriza la impresión de su trabajo de tesis denominado: "Estudio topobalimétrico para realizar el análisis geomorfológico del cauce río Grijalva, zona de estudio malecón de Chiapa de Corzo", para que pueda continuar con los trámites de titulación para la obtención del Grado de la Maestría en Ingeniería con formación en Hidráulica.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente.
"Por la conciencia de la necesidad de servir"


Dr. José Alonso Figueroa Gallegos
Encargado de Dirección



C. c. p. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinadora de Investigación y Posgrado. - F.I.
Archivo Minutario.
JAFGDEC/tpg*



Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Ing. Pedro Estrada González
Autor (a) de la tesis bajo el título de "ESTUDIO TOPOBATIMÉTRICO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DEL CAUCE RÍO GRIJALVA, ZONA DE ESTUDIO MALECÓN DE CHIAPA DE CORZO."

presentada y aprobada en el año 2022 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en ingeniería con formación en hidráulica, autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para que contribuya a la divulgación del conocimiento científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional del Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 25 días del mes de Marzo del año 2022.


Ing. Pedro Estrada González
Nombre y firma del Tesista o Tesistas

AGRADECIMIENTOS A:

A Mi Madre.

Agradezco con todo mi corazón, mi tesis a mi madre. Tu bendición a diario a lo largo de mi vida, me protege y me lleva por el camino del bien. Por tu paciencia tu paciencia y amor.

Mi Familia.

Estaré eternamente agradecido por todo el apoyo y el amor incondicional que siempre me brindaron para cumplir esta meta que, gracias a sus sacrificios y esfuerzos, sin ustedes en mi vida, nada de esto hubiera sido posible. Por lo que quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo.

Mis Docentes

Por transmitir la sabiduría, brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento. Me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

C. Ing. Pedro Estrada González

Índice	Pag.
Capitulo 1. Antecedentes .	
1.1. Antecedentes .	1
1.2. Justificación.	3
1.3.Objetivos Del Proyecto.	3
1.3.1. Objetivo General.	3
1.3.2. Objetivo Específico.	3
Capitulo 2. Descripción Física de la Zona de Estudio.	4
2. 1. Ubicación geográfica	4
2. 2. Clima.	5
2. 2. 1. Tipo de clima en el municipio.	5
2. 2. 2. Precipitación promedio anual.	6
2. 3. Vegetación.	6
2. 3. 1. Tipo de vegetación en la zona.	6
2. 4. Uso de suelo.	6
2. 4. 1. Tipos de suelos en el municipio de Chiapa de Corzo.	6
2. 4. 2. Composición física del suelo existente.	7
2. 5. Geología.	9
2. 5. 1. Geomorfología general del municipio de Chiapa de Corzo.	9
2. 5. 2. Riesgos geológicos del municipio de Chiapa de Corzo.	9
2. 6. Hidrología	10
2. 6. 1. Principales cauces del municipio de Chiapa de Corzo.	10
2. 6. 2. Cauces naturales aledaños al municipio de Chiapa de Corzo.	10
2. 6. 3. Descripción del Río Grijalva.	11
2. 7. Fauna.	11
2. 7. 1. Fauna característica de la zona.	11
2. 7. 2. Especies protegidas, amenazadas o en peligro de extinción.	11
Capitulo 3. Planeacion del Estudio Topobatimetrico.	12
3. 1. Recopilacion de informacion	12
3. 2. Selección de imágenes de satélite.	13
3. 3. Trazo Topobatimétrico.	14
3. 4. Procesamiento de la información para levantamiento en formato CAD	15
3. 5. Normativa y especificaciones aplicables para el estudio	17
3. 6. Equipos, materiales y herramientas a utilizar	18
3. 7. Conformación de brigadas	20
3. 8. Software especializado	22

Capitulo 4. Levantamiento Topografico.	24
4. 1. Puntos de control GPS	25
4. 2. Liga de puntos GPS a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) del INEGI	27
4. 3. Configuración de colectora de datos GPS	30
4. 4. Desarrollo del levantamiento topográfico en campo	31
4. 5. Descarga de información topográfica a PC	32
Capitulo 5. Levantamiento Batimétrico.	33
5. 1. Acciones preliminares	34
5. 2. Configuración y calibración de ecosonda	36
5. 3. Configuración de dispositivos.	37
5. 4. Configuración de software	39
5. 5. Desarrollo del levantamiento batimétrico	42
5. 6. Descarga de informacion batimetrico a PC	44
Capitulo 6. Ajustes de Levantamientos Topografico y Batimétrico.	48
6. 1. Procesamiento de datos mediante software especializado	48
6. 2. Elaboración y ajustes de triangulaciones.	51
6. 3. Elaboración de curvas de nivel.	53
6. 4. Elaboración de secciones del estudio Topobatimétrico.	54
6. 5. Calculos de áreas y volúmenes que ocupan las curvas de nivel	55
6. 6. Datos para la elaboracion de perfiles Capacidades-Áreas	62
6. 7. Perfiles Áreas - Capacidades	65
Capitulo 7. Resultados.	68
Capitulo 8. Conclusiones Y Recomendaciones.	69
Referencias bibliográficas	70
Anexos.	

Índice de Figuras.

Número	Descripción	Pag.
Figura 2.1.	Poligonal que define los límites de Chiapa de Corzo. Elaboración propia	04
Figura 2.2.	Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las cartas de climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual, serie I.	05
Figura 2.3.	Fuente: INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, serie II (Continuo Nacional).	08
Figura 2.4.	Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica, serie I	10
Figura 2.5.	Fuente: INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México.	10
Figura 3.1.	Levantamiento batimétrico con ecosonda mono-haz. (EnerTek Global)	12
Figura 3.2.	Trazo preliminar para la determinación aproximada del punto de inicio y punto final. Elaboración propia.	14
Figura 3.3.	Trazo preliminar para la determinación aproximada del punto de inicio y punto final. Elaboración	15
Figura 3.4	Trazo preliminar elaborado en software AutoCAD. Elaboración propia	16
Figura 3.5.	Trazo preliminar en software Carlson SurvCe de la colectora de datos GPS, elaboración Propia.	16
Figura 3.6.	Portadas de documentos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua. CONAGUA. Elaboración Propia	17
Figura 4.1.	Mojonera o monumento, placa metálica. Fuente: instituto de información territorial del estado de Jalisco. Boletín informativo 07/2012	25
Figura 4.2	Mapa de estaciones de la red geodésica nacional activa. Fuente: INEGI.	25
Figura 4.3.	Mojones de concreto hidráulico establecidos por las normas del INEGI.	26
Figura 4.4.	Punto de control L-D M-3, ubicado en la cortina de la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres.	27
Figura 4.5.	Puntos de control ubicados en un costado de la cortina. Fuente Google Earth.	28
Figura 4.6.	Propagación de elevación al mojón L-D M-3	28
Figura 4.7.	Levantamiento con equipo GPS del punto de control L-D M-3 y mojón en el embarcadero Nandalumi.	21
Figura 4.8	Colocación de mojones adicionales, placa ubicada en jardinera de estacionamiento de la unidad deportiva, Chiapa de Corzo.	29
Figura 5.1.	Dispositivos para el levantamiento batimétrico. Elaboración propia.	33
Figura 5.2.	Dispositivos utilizados para un levantamiento batimétrico. Elaboración Propia.	36
Figura.5.3.	Ensamblado y fijación de dispositivos de medición GPS - Batimetría. Elaboración propia	36
Figura 5.4.	Colectora de datos GPS-Ecosonda marca Junniper, modelo MESA. Elaboración Propia.	37
Figura 5.5.	Diagrama de conexión de dispositivos a ecosonda Hydrostar 4300 ELAC	38
Figura 5.6.	Puertos de conexión de dispositivos a ecosonda Hydrostar 4300 ELAC	38

Índice de Figuras.

Número	Descripción	Pag.
Figura 5.7.	Ventana de dialogo para la activación de la función ecosonda, en software Carlson SurvCE. Elaboración Propia.	39
Figura 5.8.	Activación de la función ecosonda, en software Carlson SurvCE. Elaboración Propia.	39
Figura 5.9.	Conexión vía cable de la ecosonda a la colectora de datos en software Carlson SurvCE. Elaboración Propia.	40
Figura 5.10	Representación de la calibración de ecosonda con la ayuda de una barra metálica. Elaboración Propia.	41
Figura 5.11.	Trazo Topobatimétrico Georreferenciado. Elaboración Propia	42
Figura 5.12.	Trazo preliminar en software Carlson SurvCE de la colectora de datos GPS. Elaboración Propia	43
Figura 5.13.	Proyección de pantalla GPS en Laptop. Elaboración Propia	43
Figura 5.14.	Recorrido de navegación sobre secciones. Elaboración propia.	44
Figura 5.15.	Software Windows Mobile 6.1. fuente Windows Mobile.	44
Figura 5.16.	Información del levantamiento batimétrico en software Carlson SurvCE. Elaboración Propia	45
Figura 5.17.	Selección de archivo con información batimétrico. Elaboración Propia	45
Figura 5.18.	Activación de la pestaña Exportar datos. Elaboración propia	46
Figura 5.19.	Selección de formato de salida de la información. Elaboración Propia.	46
Figura 5.20.	Selección del espacio donde se guardara la información. Elaboración Propia	47
Figura 6.1.	Software utilizado para la unión de la información obtenida en los levantamientos. Elaboración Propia.	48
Figura 6.2.	Ubicación de barra de menú del CivilCAD dentro del software AutoCAD. Elaboración propia.	49
Figura 6.3.	Activación de rutina importar puntos de terreno Elaboración propia.	49
Figura 6.4.	Selección de formato de archivo *.txt para importar puntos de terreno. Elaboración propia	50
Figura 6.5.	Ubicación del archivo *.txt para importar puntos de terreno. Elaboración Propia.	50
Figura 6.6.	Puntos de terreno ubicados en su espacio Georreferenciado. Elaboración propia.	51
Figura 6.7.	Activación de rutina de triangulación. Elaboración propia.	51
Figura 6.8.	Triangulación de terreno. Elaboración propia	52
Figura 6.9.	Activación de rutina curvas de nivel. Elaboración propia	53
Figura 6.10.	Ventana de dialogo para proyectar curvas de nivel. Elaboración propia	53
Figura 6.11.	Curvas de nivel proyectadas. Elaboración propia.	54
Figura 6.12.	Activación de rutina para obtener las secciones del estudio topobatimétrico. Elaboración propia.	54
Figura 6.13.	Obtención de secciones del estudio topobatimétrico. Elaboración propia	55

Índice de Figuras.

Número	Descripción	Pag.
Figura 6.14.	Zona baja, Rivera de Chiapa de Corzo. Elaboración propia.	56
Figura 6.15.	Sección de referencia y elevaciones de curva de nivel. Elaboración propia.	57
Figura 6.16.	Análisis de curva de nivel del estudio Topobatimétrico 2014. Elaboración propia.	58
Figura 6.17.	Análisis de curva de nivel del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración propia.	59
Figura 6.18.	Perfiles Áreas – Capacidades del estudio Topobatimétrico del año 2014. Elaboración propia.	66
Figura 6.19.	Perfiles Áreas – Capacidades del estudio Topobatimétrico del año 2020. Elaboración propia.	67
Figura 7.1.	Sobreposición de secciones del cauce de los años 2014 y 2020. Elaboración propia.	68

Índice de Tablas.

Número	Descripción	Pag.
Tabla 1a.	Equipos utilizados en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.	18
Tabla 1b.	Equipos utilizados en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.	19
Tabla 2.	Materiales y herramientas a utilizar en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.	19
Tabla 3a, 3b.	Cantidad de personal técnico para llevar a cabo el levantamiento topográfico en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.	21
Tabla 4a, 4b.	Lista de software que se utilizan en el levantamiento Topobatimétrico, Elaboración Propia.	23
Tabla 5.	Registro de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2014. 59 Elaboración Propia.	58
Tabla 6.	Resumen de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2014. Elaboración Propia.	59
Tabla 7.	Registro de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración Propia.	60
Tabla 8.	Resumen de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración Propia.	61
Tabla 9.	Calculo de Volúmenes del estudio Topobatimétrico 2014. Elaboración Propia.	63
Tabla 10.	Calculo de Volúmenes del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración Propia.	63
Tabla 11.	Información base para la elaboración de los perfiles Áreas - Capacidades. Elaboración Propia.	64
Tabla 12.	Información base para la elaboración de los perfiles Áreas - Capacidades. Elaboración Propia.	65

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

El Río Grijalva es el principal cauce hidráulico con el que cuenta el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, esta zona forma parte del tramo de la cuenca hidrológica No.30, siendo éste el más importante de nuestro país hablando en términos de su captación de agua, por su gran caudal, su extensión y su capacidad para la generación de energía eléctrica, así como también por la importancia de los procesos hidrológicos y ecológicos que se desarrollan en él y la diversidad biológica que sustenta.

Conforme el paso del tiempo la cuenca del Río Grijalva ha ido cambiando, debido de diversos factores tanto naturales y ocasionados por el hombre. En este cauce desembocan redes de sistemas tratamiento de aguas residuales y descargas clandestinas sin tratar de asentamientos irregulares de los municipios y colonias que se encuentran aledañas a éste también extraen materiales pétreos como grava y arena.

En cuanto a uno de los problemas ambientales principales en la zona, es la susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica, debido a la textura superficial, estructura y permeabilidad de éstos (SGM, 2012). “Dichas características, junto con la pendiente del terreno, la vegetación existente (o la falta de ésta) y el clima, controlan la cantidad de sedimentos en las subcuencas y las velocidades de sedimentación en las presas.”(ecosur.repositorioinstitucional.mx)

En octubre del 2005 se presentó la tormenta tropical denominado Huracán Stan, ocasionando en un periodo de tiempo relativamente corto, inundaciones en países centroamericanos y afectaciones en el sur de México, afectando a los estados de Oaxaca y Chiapas. Este último se vio afectado por inundaciones que afectaron en gran parte de su zona costa, sin embargo en la zona centro también se vio afectado por inundaciones particularmente en el municipio de Chiapa de Corzo, en la cual

varias familias fueron afectadas, así como restauranteros que se encuentran en el malecón de Chiapa de Corzo.

Los estudios topobatimétricos realizados sobre el cauce del río Grijalva, son realizados en su mayoría en la parte baja de la cuenca (Estado de Tabasco), y de estos estudios solamente se encuentran publicados unos cuantos artículos. Los estudios Topobatimétricos realizados en el cauce del Grijalva son contratados y normados por la Comisión Nacional del Agua, y por este motivo el tener acceso a la información de estos estudios resulta difícil.

Por lo anterior, considero que es excelente tema de investigación para desarrollar esta tesis, y con la experiencia obtenida desde el año 2013 en la elaboración de estos estudios, considero que será un gran aporte para futuras generaciones de ingenieros civiles e ingenieros topógrafos que tengan interés en este tema.

1. 2. JUSTIFICACIÓN.

Los estudios topobatimétricos vistos desde el punto de vista económico, tienen un precio elevado, que difícilmente un particular podría costear un estudio de esta magnitud. Actualmente algunas universidades imparten la materia de hidrografía y el tema de batimetría muchas veces solo es teórico, dejando a los alumnos sin el conocimiento que les deja el desarrollo de una práctica de campo. Además, la nula información documental en tema batimétrico, repercuten de manera negativa en la formación de los alumnos. Por lo anterior nace la inquietud de desarrollar este documento en la cual se explicará los pasos que debe contener el desarrollo de un estudio Topobatimétrico mediante un caso práctico desarrollado en el malecón de Chiapa de Corzo, Chiapas. México.

1. 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis comparativo entre dos estudios topobatimétricos realizados en periodos de tiempo diferentes, en un tramo del cauce del Río Grijalva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar los perfiles Capacidades-Áreas.
- Realizar el cálculo de áreas y volúmenes mediante curvas de nivel proyectadas.
- Documentar el proceso de desarrollo que debe tener un estudio Topobatimétrico.

CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

2. 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Chiapa de Corzo se encuentra ubicada en la depresión Central y del Altiplano Central del estado de Chiapas, sus coordenadas UTM son 498,198.81 al Este y 1,847,270.86 al oeste, con una elevación de 603 m.s.n.m.

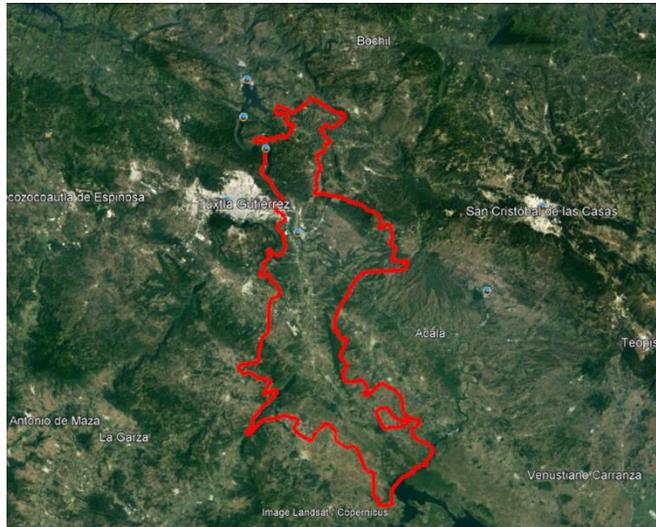


Figura 2.1. Poligonal que define los límites de Chiapa de corzo. Elaboración propia

El municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. Colinda al Norte, con los municipios de Bochil, Chicoasén, Soyaló, al Sur con los municipios de Villaflores, Parral, Villa Corzo, al Este con los municipios de Zinacantán, Ixtapa, Acala, San Cristóbal, al Oeste con los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Suchiapa, San Fernando. Su superficie terrestre es de 907 km² lo que representa el 7.0% del área total del Estado de Chiapas.

2. 2. CLIMA.

2.2.1. Tipos de climas en el municipio.

El Clima que se presenta en el municipio de Chiapa de Corzo es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 26°C.

Durante los meses de mayo a octubre la temperatura mínima promedio oscila entre los 15°C y 22.5°C, y la temperatura máxima promedio van entre 24°C y 34.5°C.

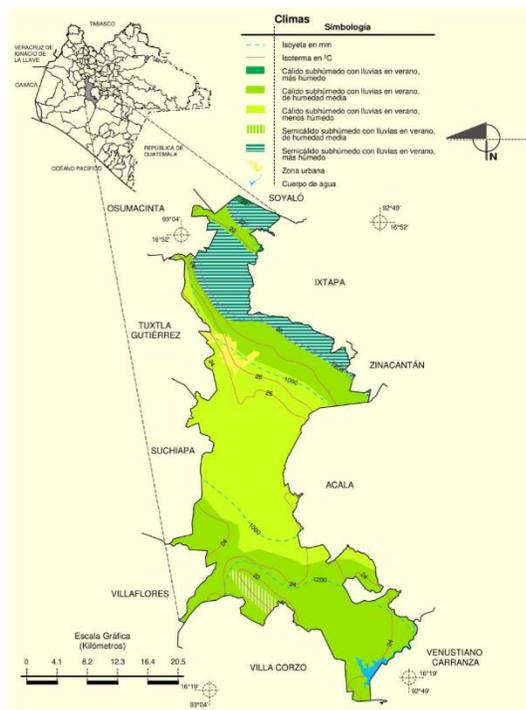


Figura 2.2. Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las cartas de climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual, serie I.

2. 2. 2. Precipitación promedio anual.

“La precipitación promedio anual para Chiapa de Corzo es de 990 milímetros anuales. En los meses de mayo a octubre, la precipitación media fluctúa entre los 900 mm y los 1200 mm, y en el periodo de noviembre - abril, la precipitación media va de los 25 mm a 200 mm.” Hernández, María. (2011).

2. 3. VEGETACIÓN.

2. 3. 1. Tipo de vegetación en la zona.

Según Hernández, María. (2011), La vegetación presente en el municipio es la siguiente:

- ✓ Vegetación secundaria (selva baja caducifolia y bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) que cubre el 27.84% de la superficie municipal.
- ✓ Pastizal y herbazal (pastizal inducido) el 9.54%.
- ✓ Bosque deciduos (bosque de encino) el 5.36%.
- ✓ Selvas secas (selva baja caducifolia y subcaducifolia) el 4.60%.
- ✓ Selvas húmedas y subhúmedas (selva alta y mediana subperennifolia) el 0.49%.
- ✓ Bosque de coníferas (bosque de pino-encino) el 0.40%.

2. 4. USO DE SUELO.

2. 4. 1. Tipos de suelos en el municipio de Chiapa de Corzo.

El municipio de Chiapa de Corzo los tipos de suelos que se presentan son:

- | | |
|-------------|-------------|
| a. Litosol | b. Feozem |
| c. Fluvisol | d. Vertisol |
| e. Luvisol | f. Regosol |
| g. Rendzina | |

2. 4. 2. Composición física del suelo existente.

Según Hernández, María. (2011), la composición física es la siguiente:

a. Litosol. Son suelos delgados muy pedregosos y tienen poca materia orgánica, características que dificultan su uso agrícola, además se encuentran muy débilmente desarrollados.

b. Regosol. Se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud. Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas.

c. Rendzina. Son suelos que se forman sobre una roca madre carbonatada, como la caliza, y suelen ser fruto de la erosión. El humus típico es el mull y son suelos básicos. Los suelos mull, o de humus elaborado, tienen una actividad biológica intensa, sobre todo de la fauna y microorganismos que se alojan en el suelo y descomponen rápidamente la materia orgánica del mismo. Aparecen en regiones de temperatura elevada y humedad mediana. El suelo está bien aireado. La roca madre suele ser calcítica y la vegetación rica en nitrógeno.

d. Vertisol. Es aquel suelo en donde hay un alto contenido de arcilla expansiva conocida como montmorillonita que forma profundas grietas en las estaciones secas, o en años. Los vertisoles se forman típicamente de rocas altamente básicas tales como basalto en climas estacionalmente húmedos o sujetos a sequías erráticas y a inundación. Dependiendo del material parental y del clima, pueden oscilar del gris o rojizo al más familiar negro.

e. Feozem. Son suelos con igual o mayor fertilidad que los vertisoles, ricos en materia orgánica, textura media, buen drenaje y ventilación, en general son poco profundos, casi siempre pedregosos y muy inestables, restringiendo por ello su uso en la agricultura permanente, pudiéndose utilizar en el cultivo de pastos, aunque se recomienda mantenerlos con vegetación permanente.

f. Fluvisol. El material original lo constituyen depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial, lacustre o marino. Se encuentran en áreas periódicamente inundadas, a menos que estén protegidas por diques, de llanuras aluviales, abanicos fluviales y valles pantanosos. Aparecen sobre todos los continentes y cualquier zona climática. Los fluvisoles suelen utilizarse para cultivos de consumo, huertas y frecuentemente para pastos. Es habitual que requieran un control de las inundaciones, drenajes artificiales y que se utilicen bajo regadío.

g. Luvisol. Estos suelos se desarrollan principalmente sobre una gran variedad de materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales. Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados fríos o cálidos, pero con una estación seca y otra húmeda, como el clima mediterráneo.

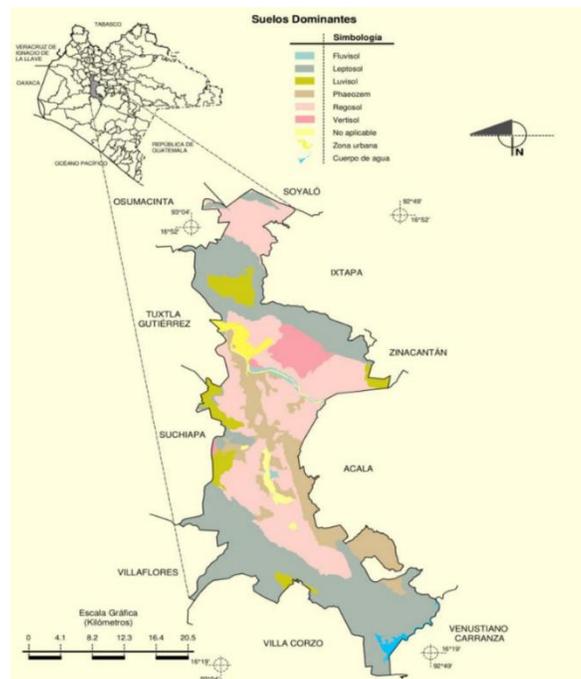


FIGURA 2.3. Fuente: INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, serie II (Continuo Nacional).

2. 5. GEOLOGÍA.

2. 5. 1. Geomorfología General del municipio de Chiapa de Corzo.

El municipio forma parte de las regiones fisiográficas Depresión Central y Altos de Chiapas. La corteza terrestre del municipio está formada por rocas sedimentarias (caliza que abarca el 33.72%; lutita el 19.46%; arenisca el 19.36%; conglomerado el 8.62%; limolita el 8.08%); suelo aluvial que abarca el 8.30% y rocas ígneas extrusivas (toba intermedia) que ocupa el 0.57% de la superficie municipal. La altura del relieve varía entre los 360 m.s.n.m.y los 1,700 m.s.n.m. las elevaciones más altas se ubican los cerros que determinan al majestuoso Cañón del Sumidero y la Sierra Alta. Hernández, María. (2011). (p. 39,)

2. 5. 2. Riesgos Geológicos del municipio de Chiapa de Corzo.

El municipio de Chiapa de Corzo se encuentra afectada por la Falla de Malpaso-Muñiz, esta falla genera sismos de diferente magnitud, causando derrumbes en edificaciones, y/o desestabilización en los mismos, el riesgo más alto y latente son las dos presas hidroeléctricas que se encuentran aledañas a este municipio. Hernández, María. (2011). (P. 40)

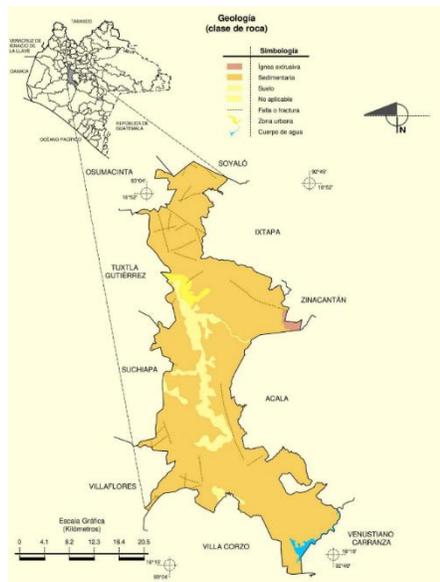


Figura 2.4. Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica, serie I.

2. 6. HIDROLOGÍA

2. 6. 1. Principales cauces del municipio de Chiapa de Corzo.

Los principales cauces naturales que se encuentran en el municipio de Chiapa de Corzo son:

1. Río Suchiapa.
2. Río Santo Domingo.
3. Río Sabinal

Estos ríos confluyen directamente al río Grijalva siendo este el cauce principal que hacen funcionar las cuatro presas hidroeléctricas construidas a su paso.

2. 6. 2. Cauces naturales aledaños al municipio d Chiapa de Corzo.

Los ríos colindantes que desembocan en el tramo de la zona de estudio son: El río Chiquito, el río Majular, el río Nandaburé y el río Nandalumí.

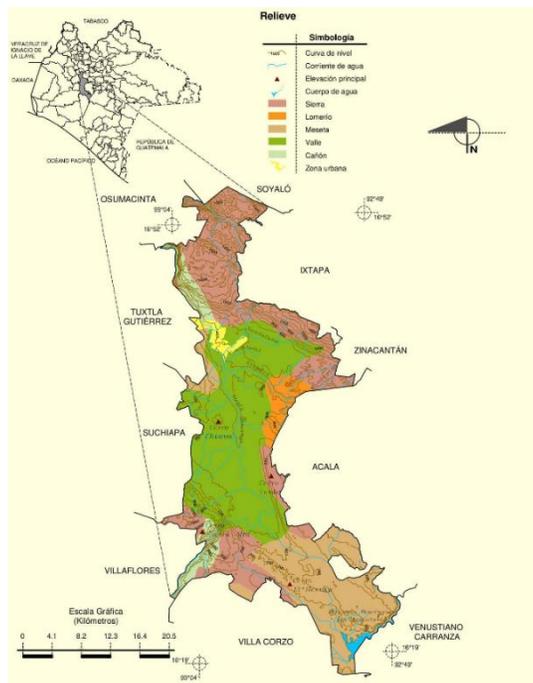


Figura 2.5. Fuente: INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México.

2. 6. 3. Descripción del Río Grijalva.

El Río Grijalva, nace a 4026 metros de altura en el volcán Tacaná en Guatemala; se alimenta de los ríos San Miguel y San Gregorio para tener una cuenca de 53 mil kilómetros cuadrados y una longitud de 700 kilómetros. El río Grijalva original nace en la sierra norte de Chiapas, atraviesa el estado de Tabasco de sur a norte, pasando a un costado de la ciudad de Huimanguillo, atraviesa la ciudad de Villahermosa y desemboca en el Golfo de México en la barra de Frontera, municipio de Centla. La cuenca del Grijalva contiene a las presas La Angostura, Chicoasén, Nezahualcóyotl y Peñitas; este sistema hidroeléctrico es uno de los más importantes del país porque produce el 23 por ciento de la energía eléctrica utilizada en el territorio nacional.

Tan sólo en Chiapas el 12 por ciento del territorio del estado es zona protegida; aun a pesar de ello, las aguas residuales, las aguas jabonosas y la basura ponen en peligro de extinción a especies como el águila arpía y el jaguar, entre otras, y favorece la proliferación de lirios acuáticos que contaminan al río.

2. 7. FAUNA.

2. 7. 1. Fauna característica de la zona.

La fauna del municipio está formada por una gran variedad de especies entre las que destacan las siguientes: cocodrilo de río, coral de cañutos, heleoderma, iguana de roca, iguana de ribera, tlacuache y zorrillo.

2. 7. 2. Especies protegidas, amenazadas o en peligro de extinción.

Algunas de las especies que se encuentran en peligro de extinción localizadas en el municipio son: el cocodrilo de río, el ocofaisan, la garza blanca, los cormoranes, el mono araña, el pelicano blanco y café, el venado cola blanca, el jabalí, entre otros. Sin embargo, como se encuentran dentro del Parque Nacional Cañón del Sumidero, están protegidas ante cualquier percance o daño ante ellos.

CAPÍTULO 3. PLANEACIÓN DEL ESTUDIO TOPOBATIMÉTRICO

3. 1. Recopilación de información.

La planeación para llevar a cabo un estudio Topobatimétrico, es necesario conocer la normativa vigente que rige estos estudios, para nuestro caso, la normativa aplicable en México es proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), dentro de esta normativa se establecen los parámetros y lineamientos para llevar a cabo los trabajos de campo y entrega de la información del estudio Topobatimétrico.

En este apartado se describirán los pasos correspondientes para llevar a cabo las diferentes etapas para un estudio Topobatimétrico.

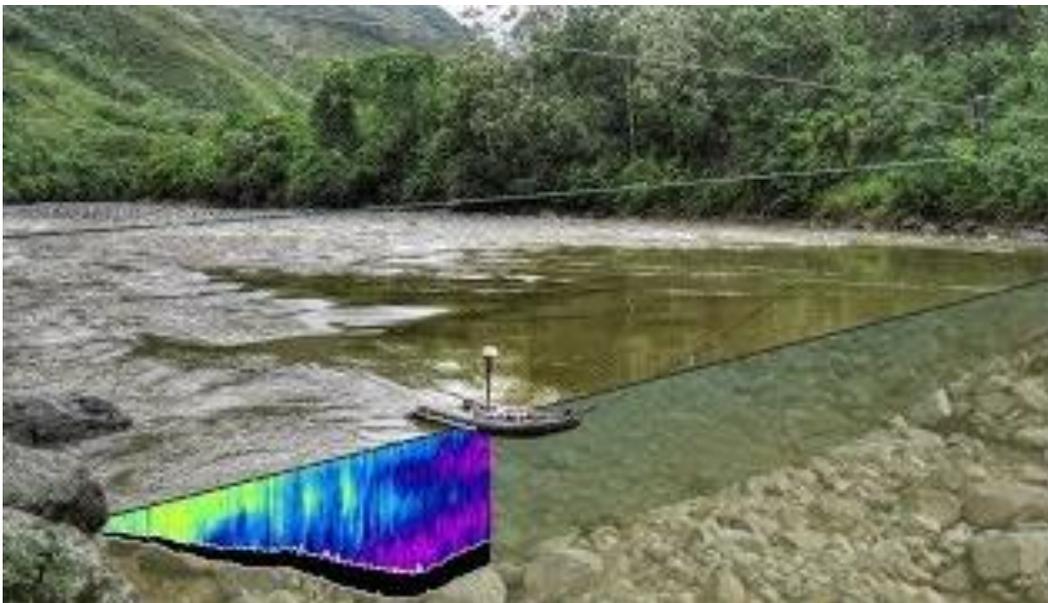


Figura 3.1. Levantamiento batimétrico con ecosonda mono-haz. (EnerTek Global)

3. 2. Selección de imágenes de satélite.

Para la obtención de imágenes de satélite de la zona de estudio existen muchos software que permiten descargar de manera gratuita estas imágenes, a continuación se en lista algunos de estos software.

- 1. E-foto:** El software E-foto posee funcionalidades fotogramétricas que permiten el desarrollo de proyectos topográficos tridimensionales topográficos profesionales, mediante el uso de fuentes de datos de imágenes fotogramétricas aéreas obtenidas tanto por cámaras analógicas como por sensores digitales.
- 2. GRASS GIS:** Ofrece clasificación de imágenes de satélite, PCA, detección de bordes, correcciones radiométricas, 3D, análisis de geoestadística y opciones de filtrado. Otra característica clave de GRASS es el procesamiento y análisis LiDAR. Puede filtrar puntos LiDAR, crear contornos y generar DEM.
- 3. Opticks:** es una plataforma de software de análisis de imágenes y teledetección expansible gratuita y de código abierto.
- 4. OSSIM** es un potente conjunto de librerías y aplicaciones geoespaciales utilizadas para procesar imágenes de satélite, mapas, relieve y datos vectoriales. El software ha estado en desarrollo activo desde 1996 y se ha implementado en varias agencias privadas, federales y civiles. (1)
- 5. Google Earth Pro:** programa intuitivo para ver información relacionada con una ubicación específica. Google Earth Pro ofrece el conjunto más completo de datos geoespaciales disponibles de manera pública e incluye imágenes de alta resolución, escapadas en 3D por ciudades, mapas detallados de carreteras, imágenes panorámicas desde calles, imágenes históricas y puntos de interés importantes, como accidentes naturales, patrones climáticos y ubicaciones de empresas.

Los primeros cuatro software de la lista, tienen un costo alto en el mercado y por este motivo haremos uso del software Google Earth Pro, por ser de uso gratuito y contiene una precisión aceptable para los trabajos que a continuación desarrollaremos.

3. 3. Trazo Topobatimétrico.

Para llevar a cabo esta parte del trazo Topobatimétrico es necesario delimitar la zona de estudio.

A continuación se describe el procedimiento:

1. Delimitación de la zona de estudio. En esta parte del proyecto debemos contar con el punto de inicio y punto final del trazo. Para nuestro caso se llevara a cabo un desarrollo de 4 km, tomando como referencia un punto medio el cual estará establecido en el Malecón de Chiapa de Corzo, Chiapas.

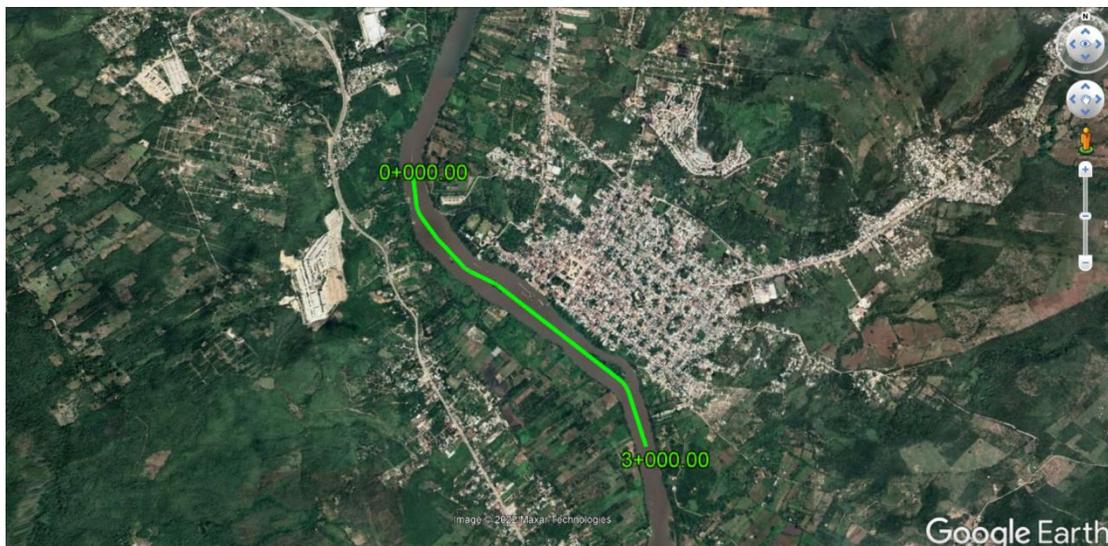


Figura 3.2. Trazo preliminar para la determinación aproximada del punto de inicio y punto final. Elaboración propia.

2. Una vez determinado la zona de estudio se procede a realizar el trazo definitivo, esto mediante la proyección de un eje de proyecto lo más aproximado en el eje del cauce y marcando secciones a cada 20 m. abarcando una zona de 250 m. al margen derecho y 250 m. al margen izquierdo, empezando este trazo con el cadenamamiento 0+000 en aguas abajo.

Los 500 metros que cubren las secciones marcadas lo recomiendo para que por medio del software especializado se obtengan las secciones del cauce y que incluya los niveles en terreno seco que por norma especificada por CONAGUA debe abarcar una longitud de 50 metros desde el hombro del cauce.

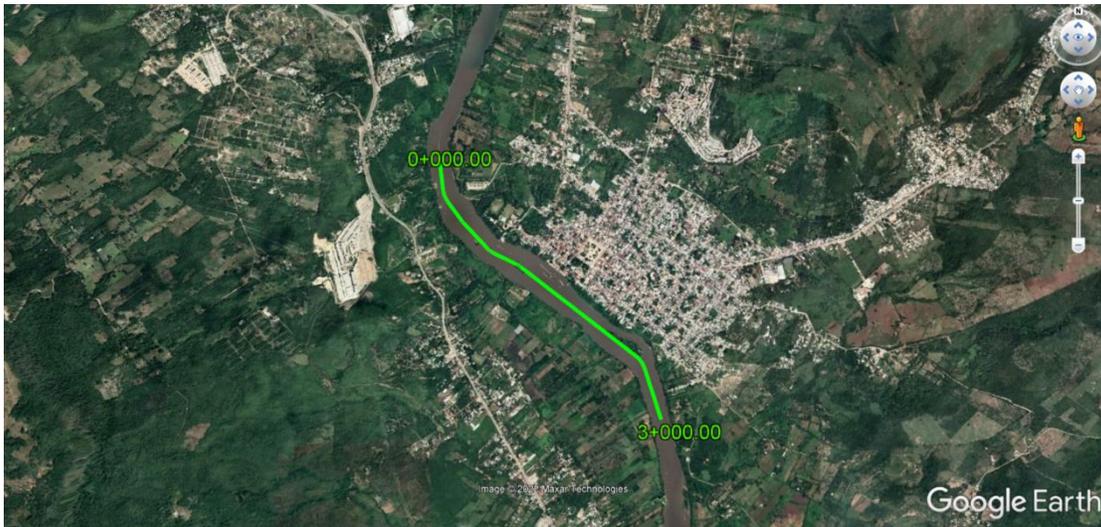


Figura 3.3. Trazo preliminar para la determinación aproximada del punto de inicio y punto final. Elaboración

Cabe mencionar, que este trazo Topobatimétrico pueda plasmarse en la imagen de satélite obtenida por el software Google Earth Pro, debe utilizarse los software AutoCAD y Global Mapper.

3. 4. Procesamiento de la información para levantamiento en formato CAD

La aplicación de nuevas tecnologías en el área de la topografía permite que diferentes estudios relacionados con la misma, se ejecuten en un periodo de tiempo menor y con una excelente precisión, que para nuestro caso no será la excepción, porque aplicaremos equipos de última generación, como son: estación total, equipo GPS de precisión y colectora de datos GPS. El trazo Topobatimétrico debe estar proyectado en Formato CAD (.dwg o .dxf), dicho trazo debe estar georreferenciado y debe contener los puntos de control GPS, la importancia de estos puntos de control se describirá en el capítulo siguiente.

El archivo que se obtiene por medio del software AutoCAD se instala en la colectora de datos GPS esto con la finalidad de tener el trazo en tiempo real para la realización del levantamiento Batimétrico.

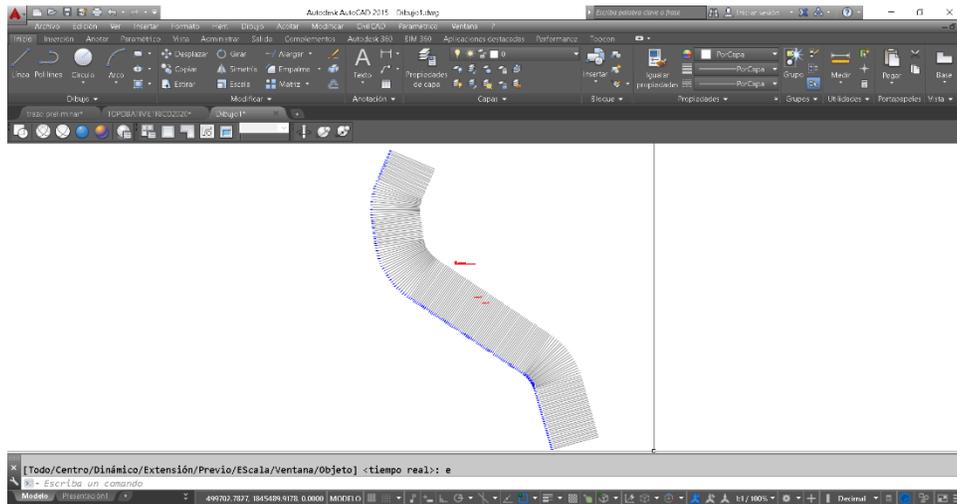


Figura 3.4 Trazo preliminar elaborado en software AutoCAD. Elaboración propia.

Este archivo en formato dwg o dxf, se debe guardar en la memoria interna de la colectora de datos GPS que aplicaremos en el levantamiento batimétrico.

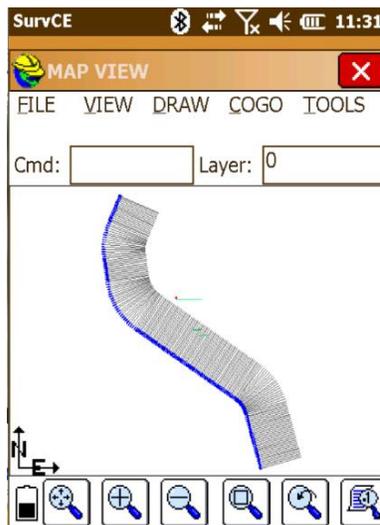


Figura 3.5. Trazo preliminar en software Carlson SurvCe de la colectora de datos GPS, elaboración Propia.

3. 5. Normativa y especificaciones aplicables para el estudio

La normativa aplicable para llevar a cabo un estudio Topobatimétrico es proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), esta información no se encuentra disponible en internet, debe ser solicitada directamente en el área técnica de dicha comisión a continuación se en lista los nombres completos de esta normativa.

1. Guía técnica para realizar el levantamiento topográfico, estudio hidrológico e hidráulico para la identificación del cauce y zona federal.
2. Guía técnica para realizar el levantamiento topográfico, estudio hidrológico e hidráulico, análisis de socavación para obras de cruce en cauces naturales.
3. Lineamientos para la elaboración de planos de delimitación de zona federal y memoria técnica de los levantamientos topográficos.

Cabe mencionar esta información lleva implícita las normas topográficas y geodésicas que se aplican en los diferentes métodos de medición terrestre.



Figura 3.6. Portadas de documentos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua. CONAGUA.
Elaboración Propia.

3. 6. Equipos, Materiales Y Herramientas a Utilizar.

El manejo de los equipos topográficos, geodésicos y ecosondas de última generación, ayuda al ingeniero (topógrafo o civil) a realizar estudios topobatimétricos en menor cantidad de tiempo, estas mediciones terrestres y las mediciones de profundidades en cauces (naturales/artificiales) se logran resultados con excelentes precisiones, por lo cual al momento de procesar la información obtenida por estos instrumentos, los resultados obtenidos son de mucha confianza.

A continuación se en lista los equipos, materiales y herramientas que se utilizaran en el levantamiento Topobatimétrico. Primeramente empezaremos por definir los equipos que se utilizarán para realizar el levantamiento topográfico como parte del estudio Topobatimétrico.

Equipo	Cant.	Descripción
	01 Par	El receptor Sokkia GRX2 de doble constelación (GPS/GLONASS) totalmente integrada GNSS RTK trae un nuevo nivel de versatilidad y flexibilidad a sus aplicaciones de precisión. Es accesible con tecnologías inalámbricas e ideal para operación RTK.
	01 Pza.	Estación total es un aparato electrónico óptico utilizado en topografía, su funcionamiento consiste en el uso de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Tabla 1a. Equipos utilizados en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.

Equipo requerido para realizar el levantamiento batimétrico como parte del estudio Topobatimétrico.

Equipo	Cantidad	Descripción
	01 Pza.	<p>Los motores de turbina funcionan como los de un avión, pero en lugar de pasar aire por las turbinas, pasa agua y la impulsa hacia atrás, generando la propulsión de la embarcación. Estos motores requieren un aceite lubricante especial para turbinas.</p>
	01 Jgo.	<p>Ecosonda Monohaz Elac Hydrostar 4300, tiene la capacidad de trabajar con doble frecuencia 50 kHz y 210 kHz hasta una profundidad máxima de 1.000 metros, los transductores se encuentran alojados fijos en el casco. Sistema de posicionamiento GPS diferencial satelital Hemisphere.</p>
<p>Tabla 1b. Equipos utilizados en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.</p>		

Además de los equipos utilizados en un estudio Topobatimétrico, es indispensable contar con una serie de materiales y herramientas, con la finalidad de maniobrar de manera correcta los equipos y dejar marcas (puntos auxiliares, etc.) como evidencias de los trabajos de campo realizados.

A continuación se mencionan los materiales y herramientas que son utilizados en un estudio Topobatimétrico.

Herramientas	Materiales
Desarmadores	Pintura
Pinzas	Clavos para concreto
Marro	Estacas de madera
Radios profesionales	Varillas
	Rondanas planas
	Combustible

Tabla 2. Materiales y herramientas a utilizar en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.

3. 7. Conformación de brigadas.

Contar con personal calificado es tan importante como los equipos para el desarrollo de un estudio Topobatimétrico, porque de la experiencia de cada persona que participa en estos proyectos, dependen el éxito del mismo. Por ello antes de iniciar cualquier proyecto Topobatimétrico recomiendo seleccionar al personal que colaborará en el desarrollo de este estudio. A continuación enlisto la cantidad mínima de personas que participan en un estudio Topobatimétrico.

Cant.	Personal	Actividad
01	Coordinador de proyecto	Es el encargado de organizar las actividades de campo y trabajos de gabinete, con finalidad de que estas actividades se lleven a cabo en tiempo y forma.
Levantamiento Topográfico.		
Cant.	Personal	Actividad
01	Ingeniero topógrafo/civil	El ingeniero topógrafo es el encargado de llevar a cabo el levantamiento en campo en las márgenes del cauce, con la finalidad de que las mediciones topográficas cumplan con las especificaciones establecidas por la CONAGUA.
02	Ayudantes de topógrafo.	Estas personas deben estar capacitadas con temas de topografía, con la finalidad de que durante el desarrollo del levantamiento le faciliten el trabajo al ingeniero topógrafo o civil.

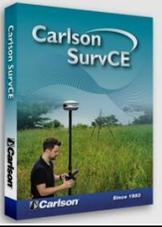
Tabla 3a. Cantidad de personal técnico para llevar a cabo el levantamiento topográfico en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.

Levantamiento Batimétrico.		
01	Ingeniero topógrafo/civil	Ingeniero especialista en tema de batimetría encargado de realizar la mediciones en el cauce de calibrar la ecosonda y enlazar comunicación con equipos GPS en sistema RTK.
01	Ingeniero o pasante en ingeniería topográfica/ingeniería civil.	Ingeniero o pasante debe estar capacitado para estar al pendiente del equipo GPS (Base) en caso de que se requiera el cambio de batería y estar en constante comunicación con el ingeniero encargado de realizar el levantamiento batimétrico.
01	Lanchero	Es la persona con experiencia y con licencia para conducir una lancha con motor fuera de borda avalado por la secretaria de marina de México.
02	Ayudantes	Estas personas están capacitadas para atender los imprevistos o necesidades que se presentan durante el levantamiento batimétrico.
Tabla 3b. Cantidad de personal técnico para llevar a cabo el levantamiento topográfico en un estudio Topobatimétrico. Elaboración Propia.		

3. 8. Software Especializado.

Para llevar a cabo los trabajos en campo y de gabinete es necesario utilizar varios software que nos ayudarán a procesar toda la información obtenida en los levantamientos topográficos y batimétrico, estos programas de cómputo aplicados a los estudios topobatimétricos ligan procesos durante el análisis de la información y el ingeniero y/o especialista debe contar con la experiencia para identificar errores y la capacidad para corregirlos. A continuación se enlista los softwares que se utilizarán para desarrollar el estudio Topobatimétrico.

	<p>Windows Mobile, este software permite la comunicación entre los dispositivos GPS y la pc con la finalidad de suministrar o descargar información del levantamiento topobatimétrico.</p>
	<p>Software de diseño asistido por computadora de la compañía Autodesk, permite la edición de planos con alta calidad de impresión.</p>
	<p>Es un software diseñado para cubrir diversas necesidades del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía. Con CivilCAD, puede obtener rápidamente: Anotación automática de Datos. Importación y Exportación de Puntos.</p>
	<p>Software diseñado para trabajos de ingeniería civil y topográfica, el cual permite enlazar imágenes georreferenciadas con el software Google Earth Pro.</p>
	<p>Software gratuito de manufactura estadounidense, que permite superposición de imágenes obtenidas por satélites.</p>
<p>Tabla 4a. Lista de software que se utilizan en el levantamiento Topobatimétrico, elaboración Propia.</p>	

	<p>Carlson SurvCE es un sistema completo de recolección de datos en tiempo real (RTK) para GPS y estaciones Totales. Es 100% compatible con los receptores GNSS y estaciones totales SOKKIA, y permite realizar mediciones Batimétricas.</p>
	<p>MAGNET Tools es un componente clave del flujo de trabajo del software MAGNET y admite una gran biblioteca de formatos de archivos de la industria topográfica y geodésica. Este software nos permitirá realizar el ajuste de coordenadas geodésicas del proyecto Topobatimétrico.</p>
	<p>Global Mapper es capaz de mostrar, convertir y el analizar prácticamente cualquier tipo de datos geoespaciales ya sea en 2D o 3D, de una nube remota o local, de datos raster o vectorial, archivo plano o base de datos espacial. Este software nos permite la comunicación de información entre los diferentes software utilizados en el proceso del estudio Topobatimétrico.</p>
<p>Tabla 4b. Lista de software que se utilizan en el levantamiento Topobatimétrico. Elaboración propia.</p>	

Cabe mencionar que existen otros software para la realización del levantamiento batimétrico como es el software Hypack, HIPS Singlebeam entre otros, pero tienen la particularidad de que las licencias vencen en determinado tiempo, sin embargo la licencia del software Carlson SurvCE es permanente en la colectora de datos.

CAPÍTULO 4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Con la recopilación de la información descrita en el capítulo anterior y con la definición del trazo Topobatimétrico, se procede a realizar el levantamiento topográfico de las márgenes del Río Grijalva, este levantamiento se realiza con equipo topográfico (Estación Total) de acuerdo a las especificaciones establecidas en la normativa de CONAGUA.

Para la ejecución de estos levantamientos en ambas márgenes del cauce, se realizó un reconocimiento de campo de la zona de estudio, también se solicitó permiso de paso en los predios ubicados en la margen derecha del trazo Topobatimétrico, en la cual se les explicó a los propietarios que estos levantamientos eran con fines académicos.

Estos levantamientos topográficos deben estar ligados a bancos de nivel o puntos de referencias establecidos por la normativa vigente, que para nuestro caso es la normativa de CONAGUA, estos puntos de referencia están determinados por las coordenadas X, Y, Z. a continuación se describen las características que deben contar estos puntos de referencia también llamados puntos de control GPS.



Figura 4.1. Mojonera o monumento, placa metálica. Fuente: instituto de información territorial del estado de Jalisco. Boletín informativo 07/2012

4. 1. Puntos de control GPS (Global Positioning System.)

Los puntos de control, son muy importantes para el desarrollo de cualquier proyecto de obra civil, estos puntos de referencia también se les conoce como bancos de nivel y están determinados por un conjunto de coordenadas únicas (X_o , Y_o , Z_o), estos puntos de control pueden estar ligadas a otros puntos de referencias, por ejemplo las estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México anuncia que se encuentra disponible el conjunto de estaciones que permanentemente registran datos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Esta red opera desde 1993 y permite a los usuarios que disponen de equipo geodésico obtener coordenadas muy exactas en sus aplicaciones. Desde 1993 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) puso en funcionamiento una red de 13 estaciones denominada Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) para apoyar, entre otras actividades geográficas, la ubicación y medición de la propiedad social del país (ejidos y comunidades agrarias), utilizando tecnología de punta. (Mundogeo).



Figura 4.2. Mapa de estaciones de la red geodésica nacional activa. Fuente: INEGI.

La Comisión Nacional del Agua CONAGUA, tiene una red de bancos de nivel con coordenadas establecidas en el Estado de Chiapas, estos bancos de nivel tienen la particularidad de estar ligadas a la Red Activa o Red Pasiva del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) por ser el ente normativo en este rubro.

Para tener acceso a las coordenadas que conforman esta red, debe ser solicitada a la comisión nacional del agua, porque esta información es de uso exclusivo de esta dependencia. Estos puntos de control (monumentos o mojones), deberán llevar sobre su cara superior, una placa que lo identifique con sus coordenadas X, Y, Z, las dimensiones para la construcción de estos puntos de control serán de 0.40X0.40 m. de base y 0.60 m. de altura; la base en la parte superior será de 20 cm. X 20 cm. se deberá colar de concreto con una resistencia de $F' C = 100 \text{ kg/cm}^2$.



Figura 4.3. Mojones de concreto hidráulico establecidos por las normas del INEGI.

4. 2. Liga de puntos GPS a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) del INEGI.

Como parte de los requerimientos establecidos por CONAGUA, para la ejecución de las acciones que conforman un estudio Topobatimétrico, es ligar los puntos de control GPS a la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI, sin embargo como requisito indispensable para nuestro estudio en particular y por tratarse del Río Grijalva, es el propagar la altura de la cortina de la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres, cabe mencionar que se tiene la particularidad que la altura con la que cuenta esta cortina se está desfasada y no corresponde a la altura geodésica que proporciona la RGNA del INEGI. Esto último con la finalidad de identificar en la zona de estudio el nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO).

Para tener acceso a uno de los puntos de control establecidos sobre la cortina de esta central hidroeléctrica, se realiza el trámite correspondiente ante las oficinas de la Comisión Federal de Electricidad CFE, en este proceso se solicita tener acceso al punto de control (mojón) que se encuentre en la parte central de dicha cortina hidroeléctrica.

Al recibir el permiso de acceso a la cortina de esta central hidroeléctrica seleccionamos al mojón identificado como L-D M-3



Figura 4.4. Punto de control L-D M-3, ubicado en la cortina de la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres.

A este punto L-D M-3 se le propaga la elevación de uno de los puntos que se encuentra descrita en los mojones ubicados en los costados de dicha cortina hidráulica.

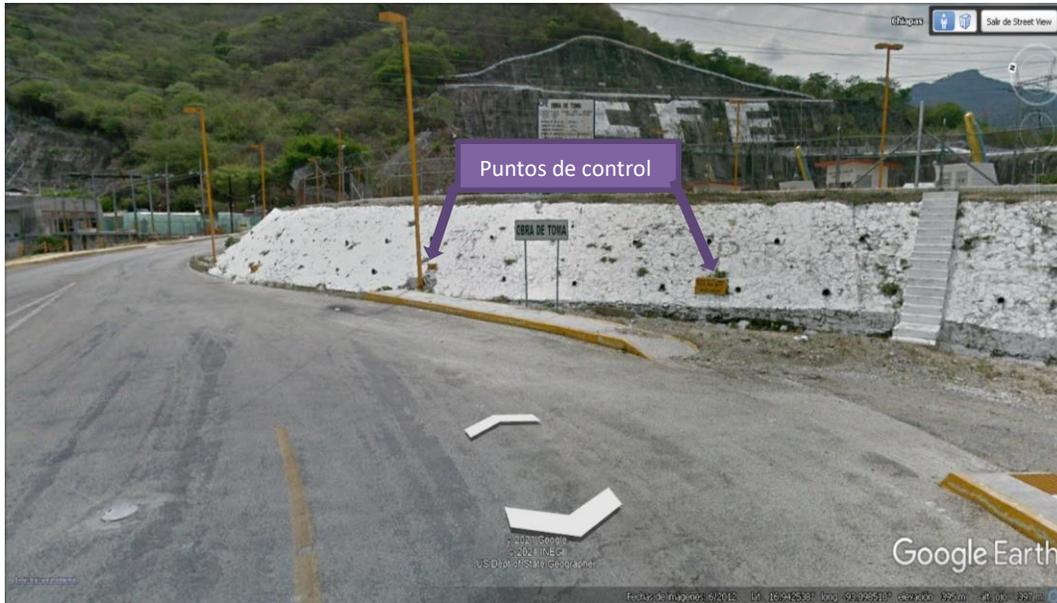


Figura 4.5. Puntos de control ubicados en un costado de la cortina. Fuente Google Earth.

Esta propagación de elevaciones lo realizamos con estación total, teniendo como resultado la siguiente elevación para este mojón. Mojón L-D M-3, Elevación= 402.263 m.



Figura 4.6. Propagación de elevación al mojón L-D M-3

Con la obtención de la elevación en el mojón L-D M-3 procedemos a realizar el levantamiento con equipo GPS con la finalidad de establecer un mojón en la zona de estudio donde llevaremos a cabo nuestro levantamiento topográfico y batimétrico.



Figura 4.7. Levantamiento con equipo GPS del punto de control L-D M-3 y mojón en el embarcadero Nandalumi.

Con este mojón establecido con coordenadas definidas x , y , z , en el embarcadero Nandalumi, establecemos otros puntos de control en nuestra zona de estudio que nos ayudaran a ligar los trabajos topográficos y batimétrico que realizados en los márgenes del cauce del Río Grijalva.



Figura 4.8 Colocación de mojones adicionales, placa ubicada en jardinera de estacionamiento de la unidad deportiva, Chiapa de Corzo.

4. 3. Configuración de colectora de datos GPS.

Para iniciar los trabajos topográficos debemos de contar con puntos auxiliares con coordenadas definidas y ligadas a nuestros puntos de control, con la finalidad de que las brigadas topográficas puedan realizar sus actividades de una manera más rápida y con ellos se reducen tiempos y costos. Para la asignación de coordenadas para los puntos auxiliares de control, usaremos la tecnología GPS configurado en un sistema llamado Real Time Kinematic (RTK), posicionamiento cinemático en tiempo real, y enlaza la tecnología de navegación por satélites a un módem de radio o a un teléfono GSM para obtener correcciones instantáneas, con la precisión obtenida, se llegue al nivel milimétrico.

Los pasos para la configuración de las antenas GPS para el sistema RTK, se realiza mediante el uso de una colectora de datos GPS, los pasos a seguir los siguientes.

1. Generar un archivo nuevo. El generar un archivo nuevo en la colectora de datos GPS nos permite que la información recabada en campo quede resguardada en un solo archivo, haciendo más fácil el acceso a esta.
2. Conectar estación GPS Base. Al realizar esta acción de conectar y de activar la estación base, nos permite ingresar en la configuración la coordenada definida previamente y ligada a nuestros puntos de control.
3. Conectar Estación GPS Móvil. Este dispositivo es el encargado de realizar las mediciones de coordenadas en sistema RTK, al momento de conectar la antena móvil GPS tendremos que realizar el ajuste topográfico, esto con la finalidad que las coordenadas obtenidas coincidan con la medición topográfica con equipo Estación Total.
4. Inicio de levantamiento de puntos auxiliares.

4. 4. Desarrollo del levantamiento topográfico en campo.

Una vez establecidos nuestros puntos auxiliares (puntos de control) procedemos a iniciar los trabajos topográficos de campo. Para llevar a cabo estas acciones con tecnología de punta, es necesario llevar una metodología para tener la certeza que se los trabajos serán confiables en su medición.

Tomando como referencia la guía técnica para la determinación de la zona federal en cauces se en lista los pasos a realizarse en el levantamiento topográfico.

4.4.1. Metodología.

1. Determinar los puntos de control con coordenadas conocidas (en este caso coordenadas UTM descritos en el punto 3 del apartado 4. 1. 2.
2. Planear la ruta de levantamiento topográfico con la finalidad de que la topografía continúe con la sección levantada con batimetría.
3. Orientar el equipo topográfico con las coordenadas conocidas e Iniciar el levantamiento.
4. Durante el desarrollo del levantamiento se define la poligonal de apoyo de acuerdo a los lineamientos descritos en la guía técnica para la determinación de la zona federal, se toman referencias como son: bardas, postes, pozos de visita de drenaje, etc. Así como también los límites de predios propietarios, dirección, medidas y colindancias de los predios con respecto al cauce, zona federal y zonas inundables.
5. La poligonal de apoyo debe trazarse paralelo al cauce (en medida de lo posible) y se deberán medir las secciones de terreno a cada 20 metros longitudinales cubriendo un ancho de levantamiento a partir del hombro del cauce 50 metros, para ambas márgenes del cauce. (consultar guía).

4. 5. Descarga de información topográfica a PC

Al terminar los levantamientos topográficos será necesario descargar la información que queda guardado en la memoria interna de los instrumentos, para esto debemos hacer uso de los siguientes software. Windows Mobile, Carlson SurvCE, y ProLink1.15. los primeros dos nos permitirá descargar la información de la colectora de datos que se definieron en los puntos auxiliares y el segundo nos permitirá descargar vía cable la información de los equipos Estación Total.

CAPÍTULO 5. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO.

En los levantamientos batimétricos es necesario realizar la planeación previa para la navegación en la zona de estudio, en esta planeación se encuentra el trazo de Topobatimétrico en formato CAD para ser insertados en la memoria interna de los dispositivos que conforman la ecosonda y el equipo GPS de doble banda que se ocupara en el levantamiento batimétrico.



Figura 5.1. Dispositivos para el levantamiento batimétrico. Elaboración propia.

A continuación se describirán las acciones preliminares que el ingeniero a cargo de levantamiento topobatimétrico, esto con la finalidad de reducir los tiempos de ejecución y por ende costos de operación.

5. 1. Acciones Preliminares.

Las actividades previas para iniciar un levantamiento batimétrico es necesario tener definido los puntos de control GPS y para nuestro caso, estos puntos de control la elevación quedo definida en el capítulo 4 de este documento. A continuación se describe las acciones que se deben realizar antes de iniciar el levantamiento.

Definir el número de personas que conforman la brigada de batimetría, esta brigada debe estar conformada por 4 personas las cuales deben realizar las siguientes funciones:

1. Un vigilante de la Estación Base GPS capacitado para poder desmontar, cambiar batería y volver a colocar la antena GPS, y estar en comunicación vía radio con el jefe de brigada que estará realizando el levantamiento batimétrico en el cauce.
2. Un operador de embarcación certificado, quien será encargado de seguir la ruta de navegación y de las instrucciones que el jefe de brigada.
3. Un ayudante será el encargado de apoyar en las actividades que realice el jefe de brigada afuera o dentro de la embarcación.
4. Un jefe de brigada será la persona encargada de realizar el acoplamiento de los dispositivos, configuración del software batimétrico, de la colocación de los instrumentos y conexión de los mismos, monitoreo de la Estación Base GPS y de dar las instrucciones para realizar el levantamiento batimétrico.

Definir la maquinaria, el equipamiento y las herramientas que se utilizaran en el levantamiento batimétrico.

5. La maquinaria que se utiliza para llevar a cabo estos trabajos de batimetría son: camioneta para el traslado del personal y equipamiento a la zona de estudio, embarcación con motor fuera de borda debe incluir combustible.
6. Equipos que se consideran para el levantamiento: una Ecosonda mono-haz, un par de antenas GPS de doble banda, colectora de datos GPS-Batimetría, radios intercomunicadores de alta gama, laptop.
7. Las herramientas que se deben tomar en cuenta un juego de desarmadores, un juego de pinzas.

Estas acciones son muy importantes antes de iniciar los trabajos de batimetría, para evitar atrasos durante el desarrollo del levantamiento batimétrico.

5.2 CONFIGURACIÓN Y CALIBRACIÓN DE ECOSONDA

Antes de iniciar las mediciones con la ecosonda, será necesario realizar una configuración y posteriormente una calibración del Transducer (sensor de medición), para ello debemos llevar a cabo una serie de interconexiones de los dispositivos que se utilizarán en el levantamiento.

Los equipos a utilizar en este levantamiento batimétrico, se encuentra el equipo GPS de doble banda, colectora de datos GPS-Batimetría, ecosonda, transducer y laptop.



Figura 5.2. Dispositivos utilizados para un levantamiento batimétrico. Elaboración Propia.

Iniciamos con el armado de los elementos estructurales que le dan rigidez y seguridad al ensamblado de los equipos, iniciamos armando la ecosonda el cual consta de un soporte que permite fijar la barra del Traduscer a la embarcación, esta barra a la vez soporta una antena GPS de doble banda, el funcionamiento simultaneo de ambos equipos durante la navegación permite realizar el levantamiento batimétrico.



Figura.5.3. Ensamblado y fijación de dispositivos de medición GPS - Batimetría. Elaboración propia.

5.3 Configuración de dispositivos.

Cuando el equipo esta ensamblado y fijado a la embarcación, se procede a realizar la interconexión de estos dispositivos; esta conexión se realiza mediante una colectora de datos GPS-Ecosonda, para este levantamiento se utilizó la colectora marca JUNNIPER modelo MESA, dicha conexión de dispositivos se realizó mediante los puertos Bluetooth y RS32 respectivamente.

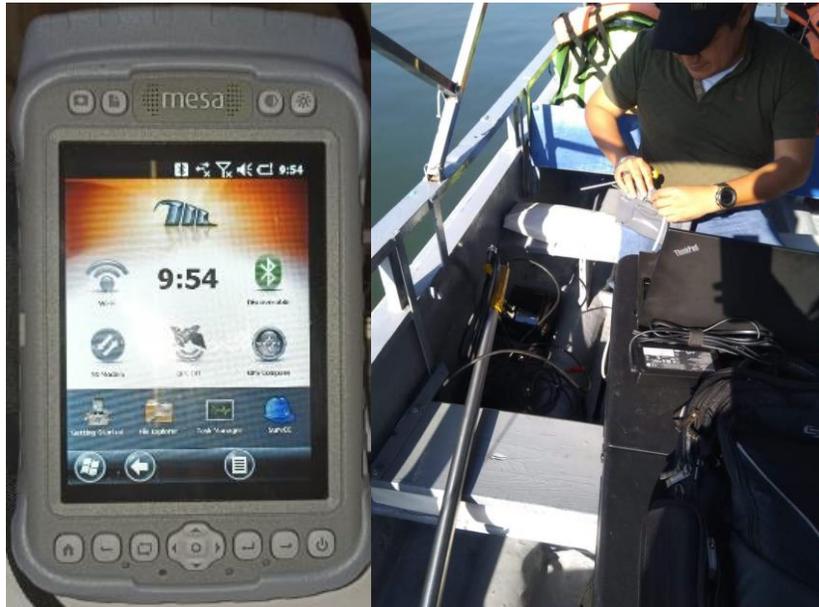


Figura. 5.4. Colectora de datos GPS-Ecosonda marca Junniper, modelo MESA. Elaboración Propia.

El software que se utiliza para llevar a cabo este levantamiento batimétrico lleva por nombre Carlson SurvCE, y siguiendo la descripción mencionada en el inciso 4.3. Configuración de colectora de datos GPS, esto para la comunicación vía Bluetooth entre la colectora de datos y la antena GPS de doble banda, después de realizar de manera exitosa dicha conexión se procede a conectar el equipo ecosonda con la misma colectora de datos GPS mediante una conexión vía puerto RS32.

En el manual de operación de la ecosonda marca ELAC, Modelo Hydrostar 4300, presenta un diagrama de interconexión de los diferentes dispositivos es de la siguiente manera

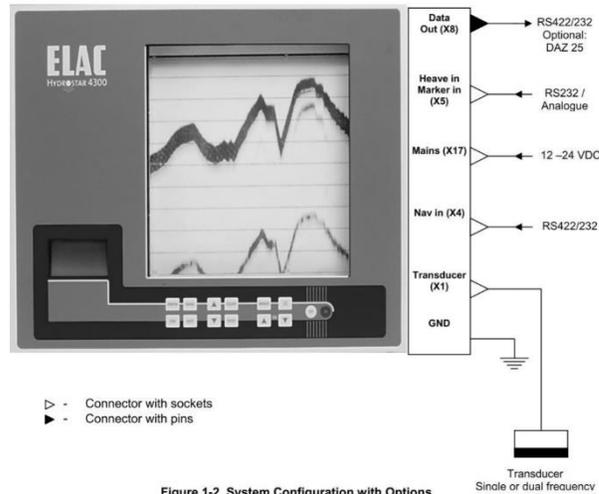


Figure 1-2 System Configuration with Options

Figura 5.5. Diagrama de conexión de dispositivos a ecosonda Hydrostar 4300 ELAC

A continuación se presenta los conectores que aparecen en el diagrama anterior, el cual es muy importante reconocer la funcionalidad de cada uno, para no forzar la inserción de los conectores y evitar el daño de pines.

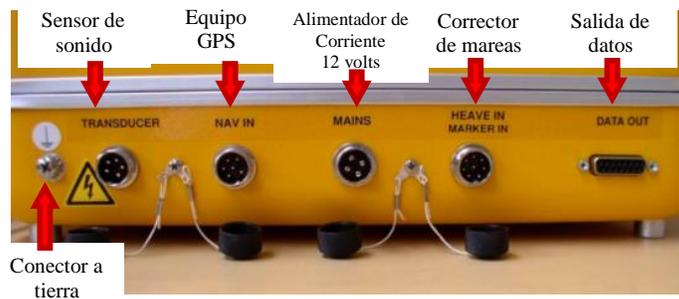


Figura 5.6. Puertos de conexión de dispositivos a ecosonda Hydrostar 4300 ELAC

Cuando todos los dispositivos se encuentran interconectados se procede a configurar el software (Carlson SurvCE) en modo batimétrico, tal como se explica en el siguiente apartado.

5.4. CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE.

Recordando un poco de los pasos anteriores debemos tener en cuenta que la antena GPS que está encendida y conectada vía bluetooth con la colectora de datos, también a este equipo, la ecosonda se encuentra conectada vía cable (RS32); activamos en el software (Carlson SurvCE) la pestaña de EQUIPO el icono No.9 - Periféricos.



Figura 5.7. Ventana de dialogo para la activación de la función ecosonda, en software Carlson SurvCE. Elaboración Propia.

Al activar esta casilla se presenta de manera inmediata una ventana de dialogo en la cual activaremos la pestaña de **sonda profund.**



Figura 5.8. Activación de la función ecosonda, en software Carlson SurvCE. Elaboración Propia.

Seleccionaremos la casilla ACTIVO y el tipo de transferencia de datos, seleccionaremos el formato Generic NMEA por tratarse de una conexión vía cable (RS32).

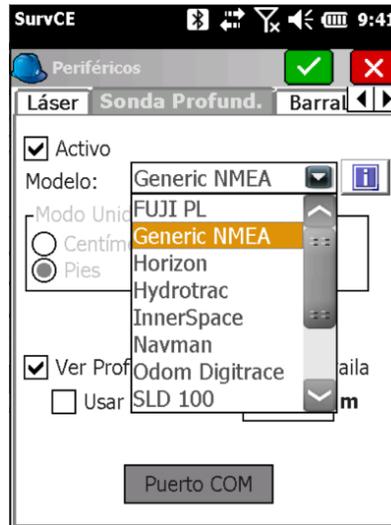


Figura 5.9. Conexión vía cable de la ecosonda a la colectora de datos en software Carlson SurvCE. Elaboración Propia.

Cuando logramos la interconexión de los equipos GPS y de la Ecosonda mediante el Software Carlson SurvCE; procedemos a calibrar el transductor (sensor de medición) este dispositivo funciona con una señal de sonido, el cual viaja a través del agua hasta encontrar una superficie sólida que permita rebotar dicha señal, y con esto la ecosonda puede medir la profundidad del cauce. Esta medición de profundidad es registrada por la colectora de datos y el software se encarga de unir la información suministrada por el equipo GPS y la profundidad calculada por la ecosonda, teniendo como resultado las coordenadas UTM en el fondo del cauce.

Para llevar a cabo la calibración del transducer es necesario trasladarse a una parte profunda del cauce, esto para poder sumergir una barra de metal a 1 y 2 metros de profundidad, tomando como referencia el nivel del espejo del agua, (Ver imagen 5.10. representativa).

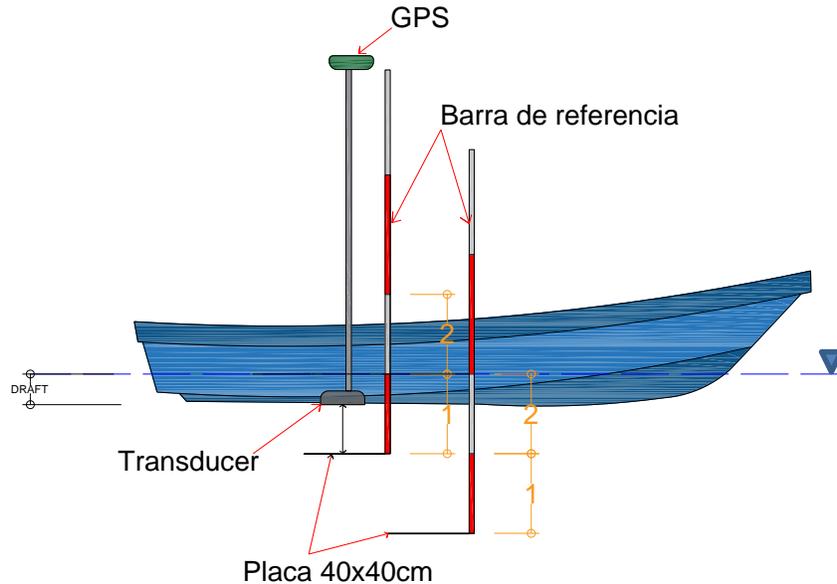


Figura 5.10. Representación de la calibración de ecosonda con la ayuda de una barra metálica. Elaboración Propia.

El rango de velocidad de sonido con la que funciona la ecosonda va en un rango de (1400 a 1699, m/s), la velocidad promedio que la ecosonda calcula, depende de la salinidad, temperatura y densidad del agua.

La calibración se recomienda realizarla como mínimo tres veces, para tener valores confiables en la velocidad del sonido con la que se va a realizar el levantamiento Batimétrico.

5.5 DESARROLLO DEL LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO.

Con la aplicación de software Global Mapper se comprueba que el trazo topobatimétrico esté debidamente ubicado en su espacio geográfico, este software realiza mediante un proceso de importación de datos DWG y posteriormente exportar esta información en formato KML para poder ser visualizado mediante el software Google Earth.



Figura 5.11. Trazo Topobatimétrico Georreferenciado. Elaboración Propia.

Para iniciar el levantamiento es necesario que el trazo topobatimétrico se encuentre guardado en la memoria interna de la colectora de datos GPS en formato DXF (Tal como se describe en el capítulo 3 de este documento) este archivo debe estar Georreferenciado, con coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator).

Con la interconexión de los equipos y estos fijados sobre la embarcación comenzamos el recorrido de cada sección marcada y vista en la colectora de datos para dar inicio al levantamiento.

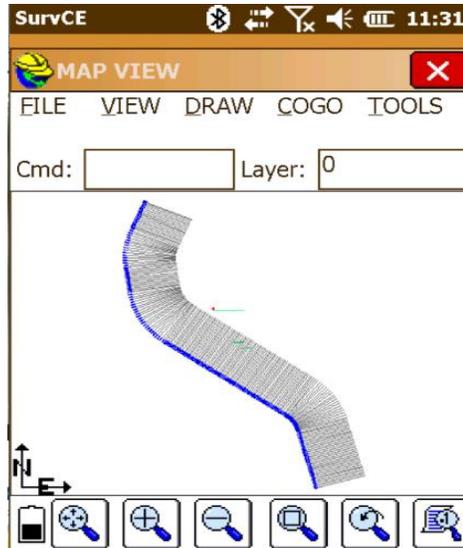


Figura 5.12. Trazo preliminar en software Carlson SurvCE de la colectora de datos GPS.
Elaboración Propia

La pantalla de la colectora de datos GPS por ser pequeña, es necesario proyectarlo en una pantalla de laptop, con la finalidad que dicha pantalla sea visible para el operador de la lancha y con ello poder seguir la ruta de navegación (trazo de sección).



Figura 5.13. Proyección de pantalla GPS en Laptop. Elaboración Propia.

Durante el desarrollo del levantamiento batimétrico, las mediciones se deben realizar siguiendo la ruta de navegación definida por el trazo de secciones sobre el eje de proyecto.



Figura 5.14. Recorrido de navegación sobre secciones. Elaboración propia.

5. 6. Descarga de información batimétrico a PC.

Cuando se finaliza el levantamiento batimétrico, se procederemos a descargar la información guardada en la memoria interna del dispositivo (colectora de datos) será necesario utilizar el software Windows Mobile 6.1, este software permite la interconexión entre el dispositivo y la PC.



Figura. 5.15. Software Windows Mobile 6.1. fuente Windows mobile.

Para realizar la descarga de la información será necesario realizar una exportación de datos en formato de texto (*.txt), a continuación se enumeran los pasos a seguir para realizar esta acción.



Figura 5.16. Información del levantamiento batimétrico en software Carlson SurvCE.
Elaboración Propia.

1. Se inicia el software Carlson SurvCe el en dispositivo y seleccionamos el icono archivo, se activa la pestaña [trabajo] y seleccionamos el archivo correspondiente a la información del levantamiento batimétrico.



Figura 5.17. Selección de archivo con información batimétrico. Elaboración Propia

2. Con el archivo seleccionado activamos la pestaña [Import-Export].



Figura 5.18. Activación de la pestaña Exportar datos. Elaboración propia.

3. Activada la función Exportar el software nos presenta la siguiente ventana de dialogo, en la cual nos permite seleccionar el formato de salida y este archivo en formato TXT.

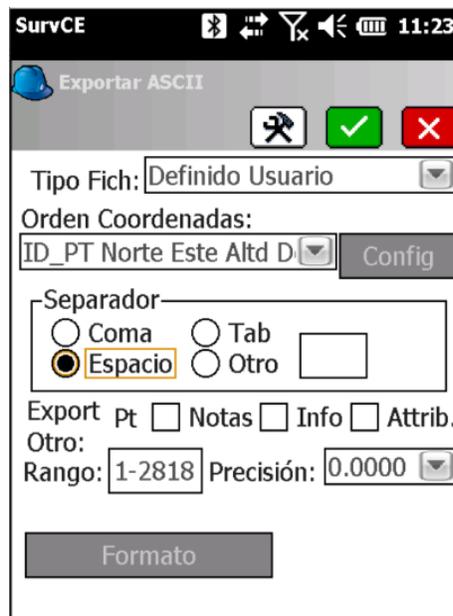


Figura 5.19. Selección de formato de salida de la información. Elaboración Propia.

4. Al activar el icono de aprobación√, el software indicara en que parte de la memoria interna del dispositivo se guardara el archivo de salida.

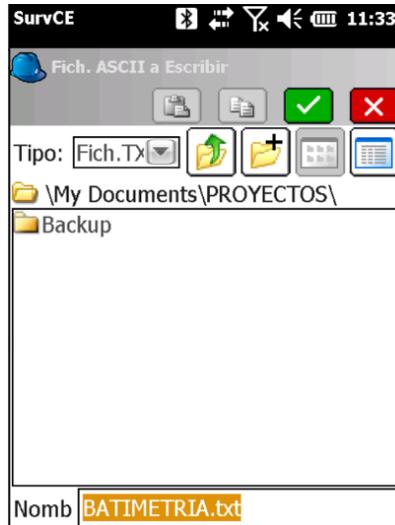


Figura 5.20. Selección del espacio donde se guardara la información. Elaboración Propia

Con el archivo guardado en la memoria interna del dispositivo se procede a copiarlo mediante el explorador de archivos de Windows, que nos permite ingresar a la memoria interna del dispositivo. Con este archivo procederemos a realizar los ajustes con la información topográfica que se expondrá en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 6. AJUSTES DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO.

Para realizar la unión de coordenadas de los levantamientos topográfico y batimétrico aplicaremos los software AutoCAD y CivilCAD, estos trabajan en conjunto y de manera simultánea, el segundo toma las herramientas que el primero provee para diseñar planos, cabe mencionar que ambos software deben ser la misma versión (año) para que puedan ser compatibles.

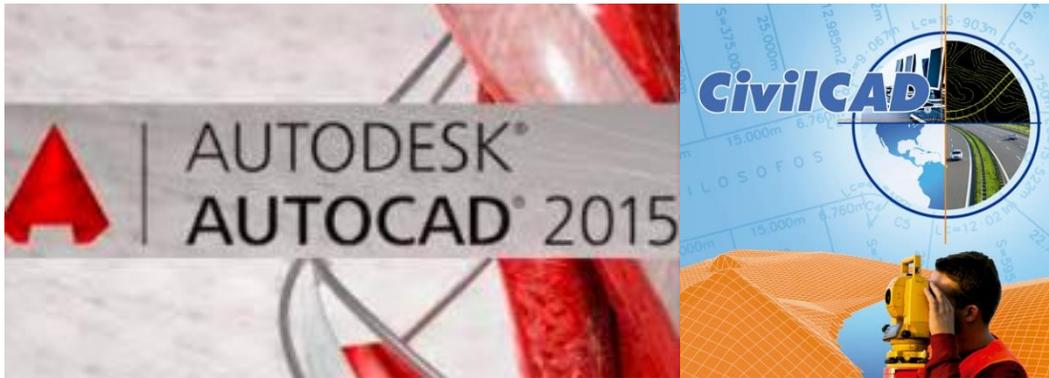


Figura 6.1. Los software utilizados para la unión de la información obtenida en los levantamientos. Elaboración Propia.

6. 1. Procesamiento de datos mediante software especializado.

Las coordenadas obtenidas en los levantamientos están referenciadas a puntos de control GPS descritas en el capítulo 4 de este documento, para insertar dichos puntos al software se realizara mediante una rutina del software CivilCAD, al importar los registros de coordenadas estos puntos deben caer en su espacio geométrico georreferenciado.

A continuación se enumera los pasos para importar los registros de los levantamientos, estos archivos de registros deben estar capturados en un archivo de block de notas *.txt y deben contener el formato Pt,X,Y,Z. (No. de punto, Coordenadas).

Pasos para importar puntos.

1. En la parte superior de software AutoCAD se encuentra la barra de menú en la cual se encuentra la barra de accesos del Software CivilCAD.

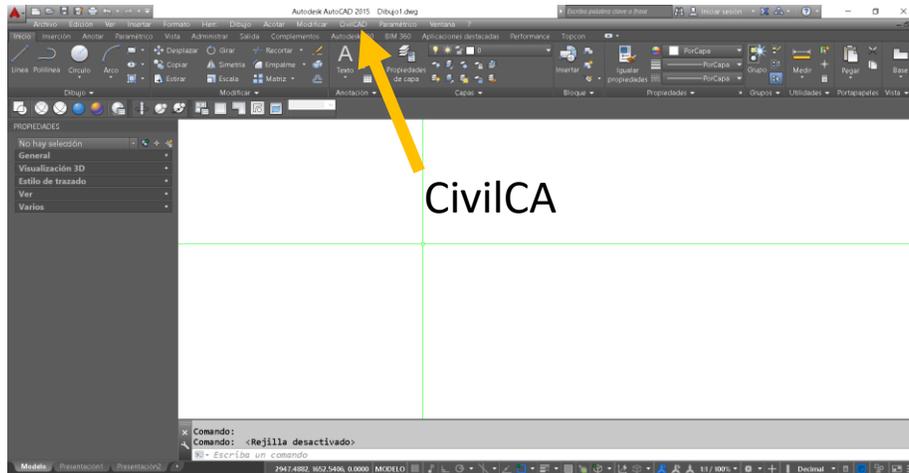


Figura 6.2. Ubicación de barra de menú del CivilCAD dentro del software AutoCAD. Elaboración propia.

2. Al activar la pestaña de CivilCAD se despliega la barra de menú en la cual seleccionamos AutoCAD/CivilCAD/Puntos/Terreno/Importar

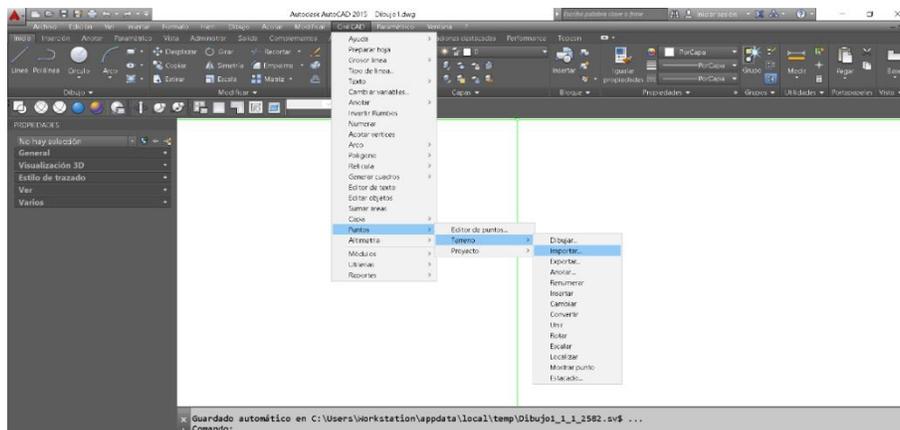


Figura 6.3. Activación de rutina importar puntos de terreno Elaboración propia.

3. Con la activación de importación de puntos de terreno, nos aparece el siguiente cuadro de dialogo. En este cuadro seleccionamos el formato adecuado y posteriormente seleccionamos el archivo en formato *.txt

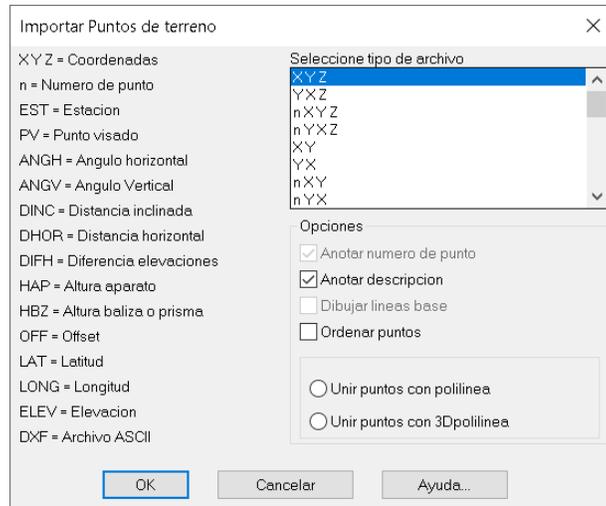


Figura 6.4. Selección de formato de archivo *.txt para importar puntos de terreno. Elaboración propia.

4. Ubicación de archivo *.txt

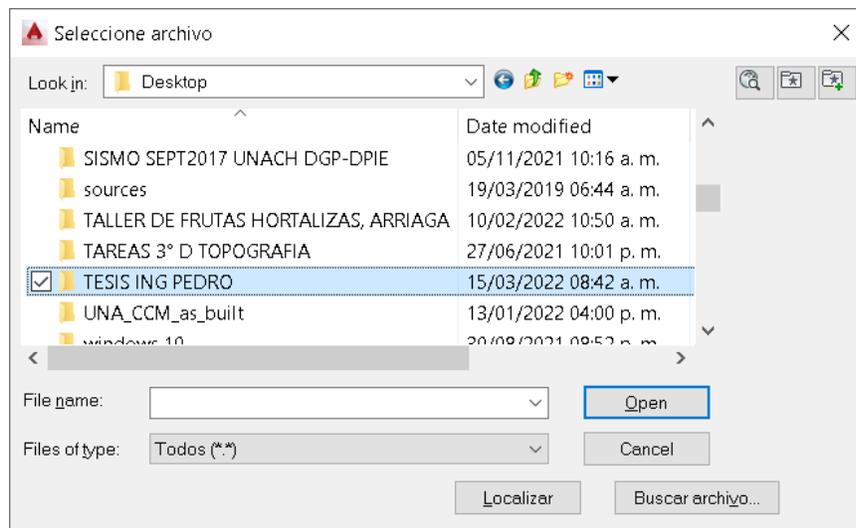


Figura 6.5. Ubicación del archivo *.txt para importar puntos de terreno. Elaboración Propia.

Al importar puntos de terreno de los levantamientos topográficos y batimétrico, estas coordenadas se proyectan en su espacio geo referenciado

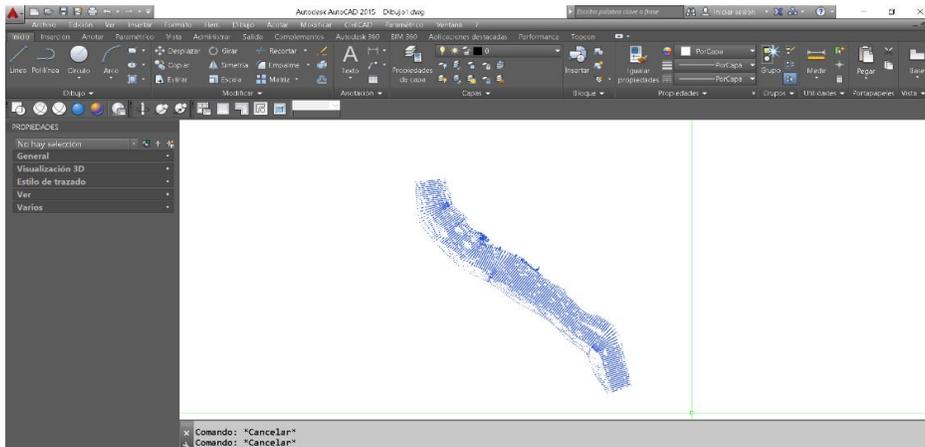


Figura 6.6. Puntos de terreno ubicados en su espacio Georreferenciado. Elaboración propia.

6.2 Elaboración y ajustes de triangulaciones.

En esta parte importante del proyecto es necesario generar triangulaciones con los puntos de terreno, para ello es necesario que los puntos de terreno se encuentren en la capa CVL_PUNTO que genera automáticamente el programa CivilCAD, posteriormente iniciamos la rutina para que el software realice la triangulación correspondiente.

1. Activamos CIVILCAD/ALTIMETRÍA/TRIANGULACIÓN/TERRENO

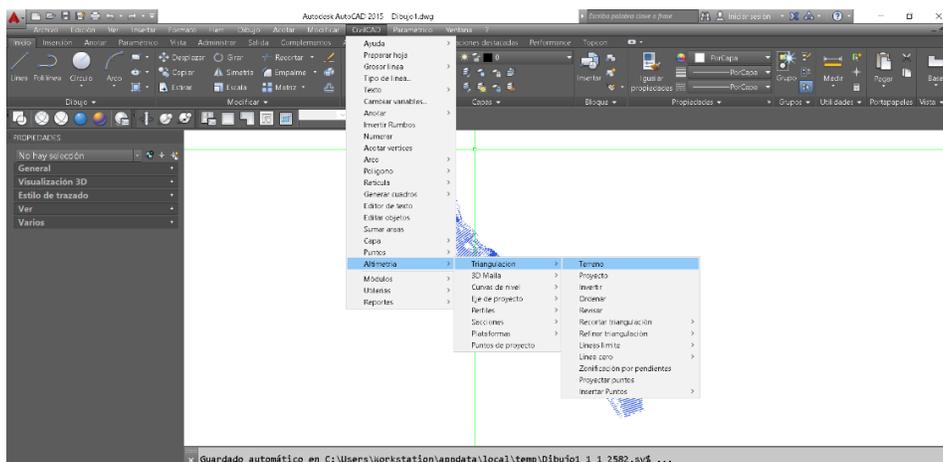


Figura 6.7. Activación de rutina de triangulación. Elaboración propia.

2. Con la rutina activada, observamos la barra de comando para leer las indicaciones que el software nos requiere, como primer paso el tipo de información a procesar [Puntos/Curvas de nivel]. Para nuestro caso son puntos de terreno y activamos con la letra P posteriormente seleccionamos todos los puntos de terreno después presionamos la tecla enter tres veces y dejamos que el software genere dicha información.

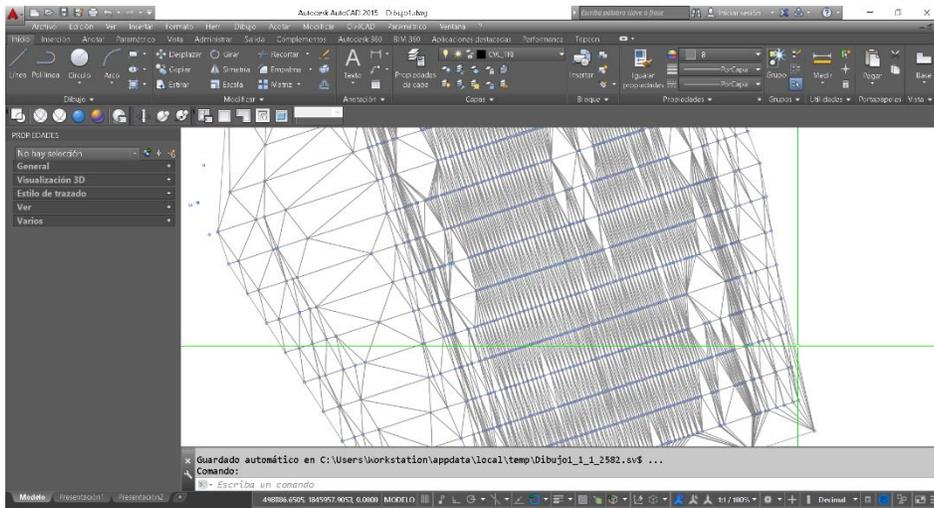


Figura 6.8. Triangulación de terreno. Elaboración propia.

3. Después de obtener las triangulaciones mediante el software CivilCAD, es necesario revisar que dichas triangulaciones no estén cruzadas entre sí. En caso de que alguna triangulación presente este error, se deberá corregir de manera manual.

6.3. Elaboración de curvas de nivel.

Con las triangulaciones realizadas se procede a realizar las curvas de nivel, tomando de referencia la normativa de la Comisión Nacional de Agua CONAGUA, las curvas de nivel secundarias serán proyectadas a cada 50 cm y las curvas gruesas a cada 2.0 metros
Para realizar esta rutina activaremos la siguiente ruta.

1. CIVILCAD/ALTIMETRÍA/ALTIMETRÍA/CURVAS_DE_NIVEL/TERRENO

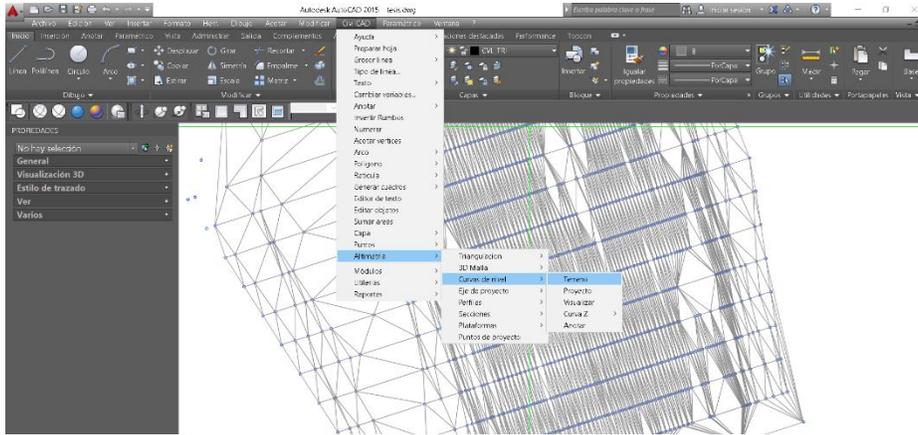


Figura 6.9. Activación de rutina curvas de nivel. Elaboración propia.

2. Activando la rutina para la generación de curvas de nivel nos aparece una ventana de dialogo en la cual seleccionamos el color y separación en la cual van hacer proyectadas dichas curvas de nivel, en caso que sea necesario se cambian los nombres de las capas.

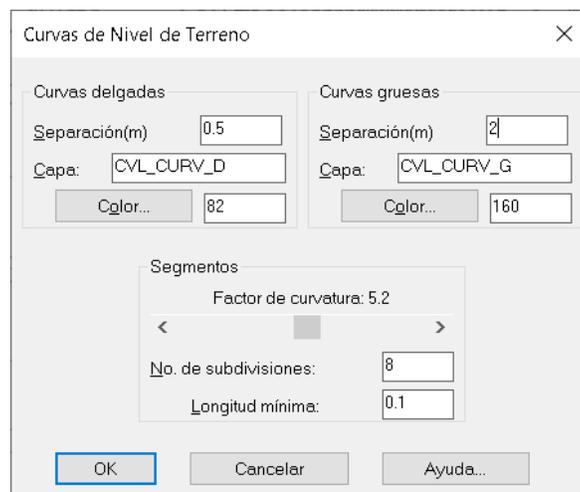


Figura 6.10. Ventana de dialogo para proyectar curvas de nivel. Elaboración.

Cuando se ingresan los parámetros para proyectar las curvas de nivel recomiendo que el factor de curvatura se proponga entre un rango de 5 a 5.5 esto para que la proyección de estas líneas nos proporcionen una mejor idea del cómo está configurado el terreno de la zona de estudio.

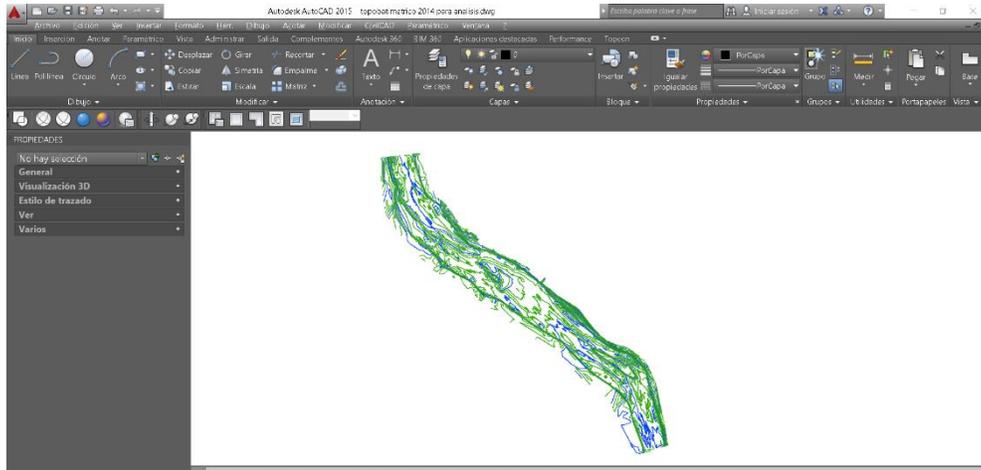


Figura 6.11. Curvas de nivel proyectadas. Elaboración propia.

6.4. Elaboración de secciones del estudio Topobatemétrico.

Para la elaboración de secciones de terreno del estudio topobatemétrico nos apoyaremos con las triangulaciones descritas en el apartado 6.2, y activaremos la siguiente rutina.

1. Para activar la rutina seguiremos la siguiente ruta

CIVILCAD/ALTIMETRÍA/ALTIMETRÍA/SECCIONES/TERRENO/OBTENER

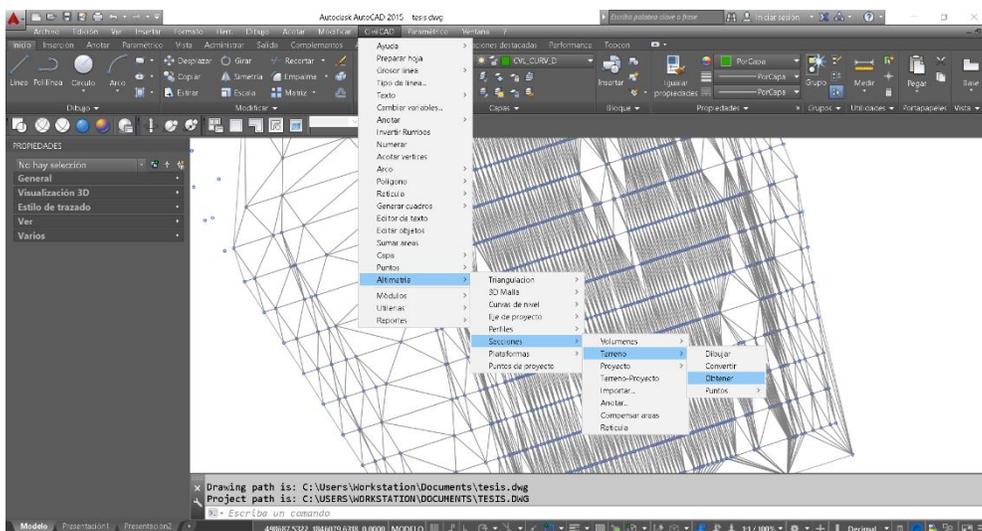


Figura 6.12 Activación de rutina para obtener las secciones del estudio topobatemétrico. Elaboración propia.

En la obtención de las secciones y de acuerdo a las especificaciones de CONAGUA las escalas verticales y horizontales deben proyectarse a 1:100, por lo consiguiente nos quedan secciones muy amplias, por lo cual solo se presentan ante esta comisión de manera digital para su análisis correspondiente.

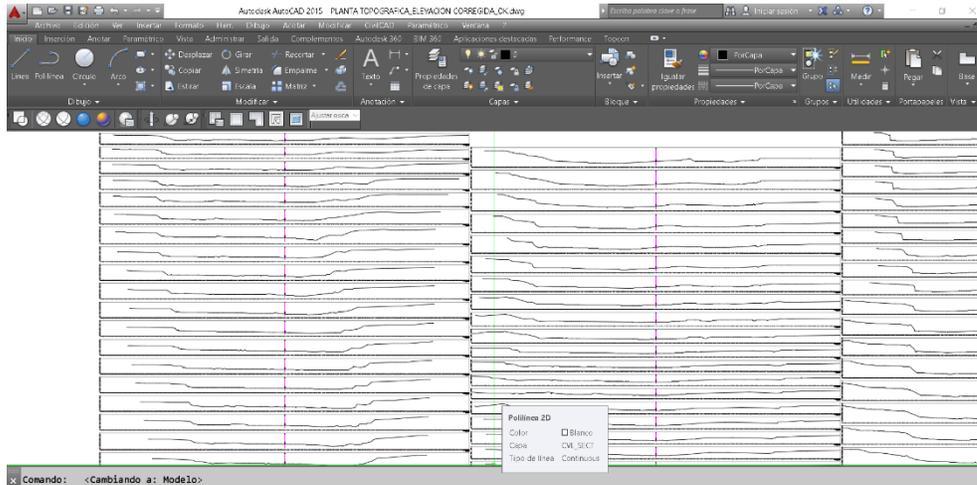


Figura 6.13. Obtención de secciones del estudio topobatimétrico. Elaboración propia

6.5. Cálculos de áreas y volúmenes que ocupan las curvas de nivel.

La longitud del recorrido de la zona de estudio corresponde a 3 kilómetros, por lo cual el análisis de las curvas de nivel quedan determinadas por las secciones trazadas tomando como referencia el centro del cauce del Río Grijalva.

Para obtener la cantidad de áreas que encierran las curvas de nivel se realizó de manera manual con la ayuda de la barra de propiedades de elementos de AutoCAD, con esta herramienta. Así mismo para nuestro análisis determinamos una cota o elevación de terreno con la finalidad de calcular el volumen de azolvamiento como resultado del cambio geomorfológico.

La parte que se encuentra del lado de la Rivera de Chiapa de Corzo es la más baja esto quedo determinado por el levantamiento topográfico; la elevación que tiene el hombro del cauce en ese lado es de 392.50 m. esta cota nos servirá de referencia para llevar a cabo los cálculos de Áreas – Capacidades.



Figura 6.14. Zona baja, Rivera de Chiapa de Corzo. Elaboración propia.

A continuación se presentan los registros de áreas que encierran cada curva de nivel, como resultado de los estudios Topobatimétricos realizados en los años 2014 y 2020. Cabe mencionar que en estos registros de áreas se contemplan valores negativos de aquellas curvas que nos indica acumulación de dentro del cauce, motivo por el cual se resta del área total que cubre la curva de nivel en cuestión.

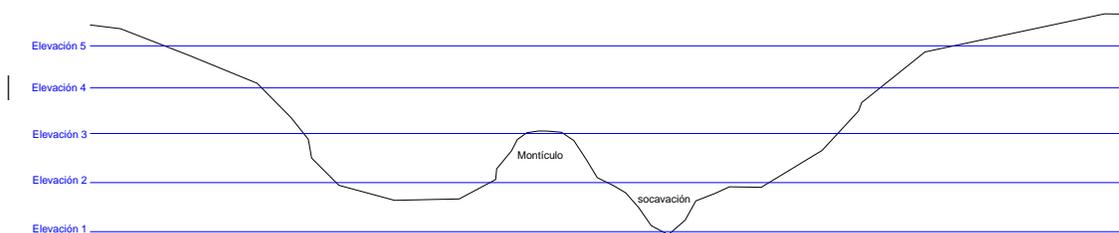


Figura 6.15. Sección de referencia y elevaciones de curva de nivel. Elaboración propia.

Para realizar la captura de las áreas en una hoja de Excel, se efectuó de manera básica tomando la lectura directamente de la barra de propiedades que presenta el software AutoCAD y transcribiendo en nuestro formato en Excel, implica un mayor número de horas de trabajo, pero al final este análisis nos da una mejor idea de cómo está conformado el lecho del cauce.

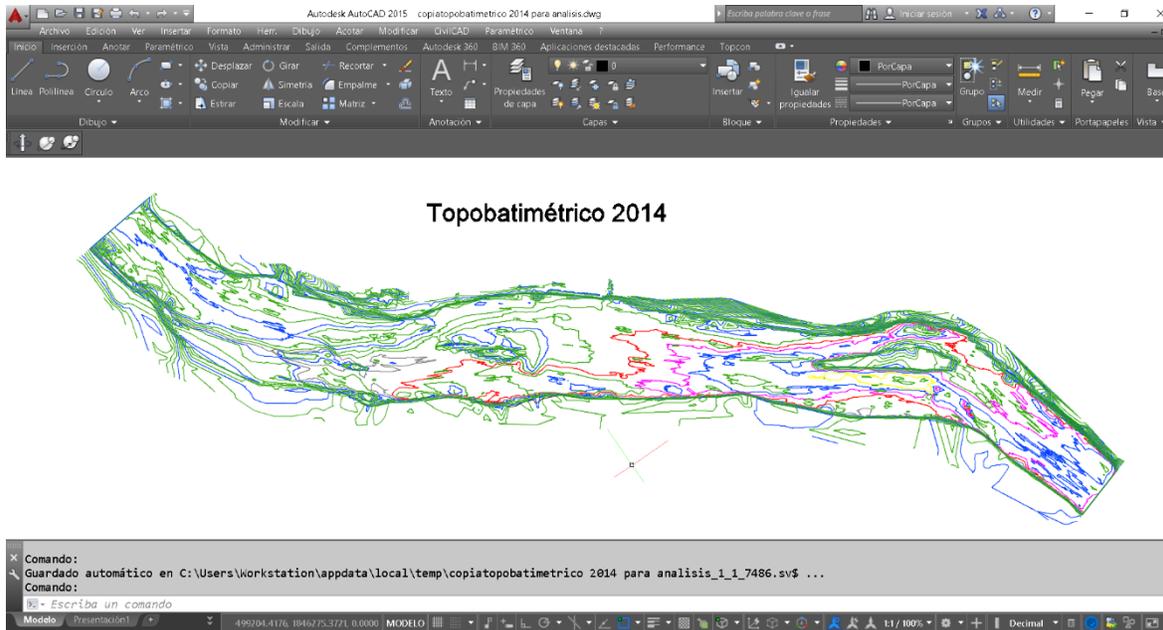


Figura 6.16. Análisis de curva de nivel del estudio Topobatómico 2014. Elaboración propia.

La determinación del signo de las áreas en el registro obtenemos la cantidad de área efectiva de que cubre cada curva de nivel.

Tabla 5. Registro de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatómétrico 2014. Elaboración Propia.

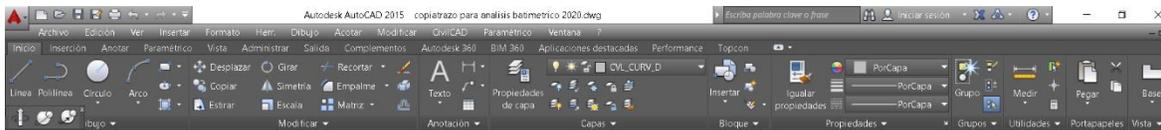
384.5	385	385.5	386	386.5	387	387.5	388	388.5	389	389.5	390	390.5	391	391.5	392	392.5	393
27.408	190.2689	525.9696	961.2562	1534.6698	10295.2639	18702.6876	42848.4089	147805.146	27537.1497	607086.6193	-17818.12	674207.983	702463.834	710672.94	727295.98	754214.33	-5938.40
	2.8283		260.4367	860.5717	534.4902	9274.8696	18449.5637	3826.4577	7029.5212	20305.3007	8079.30	-16373.5462	-15254.5971	-14338.38	-13262.16	-11846.64	1782.81
				608.1575	387	7713.2824	7294.3905	2968.7627	3919.1574	1707.8809	3136.17	9170.5663	5.2533	1.98	367.13	59.34	-456.33
				603.3143	365.4462	2376.9695	3623.9183	2419.0654	3613.0443	1412.6591	2521.27	1057.927	1.1949	0.02	-444.73	-212.64	132.16
				44.2615	275.105	1895.0876	3211.2578	1267.3082	938.3399	630.8385	1567.36	390.5	0.1403	-592.51	-548.61	-390.05	0.01
				34.3616	173.6738	1684.3424	1860.3694	553.7867	924.7043	625.3879	1171.58	-294.3911	-720.747	-667.02	-2061.67	-1263.40	
				32.9067	148.6767	1532.4849	1052.9018	448.3824	667.4697	516.0200	-987.31	273.8465	-780.6708	-2532.28			
				9.6567	140.8831	792.2878	1041.3655	391.5574	609.5058	427.6748	443.89	213.1763	-3000.1599				
				0.1295	126.7258	387.5	1010.9479	373.3786	518.8285	389.5000	434.59	93.1155					
				120.5649	195.3734	1003.2988	-192.3068	395.9307	359.8480	390.00	88.1047						
				90.6985	169.8913	851.5448	150.9011	369.8998	292.3352	289.83	87.1653						
				64.3189	110.3569	-752.8753	149.4612	272.9948	186.9975	215.48	79.6969						
				62.2074	105.2871	749.3823	119.47	264.9719	135.2635	100.44	75.0382						
				38.0118	56.12	612.778	110.0338	246.9588	117.2991	97.72	-47.8426						
				25.2221	35.9075	-334.3064	108.8863	177.6258	107.8225	80.86	42.7487						
				23.2102	24.6916	337.1382	108.2759	164.4495	85.5643	70.10	29.2967						
				11.414	20.1003	335.3532	107.5854	163.4278	83.1453	62.72	-21.5154						
				8.0571	19.3693	314.0766	107.5782	150.1273	83.1453	56.42	20.9515						
				8.0571	16.1154	310.0294	-91.1394	136.6083	74.0826	40.86	15.0072						
				5.6038	14.8798	285.2863	89.4982	122.3487	70.5793	40.37	14.548						
				4.8983	14.0221	257.2926	82.7168	112.8511	60.6554	27.65	13.1274						
				2.5109	12.8499	229.0064	-81.0779	102.4774	53.1014	26.63	11.5385						
				1.2011	10.4571	208.244	71.2185	95.9378	50.3445	22.95	10.5423						
				1.2011	7.9	179.7367	-69.5696	90.3067	41.0619	17.46	9.6819						
				0.256	7.4407	172.4108	65.7388	88.4536	40.7397	16.89	8.5724						
					7.4141	162.1566	62.9086	81.8873	40.0439	6.65	0.9974						
					4.7236	150.5047	55.9	76.3864	22.9929	5.88	0.1004						
					3.305	138.2625	55.6064	75.051	20.9253	0.02	0.029						
					2.3949	82.7012	55.049	69.3321	19.4544	-1105.97	-847.8054						
					1.7951	77.5727	53.3656	60.2192	17.3784	-18683.17	-890.2014						
					1.7523	61.5638	48.7928	60.2192	16.6389		-9181.5982						
					0.2766	56.9273	42.1075	53.0024	12.4132								
						55.6953	38.6214	52.1156	11.9500								
						45.4422	38.014	43.4336	11.5679								
						44.8357	33.1374	40.822	8.5320								
						27.6951	32.3456	34.7724	-7.9311								
						26.328	-31.021	26.1364	7.4131								
						24.981	28.5462	23.1289	4.9717								
						23.5669	27.7728	20.6665	4.6031								
						19.7083	23.9348	20.342	0.9481								
						18.3818	23.9315	19.7523	0.8707								
						17.2552	21.7106	19.033	0.7187								
						15.148	20.4122	17.4025	0.3847								
						14.2884	16.4952	-13.7698	0.3404								
						13.9915	14.747	12.9222	0.0097								
						13.6558	13.1059	12.7831									
						12.5876	12.8523	12.3109									
						11.4902	12.1756	12.1724									
						11.2751	11.6892	11.9464									
						10.0248	11.6841	11.4282									
						8.9937	10.3823	9.3513									
						8.2384	9.9933	7.3178									
						8.1921	7.9783	6.5421									
						8.0445	7.2669	6.227									
						7.0578	6.2073	5.7056									
						7.0508	5.4361	5.0628									
						6.8211	5.1739	4.799									
						6.1715	5.0983	4.2491									
						5.4557	4.4684	3.3385									
						3.5319	4.1061	3.0037									
						3.4588	3.7579	2.8614									
						2.8642	2.8745	2.5246									
						2.833	1.7296	2.4993									
						2.7491	1.5989	-2.0156									
						2.6495	0.7641	1.643									
						2.332	0.7017	0.9676									
						2.0297	0.1818	0.4192									
						1.556	0.143	0.2302									
						1.4661	0.1403	0.1383									
						1.4464	0.1217	0.105									
						0.7115	0.0834										
						0.6235	0.0281										
						0.3262	0.0036										
						0.2847	0.0018										
						0.268											
						0.2273											
						0.1026											
						0.0754											
						0.0743											
						0.0601											
27.408	193.0972	525.9696	1221.6929	3728.0293	12914.6979	45201.9358	86383.2558	161693.242	49631.5569	635138.093	-19671.4598	658257.361	682714.248	692544.743	711345.936	740560.937	-4479.75

A continuación tenemos la tabla resumen de las áreas efectivas que cubre cada curva de nivel en el estudio topobatimétrico del año 2014.

Tabla 6. Resumen de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2014. Elaboración Propia.

Elevaciones	Áreas
384.50	27.41
385.00	193.10
385.50	525.97
386.00	1221.69
386.50	3728.03
387.00	12914.70
387.50	45201.94
388.00	86383.26
388.50	161693.24
389.00	338802.11
389.50	635138.09
390.00	637210.827
390.50	658257.36
391.00	682714.25
391.50	692544.74
392.00	711345.94
392.50	740560.94

Aplicando las mismas acciones en el estudio Topobatimétrico anterior, obtenemos los siguientes datos.



Topobatimétrico 2020



Figura 6.17. Análisis de curva de nivel del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración propia.

La información recabada de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2020, la elevación mínima registrada es la cota 385.50 m.

Tabla 7. Registro de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración Propia.

391.5	391.00	390.5	390	389.5	389	388.5	388	387.5	387	386.5	386	385.5
679442.24	593923.88	519514.22	172467.06	11498.71	22188.77	15504.35	5112.60	2945.28	1722.62	825.54	209.14	33.92
5423.07	-22447.35	124735.01	11790.20	11498.71	14393.15	2451.47	4548.84	2720.28	888.00	202.80	17.51	
449.73	9791.00	1847.27	6706.48	6981.26	14393.15	1779.23	224.96	139.67	95.40	7.96		
-1168.17	-873.76	-1584.78	5821.62	6203.11	7497.04	1779.23	185.93	42.50	3.81	0.59		
-17826.43	608.21	1135.02	5325.54	5329.43	5414.84	1438.52	106.71	41.77				
	597.13	1092.00	4914.31	4070.41	4365.20	639.55	100.81	32.60				
	566.65	785.83	2611.25	3754.46	3563.70	495.41	71.35	16.36				
	559.96	456.02	1837.71	3099.79	3072.41	470.90	69.84	11.47				
	510.93	405.41	1548.61	2896.63	2675.18	429.31	69.69	9.72				
	391.57	387.64	1170.48	2630.01	1963.13	325.59	65.78	1.70				
	349.64	379.63	1072.23	2561.18	1523.02	313.36	57.05	1.30				
	-316.07	348.14	720.06	2501.03	1352.93	313.11	40.68	0.02				
	-296.99	-331.56	683.34	2489.85	1254.86	311.49	28.71	0.01				
	284.55	327.65	669.33	2187.22	1242.70	296.47	23.03					
	281.58	294.25	424.74	1918.13	1137.47	292.14	18.18					
		-292.69	339.83	1300.35	1114.80	287.35	17.94					
	226.64	-286.23	319.95	1134.90	847.70	284.09	17.83					
	183.12	261.48	292.16	1030.06	825.61	279.93	12.23					
	182.94	250.66	283.08	835.47	696.83	274.02	10.37					
	-180.38	-238.05	277.02	622.40	505.16	263.59	10.37					
	177.31	-237.80	245.39	589.38	497.40	247.65	9.37					
		231.87	228.16	568.61	473.41	237.82	8.13					
	-175.46	-231.12	215.92	484.29	414.63	227.13	7.78					
	-168.92	220.80	201.24	453.25	392.47	218.50	7.64					
	-99.45	-207.16	184.45	430.69	329.46	201.14	5.97					
	-95.25	206.79	176.15	389.58	325.03	195.49	5.89					
	90.53	-194.48	175.91	331.74	299.19	195.48	5.68					
	88.85	182.95	170.97	322.14	259.27	166.47	2.36					
	-85.57	174.92	159.47	270.74	235.01	163.31	1.74					
	63.36	173.21	157.76	260.47	247.98	161.95	1.27					
	-87.79	168.13	147.80	228.61	242.92	154.73	1.24					
	52.04	143.93	146.44	188.40	226.04	154.12	0.57					
		-136.52	121.84	174.05	223.31	146.02	0.33					
		-133.42	121.01	170.49	210.35	144.80	0.25					
	37.31	124.12	119.13	159.99	203.30	144.35	0.24					
	-33.59	121.61	117.80	153.31	203.26	144.28	0.23					
	-27.56	-117.03	111.42	146.69	189.00	134.26	0.23					
	-27.10	-114.07	111.24	130.76	154.91	133.04	0.19					
	-25.45	105.32	106.73	121.52	149.56	131.96	0.12					
	24.15	103.59	101.39	119.00	145.81	125.00	0.07					
	-23.29	102.09	100.26	118.36	132.17	124.77	0.06					
	-22.78	-98.08	97.30	94.32	128.21	124.10	0.05					
	22.31	-81.14	-96.23	91.75	126.94	112.53	0.02					
	15.93	-80.83	90.69	88.78	121.73	109.98						
	-12.24	-79.49	86.44	87.01	105.54	102.86						
	11.77	71.52	84.32	85.38	93.21	102.52						
	-11.70	66.39	72.59	79.17	91.26	101.91						
	11.08	65.10	63.70	67.50	90.89	101.33						
	10.14	63.29	63.19	65.88	87.87	94.42						
	10.13	-59.20	58.56	65.88	86.90	88.44						
	8.86	55.06	56.21	65.88	85.97	84.78						
	6.58	52.96	52.96	60.84	-83.47	82.18						
	6.05	50.62	48.53	60.29	76.20	73.04						
	5.62	47.60	39.67	56.32	75.76	71.16						
	4.91	46.49	39.59	55.27	62.36	64.66						
	-4.81	35.93	37.59	54.48	57.27	63.53						
	4.42	34.34	29.25	52.24	55.40	62.63						
	-4.36	31.42	27.69	48.39	54.83	58.89						
	4.30	29.72	22.31	48.16	54.72	53.08						
	3.72	-29.29	17.74	47.04	50.14	49.97						
	2.89	17.67	15.69	46.58	49.22	49.88						
	-2.64	11.66	15.66	43.41	48.97	47.33						
	2.56		14.28	43.28	45.51	44.03						
	2.50	3.05	13.16	42.42	45.50	42.70						
	-2.34		11.66	42.03	42.71	41.30						
	2.28	-18019.34	11.59	35.21	41.59	33.18						
	2.27		11.26	29.66	39.95	29.89						
	1.93				33.15	27.68						
	-1.71		6.63	23.61	31.40	27.11						
	1.67		5.69	18.35	27.17	26.52						
	-1.56			13.81	26.66	26.52						
	1.46		3.57	10.96	24.20	23.21						
	1.29		2.46	10.67	22.81	21.00						
	1.19		2.44	10.00	22.64	19.83						
	-1.05		1.92	10.00	22.02	18.82						
	-1.03		1.74	8.72	20.80	18.19						
	-0.88		1.38	7.92	20.50	16.98						
	0.37		0.84	7.39	19.45	16.88						
	-0.32		0.67	6.66	18.73	14.20						
			0.63	4.89	16.35	13.62						
	-11986.69		0.58	4.66	11.58	9.48						
	10523.77		0.16	4.51	10.01	8.59						
				4.31	9.41	7.94						
				3.14	8.71	7.05						
				2.52	8.42	6.75						
				1.85	5.45	6.32						
				1.64	5.27	6.20						
				0.35	4.43	6.08						
				0.30	2.74	4.53						
				0.29	2.29	3.96						
				0.01	1.13	3.51						
					0.87	3.11						
					0.52	2.79						
					0.48	2.71						
					0.44	1.07						
					0.06	0.74						
					0.03	0.49						
						0.49						
						0.37						
						0.04						
666.320.44	582.643.25	632.410.11	223.509.54	82.069.27	97.714.95	34.024.46	10.852.54	5.062.69	2.710.02	1.036.90	226.65	33.92

A continuación tenemos la tabla resumen de las áreas efectivas que cubre cada curva de nivel en el estudio topobatimétrico del año 2020.

Tabla 8. Resumen de áreas de las curvas de nivel del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración Propia.

Elevación	Área
385.50	33.9173
386.00	226.6487
386.50	1036.898
387.00	2710.022
387.50	5962.688
388.00	10852.54
388.50	34024.46
389.00	97714.95
389.50	82069.27
390.00	223509.5
390.50	632410.1
391.00	582643.3
391.50	666320.4
392.00	671283.6
392.50	684802.6

Con las tablas resumen de áreas de los estudios Topobatimétricos procederemos a realizar los cálculos de volúmenes.

6.6. Datos para la elaboración de perfiles Áreas - Capacidades.

En este apartado realizaremos el cálculo de volúmenes con la información obtenida en el apartado anterior, para realizar esta acción nos apoyaremos de una hoja de software Excel y utilizaremos la siguiente formula.

$$V = [A_1 + A_2]x \frac{D}{2}$$

Donde:

$$V = \text{Volumen}$$

$$A_1 + A_2 = \text{Áreas de curvas}$$

$$\frac{D}{2} = \text{Semidistancia entre curvas de nivel}$$

La tabla de cálculo de volúmenes estará conformado por los siguientes datos:

- Elevaciones:** Se registraran las elevaciones de las curvas de nivel en orden ascendente
 - Áreas:** Se anotara los valores registrados en las tablas resumen de áreas.
 - Suma algebraica:** Se realizara la suma de áreas correspondiente a la curva en razón y el área de la curva anterior.
 - Semidistancia:** Separación entre curvas de nivel dividido entre 2
 - Volumen:** Se obtiene de la multiplicación del valor de la celda suma algebraica por la semidistancia.
- Volumen acumulado:** Se obtiene de la suma de volumen acumulado anterior con la suma de volumen siguiente.

Con la aplicación del software Excel realizamos las operaciones correspondientes y obtenemos los siguientes volúmenes:

Tabla 9. Calculo de Volúmenes del estudio Topobatimétrico 2014. Elaboración Propia.

Elevaciones	Áreas	Suma algebraica	Semidistancia	Volumen	Volumen acumulado
384.50	27.41	27.41	0	0.00	0.00
385.00	193.10	220.51	0.25	55.13	55.13
385.50	525.97	719.07	0.25	179.77	234.89
386.00	1221.69	1747.66	0.25	436.92	671.81
386.50	3728.03	4949.72	0.25	1237.43	1,909.24
387.00	12914.70	16642.73	0.25	4160.68	6,069.92
387.50	45201.94	58116.63	0.25	14529.16	20,599.08
388.00	86383.26	131585.19	0.25	32896.30	53,495.38
388.50	161693.24	248076.50	0.25	62019.12	115,514.50
389.00	338802.11	500495.35	0.25	125123.84	240,638.34
389.50	635138.09	973940.20	0.25	243485.05	484,123.39
390.00	637210.827	1272348.92	0.25	318087.23	802,210.62
390.50	658257.36	1295468.19	0.25	323867.05	1,126,077.67
391.00	682714.25	1340971.61	0.25	335242.90	1,461,320.57
391.50	692544.74	1375258.99	0.25	343814.75	1,805,135.32
392.00	711345.94	1403890.68	0.25	350972.67	2,156,107.99
392.50	740560.94	1451906.87	0.25	362976.72	2,519,084.70

Tabla 10. Calculo de Volúmenes del estudio Topobatimétrico 2020. Elaboración Propia.

Elevaciones	Áreas	Suma algebraica	Semidistancia	Volumen	Volumen acumulado
385.50	33.92	33.92	0	0.00	0.00
386.00	226.65	260.57	0.25	65.14	65.14
386.50	1036.90	1263.55	0.25	315.89	381.03
387.00	2710.02	3746.92	0.25	936.73	1,317.76
387.50	5962.69	8672.71	0.25	2168.18	3,485.94
388.00	10852.54	16815.22	0.25	4203.81	7,689.74
388.50	34024.46	44877.00	0.25	11219.25	18,908.99
389.00	97714.95	131739.41	0.25	32934.85	51,843.85
389.50	82069.27	179784.22	0.25	44946.05	96,789.90
390.00	223509.54	305578.81	0.25	76394.70	173,184.60
390.50	632410.11	855919.65	0.25	213979.91	387,164.52
391.00	582643.25	1215053.36	0.25	303763.34	690,927.86
391.50	666320.44	1248963.70	0.25	312240.92	1,003,168.78
392.00	671283.65	1337604.09	0.25	334401.02	1,337,569.81
392.50	684802.63	1,356,086.28	0.25	339021.57	1,676,591.38

Con la información obtenida en el cálculo de volúmenes procederemos a realizar los perfiles Áreas–Capacidades, los datos que utilizaremos son de las columnas **Elevaciones, Suma algebraica, Volumen acumulado**.

Elevaciones	Suma algebraica Ha.	Volumen Acumulado M3
384.50	0.00	0.00
385.00	0.02	55.13
385.50	0.07	234.89
386.00	0.17	671.81
386.50	0.49	1,909.24
387.00	1.66	6,069.92
387.50	5.81	20,599.08
388.00	13.16	53,495.38
388.50	24.81	115,514.50
389.00	50.05	240,638.34
389.50	97.39	484,123.39
390.00	127.23	802,210.62
390.50	129.55	1,126,077.67
391.00	134.10	1,461,320.57
391.50	137.53	1,805,135.32
392.00	140.39	2,156,107.99
392.50	145.19	2,519,084.70
Topobatimétrico 2014		

Tabla 11. Información base para la elaboración de los perfiles Áreas - Capacidades. 2014. Elaboración Propia.

Los valores que se encuentran en la columna de suma algebraica se encuentran en metros cuadrados, para elaborar los perfiles áreas capacidades es necesario convertir a hectáreas.

Elevaciones	Suma algebraica Hectárea.	Volumen Acumulado M3
384.50	No se presenta	
385.00	No se presenta	
385.50	0.00	0.00
386.00	0.03	65.14
386.50	0.13	381.03
387.00	0.37	1,317.76
387.50	0.87	3,485.94
388.00	1.68	7,689.74
388.50	4.49	18,908.99
389.00	13.17	51,843.85
389.50	17.98	96,789.90
390.00	30.56	173,184.60
390.50	85.59	387,164.52
391.00	121.51	690,927.86
391.50	124.90	1,003,168.78
392.00	133.76	1,337,569.81
392.50	135.61	1,676,591.38
Topobatimétrico 2020		

Tabla 12. Información base para la elaboración de los perfiles Áreas - Capacidades.2020 Elaboración Propia.

6.7. Perfiles Áreas – Capacidades.

Con la aplicación del software Excel realizamos los perfiles, la información por contener datos que deben ser graficadas en un doble eje en X por lo cual se debe programar los datos de entrada para que el software pueda realizar dichas gráficas.

Para la elaboración de estos perfiles en Excel lo explico en mi página **Tutos-Ing. Estrada** video tutoriales de Youtube.com de fecha 21 de junio del 2018.

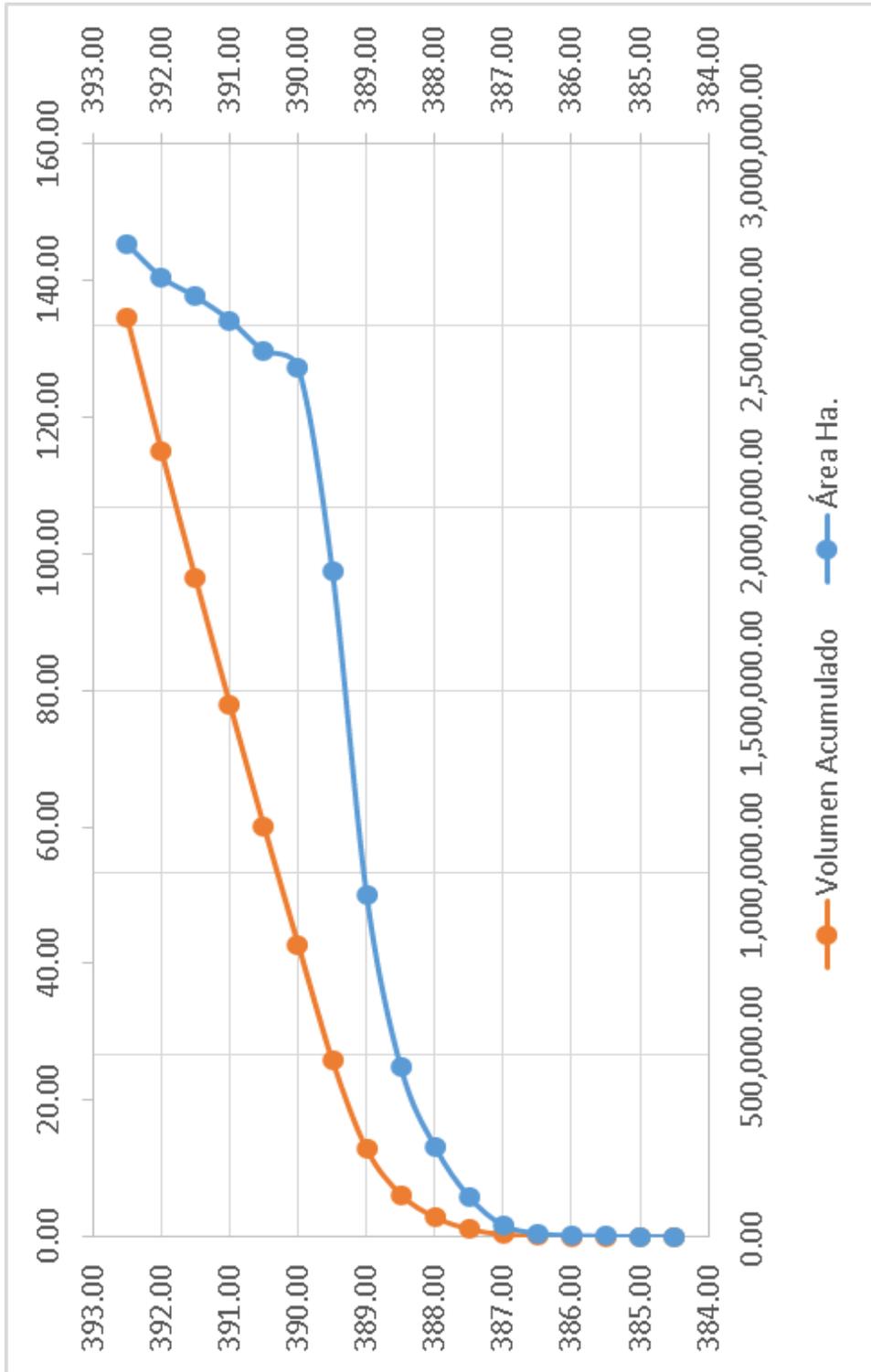


Figura 6.18. Perfiles Áreas – Capacidades del estudio Topobatimétrico del año 2014. Elaboración propia.

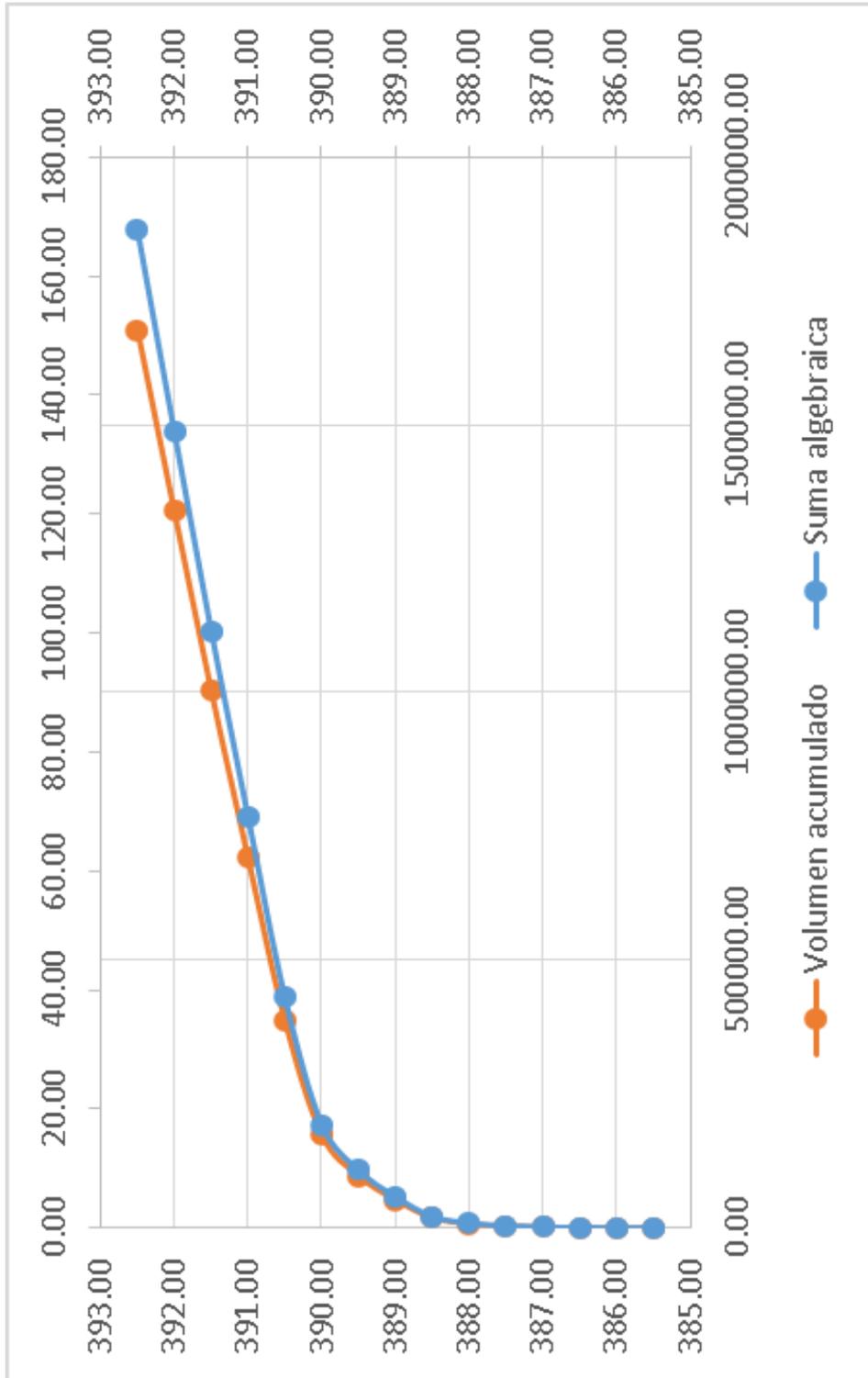


Figura 6.19. Perfiles Áreas – Capacidades del estudio Topobatimétrico del año 2020 Elaboración propia.

CAPITULO 7. RESULTADOS

Como resultados de los análisis de ambos estudios Topobatimétricos se obtuvieron las siguientes observaciones.

1. Sobreposición de Secciones: Comparando las secciones de los estudios Topobatimétricos, nos damos cuenta que las secciones del año 2020, sus niveles están por arriba de las secciones del 2014.
2. Áreas de curvas de nivel: Con el registro de datos referentes a las cantidades de áreas que encierra cada curva de nivel, en el registro de las tablas #--- se precia que en el estudio Topobatimétrico del año 2020, no contempla las elevaciones 384.50 y 385.00.
3. Con el cálculo de volúmenes, en la columna de Volúmenes acumulados del año 2014, el almacenamiento acumulado es mayor que el volumen de almacenamiento del año 2020.
4. Durante el desarrollo de los estudios Topobatimétricos del año 2020, en el margen derecha del cauce (según trazo) presenta el desgaste (socavación) lateral.

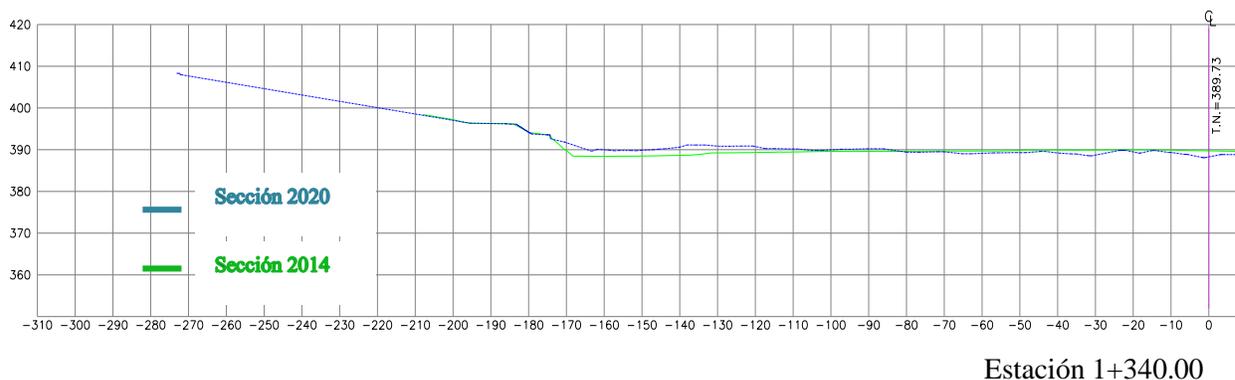


Figura 7.1. sobreposición de secciones del cauce de los años 2014 y 2020. Elaboración propia.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión:

En esta tesis se realizó el análisis comparativo entre dos estudios Topobatimétricos realizados en los años 2014 y 2020, en un tramo de 3 kilómetros del cauce del Río Grijalva (Malecón de Chiapa de Corzo), con esta tesis se documentó el desarrollo de la metodología para llevar a cabo un estudio Topobatimétrico, con esta información podrá ayudar a los interesados en este tema, el tener información de consulta para futuros proyectos hidrográficos.

Mediante el análisis comparativo de los perfiles Áreas–Capacidades de los dos estudios Topobatimétricos, permitió observar que el cauce del Río Grijalva, en zona de estudio se encuentra azolvado, y por ende la sección hidráulica presenta una reducción significativa de su área efectiva; con estas condiciones físicas actuales del cauce y ante la posible presencia de una lluvia extraordinaria se tiene el riesgo latente de inundación en el lado de la Rivera de Chiapa Corzo.

Recomendación:

1. Debido al desgaste presentado en el hombro lateral del cauce (lado de la rivera de Chiapa de Corzo) será necesario construir muros gaviones para detener la socavación generada por la dinámica del Río Grijalva.
2. Con la reducción del área hidráulica del cauce, será necesario que se realicen trabajos de desazolve, para ampliar dicha secciones.
3. Se recomienda que se realicen estudios topobatimétricos en zonas pobladas aledañas al cauce del Río Grijalva, con la finalidad de verificar un posible riesgo de inundación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Cendhoc. (2005). Fundamentos de La Batimetría.
Hydrographic And Oceanographic Data Center Of The Chilean Navy.
2. Rubio–Gutiérrez Y Triana–Ramírez, (2006), Rio Grijalva, Boletín De La Sociedad Geológica Mexicana.
3. Wikipedia.(24 De 02 2022) Obtenido Chiapa De Corzo.
[https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Chiapa_De_Corzo#Geograf%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Chiapa_De_Corzo#Geograf%C3%ADa)
4. Hernández, María. (2011) “Evaluación de Impacto Ambiental y Alternativa de Tratamiento de las Aguas Jabonosas en el Centro Ecoturístico Cahuaré, En El Municipio De Chiapa De Corzo.
5. Wikipedia .(26 De 08 2021) Obtenido Huracan Stan:
[https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Hurac%C3%A1n_Stan](https://es.wikipedia.org/wiki/Hurac%C3%A1n_Stan)
6. Guía Técnica Para Realizar El Levantamiento Topográfico, Estudio Hidrológico E Hidráulico Para La Identificación Del Cauce Y Zona Federal.
7. Guía Técnica Para Realizar El Levantamiento Topográfico, Estudio Hidrológico E Hidráulico, Análisis De Socavación Para Obras De Cruce En Cauces Naturales.
8. Wikipedia . (10 De 03 De 2022). Obtenido De Río Grijalva:
[https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/R%C3%ADo_Grijalva](https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Grijalva)
9. González-Espinosa Mario, (2014), Características Fisco-Bióticas De La Cuenca Del Rio Grijalva.
10. Montes De O.M. (1978) Topografía. Representaciones Y Servicios De Ingeniería, México.
11. [https://Mappinggis.Com/2017/12/Programas-Gratuitos-Para-Trabajar-Con-Imagenes-De-Satelite/](https://mappinggis.com/2017/12/Programas-Gratuitos-Para-Trabajar-Con-Imagenes-De-Satelite/)
12. [https://Static.Googleusercontent.Com/Media/Www.Google.Com/Es//Intl/Es_Ar/Enterprise/Earthmaps/Pdf/Earth_Pro_Ds.Pdf](https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/es//intl/es_ar/enterprise/earthmaps/pdf/earth_pro_ds.pdf)
13. [file:///C:/Users/Workstation/Desktop/Tesis%20ing%20pedro/Informacion%20tesis/Sokkia_Grx1_Esp%20\(1\).Pdf](file:///C:/Users/Workstation/Desktop/Tesis%20ing%20pedro/Informacion%20tesis/Sokkia_Grx1_Esp%20(1).Pdf)
14. Lineamientos Para La Elaboración De Planos De Delimitación De Zona Federal Y Memoria Técnica De Los Levantamientos Topográficos.
15. [https://Mundogeo.Com/Es/2013/09/16/El-Inegi-Pone-A-Disposicion-Una-Red-De-Estaciones-De-Alta-Exactitud-En-Mexico/](https://mundogeo.com/es/2013/09/16/el-inegi-pone-a-disposicion-una-red-de-estaciones-de-alta-exactitud-en-mexico/)
16. [https://Www.Inegi.Org.Mx/Temas/Rgnp_Vertical/](https://www.inegi.org.mx/temas/rgnp_vertical/)
17. [https://Pdfslide.Net/Documents/Hydrostar-4300-Technical-Manual-2010.Html](https://pdfslide.net/documents/hydrostar-4300-technical-manual-2010.html)
18. [https://Www.Yumpu.Com/En/Document/Read/27114802/Hydrographic-Echosounder-Hydrostar-4300-Elac-Nautik](https://www.yumpu.com/en/document/read/27114802/hydrographic-echosounder-hydrostar-4300-elac-nautik)

19. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Chiapas.

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07027a.html#:~:text=Los%20principales%20r%C3%ADos%20con%20que,%2C%20Majular%2C%20Nandabur%C3%A9%20y%20Nandalum%C3%AD>.

20. Estrada, Pedro. Tutos Ing. Estrada, Video tutoriales en YouTube.

https://www.youtube.com/channel/UCm8lnLZSQsmW1_sQnTxX8bQ