



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES
VIALES PARA CÁLCULO DE
MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU
APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL
MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS
DIGITALES.**

Autor:

Daylibeth del C. López R.

Tutor: Ing. Pedro Ramírez

Urb. Yuma II, calle N.º 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA
CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN
EN LA INGENIERÍA CIVIL MEDIANTE EL USO DE
HERRAMIENTAS DIGITALES.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autor:
Daylibeth del C. López R.
C.I. V-26.267.323
Tutor: Ing. Pedro Ramírez

San Diego, Junio de 2020



FI-L-018-2020-2CR (TG)

Valencia, 15 de octubre de 2020

Ciudadana:

López R., Daylibeth del C.

26.267.323

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 05-2020 de fecha 27-07-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA CÁLCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES*** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Pedro Ramírez C.I: 24.394.660 como Tutor Académico que la asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dra. Zaida Osto

Decana (E) de la Facultad de Ingeniería

e.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Zo/a.a.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Pedro Ramírez portador de la cédula de identidad N°, 24.394.660. En mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por la ciudadana Daylibeth del Carmel López Reyes portador de la cédula de identidad N° 26.267.323, titulado: **GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES**. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los veintidós días del mes de octubre del año dos mil veinte.

Ing. Pedro Ramírez
C.I: V- 24.394.660

Primeramente, a DIOS ante todas las cosas

A mis padres, YANNY CECILIA REYES GONZALEZ Y DAVID MARTIN LÓPEZ

MARQUEZ

A mi hermano, DAVID JOSÉ LÓPEZ REYES

A mis abuelos, CARMEN RUJANO Y MILCIADES REYES

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecerle a **Dios**, por ser el pilar principal en mi vida. Por permitirme vivir estos momentos que jamás serán olvidados, por haberme dado las fuerzas para continuar hasta el final y de seguir dándome la oportunidad de seguir disfrutando de todas las pequeñas cosas que la vida nos pueda brindar.

A mis padres, **Yanny Reyes y David López**, por ser un gran apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria. Por ser los principales en impulsarme personalmente a ser mejor persona cada día y a enseñarme a cumplir todas mis metas. Sin ustedes, no sería la persona que soy hoy en día.

A mi hermano, **David López**, por ser uno de los mejores amigos que la vida me dio. Por ser la primera persona que siempre está para mí, sin ti mi vida no sería ni la cuarta parte de divertida como lo es contigo.

A mis mejores amigos de infancia, **José M. Ruiz, Ma. Gabriela Bodo, América Bodo y Manuela Sánchez**, por ser las personas que desde siempre me han apoyado.

A mis grandes amigos y hermanos que la universidad me regaló, **David López y Leopoldo Estrada**. Sin ustedes estos 4 años no hubieran sido iguales, no hubieran existido las mismas risas y los mismos llantos. Gracias por todos esos momentos compartidos y por los que vendrán.

Gracias a **Pablo Concepción**, por ser un maravilloso amigo que la carrera me presentó, por ser esa persona que siempre estuvo para ayudarme a salir de dudas antes de un examen, con quien estudiaba hasta trasnocharnos, por todos los consejos y por escucharme cuando más lo necesitaba.

Gracias también a los amigos que conocí a lo largo de la carrera: **Paula Mesa, Josmar García, Juan Rivero, José G. Salas (Chegre), Juan Urquía, Andrea Romero, Fátima Devia, Estefany Álvarez, Barbara Avendaño, Cesar Moreno, Osmer Vargas, Victor Ocanto, Jorge Ospino y Yeighzon Duarte**. Personas incondicionales, como ustedes no hay más. Eternamente agradecida con su amistad.

A **Shelwaska Fuentes y Joqueily Méndez**, personas que no conocí desde el principio de la carrera o en mi casa de estudio, pero quienes estuvieron presentes en diferentes etapas dándome un gran apoyo en los momentos que más los necesité.

A mi grupo de Unidad 4=1, **Lorena Andari, Carolina Colmenares y Melanny Cimmarusti**. Gracias por ser esas hermanas que me regaló el mundo de la danza, por darme ánimos cuando sentía que iba a decaer y a darme por vencida.

A mis wapetones, **Esteban Giannattasio y Jesús Pacheco**, por haber sido ese dúo que me hacía reír con sus locuras y ocurrencias. Con quienes compartí por tantos años y a quienes extraño mucho. Espero pronto volverlos a ver.

Gracias a las personas que marcaron grandes etapas importantes de mi vida dentro de la carrera, **Arianny Gutiérrez, Carlos Sanjuan, Carlos Loaiza, Daniella Guerra, Gabriela Giménez, Luis Melo y al resto del grupo Despacito**. Nos graduamos en promociones diferentes pero la amistad se mantuvo hasta el final. En definitiva, una parte de los más lindos recuerdos de la universidad me lo llevo de ustedes.

Gracias al resto de mis amigos y las personas especiales que logré conocer en estos cinco años. Siempre tendré anécdotas de las locuras que existieron en la etapa universitaria.

Gracias a mi tutor, **Pedro Ramírez**, por ser mi guía durante la elaboración de este trabajo de grado y de igual manera ser mi amigo. Por brindarme la confianza y el apoyo para el desarrollo y en momentos de crisis estar ahí para darme ánimos y ayudarme a mantener la calma.

A mis profesores: **Ing. Alicia de Pizzella, Ing. Oswaldo Rodríguez, Ing. Ángel Medina, Ing. Joel Curreri y al Ing. Manuel Figueira**. Quienes me dieron las herramientas básicas y palabras de aliento en cada clase para tener cariño a la carrera y ver la importancia de ella. Gracias por todas sus enseñanzas.

Y finalmente, Gracias a todas las personas que estuvieron conmigo a lo largo de esta etapa. Los trasnochos, las risas y las lágrimas no serían contadas igual o con la misma emoción sin ninguno de ustedes.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE CUADRO	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema	4
1.3 Objetivos de la Investigación	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación del Estudio de Trabajo	5
1.5 Alcance del Proyecto.....	6
1.6 Limitaciones del Proyecto.....	6
II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la Investigación	7
2.1.1 Antecedentes Nacionales	7
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Guía Técnica	9
2.2.2 Topografía	9
2.2.3 Vialidad	10
2.2.4 Diseño Geométrico de Carreteras	10
2.2.5 Movimiento de Tierra	11

2.2.6 Área de explanación.....	11
2.2.7 Sección Transversal	12
2.2.8 Dibujo de Sección Transversal	13
2.2.9 Tipos de Sección Transversales	14
2.2.10 Estacas de Talud y estacas de Ceros	15
2.2.11 Posición de los Chaflanes.....	18
2.2.12 Área.....	19
2.2.13 Áreas de Secciones Transversales.....	19
2.2.14 Área de una sección homogénea simple en recta.....	20
2.2.15 Área de una sección mixta simple en recta	24
2.2.16 Área de una sección homogénea simple en curva.....	27
2.2.17 Área de una sección mixta compuesta en curva.....	31
2.2.18 Volumen.....	33
2.2.19 Cubicación	33
2.2.20 Prismoide	34
2.2.21 Piramoide y tronco de Piramoide	34
2.2.22 Volúmenes de tierra: Cubicación.....	34
2.2.23 Transporte de material excavado	37
2.2.24 Diagrama de masas	37
2.2.25 Volúmenes de excavación.....	40
2.2.26 Distancia media de transporte o acarreo	41
2.2.27 Maquinaria para movimiento de tierra.....	42
2.3 Definición de términos básicos	42
III MARCO METODOLÓGICO.....	44
3.1.- Tipo de la investigación.....	45
3.2.- Diseño de la investigación.....	45
3.3.- Nivel de investigación.....	45
3.4.- Población y Muestra	46
3.4.1. Población.....	46
3.4.2. Muestra.....	46

3.5.- Técnica e instrumentación de recolección de datos	46
3.5.1.- Revisión Documental.....	47
3.5.2.- Revisión Bibliográfica	47
3.5.3.- Encuesta.....	47
3.5.4.-Matriz FODA	48
3.6.- Instrumento de Recolección de Datos	48
3.7.- Validación del instrumento.....	48
3.8.- Fases metodológicas	49
IV RESULTADOS	51
Fase I.....	51
Fase II.....	60
FASE III.....	73
FASE IV	81
V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 Conclusiones	82
5.2 Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
2.2.5 Calzada.....	107
2.2.6 Chaflán.	107
2.2.7 Cuneta.	107
2.2.8 Derecho vial.	107
2.2.9 Explanación.....	107
2.2.10 Rasante.	107
2.2.11 Subrasante.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
Figura 1: Área de explanación.	12
Figura 2: Factores de Sección Transversal.....	13
Figura 3: Elementos para el Cálculo de áreas y chaflanes.	13
Figura 4: Sección en Corte o Excavación.	14

Figura 5: Sección en Relleno o Terraplén.....	14
Figura 6: Sección en ladera	15
Figura 7; Sección en corte en Ladera.....	15
Figura 8: Posición de las estacas de chaflanes y de ceros.....	16
Figura 9: Posición de las estacas de chaflanes y de ceros.....	16
Figura 10: Planta de chaflanes y ceros.....	17
Figura 11: Posición de los Chaflanes.....	19
Figura 12: Planímetro.....	20
Figura 13: Área sección homogénea simple en recta, por método de figuras geométricas y método de coordenadas de vértices.	22
Figura 14: Área sección homogénea simple en recta, por método de coordenada de los vértices.....	23
Figura 15: Área sección mixta simple en recta por método de las coordenadas de los vértices.	25
Figura 16: Área sección mixta por coordenada de los vértices.....	26
Figura 17: Área sección homogénea simple en curva, método de figuras geométrica.	28
Figura 18: Cartera de chaflanes.....	29
Figura 19: Área de sección homogénea simple en curva, por método de chaflanes...	29
Figura 20: Área sección homogénea simple en curva, por método de coordenadas de los vértices.....	30
Figura 21: Área sección homogénea simple en curva, por método de coordenadas...	31
Figura 22: Área sección mixta compuesta en curva.....	32
Figura 23: Cartera de chaflanes.....	32
Figura 24: Área sección mixta compuesta en curva, por método de chaflanes.	33
Figura 25: Representación de prismoide en carretera	34
Figura 26: Prismoide, Tronco de Piramoide y Piramoide.....	36
Figura 27: Representación de perfil longitudinal y diagrama de masas.....	38
Figura 28: Representación de propiedades de los diagramas de masa.....	39
Figura 29: Cartera para elaborar la curva masa.....	40
Figura 30: Ejemplo numérico del diagrama de masas.	40
Figura 31: Distancia media de acarreo longitudinal.....	41
Figura 32: Ítem N°1.	51
Figura 33: Ítem N°2.	52
Figura 34: Ítem N°3.	53
Figura 35: Ítem N°4.	54
Figura 36: Ítem N°5.	55
Figura 37: Ítem N°6.	55
Figura 38: Ítem N°7.	56

Figura 39: Ítem N°8.	57
Figura 40: Ítem N°9.	58
Figura 41: Ítem N°10.	59
Figura 42: Ítem N°11.	60
Figura 43: Sección homogénea simple en recta por método de las áreas.	61
Figura 44: Área sección homogénea simple en recta, por método de figuras geométricas y método de coordenadas de vértices.	62
Figura 45: Sección Homogénea por método de coordenadas.	64
Figura 46: Sección mixta simple en recta por método de coordenadas.	65
Figura 47: Representación de prismoide en carretera	71
Figura 48: Prismoide, Tronco de Piramoide y Piramoide	72
Figura 49: Programa en Excel.	73
Figura 50: Datos de sección transversal.	74
Figura 51: Resultados de cálculo de sección transversal.	74
Figura 52: Cálculo de volumen en secciones transversales.	75
Figura 53: Factor de abundamiento y factor de reducción.	75
Figura 54: Diagrama de masas.	76
Figura 55: Condiciones de administración.	78
Figura 56: Tamaños de baldes.	79
Figura 57: Angulo de oscilación.	79
Figura 58: Rangos de contra peso.	81

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	Pág.
Tabla 1: Método de las coordenadas.	64
Tabla 2: Cálculo de área por método de coordenadas en secciones mixtas.	66
Tabla 3: Método cartera de chaflanes.	68
Tabla 4: Método de cartera de chaflanes.	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADRO

CONTENIDO	Pág.
Cuadro 1– Matriz FODA	81



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA CIVIL**

**GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA CÁLCULO DE
MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA
CIVIL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES.**

Autores: López Reyes, Daylibeth del Carmen
Tutor: Ing. Pedro Ramírez
Fecha: Octubre, 2020

RESUMEN

El presente trabajo de grado plantea el desarrollo de una guía técnica acompañado de herramientas digitales para el cálculo de Movimiento de Tierra para la asignatura de Construcciones Viales. El propósito principal a la cual se enfoca la presente investigación es de poder proporcionar una bibliografía extra a la asignatura de Construcciones Viales que pueda servir como apoyo a los estudiantes para lograr un mejor desenvolvimiento en la unidad de Movimiento de Tierra. Se tiene una investigación de tipo factible, un diseño de una investigación documental y un nivel de investigación descriptivo. La población fueron estudiantes y egresados de la Universidad José Antonio Páez y se contó con estudiantes del noveno y décimo semestre de la carrera de Ingeniería Civil. La recolección de datos se realizó a través de una encuesta cerrada y dicotómica. La investigación constó con cuatro fases metodológicas las cuáles fueron desarrolladas respectivamente hasta llegar a la elaboración completa de una guía técnica. El uso de la guía técnica puede reducir el impacto ambiental al ser un material que se puede obtener directamente de manera digital

Descriptor: Guía, Herramientas Digitales, Construcciones viales

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado consta de la elaboración de una guía técnica de la asignatura construcciones viales, de la facultad de ingeniería, escuela de civil de la Universidad José Antonio Páez. Este trabajo de investigación se basa en que pueda proporcionar una ayuda a los estudiantes de dicha cátedra, para que puedan tener un rendimiento en la materia que sea óptimo y más alto para así, no estar tan perjudicados en la materia

Cabe destacar que en esta investigación se basará directamente en la unidad número uno de la asignatura, el cual consta de cálculo de movimiento de tierra en donde se incluye el cálculo de área de las secciones transversales que se encuentren en la carretera, cálculo de volumen de las secciones transversales y cálculo de diagrama de masas, junto con el cálculo, el cual representa el volumen de las secciones transversales en la tierra. Es importante destacar la importancia que representa el entendimiento de estos temas ya que todo futuro ingeniero debe de tener un alto conocimiento en el tema para poder realizar cualquier obra de construcción vial contando con que sea seguro y factible

Este trabajo se encuentra orientado a resolver dichas problemáticas que ocurren actualmente, las cuales son abordadas de una manera idónea para su resolución siguiendo ciertos parámetros de investigación y donde se pretende satisfacer la necesidad que posee esta organización. Este proyecto se encuentra estructurado en cinco capítulos de la manera siguiente:

Capítulo 1 El Problema: En este primer capítulo se describe el problema existente, el objetivo principal del proyecto: “Guía técnica de construcciones viales para cálculo de tierra y su aplicación en la Ingeniería Civil mediante el uso de herramientas digitales”, los pasos para lograrlo, es decir los objetivos específicos y la

razón por la que este debe llevarse a cabo. De igual forma se dará a conocer de manera explícita el alcance tendrá el proyecto.

Capítulo II Marco Teórico: Se establecerán las teorías que sustentan la realización del proyecto al igual que los antecedentes existentes que puedan aportar algo al mismo.

Capítulo III Marco Metodológico: Capítulo en el cual se darán a conocer la metodología que se empleará para el desarrollo de este trabajo y se especificarán los métodos utilizados para recolectar y analizar la información necesaria.

Capítulo IV Resultados: En este capítulo se demostrara el desarrollo de las fases de la investigación, el cual es de importancia para el desarrollo del objetivo del proyecto de investigación.

Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones: En el presente capítulo se desarrollan las fases como la recopilación de datos, encuestas realizadas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La ingeniería civil es una de las ingenierías más antiguas, está presente desde la época de la creación de las Pirámides Egipcias, la Muralla China y la Torre Eiffel, hasta la creación de grandes acueductos los cuales fueron realizados en la época Romana. A lo largo de los años ha sido notoria la evolución y el desarrollo de las obras civiles. La carrera de Ingeniería Civil presenta diferentes especialidades de estudios, pero las principales son la Ingeniería Estructural, la Ingeniería Hidráulica, la Ingeniería Ambiental y el estudio de Vialidad. Cada una se desarrolla en un ámbito y área diferente, sin embargo, se relacionan entre sí. Es importante reconocer que los ingenieros civiles deben de tener un alto conocimiento de las diferentes ramas presente para así poder solventar cualquier situación que se presente ya que son los que inspeccionan que todo el diseño se lleve a cabo según lo establecido.

En el estudio de vías, es primordial saber que una carretera es una vía de transporte de dominio y uso público, la cual es proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diferentes etapas para emplazar una carretera sobre la superficie, entre ellas está el estudio topográfico, estudio de diseño geométrico, estudio de impacto ambiental y estudio de construcciones viales.

Una vialidad, indiferentemente de su ubicación, representa de un uso constante, por lo tanto, debe de contar con un diseño y estudio altamente cuidadoso ya que debe cumplir con todas las normativas planteadas y lo más importante, debe ser optimo y seguro. Los ingenieros dedicados a la parte de vialidad deben de contar con un respaldo del trabajo que estén realizando, por lo tanto, deben de tener sumo cuidado al momento de tomar en consideración los parámetros con los cuales se

trabajaré, en tal caso de que no se realice un procedimiento limpio y seguro puede traer como consecuencias escenas negativas como accidentes de transporte vial. Por esto es tan importante el seguimiento de las normativas establecidas y el estudio de los procedimientos de las etapas aplicadas en la carretera o ruta a realizar.

Al diseñar y construir una vialidad, es indispensable el conocimiento y dominio de las etapas que se efectuarán para situar una carretera, como fue mencionado anteriormente existen varios procesos pero en este trabajo de grado se tomarán en cuenta las construcciones viales, el cual está establecido por el estudio general de la carretera, estudio de las secciones transversales, movimiento de tierra, estudio de las maquinarias con las cuales se llevará a cabo el trabajo, estudio de drenajes y finalmente, el estudio de pavimentos, es vital tener un amplio conocimiento de todos los contenidos mencionados ya que son parámetros importantes a tomar en cuenta y así se podrá tener un trabajo seguro.

En la universidad José Antonio Páez, en la carrera de Ingeniería civil, se dicta la asignatura de Construcciones Viales en la cual explican y se enfocan detalladamente en cada uno de los procesos necesarios para la implementación y estudio de cálculo de la vialidad, se destacan las tres principales: Movimiento de tierra, Drenaje y Pavimentos.

Se sabe que, con el paso del tiempo, la tecnología ha ido avanzando a una escala mayor. Es la herramienta principal utilizada para la búsqueda de cualquier tipo de información que se desee obtener. Es por esto que, en el presente trabajo de grado, es utilizada como herramienta digital principal para realizar el desarrollo de una guía técnica ya que los estudiantes y cualquier persona que desee refrescar conocimientos, pueden acceder a ella de una manera más sencilla .

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo se puede mejorar la comprensión del Cálculo de Área y Volumen para el Cálculo de Tierra en la Cátedra de Construcciones Viales para los estudiantes de Ingeniería Civil?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una Guía Técnica relacionada al Cálculo de Área, Volumen y Movimiento de Tierra para la asignatura de Construcciones Viales de Universidad José Antonio Páez

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación en la que se desarrollan los contenidos de la asignatura de Construcciones Viales en la Escuela de Ingeniería Civil en la Universidad José Antonio Páez, en la actualidad.

- Analizar métodos para el Cálculo de Movimiento de Tierra y selección de equipos para el Movimiento de Tierra.

- Diseñar ejercicios para el Cálculo de Movimientos de Tierra y selección de maquinaria aplicando en casos específicos el uso de herramientas digitales en el marco de la sostenibilidad.

- Elaborar una guía técnica de la asignatura Construcciones Viales para el Cálculo de Movimiento de Tierra de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez

1.4 Justificación del Estudio de Trabajo

El presente trabajo de grado será un aporte para los estudiantes de la Cátedra de Construcciones Viales de la Universidad José Antonio Páez, donde se podrán beneficiar con el contenido a emplear y aumentar su conocimiento. Igualmente, la Guía Técnica va dirigida a toda persona perteneciente de la carrera de Ingeniería Civil o que tengan una leve noción referente al tema a tratar y deseen ampliar su conocimiento buscando información sobre las etapas y procedimientos necesarios para el Cálculo de Área, Volumen y Movimiento de Tierra.

En la actualidad, se cuenta con la implementación de herramientas digitales. Estas son de un gran apoyo a nivel estudiantil, así como también son un soporte y respaldo para la sustentabilidad ambiental ya que se puede crear material que no afecte o no ocasione un impacto directo con el ambiente. El uso de estos nuevos

métodos puede ayudar al desenvolvimiento de los estudiantes porque a través de estos, se proporcionará detalladamente explicación teórica y práctica de las unidades planteadas para que el resultado sea positivo en la unidad de Movimiento de Tierra de la signatura de Construcciones Viales

1.5 Alcance del Proyecto

La elaboración de una Guía Técnica que contenga aspectos teórico y ejercicios prácticos, utilizando aplicaciones o herramientas digitales que ayuden a facilitar la comprensibilidad a los estudiantes de la Cátedra de Construcciones Viales en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, tomando en cuenta las primeras tres unidades de la asignatura, donde se ha visto que el desenvolvimiento de los temas: Cálculo de Área y Volumen para Movimiento de Tierra han sido escasos en comparación a las otras unidades presentes en la materia.

1.6 Limitaciones del Proyecto

El presente trabajo de investigación se basa en la realización de una Guía Técnica de Construcciones Viales para estudiantes y cualquier persona que tenga breves conocimientos de ingeniería civil. Los límites que presenta la guía técnica es la explicación teórica y práctica de los temas: Cálculo de área, cálculo de volumen, diagrama de masas y selección de maquinarias, los cuales son los temas que abarcan la unidad de movimiento de tierra.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

A continuación, se presentan investigaciones las cuales se han enfocado en el desarrollo de Guías Técnicas y Guías Prácticas para la explicación de diferentes asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil.

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Concepción (2020), en su trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil titulado “**Manual práctico para fundaciones y muros de la escuela de ingeniería civil de la Universidad José Antonio Páez**”, presentada a la Universidad José Antonio Páez, se enfoca en el desarrollo de un manual práctico para la signatura de fundaciones y muros en donde presenta de manera teórica, la explicación de los tipos de suelos y los diferentes tipos de fundaciones, así como también enseña, de manera teórica igualmente, la realización del cálculo para el diseño de fundaciones y como diferenciar los diferentes tipos de suelo. El aporte que realiza el trabajo de grado mencionado a la investigación es que ayuda, de manera puntual y lacónica, el cómo realizar un diagnóstico claro de las debilidades que se pueden presentar en la asignatura por parte de los estudiantes y de qué manera se puede emplear un mejoramiento para resolver la problemática planteada.

Vela (2018), presentó el trabajo de grado titulado “**Guía técnica para el Estudio y Cálculo Hidrológico de la Escorrentía**”, en la Universidad José Antonio Páez (UJAP). Este trabajo de grado fue el estímulo para obtener el título de Ingeniero Civil, el trabajo está enfocado en el diseño de ejercicios para el cálculo hidrológico de escorrentía y la elaboración de una guía técnica que permite realizar la resolución de los ejercicios propuesto. Para así, a través de los métodos mencionado, el estudiante cursante de la asignatura Hidrología o estudiante de Ingeniería Civil, al momento de

necesitar información, pueda acudir y apoyarse para un entendimiento más práctico del tema y de los distintos métodos de cálculo que se utilizan y así poder aplicar los conocimientos obtenidos a su respectiva carrera.

El trabajo de grado mencionado ayuda con el desarrollo de esta investigación ya que muestra un enfoque directo y claro de cómo diseñar ejercicios explicativos, de manera tal que, sea de fácil entendimiento para cualquier persona que desee buscar información o ampliar su conocimiento con respecto al tema, así como también da un aporte de cómo debe de estar elaborada una guía técnica, que explique el paso a paso de la resolución de problemas planteados.

Gravina y Rondón (2018), en su tesis titulada “**Guía técnica de hidrología estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental**”, la cual fue presentada a la Universidad José Antonio Páez, para optar el título de Ingeniero Civil, tiene como objetivo desarrollar una guía técnica que facilite, de manera pedagógica, el aprendizaje y entendimiento de los parámetros y de las bases fundamentales para el cálculo Hidrológico de obras civiles.

La contribución del trabajo de grado mencionado se debe a que expresa puntos importantes los cuales podrán ser usados como base para el desarrollo del presente trabajo de investigación; permite conocer diferentes métodos digitales que se puedan aplicar al momento de desarrollar una guía técnica, así como también sirve de ejemplo para enfocar la investigación en la optimización del aprendizaje de los estudiantes que estén cursando la asignatura y para todo aquel que se encuentre interesado en buscar información sobre la misma.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Soto (2016), presentó el trabajo de grado titulado “**Software para el cálculo de volumen de movimiento de tierra y software para cálculo de pórticos de varios pisos por el método de G. KANI’S**”, presentada a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Guayaquil, para optar el título de Ingeniero Civil, muestra el desarrollo de un sistema que determina el cálculo de área y volumen para el Cálculo

de Movimiento de Tierra en secciones reticulares y variables, el cual puede ser utilizado en conjunto con la herramienta digital AUTOCAD.

El aporte que brinda este trabajo de grado a la investigación es que da una explicación de cómo se puede desarrollar un sistema para el Cálculo de Área y Volumen para Movimiento de Tierra, en donde los estudiantes le pueden dar un uso adecuado al momento de realizar algún ejercicio y este le proporcione los valores de manera más exacta ya que se tiende a cometer errores por la amplitud numérica que representa un ejercicio de la unidad mencionada. Puede optimizar el resultado de los ejercicios minimizando los errores en el sistema.

2.2 Bases Teóricas

Según Arias (2012) “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado.”

2.2.1 Guía Técnica

Se define guía técnica como el desarrollo de un documento que incluye los procedimientos para encauzar un listado de información la cual se encuentra en dirección a un punto determinado. Una guía técnica puede estar conformado por información teórica, práctica o ambas sobre un tema en específico.

2.2.2 Topografía

Se conoce que la topografía es una de las ciencias de la ingeniería civil que estudia el conjunto de principios y procedimientos, de una manera gráfica, en toda la superficie terrestre. Un topógrafo es muy importante a la hora de ejecutar una obra ya que realizar la planimetría del terreno es el primer paso que se hace cuando se llega a la fase de construcción, se debe contar con un buen topógrafo para que realice un levantamiento topográfico óptimo y seguro para que la continuación de la obra a realizar no presente ningún inconveniente que genere gastos adicionales.

Los puntos relevados o replanteados tienen un valor tridimensional; es decir, se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

La topografía no sólo se limita a realizar los levantamientos de campo en terreno, sino que posee componentes de edición y redacción cartográfica, para que al confeccionar un plano se pueda entender el fonema representado a través del empleo de símbolos convencionales y estándares, previamente normados para la representación de los objetos naturales y antrópicos en los mapas o cartas topográficas. También se emplea en la ingeniería minera.

2.2.3 Vialidad

El concepto de vía tiene diversos usos vinculados al lugar por el que se circula o se desplaza. La vía, en este sentido, es un camino.

Se puede tratar de un espacio que, en las ciudades, posibilita que la gente y los vehículos circulen y accedan a las construcciones que se sitúan a sus costados. Por debajo de las vías se encuentra la infraestructura de servicios públicos como la red de electricidad, los cables de teléfono o el agua potable.

Una vía puede utilizarse como sinónimo de calle, rúa, pasaje, alameda, sendero, paseos o avenida, entre otros términos, aunque cada uno suele tener un significado más específico. Las vías son cortadas por el cruce de otras vías o por su finalización en algún límite físico, como un jardín público o una plaza. Es posible distinguir entre la acera o vereda (el lugar destinado a los transeúntes) y calzada (donde circulan los vehículos) en la organización de una vía.

2.2.4 Diseño Geométrico de Carreteras

El Diseño geométrico de carreteras es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar y calcular el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos. El primer paso para el trazado de una carretera es un estudio de viabilidad que determine el corredor donde podría situarse el trazado de la vía.

Generalmente se estudian varios corredores y se estima cuál puede ser el costo ambiental, económico o social de la construcción de la carretera. Una vez elegido un corredor se determina el trazado exacto, minimizando el costo y estimando en el

proyecto de construcción el costo total, especialmente el que supondrá el volumen de tierra desplazado y el firme necesario. Se consta con diferentes métodos para el cálculo de diseño de carreteras, cada uno varía dependiendo del tipo de carretera con la que se esté trabajando.

2.2.5 Movimiento de Tierra

El movimiento de tierra es el conjunto de acciones que se realizan para preparar el terreno antes de empezar la cimentación de cualquier obra de construcción. Se engloban varias etapas dentro del estudio de movimiento de tierras, las cuales incluyen las cantidades de corte o excavación, de relleno o terraplén, y el transporte de material de un punto a otro. Esta etapa de la obra es la que tiene más influencia ya que también contribuye en el costo de la construcción, por lo cual se debe de saber con exactitud qué tipo de maquinaria puede ser más beneficiosa para hacer un trabajo óptimo pero que no genere costos adicionales del que ya se haya planteado al inicio de la obra de construcción.

El Movimiento de Tierra es necesario para la construcción de una carretera ya que se puede determinar a partir de los perfiles o secciones transversales que se obtienen a lo largo del eje vial. Sobre cada uno de los perfiles transversales del terreno existen diferentes etapas, las cuales son: Cálculo de Área, Cálculo de Volumen, Diagrama de Masas y selección de Maquinaria. En donde cada etapa, consta de diferentes métodos de cálculo, sin embargo, el resultado no cambia entre ellos. Todo depende del tipo de sección con la cual se esté trabajando. Los volúmenes de corte y de relleno dependen de la forma y dimensiones de las secciones transversales y de la distancia existente entre ellas.

2.2.6 Área de explanación

El área de explanación está definida por la banca, los taludes y el perfil transversal del terreno natural. El ancho de explanación es la distancia comprendida entre el chaflán izquierdo y el chaflán derecho (Ver **figura 1**).

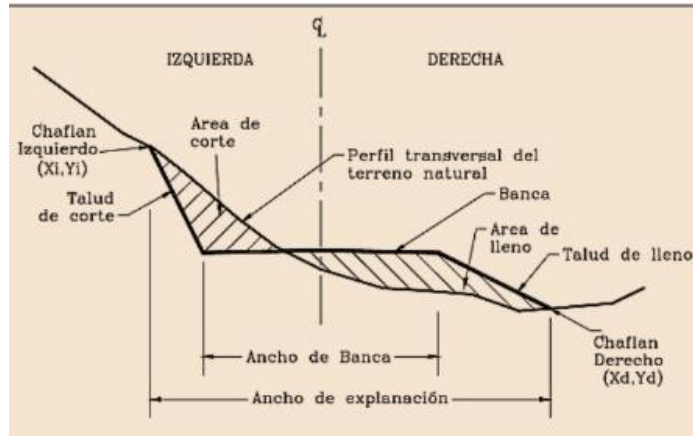


Figura 1: Área de explanación.

Fuente: <https://es.slideshare.net/julianEsteban2/volumenes-de-tierra>.

2.2.7 Sección Transversal

Se entiende por sección transversal como la representación del terreno y plataforma tomada en un punto del eje de la carretera, perpendicular al eje. Consta de varios factores para su diseño (**Ver figura 2**):

- Ancho Zona del Camino (a), el cual es el ancho total y está determinada por las explanaciones, la faja de rotura y todas las obras accesorias (cunetas, obras de tierra, desagüe y consolidación)
- Ancho de explanación (b), en donde es el ancho total que deben de tener las obras de tierra que se llevarán a cabo de construir
- Ancho de Rodadura (c), se conoce como ancho de rodadura al ancho de faja de tráfico el cual está formado de materiales especiales para lograr la resistencia de la rodadura.

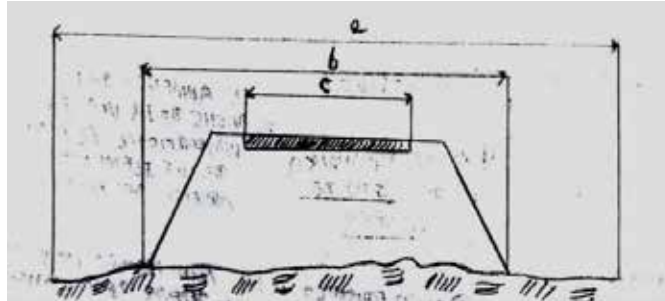


Figura 2: Factores de Sección Transversal.

Fuente: <https://www.slideshare.net/darcysoriagalindo/secciones-transversales-61598606>.

2.2.8 Dibujo de Sección Transversal

Para determinar las áreas y los chaflanes de una sección transversal es necesario contar con la siguiente información y de esta manera saber con qué sección transversal se está trabajando. El valor del peralte permite una mayor exactitud en el cálculo de las áreas y de los chaflanes (**Ver figura 3**)

- Perfil Transversal.
- Ancho de Banca
- Cota Negra
- Cota sub – rasante
- Inclinación talud de corte y/o lleno
- Peralte



Figura 3: Elementos para el Cálculo de áreas y chaflanes.

Fuente: <https://es.slideshare.net/julianEsteban2/volumenes-de-tierra>.

2.2.9 Tipos de Sección Transversales

Es importante saber el tipo de sección transversal que está presente, ya que, dependiendo de la posición de terreno o topografía, es que se puede saber con exactitud cuál es el tipo de sección transversal predominante. Los tipos de secciones son los siguientes:

- Sección en Corte o Excavación (**Ver figura 4**)

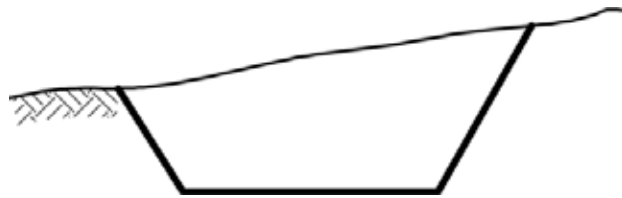


Figura 4: Sección en Corte o Excavación.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

- Sección en Terraplén o Relleno (**Ver figura 5**)



Figura 5: Sección en Relleno o Terraplén.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

- Sección Corte – En Ladera (**Ver figura 6**)

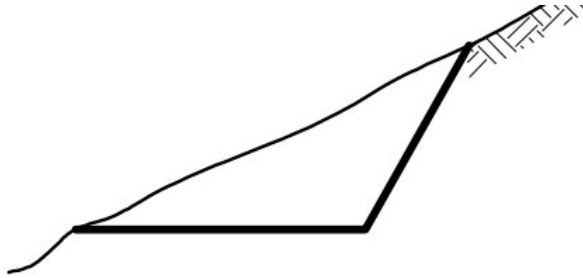


Figura 6: Sección en ladera.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

- Sección Mixta – A media ladera (**Ver figura 7**)



Figura 7; Sección en corte en Ladera.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2.10 Estacas de Talud y estacas de Ceros

Estacas de talud o también conocido como ‘chaflanes’, son los puntos en donde los taludes, de corte o terraplén, encuentran la superficie del terreno. Las estacas de ceros son todos aquellos puntos que pasan de corte a terraplén o viceversa (**Ver figura 8**).

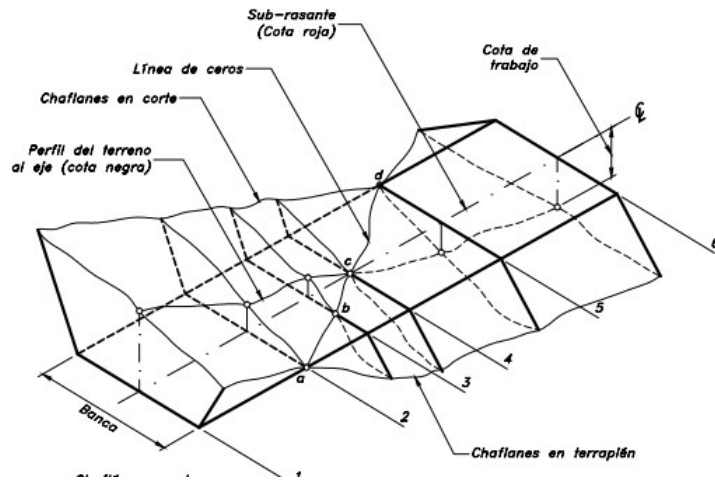


Figura 8: Posición de las estacas de chaflanes y de ceros.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

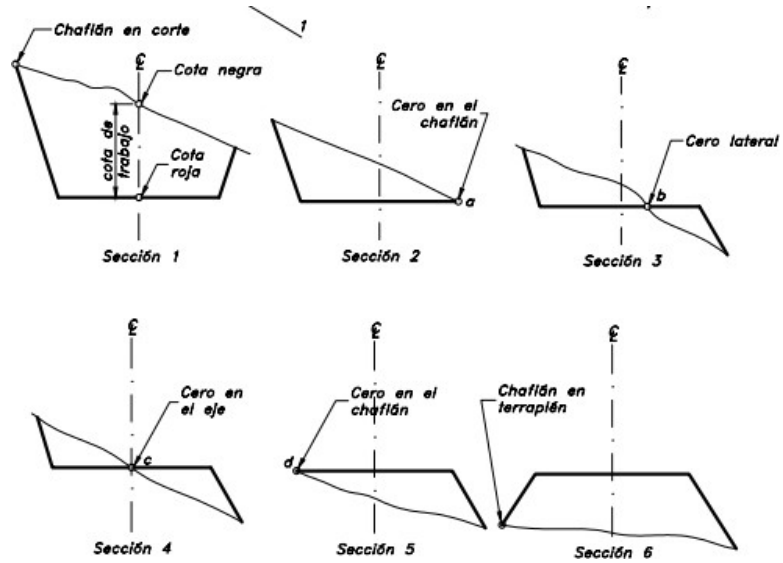


Figura 9: Posición de las estacas de chaflanes y de ceros.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Figura 10: Planta de chaflanes y ceros.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Se tiene que:

Cota de trabajo es el trabajo necesario que se debe de realizar de manera vertical sobre un punto en específico, indiferentemente de si se utiliza para excavar o rellenar y se expresa de la siguiente manera:

$$Cota\ de\ Trabajo = Cota\ Roja$$

no sea así, se tomaran como secciones simples de corte o terraplén (**Ver figura 9**).

- La Figura 10 es la representación de vista de planta de la figura 8. La línea de chaflanes indica hasta qué punto se puede extender, de manera lateral, el movimiento de tierras existentes que son causadas por los cortes o terraplenes del terreno (**Ver figura 9**).

2.2.11 Posición de los Chaflanes

Las secciones transversales constan con los siguientes elementos para así, ser consideradas como una sección geométrica completamente definida (**Ver figura 11**):

- B = Es el ancho de la banca o plataforma.
- Y = Es la cota de trabajo al eje.
- T = Es la pendiente de taludes.
- Xd, Yd = Posición del chaflán derecho con respecto al eje de la vía central.
- Xi , Yi = Posición del chaflán izquierdo con respecto al eje de la vía central.
- Yd = Altura del chaflán derecho con respecto a la banca.
- Yi = Altura del chaflán izquierdo con respecto a la banca.

Las posiciones de los chaflanes se expresa de la siguiente manera:

$$X_d = \frac{B}{2} + \left(\frac{1}{t}\right) Y_d \quad ; \quad X_i = \frac{B}{2} + \left(\frac{1}{t}\right) Y_i \quad (2)$$

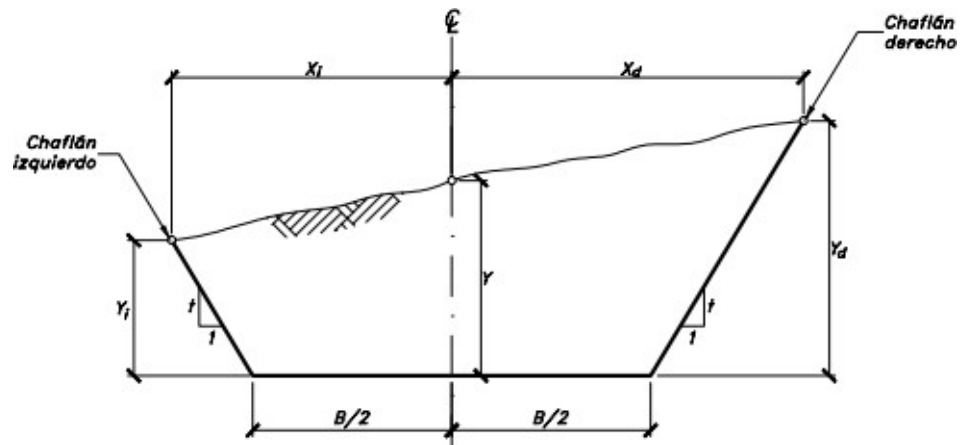


Figura 11: Posición de los Chaflanes.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2.12 Área

El área es una magnitud numérica escalar la cual se define como la extensión en dos dimensiones de una recta al plano del espacio. En caso de tener un polígono, se pueden formar figuras geométricas, normalmente triángulos, y calcular las áreas para luego sumarlas entre sí y así, finalmente obtener el área total de la poligonal, existen diferentes métodos para el cálculo de área de las secciones transversales. Las cuales varían dependiendo de la sección que se presente.

2.2.13 Áreas de Secciones Transversales

Es netamente necesario realizar un cálculo de áreas de los terrenos en donde se va a realizar la obra de construcción. Pueden existir 4 maneras de calcular el área en secciones transversales, y son:

- Área de una sección Homogénea simple en recta.
- Área de una sección mixta simple en recta.
- Área de una sección homogénea simple en curva.
- Área de una sección mixta compuesta en curva.

2.2.14 Área de una sección homogénea simple en recta

Al momento de tratar una sección que solo tiene corte o terraplén y es simple, se considera automáticamente como una sección homogénea ya que el perfil del terreno en donde se encuentra es aproximado a ser un terreno uniforme.

Existen tres (3) métodos para el cálculo de área para este tipo de sección transversal:

- Método del planímetro.
- Método de las figuras geométricas.
- Método de las coordenadas de los vértices.

Método de Planímetro

El planímetro es un instrumento de medición el cual es utilizado para el cálculo de áreas irregulares. Dicho método permita el uso de un planímetro sobre una sección transversal, siempre y cuando, este se encuentra dibujado en una escala apta para el uso del instrumento (**Ver figura 12**).



Figura 12: Planímetro.

Fuente:

https://www.google.com/search?q=planimetro&rlz=1C1CHBF_enVE848VE848&sxsrf=ALeKk00sdYCF0iprT5FkLWwAoOaRkcAWww:1591077124606&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj11smWuOLpAhWsTd8KHVr5CJ8Q_AUoAXoECBEQAw&biw=687&bih=647#imgrc=7dhBK8eaBJpu8M.

Método de figuras Geométricas

Este método consiste en dividir las secciones transversales en figuras geométricas. Normalmente se utilizan triángulos, rectángulos o trapecios, de tal manera que, se pueda calcular por separado el área de cada una de las figuras geométricas formadas y luego obtener el área total de la sección transversal. Para la figura 13 se encuentra el siguiente caso, en donde el área de corte A_c puede ser expresado de la siguiente manera (**Ver figura 13**):

$$A_c = B(Y_d + Y_i)/4 + (X_d + X_i)(Y + h + (c + b + g_c)(h+d)) \quad (3)$$

Cálculo de ancho de la banca

$$B = 2c + 2b + 2\left(\frac{e}{n}\right) + 2\left(\frac{d}{n}\right) \quad (4)$$

Cálculo de la posición del chaflán derecho e izquierdo

$$X_d = \frac{B}{2} + \frac{Y_d}{t_c}; \quad X_i = \frac{B}{2} + \frac{Y}{t_c} \quad (5)$$

Cálculo de talud en corte

$$t_c = \frac{e}{n} \quad (6)$$

Cálculo de altura

$$= m(c + b + g_c) \quad (7)$$

Se tiene que:

- c = Ancho de carril.

- b = Ancho de berma.
- m = Bombeo normal.
- n = Pendiente de la cuneta.
- e = Espesor del pavimento.
- d = Profundidad de la cuneta por debajo de la sub-rasante (0.50m mínimo).
- t_c = Talud en corte.
- Y = Cota de trabajo al eje.
- Y_d = Altura del chaflán derecho.
- Y_i = Altura del chaflán izquierdo.
- g_c = Ancho de la cuneta en corte.

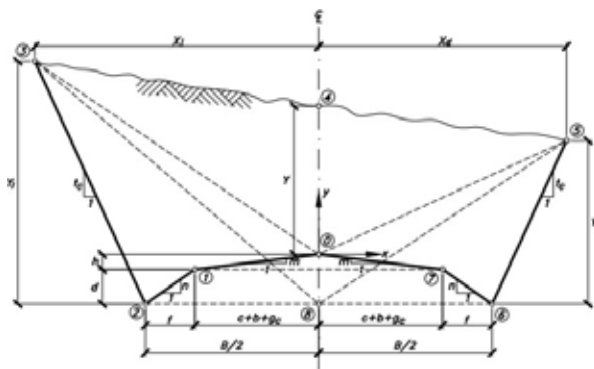


Figura 13: Área sección homogénea simple en recta, por método de figuras geométricas y método de coordenadas de vértices.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Método de las coordenadas de los vértices

En este método se utiliza un sistema de coordenadas (x, y) , en donde el origen es la cota roja en el eje vial, cuyas coordenadas serán las siguientes (**Ver figura 14**):

- Vértice 0: $[0,0]$
- Vértices 1: $[-(c+b+g), -h]$
- Vértices 2: $[B/2, -(h+d)]$
- Vértices 3: $[-X_i, Y_i -(h+d)]$
- Vértices 4: $[0, Y]$

- Vértices 5: $[X_d, Y_d - (h+d)]$
- Vértices 6: $[(c+b+g_c), -h]$
-

Las coordenadas de los vértices (**Figura 10**), están organizadas en la siguiente tabla (**Figura 11**), de manera tal que la suma de los productos Y por X de las líneas continuas, menos la suma de los productos Y por X de las líneas discontinuas, den como resultado el doble del área el cual se expresa de la siguiente manera:

$$2Ac = \frac{B}{2} (Y_d + d)(X_i) + YX_d + [Y_d + d] \frac{B}{2} + d)(c + b + g_c) - \left\{ (c + d) [(c + b + g_c)] [Y_i - (h + d)] - \frac{B}{2} Y (X_i) - [(c + d)X_d] \frac{B}{2} \right\} \quad (8)$$

Simplificando la ecuación, se obtiene la siguiente expresión:

$$2Ac = \frac{B(Y_d + Y_i)}{4} + \frac{(X_d + X_i)(Y_d - d)}{2} - \frac{Bd}{2} (c + b + g_c)(c + d) \quad (9)$$

VÉRTICE	COORDENADAS		
	y		x
0	0		0
1	-h		-(c+b+g _c)
2	-(h+d)		-B/2
3	Y _i - (h+d)		-X _i
4	Y		0
5	Y _d - (h+d)		X _d
6	-(h+d)		B/2
7	-h		(c+b+g _c)
8	0		0

Figura 14: Área sección homogénea simple en recta, por método de coordenada de los vértices.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2.15 Área de una sección mixta simple en recta

Una sección mixta es cuando en el terreno existe Corte y Terraplén o relleno y se considera simple ya que el perfil es considerablemente uniforme.

Método de las coordenadas de los vértices

Las secciones transversales mixta, a través del método de coordenadas, se calculan de igual manera que en cálculo de área de una sección homogénea simple en recta. Tomando de igual forma, la cota roja como origen en el eje vial. Se expresa de la siguiente manera (Ver figura 15):

- **Cálculo de ancho de la banca**

$$B = 2c + 2b + \frac{e}{n} + \frac{e}{t_t} + \frac{d}{m} \quad (10)$$

- **Cálculo de la posición del chaflán derecho e izquierdo**

$$Xd = c + b + g_c + \frac{d}{n} + \frac{Yd}{t_c}; \quad Xi = c + b + g_t + \frac{Yi}{t_t} \quad (11)$$

- **Cálculo de ancho de la cuneta en corte**

$$g_c = \frac{e}{n} \quad (12)$$

- **Cálculo de ancho de la cuneta en terraplén**

$$g_t = \frac{e}{t_t} \quad (13)$$

- **Cálculo de altura auxiliar en corte y terraplén**

$$= m(c + b + g_c) \quad (14)$$

$$= m(c + b + g_t) \quad (15)$$

Se tiene que:

c = Ancho de carril.

b = Ancho de berma.

m = Bombeo normal.

n = Pendiente de la cuneta.

e = Espesor del pavimento.

d = Profundidad de la cuneta por debajo de la sub-rasante (0.50m mínimo).

t_c = Talud en corte.

t_t = Talud en terraplén.

Y = Cota de trabajo al eje.

Y_d = Altura del chaflán derecho.

Y_i = Altura del chaflán izquierdo.

g_c = Ancho de la cuneta en corte.

g_t = Ancho de la cuneta en terraplén.

h ; h' = Altura auxiliar (y).

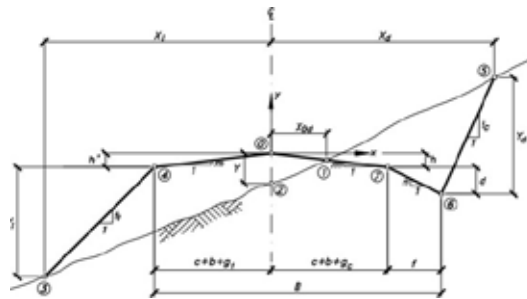


Figura 15: Área sección mixta simple en recta por método de las coordenadas de los vértices.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Sus vértices y coordenadas se encuentran expresadas en la siguiente tabla:

TIPO DE ÁREA	VERTICE	COORDENADAS	
		y	x
Terraplén	0	0	0
	1	$-m X_{0d}$	X_{0d}
	2	$-Y$	0
	3	$-(Y_i + h')$	$-X_i$
	4	$-h'$	$-(c+b+g_t)$
	0	0	0
Corte	1	$-m X_{0d}$	X_{0d}
	5	$Y_d - (h+d)$	X_d
	6	$-(h+d)$	$B - (c+b+g_t)$
	7	$-h$	$(c+b+g_c)$
	1	$-m X_{0d}$	X_{0d}

Figura 16: Área sección mixta por coordenada de los vértices.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Para el cálculo de área terraplén y corte del terreno, se realiza la suma de los productos continuos menos los productos de las discontinuas proporcionados a través de la figura 16. En donde muestra los vértices y coordenadas correspondientes a la sección mixta. El doble del área de terraplén y corte queda expresado de la siguiente manera:

- **Cálculo de área de terraplén**

$$2A_t = \frac{Y(X_i + X_{0d})}{2} + \frac{(Y_i - h')(c+b+g_t)}{2} - \frac{X_i}{2} \quad (17)$$

- **Cálculo de área de corte**

$$2A_c = \frac{(Y_d - (h+d))(X_d + X_{0d} + g_t - g_c - B)}{2} + \frac{mX_{0d}(c+b+g_t - X_d)}{2} - \frac{(Y_d - h)(X_{0d} + c+b+g_t - B)}{2} \quad (18)$$

2.2.16 Área de una sección homogénea simple en curva

En este tipo de sección, aparecen dos elementos nuevos los cuales son: el peralte, el cual se trabaja con la letra 'm' y el sobre-ancho, que se trabaja con la letra 'S'. El ancho de la banca se calcula de igual manera como fue mencionado en los métodos anteriores.

Al igual que en el cálculo de las secciones transversales en línea recta, existen diferentes métodos para este tipo de secciones trasversales. Tenemos el Método de las figuras Geométricas, Método de la cartera de chaflanes y Método de las coordenadas de los vértices.

Área de una sección Homogénea simple en curva

Para obtener la ubicación de los chaflanes verticalmente, se debe de tomar como referencia el plano horizontal de la banca, siempre y cuando exista una banca plana en una sección transversal recta.

En secciones en curva, se debe de tomar en cuenta la inclinación de la banca que pueda facilitar el peralte de la calzada, en este caso se adopta como planos horizontales de referencia los que pasan por cada uno de los extremos de la banca. En la figura 13 se puede ver que hay una sección de terraplén simple en una curva horizontal izquierda, a la cual se le aplicó un peralte m y un sobre-ancho S en el interior. La sección ha sido dividida en cuatro (4) triángulos de bases y alturas, se encuentran expresadas de la siguiente manera (**Ver figura 17**):

- Triángulo 1:

$$Base = \frac{B}{2} + S \quad ; \quad Altura = Y_i \quad ; \quad \text{Área} = A1 = \left(\frac{B}{2} + S \right) Y_i$$

- Triángulo 2:

$$Base = Y \quad ; \quad Altura = X_i \quad ; \quad \text{Área} = A2 = \frac{1}{2} (Y) X_i$$

- Triángulo 3:

$$Base = Y \quad ; \quad Altura = X_d \quad ; \quad \text{Área} = A3 = \frac{1}{2} (Y) X_d$$

- Triangulo 4:

$$Base = \frac{B}{2} \quad ; \quad Altura = Yd \quad ; \quad Area = A4 = \left(\frac{1}{2} \frac{B}{2}\right) Yd$$

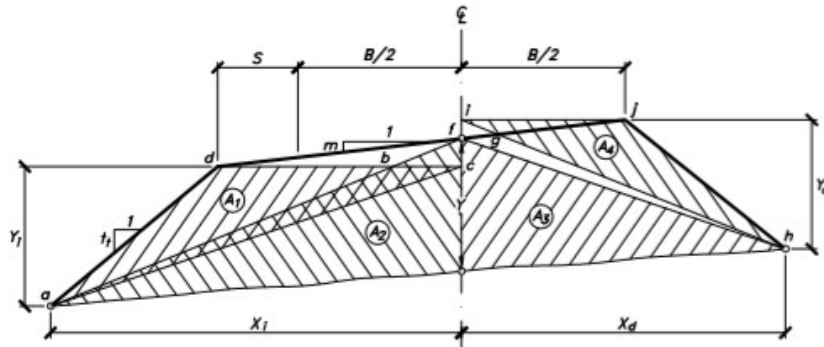


Figura 17: Área sección homogénea simple en curva, método de figuras geométrica.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

En la figura 17, se puede apreciar las áreas que se encuentran presente dentro de la sección transversal. El Área de terraplén fue calculada con la siguiente expresión:

$$At = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{B}{2}\right) Yd + \left(\frac{B}{2} + S\right) Yi + Y(Xd + Xi) \right] \quad (19)$$

Método de la cartera de chaflanes

El cálculo de área por chaflanes, también conocido como regla de las cruces, se efectúa colocando de manera artificial un cero (0) en el denominador del quebrado del centro, y se adicionan quebrados a los extremos de numerador igual cero (0) y los denominadores de la semi-banca el valor es $B/2 + S$ y $B/2$ respectivamente. El cálculo de chaflán derecho e izquierdo se expresa de la siguiente manera (**Ver figura 18**) (**Ver figura 19**):

- Cálculo de chaflán derecho

$$Cota\ nominal\ de\ trabajo = Y + m \left(\frac{B}{2}\right) \quad ; \quad Xd = \left(\frac{B}{2} + S\right) + \frac{Yi}{t_t}$$

- Cálculo de chaflán izquierdo

$$Cota\ nominal\ de\ trabajo = Y - m \left(\frac{B}{2} + S\right) \quad ; \quad Xd = \left(\frac{B}{2} + S\right) + \frac{Yi}{t_t}$$

<i>Izquierdo</i>	<i>Centro</i>	<i>Derecho</i>
$\frac{Y_i}{X_i}$	$\frac{Y}{Abscisa}$	$\frac{Y_d}{X_d}$

Figura 18: Cartera de chaflanes.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

El doble de área de la sección transversal se toma en cuenta, de manera tal que los productos de las líneas continuas y se le restan los productos de las líneas discontinuas.

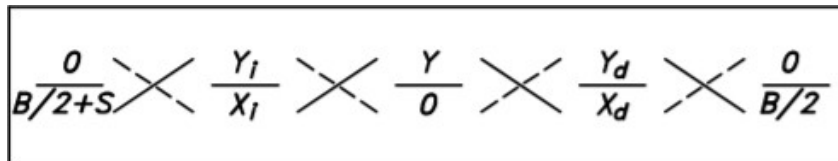


Figura 19: Área de sección homogénea simple en curva, por método de chaflanes.
James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Teniendo así, la siguiente expresión:

$$At = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{B}{2}\right) Yd + \left(\frac{B}{2} + S\right) Yi + Y(Xd + Xi) \right] \quad (20)$$

Método de las coordenadas de los vértices

El método de las coordenadas de los vértices es un método confiable ya que da el área exacta de la sección transversal. De igual manera se utiliza un eje de coordenadas (x,y). (Ver figura 20).

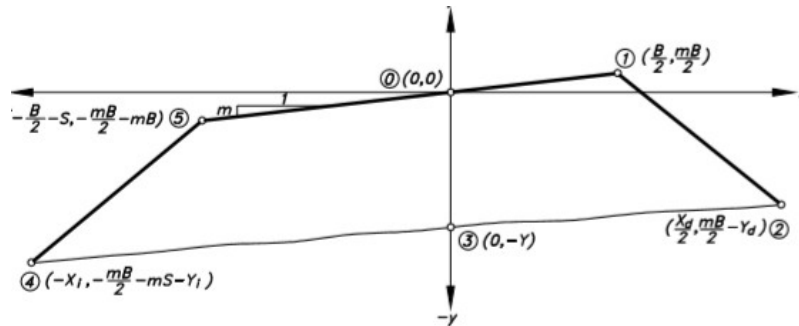


Figura 20: Área sección homogénea simple en curva, por método de coordenadas de los vértices.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Organizando las coordenadas de la sección transversal de la figura 20, se obtienen la siguiente expresión:

$$2At = \frac{mB}{2} (Xd) + (Y) (Xi) + \frac{mB}{2} mS Yi \left(\frac{B}{2} + S \right) + \frac{mB}{2} mS \frac{B}{2} - \left(\frac{mB}{2} Yd \right) \frac{B}{2} - (Y) (Xd) - \frac{mB}{2} mS (Xi) - \left(\frac{mB}{2} \right) \frac{B}{2} S \quad (21)$$

TIPO DE ÁREA	VÉRTICE	COORDENADAS	
		y	x
Terraplén	①	$\frac{mB}{2}$	$\frac{B}{2}$
	②	$\frac{mB}{2} - Y_d$	X_d
	③	$-Y$	0
	④	$-\frac{mB}{2} - mS - Y_i$	$-X_i$
	⑤	$-\frac{mB}{2} - mS$	$-\frac{B}{2} - S$
	①	$\frac{mB}{2}$	$\frac{B}{2}$

Figura 21: Área sección homogénea simple en curva, por método de coordenadas.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Al momento de tener los términos plasmados sobre la tabla, se prosigue a utilizar la fórmula planteada anteriormente del cálculo de área de terraplén, el cual quedaría plasmado de la siguiente manera (**Ver figura 21**):

$$\begin{aligned}
 2At = & \frac{mB}{2} (Xd) + (Y) (Xi) + \frac{mB}{2} \left(\frac{B}{2}\right) + \frac{mB}{2} (S) + mS(S) + Yi \left(\frac{B}{2}\right) + Yi(S) \\
 & \frac{mB}{2} \left(\frac{B}{2}\right) \quad mS \left(\frac{B}{2}\right) \quad mS \left(\frac{B}{2}\right) \quad \frac{mB}{2} \left(\frac{B}{2}\right) + Yd \left(\frac{B}{2}\right) + Y(Xd) \quad \frac{mB}{2} (Xi) \quad mS(Xi) + \\
 & \frac{mB}{2} \left(\frac{B}{2}\right) + \frac{mB}{2} (S) \quad (22)
 \end{aligned}$$

Colocando los términos de manera organizada, se obtiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 At = & \frac{1}{2} \left[\left(\frac{B}{2}\right) Yd + \left(\frac{B}{2} + S\right) Yi + Y(Xd + Xi) \right] + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{mB}{2}\right) (Xd \quad Xi) + m(S + B \right. \\
 & \left. Xi) \right] \quad (23)
 \end{aligned}$$

2.2.17 Área de una sección mixta compuesta en curva

En este caso, se le dice a una sección mixta compuesta a las secciones transversales que presentan un terreno irregular, por lo tanto, para que el cálculo del área sea exacto, se deben de acotar los diferentes puntos en donde existan los cambios de terreno. En este caso, solo se utiliza el método de la cartera de chaflanes, teniendo como modelo una sección mixta en curva derecha con un cero lateral izquierdo. (**Ver figura 22**):

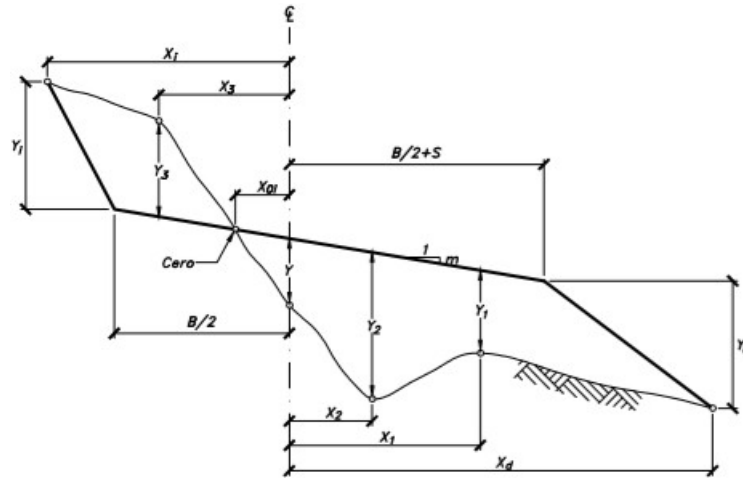


Figura 22: Área sección mixta compuesta en curva.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

La expresión para el cálculo de área de la sección mixta compuesta mostrada en la figura 22, queda planteada de la siguiente manera:

- **Área de corte**

$$Ac = \frac{1}{2} [Y_1 \left(\frac{B}{2} - X_3 \right) + Y_3 (X_i - X_{0i})] \quad (24)$$

- **Área de terraplén**

$$At = \frac{1}{2} [Y (X_{0i} + X_2) + Y_d \left(\frac{B}{2} + S - X_1 \right) + Y_1 (X_d - X_2) + Y_2 (X_1)] \quad (25)$$

Izquierdo			Centro	Derecho		
$\frac{Y_1}{X_1}$	$\frac{Y_3}{X_3}$	$\frac{0.000}{X_{0i}}$	$\frac{Y}{\text{Abcisa}}$	$\frac{Y_2}{X_2}$	$\frac{Y_1}{X_1}$	$\frac{Y_d}{X_d}$

Figura 23: Cartera de chaflanes.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

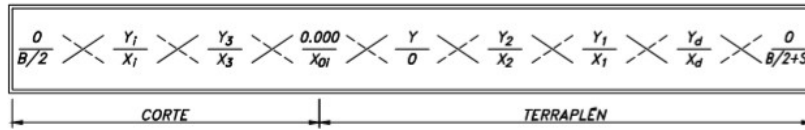


Figura 24: Área sección mixta compuesta en curva, por método de chaflanes.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2.18 Volumen

El volumen es una magnitud métrica de tipo escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, ya que en un ortoedro se halla multiplicando tres longitudes: el largo, el ancho y la altura. Matemáticamente el volumen es definible no sólo en cualquier espacio euclídeo, sino también en otro tipo de espacios métricos. La unidad de medida de volumen en el Sistema Internacional de Unidades es el metro cúbico. En el sistema métrico decimal, una unidad de volumen para sólidos era el estéreo, igual al metro cúbico, pero actualmente poco usada. En ese mismo sistema, para medir la capacidad de líquidos, se creó el litro, que es aceptado por el SI. Por razones históricas, existen unidades separadas para ambas, sin embargo están relacionadas por la equivalencia entre el litro y el decímetro cúbico: $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litro} = 0,001 \text{ m}^3 = 1000 \text{ cm}^3$.

2.2.19 Cubicación

En construcción cubicar significa determinar la capacidad o el volumen de un cuerpo conociendo sus dimensiones. Esto es de gran utilidad para el cálculo del total del material que se necesitará para realizar un trabajo, sin embargo, la manera de cubicar un objeto va a variar de acuerdo al material de éste.

Para cubicar diversos objetos se deben calcular sus volúmenes de acuerdo a sus formas geométricas para así poder conocer las cantidades de los materiales que se necesitan para llevar a cabo el trabajo. Esto es de gran importancia, ya que cubicar

conforma gran parte del presupuesto de una obra a realizar y aquel método servirá para saber cuánto se necesitará de cada material y su valor correspondiente.

2.2.20 Prismoide

El prismoide es aquel sólido geométrico limitado en los extremos por las caras laterales paralelas correspondientes a las secciones transversales, y lateralmente por los planos de los taludes en el plano de la bancada y la superficie natural del terreno. (Ver figura 25).

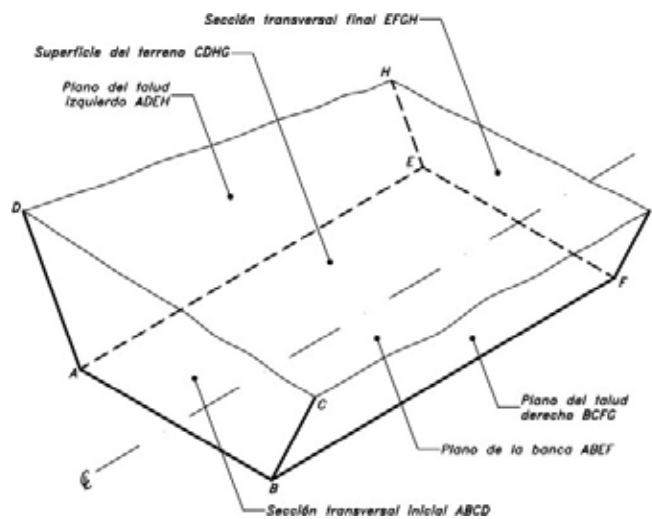


Figura 25: Representación de prismoide en carretera.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2.21 Piramoide y tronco de Piramoide

Es la deformación que puede presentar el área de un prismoide.

2.2.22 Volúmenes de tierra: Cubicación

El siguiente paso que prosigue luego de que se hayan calculado las áreas de las secciones transversales, es el cálculo de volumen. Existen tres (3) representaciones gráficas para el cálculo de volumen, los cuales son nominados 'Prismoide, Tronco de Piramoide y Piramoide'

Volumen Prismoide

El cálculo del volumen de un prismoide, se encuentra expresado de la siguiente manera:

$$V = \frac{L}{6} (A1 + A2 + 4Am) \quad ; \quad Am = \frac{A1 + A2}{2}$$

Donde se tiene que:

- V = Volumen del prismoide (m^3)
- A1= Área de la sección transversal extrema inicial (m^2)
- A2 = Área de la sección transversal extrema final (m^2)
- Am= Área de la sección media (m^2). Es aquella sección situada exactamente a L/2
-

Volumen Piramoide

Para el cálculo de volumen de un pirámoide, es importante ver si una de las secciones tiende a ser igual a cero (o), en este caso la expresión queda planteada de la siguiente manera:

$$V = \frac{AL}{3} \quad (26)$$

Volumen Tronco de Piramoide

En este caso, el cálculo de volumen de un tronco de pirámoide aparece cuando se forman secciones mixtas y se expresa de la siguiente manera:

$$V = \frac{L}{3} (A1 + A2 + \sqrt{A1A2}) \quad (27)$$

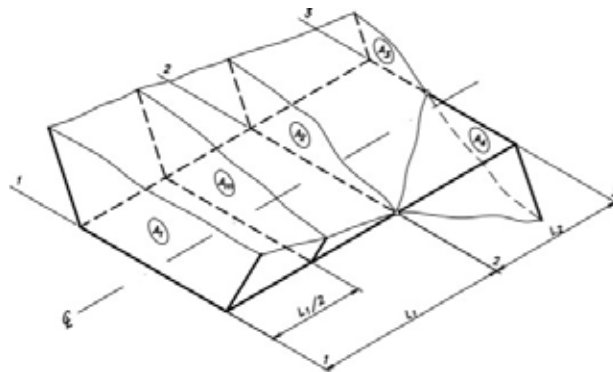


Figura 26: Prismoide, Tronco de Piramoide y Piramoide.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Se puede ver la formación de tres (3) sólidos geométricos cuyos volúmenes se encuentran expresados (**Figura 26**):

- Volumen de corte de Prismoide. Sección 1-1 y sección 2-2:

$$V_{prismoide} = \frac{L_1}{6} (A_1 + A_2 + 4A_m) \quad (28)$$

- Volumen de corte de Tronco de Pirámide. Sección 2-2 y sección 3-3

$$V_{corte} = \frac{L_2}{3} (A_2 + A_3 + \sqrt{A_2 A_3}) \quad (29)$$

- Volumen de terraplén de Pirámide. Sección 2-2 y sección 3-3:

$$V_{terraplen} = \frac{A_4 L_2}{3} \quad (30)$$

2.2.23 Transporte de material excavado

Al momento de realizar el diseño de perfil longitudinal de una vía, se debe de tratar de lograr que los volúmenes de corte y de terraplén sean aproximadamente iguales, con ligera ventaja de los cortes. Esto se realiza con la finalidad de lograr que el material excavado de los cortes sirva para conformar los terraplenes. El material excedente corresponde a los volúmenes que se supone no sirven para rellenos.

Factores de transporte de material excavado

- El trazado de la vía que no permite compensación.
- Materiales obtenidos en los cortes a veces no sirven para realizar rellenos, ni mezclados.
- La distancia prolongada de transporte de material entre los cortes y los terraplenes.

2.2.24 Diagrama de masas

El diagrama de masa es la representación gráfica del volumen de tierra a mover y es la representación de las distancias en las cuales se debe de transportar, en un tramo determinado de la carretera en construcción. En el gráfico de diagrama de masas, se pueden ver las abscisas y las ordenadas las cuales indican las sumas algebraicas de los volúmenes acumulados de los cortes y terraplenes, a partir de un punto de origen en el perfil longitudinal de la carretera. (Ver figura 27).

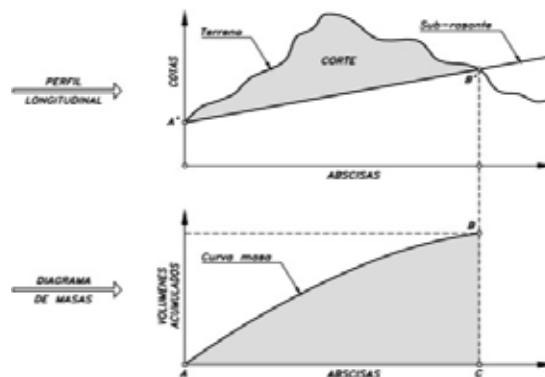


Figura 27: Representación de perfil longitudinal y diagrama de masas.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Propiedades de diagrama de masas

- El valor de cualquier ordenada, representa el volumen de corte acumulado hasta ese punto, menos el volumen de terraplén también acumulado hasta ese punto.

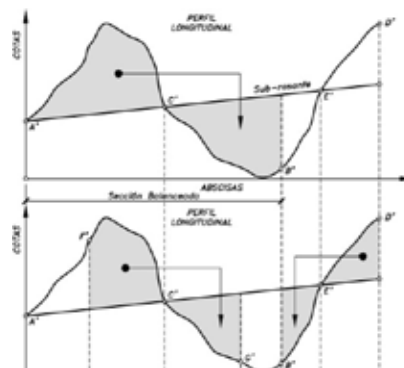
- La parte ascendente de la curva de masa define una zona de corte.

- Cualquier punto de la curva de masa, situado sobre la línea base, tiene ordenada nula, lo que indica que los volúmenes de corte y terraplén son iguales desde el origen de la curva hasta ese punto. De esta manera, los puntos donde la curva de masa corta la línea base, son los límites de los sectores de movimiento de tierra.

- De la misma manera en que la línea base determina los sectores de movimiento de tierra compensando, cualquier línea horizontal que corte la curva de masa en dos puntos, determina una zona de compensación entre corte y terraplén.

- Los puntos máximos de la curva de masa indican cambios de corte a terraplén en el sentido del abscisado.

- Cuando la curva de masa esta por encima de una línea horizontal, que establezca compensación, el movimiento del material debe realizarse en el sentido de avance del abscisado, y cuando la curva de masa esta por debajo de la compensadora, el transporte debe ser realizado hacia atrás, esto es en sentido opuesto al avance del abscisado. (Ver figura 28).



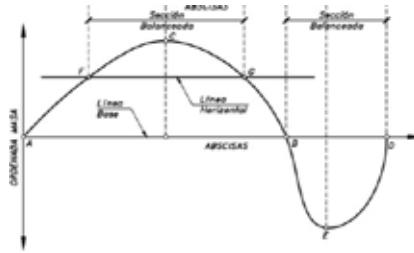


Figura 28: Representación de propiedades de los diagramas de masa.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Factor de compensación en el movimiento de tierras

- Densidad de los materiales en los estados: Original y compacto.
- Tamaño de las partículas.
- Contenidos de humedad.
- Grado de compactación exigido.
- Pérdidas de material en el transporte.
- Arrastre de material por el viento y el agua.

Gráfico del diagrama de masas

El gráfico de diagrama de masas se expresa de la siguiente manera (**Ver figura 29**) (**Ver figura 30**):

ABSCISAS	VOLUMENES (m ³)			SUMA ALGEBRAICA $\oplus + \ominus$ (ACARREO LONGITUDINAL)	VOLÚMENES TOTALES ACUMULADOS (ORDENADA MASA)
	CORTES (+)	TERRAPLÉN SUELTO (-)	TERRAPLÉN COMPACTO $\oplus \times 1.33$ (-)		
K0+000					0
K0+020	+800			+800	+800
K0+040	+2400			+2400	+3200
K0+060	+3300			+3300	+6500
K0+080	+2700	-75	-100	+2600	+9100
K0+100	+700	-1200	-1600	-900	+8200
K0+120	+100	-2250	-3000	-2900	+5300
K0+140	+100	-2100	-2800	-2700	+2600
K0+160		-1200	-1600	-1600	+1000
K0+180		-750	-1000	-1000	0
K0+200		-1275	-1700	-1700	-1700
K0+220	+100	-1350	-1800	-1700	-3400
K0+240	+800	-375	-500	+300	-3100
K0+260	+3100			+3100	0
K0+280	+2200			+2200	+2200

Figura 29: Cartera para elaborar la curva masa.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

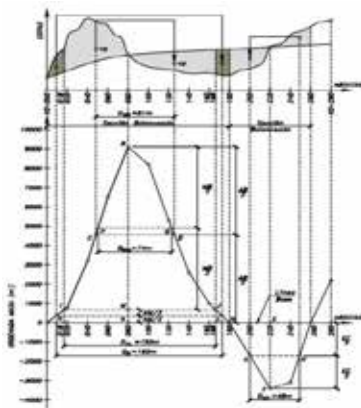


Figura 30: Ejemplo numérico del diagrama de masas.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2.25 Volúmenes de excavación

En una sección balanceada, se tiene que el volumen total de excavación puede ser expresada de la siguiente manera:

$$V_{E.TOTAL} = V_{EL} + V_{ET} \quad (31)$$

Donde:

- $V_{E.TOTAL}$ = Volumen total de excavación (sumatoria de los cortes).
- V_{EL} = Volumen de excavación que se tiene que acarrear longitudinalmente.
- V_{ET} = Volumen de excavación que se tiene que acarrear transversalmente.

2.2.26 Distancia media de transporte o acarreo

Al momento de estar presente en una obra de construcción, uno de los elementos más influyentes en el costo del movimiento de tierra es la distancia a la cual se debe de transportar las masas de tierras ya movidas. Se expresa de la siguiente manera (**Ver figura 31**):

-Área bajo la curva masa y la línea de equilibrio.

$$D_{MA} = \frac{\text{Area bajo la curva y la línea de equilibrio}}{V_{EL}} \quad (32)$$

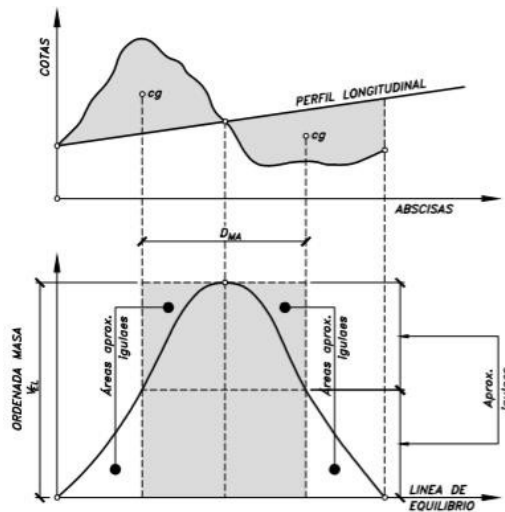


Figura 31: Distancia media de acarreo longitudinal.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2.27 Maquinaria para movimiento de tierra

Las maquinarias para el movimiento de tierra se caracterizan por ser equipos autopropulsados los cuales presentan de gran utilidad en la construcción de caminos, carreteras, ferrocarriles, túneles, aeropuertos, obras hidráulicas y edificaciones. La función principal que presentan las maquinarias es para soltar y mover tierra, elevar y cargar la tierra en equipos funcionales para transportar, distribuir y compactar la tierra.

Tipos de maquinarias

Maquinaria para cargar material

- Palas.
- Grúas.
- Dragas de arrastre.
- Palas excavadora de ruedas.
- Retroexcavadora.
- Bulldozer.

Maquinaria para producir material

- Trituradora Giratoria.
- Trituradoras de mandíbulas.

2.3 Definición de términos básicos.

A continuación, se definen los conceptos que dan inicio y hacen referencia a esta investigación.

Abcisado: Distancia horizontal en un gráfico.

AUTOCAD: Programa de diseño computarizado el cual es utilizado para dibujar en 2D y poder ser representado en 3D.

Cimentación: Conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir las cargas recibidas al suelo.

Cota negra: el trabajo necesario de realizar verticalmente sobre un punto.

Eje vial: Centro lineal de una vía.

Escorrentía: Agua de lluvia que circula sobre el terreno.

Fundación: Partes de una obra de construcción las cuales dan el soporte directo al terreno.

Geología: Ciencia que estudia el origen, formación y evolución de la Tierra, los materiales que la componen y su estructura.

Hidrología: Estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del agua continental y marítima, su distribución y circulación en la superficie de la Tierra, en el suelo y en la atmósfera.

Ordenadas: Distancias verticales de una vialidad.

Peralte: Diferencia en la elevación de la parte exterior y la interior de una curva, en una carretera o vía.

Pórtico: Espacio arquitectónico cubierto.

Rasante: Nivel de una calle o camino, considerado en su inclinación respecto del plano horizontal.

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Talud: Inclinación de un terreno o un muro.

Terraplén: Relleno que se realiza en un terreno en el cual se está construyendo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se muestra el tipo de investigación, nivel de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas para el análisis de los datos. En la obra de J.W.Best titulada ‘Como investigar en educación’, expresa lo siguiente:

“La investigación es el proceso más formal, sistemático e intensivo de llevar cabo el método científico del análisis. Comprende una estructura de investigación más sistemática, que desemboca generalmente en una especie de reseña formal de los procedimientos y en un informe de los resultados o conclusiones.” (p.38. Tamayo y Tamayo, 2003).

De igual forma, Tamayo y Tamayo (2003) expresan el marco metodológico como ‘Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento’, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados (p. 37).

Se tiene también, que la UJAP (2007), enfoca el marco metodológico de la siguiente manera:

La metodología es una creación personal, cuyas técnicas e instrumentos a utilizar para la recopilación de datos, pueden resultar convenientes a los objetivos que se persiguen; la conformación de los mismos tiene que estar en perfecta concordancia con los objetivos de la investigación. La metodología se basa principalmente en las estrategias y procedimientos que emplea el investigador para lograr los objetivos de su investigación. Por esta razón, se tomaron en cuenta todos los objetivos de la

investigación los cuales permitieron el desarrollo del presente trabajo de grado. La metodología de la investigación lleva consigo diferentes tipos, métodos, herramientas y diseños necesarios para el desarrollo de exploración del mismo

3.1.- Tipo de la investigación

El Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2003), define el proyecto factible como: “Un estudio que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”. Teniendo como apoyo una investigación de tipo Descriptiva y con revisión bibliográfica. Con la cita mencionada, se puede deducir que el tipo de investigación empleado en el presente trabajo de grado se desarrolló aplicando la modalidad de proyecto factible.

3.2.- Diseño de la investigación.

El diseño de una investigación según Arias (2012) “Es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental” (p. 26). El diseño de la presente investigación trata sobre una investigación documental en la cual se recolecta información de los estudiantes y de estudiantes egresado con la finalidad de encontrar las dificultades en el aprendizaje de la asignatura de construcciones viales, tanto en la parte teórica como en la práctica.

3.3.- Nivel de investigación.

El nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. De acuerdo con estos, el presente proyecto tiene características que lo ubican en el nivel descriptivo, según Tamayo y Tamayo (2003), la investigación descriptiva “Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos” (Pág. 35). El desarrollo del proyecto comprende la información obtenida de los estudiantes que aprobaron la asignatura de construcciones viales, la cual se analiza

para ver las dificultades o deficiencias en el aprendizaje a nivel práctico y teórico en las clases. Con los datos obtenidos se busca establecer una guía técnica de cálculo de movimiento de tierra de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

3.4.- Población y Muestra.

3.4.1. Población

La población según Arias (2012) "Es el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio" (p. 81), Es decir, se utilizará un conjunto de personas con características comunes que serán objeto de estudio. La población manejada en la presente investigación está constituida por estudiantes de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

3.4.2. Muestra

Se considera como muestra al "Subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible" (Arias, 2012, p. 83), Es decir, representa una parte de la población objeto de estudio. De allí es importante asegurarse que los elementos de la muestra sean lo suficientemente representativos de la población permitiendo hacer generalizaciones. Para esta investigación se consideró que la muestra son estudiantes de ingeniería civil, cursantes de octavo semestre en adelante, de igual manera los estudiantes recientemente egresados (Promoción XXVII, Promoción XXVIII, Promoción XXIX) de dicha carrera de la Universidad José Antonio Páez.

3.5.- Técnica e instrumentación de recolección de datos

Sabino C (2004), define los datos como "cada uno de los elementos de información que se recoge durante el desarrollo de una investigación y sobre la base de los cuales, convenientemente sintetizados, podrán extraerse conclusiones de relevancia en relación al problema inicial planteado". (p. 82). Con la finalidad de recolectar datos se dispondrá de técnicas, tanto cuantitativas como cualitativas. Para Hernández, Fernández y Baptista (2006), el proceso de recolección de información:

“Es la etapa que consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las variables involucradas en la investigación” (p. 234).

En este trabajo de grado se utilizarán las siguientes técnicas de recolección de datos: revisión bibliográfica, revisión documental, además de encuestas dicotómicas y análisis de matriz FODA.

3.5.1.- Revisión Documental

Arias (2012), lo define como “Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. Por medio de la recopilación documental se obtendrá información de datos a partir de documentos escritos o no escritos propios de la empresa, que contienen información que puede ser utilizada dentro de la investigación.

3.5.2.- Revisión Bibliográfica

Gálvez A (2002), la define como “Un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea esta clínica, docente, investigadora o de gestión.” Mediante esta técnica se elaborará una base y teórica a cada una de las herramientas utilizadas en los objetivos, se revisarán trabajos de grado con problemáticas similares, así como también libros y páginas electrónicas

3.5.3.- Encuesta

La Encuesta es definida por Arias (2012) como “Una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular”. Continuando con la idea expresada anteriormente, la encuesta no es más que un instrumento conformado por una serie de preguntas con secuencia lógica la cual tiene como finalidad obtener información valiosa acerca de algún tema en específico.

3.5.4.-Matriz FODA

Análisis que se realiza para ver la factibilidad de la investigación. En ella se trabajan cuatro aspectos internos y externos para su desarrollo, las cuales son: Fortaleza, Oportunidad, Debilidad y Amenazas.

3.6.- Instrumento de Recolección de Datos

Según Arias (2012), “Señala que los instrumentos son las herramientas que se utilizan para la recolección, almacenamiento y procesamiento de la información recogida” (p. 44). Así mismo Tamayo y Tamayo (2003) definen que: “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 69). Los instrumentos giran en torno a las técnicas que los investigadores han de seleccionar para su investigación.

Cabe destacar que dentro de los instrumentos se encuentra el cuestionario, en el cual es posible utilizar una serie de preguntas de diferentes tipos, en este caso se planificó realizar una serie de preguntas dicotómicas y de selección simple, las cuales son definidas por Arias (2012) de la forma siguiente: “Son aquellas que establecen previamente las opciones de respuesta que puede elegir el encuestado. Éstas se clasifican en: dicotómicas: cuando se ofrecen sólo dos opciones de respuesta; y de selección simple, cuando se ofrecen varias opciones, pero se escoge sólo una”. (p. 75). Tomando en cuenta todos estos aspectos mencionados, será diseñada una encuesta tipo cuestionario dicotómico con una secuencia y sentido lógico orientadas a resaltar aspectos relevantes apreciados por la población estudiada, con el fin de dar al investigador evidencia palpable y confiable de las dificultades existentes dentro de los procesos del objeto de estudio.

En el presente trabajo de grado se realizó el desarrollo de una matriz FODA para así evaluar la factibilidad del proyecto.

3.7.- Validación del instrumento

Según Arias (2012), la validación se utiliza para “Comprobar si el instrumento mide lo que se pretende medir, además de cotejar su pertinencia o correspondencia

con los objetivos específicos y variables de la investigación.” Este procedimiento fue realizado a través del juicio de expertos relacionados a la materia, en este caso, estructuras.

3.8.- Fases metodológicas

Esta investigación se desarrolló en cuatro fases que consisten en:

Fase I: “Diagnosticar la situación en la que se desarrollan los contenidos de la asignatura de Construcciones Viales en la Escuela de Ingeniería Civil en la Universidad José Antonio Páez, en la actualidad.”

- Se aplicó una encuesta a estudiantes egresados de la Universidad José Antonio Páez y a estudiantes que ya cursaron la asignatura de Construcciones Viales.
- Se analizó cada respuesta obtenida por parte de los estudiantes y egresados, para así recaudar información necesaria con respecto a la situación actual en la asignatura de Construcciones Viales.
- Se recaudó información sobre cálculo de movimiento de tierra y selección de equipos a través de libros textuales.

Fase II: “Analizar métodos para el Cálculo de Movimiento de Tierra y selección de equipos”.

- Se analizaron los métodos para realizar el cálculo de movimiento de tierra y selección de equipos.
- Se revisó el contenido programático de la asignatura de Construcciones Viales, en base al pensum de la facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad José Antonio Páez

Fase III: “Diseñar ejercicios para el Cálculo de Movimientos de Tierra y Selección de equipos aplicando en casos específicos el uso de herramientas digitales en el marco de la sostenibilidad”.

- Se procedió a diseñar ejercicios utilizando los métodos para el cálculo de movimiento de tierra a través de herramientas digitales, en este caso se programaron hojas de cálculo en la aplicación Excel
- Se diseñó ejercicios de rendimiento de maquinaria de manera manual

Fase IV: “Elaborar una guía técnica de la asignatura Construcciones Viales para el Cálculo de Movimiento de Tierra de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez”.

- Se organizó la información obtenida para el cálculo de movimiento de tierra para así facilitar el conocimiento a los estudiantes.
- Se presentó una redacción, de manera digital, de una guía técnica con los temas ya analizados de la asignatura de Construcciones Viales y con la demostración del uso de las herramientas digitales en los casos que se puedan presentar.
- Se realizó un análisis a través de una matriz FODA para evaluar la factibilidad de la guía técnica para la asignatura de Construcciones Viales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Fase I: “Diagnosticar la situación en la que se desarrollan los contenidos de la asignatura de Construcciones Viales en la Escuela de Ingeniería Civil en la Universidad José Antonio Páez, en la actualidad.”

En la fase I se realizó una encuesta para poder diagnosticar cual es la situación que se presenta en la asignatura de Construcciones Viales. Así como ver cuáles son las debilidades que pueden presentar los alumnos a la hora de cursar la asignatura. La encuesta fue realizada por la herramienta de Google Forms y participaron 32 estudiantes, entre estudiantes egresados y estudiantes que aún se encuentran en la casa de estudio pero que ya cursaron la asignatura. La encuesta fue conformada por las siguientes preguntas:

Ítem #1: ¿Es estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez (UJAP)?

Tabla N°1: Resultados

I	3	O	
---	---	---	--

Fuente: López, D. (2020)



Figura 32: Ítem N°1.

Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a lo observado el 74% son estudiantes actuales de la Universidad José Antonio Páez, el 26% son estudiantes ya egresados de la Universidad José Antonio Páez. Lo cual equivale a 9 estudiantes de 32 que respondieron la pregunta

Ítem #2: ¿Ha cursado la asignatura de construcciones viales?

I	2	O	
---	---	---	--

Tabla N°2: Resultado

Fuente: López, D. (2020)



Figura 33: Ítem N°2.

Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a lo observado, el resultado fue que el 100% de los estudiantes a los cuales se les aplicó la encuesta, fueron estudiantes que ya habían cursado la asignatura de construcciones viales

Ítem #3: ¿Considera usted que aprobó satisfactoriamente la asignatura de Construcciones Viales?

Tabla N°3: Resultados

I	2	O	0
---	---	---	---

Fuente: López, D. (2020)



Figura 34: Ítem N°3.
Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a lo observado en la pregunta número 3, el 65% no considera que aprobaron de manera satisfactoria la asignatura de construcciones viales. El porcentaje restante considera que si

Ítem #4: ¿Considera el uso de una guía técnica, mediante herramientas digitales, para la asignatura de Construcciones Viales?

Tabla N°4: Resultados

I	2	O	
---	---	---	--

Fuente: López, D. (2020)



Figura 35: Ítem N°4.
Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a lo observado en la pregunta, el 100% de los estudiantes que realizaron la encuesta se encuentran de acuerdo con la realización de una guía técnica para la asignatura de construcciones viales la cual sea utilizada a través de alguna herramienta digital.

Ítem #5: En consecuencia a la pregunta anterior. ¿Desearía que la guía técnica posea ejercicios explicativos?

Tabla N°5: Resultados

I	2	O	
---	---	---	--

Fuente: López, D. (2020)



Figura 36: Ítem N°5.
Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a la respuesta por parte de los individuos que realizaron la encuesta, el 100% se encontró de acuerdo con que la guía posea ejercicios explicativos en relación a la asignatura de construcciones viales.

Ítem #6: ¿Considera que el uso de la guía técnica pueda ayudar al aprendizaje y entendimiento de los futuros estudiantes?

Tabla N°6: Resultados

I	2	O	
---	---	---	--

Fuente: López, D. (2020)



Figura 37: Ítem N°6.
Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo al resultado obtenido, se puede ver que el 100% de los participantes consideran que la guía técnica pueda ser de un apoyo bastante grande a

la hora en el que los futuros estudiantes puedan comprender la asignatura de construcciones viales

Item #7: ¿Utilizaría dicho material de apoyo en caso de necesitarlo, siendo ya egresado de la Universidad José Antonio Páez?

Tabla N° 7: Resultados

I	2	O	
---	---	---	--

Fuente: López, D. (2020)

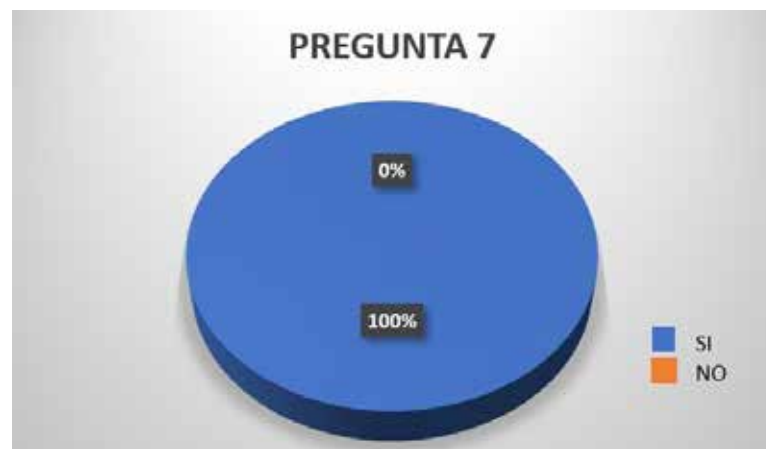


Figura 38: Ítem N°7.

Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuestionario, se notó que el 100% de los estudiantes que realizaron la encuesta, utilizaran la guía como un material de apoyo para futuros proyectos en el ámbito profesional

En las siguientes preguntas se tomó una escala del 1 al 10 para el análisis de las mismas. En donde uno (1) fue tomado como muy bajo rendimiento y diez (10) fue tomado como excelente rendimiento

Item #8: ¿Usted cree que hubo comprensibilidad pedagógica de parte del profesor durante el período lectivo de clases en donde cursó la asignatura?

Tabla N°8: Resultados

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
-	-	-	-	5	-	7	15	-	5

Fuente: López, D. (2020)



Figura 39: Ítem N°8.

Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que 17 participantes de 32 consideran que existe comprensibilidad pedagógica de parte del profesor cuyo rendimiento es muy elevado, es decir, son de fácil entendimiento para los estudiantes los temas explicados en clases

Ítem #9: ¿Cómo considera que fue su rendimiento en la Unidad I: Movimiento de Tierra en la asignatura de Construcciones Viales?

Tabla N°9: Resultados

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

-	13	6	-	8	5	-	-	-	-
---	----	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: López, D. (2020)



Figura 40: Item N°9.

Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos, 19 personas de 32, consideran que tuvieron un muy bajo rendimiento en la Unidad I: Movimiento de Tierra, 13 personas consideran que tuvieron un rendimiento medio.

Item #10: ¿Cómo estima su rendimiento en la Unidad II: Drenajes?

Tabla N°10: Resultados

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
-	-	-	-	5	7	8	12	-	-

Fuente: López, D. (2020)



Figura 41: Ítem 10.
Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos, 12 personas de 32 consideran que tuvieron un rendimiento relativamente alto en la Unidad II: Drenajes. Las otras 20 personas se dividen en grupos de 5,6 y 7 personas cuyas consideraciones son de que obtuvieron un rendimiento medio de dicha unidad mencionada.

Ítem #11: ¿Cómo estima su rendimiento en la Unidad III: Pavimentos?

Tabla N°11: Resultados

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
-	-	-	-	-	-	-	4	20	8

Fuente: López, D. (2020)



Figura 42: Ítem 11.
Fuente: López, D. (2020)

Análisis: De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede ver que el 65% considera que tuvo un muy buen rendimiento en la Unidad III: Pavimentos de la asignatura de Construcciones Viales. El 14% considera que tuvo un excelente rendimiento y el 21% considera que tuvo un buen rendimiento en dicha unidad.

Fase II: “Analizar métodos para el Cálculo de Movimiento de Tierra y selección de equipos”.

Los cálculos de movimiento de tierra están representados por diferentes etapas. Se tiene el cálculo de las áreas en secciones transversales, el cálculo de los volúmenes de las áreas, gráfico de diagrama de masas y, por último, la selección de maquinarias.

Cálculo de área en secciones transversales.

Método de figuras geométricas o método de triangulación.

El método de las figuras geométricas consiste en realizar triángulos dentro de la sección transversal, calcular el área de cada triángulo y luego hacer la sumatoria para así obtener el área total de la sección. Se debe de respetar el eje central conocido como “Center Line (CL)”. **(Ver figura 43)**

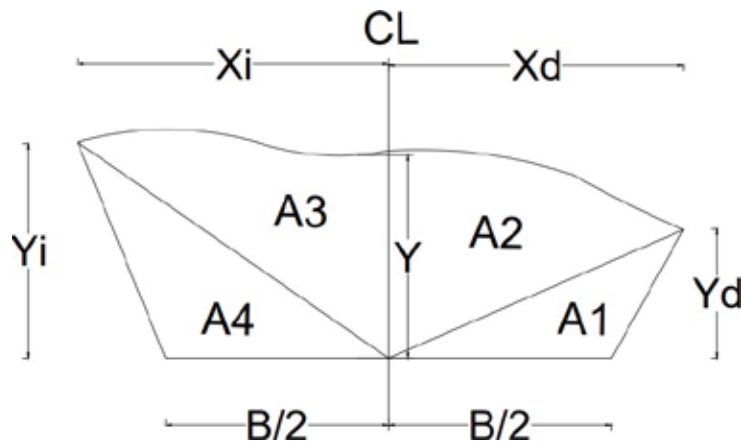


Figura 43: Sección homogénea simple en recta por método de las áreas.

Fuente: López, D. (2020)

En este caso se utiliza la Ecuación general de cálculo de área de un triángulo, la cual es la siguiente:

$$A = \frac{b}{2} \quad (33)$$

Ya que en la figura 43 se encuentran cuatro (4) triángulos en el interior de la sección transversal. Se procede a calcular las áreas de cada una. Quedaría de la siguiente manera:

$$A1 = \frac{(\frac{b}{2})Yd}{2} ; A2 = \frac{(Xd)Y}{2} ; A3 = \frac{(Xi)Y}{2} ; A4 = \frac{(\frac{B}{2})Yi}{2}$$

En donde se conoce que:

$B/2$ = Es la mitad de la base total de la sección transversal

Yd y Yi = Altura del chaflán derecho y altura del chaflán izquierdo

Xd y Xi : Distan en el eje X del chaflán derecho y chaflán izquierdo

El área total de la sección se calcula de la siguiente manera:

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad (34)$$

Realizando una reducción de la ecuación, queda de la siguiente manera:

$$A = \left(\frac{B}{2}\right) (Yd + Yi) + Y(Xd + Xi) \quad (35)$$

La ecuación anterior se obtiene de una reducción que se realiza de la sumatoria de todas las áreas. Como existen variables similares, se puede realizar este artificio matemático.

“Diseño Geométrico de Carreteras – Cárdenas, J”, muestra que se pueden realizar otras figuras geométricas dentro de la sección, como trapecios o rectángulos. Esto se puede realizar cuando nos encontramos con una sección homogénea pero que presenta cierta irregularidad. En estos casos se calcula el área de ese espacio irregular para así restarlo con las áreas de las figuras que se encuentran internamente en la sección transversal. **(Ver figura 43)**

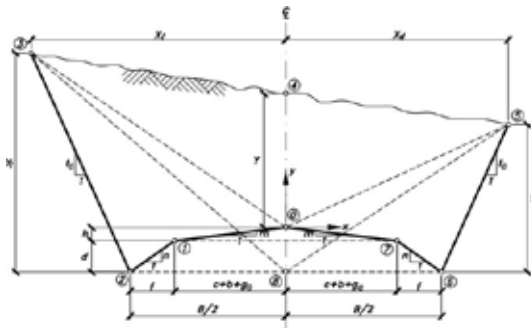


Figura 44: Área sección homogénea simple en recta, por método de figuras geométricas y método de coordenadas de vértices.

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Como se puede observar en la figura 43, existe un espacio vacío en los vértices 1, 2, 6 y 7. En este espacio se debe de calcular el área de esa sección, para ser restado

con las áreas de la parte interna de la figura y así obtener el área total de la sección. Por lo tanto, la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$A = \text{Triángulo 865} + \text{triángulo 823} + \text{triángulo 803} + \text{triángulo 045} \\ + \text{triángulo 043} \quad \text{triángulo 107} \quad \text{trapecio 1762}$$

Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras

En la ecuación se puede ver como el área del triángulo 107 y el área del trapecio 1762, se restan a la ecuación general de la sumatoria de todas las áreas. Esto sucede ya que la sección presenta cierta irregularidad y se necesita conocer con exactitud el área total, pero sin tomar en cuenta ese espacio vacío.

El método de las figuras geométricas o método de triangulación es utilizado para secciones homogéneas simples, secciones mixtas simples en recta y secciones homogéneas simples en curva. En todos los casos se realiza de la misma manera como fue mencionado.

Método de las coordenadas

El método de las coordenadas consiste en utilizar un sistema de coordenadas X y Y, de origen de la cota del CL o eje de la vía. A partir de ese eje se obtienen las coordenadas respectivas de los vértices de la sección transversal.

En una sección transversal, el método de las coordenadas se representa de la siguiente manera:

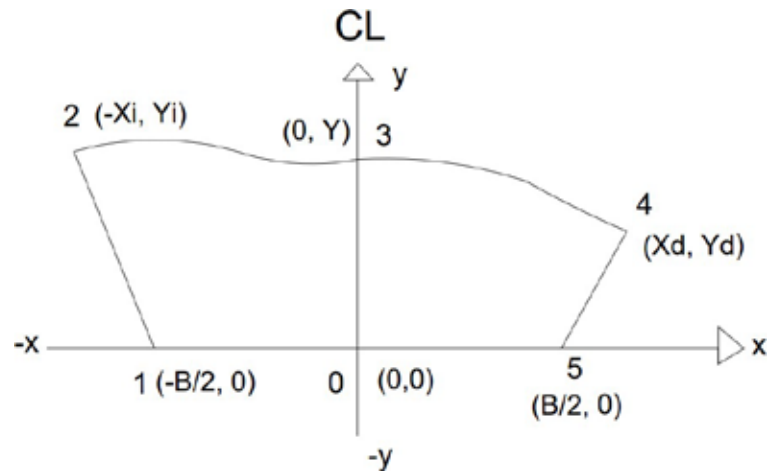


Figura 45: Sección Homogénea por método de coordenadas.
Fuente: López D. (2020).

Como se puede apreciar en la figura 45, cada vértice corresponde a un punto de la sección transversal, en donde, los puntos serán plasmados en una tabla para así poder realizar una multiplicación algebraicamente de manera diagonal.

Tabla 12: Método de las coordenadas

VÉRTICES	COORDENADAS	
	Y	X
1	0	-B/2
2	Yi	-Xi
3	Y	0
4	Yd	Xd
5	0	B/2
6	0	-B/2
1	0	-B/2

Fuente: López, D. (2020)

La ecuación resultante queda de la siguiente manera:

En la figura 46 se puede apreciar una distancia existente luego del eje que indica el center line. Esta distancia indica que forma parte de la sección que requiere corte, por lo tanto, se toma en cuenta el vértice correspondiente al momento de crear la tabla para determinar el área del corte y el área de terraplén.

Como la distancia entre el punto cero (0) y el vértice cuatro (4), como se puede ver en la figura 45, la distancia al formar parte de la sección de corte, la base del chaflán derecho no sería determinada de la misma tal como se realizó en los casos anteriores, aquí presentaría una variación ya que la base del chaflán derecho, sería la base de la sección de terraplén solamente. Esta distancia entre el origen de los ejes y a donde corta la sección del corte, se denomina X_{od} . Se denomina de esta manera porque la distancia se encuentra en el eje X y en el chaflán derecho.

Los vértices quedan representados de la siguiente manera-. (Ver Tabla 13).

Tabla 13: Cálculo de área por método de coordenadas en secciones mixtas.

		COORDENADAS	
	VÉRTICES	Y	X
CORTE	1	0	$-B/2$
	2	Y_i	$-X_i$
	3	Y	0
	4	0	X_{od}
	1	0	$-B/2$
TERRAPLÉN	4	0	X_{od}
	5	0	$B/2$
	6	$-Y_d$	X_d
	4	0	X_{od}

Fuente: López D. (2020).

En secciones mixtas, se realiza el mismo procedimiento para conseguir el área de la sección. En este caso existen dos áreas ya que una corresponde al área de corte

de la sección transversal y al área de terraplén. Queda expresada de la siguiente manera:

$$Ac = ((0 \quad Xi) + (Yi \quad 0) + (Y \quad Xod) + (0 \quad \frac{B}{2})) \quad \frac{B}{2} \quad Yi) + \\ (\quad Xi \quad Y) + (\quad 0) + (Xod \quad 0)) \quad (38)$$

Reducida la expresión, sería:

$$Ac = \frac{1}{2} [(Y(Xod + Xi) + \frac{B}{2} Yi)] \quad (39)$$

Para cálculo de terraplén, la ecuación de cálculo de área queda de la siguiente manera:

$$At = ((0 \quad \frac{B}{2}) + (0 \quad Xd) + (\quad Y \quad Xod)) \quad ((Xod \quad 0) + (\frac{B}{2} \quad Yd) + (Xd \quad 0)) \\ (40)$$

La fórmula reducida quedaría expresada de la siguiente manera:

$$At = 1/2(Yd (\frac{B}{2} \quad Xod)) \quad (41)$$

En los dos ejemplos anteriores se puede ver como varía la ecuación en consecuencia a la sección transversal que esté presente. El método de las coordenadas puede ser utilizado para secciones transversales homogéneas, secciones transversales mixtas y secciones transversales homogéneas en curva.

Método por cartera de Chaflanes.

El método por cartera de chaflanes, también conocido como regla de cruces, consiste en que se debe de agregar un 0 en el centro del quebrado y se debe de

adicionar quebradas a los lados de este. El cero quedaría como numerador y la mitad de la banca quedaría como denominador. En el método chaflanes es importante tomar en cuenta todos los puntos de la sección transversal para así saber desde qué punto se va a realizar corte y en cual se realizará relleno.

Utilizando el mismo ejemplo de la figura 45, la distribución de los vértices quedaría plasmada de la siguiente manera:

Tabla 11: Método cartera de chaflanes

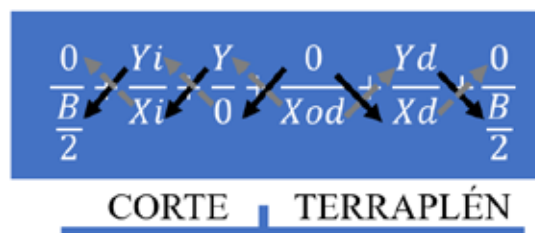
IZQUIERDA	CENTRO		DERECHO
$\frac{Y_i}{X_i}$	$\frac{Y}{\text{ABSCISA}}$	$\frac{00}{X_{od}}$	$\frac{Y_d}{X_d}$

Fuente: López D. (2020).

En este caso, siguiendo los vértices de la sección transversal, se puede ver en el cuadro el chaflán izquierdo, centro y el chaflán derecho. La fracción que se muestra que tiene numerador cero (0) y denominador 'Xod', es la representación del punto en el cual el corte de la sección finaliza, más allá del eje del center line.

El método de cartera de chaflanes se realiza multiplicando los elementos en cruz, es de manera muy similar al método de coordenadas. En este caso se inicia desde el centro de la sección, en el sentido de derecha a izquierda, se multiplican en positivo, y en sentido de izquierda a derecha, se multiplican en sentido negativo. Tal como se muestra a continuación:

Tabla 2: Método de cartera de chaflanes



Fuente: López D. (2020).

Con la representación mostrada, la fórmula para cálculo de área de corte y área de terraplén quedaría expresada de la siguiente manera:

Área de corte

$$Ac = \frac{1}{2} ((Y - Xi) + (Yi - \frac{B}{2}) + (Y - Xod)) ((0 - Yi) + (Xi - 0) + (0 - 0)) \quad (42)$$

En donde como resultado final tenemos:

$$Ac = \frac{1}{2} (Y(Xi + Xod) + (\frac{B}{2} - Yi)) \quad (43)$$

Área de Terraplén

$$At = \frac{1}{2} ((0 - Xd) + (Yd - \frac{B}{2})) ((Xod - Yd) + (Xd - 0)) \quad (44)$$

Reduciendo la formula, obtenemos:

$$At = (Yd (\frac{B}{2} - Xod)) \quad (45)$$

Para conseguir el área de las secciones mixtas en curvas, se realiza a través del método por cartera de chaflanes ya que en la sección transversal se tiene una variación de altura a lo largo de la misma. En estos casos la sección presenta muchas irregularidades en el terreno y es por ello que lo más conveniente es conseguir las áreas a través del método por cartera de chaflanes.

Cálculo de Volumen

Prismoide

Un prismoide es conocido como un volumen irregular limitado por dos caras planas y paralelas correspondientes a las secciones transversales y lateralmente por los planos de los taludes, el plano de la banca y la superficie natural del terreno. El volumen de un prismoide se calcula estableciendo relación entre la suma de las áreas de las bases y la distancia entre las mismas.

En cada segmento de la sección transversal se debe de calcular el volumen para así, obtener el volumen total del segmento. Dependiendo de la sección que se encuentre, se puede saber si nos encontramos con un prismoide o no.

El prismoide trabaja en función de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{L}{6} (A1 + A2 + 4Am) ; Am = \frac{A1+A2}{2}$$

Dónde:

V=Volumen del prismoide.

A1= Área de sección transversal inicial.

A2= Área de sección transversal final.

L= Longitud entre secciones.

Am= Área media entre las secciones.

El prismoide se representa de la siguiente manera:

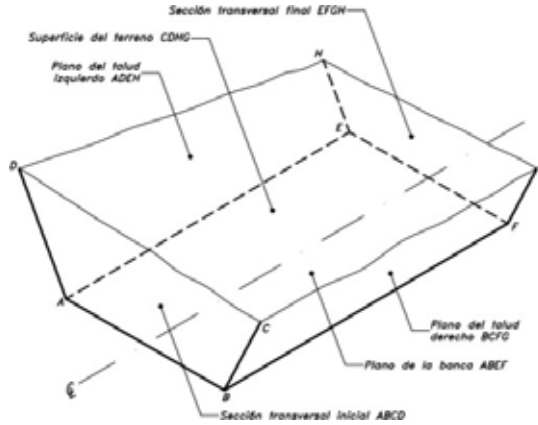


Figura 47: Representación de prismoide en carretera.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Tronco de piramoide y piramoide

El tronco de piramoide y piramoide es la deformación existente del prismoide. El cálculo de estos dos elementos varía dependiendo de la sección transversal con la cual se esté trabajando. Antes del cálculo de volumen, se deben de calcular en base al resultado que dieron las áreas. En secciones mixta se trabaja con este método por las irregularidades que puede llegar a presentar el terreno.

La fórmula de tronco de piramoide y piramoide, se expresa de la siguiente manera:

$$V = \frac{L}{3} (A1 + A2 + \sqrt{A1 \cdot A2}) ; V = A \frac{L}{3} \quad (46)$$

Los cálculos de volumen varían dependiendo de las áreas transversales con la cual se esté trabajando. En ocasiones existen casos en donde se deben de pasar de secciones mixta a secciones homogéneas.

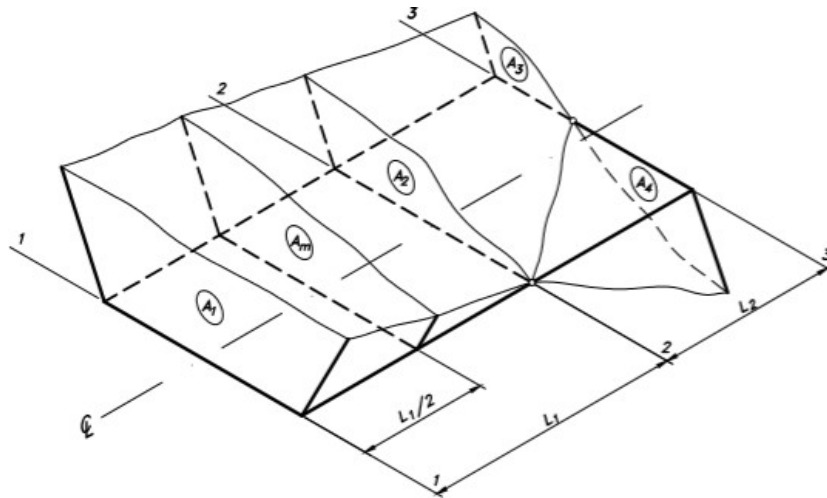


Figura 48: Prismoide, Tronco de Piramoide y Piramoide.
Fuente: James Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras.

Diagrama de masas

El diagrama de masas es la representación gráfica del volumen de tierra a mover y de las distancias a que hay que transportarlo, en un tramo determinado de la carretera en construcción. Si en un tramo entre dos secciones transversales existen corte y a la misma vez existe relleno, se toma en muy consideración la parte económica ya que, si no existe una compensación total, puede sobrar corte o puede faltar material para el relleno, en estos casos se debe de llevar el sobrante del corte al tramo siguiente o al tramo anterior para así aprovechar al máximo el restante para ser aplicado en un tramo de relleno al cual le haga falta.

Al momento de realizar el gráfico de diagrama de masas, se deben de realizar sumas algebraicas de los volúmenes modificados con los volúmenes de corte modificados. Se debe de escoger el sistema de ejes cartesianos, en donde las abscisas tienen las progresivas y en las ordenadas se encuentran los volúmenes acumulados correspondientes a cada progresiva.

Selección de equipos

Cuando se va a realizar la selección de equipos, la importancia es la distancia de acarreo, el costo y el tiempo. Se debe determinar cuánto puede producir una maquinaria por el tiempo de trabajo que conlleve. Uno de los factores más importantes en las obras de construcción civil es reducir costos, es por ello que, a la hora de escoger una maquinaria, la misma debe ser económica, pero debe tener un rendimiento en el trabajo del tiempo estimado a la cual se seleccionó.

FASE III: “Diseñar ejercicios para el Cálculo de Movimientos de Tierra y Selección de equipos aplicando en casos específicos el uso de herramientas digitales en el marco de la sostenibilidad”

Se procedió a diseñar ejercicios aplicados a situaciones de Ingeniería Civil, resueltos mediante una herramienta digital. En este caso se diseñaron y se programaron tablas en la aplicación Excel para lograr realizar el cálculo de los diferentes métodos y procesos que llevan el Cálculo de movimiento de tierra, las cuales pueden servir como apoyo para la comprensión de la asignatura de Construcciones Viales de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez (UJAP).

En la tabla de Excel se puede ver que hay dos pestañas las cuales indican el cálculo de área y el cálculo de volumen

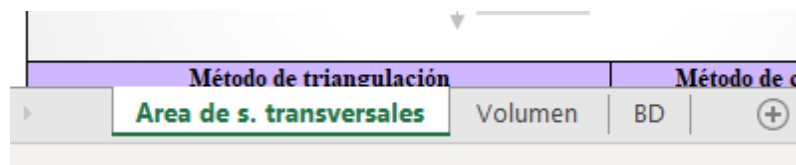


Figura 49: Programa en Excel.
Fuente: López D. (2020).

Se procede a colocar los datos en la tabla bien sea una sección homogénea en recta, sección mixta en recta o secciones en curva, así como de igual manera se despliega una lista de los tipos de secciones

únicos datos que se deben de eliminar son los existentes en las celdas "C", "D", "E" y "F".

CALCULO DE VOLUMEN													
SECCION	CORTA	TERRAPLEN	PROGRESIVA	AREA		LONGITUD	VOLUMEN				DIFERENCIA DE VOLUMEN	ORDENADA DE MASAS	
				CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	TERRAPLEN	TERRAPLEN	TERRAPLEN		
			C	0.15.00	70.05	0							
TRONCO DE PERAÑODE	PERAÑODE		C	0.15.00	70.05	0	5	141.69	39.13	191.28	53.97	137.31	137.31
			CR	0.20.00	6.23	23.48							
TRONCO DE PERAÑODE	PERAÑODE		CR	0.20.00	6.23	23.48	10	196.76	78.27	265.03	107.96	157.67	294.98
			C	0.30.00	45.6	0							
TRONCO DE PERAÑODE	PERAÑODE		C	0.30.00	45.6	0	10	356.76	28.53	411.63	39.35	442.28	737.26
			CR	0.40.00	51.57	8.56							

Figura 52: Cálculo de volumen en secciones transversales.
Fuente: López D. (2020).

Se selecciona el material de trabajo. En la esquina superior derecha se despliega una lista con los diferentes tipos de material, al hacer "click" los factores de corte y abundamiento son modificados automáticamente

CALCULO DE VOLUMEN													
SECCION	CORTA	TERRAPLEN	PROGRESIVA	AREA		LONGITUD	VOLUMEN				DIFERENCIA DE VOLUMEN	ORDENADA DE MASAS	
				CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	TERRAPLEN	TERRAPLEN	TERRAPLEN		
			C	0.15.00	70.05	0							
TRONCO DE PERAÑODE	PERAÑODE		C	0.15.00	70.05	0	5	141.69	39.13	191.28	53.97	137.31	137.31
			CR	0.20.00	6.23	23.48							
TRONCO DE PERAÑODE	PERAÑODE		CR	0.20.00	6.23	23.48	10	196.76	78.27	265.03	107.96	157.67	294.98
			C	0.30.00	45.6	0							
TRONCO DE PERAÑODE	PERAÑODE		C	0.30.00	45.6	0	10	356.76	28.53	411.63	39.35	442.28	737.26
			CR	0.40.00	51.57	8.56							

Figura 53: Factor de abundamiento y factor de reducción.
Fuente: López D. (2020).

Por último, el programa automáticamente calcula los totales de los volúmenes de corte y terraplen. Estos valores son expresados a través del diagrama de masas

VOLUMEN TOTAL			
CALCULADO		AJUSTADO	
CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN
695.21	145.93	938.54	201.28

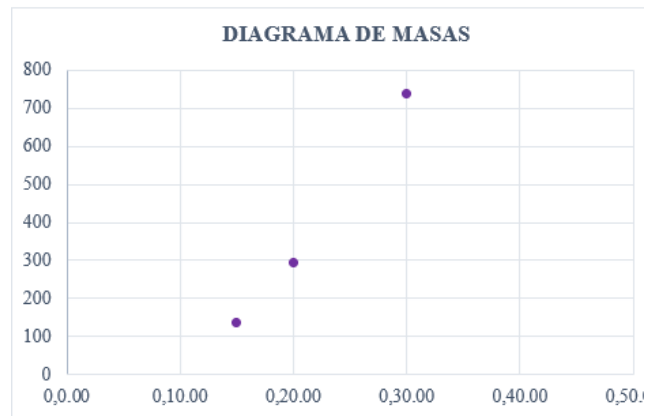


Figura 54: Diagrama de masas.
Fuente: López D. (2020).

En el caso de selección de maquinaria, el enfoque principal fue el cálculo de rendimiento en maquinaria.

El rendimiento de maquinaria es importante en una obra de construcción ya que en esta etapa se evalúan costos y tiempos de las herramientas a utilizar. En este caso se diseñó un ejercicio en el que se cumplen todos los pasos a seguir para conocer los factores, elementos y el cálculo adecuado del peso que puede soportar la maquinaria.

Cuando se quiere calcular el rendimiento de maquinaria se deben de tomar en cuenta si se está trabajando con una draga o con pala. De esta manera, los procedimientos serían similares pero con datos diferentes, es decir, se debe emplear unas tablas que pueden ayudar a deducir los rendimientos ideales y los rangos de trabajo para contra peso. Se deben de realizar ciertos pasos para cumplir con el cálculo de rendimiento de maquinaria

La selección de maquinaria queda a criterio del ingeniero encargado. En base a los cálculos obtenidos y la forma en la que esté planteada la obra, el decide cuál

maquinaria puede ser la apta para utilizar en obra, una que pueda reducir tiempo y dinero.

EJERCICIO

“Seleccionar una draga de arrastre para efectuar la excavación, en arcilla dura de una zanja de sección trapecial de 6m de planta y 12m en su parte superior con una profundidad de 3m y de 4km de largo. El material que se excave se colocará como desperdicio, a un lado y a lo largo de la zanja dejando una berma de 6m entre la orilla de la excavación y la parte del material depositado como desperdicio, el cual tendrá un talud 1:1 en ambos lados. El peso volumétrico del material es de 1290kg/m^3 , el trabajo debe terminarse en 12 semanas de 8 días cada una de 12 horas cada uno. Se supondrá que perderá el 10% del tiempo por malas condiciones climáticas, las condiciones de la obra y la administración son buenas, suponga un ángulo de oscilación de 150° ”

Para resolver el ejercicio planteado se usaron las siguientes ecuaciones

-Tiempo de trabajo

$$Tt = \#Semanas \ #Dias \ oras \quad (47)$$

-Tiempo perdido en obras

$$Tp = \frac{Tt \ #Semanas}{100} \quad (48)$$

-Tiempo real de trabajo

$$Tr = Tt - Tp \quad (49)$$

-Área de sección transversal

$$A = \frac{(Bm+Bm)}{2} \quad (50)$$

-Volumen del banco

$$V = A \cdot L \quad (51)$$

-Rendimiento Requerido

$$Rr = \frac{V}{Tr} \quad (52)$$

-Chequeo de condiciones de obra y administración

<i>Condiciones de obra</i>	<i>Condiciones de administración</i>			
	<i>Excelentes</i>	<i>Buenas</i>	<i>Medianas</i>	<i>Malas</i>
Excelentes	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.78	0.75	0.71	0.65
Medianas	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.63	0.61	0.57	0.52

Figura 55: Condiciones de administración.

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz.

-Rendimiento Afectado

$$Ra = \frac{Rr}{F} \quad (53)$$

-Chequeo de rendimiento

CLASE DE MATERIAL	TAMAÑOS DEL BALDE EN METROS CÚBICOS Y YARDAS CÚBICAS, RESPECTIVAMENTE								
	0.287 3/8	0.328 1/2	0.573 %	0.765 1.0	0.956 1-1/4	1.147 1-1/2	1.338 1-3/4	1.530 2.0	1.912 2-1/2
ARCILLA ARENOSA LIGERA	54 70 1.55	73 95 1.67	99 130 1.83	122 160 2.0	149 195 2.14	168 220 2.25	187 145 2.32	203 265 2.44	233 305 2.58
ARENA Y GRAVA	50 65 1.55	69 90 1.67	96 125 1.83	119 155 2.0	142 185 2.14	161 210 2.25	180 135 2.32	195 255 2.44	226 295 2.58
TIERRA BLANDA COMÚ	42 55 1.83	57 75 2.05	80 105 2.25	103 135 2.44	126 165 2.58	145 190 2.74	161 210 2.85	176 230 2.99	203 265 3.25
ARCILLA DURA Y GRUESA	27 35 2.23	42 55 2.44	69 90 2.65	84 110 2.84	103 135 3.05	122 160 3.25	198 180 3.45	149 195 3.60	176 230 3.75
ARCILLA HÚMEDA Y PEGAJOSA	15 20 2.23	223 30 2.44	42 55 2.65	57 75 2.84	79 95 3.05	84 110 3.25	99 130 3.45	111 145 3.60	134 175 3.75

Figura 56: Tamaños de baldes.
Fuente: López, D. (2020)

-Porcentaje de corte

$$\%de\ corte = \frac{c}{m} \cdot 100 \quad (54)$$

-Porcentaje de profundidad Óptima

PORCENTAJE DE PROFUNDIDAD ÓPTIMA	ÁNGULO DE OSCILACIÓN							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1.05	0.99	0.94	0.90	0.97	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.80	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.19	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.98	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.10	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.05	0.98	0.94	0.90	0.82	0.76	0.71
200	1.10	1.00	0.94	0.90	0.97	0.79	0.73	0.69

Figura 57: Angulo de oscilación.
Fuente: López, D. (2020)

-Rendimiento Ideal

$$Ri = \frac{Ra}{F} \quad (55)$$

NOTA: DEBE CUMPLIR EL RENDIMIENTO IDEAL CON RESPECTO AL PASO ANTERIOR. EN CASO DE NO SER ASÍ, SE DEBE ESCOGER OTRO VOLUMEN.

-Cálculo de volumen real

$$Vr = Rr \quad 1.30 \quad (56)$$

-Dimensiones de altura y base

$$V = \frac{\pi r^2}{3} \quad ; \quad = \sqrt[3]{\frac{3V}{\pi}}$$

-Determinar espacio total

$$Et = Canala + Berma + Centro de Banca \quad (57)$$

-Rangos de trabajo para dragas

RANGOS DE TRABAJO DE DRAGAS CON CONTRAPESO MÁXIMO						
Longitud de la pluma, igual a 15m	-	-	-	-	-	-
Capacidad en kg	5455	5455	5455	5455	5455	5455
K, ángulo de la pluma, grados	20	25	30	35	40	45
A, radio de descarga, metros	10.80	15.20	15.20	13.70	13.70	12.20
B, Altura de descarga, metros	3.05	4.25	5.50	6.70	7.90	8.20
C, prof. Max. De excavación, metros.	12.70	11.00	9.75	8.55	7.90	6.10
Longitud de la pluma, igual a 18m	-	-	-	-	-	-
Capacidad en kg	4750	5000	5550	5455	5455	5455
K, ángulo de la pluma, grados	20	25	30	35	40	45
A, radio de descarga, metros	10.80	18.35	16.75	16.75	15.90	15.25
B, Altura de descarga, metros	3.95	5.50	6.70	7.95	9.10	10.70
C, prof. Max. De excavación, metros	12.20	11.00	9.75	8.55	7.90	6.10
Longitud de la pluma, igual a 11.30m	-	-	-	-	-	-
Capacidad en kg	3620	3850	4160	4550	5000	5350
K, ángulo de la pluma, grados	20	25	30	35	40	45
A, radio de descarga, metros	22.80	22.30	21.30	19.80	18.30	16.75
B, Altura de descarga, metros	5.50	7.00	8.55	9.75	11.30	12.80
C, prof. Max. De excavación, metros	12.70	11.00	9.75	8.55	7.90	6.10
Longitud de la pluma, igual a 14.60m	-	-	-	-	-	-
Capacidad en kg	2730	3040	3260	3590	3910	4440
K, ángulo de la pluma, grados	20	25	30	35	40	45
A, radio de descarga, metros	26.2	24.60	24.10	22.80	21.40	19.80
B, Altura de descarga, metros	6.71	8.25	10.10	11.90	12.80	14.30
C, prof. Max. De excavación, metros	12.20	11.00	9.75	8.55	7.90	6.10

Figura 58: Rangos de contra peso.
Fuente: López, D. (2020)

FASE IV: “Elaborar una guía técnica de la asignatura Construcciones Viales para el Cálculo de Movimiento de Tierra de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez”

Luego de determinar cuáles son los temas específicos que se dictan en la Unidad I de la asignatura de Construcciones viales, se procedió a realizar el diseño de una guía técnica en el marco de la sustentabilidad en donde se incluyeron los temas ya mencionados en el presente trabajo de grado y se incluyeron ejercicios resueltos mediante la herramienta digital Excel. La guía técnica está conformada por el prólogo, índice, contenido de cada uno de los temas de manera teórica y práctica; y bibliografía. Se puede ver en el apéndice A que será una guía técnica para la asignatura de construcciones viales de la escuela de ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez (UJAP).

Cuadro 1– Matriz FODA

FORTALEZAS	DEBILIDAD
<ul style="list-style-type: none"> - Ayuda a los estudiantes al desenvolvimiento de la asignatura - Es de fácil acceso. - El desarrollo de ejercicios se puede. realizar de manera más eficaz y rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> - A personas que no han visto materias previas de vialidad, se podrá dificultar el entendimiento. - Si no se cuenta con conexión a internet, será de manera mas engorrosa obtener la información.
OPORTUNIDAD	AMENAZA
<ul style="list-style-type: none"> - Podrá ser utilizado por personas ya egresadas de la Institución que tengan dudas con respecto al tema. - Enseñar a futuros estudiantes - Contribuir en el cuidado ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> - No se dé a conocer la Guía Técnica. - Los estudiantes puedan no comprender el contenido.

Fuente: López, D. (2020)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Luego de una extensa recopilación y análisis de datos en referencia al tema principal del presente trabajo de grado, en donde el fin era cooperar con el aprendizaje y entendimiento de la unidad de Movimiento de Tierra para los futuros estudiantes de la asignatura de Construcciones Viales, de la escuela de Ingeniería Civil y para los estudiantes egresados de la casa de estudio José Antonio Páez. Se puede concluir que

- La guía técnica de construcciones viales y el uso de las herramientas digitales pueden ser de gran apoyo para el desarrollo de la asignatura
- La Unidad que presenta mayor dificultad de entendimiento es la Unidad de Movimiento de Tierra
- El uso de la guía técnica puede reducir el impacto ambiental al ser una guía que se puede obtener de manera digital
- La guía técnica puede ser aplicada en situaciones de la ingeniería civil de la vida real

5.2 Recomendaciones

Con base a las conclusiones expresadas con anterioridad, se ha determinado una serie de recomendaciones:

- Recomendar la guía técnica y el programa desarrollado como bibliografía extra para la asignatura de construcciones viales en la unidad de movimiento de tierra para así ayudar con la comprensión y desarrollo de los estudiantes.
- Realizar el estudio de una guía técnica de las otras dos unidades de la asignatura como drenajes y pavimentos.
- Investigar que otras herramientas digitales se pueden utilizar para el desarrollo de la asignatura de Construcciones Viales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). **El proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología científica**. Edición N°6. Caracas: Editorial Episteme.
- Cárdenas, J. **Diseño Geométrico de Carreteras**. Edición N°2. Bogotá, Colombia
- Concepción, P. (2020). **Manual práctico para fundaciones y muros de la escuela de ingeniería civil de la Universidad José Antonio Páez**. Valencia, Venezuela
- Gravina y Rodón (2018). **Guía técnica de hidrología estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental**. Valencia, Venezuela
- Hernández, R; Fernández, C. y Baptista, P. (2006). **Metodología de la investigación**. Edición N°5 D.F, México
- Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador**. (2003). Caracas: UPEL
- Soto, J. (2016). **Software para el cálculo de volumen de movimiento de tierra y software para cálculo de pórticos de varios pisos por el método de G. KANI'S**. Guayaquil, Ecuador. [Documento en línea] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44421>
- Tamayo y Tamayo (2003). **El proceso de la investigación científica**. Edición N°4. Limusa, México. [Documento en línea] Disponible en: <https://es.slideshare.net/sarathrusta/el-proceso-de-investigacion-cientificamario-tamayo-y-tamayo1>
- Vela, C. (2018). **Guía técnica para el estudio y cálculo hidrológico de la escorrentía**. Valencia, Venezuela
- Villalaz, C. (2007). **Vías de Comunicación**. Edición N°4. Limusa, México
- UJAP. (2007). **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado**. Valencia, Venezuela.

ANEXO A

Instrumento a utilizar en la encuesta



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

CUESTIONARIO A ESTUDIANTES

El presente cuestionario tiene como propósito recabar información sobre la necesidad de una "GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA EL CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES", realizado por la bachiller, Daylibeth López, titular de la cédula de identidad N° 26.267.323.

No hace falta su identificación personal, sólo es de interés personal los datos que pueda aportar

Instrucciones

Lea cuidadosamente cada una de las proposiciones

Trate de no omitir ninguna respuesta

Responda abiertamente lo que considere más apropiado, según su criterio.

ENCUESTA CERRADA

PREGUNTAS	SI	NO							
1) ¿Es estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez?									
2) ¿Ha cursado la asignatura de Construcciones Viales?									
3) ¿Considera usted que aprobó de manera favorable la asignatura de Construcciones Viales?									
4) ¿Considera el uso de una guía técnica, mediante el uso de herramientas digitales, para la asignatura de Construcciones Viales?									
5) En consecuencia a la pregunta anterior. ¿Desearía que la guía técnica posea ejercicios explicativos?									
6) ¿Considera que el uso de la guía técnica pueda ayudar al aprendizaje y entendimiento de los futuros estudiantes?									
7) ¿Utilizaría dicho material de apoyo en caso de necesitarlo, siendo ya egresado de la universidad José Antonio Páez?									
A las siguientes preguntas, responda tomando como referencia la escala de donde 1 sería bajo rendimiento y 10 muy alto rendimiento.									
8) ¿Usted cree que hubo comprensibilidad pedagógica de parte del profesor durante el periodo lectivo de clases en donde cursó la asignatura?45									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

9)Cómo considera que fue su rendimiento en la Unidad I: Movimiento de Tierra de la asignatura de construcciones viales?									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10) ¿Cómo estima su rendimiento en la Unidad II: Drenajes?									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11) ¿Cómo estima su rendimiento en la Unidad III: Pavimentos?									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ANEXO B

Validación del instrumento



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, Septiembre 2020

CARTA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Profesora: Ing. Alicia de Pizzella

Por medio de la presente me dirijo a usted con el fin de solicitar la evaluación del instrumento que se aplicará para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES**. Realizada por Daylibeth Lopez, C.I. 26.267.323

En espera de su validación, o de su observación.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS - JUICIO DE EXPERTOS

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para la validación de distintas variables que conforman el instrumento de recolección de datos, el cual será aplicado para recabar información para la investigación titulada **GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES**. Realizada por Daylibeth Lopez, C. I. 26.267.323.

Instrucciones

Leer cuidadosamente cada recuadro, marque con una (X) la respuesta que considere para validar, de acuerdo a los aspectos a evaluar.

ITEM	1		2		3	
	si	No	si	no	si	no
Aspectos						
1-La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta		X			X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM		4		5		6	
Aspectos		si	No	si	No	si	no
1.La redacción del ítem es clara		X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna		X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta			X		X		X
4-El ítem mide lo que se pretende		x		x		x	
ÍTEM		7		8		9	
Aspectos		si	No	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara		X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna		X		X		X	
3- El ítem induce a la respuesta			X		x		x
4-El ítem mide lo que se pretende		X		X		X	

ÍTEM		10		11	
Aspectos		si	No	si	no
1.La redacción del ítem es clara		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna		X		X	
3- El ítem induce a la respuesta			X		x
4-El ítem mide lo que se pretende		X		X	

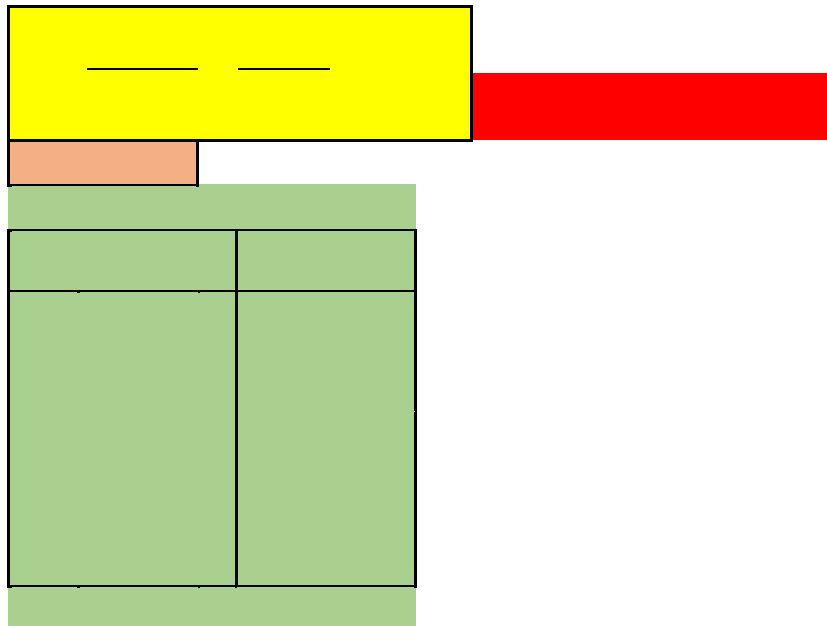
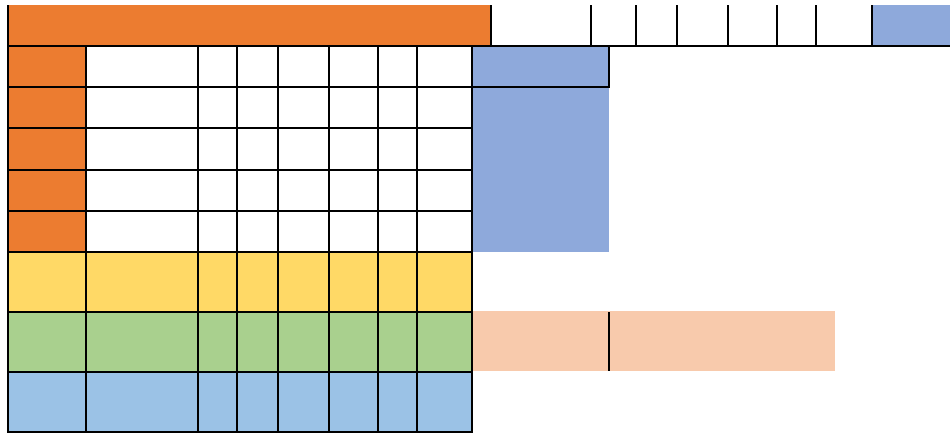
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO					
APLI CABLE	S I	NO APLICABLE		APLICABLE, CONSIDERANDO LAS OBSERVACIONES	

DATOS DEL EXPERTO	
Nombre y Apellido:	ALICIA DE PIZZELLA
Cédula de Identidad:	4598880
Correo Electrónico:	Alipiz54@gmail.com
Nivel Académico:	Ing. MECÁNICO MAGISTER ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS DOCTORANDO INNOVACIONES EDUCATIVAS
C.I.V	68397
C.E.I.D.E.C:	

Firma  Fecha 2-9-2020

ANEXO C

Confiabilidad del instrumento de Recolección de Datos.



APÉNDICE A

**GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES PARA CÁLCULO DE
MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL
MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES.**



UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIONES VIALES
PARA CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y SU
APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL MEDIANTE
EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES**

**AUTOR
DAYLIBETH LÓPEZ
TUTOR
PEDRO RAMÍREZ**

PRÓLOGO

Se sabe que, como ingenieros civiles, se debe de tener un amplio conocimiento en las diferentes áreas que destacan en la carrera para así poder realizar obras civiles. En la parte de vialidad se debe de conocer lo que es el diseño geométrico de carreteras y todas las etapas previas a la realización de una carretera ya que deben ser óptima, cumplir con la normativa y ser seguro para así evitar accidentes a futuro.

El estudio de movimiento de tierra se conoce como el conjunto de acciones que se realizan en un terreno previo a la ejecución de una obra. En el estudio de movimiento de tierra definen las partes de una carretera, los tipos de secciones transversales que existen en un terreno, el cálculo de área de las secciones transversales, cálculo de volumen de cada sección transversal, gráfico de diagrama de masas y selección de maquinaria a usar en la obra.

En la Universidad José Antonio Páez, en la escuela de Ingeniería Civil se dicta la asignatura de construcciones viales, en la cual explican las etapas por las cuales debe de pasar un terreno para que se pueda construir una vialidad sobre la misma. La presente guía técnica contiene información recopilada de diferentes fuentes para así llegar al objetivo principal, el cual es que logre existir un entendimiento y una comprensibilidad de parte de los estudiantes al momento de presentar alguna duda con respecto a la unidad de Movimiento de Tierra.

En la guía técnica para el cálculo de Movimiento de Tierra, además de explicar de manera teórica los temas que se encuentran en esta Unidad, también se podrán apreciar ejercicios explicativos y ejercicios realizados con una herramienta digital, ya que puede facilitar el cálculo de dichos ejercicios.

La guía también está diseñada para aquellos estudiantes egresados y no egresados de la Universidad José Antonio Páez que puedan tener alguna duda con respecto al tema. La guía técnica está desarrollada para cualquier situación que se pueda presentar en un terreno.

Lo que se espera lograr con dicha guía es que logre causar un impacto de manera positiva a los estudiantes para su desenvolvimiento en la asignatura de

Construcciones Viales y el mismo pueda ser utilizado como apoyo y complemento de las clases dictadas en el aula de clases para así resolver cualquier incógnita que se les pueda presentar con respecto al tema.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
CAPÍTULO	
I VIALIDAD.....	103
1.1 Secciones de una Vía	103
1.2 Etapas de un proyecto de carreteras.....	103
1.2.1 Planificación.....	103
1.2.2 Recopilación de Información.....	103
1.2.3 Reconocimiento aéreo y terrestre.....	103
1.2.4 Estudios económicos.....	104
1.2.6 Construcción.....	104
II SECCIONES TRANSVERSALES.....	105
2.1 Secciones Transversales.....	105
2.1.1 ¿Qué es una sección transversal?.....	105
2.2 Partes de una vialidad.....	106
2.2.1 Ancho de corona	106
2.2.2 Berma	106
2.2.3 Banca.....	106
2.2.4 Carril	106
2.2.5 Calzada.....	5
2.2.6 Chaflán.....	107
2.2.7 Cuneta.....	107
2.2.8 Derecho vial.....	107
2.2.9 Explanación.....	107
2.2.10 Rasante.....	107
2.2.11 Sub-rasante.....	107
III TIPOS DE CARRETERAS.....	108

3.1.1 ¿Qué son las carreteras?	108
3.2 Clasificación de las carreteras	108
3.2.1 Transitabilidad	108
3.3 Clasificación por su ubicación	109
3.3.1 Rurales o interurbanos.....	109
3.3.2 Urbana o sub-urbana	109
3.4 Clasificación de las carreteras según su importancia.....	109
3.4.1 Primarias	109
3.4.2 Secundarias	109
3.4.3 Terciarios	109
3.5 Clasificación según la accesibilidad.....	109
3.5.1 Autopista.	109
3.5.2 Vías expresas.....	109
3.5.3 Colectoras.....	110
3.5.4 Locales.	110
3.6 Clasificación según el terreno.	110
3.6.1 Terrenos planos.	110
3.6.2 Terrenos ondulados	110
3.6.3 Terrenos montañosos	111
3.6.4 Terrenos escarpados	111
IV TIPOS DE SECCIONES.....	112
4.1 Posiciones de chaflanes.....	112
V AREAS EN SECCIONES TRANSVERSALES.....	116
5.1 Cálculo de área.....	116
5.2.1 Áreas en secciones homogéneas simple en recta	116
5.2.2 Áreas en secciones mixtas homogéneas.....	117
5.2.3 Áreas en secciones homogéneas en curva.....	117
5.2.4 Áreas en secciones mixtas en curva.....	117
5.2.5 Métodos de cálculo área en secciones transversales	117

VI VOLUMEN EN SECCIONES TRANSVERSALES	139
6.1 Volumen	139
6.2 Prismoide	139
6.3 Tronco de piramoide y piramoide	140
VII DIAGRAMA DE MASAS	143
7.1 Diagrama de Masas	143
VIII RENDIMIENTO DE MAQUINARIA.....	151
8.1 Maquinaria para movimiento de tierra.....	151

CAPÍTULO I

VIALIDAD

1.1 Secciones de una Vía.

Las obras de ingeniería civil deben de pasar por ciertos procesos para ser llevadas a cabo con éxito. Por ejemplo, en el campo de vialidad, se deben de conocer diferentes ímpetus referentes al estudio de suelos, estudio del diseño geométrico de carreteras, estudio de las secciones de proyección de obra, estudios topográficos, entre otros.

1.2 Etapas de un proyecto de carreteras.

Un proyecto de carreteras se divide en distintas etapas. Desde la primera hasta la última etapa debe ser llevada con un grupo experto en el área para así evitar errores que puedan ocasionar grandes problemas a futuro. Las etapas de un proyecto de carretera son las siguientes:

1.2.1 Planificación.

Antes de iniciar un proyecto, en cualquier obra de construcción, se deben evaluar ciertos aspectos de planificación. Entre ellos se tiene:

1.2.2 Recopilación de Información.

En esta etapa de la planificación, se investigan características generales de la zona a realizar la carretera. Entre ellas tenemos la recopilación del uso de suelo, la hidro geografía y topografía

1.2.3 Reconocimiento aéreo y terrestre.

En el reconocimiento terrestre se establece la poligonal para el trazado de la carretera y se puede obtener información adicional de la ruta. La poligonal debe de seguir una adaptación de las carreteras topográficas ya que es una aproximación de la vía a realizar a futuro.

El reconocimiento aéreo es de gran validez para el levantamiento de mapas, agricultura y estudio de impacto ambiental.

1.2.4 Estudios económicos.

Se debe de realizar un estudio de costos de todos los materiales, maquinarias y elementos que se utilizaran en la construcción de la carretera

1.2.5 Proyectos.

En esta etapa se hacen estudios de mecánica de suelos, estudios estructurales, estudios hidrogeográficos y estudios topográficos

1.2.6 Construcción.

En la etapa de construcción se ejecuta la dirección técnica, la elaboración de la obra y control de mecánica de los suelos.

CAPÍTULO II

SECCIONES TRANSVERSALES

2.1 Secciones Transversales.

2.1.1 ¿Qué es una sección transversal?

Una sección transversal es la representación del terreno y plataforma tomada en un punto del eje de la carretera, perpendicular al eje. Los movimientos de tierra son actividades con mayor frecuencia en la ejecución infraestructural de la vía. Estas actividades se relacionan en la modificación de la topografía de un área o una zona para así ser adaptada a un proyecto previamente confeccionado y estudiado.

En las secciones transversales se puede detallar la rasante y el ancho de la faja que ocupará la futura carretera, así como también detalla las partes que se complementan en una vialidad. Se puede observar el ancho que puede tener la sección, la base, sub-base, la carpeta, las pendientes, las cunetas, los taludes y el center line

Las secciones transversales al ser perfiles perpendiculares al eje de un proyecto son utilizadas para el cálculo de área y volúmenes de tierra necesarios para la construcción de un proyecto.

Center line: Se conoce como center line a la representación del eje central de la vía

Representación de sección en corte:

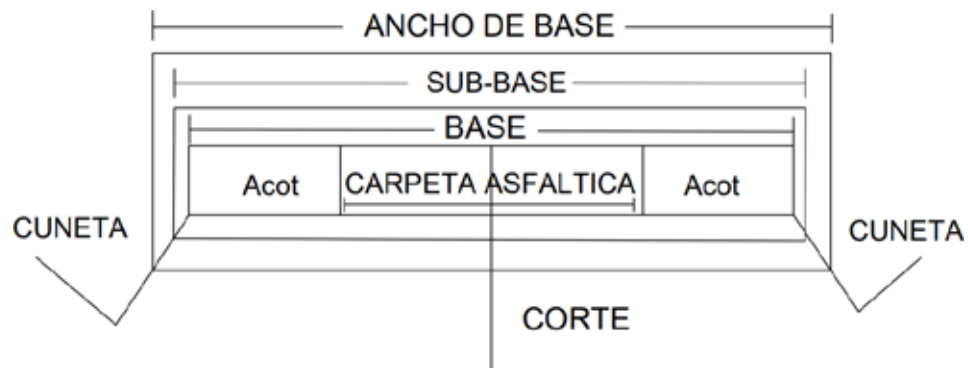


Figura 59: Partes de una carretera en corte.

Fuente: López D. (2020)

Representación de sección en terraplén:

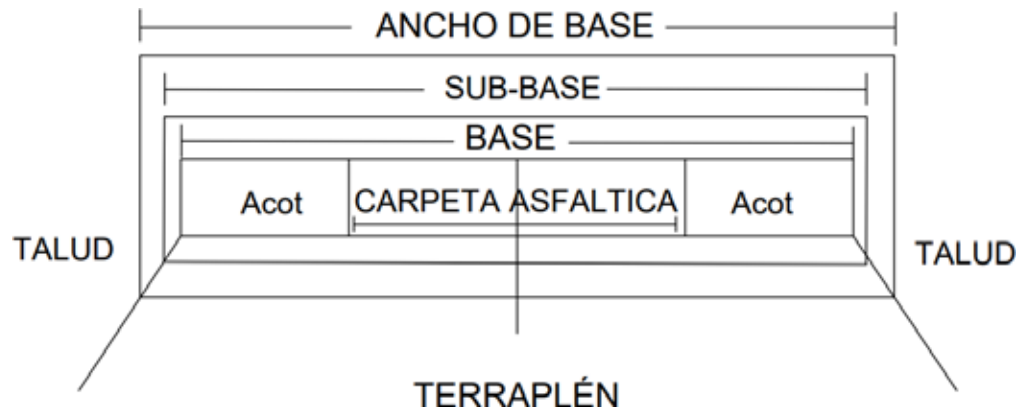


Figura 2. Partes de una carretera en terraplén

Fuente: López D. (2020)

2.2 Partes de una vialidad.

2.2.1 Ancho de corona.

El ancho de corona es la distancia horizontal cuya distancia se mide normalmente desde el eje entre la cuneta de corte y la arista superior del talud del terreno o entre las aristas superiores de los taludes de terraplén.

2.2.2 Berma.

La berma sirve para el confinamiento lateral de la superficie de rodamiento. Es utilizado para estacionamientos provisionales.

2.2.3 Banca.

La banca es la distancia horizontal existente medida al eje entre los orígenes de los taludes

2.2.4 Carril.

Es la faja de la calzada o superficie de rodamiento de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.

2.2.5 Calzada.

La calzada es aquella parte de la sección transversal la cual está destinada a la circulación de los vehículos conducidos por uno o más carriles para uno o más sentidos.

2.2.6 Chaflán.

Punto donde el talud de corte o terraplén se encuentra con el terreno natural.

2.2.7 Cuneta.

Las cunetas son zanjas generalmente de sección triangular construidas paralelas a las bermas. Son destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera.

2.2.8 Derecho vial.

El derecho vial es la porción de terreno reservada para la construcción de la carretera, tal que no se puede dar un uso privado al terreno.

2.2.9 Explanación.

Punto donde el talud de corte o terraplén se encuentra con el terreno natural.

2.2.10 Rasante.

Es la proyección vertical del desarrollo del eje real acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

2.2.11 Subrasante.

La subrasante es aquella superficie del terreno la cual está suficientemente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

CAPÍTULO III

TIPOS DE CARRETERAS

3.1 CARRETERAS

3.1.1 ¿Qué son las carreteras?

Las carreteras o rutas son vías de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Se puede definir que las carreteras son adaptaciones de las superficies terrestres en donde se ven los alineamientos, ancho y pendiente para así, permitir el rodamiento adecuado de vehículos y maquinarias para la cual ha sido condicionado el terreno.

3.2 Clasificación de las carreteras

3.2.1 Transitabilidad

Terracería

Terracería o brecha es una vía de comunicación terrestre a nivel del suelo, la cual es generada a base de desmonte o tránsito continuo. Generalmente en este tipo de vía es posible la circulación de vehículos.

Revertidas

Este tipo de comunicación por lo general cuenta con terraplén y obras de drenaje elementales permanentes. Este tipo de vía presenta una capa de revestimiento de material de granulometría gruesa o pueden ser de camino empedrados.

Pavimentadas

Las carreteras pavimentadas son aquellas que están cubiertas con asfalto o concreto.

3.3 Clasificación por su ubicación

3.3.1 Rurales o interurbanos

Los caminos rurales unen las aldeas y las poblaciones más pequeñas de mercado regional. Normalmente, no son pavimentados o en su defecto, tienen una capa delgada de asfalto.

3.3.2 Urbana o sub-urbana

Los caminos urbanos unen ciudades y poblaciones más grandes. En este caso, los caminos son pavimentados.

3.4 Clasificación de las carreteras según su importancia

3.4.1 Primarias

Las carreteras primarias son aquellas troncales y transversales que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo de un país

3.4.2 Secundarias

Las vías secundarias son aquellas que unen las cabeceras municipales entre sí que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria

3.4.3 Terciarios

Las vías terciarias son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas

3.5 Clasificación según la accesibilidad

3.5.1 Autopista.

Una autopista es una pista de circulación para automóviles y vehículos terrestres de carga y de pasajeros. Las autopistas se caracterizan por ser vías rápidas, seguras y que admiten un volumen de tráfico muy elevado.

3.5.2 Vías expresas.

Las vías expresas son autopistas divididas para el tráfico de alta velocidad con al menos un control parcial de acceso.

3.5.3 Colectoras.

Las vías colectoras son aquellas vías que presentan una sección igual o mayor a quince metros (15m) pero es inferior a veinte metros (20), medidas de alineación a alineación, las cuales cuentan con la estructura vial para la movilidad motorizada y no motorizada. Las vías colectoras se encuentran conectadas con las vías secundarias, formando parte de una red de comunicación integral entre las diferentes zonas que conforman los centros de población.

3.5.4 Locales.

Las vías locales son las vías que conforman el sistema vial urbano menor y se conectan únicamente con las vías colectoras. Generalmente se encuentran ubicadas en zonas residenciales. Las vías locales son exclusivamente para dar acceso a propiedades, teniendo como prioridad la circulación peatonal.

3.6 Clasificación según el terreno.

3.6.1 Terrenos planos.

Los terrenos planos presentan pendientes transversales al eje de la vía menores a cinco grados (5°). El movimiento de tierra a realizar es mínimo por lo que durante la construcción no presenta dificultad en su trazado y tampoco presenta dificultad en su explanación. Sus pendientes longitudinales son aproximadamente menores al tres por ciento (3%)

3.6.2 Terrenos ondulados.

Los terrenos ondulados tienen pendientes transversales al eje de la vía que varían entre seis y trece grados (6° - 13°). Requieren un movimiento de tierra moderado durante la construcción, lo cual permite que los alineamientos sean más o menos rectos sin presentar mayores dificultades en el trazado y la explanación. Las pendientes longitudinales de este tipo de terreno varían entre tres y seis por ciento (3% - 6%).

En este tipo de carreteras existe una combinación de alineamientos horizontal y vertical, es decir, que la manera en la que está construida obliga a los vehículos de carga pesada a reducir velocidades de manera tal que, llegan un punto en donde son hasta más bajas que la de vehículos livianos regulares.

3.6.3 Terrenos montañosos

Los terrenos montañosos presentan pendientes transversales al de la vía y varía entre trece y cuarenta grados ($13^\circ - 40^\circ$). Generalmente en este tipo de carreteras requieren de grandes movimientos de tierra durante la construcción. En consecuencia, la sección presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Las pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento (6% - 8%).

3.6.4 Terrenos escarpados

Los terrenos escarpados tienen pendientes transversales al eje de la vía, son superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción por lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, ya que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Sus pendientes longitudinales son normalmente superiores a ocho por ciento (8%).

CAPÍTULO IV TIPOS DE SECCIONES

4.1 Posiciones de chaflanes

Representación de las posiciones de los chaflanes:

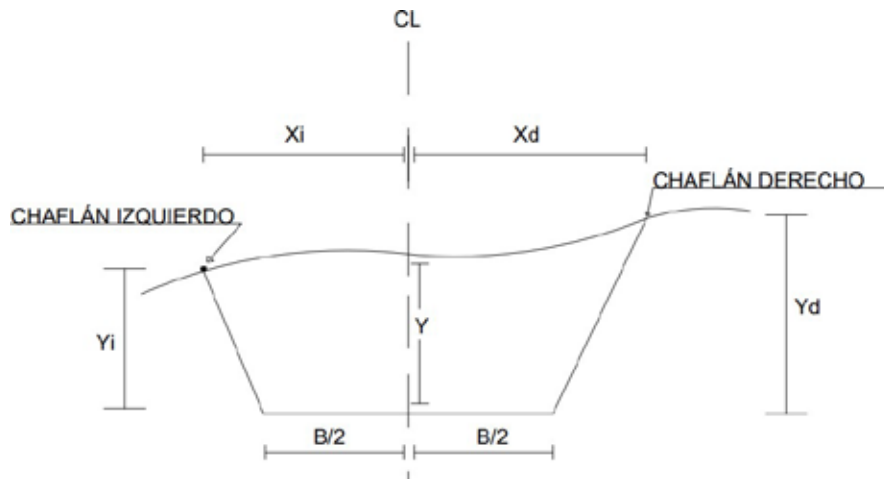


Figura 3. Posición de los chaflanes

Fuente: López D. (2020)

Dónde:

X_i : Distancia horizontal existente desde el punto inicial del corte del chaflán izquierdo hasta el centro del eje del CL

X_d : Distancia horizontal existente desde el punto final del corte del chaflán derecho hasta el centro del eje del CL

Y_i : Altura vertical existente desde la base hasta el punto inicial del corte del chaflán izquierdo

Y_d : Altura vertical existente desde la base hasta el punto final del corte del chaflán derecho

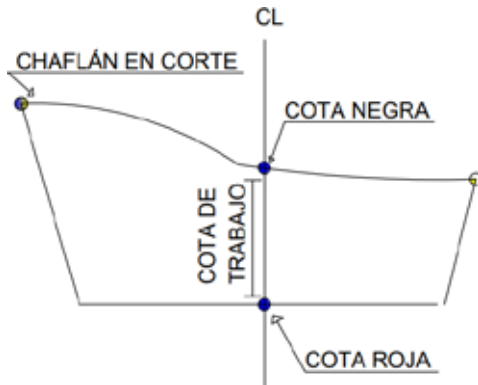
B : Base de la sección transversal

$B/2$: Mitad de la base de la sección transversal

Y : Distancia vertical existente desde la mitad de la base hasta el punto medio del terreno

4.2 TIPOS DE SECCIONES

Sección 1



En la sección 1 se puede ver que el chaflán se encuentra justamente en el corte inicial del terreno.

Figura 4. Representación del chaflán en el corte

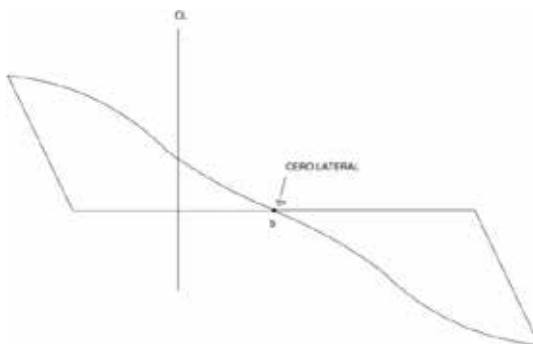
Fuente: López D. (2020)

NOTA

Cota Negra: Cota del terreno natural

Cota roja: Cota al nivel de la subrasante

Sección 2

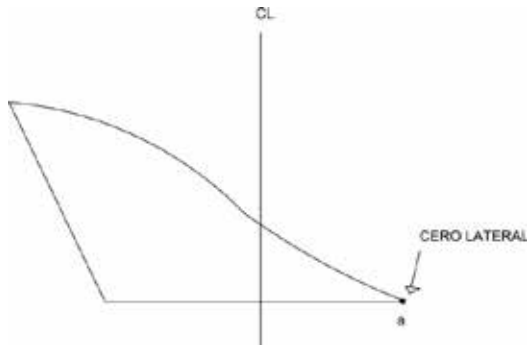


En la sección 2, conocida también como ladera de corte. El chaflán se encuentra del lado derecho del eje de la coordenada del CL y por esta razón es 0

Figura 5. Sección en ladera de corte

Fuente: López D. (2020)

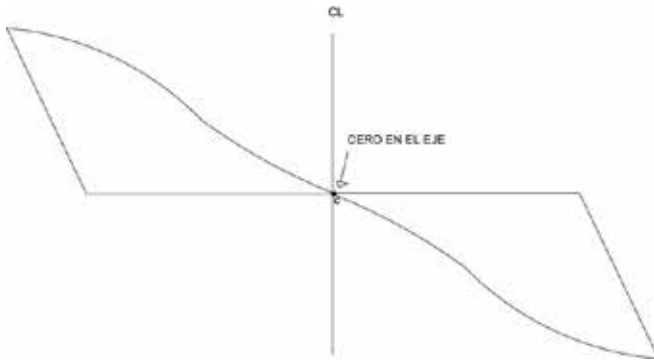
Sección 3



La sección 3 representa una sección mixta. En este caso el cero se hace del lado derecho del eje de coordenadas del CL.

Figura 6. Sección mixta
Fuente: López D. (2020)

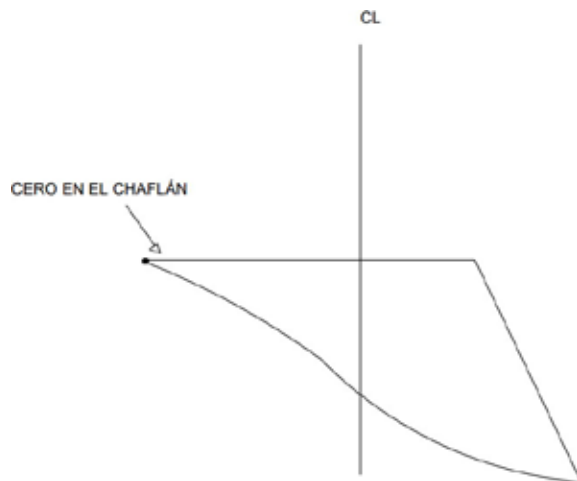
Sección 4



En la sección cuatro (4). El chaflán se encuentra ubicado en el centro del eje del CL. En este caso la sección se divide en dos. Se puede apreciar que del lado izquierdo hay corte y del lado derecho hay terraplén.

Figura 7. Representación del cero en el eje
Fuente: López D. (2020)

Sección 5

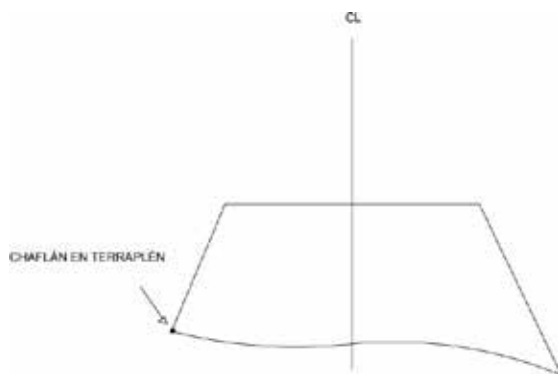


En la sección 5, el chaflán del terraplén inicia en el lado izquierdo y luego se forma el terraplén hacia el lado derecho

Figura 8. Formación de terraplén

Fuente: López D. (2020)

Sección 6



La sección 6 representa una sección que es netamente terraplén de ambos lados.

Figura 9. Sección en terraplén

Fuente: López D. (2020)

CAPÍTULO V

ÁREA EN SECCIONES TRANSVERSALES

5.1 Cálculo de área

Como bien se sabe, El área es una magnitud numérica escalar la cual se define como la extensión en dos dimensiones de una recta al plano del espacio.

Fórmulas de áreas de figuras geométricas


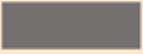


FIGURAS GEOMÉTRICAS	FÓRMULAS DE ÁREA
	$A = b \cdot h$
	$A = b \cdot h$
	$A = \frac{b \cdot h}{2}$
	$A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$

Figura 10. Fórmula de cálculo de áreas

Fuente: López D. (2020)

NOTA: LAS FIGURAS GEOMÉTRICAS MOSTRADAS EN LA FIGURA 10, SON LAS FIGURAS QUE NORMALMENTE SE UTILIZAN EN UNO DE LOS MÉTODOS PARA CÁLCULO DE ÁREA EN SECCIONES TRANSVERSALES. ENTRE ELLAS SE PRESENTAN TRIÁNGULOS, CUADRADOS, RECTÁNGULOS Y TRAPECIOS

5.2 Áreas en secciones transversales

5.2.1 Áreas en secciones homogéneas simple en recta

Al momento de tratar una sección que solo tiene corte o terraplén y es simple, se considera automáticamente como una sección homogénea ya que el perfil del terreno en donde se encuentra es aproximado a ser un terreno uniforme.

5.2.2 Áreas en secciones mixtas homogéneas

Una sección mixta es cuando en el terreno existe Corte y Terraplén o relleno y se considera simple ya que el perfil es considerablemente uniforme.

5.2.3 Áreas en secciones homogéneas en curva

En este tipo de sección, aparecen dos elementos nuevos los cuales son: el peralte, el cual se trabaja con la letra 'e' y el sobre-ancho, que se trabaja con la letra 'S'.

5.2.4 Áreas en secciones mixtas en curva

En este caso, se le dice a una sección mixta compuesta a las secciones transversales que presentan un terreno irregular, por lo tanto, para que el cálculo del área sea exacto, se deben de acotar los diferentes puntos en donde existan los cambios de terreno.

5.2.5 Métodos de cálculo área en secciones transversales

Cálculo de área por método de triangulaciones o figuras geométricas

El cálculo de área por el método de triangulación o método de figuras geométricas consiste en realizar triángulos, rectángulos o cuadrados dentro de la sección transversal. Se debe de calcular el área de cada figura geometría que se encuentre dentro de la sección y luego realizar la sumatoria de la misma para así poder obtener el área total.

Secciones homogéneas simple en recta

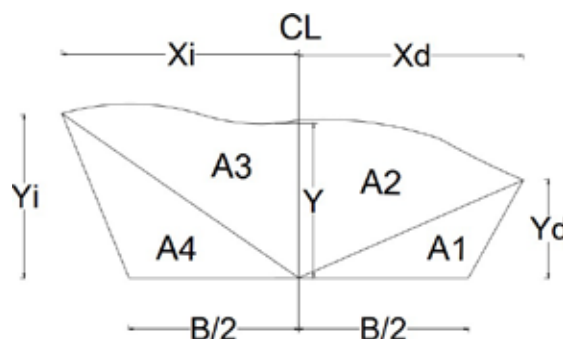


Figura 11. Sección homogénea por método de triangulación

Fuente: López D. (2020)

En este caso se tienen cuatro (4) áreas dentro de la sección. Las fórmulas para el cálculo de área quedan expresadas de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ccc}
 \boxed{A1 = \frac{b * h}{2}} & \rightarrow & \boxed{A1 = \frac{\left(\frac{B}{2}\right) * Yd}{2}} & \boxed{A3 = \frac{b * h}{2}} & \rightarrow & \boxed{A3 = \frac{(Xi) * Y}{2}} \\
 \boxed{A2 = \frac{b * h}{2}} & \rightarrow & \boxed{A2 = \frac{(Xd) * Y}{2}} & \boxed{A1 = \frac{b * h}{2}} & \rightarrow & \boxed{A4 = \frac{\left(\frac{B}{2}\right) * Yi}{2}}
 \end{array}$$

Por lo tanto, la sumatoria de todas las áreas quedaría de la siguiente manera:

$$\boxed{A_{total} = \frac{B}{2} (Yd + Yi) + Y(Xd + Xi)}$$

En este caso se muestra la fórmula ya reducida. Ya que existen variables iguales, se pueden realizar sumatorias de términos iguales o cancelación de términos cuando es debidamente moderado.

Otro caso en donde se puede utilizar el método de figuras geométricas en secciones homogéneas simples en recta

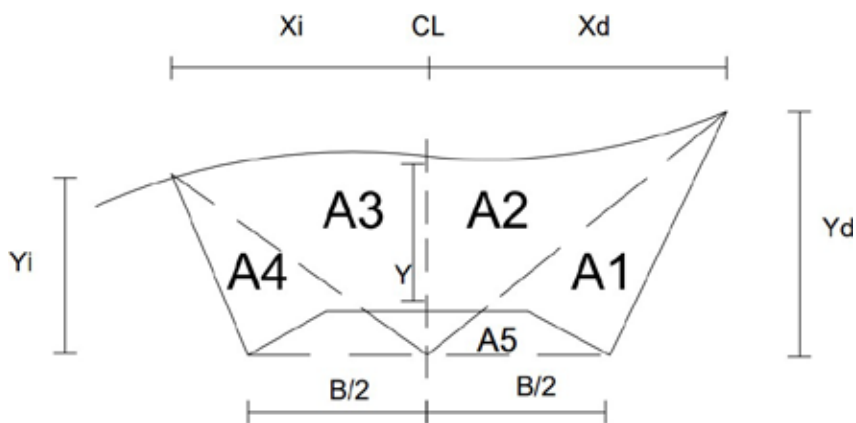


Figura 12. Sección transversal método de figuras geométricas

Fuente: López D. (2020)

En la figura 12 se puede ver que se deben de realizar el cálculo de 5 áreas en la sección transversal. Se cuenta con cuatro (4) triángulos y un (1) trapecio. Las fórmulas de cálculo de área de las figuras geométricas mencionadas anteriormente quedarían expresadas de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l}
 \boxed{A1 = \frac{b * h}{2}} \quad \rightarrow \quad \boxed{A1 = \frac{\left(\frac{B}{2}\right) * Yd}{2}} \quad \boxed{A3 = \frac{b * h}{2}} \quad \rightarrow \quad \boxed{A3 = \frac{(Xi) * Y}{2}} \\
 \boxed{A2 = \frac{b * h}{2}} \quad \rightarrow \quad \boxed{A2 = \frac{(Xd) * Y}{2}} \quad \boxed{A1 = \frac{b * h}{2}} \quad \rightarrow \quad \boxed{A4 = \frac{\left(\frac{B}{2}\right) * Yi}{2}} \\
 \boxed{A5 = \frac{(B-b) * h}{2}} \quad \rightarrow \quad \boxed{A5 = \frac{\left[\left(\frac{B}{2} + \frac{B}{2}\right) - \left(\left(Xi - \frac{B}{2}\right) + \left(Xd - \frac{B}{2}\right)\right)\right]}{2} * (Yi \text{ ó } Yd - Y)}
 \end{array}$$

La sumatoria de todas las áreas de la sección transversal quedaría expresada de la siguiente manera

$$\boxed{A_{total} = A1 + A2 + A3 + A4 - A5}$$

Como se puede ver, el resultado de la sumatoria total de las áreas se expresa de diferente manera que en el ejemplo anterior. Esto sucede ya que, existe una diferencia en el terreno en donde presenta un espacio que no se encuentra de manera interna en la sección sino de manera externa, se debe de calcular de igual manera porque se encuentra en la sección, pero se resta por no estar internamente dentro de la misma.

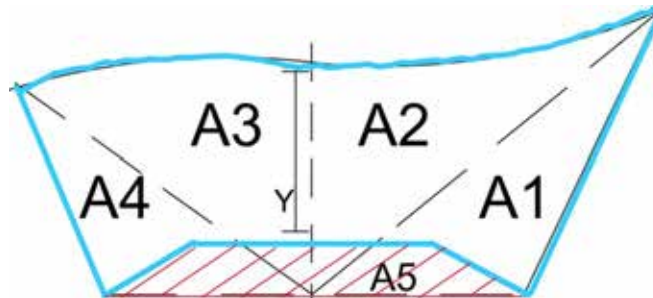


Figura 13. Sección transversal método de las áreas

Fuente: López D. (2020)

La forma de la sección transversal con la cual se está trabajando es el área marcada con azul y la sección marcada en rojo es la parte de la sección que se encuentra externamente de la misma, es por ello que se le debe de restar dicha área.

Secciones mixtas simple en recta

En este caso se realizan de igual manera triángulos en la parte interna de la sección, la diferencia que existe entre este tipo de secciones y las secciones homogéneas es que dentro del terreno hay que realizar dos cálculos de área. Un cálculo para área de corte y otro cálculo para área de terraplén.

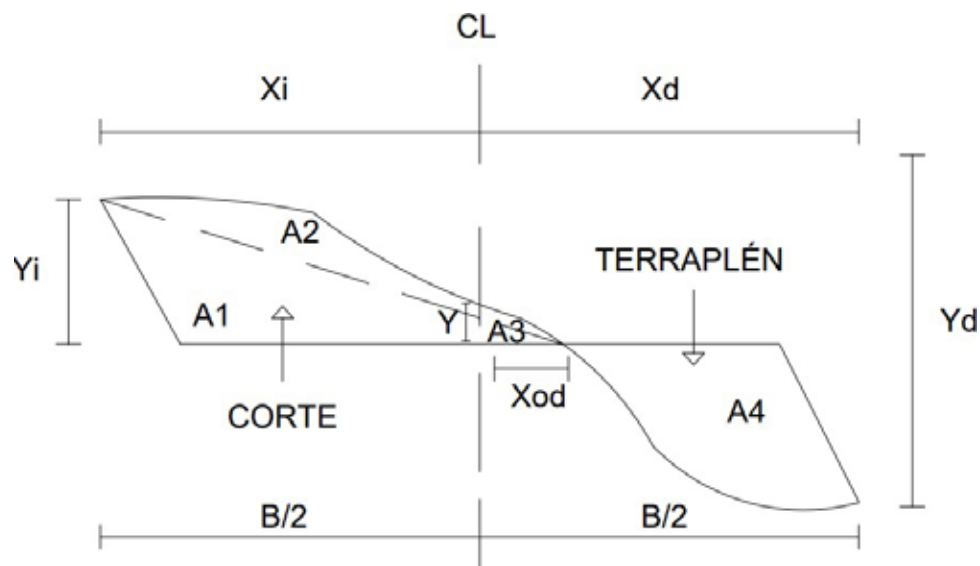


Figura 13. Sección transversal mixta simple en recta por método de triangulación

Fuente: López D. (2020)

Como se puede ver en la figura 13, se muestra que en el lado izquierdo de la sección existe corte y en el lado derecho existe terraplén. En este caso existe una distancia X_{od} , esta distancia existe entre el eje central o mejor conocido como 'Center Line' y el punto final del corte de la sección.

Las fórmulas de área de la sección mostrada, quedaría expresada de la siguiente manera

Cálculo de área en sección de corte

$$A1 = \frac{b * h}{2} \Rightarrow A1 = \frac{\left(\frac{B}{2}\right) * Y_i}{2}$$

$$A2 = \frac{b * h}{2} \Rightarrow A2 = \frac{(Y) * X_i}{2}$$

$$A3 = \frac{b * h}{2} \Rightarrow A3 = \frac{(X_{od}) * Y}{2}$$

Cálculo de área en sección de terraplén

$$A4 = \frac{b * h}{2} \Rightarrow A4 = \frac{\left(\frac{B}{2} - X_{od}\right) * Y_d}{2}$$

La sumatoria de las áreas en las secciones de corte y terraplén quedaría expresada de la siguiente manera

En corte:

$$A_{corte} = \left[\frac{\left(\frac{B}{2}\right) * Y_i}{2} + \frac{Y * X_i}{2} + \frac{X_{od} * Y}{2} \right]$$

En terraplén:

$$A_{terraplén} = \frac{1}{2} \left(\frac{B}{2} - X_{od} \right) * Y_d$$

Sección Homogénea simple en curva

Las secciones homogéneas simples en curva se diferencian por contar con un peralte y un sobre ancho. Como la sección varía un poco, de igual manera va a suceder una pequeña variación en las fórmulas de área

Peralte: El peralte es la inclinación medida por la tangente del ángulo que se forma en la superficie de la calzada con respecto a la horizontal. El peralte es importante ya que evita los deslizamientos laterales de los vehículos en un carril vial.

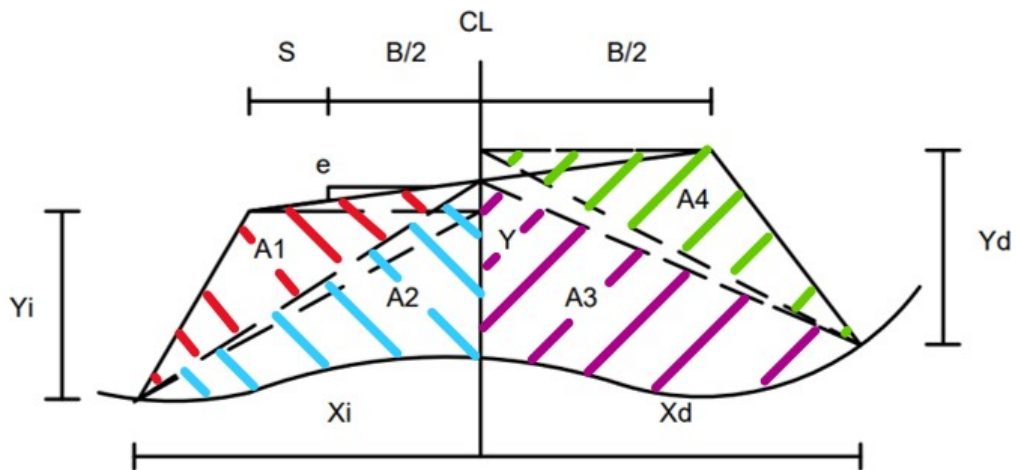


Figura 14. Sección homogénea simple en curva por método de triangulación

Fuente: López D. (2020)

En la figura 14 se puede ver que se realizaron diferentes triángulos internos para así poder calcular el área de la sección total. En este caso nos presentamos con una sección en terraplén la cual tiene una leve inclinación o mejor conocida como 'peralte'. En este caso las fórmulas de cálculo de área quedarían plasmadas de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l}
 \boxed{A1 = \frac{b * h}{2}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A1 = \frac{\left(Yi * \left(S + \frac{B}{2} \right) \right)}{2}} \quad \boxed{A2 = \frac{b * h}{2}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A2 = \frac{(Y) * Xi}{2}} \\
 \boxed{A3 = \frac{b * h}{2}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A3 = \frac{Y * Xd}{2}} \quad \boxed{A4 = \frac{b * h}{2}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A4 = \frac{\left(\frac{B}{2} \right) * Yd}{2}}
 \end{array}$$

La fórmula de área total quedaría de la siguiente manera:

$$A_{\text{terraplén}} = \frac{1}{2} \left[\left(S + \frac{B}{2} \right) * Y_i + (Y * X_i) + (Y * X_d) + \left(\frac{B}{2} \right) * Y_d \right]$$

Cálculo de área por método de coordenada en los vértices

El cálculo por método de coordenadas en los vértices consiste en utilizar un sistema de coordenadas X y Y, de origen de la cota del CL. Como se ha mencionado anteriormente, el Center Line o CL es el eje central de la vía. A través del eje de coordenadas, se obtienen los vértices respectivos de las secciones transversales.

En este método se realizan multiplicaciones diagonales de los vértices de la sección para luego, realizar una suma o resta algebraica de los resultados de las multiplicaciones. Los vértices y los puntos que se encuentran en la coordenada se encuentran plasmados en una tabla. De esta manera se obtiene más organización al momento de realizar dichos cálculos.

Sección homogénea simple en recta

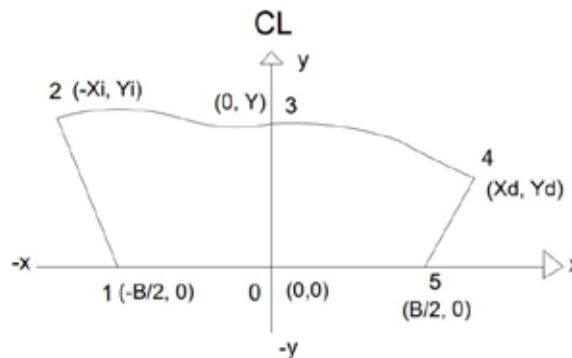


Figura 15. Sección transversal homogénea simple en recta por método de coordenadas

Fuente: López D. (2020)

En este caso se puede ver que cada uno de los vértices, contiene unas coordenadas que corresponden a los puntos de esa sección, es decir, los puntos que se tomaban en el método anterior, método de triangulación, son los mismos puntos que se van a tomar como referencia para las coordenadas. Como punto de referencia tenemos la base, altura de lado derecho e izquierdo, distancia con una longitud de lado derecho e izquierdo y altura interna de la sección paralela al CL.

La tabla de vértices y coordenadas quedaría plasmada de la siguiente manera:

Tabla 1. Cálculo de área por método de coordenadas

VÉRTICES	COORDENADAS	
	Y	X
1	0	-B/2
2	Yi	-Xi
3	Y	0
4	Yd	Xd
5	0	B/2
1	0	-B/2

Fuente: López D. (2020)

En la figura se pueden ver los vértices y sus coordenadas respectivamente. Se realizan multiplicaciones de manera diagonal. En el sentido de izquierda a derecha el signo será positivo, es decir, el signo principal de la variable sería positivo y en sentido de derecha a izquierda, el sentido sería negativo. Tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$A = \left[(0 \cdot (-Xi)) + (Yi \cdot 0) + (Y \cdot Xd) + \left(Yd \cdot \frac{B}{2} \right) + \left(0 \cdot \frac{B}{2} \right) \right] - \left[\left(\left(-\frac{B}{2} \right) \cdot Yi \right) + ((-Xi) \cdot Y) + (0 \cdot Yd) + \left(\frac{B}{2} \cdot 0 \right) \right]$$

La expresión reducida quedaría de la siguiente manera:

$$Ac = \left(\frac{B}{2} \cdot (Yd + Yi) \right) + (Y \cdot (Xd + Xi))$$

Sección mixta simple en recta

En este tipo de secciones se realiza el mismo procedimiento que en el caso anterior. La diferencia es que, al ser una sección mixta, existe una sección que se encuentra en corte y otra sección que está en terraplén. Por lo tanto, se deben de agregar los vértices y sus coordenadas respectiva a la tabla, es decir, se dividen en corte y en terraplén. De esta manera, se índice automáticamente a que se deben de calcular dos áreas en la misma sección.

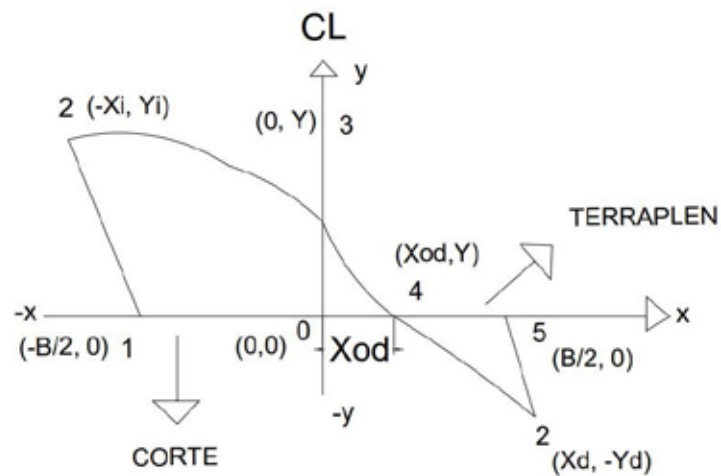


Figura 16. Sección transversal mixta simple en recta por método de coordenadas

Fuente: López D. (2020)

En este caso la tabla de vértices y coordenadas quedaría plasmada de la siguiente manera

Tabla 2. Cálculo de área por método de coordenadas a secciones mixtas

		COORDENADAS	
	VÉRTICES	Y	X
CORTE	1	0	-B/2
	2	Yi	-Xi
	3	Y	0
	4	0	Xod
	1	0	-B/2
TERRAPLEN	4	0	Xod
	5	0	B/2
	6	-Yd	Xd
	4	0	Xod

Fuente: López D. (2020)

Como se puede apreciar en la tabla 2, se realiza de igual manera la multiplicación en sentido diagonal. Las ecuaciones de cálculo de área en secciones mixta en simple recta quedan expresadas de la siguiente manera:

Área en sección de corte

$$A_{\text{corte}} = \left[(0 * (-X_i)) + (Y_i * 0) + (Y * X_{od}) + \left(0 * \left(-\frac{B}{2}\right) \right) \right] - \left[\left(\left(-\frac{B}{2}\right) * Y_i \right) + ((-X_i) * Y) + (0 * 0) + (X_{od} * 0) \right]$$

Ya que existen términos que se multiplican al cero, se pueden cancelar entre sí. De esta manera la ecuación quedaría expresada de la siguiente manera

$$A_c = \frac{1}{2} \left[Y(X_{od} + X_i) + \frac{B}{2Y_i} \right]$$

Área en sección de terraplén

$$A_{\text{terraplén}} = \left[\left(0 * \frac{B}{2} \right) + (0 * X_d) + (-Y * X_{od}) \right] - \left[(X_{od} * 0) + \left(\frac{B}{2} * (-Y_d) \right) + (X_d * 0) \right]$$

Realizando la misma reducción que la ecuación anterior, quedaría expresada de la siguiente manera

$$A_t = \frac{1}{2} \left[Y_d * \left(\frac{B}{2} - X_{od} \right) \right]$$

Sección homogénea simple en curva

Como se explicó en los casos anteriores, de cálculo de área por método de triangulación, en este caso se realiza el mismo procedimiento, pero varía por el peralte y el sobre-ancho existente en la sección transversal.

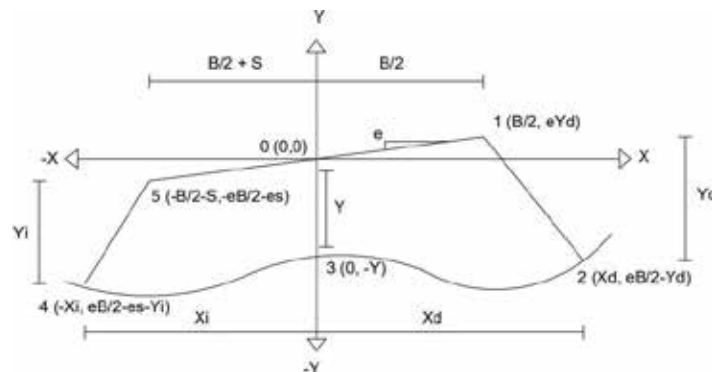


Figura 17. Sección homogénea simple en curva por método de coordenadas

Fuente: López D. (2020)

En este caso, la tabla de vértices con sus respectivas coordenadas quedaría de la siguiente manera:

Tabla 3. Cálculo de área por método de coordenadas a sección homogénea simple en curva

VÉRTICE	COORDENADAS		
	+	Y	X
1		$e \cdot B/2$	$B/2$
2		$(e \cdot B/2) - Y_d$	X_d
3		$-Y$	0
4		$(-e \cdot B/2) - e_s \cdot Y_i$	$-X_i$
5		$(-e \cdot B/2) - e_s$	$-B/2 - S$
1		$e \cdot B/2$	$B/2$

Fuente: López D. (2020)

La fórmula de área ya reducida quedaría de la siguiente manera

$$A_t = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{B}{2} + Y_d \right) + \left(\frac{B}{2} + S \right) Y_i + Y(X_d + X_i) \right] + \left[\left(e + \frac{B}{2} \right) (X_d - X_i) - e_s(S + B - X_i) \right]$$

Cálculo de área por método de chaflanes

El método por cartera de chaflanes, también conocido como regla de cruces, consiste en que se debe de agregar un 0 en el centro del quebrado y se debe de adicionar quebradas a los lados del mismo. El cero quedaría como numerador y la mitad de la banca quedaría como denominador. En el método chaflanes es importante tomar en cuenta todos los puntos de la sección transversal para así saber desde qué punto se va a realizar corte y en cual se realizará relleno.

Sección homogénea simple en recta

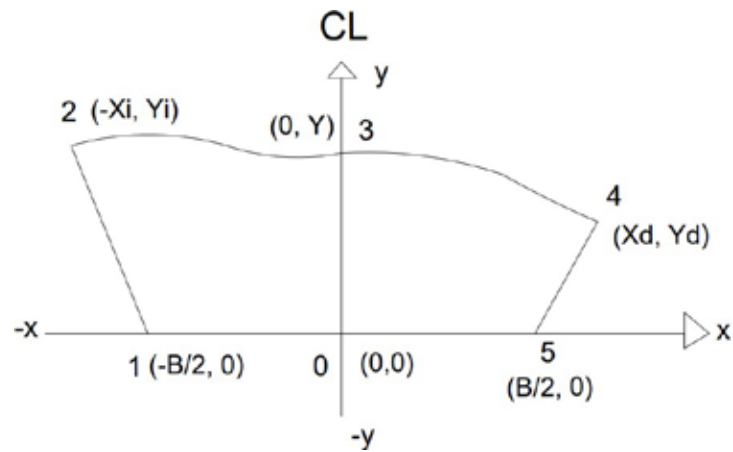


Figura 18. Sección transversal homogénea simple en curva por método de chaflanes

Fuente: López D. (2020)

La cartera de chaflanes quedaría de la siguiente manera:

Tabla 4. Cartera de chaflanes

IZQUIERDO	CENTRO	DERECHO
$\frac{X_i}{X_I}$	$\frac{Y}{ABSCISAS}$	$\frac{Y_d}{X_d}$

Fuente: López D. (2020)

En este caso como se tienen los valores en X_i y Y_i , se adicionan a los extremos el valor de cero (0) en el valor de Y y $B/2$ en el valor de X . Se parte desde el centro, multiplicando las siguientes variables: $(Y * X_i) + Y_i + B/2 (Y * X_d + Y_d * B/2)$; en el sentido contrario sería: $(0 * Y_i + X_i * 0 + 0 * Y_d + X_d * 0)$

El resultado de la multiplicación reducida quedaría de la siguiente manera

$$A_c = \left(\frac{B}{2} * (Y_d + Y_i) \right) + Y (X_d + X_i)$$

Sección mixta simple en recta

De igual manera en este caso, se deben de calcular dos áreas ya que corresponden respectivamente a la sección de corte y sección de terraplén

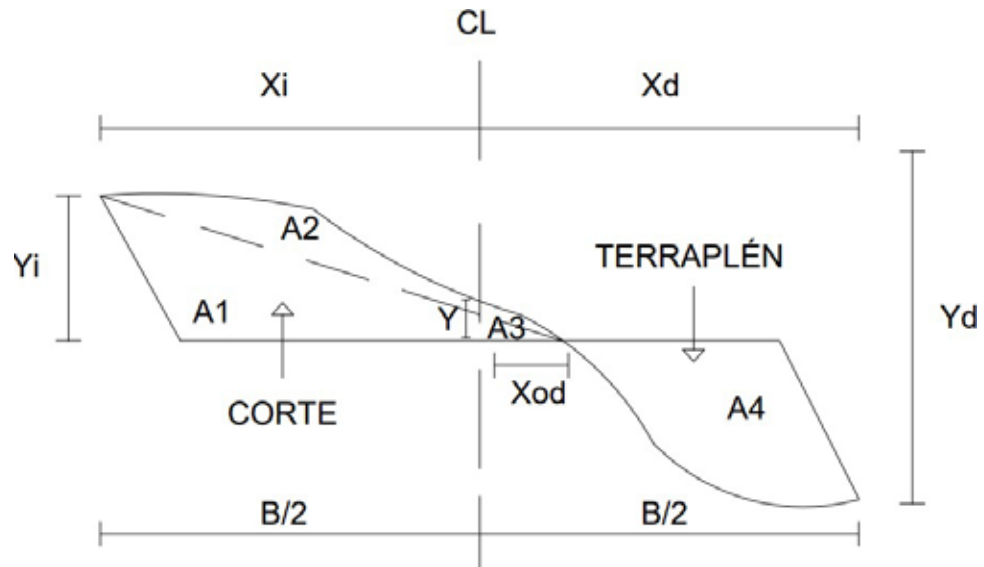


Figura 19. Sección mixta simple en recta por método de chaflanes

Fuente: López D. (2020)

La cartera de chaflanes quedaría de la siguiente manera:

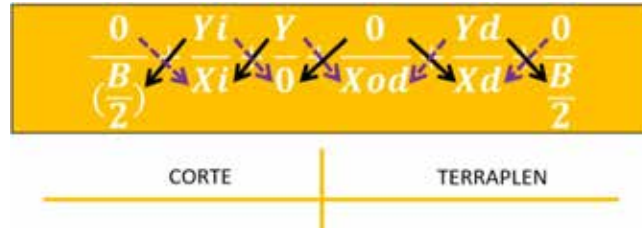
Tabla 5. Cartera de chaflanes a sección mixta simple en curva

IZQUIERDO	CENTRO		DERECHO
$\frac{Y_i}{X_i}$	$\frac{Y}{ABSCISA}$	$\frac{00}{X_{od}}$	$\frac{Y_d}{X_d}$

Fuente: López D. (2020)

Sustituyendo los valores que se encuentran en la sección

Tabla 6. Cartera de chaflanes a sección mixta simple en curva



Fuente: López D. (2020)

En este caso, se aplicaría la misma distribución que en el caso anterior. Las ecuaciones de área quedarían de la siguiente manera

Área en corte

$$A_c = \frac{1}{2} \left[(Y * X_i) + \left(Y_i * \frac{B}{2} \right) + (Y * X_{od}) \right] - [(0 * Y_i) + (X_i * 0) + (0 * 0)]$$

Si se reduce la ecuación, quedaría:

$$A_t = \frac{1}{2} \left[Y(X_i + X_{od}) + Y_i \left(\frac{B}{2} \right) \right]$$

Área en terraplén

$$A_t = \frac{1}{2} \left[(0 * X_d) + \left(Y_d * \frac{B}{2} \right) \right] - [(X_{od} * Y_d) + (X_d * 0)]$$

Reducida quedaría expresada de la siguiente manera:

$$A_t = \left[Y_d \left(\frac{B}{2} - X_{od} \right) \right]$$

Sección homogénea simple en curva

Como en todos los casos mencionados anteriormente, aquí se une el peralte y sobre-ancho de la sección transversal

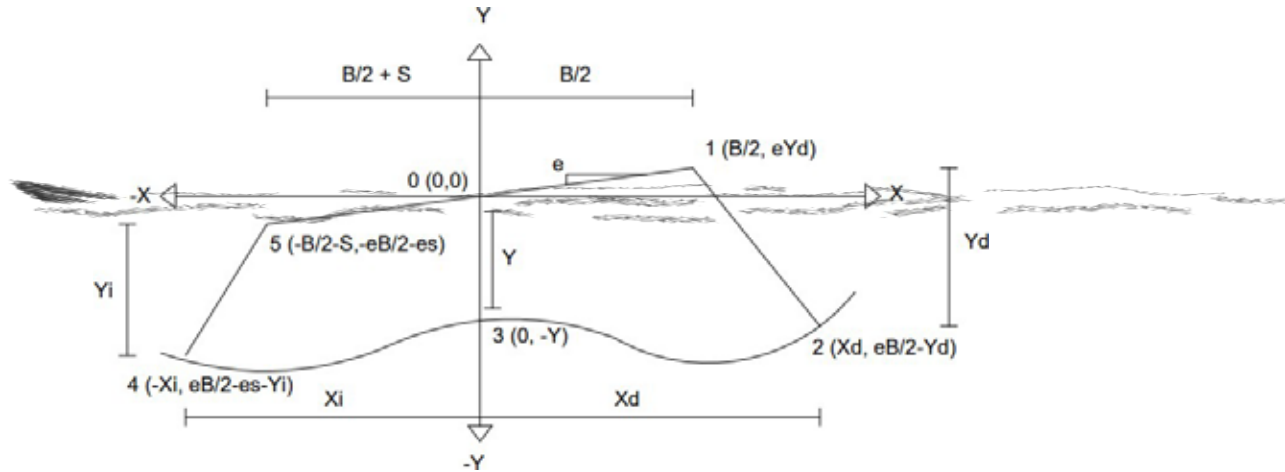
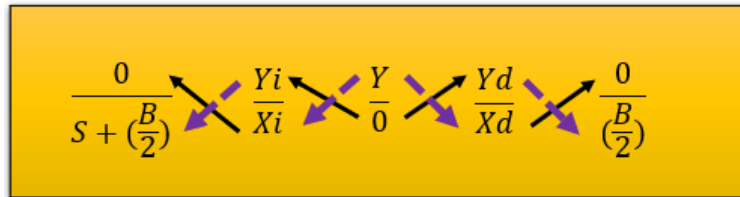


Figura 20. Sección homogénea simple en curva por método de chaflanes

Fuente: López D. (2020)

La cartera de chaflanes quedaría de la siguiente manera.

Tabla 7. Cálculo de área por método de chaflanes



Fuente: López D. (2020)

Con la cartera de chaflanes mostrada, el área de la sección nos quedaría de la siguiente manera

$$At = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{B}{2} + S \right) Yi + Y(Xi + Xd) + Yd \left(\frac{B}{2} \right) \right]$$

Sección mixta en curva

El cálculo de área de secciones mixta en curva se realiza únicamente por el método de los chaflanes, esto es debido a que se tiene una variación de altura a lo largo de la sección. En este caso no se está tratando solamente de X_i , Y_i y X_d , Y_d , sino que se está tratando con valores de X_1 , X_2 , X_3 . En este caso se pueden tener diferencias de los puntos de la sección y esto conlleva a que exista una irregularidad en el terreno es por esto que el método más factible para conseguir su área total es por el método de la cartera de chaflanes.

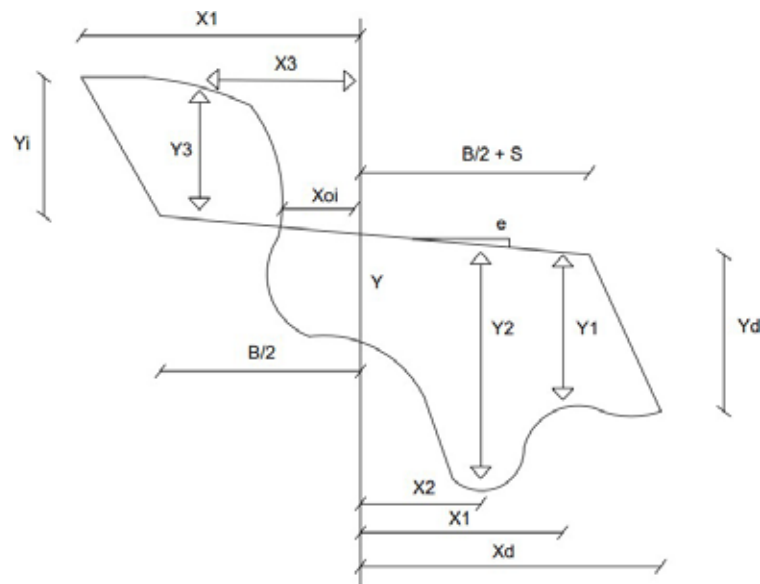
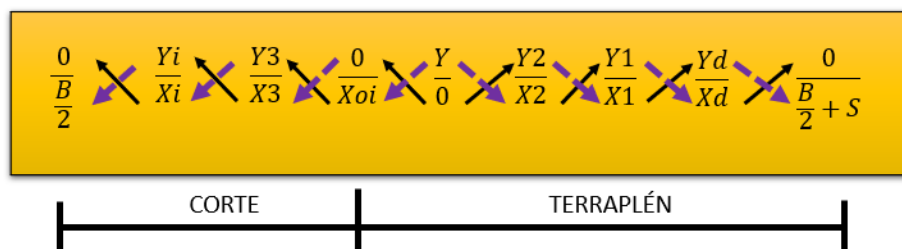


Figura 21. Sección mixta simple en curva por método de chaflanes

Fuente: López D. (2020)

La cartera de chaflanes quedaría de la siguiente manera

Tabla 8. Cálculo de área por método de chaflanes



Fuente: López D. (2020)

Las áreas de corte y terraplén quedan expresadas de la siguiente manera

Área sección en corte

$$A_c = \frac{1}{2} \left[Y_i \left(\frac{B}{2} - X_3 \right) + Y_3 (X_i - X_{oi}) \right]$$

Área sección en terraplén

$$A_t = \frac{1}{2} \left[Y (X_{oi} + X_2) + Y_d \left(\frac{B}{2} + S - X_1 \right) + Y_1 (X_d - X_2) + Y_2 (X_1) \right]$$

EJEMPLOS DE CÁLCULO DE ÁREA

Se utilizó el programa Excel para desarrollar tablas que puedan calcular y graficar de manera directa las áreas de las secciones con las cuales se esté trabajando. Este medio puede ser utilizado en caso de buscar de manera rápida y eficaz los resultados se necesiten o en su defecto, poder comprobar los resultados a la hora de estudiar

SECCIÓN HOMOGÉNEA SIMPLE EN RECTA

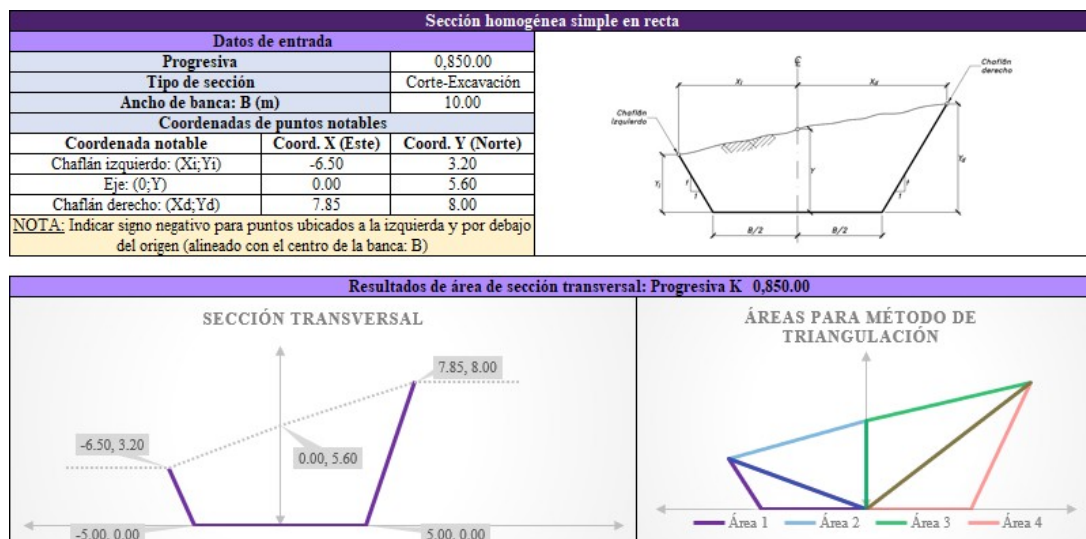


Figura 22. Sección homogénea simple en recta

Fuente: López D. (2020)

Cálculo de área a través de los métodos

Método de triangulación	Método de coordenadas		Método de chafalanes				
Área 1: A1 (m ²) = 8.00	Características		Izquierda	Centro	Derecha		
Área 2: A2 (m ²) = 18.20	Norte	Este	3.20	5.60	8.00		
Área 3: A3 (m ²) = 21.98	0.00	-5.00	6.50	0.00	7.85		
Área 4: A4 (m ²) = 20.00	3.20	-6.50					
Área total de corte: Ac (m ²) = 68.18	5.60	0.00					
	8.00	7.85					
	0.00	5.00					
	0.00	-5.00					
	Área total de corte:		Izquierda	Centro	Derecha		
	Ac (m ²) = 68.18		0.00	3.20	5.60	8.00	0.00
			5.00	6.50	0.00	7.85	5.00
			Área total de corte: Ac (m ²) = 68.18				

Figura 23. Resultados de cálculo de área en sección homogénea simple en recta

Fuente: López D. (2020)

Como se puede apreciar en la figura 23 el resultado del área total de la sección se da de manera directa en los tres métodos. Se puede ver que el resultado final es el mismo en los tres casos

SECCIÓN MIXTA SIMPLE EN RECTA

Sección mixta simple en recta		
Datos de entrada		
Progresiva	850.00	
Tipo de sección	Relleno+Corte con cero lateral a la derecha	
Ancho de banca: B (m)	10.00	
Coordenadas de puntos notables		
Coordenada notable	Coord. X (Este)	Coord. Y (Norte)
Chufán izquierdo: (X _i , Y _i)	6.80	3.28
Eje: (0, Y)	-1.20	0.00
Cero lateral a la derecha: (X _{od} , 0)	0.00	-2.58
Chufán derecho: (X _d , Y _d)	10.18	-3.52
NOTAS: (1) Indicar signo negativo para puntos ubicados a la izquierda y por debajo del origen (alineado con el centro de la banca B). (2) Al tratar secciones con cero en el origen, indicar los datos correspondientes en las filas indicadas.		

Figura 24. Sección mixta en recta simple

Fuente: López D. (2020)

El cálculo de área quedaría expresado de la siguiente manera

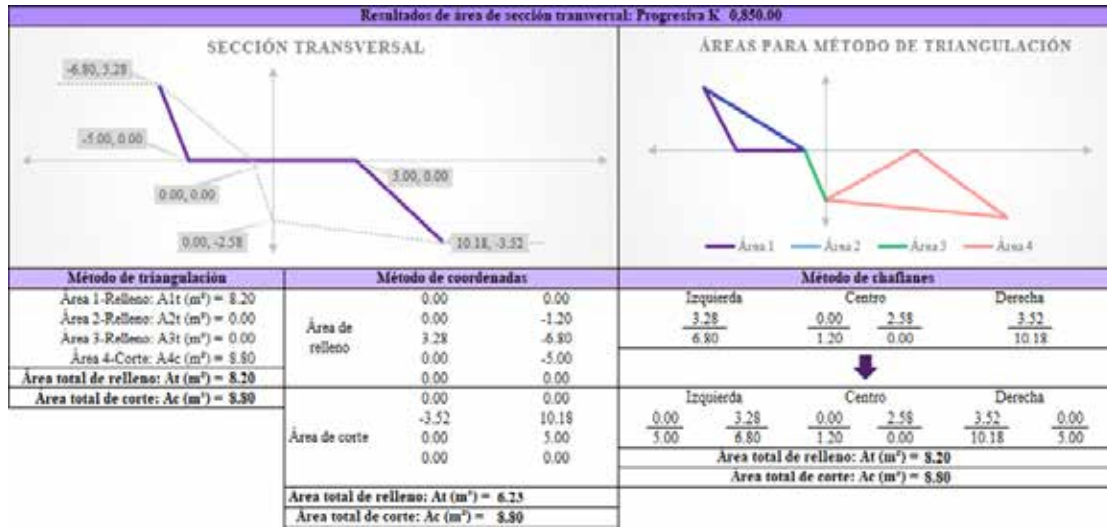


Figura 25. Resultados de cálculo de área en sección mixta simple en recta

Fuente: López D. (2020)

SECCIÓN HOMOGÉNEA SIMPLE EN CURVA

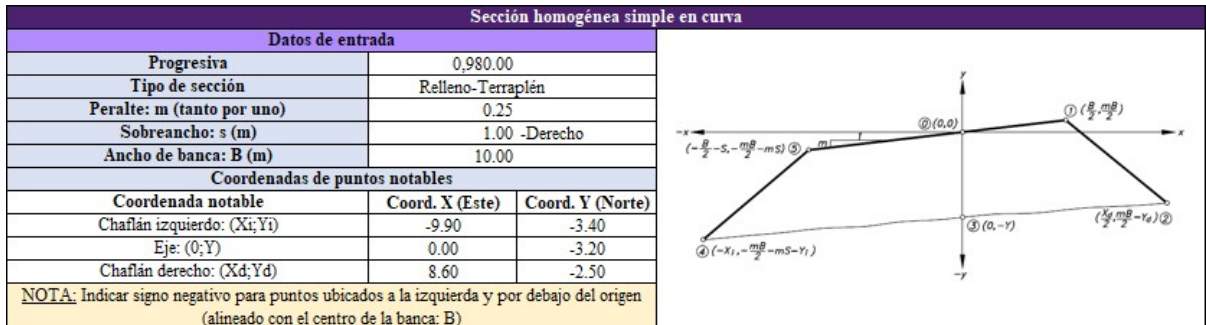


Figura 26. Sección homogénea simple en curva

Fuente: López D. (2020)

Cálculo a través de los tres métodos

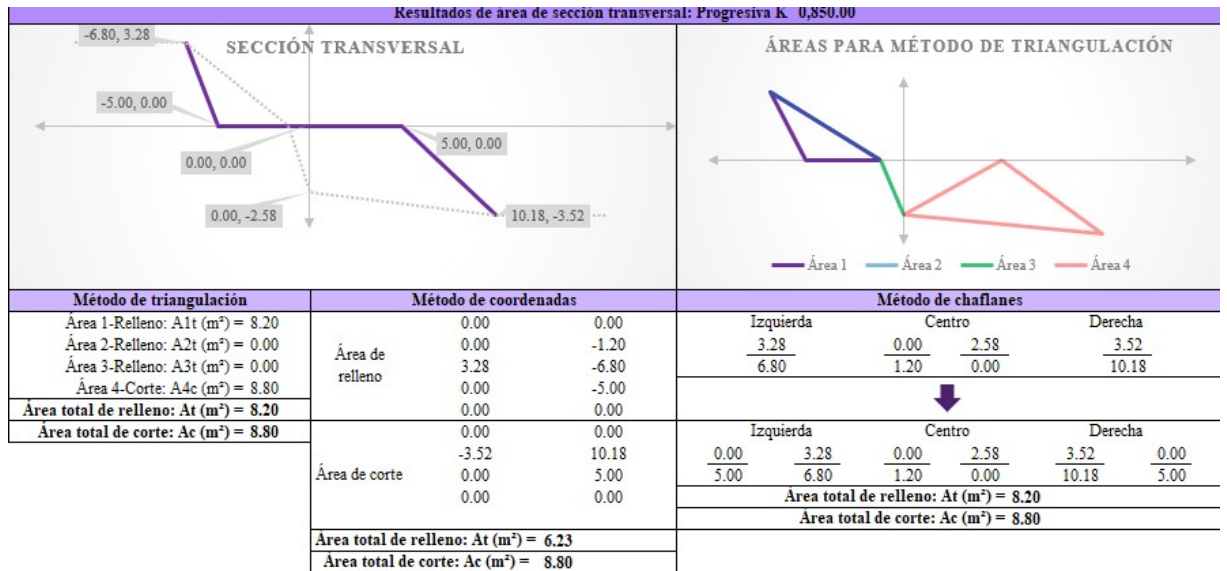


Figura 27. Resultados de cálculo de área en sección mixta simple en curva

Fuente: López D. (2020)

SECCIÓN MIXTA SIMPLE EN CURVA

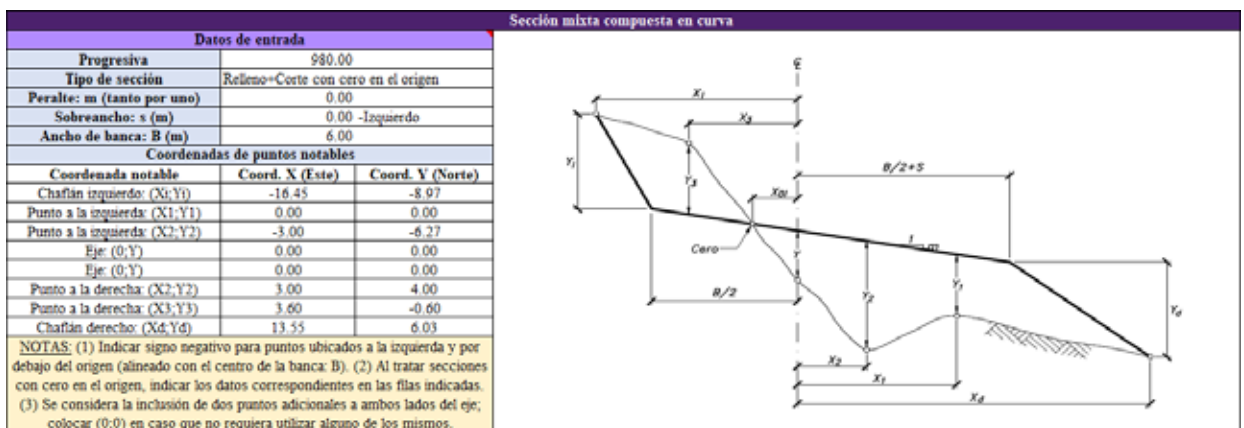


Figura 28. Sección mixta simple en curva

Fuente: López D. (2020)

Cálculo de área por método de los chaflanes

Resultados de área de sección transversal: Progresiva K 0,980.00									
Método de chaflanes									
<p>NOTA: Solo se desarrolla el Método de chaflanes por considerar que es el único método que permite abarcar toda el área de la sección, con resultados matemáticamente correctos, dada la variabilidad de las secciones compuestas según el terreno tratado.</p>	Izquierda			Centro		Derecha			
	0.00	8.97	6.27	0.00	0.00	4.00	0.60	6.03	
	0.00	16.45	3.00	0.00	0.00	3.00	3.60	13.55	
	↓								
	Izquierda			Centro		Derecha			
0.00	0.00	8.97	6.27	0.00	0.00	4.00	0.60	6.03	0.00
0.00	3.00	16.45	3.00	0.00	0.00	3.00	3.60	13.55	3.00
Área total de relleno: At (m²) = 51.57									
Área total de corte: Ac (m²) = 8.56									

Figura 29. Resultado de cálculo de área por método de chaflanes en sección mixta simple en curva

Fuente: López D. (2020)

CAPÍTULO VI

VOLUMEN EN SECCIONES TRANSVERSALES

6.1 Volumen

El volumen es una magnitud métrica de tipo escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, ya que en un ortoedro se halla multiplicando tres longitudes: el largo, el ancho y la altura. Matemáticamente el volumen es definible no sólo en cualquier espacio euclídeo, sino también en otro tipo de espacios métricos.

6.2 Prismoide

Un prismoide es conocido como un volumen irregular limitado por dos caras planas y paralelas correspondientes a las secciones transversales y lateralmente por los planos de los taludes, el plano de la banca y la superficie natural del terreno. El volumen de un prismoide se calcula estableciendo relación entre la suma de las áreas de las bases y la distancia entre las mismas.

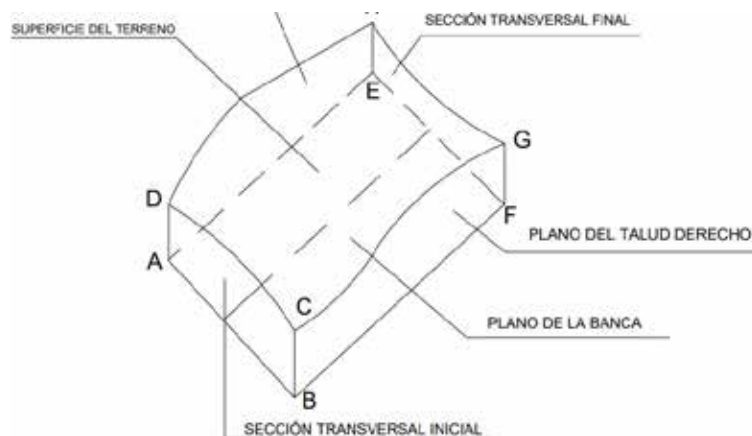


Figura 30. Representación de un prismoide

Fuente: López D. (2020)

La fórmula principal para el cálculo de volumen de un prismoide, se expresa de la siguiente manera

$$V = \frac{L}{6}(A1 + A2 + 4Am)$$

$$Am = \frac{A1 + A2}{2}$$

6.3 Tronco de piramoide y piramoide

El tronco de piramoide y piramoide es la deformación existente del prismoide. El cálculo de estos dos elementos varía dependiendo de la sección transversal con la cual se esté trabajando. Antes del cálculo de volumen, se deben de calcular en base al resultado que dieron las áreas. En secciones mixtas se trabaja con este método por las irregularidades que puede llegar a presentar el terreno.

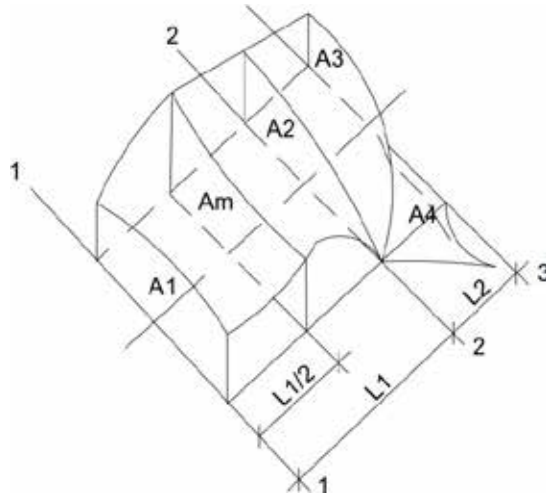


Figura 31. Representación de piramoide y tronco de piramoide

Fuente: López D. (2020)

Fórmula del piramoide y tronco de piramoide

$$V = \frac{L}{3}(A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2})$$

Para realizar el cálculo de volumen de las secciones transversales, se debe de saber con claridad los tipos de secciones. En el caso del prismoide, este tipo de cálculo de volumen se asocia directamente a secciones homogéneas ya que presentan sólo una sección de corte o solo una sección de terraplén. En el caso de tronco de piramoide y piramoide, se asocian automáticamente a secciones mixtas, en donde se presente corte y terraplén

¿Cómo diferenciar el tronco de piramoide de un piramoide?

La manera para diferenciar un tronco de piramoide de un piramoide, es que hay secciones mixtas en donde el cambio de corte a terraplén sucede en el centro del eje y hay secciones en donde dicho cambio sucede antes o después del centro del eje. Cuando nos encontramos con el primer caso, eso quiere decir que la sección transversal es un piramoide y cuando nos encontramos con el segundo caso, es un tronco de piramoide

En este caso, el estudiante o ingeniero a realizar un cálculo de volumen de movimiento de tierra, debe de tener un conocimiento y saber interpretar la figura que se esté presentando para así saber identificar la sección transversal

CÁLCULO DE VOLUMEN

En la herramienta Excel, con los datos de los cálculos de áreas obtenidos anteriormente, se puede calcular de manera automática el volumen e indicar que tipo de volumen de sección es. Sea ya un prismoide, tronco de piramoide o piramoide.

Material	Factor de Abundamiento	Factor de Reducción
Roca Suelta	1.35	0.725

CÁLCULO DE VOLUMEN												
SECCIÓN		CÓDIGO	PROGRESIVA	ÁREA		LONGITUD	VOLUMEN				DIFERENCIA DE VOLUMENES	ORDENADA DE MASAS
CORTE	TERRAPLEN			CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	CORTE AJUSTADO	TERRAPLEN AJUSTADO		
		C	0.15.00	70.05	0							
TRONCO DE PIRAMOIDE	PRISMOIDE	C	0.15.00	70.05	0	5	141.69	39.13	191.28	53.97	137.31	137.31
		CR	0.20.00	6.23	23.48							
TRONCO DE PIRAMOIDE	PRISMOIDE	CR	0.20.00	6.23	23.48	10	196.76	78.27	265.63	107.96	157.67	294.98
		C	0.30.00	45.6	0							
TRONCO DE PIRAMOIDE	PRISMOIDE	C	0.30.00	45.6	0	10	356.76	28.53	481.63	39.35	442.28	737.26
		CR	0.40.00	51.57	8.56							

Figura 32. Cálculo de volumen de secciones transversales

Fuente: López D. (2020)

CAPÍTULO VII DIAGRAMA DE MASAS

7.1 Diagrama de Masas

El diagrama de masa es la representación gráfica del volumen de tierra a mover y es la representación de las distancias en las cuales se debe de transportar, en un tramo determinado de la carretera en construcción. En el gráfico de diagrama de masas, se pueden ver las abscisas y las ordenadas las cuales indican las sumas algebraicas de los volúmenes acumulados de los cortes y terraplenes, a partir de un punto de origen en el perfil longitudinal de la carretera

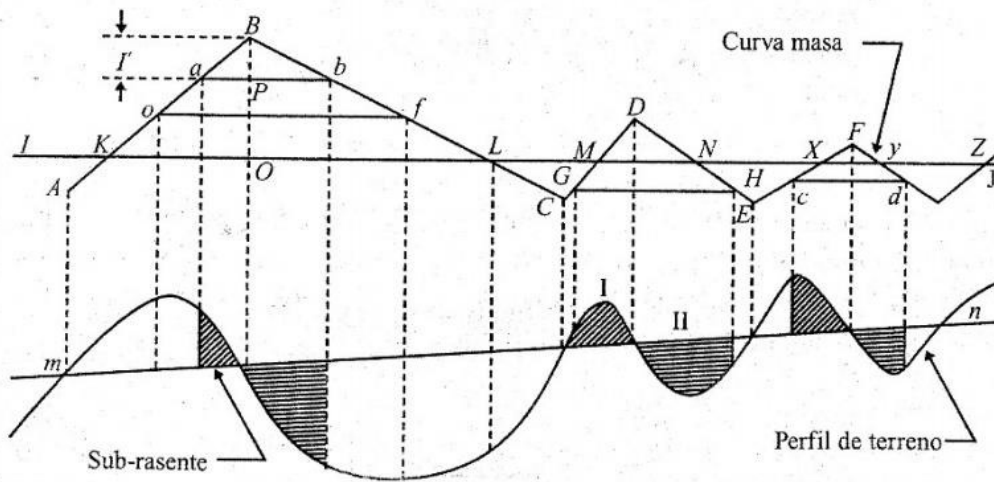


Figura 34. Diagrama de masas

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

Para lograr realizar el diagrama de curva de masa, se deben de calcular las ordenadas de la sección. La cual consiste en calcular la variación existente entre el volumen de corte y el volumen de terraplén. Se puede obtener desde un dato base y se suma o se resta dependiendo del signo que tenga la suma algebraica

El diseño de la gráfica se expresa a través de un eje de coordenadas cartesianas en donde el eje X representa las distancias y el eje Y representa los volúmenes de movimiento de tierra existentes en la sección

En el punto superior máximo de la curva se refiere a la variación existente de corte a terraplén y en el punto más bajo de las curvas de masa, se refiere a la existencia de una variación de terraplén a corte.

Se tomará en cuenta el mismo ejemplo de cómo quedaría el diagrama de masas o curva de masa

Tabla de ordenadas y volúmenes

SECCIÓN		CORTADO	ÁREA		LONGITUD	CÁLCULO DE VOLUMEN				DIFERENCIA DE VOLUMENES	ORDENADA DE MASAS
CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	CORTE AJUSTADO	TERRAPLEN AJUSTADO		
		C	0.15.00	70.05	0						
TRONCO DE PIRAMIDE	PRISMOIDE	C	0.15.00	70.05	0	5	141.69	39.13	191.28	53.97	137.31
		CR	0.20.00	6.23	23.48						
TRONCO DE PIRAMIDE	PRISMOIDE	CR	0.20.00	6.23	23.48	10	196.76	78.27	265.63	107.96	157.67
		C	0.30.00	45.6	0						
TRONCO DE PIRAMIDE	PRISMOIDE	C	0.30.00	45.6	0	10	356.76	28.53	481.63	39.35	442.28
		CR	0.40.00	51.57	8.56						

Figura 35. Representación de las distancias y las ordenadas de masa

Fuente: López D. (2020)

El diagrama de masas quedaría de la siguiente manera

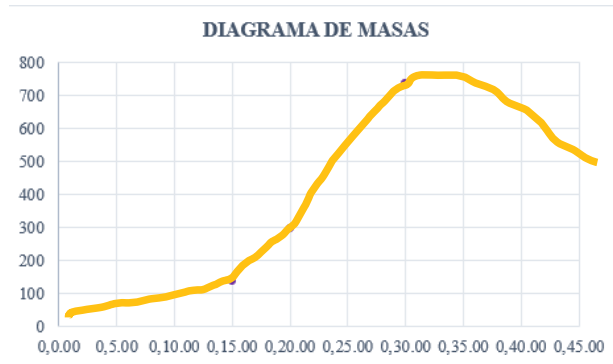


Figura 36. Diagrama de masa

Fuente: López D. (2020)

EJERCICIO: CÁLCULO DE ÁREA Y VOLUMEN EN SECCIONES TRANSVERSALES

En la cartera de chaflanes se pide:

- a) Graficar cada una de las secciones transversales
- b) Calcular el área, volumen y diagrama de masas de las secciones transversales

IZQUIERDA	EJE CENTRAL	DERECHA
0.00	+1.22	+3.32
5.00	1.60	380
-3.28	0.00	+2.58
6.80	1.20	384
-4.46	0.00	0.00
7.20	386	9.60
		+2.84
		3.60
		10.20
		+3.52
		10.18
		+2.96
		9.60

Figura 37. Cartera de Chaflanes

Fuente: López, D. (2020)

En la figura 37 se puede apreciar el terreno que nos dan. En esa sección se forman tres secciones transversales

SECCIÓN 1. SECCIÓN MIXTA

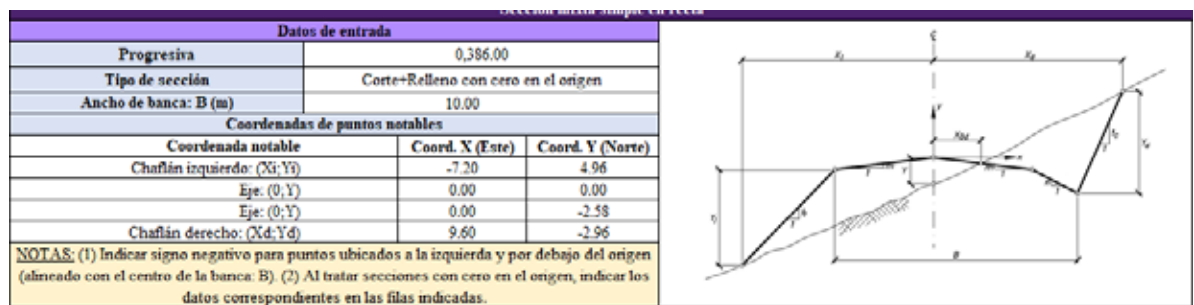


Figura 38. Cálculo de sección mixta

Fuente: López, D. (2020)

RESULTADOS CÁLCULO DE ÁREA SECCIÓN #1

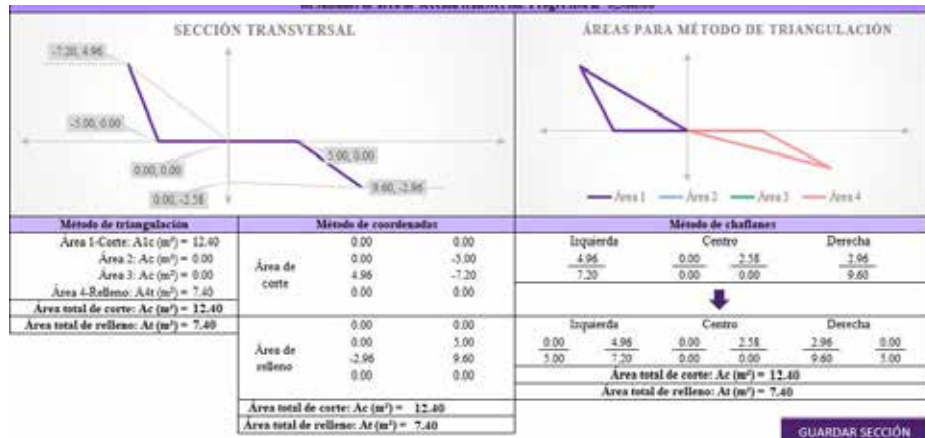


Figura 39. Resultados sección #1

Fuente: López, D. (2020)

SECCIÓN #2

Se encuentra una sección mixta

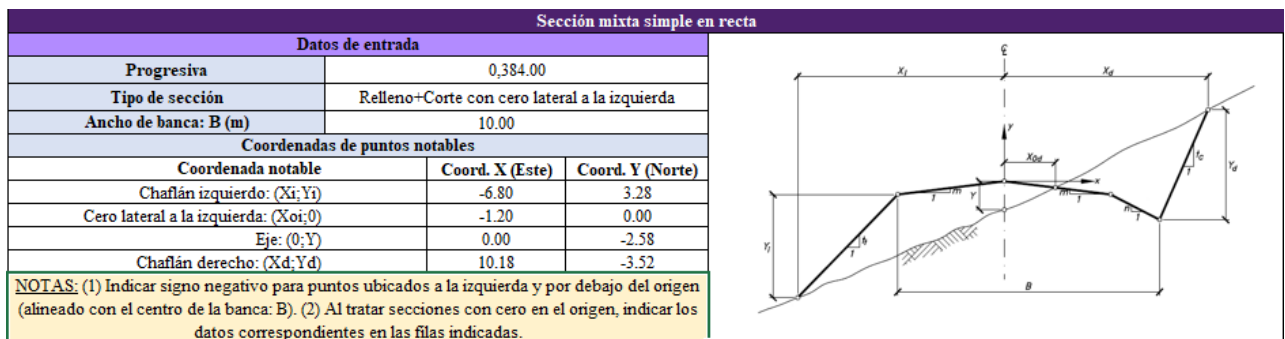


Figura 40. Datos sección 2

Fuente: López, D. (2020)

RESULTADOS DE LA SECCIÓN 2

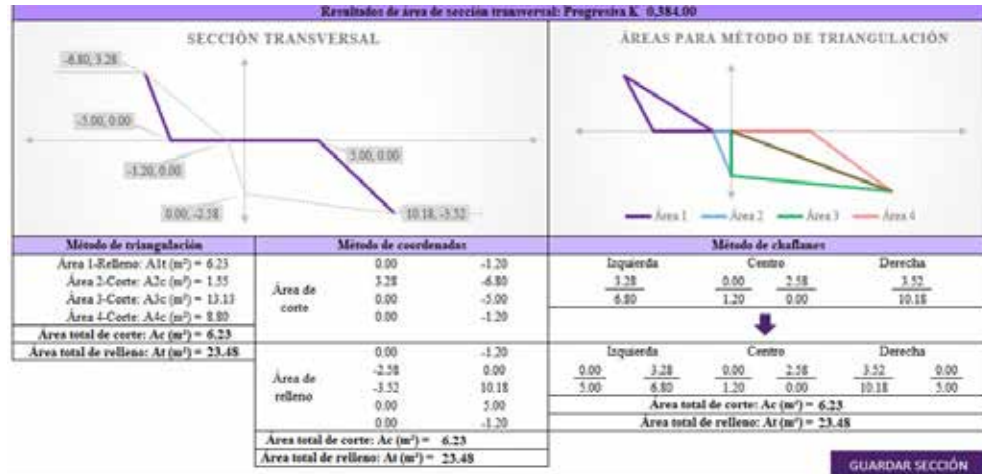


Figura 41. Resultados sección 2
Fuente: López, D. (2020)

CÁLCULO SECCIÓN 3

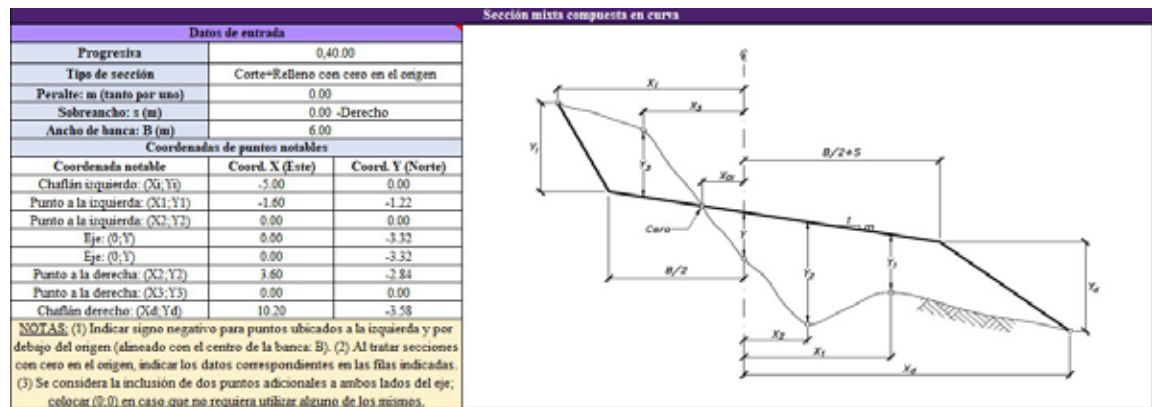


Figura 42. Datos sección 3
Fuente: López, D. (2020)

CÁLCULO DE VOLUMEN Y DIAGRAMA DE MASAS

CÁLCULO DE VOLUMEN												
SECCION		COTADO	PROGRESIVA	ÁREA		LONGITUD	VOLUMEN				DIFERENCIA DE VOLUMENES	ORDENADA DE MASAS
CORTE	TERRAPLEN			CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	CORTE AJUSTADO	TERRAPLEN AJUSTADO		
		C	0,15.00	70.05	0							
PIRAMOIDE	0	C	0,15.00	70.05	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		C	0,15.00	70.05	0							
PIRAMOIDE	0	C	0,15.00	70.05	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		C	0,15.00	70.05	0							
TRONCO DE PIRAMOIDE	PRAMOIDE	C	0,15.00	70.05	0	5	141.69	39.13	191.28	53.97	137.31	137.31
		CR	0,20.00	6.23	23.48							
TRONCO DE PIRAMOIDE	TRONCO DE PIRAMOIDE	CR	0,20.00	6.23	23.48	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	137.31
		CR	0,20.00	12.4	6.15							
TRONCO DE PIRAMOIDE	PRAMOIDE	CR	0,20.00	12.4	6.15	10	218.72	20.50	295.27	28.28	266.99	404.30
		C	0,30.00	45.6	0							

Figura 42. Resultados de cálculo de volumen

Fuente: López, D. (2020)

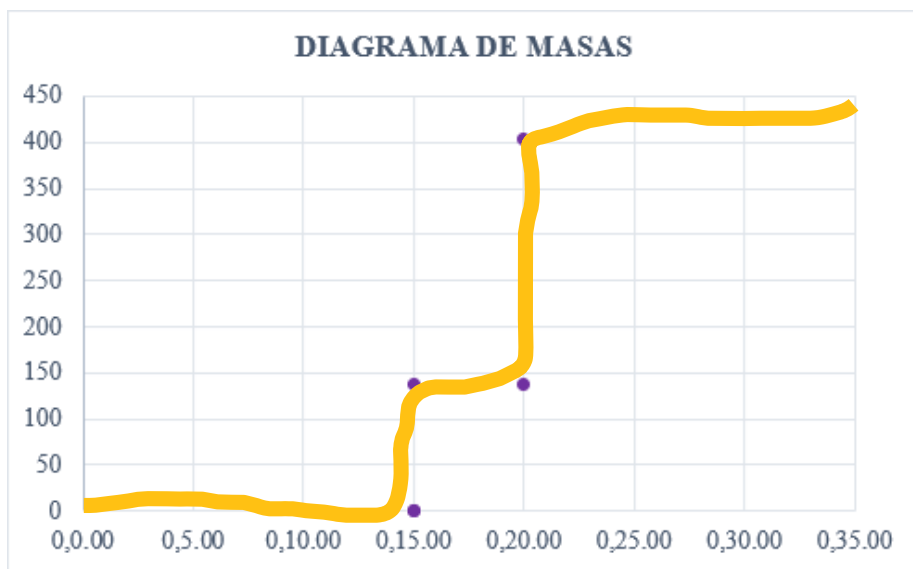


Figura 43. Diagrama de masa

Fuente: López, D. (2020)

Ejercicio #1

A través de la siguiente cartera de chaflanes. Calcular el área, volumen y graficar diagrama de masas. Dibujar cada sección transversal que se forma en el terreno

IZQUIERDA		EJE CENTRAL		DERECHA	
0.00	+1.22	+1.50	-3.60	-1.90	
<u>5.00</u>	<u>1.60</u>	<u>344</u>	<u>1.80</u>	<u>3.60</u>	
13.40	0.00	+4.63	-1.90	-5.50	
<u>8.90</u>	<u>1.20</u>	<u>348</u>	<u>3.60</u>	<u>10.18</u>	
16.60		0.00		-3.45	
<u>11.80</u>		<u>400</u>		<u>9.60</u>	

Figura 44. Cartera de chaflanes

Fuente: López, D. (2020)

CAPÍTULO VIII

RENDIMIENTO DE MAQUINARIA

8.1 Maquinaria para movimiento de tierra

Las maquinarias para el movimiento de tierra se caracterizan por ser equipos autopropulsados los cuales presentan de gran utilidad en la construcción de caminos, carreteras, ferrocarriles, túneles, aeropuertos, obras hidráulicas y edificaciones. La función principal que presenta las maquinarias es para soltar y mover tierra, elevar y cargar la tierra en equipos funcionales para transportar, distribuir y compactar la tierra. En esta etapa se debe tener en cuenta el ciclo de trabajo, el tiempo del ciclo, la producción, los tipos de excavación, entre otros parámetros.

Ciclo

El ciclo es el conjunto de operaciones necesarias que se repiten en varias ocasiones para ser llevadas a cabo.

Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo es el tiempo invertido en realizar un ciclo completo. Se compone de tiempos fijos y de tiempos variables.

Producción

La producción es el número de unidades de trabajo que se realiza en la unidad de tiempo.

Maquinarias

Las maquinarias para el movimiento de tierra se caracterizan por ser equipos autopropulsados utilizados en la construcción de caminos, carreteras, ferrocarriles, túneles y aeropuertos.

Entre ellos tenemos:

Trituradoras de rodillo

Son utilizados para producir reducciones adicionales en los tamaños de piedra después de la salida de la cantera.

Trituradora giratoria

En este caso, la piedra se somete a una reducción en el tamaño hasta que al final pasa a través de una abertura existente en la parte inferior de la cámara

Retrocargadora mixta

Se emplea básicamente para abrir zanjas destinadas a tuberías, cables, drenajes y para la excavación de cimientos de edificios

Bulldozer

Remueve y empuja la tierra con una cuchilla frontal

Excavadora

Es usada normalmente para la apertura de surcos los cuales son destinados al pasaje de tuberías, drenajes, cables, entre otros. También se usa para excavar cimientos o rampas solares. Este trabaja sobre el terreno con una cuchara con la que arranca los materiales que arrastra y deposita por fuera de la zona de excavación

Compactadora

Se encarga de estabilizar la tierra. En los terrenos se utilizan diferentes tipos de compactadoras, esto varía dependiendo de la naturaleza de terreno y de cómo se va a trabajar

Cálculo de rendimiento de dragas y palas

Una draga es un equipo que puede estar instalado en una embarcación o tierra firme, que se utiliza para excavar material debajo del nivel del agua, y luego elevarlo hasta la superficie. Estas operaciones se pueden realizar en canales navegables, en puertos, dársenas o embalses.

Draga

-Tiempo de trabajo

$$Tt = \#Semanas * \#Días * \#Horas$$

-Tiempo perdido en obras

$$T_p = \frac{T_t * \#Semanas}{100}$$

-Tiempo real de trabajo

$$T_r = T_t - T_p$$

-Área de sección transversal

$$A = \frac{B_m + B_m}{2} * h$$

-Volumen del banco

$$V = A * L$$

-Rendimiento Requerido

$$R_r = \frac{V}{T_r}$$

-Chequeo de condiciones de obra y administración

Condiciones de obra	Condiciones de administración			
	Excelentes	Buenas	Medianas	Malas
Excelentes	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.78	0.75	0.71	0.65
Medianas	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.63	0.61	0.57	0.52

Figura 37. Condiciones de administración

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

-Rendimiento Afectado

$$Ra = \frac{Rr}{F}$$

-Chequeo de rendimiento

Clase de material	Tamaños del balde en metros cúbicos y yardas cúbicas, respectivamente								
	0.287 3/8	0.382 1/2	0.573 3/4	0.765 1.0	0.956 1-1/4	1.147 1-1/2	1.338 1-3/4	1.530 2.0	1.912 2-1/2
Arcilla arenosa ligera	54	73	99	122	149	168	187	203	233
	70	95	130	160	195	220	245	265	305
	1.55	1.67	1.83	2.0	2.14	2.25	2.32	2.44	2.58
Arena y grava	50	69	96	119	142	161	180	195	226
	65	90	125	155	185	210	235	255	295
	1.55	1.67	1.83	2.0	2.14	2.25	2.32	2.44	2.58
Tierra blanda común	42	57	80	103	126	145	161	176	203
	55	75	105	135	165	190	210	230	265
	1.83	2.05	2.25	2.44	2.58	2.74	2.85	2.99	3.25
Arcilla dura y gruesa	27	42	69	84	103	122	138	149	176
	35	55	90	110	135	160	180	195	230
	2.23	2.44	2.65	2.84	3.05	3.25	3.45	3.60	3.75
Arcilla húmeda y pegajosa	15	23	42	57	73	84	99	111	134
	20	30	55	75	95	110	130	145	175
	2.23	2.44	2.65	2.84	3.05	3.25	3.45	3.60	3.75

Figura 38. Tamaños de baldes

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

-Porcentaje de corte

$$\% \text{ de corte} = \frac{hc}{hm} * 100$$

-Porcentaje de profundidad Óptima

Porcentaje de profundidad óptima	Ángulo de oscilación							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1.06	0.99	0.94	0.90	0.87	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.80	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.19	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.98	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.10	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.05	0.98	0.94	0.90	0.82	0.76	0.71
200	1.10	1.00	0.94	0.90	0.87	0.79	0.73	0.69

Figura 39. Ángulo de oscilación

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

-Rendimiento Ideal

$$Ri = \frac{Ra}{F}$$

NOTA: DEBE DE CUMPLIR EL RENDIMIENTO IDEAL CON RESPECTO AL PASO ANTERIOR. EN CASO DE QUE NO, SE DEBE DE ESCOGER OTRO VOLUMEN.

-Cálculo de volumen real

$$Vr = Rr * 1.30$$

-Dimensiones de altura y base

$$V = \frac{\pi * r^2 * h}{3} \quad \rightarrow \quad r = h \text{ se tiene que } h = \sqrt[3]{\frac{3V}{\pi}}$$

-Determinar espacio total

$$Et = Canal + Berma + Centro Banca$$

-Rangos de trabajo para dragas

RANGOS DE TRABAJO PARA DRAGAS CON CONTRAPESOS MÁXIMOS						
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 15 m. (50 pies).						
Capacidad en kg.	5,455	5,455	5,455	5,455	5,455	5,455
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	45
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	16.80	15.20	15.20	13.70	13.70	12.20
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	3.05	4.25	5.50	6.70	7.30	8.20
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.55	7.30	6.10
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 18 m. (60 pies).						
Capacidad en kg.	4,750	5,000	5,350	5,455	5,455	5,455
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	45
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	19.80	18.30	16.75	16.75	15.90	15.75
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	3.95	5.50	6.70	7.95	9.50	10.70
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.55	7.30	6.10
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 21.30 m. (70 pies)						
Capacidad en kg.	3,630	3,850	4,160	4,550	5,000	5,350
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	45
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	22.80	22.30	21.30	19.80	18.30	16.75
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	5.50	7.00	8.55	9.75	11.30	12.80
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.55	7.30	6.10
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 24.40 m. (80 pies).						
Capacidad en kg.	2,730	3,040	3,260	3,590	3,910	4,440
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	45
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	26.2	24.60	24.10	22.80	21.40	19.80
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	6.71	8.25	10.10	11.90	12.80	14.30
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.55	7.30	6.10

Figura 40. Rangos de contra peso

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

PALA

En este caso se realiza el mismo procedimiento que en los casos anteriores. La variación que existen es con respecto al chequeo de rendimiento y porcentaje de profundidad óptima

-Chequeo de rendimiento

RENDIMIENTOS IDEALES EN METROS CÚBICOS Y EN YARDAS CÚBICAS POR HORA, Y PROFUNDIDADES ÓPTIMAS DE CORTE, EN METROS, DE LAS PALAS								
Tipo de material	Tamaño del cucharón en metros cúbicos y en yardas cúbicas, respectivamente							
	0.287 3/8	0.382 1/2	0.573 3/4	0.765 1	0.956 1-1/4	1.147 1-1/2	1.338 1-3/4	1.530 2
Arcilla arenosa	1.15 m 65 m ³ 85 yd ³	1.40 m 88 m ³ 115 yd ³	1.62 m 126 m ³ 165 yd ³	1.83 m 157 m ³ 205 yd ³	1.98 m 191 m ³ 250 yd ³	2.14 m 218 m ³ 285 yd ³	2.25 m 245 m ³ 320 yd ³	2.40 m 272 m ³ 355 yd ³
Arena y grava	1.40 61 80	1.58 84 110	1.62 119 155	1.83 153 200	1.98 176 230	2.14 206 270	2.25 229 300	2.40 252 330
Tierra común blanda	1.40 54 70	1.75 73 95	2.05 103 135	2.35 134 175	2.60 161 210	2.80 183 240	2.95 206 270	3.10 229 300
Arcilla dura y gruesa	1.90 38 50	2.15 57 75	2.44 84 110	2.75 111 145	3.00 138 180	3.25 161 210	3.50 180 235	3.75 203 265
Roca bien desmenuzada	31 40	46 60	73 95	96 125	119 155	138 180	157 205	176 230
Tierra común con pedruzcos y raíces	30	38 50	61 80	80 105	99 130	119 155	138 180	153 200
Arcilla húmeda y pegajosa	1.83 19 25	2.13 31 40	2.44 54 70	2.74 73 95	2.98 92 120	3.26 111 145	3.50 126 165	3.72 142 185
Roca en grandes trozos	11 15	19 25	38 50	57 75	73 95	88 115	107 140	122 160

Figura 41. Rendimiento ideal

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

-Porcentaje de profundidad óptima

Porcentaje de profundidad óptima	Ángulo de oscilación en grados						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
80	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	1.03	0.96	0.90	0.85	0.75	0.67	0.62

Figura 42. Ángulo de oscilación

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

EJERCICIO DE DRAGA

Seleccionar una draga de arrastre para efectuar la excavación, en arcilla dura de una anja de sección trapecial de 6m de planta y 12m en su parte superior con una profundidad de 3m y de 4km de largo. El material que se excave se colocará como desperdicio, a un lado y a lo largo de la zanja dejando una berma de 6m entre la orilla de la excavación y la parte del material depositado como desperdicio, el cual tendrá un talud 1:1 en ambos lados. El peso volumétrico del material es de 1290kg/m³, el trabajo debe terminarse en 12 semanas de 8 días cada una de 12 horas cada uno. Se supondrá que perderá el 10% del tiempo por malas condiciones climáticas, las condiciones de la obra y la administración son buenas, suponga un ángulo de oscilación de 150°

SOLUCIÓN:

Tiempo para terminar el trabajo (Tt):

$$Tt = 12 \text{semanas} \quad 8 \text{días} \quad \text{oras} = 1152 \text{ oras}$$

Tiempo perdido (Tp):

$$Tp = 1152 \left(\frac{12}{100} \right) = 138 \text{ oras}$$

Tiempo real de trabajo (Tr):

$$Tr = 1152 - 138 = \text{oras}$$

Área de la sección transversal (A):

$$A = \frac{12 + 6}{2} \cdot 3 = 27 \text{ m}^2$$

Volumen del banco (V):

$$V = 27 \text{ m}^2 \cdot 4000 \text{ m} = 108000 \text{ m}^3$$

Rendimiento requerido (Rr):

$$Rr = \frac{108000 \text{ m}^3}{\text{Tr}} = 107 \frac{\text{m}^3}{\text{oras}}$$

Rendimiento afectado (Ra):

$$Ra = \frac{107 \frac{\text{m}^3}{\text{oras}}}{0.75} = 143 \frac{\text{m}^3}{\text{oras}}$$

Condiciones de obra	Condiciones de administración			
	Excelentes	Buenas	Medianas	Malas
Excelentes	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.78	0.75	0.71	0.65
Medianas	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.63	0.61	0.57	0.52

Figura 43. Condiciones de administración

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

Chequeo de rendimiento

Clase de material	Tamaños del balde en metros cúbicos y yardas cúbicas, respectivamente								
	0.287 3/8	0.382 1/2	0.573 3/4	0.765 1.0	0.956 1-1/4	1.147 1-1/2	1.338 1-3/4	1.530 2.0	1.912 2-1/2
Arcilla arenosa ligera	54	73	99	122	149	168	187	203	233
	70	95	130	160	195	220	245	265	305
	1.55	1.67	1.83	2.0	2.14	2.25	2.32	2.44	2.58
Arena y grava	50	69	96	119	142	161	180	195	226
	65	90	125	155	185	210	235	255	295
	1.55	1.67	1.83	2.0	2.14	2.25	2.32	2.44	2.58
Tierra blanda común	42	57	80	103	126	145	161	176	203
	55	75	105	135	165	190	210	230	265
	1.83	2.05	2.25	2.44	2.58	2.74	2.85	2.99	3.25
Arcilla dura y gruesa	27	42	69	84	103	122	138	149	176
	35	55	90	110	135	160	180	195	230
	2.23	2.44	2.65	2.84	3.05	3.25	3.45	3.60	3.75
Arcilla húmeda y pegajosa	15	23	42	57	73	84	99	111	134
	20	30	55	75	95	110	130	145	175
	2.23	2.44	2.65	2.84	3.05	3.25	3.45	3.60	3.75

Figura 44. Tamaño de balde

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

Se conoce que el Volumen es = 176 m³

Se conoce que la distancia es = 3.75m

Porcentaje de corte:

$$\% \text{ de corte} = \frac{3.00}{3.75} \cdot 100 = 80\%$$

Porcentaje de profundidad óptima

Porcentaje de profundidad óptima	Ángulo de oscilación							
	30	45	60	75	90	120	150	180
20	1.06	0.99	0.94	0.90	0.87	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.80	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.19	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.98	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.10	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.05	0.98	0.94	0.90	0.82	0.76	0.71
200	1.10	1.00	0.94	0.90	0.87	0.79	0.73	0.69

Figura 45. Ángulo de oscilación

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

Rendimiento real (Ri):

$$Ri = \frac{143 \frac{m^3}{m}}{0.82} = 174 \frac{m^3}{m}$$

Se abunda el material:

$$Va = 1.30 = 139 \frac{m^3}{m}$$

Como el banco se deposito es un cono:

Volumen del cono:

$$V = \frac{\pi R^2}{3} H$$

Despejando H:

$$H = 3 \frac{\sqrt[3]{V}}{\pi}$$

$$H = 3 \frac{\quad}{\pi} = 5.10m$$

Base del banco:

$$B = 5.10 m \quad 2 = 10.20 m$$

Espacios totales desde el lado exterior del canal hasta el centro del depósito de desperdicio es de:

Canal ----- 12m

Berma6m

Centro del banco ----- 5.10m

Total: 23.10m

De tal manera que la longitud de la pluma de la draga en descarga debe ser como mínimo la mitad del espacio total $(23.10/2) = 11.55m$

RANGOS DE TRABAJO PARA DRAGAS CON CONTRAPESOS MÁXIMOS						
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 15 m. (50 pies).						
Capacidad en kg.	5,455	5,455	5,455	5,4	5,455	4,55
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	5
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	16.80	15.20	15.20	13	13.70	2.20
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	3.05	4.25	5.50	6.7	7.30	20
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.5	7.30	10
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 18 m. (60 pies).						
Capacidad en kg.	4,750	5,000	5,350	5,455	5,455	5,455
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	45
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	19.80	18.30	16.75	16.75	15.90	15.25
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	3.95	5.50	6.70	7.95	9.50	10.70
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.55	7.30	6.10
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 21.30 m. (70 pies).						
Capacidad en kg.	3,630	3,850	4,160	4,550	5,000	5,350
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	45
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	22.80	22.30	21.30	19.80	18.30	16.75
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	5.50	7.00	8.55	9.75	11.30	12.80
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.55	7.30	6.10
<i>J</i> , longitud de la pluma, igual a 24.40 m. (80 pies).						
Capacidad en kg.	2,730	3,040	3,260	3,590	3,910	4,440
<i>K</i> , ángulo de la pluma, grados.	20	25	30	35	40	45
<i>A</i> , radio de descarga, metros.	26.2	24.60	24.10	22.80	21.40	19.80
<i>B</i> , altura de descarga, metros.	6.71	8.25	10.10	11.90	12.80	14.30
<i>C</i> , prof. máx. de excavación, metros.	12.20	11.00	9.75	8.55	7.30	6.10

Figura 46. Rangos de trabajo de rendimiento

Fuente: Vías de comunicación – Ing. Carlos Crespo Villalaz

Con el ejercicio explicado paso a paso, se puede ver como se realiza el cálculo de rendimiento de maquinarias para una obra de construcción

EJERCICIO RENDIMIENTO DE MAQUINARIA

Se desea calcular el tamaño de la maquinaria. Se tiene un ángulo de oscilación de 150°, con un tiempo de 3.5 meses con semanas de 5 días y 12 horas con una pérdida del 20%. La obra se encuentra en condiciones buenas y una administración mala. El material que es de arcilla arenosa con un peso de 1290kg y tiene un factor de 30%

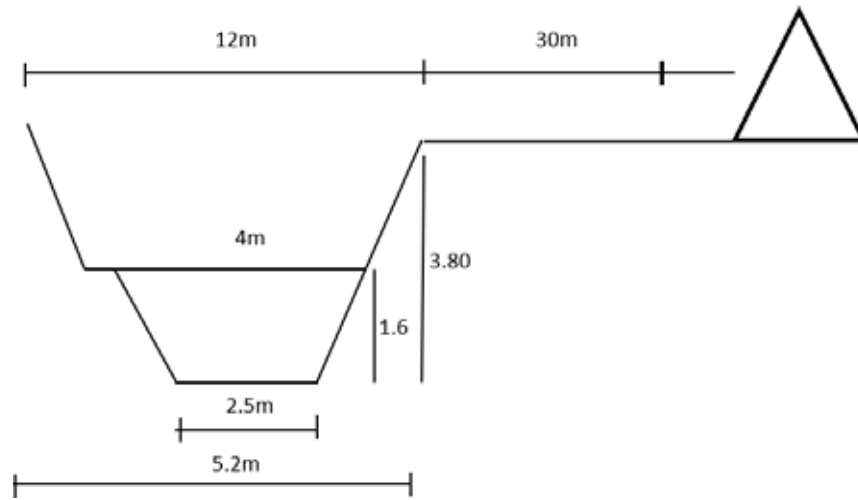


Figura 45. Cálculo de rendimiento de maquinaria

Fuente: López, D. (2020)

BIBLIOGRAFÍA

Cárdenas, J. **Diseño Geométrico de Carreteras**. Edición N°2. Bogotá, Colombia.

Villalaz, C. (2007). **Vías de Comunicación**. Edición N°4. Limusa, México.