



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE FASE I

**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL BULEVAR EN EL
TRAMO DESDE VILLANUEVA HACIA LA ENTRADA DE SAN MANUEL, CORTÉS**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

21941003 LUIS ANTONIO HERNÁNDEZ CARCAMO

21841182 NICOLLE ALEJANDRA MEJÍA MORALES

ASESORES:

ING. ADA RODRIGUEZ

ING SERGIO PAREDES

CAMPUS UNITEC SPS

ABRIL, 2024

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CENTROAMÉRICA
UNITEC**

**RECTORA Y PRESIDENTE EJECUTIVA
ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA**

**PRORECTOR
ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERECTOR ACADÉMICO NACIONAL
JAVIER ABRAHAM SALGADO LEZAMA**

**DIRECTORA CAMPUS SAN PEDRO SULA
MARÍA ROXANA ESPINAL**

**JEFE ACADÉMICO INGENIERÍA CIVIL
HÉCTOR WILFREDO PADILLA
TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS
EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO
INGENIERO CIVIL**

ASESOR METODOLÓGICO FASE I

ING. ADA RODRIGUEZ

ASESOR TEMATICO

ING. SERGIO PAREDES

MIEMBROS DE LA TERNA

ING. MICHAEL JOB

ING. MARIO CARDENAS

ING. EDWIN TURCIOS

DERECHOS DE AUTOR

© COPYRIGHT 2023

LUIS ANTONIO HERNÁNDEZ CÁRCAMO

NICOLLE ALEJANDRA MEJÍA MORALES

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Ada Rodríguez

Asesor Metodológico

Ing. Sergio Paredes

Asesor Temático

Coordinador de terna

Miembro de terna

Miembro de terna

Ing. Héctor Padilla

Jefe Académico de Ingeniería Civil UNITEC SPS

DEDICATORIA

Este logro va dedicado primeramente a mi madre Lorena Morales, quien ha sido una

parte fundamental dentro de mi formación profesional mediante todos sus esfuerzos, apoyándome y motivándome a seguir adelante con mis estudios. En segundo lugar, a mi padre José Mejía, por todos los consejos que me ha brindado a lo largo de la carrera y a través de todos estos años. A Juan Valenzuela, por acompañarme, escucharme y brindarme palabras de aliento. Y, por último, a los ingenieros de la carrera de Ingeniería Civil con los que cursé clases por compartir todos sus conocimientos y experiencias mediante visitas de campo y temas de clase.

Nicolle Mejía

Quiero dedicar este logro a mi madre, Claudia Cárcamo, por haberme dado palabras de aliento en cada una de mis etapas universitarias, a mi padre, Luis Hernández por impulsarme siempre a ser la mejor versión de mí mismo, a Daniela Guevara, por brindarme su compañía y apoyo en la etapa final de mi carrera, a mis compañeros, por hacer de mi experiencia universitaria más amena y a cada uno de mis docentes por haberme compartido sus experiencias y conocimientos.

Luis Antonio Hernández

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecerles principalmente a Dios, por guiarnos a lo largo de la carrera y en el desarrollo de este proyecto.

A nuestros asesores, Ing. Sergio Paredes e Ing. Ada Rodríguez, ya que nos brindaron su tiempo y consejos para poder llevar a cabo este proyecto de la mejor manera.

A todos los maestros de la carrera de Ingeniería Civil que con sus conocimientos, consejos y tiempo para nosotros fueron de gran ayuda a lo largo de la carrera universitaria.



RESUMEN EJECUTIVO

Se ejecutó el diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial del tramo que conecta Villanueva y San Manuel, Cortés teniendo como propósito aliviar la congestión vehicular cumpliendo con la normativa nacional para carreteras. Para este diseño se consideró aspectos como ser la topografía del terreno, características físicas del mismo y propiedades del suelo, reguladas por la normativa AASTHO. El diseño incluye una calzada de 7.3m, consistiendo esta de dos carriles de 3.65m, además se diseñó mediana y acera. Se respetó la forma de la calle existente, ya que el tramo nuevo se diseñó paralelo a la misma. El pavimento fue diseñado para un periodo de 20 años, con una estructura de subbase de 15cm de espesor y una losa de concreto hidráulico de 20cm de espesor, un CBR de 8.8% y una resistencia a la compresión de 4000 psi. Para el drenaje pluvial del tramo, se diseñó una tubería subterránea debajo de la mediana, a la cual el agua ingresa por medio de 2 tragantes a cada 100 metros, cercanos a la misma, para la tubería se diseñó pozos de inspección los cuáles se ubican a cada 100 metros, se diseñó un tercer tragante en el carril derecho del tramo diseñado, el cuál drenará el agua hacia el canal abierto lateral, el cual se compone de una sección trapezoidal con una pendiente del 0.05% y un talud de 2:1.

Palabras clave: drenaje, mediana, pavimento, pozos, tragantes.



ABSTRACT

The geometric and structural design of the pavement and storm drainage of the section that connects Villanueva and San Manuel, Cortés was carried out with the purpose of alleviating traffic congestion in compliance with national regulations for highways. For this design, aspects such as the topography of the land, its physical characteristics and soil properties, regulated by the AASTHO regulations, were demonstrated. The design includes a 7.3 m roadway, composed of two 3.65 m lanes, and a median and sidewalk were also designed. The shape of the existing street was respected, since the new section was designed parallel to it. The pavement was designed for a period of 20 years, with a 15 cm thick subbase structure and a 20 cm thick hydraulic concrete slab, a CBR of 8.8% and a compressive strength of 4000 psi. For the storm drainage of the section, an underground pipe was designed under the median, to which the water enters through 2 drains every 100 meters, close to it. For the pipe, inspection wells were designed, which are located Every 100 meters, a third channel was designed in the right lane of the designed section, which will drain the water towards the lateral open channel, which is composed of a trapezoidal section with a slope of 0.05% and a slope of 2:1.

Keywords: drainage, median, pavement, wells, drains.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	1
II.	Planteamiento del Problema.....	2
2.1.	Precedentes del Problema.....	2
2.2.	Definición del Problema	4
2.2.1.	Enunciado del Problema	4
2.2.2.	Formulación del Problema	5
2.3.	Justificación	5
2.4.	Preguntas de Investigación	6
2.5.	Objetivos.....	6
2.5.1.	Objetivo General	6
2.5.2.	Objetivos Específicos	6
III.	Marco Teórico	8
3.1.	Análisis de la Situación Actual	8
3.1.1.	Análisis del Macroentorno	8
3.1.2.	Análisis del Microentorno	16
3.1.3.	Análisis Interno	21
3.2.	Teoría de Sustento.....	23
3.2.1.	Manual de Carreteras Soptravi.....	23
3.2.2.	Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño de Carreteras	25
3.2.3.	Granulometría (Norma Astm D-421).....	28
3.2.4.	Límites De Atterberg (Norma Astm D4318)	28
3.3.	Marco Conceptual	30
3.4.	Marco Legal	32
IV.	Metodología	36
4.1.	Enfoque	36
4.2.	Variables de Investigación	36

4.2.1.	Diagrama de Variables de Operacionalización	39
4.2.2.	Tabla de Operacionalización	40
4.3.	Técnicas e Instrumentos Aplicados	43
4.3.1.	Instrumentos	43
4.3.2.	Técnicas	48
4.4.	Materiales	49
4.5.	Metodología de Estudio	51
4.5.1.	Tipo de Diseño	51
4.6.	Cronograma de Actividades	52
V.	Análisis de Resultados.....	56
5.1.	Información del Sitio	56
5.1.1.	Ubicación.....	56
5.2.	Análisis Topográfico	56
5.2.1.	Análisis de Resultados del Levantamiento Topográfico	56
5.3.	Propiedades del Suelo	57
5.3.1.	Clasificación del Suelo	57
5.3.2.	Soporte del Suelo	69
5.4.	Diseño Geométrico	70
5.4.1.	Criterios de Diseño	70
5.4.2.	Procedimiento Diseño Geométrico	70
5.4.3.	Conclusiones Diseño Geométrico	82
5.5.	Diseño Estructural.....	82
5.5.1.	Criterios De Diseño	82
5.5.2.	Procedimiento De Diseño Estructural	87
5.5.3.	Conclusiones Diseño Estructural	96
5.6.	Diseño Del Drenaje Pluvial	97
5.6.1.	Criterios de Diseño	97

5.6.2	Procedimiento Diseño del Drenaje Pluvial	98
5.6.3.	Conclusiones Diseño de Drenaje Pluvial	125
5.7.	Categorización ambiental.....	126
5.8.	Planos	127
VI.	Conclusiones	133
VII.	Recomendaciones	135
	Bibliografía	136
	Anexos	143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estado actual de la calle que conecta Villanueva, Cortés a San Manuel Cortés. ..	3
Ilustración 2: Punto de inicio del bulevar propuesto.	4
Ilustración 3: Ubicación del proyecto en el municipio de Malambo, Atlántico, Colombia.	9
Ilustración 4: Situación actual de calle 8 con carrera 4	10
Ilustración 5: Metodología de diseño para el municipio de Malambo, Atlántico, Colombia...	11
Ilustración 6: Ubicación Avenida Miguel Grau, tramo Jr. Isidro Alcibar, San Martín de Porres	12
Ilustración 7: Ubicación Municipio de Estanduela, Guatemala	14
Ilustración 8: Tramo de San Pedro Sula a Puerto Cortés	17
Ilustración 9: Definición de Variables	18
Ilustración 10: Ubicación Aldea El Bálsamo.....	19
Ilustración 11: Tipo de Diseño	20

Ilustración 12: Tramo Villanueva - San Manuel	22
Ilustración 13: Sección Transversal Típica en Tangente en Carretera en Dos Direcciones	26
Ilustración 14: Sección Transversal Típica en Curva en Carretera en Dos Direcciones	26
Ilustración 15: Bombeo Normal de Calzada	27
Ilustración 16: Diagrama de Variables de Operacionalización	40
Ilustración 17: Realización de Calicata	49
Ilustración 18: Propiedades típicas del concreto.....	50
Ilustración 19: Especificaciones Técnicas del Agua Destilada	50
Ilustración 20: Tipo de Diseño	51
Ilustración 21: Cronograma de Actividades	lv
Ilustración 22: Ubicación de PCA	58
Ilustración 23: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 1.....	59
Ilustración 24: Curva de Fluidez Muestra de Suelo 1	60
Ilustración 25: Clasificación Muestra de Suelo 1	61
Ilustración 26: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 2.....	62
Ilustración 27: Curva de Fluidez Muestra de Suelo 2	63
Ilustración 28: Clasificación Muestra de Suelo 2	64
Ilustración 29: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 3.....	65
Ilustración 30: Curva de Fluidez Muestra de Suelo 3	66
Ilustración 31: Clasificación Muestra de Suelo 3	67

Ilustración 32: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 4.....	68
Ilustración 33: Clasificación Muestra de Suelo 4	68
Ilustración 34: Correlación aproximada CBR	69
Ilustración 35: Creación de Superficie	71
Ilustración 36: Triángulos de Superficie	71
Ilustración 37: Alineamiento.....	72
Ilustración 38: Perfil Longitudinal	72
Ilustración 39: Creación de Curvas Verticales.....	73
Ilustración 40: Etiquetado en alineamiento.....	73
Ilustración 41: Sección típica	74
Ilustración 42: Creación de Corridor.....	74
Ilustración 43: Canal abierto.....	75
Ilustración 44: Peralte	75
Ilustración 45: Roadway Type.....	76
Ilustración 46: Número de carriles para superelevation.....	76
Ilustración 47: Calculo de Superelevation	77
Ilustración 48: Creación de Superficie	77
Ilustración 49: Creación Sample Lines	78
Ilustración 50: Datos Corte y Relleno	78
Ilustración 51: Tabla de Volumen	79
Ilustración 52: Multiple Section Views.....	79
Ilustración 53: Arreglo de secciones.....	80
Ilustración 54: View Frames	80

Ilustración 55: Creación de Sheets	81
Ilustración 56: Profile Labels.....	81
Ilustración 57: Análisis de Tránsito Vehicular	82
Ilustración 58: Periodos de Diseño para el Tipo de Carretera.....	83
Ilustración 59: Tasa de crecimiento anual de tránsito	84
Ilustración 60: Límite de peso por eje	86
Ilustración 61: Factor de distribución por dirección.....	86
Ilustración 62: Factor de distribución por carril.....	87
Ilustración 63: Efecto de la subbase granular sobre los valores de k.....	87
Ilustración 64: Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros para eje sencillo.....	88
Ilustración 65: Factor de erosión para ejes sencillos con dovelas y sin hombros	89
Ilustración 66: Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos sin hombros de concreto	91
Ilustración 67: Análisis de erosión. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos sin hombros de concreto	92
Ilustración 68: Especificaciones para colocación de juntas	94
Ilustración 69: Recomendación para barras de anclaje	95
Ilustración 70: Dimensionamiento de bordillos	95
Ilustración 71: Parámetros para cálculo de intensidad	97
Ilustración 72: Área de influencia	98
Ilustración 73: Tramos analizados	98
Ilustración 74: Coeficientes de escorrentía.....	99

Ilustración 75: Sección Trapezoidal Tramo 1.....	101
Ilustración 76: Sección Trapezoidal Tramo 2.....	104
Ilustración 77: Sección Trapezoidal Tramo 3.....	107
Ilustración 78: Sección Trapezoidal Tramo 4.....	110
Ilustración 79: Sección Trapezoidal Tramo 5.....	113
Ilustración 80: Sección Trapezoidal Tramo 6.....	116
Ilustración 81: Sección Trapezoidal Tramo 7.....	119
Ilustración 82: Tirante crítico	121
Ilustración 83: Perfil de posible remanso	122
Ilustración 84: Cuadro de dimensiones cuneta	122
Ilustración 85: Canal trapezoidal abierto.....	123
Ilustración 86: Detalle de Tragante	123
Ilustración 87: Ubicación de tragantes en la mediana	124
Ilustración 88: Ubicación tercer tragante	124
Ilustración 89: Detalle pozos de inspección	125
Ilustración 90: Categorización Ambiental	126
ÍNDICE DE TABLAS	V
Tabla 1: Variables de Operacionalización	38
Tabla 2: Tabla de Operacionalización.....	43
Tabla 3: Instrumentos Aplicados	46
Tabla 4: Ubicación Bancos de Nivel	62

Tabla 5: Ubicación muestras de suelo en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés ...	63
Tabla 6: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 1	64
Tabla 7: Limite Plástico Muestra de Suelo 1	65
Tabla 8: Limite Líquido Muestra de Suelo 1	66
Tabla 9: Datos LL, LP e IP Muestra de Suelo 1	66
Tabla 10: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 2	67
Tabla 11: Limite Plástico Muestra de Suelo 2	69
Tabla 12: Limite Líquido Muestra de Suelo 2	69
Tabla 13: Datos LL, LP e IP Muestra de Suelo 2	70
Tabla 14: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 3	71
Tabla 15: Limite Plástico Muestra de Suelo 3	72
Tabla 16: Limite Líquido Muestra de Suelo 3	72
Tabla 17: Datos LL, LP e IP Muestra de Suelo 3	73
Tabla 18: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 4	74
Tabla 19: Clasificación de Suelo en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés	76
Tabla 20: Carga por eje	94
Tabla 21: Cálculo de espesor para pavimento de concreto hidráulico	102
Tabla 22: Cálculo de espesor pavimento de concreto hidráulico para ejes sencillos C2.	102
Tabla 23: Estructura de Pavimento de Concreto Hidráulico	102
Tabla 24: Cálculo de Parámetros Tramo 1	109
Tabla 25: Cálculo de Parámetros Tramo 2	112
Tabla 26: Cálculo de Parámetros Tramo 3	115
Tabla 27: Cálculo de Parámetros Tramo 4	118
Tabla 28: Cálculo de Parámetros Tramo 5	121
Tabla 29: Cálculo de Parámetros Tramo 6	125
Tabla 30: Cálculo de Parámetros Tramo 7	128

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Coeficiente de Fricción Lateral	
---	--

Ecuación 2: Relación Peralte y Rasante	25
Ecuación 3: Factor de Crecimiento de Vida Útil	84
Ecuación 4: Tráfico Promedio Diario	84
Ecuación 5: Interpolación de factor de fatiga	88
Ecuación 6: Relación de esfuerzos.....	88
Ecuación 7: Interpolación de factor de erosión para eje sencillo.....	89
Ecuación 8: Carga por eje (kN)	89
Ecuación 9: Repeticiones Esperadas.....	90
Ecuación 10: Tiempo de concentración	97
Ecuación 11: Ecuación de Manning.....	101
Ecuación 12: Número de Froude	102
Ecuación 13: Energía específica	103

ÍNDICE DE ANEXOS

Ilustración 91:	Tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés.....	143
Ilustración 92:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1-20).....	144
Ilustración 93:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 21-39).....	144
Ilustración 94:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 40-58).....	145
Ilustración 95:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 59-77).....	145
Ilustración 96:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 78-97).....	146
Ilustración 97:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 98-117).....	146
Ilustración 98:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 118-137).....	147
Ilustración 99:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 138-156).....	147
Ilustración 100:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 157-175).....	148
Ilustración 101:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 176-194).....	148
Ilustración 102:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 195-214).....	149
Ilustración 103:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 215-234).....	149
Ilustración 104:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 235-253).....	150
Ilustración 105:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 254-272).....	150
Ilustración 106:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 273-291).....	151
Ilustración 107:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 292-310).....	151

Ilustración 108:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 311-330)	.....152
Ilustración 109:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 331-349)	.....152
Ilustración 110:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 350-369)	.....153
Ilustración 111:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 370-388)	.....153
Ilustración 112:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 389-408)	.....154
Ilustración 113:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 409-428)	.....154
Ilustración 114:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 429-448)	.....155
Ilustración 115:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 449-467)	.....155
Ilustración 116:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 468-486)	.....156
Ilustración 117:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 487-508)	.....156
Ilustración 118:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 509-527)	.....157
Ilustración 119:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 528-546)	.....157
Ilustración 120:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 547-568)	.....158
Ilustración 121:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 569-589)	.....158
Ilustración 122:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 590-610)	.....159
Ilustración 123:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 611-631)	.....159
Ilustración 124:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 632-650)	.....160
Ilustración 125:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 651-672)	.....160
Ilustración 126:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 673-692)	.....161

Ilustración 127:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 693-711)	.....161
Ilustración 128:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 713-732)	.....162
Ilustración 129:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 733-754)	.....162
Ilustración 130:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 755-775)	.....163
Ilustración 131:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 776-794)	.....163
Ilustración 132:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 795-813)	.....164
Ilustración 133:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 814-833)	.....164
Ilustración 134:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 834-852)	.....165
Ilustración 135:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 853-871)	.....165
Ilustración 136:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 872-890)	.....166
Ilustración 137:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 891-909)	.....166
Ilustración 138:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 910-928)	.....167
Ilustración 139:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 929-947)	.....167
Ilustración 140:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 948-966)	.....168
Ilustración 141:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 967-985)	.....168
Ilustración 142:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 986-1,004)	.....169
Ilustración 143:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,005-1,024)	.....169
Ilustración 144:	Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,025-1,043)	.....170

Ilustración 145: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,044-1,062)	
.....	170
Ilustración 146: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,063-1,081)	
.....	171
Ilustración 147: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,081-1,102)	
.....	171
Ilustración 148: Recolección de muestra de suelo	
.....	172
Ilustración 149: Toma de puntos topográficos	
.....	172
Ilustración 150: Toma de puntos topográficos	
.....	173
Ilustración 151: Ensayo de laboratorio	
.....	173
Ilustración 152: Ensayo granulometría	
.....	174

I. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras viales son la conexión de medio terrestre, el cual tiene como propósito brindar accesibilidad y movilidad a las personas y principalmente a los vehículos entre dos destinos, ya sea para transportar cargas, mercancías y materiales, entre otros, permitiendo la realización de actividades en una determinada zona o país. Son fundamentales para el buen funcionamiento de la economía nacional debido a que generan beneficios económicos dentro de la sociedad.

De igual forma, consisten en una serie de elementos que integran la red de carreteras, como ser señalización, puentes, túneles, etc. que ofrecen una circulación de vehículos y peatones de manera eficiente. Por consiguiente, el desarrollo de las redes viales es estratégico para un país, ya que este medio posibilita cumplir con la obligación de facilitar los traslados y las necesidades fundamentales de una nación.

Pineda (2022) establece en El Heraldillo que el 77% de la infraestructura vial en Honduras no está pavimentada, y que la mayoría de los problemas de la red vía se encuentran en carreteras secundarias debido a que solo el 32% de los ejes son de materiales de buena calidad y en calles vecinales ya que el 26% de longitud total es de tierra.

El municipio de Villanueva se ubica en el centro del departamento sobre el Valle de Sula, su cabecera se encuentra al occidente del río Ulúa y posee colindancia al Este con los municipios de Pimienta y San Manuel.

Actualmente, Villanueva cuenta con una bifurcación que inicia en la Colonia Villa Sol y La Independencia, la cual conecta al tramo de Villanueva hacia San Manuel. La rodadura actual de este tramo es un pavimento de concreto hidráulico de 3.18 km con dos carriles, sin embargo, el crecimiento poblacional alrededor de esta zona es la principal causa del tráfico vehicular masivo, por lo cual el proyecto actual resulta insuficiente.

Según lo mencionado previamente, se propone el diseño geométrico y estructural de un bulevar para el tramo de Villanueva hacia la entrada de San Manuel, Cortés. Dentro del cual se realizará el levantamiento topográfico de la carretera, estudios de suelo para conocer las circunstancias actuales del pavimento y terreno actual para proceder con un

diseño eficiente con el objetivo de mejorar el tráfico vial dentro de la ruta previamente mencionada.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una vez comprendida la información expuesta anteriormente, se procede al planteamiento del problema. Este capítulo está compuesto por los precedentes del problema, los cuales contribuyen a la comprensión del entorno histórico del municipio de Villanueva y San Manuel, Cortés. Seguidamente, se proporciona un enunciado del problema y una justificación para el desarrollo del proyecto. De igual manera, se exponen las preguntas de investigación, el objetivo general y específicos para brindar una solución inmediata en la zona.

2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Villanueva es uno de los municipios que generalmente presenta mayor carga vehicular debido a que lo atraviesa la carretera más importante del país, la CA-5. Esta carga vehicular frecuentemente provoca congestionamientos en lugares como el centro de la ciudad y las calles que lo dirigen a otros municipios como San Manuel, Cortés, donde a diario se registra embotellamientos. La Prensa (2024)

El municipio de Villanueva es una fuente de empleo para las comunidades cercanas de Pimienta, San Manuel, Potrerillos, San Antonio, Santa Cruz de Yojoa e incluso San Pedro Sula, como resultado de la expansión industrial de la zona. Se cree que la ciudad produce unos

30.000 empleos anuales. (Perez, 2019)

El Instituto Nacional de Estadística (2020) señaló que el municipio de Villanueva actualmente tiene una población de 190,085 habitantes, teniendo una extensión territorial de 349.3 km² y una densidad poblacional de 544.2 km².

Desde el año 2013, este municipio ha tenido un cambio anual poblacional del 2.4%, siendo de esto un 51.9% mujeres y un 48.1% hombres, población de la cuál su mayoría tiene entre 1564 años, siendo este el grupo más grande con 123,089 pobladores, siguiéndole los niños de entre 0-14 años, con un total de 59,333 pobladores. (Instituto Nacional de Estadística, 2020)

Ángel Payán por medio de La Prensa (2024) comentó qué, aunque las obras son necesarias, no podrán impedir que el parque móvil crezca más rápido que nunca. En su lugar, los esfuerzos deben centrarse en actualizar y modernizar el transporte público para que la gente pueda desplazarse con comodidad y seguridad. "Debemos promover un transporte público eficaz y seguro, porque cuantas más carreteras tengamos, más vehículos atraeremos y más tráfico tendremos siempre."



Ilustración 1: Estado actual de la calle que conecta Villanueva, Cortés a San Manuel Cortés.

Fuente: (Propia, 2024)

En la ilustración 1, se muestra el estado actual del tramo para el cuál se hará el diseño, el cual cuenta con una calzada de 7.30 metros, en el lazo izquierdo se aprecian algunos locales comerciales, en su lado derecho, un canal abierto el cuál recolecta las aguas lluvias de todo el tramo.

Actualmente el municipio de Villanueva cuenta con varias ideas para lograr descongestión vial. De acuerdo a sus autoridades, además de un bulevar entre Villanueva, Cortés y San Manuel, Cortés, se pretende construir un puente a desnivel que conecte el bulevar principal de Villanueva, mejor conocida como la CA-5, de forma que se espera que los vehículos que transiten por dicha calle, atraviesen todo el centro de Villanueva evitando el uso de los semáforos, los cuales suelen ser la causa de embotellamiento en horas pico, de esta forma, los

vehículos que necesiten atravesar la CA-5, también podrán hacerlo sin necesidad de semáforos, esto sería posible si se realiza otra de las ideas que propone la municipalidad de Villanueva, la cual consistiría en una rotonda. (Monzón, 2024)



Ilustración 2: Punto de inicio del bulevar propuesto.

Fuente: (Propia, 2024)

En la ilustración 2 se aprecia el punto de inicio del bulevar, el cual consiste de una bifurcación, en su lado derecho, los vehículos se dirigen hacia la carretera nacional CA-5, en su lado izquierdo, los vehículos regresan desde la misma, dirigiéndose hacia San Manuel, Cortés.

(ANE, 2024) señaló que según datos brindados por el Instituto de la Propiedad (IP), el parque vehicular en San Pedro Sula, capital industrial del país, es de 387,510 vehículos, de los cuales 273,469 son automóviles y 114,041 motocicletas.

Durante 2023 se reportaron 35,497 vehículos, 12,379 automóviles y 23,118 motocicletas, además que, el parque vehicular registrado en los municipios aledaños como Choloma, La Lima, Villanueva y El Progreso, suman 226,579. Lo cual es un indicador del masivo crecimiento del parque vehicular en la zona de estudio.

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta la información previamente expuesta, se establece la definición del problema. En el cual se encuentra el enunciado y la formulación del problema, a través de ello se conoce el propósito del proyecto.

2.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Seguidamente, se presenta el enunciado del problema, el cual tiene como propósito dar a conocer el motivo por el cual se ejecuta el proyecto.

“El tramo que conecta el municipio de Villanueva y San Manuel, Cortés carece de una estructura vial que cumpla con la demanda del tráfico vehicular al 2024.”

2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En consideración a la información anterior, se presenta la formulación del problema en donde se genera la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las especificaciones geométricas y estructurales que debe poseer el bulevar y drenaje pluvial en el tramo de Villanueva hacia San Manuel, Cortés?

2.3. JUSTIFICACIÓN

El propósito del proyecto es favorecer a las comunidades de Villanueva y San Manuel, Cortés mediante un diseño geométrico y estructural de un bulevar en el tramo que conecta estos dos municipios, reduciendo el tráfico vehicular que existe en la zona hoy en día. Asimismo, el diseño de drenaje pluvial para eliminar inundaciones existentes provocadas por el estancamiento de agua en el canal existente.

La agenda de desarrollo “Infraestructura Dimensión 3: Prosperidad” de la Municipalidad de Villanueva se compone en base al eje estratégico que establece lo siguiente: “Infraestructura de buena calidad y de gran cobertura que mejore la red vial, saneamiento y manejo de residuos sólidos”. Dentro de esta dimensión se tiene como objetivo mejorar las vías y el saneamiento básico existente en la zona a través de la creación de proyectos de construcciones de acueductos y alcantarillas, mejoramiento y mantenimiento de vías primarias, secundarias y terciarias, entre otros.

Tomando en consideración el eje estratégico de la Municipalidad de Villanueva se procura realizar un diseño geométrico y estructural que satisfaga las necesidades de los

pobladores, evitando el estancamiento vehicular entre Villanueva y San Manuel, Cortes, y, asimismo, brindarle mantenimiento a la carretera para evitar futuros daños. De igual forma, se diseñará un sistema de drenaje pluvial que cumpla con las normativas correspondientes y tenga la capacidad de evacuar el agua y evitar inundaciones en este tramo.

La ejecución de este proyecto es de suma importancia para los habitantes de Villanueva y San Manuel, Cortés ya que siendo esta la única carretera que conecta a ambos municipios permite mejorar la conectividad entre ellos y, de igual forma, facilita el flujo vehicular dentro del mismo.

De igual forma, mejora lo que es la calidad de vida para los habitantes de la zona ya que reduce el estrés generado por el tráfico que se produce actualmente.

Asimismo, la propuesta de diseño de drenaje pluvial ayuda a los pobladores con respecto a las inundaciones provocadas por el estancamiento de agua en épocas de invierno, ya que actualmente no existe un diseño óptimo que ayude a evacuar las aguas pluviales existentes en la zona y, por ende, se produce una inundación en la cuneta que traspasa a las casas o negocios cercanos a ella.

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Cuáles son las condiciones topográficas del terreno sobre el cual se hará el diseño?
- 2) ¿Qué tipo de vehículos transitan en el tramo y como afectan el diseño de la carretera? 3) ¿Qué tipo de suelo se localizará en la zona del tramo?
- 4) ¿Qué características geométricas y estructurales tendrá la propuesta de diseño del bulevar entre Villanueva y San Manuel, Cortés?
- 5) ¿Qué propiedades estructurales tendrá la propuesta de diseño de sistema de drenaje pluvial?
- 6) ¿Cuál será el monto aproximado del costo total del proyecto?

2.5. OBJETIVOS

A continuación, se presenta el objetivo general, por medio del cual se exhibe el alcance que se procurará lograr con el proyecto, sirviendo este para aportar una idea más amplia

del trabajo que se llevará a cabo. Con este se pretende generar un enfoque más eficiente y dirigir toda la atención a la idea central de esta idea.

2.5.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un diseño geométrico y estructural del bulevar para el tramo de Villanueva, Cortés hacia la entrada de San Manuel, Cortés, regido por el Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con la finalidad de promover la descongestión vehicular en la zona.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tomando en consideración la pregunta de investigación, a continuación, se presentará los objetivos específicos.

- 1) Determinar las condiciones topográficas del terreno sobre el cual se hará el diseño.
- 2) Realizar un análisis de tráfico e identificar como este afecta el diseño de la carretera.
- 3) Categorizar el tipo de suelo de acuerdo a sus propiedades bajo las regulaciones AASTHO.
- 4) Identificar las características geométricas y estructurales tendrá la propuesta de diseño del bulevar entre Villanueva y San Manuel, Cortés.
- 5) Establecer las propiedades estructurales tendrá la propuesta de diseño de sistema de drenaje pluvial.
- 6) Presentar un monto aproximado del costo total del proyecto.

III. MARCO TEÓRICO

Considerando la información y detalles mostrados previamente en relación al panorama general, la problemática identificada y los objetivos establecidos para el proyecto, se continúa con el marco teórico. Este capítulo se basa en las fuentes informativas primordiales que existen en relación al objeto de estudio, el cual contiene datos como ser antecedentes del diseño, problemas al realizar el estudio, referencias bibliográficas y datos de investigación destacados reconociendo el aporte de los autores.

3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El análisis de la situación actual contiene fundamentos teóricos respaldados por estudios sobresalientes que generan similitud con respecto al proyecto, el cual se realizará en el tramo que conecta Villanueva a San Manuel, Cortés. Se divide en tres partes: Análisis del macroentorno, el cual hace énfasis en proyectos realizados fuera de Honduras. Análisis del microentorno, trabajos desarrollados a nivel nacional pero no dentro del campo de estudio. Y de igual forma, análisis interno, diseños realizados de en el área a estudiar.

3.1.1. ANÁLISIS DEL MACROENTORNO

Dentro del análisis del macroentorno se expondrán proyectos que han sido realizados a nivel internacional, los cuales contienen aspectos y características semejantes al diseño geométrico y estructural del bulevar en el tramo de Villanueva hasta San Manuel, Cortés.

3.1.1.1. *Diseño de la estructura de pavimento rígido para la vía ubicada en la carrera 8 entre las calles 4 y 10 del municipio de Malambo, Atlántico.*

a) Información del sitio

Oquendo & Mercedes (2020) detallan:

El proyecto se ubica en el municipio de Malambo, Colombia y se encuentra exactamente en el área metropolitana de Barranquilla, dentro del barrio Carrizal en la carrera 8 entre las calles 4 y 10. El tramo cuenta con una longitud total de 4.5 km, en donde la mayoría de la vía se encuentra en muy mal estado debido a que no se le da el mantenimiento requerido y no existe un completo control en base al tipo de vehículo que puede transitar en esta zona.

A continuación, se muestra la Ilustración 3, la cual contiene la ubicación de la vía existente en el municipio de Malambo, Atlántico, Colombia.

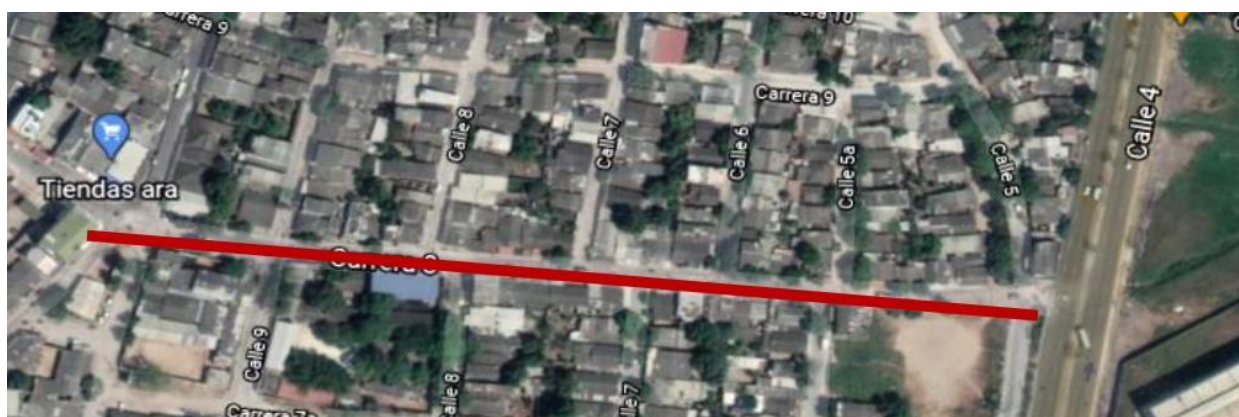


Ilustración 3: Ubicación del proyecto en el municipio de Malambo, Atlántico, Colombia.

Fuente: (Oquendo & Mercedes, 2020)

La estructura del pavimento se diseñó utilizando la técnica PCA-84 de la Asociación de Cemento Portland. Antes de iniciar el proceso de diseño utilizando las directrices del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) para pavimentos de hormigón de volumen bajo, medio y alto, fue necesario recopilar y examinar datos. (Oquendo & Mercedes, 2020)

b) Problema de estudio

El proyecto surge como consecuencia de la necesidad de los pobladores al no contar con un diseño de pavimento accesible y de buena calidad para el transporte a través del municipio. (Oquendo & Mercedes, 2020)

Oquendo & Mercedes (2020) señalan que el municipio de Malambo se ubica dentro de la zona metropolitana de Barranquilla y que para llegar a esta zona se cuenta actualmente con un solo acceso de una vía, esto se debe a que la carretera alterna para ingresar al municipio se encuentra deteriorada y no se puede transitar en ella. Es por esta razón que se genera el tráfico vehicular cuando se quiere ingresar al municipio, ya que no se cuenta con una vía que este en buenas condiciones y facilite el movimiento dentro del mismo, causando molestia a los pobladores del sector.

A través de los años, el pavimento existente se ha ido desgastando mayormente en la superficie de rodadura. Estos deterioros se han generado porque no se le da un correcto mantenimiento a la calle, por factores de clima y por las cargas que desarrollan los vehículos pesados sobre la carretera. (Oquendo & Mercedes, 2020)

A continuación, se muestra la Ilustración 4, mediante la cual se observa la situación actual de la calle 8 con carrera 4.



Ilustración 4: Situación actual de calle 8 con carrera 4

Fuente: (Oquendo & Mercedes, 2020)

c) Metodología aplicada

Oquendo & Mercedes (2020) explican:

El proyecto utiliza una metodología de investigación descriptiva, debido a que se crean preguntas y se realiza un análisis de datos en base al proyecto a diseñar.

El diseño de pavimento se realizará haciendo uso del programa BS PCAA 2018, programa basado en el método PCA-84, y que fue realizado por los ingenieros Efraín de Jesús Solano Fajardo y Carlos Alberto Benavides Bastida en la Universidad del Cauca, la cual es una herramienta útil y fácil de utilizar para dimensionar los espesores de un pavimento determinado. (Oquendo & Mercedes, 2020)

El marco metodológico de este proyecto lleva una serie de pasos a seguir en base al método PCA-84. Comenzando con la recolección de toda la información que será necesaria para llevar a cabo el proyecto, es decir, antecedentes, cual es el problema en la zona actual, investigar si se le brinda mantenimiento o no a la vía, entre otros.

Como segundo paso se encuentran las estimaciones, análisis del tránsito y capacidad del suelo CBR, en el cual se obtiene el tipo de suelo y que tipos de vehículo puede soportar esta estructura. Seguidamente, la propuesta de diseño estructural de pavimento, en el cual se estableció que el diseño será de pavimento rígido. Establecer parámetros de diseño utilizando análisis de fatiga y erosión y finalmente, el cálculo de espesor y losas para la vía propuesta.

A continuación, en la Ilustración 5 se presenta el marco metodológico que el enfoque PCA-84 puede emplear para calcular el diseño de la estructura de pavimento rígido en el municipio de Malambo, Atlántico, Colombia.

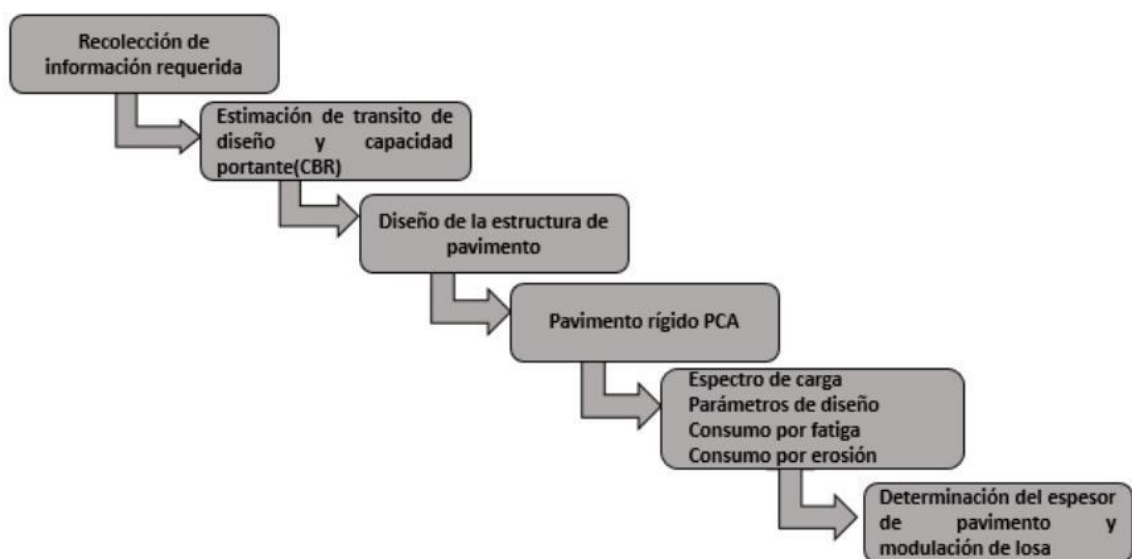


Ilustración 5: Metodología de diseño para el municipio de Malambo, Atlántico, Colombia.

Fuente: (Oquendo & Mercedes, 2020)

d) Conclusiones y Recomendaciones

Oquendo & Mercedes (2020) concluyen:

Se realizó el diseño de pavimento rígido que cumple con los requerimientos necesarios para descongestionar el tráfico vehicular en la Carrera 8 entre calles 4 y 10, la cual contiene una longitud de 4.5 km, 20 cm de espesor para la capa de concreto hidráulico, 15cm para la capa de subbase granular y 3.5m de ancho para las losas.

Las normas y metodologías aplicadas en el proyecto son las vigentes dentro del tiempo a realizar el mismo, el más importante es el Portland Cement Association PCA-84. (Oquendo & Mercedes, 2020)

Se hizo uso del programa BS-PCAA para realizar el diseño del pavimento, obteniendo una losa de 20 cm y que este cumple con todos los requisitos para proceder con su elaboración de manera exitosa. (Oquendo & Mercedes, 2020)

3.1.1.2. Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad de Av.

Miguel Grau, tramo Jr. Isidro Alcibar, San Martín de Porres, 2020. a)

Información del sitio

A continuación, se brinda la información actual del sitio para llevar a cabo del proyecto.

Yllesca & Luque (2021) señalan:

El ingreso a la zona de estudio se ubica a desde el centro de la ciudad de La Lima, siguiendo su curso a la Plaza Ramón Castilla por donde se encuentra la entrada a la Avenida Caquetá, siguiendo este rumbo a 1.4 km hasta llegar a la Avenida Miguel Grau en San Martín de Porres, ubicación del proyecto.

A continuación, la Ilustración 6, la cual muestra la ubicación de la zona de estudio.



Ilustración 6: Ubicación Avenida Miguel Grau, tramo Jr. Isidro Alcibar, San Martín de Porres

Fuente: (Yllesca & Luque, 2021)

b) Problema de estudio

Yllesca & Luque (2021) describen:

El problema de este proyecto se obtiene en base a que la carretera actual en la avenida Miguel Grau para el recorrido Jr. Isidro Alcibar está en mal estado. Por esta razón se desea remover la rodadura deteriorada y construir un nuevo pavimento de concreto hidráulico con el objetivo de reducir el congestionamiento vehicular dentro de la zona.

Es importante mencionar que el deterioro de la vía ha sido la principal consecuencia de enfermedades para los pobladores del sector, causando problemas respiratorios por la contaminación que hay dentro de la zona, reduciendo la calidad de vida para los mismos. (Yllesca & Luque, 2021)

c) Metodología aplicada

A continuación, se explica la metodología aplicada para llevar a cabo el proyecto.

Yllesca & Luque (2021) detallan:

Mediante la metodología AASHTO 93 se realizará el diseño de infraestructura vial con el fin de mejorar la circulación vehicular dentro de la Avenida Miguel Grau en el departamento de San Martín de Porres, Lima.

Se hará uso de una justificación tecnológica para desarrollar el proyecto, ya que se podrán obtener detalles más precisos del Método AASHTO 93 y como este puede ser aplicado en el diseño de pavimento de concreto hidráulico, con el objetivo de garantizar el buen desempeño de éstos. (Yllesca & Luque, 2021)

De igual forma, contiene una justificación social, ya que el proyecto es de gran ayuda para el municipio de San Martín de Porres, en la Avenida Miguel Grau par el segmento Jr. Isidro Alcibar, debido a que se reducirán las enfermedades pulmonares que causa la polución generada por los automóviles que circulan en el pavimento deteriorado. (Yllesca & Luque, 2021)

d) Conclusiones y Recomendaciones Yllesca

& Luque (2021) concluyen:

La propuesta de diseño mediante el método AASHTO 93-MTC mejorará el flujo vehicular dentro de la zona, obteniendo un pavimento con una losa de concreto y una subbase de 20 cm.

El diseño para el pavimento de concreto hidráulico contiene todos los datos necesarios para llevar a ejecutar el proyecto, siendo conformado por 20 cm la subbase y capa de rodadura, la cual será una losa de concreto. (Yllesca & Luque, 2021)

Este diseño tiene relación con el impacto ambiental dentro de la zona, ya que al momento de realizarlo no se pueden prevenir los daños ambientales, evitando contaminaciones y problemas de salud en la población del sector. (Yllesca & Luque, 2021)

3.1.1.3. Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la Aldea El Guayabal, Municipio de Estanduela del Departamento de Zacapa a)

Información del sitio

A continuación, se brinda la información actual del sitio para llevar a cabo del proyecto.

Pérez Rafael (2010) describe:

La ubicación del proyecto se encuentra en el municipio de Estanduela, el cual forma parte del distrito de Zacapa, Guatemala. De acuerdo al Sistema de Información Geográfica (SIG), cuenta con una extensión territorial de 92.4 kilómetros.

Por su localización, Estanduela cuenta con un acceso simple a los sitios de interés que lo rodean dentro de Guatemala. Algunas rutas de acceso a este municipio son la CA-9 y la CA-20, las cuales

están hechas de asfalto y encuentran en un buen estado ya que se les da el mantenimiento adecuado. (Pérez Rafael, 2010)

El tramo a diseñar es el de la aldea El Guayabal, la cual está ubicada dentro del municipio de Estandzuela. Actualmente cuenta con una carretera de terracería con una distancia total de 6.5 km. (Pérez Rafael, 2010)

A continuación, se obtiene la Ilustración 7, la cual contiene la ubicación del Municipio de Estandzuela en Guatemala.

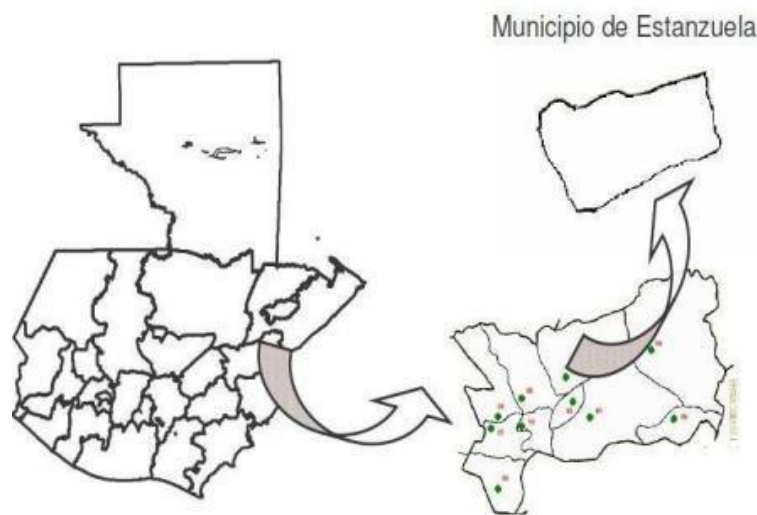


Ilustración 7: Ubicación Municipio de Estandzuela, Guatemala

Fuente: (Pérez Rafael, 2010)

b) Problema de estudio

Actualmente, el municipio cuenta con una calle de terracería que está en mal estado. El problema aumenta mayormente en temporada de invierno ya que las lluvias producen lodo en las calles que no están pavimentadas, impidiendo el ingreso a la aldea para cualquier tipo de vehículo. (Pérez Rafael, 2010)

El proyecto se ejecutará con ayuda de la municipalidad y el programa EPS (Ejercicio Profesional Supervisado) proporcionado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Proveyendo, de esta manera, una calidad de vida mejor para los pobladores debido a que no existe una carretera pavimentada hoy en día. (Pérez Rafael, 2010)

c) Metodología aplicada

A continuación, se detalla la metodología aplicada en el proyecto.

Pérez Rafael (2010) señala:

En cuanto a la topografía se hizo uso de la metodología de conservación del Azimut en una poligonal abierta. Este método se basa en agarrar un Azimut con dirección al norte, ubicándolo con una vuelta de campana mirando hacia atrás y tomando la medida hasta la estación siguiente. La altimetría fue realizada con el fin de trazar las curvas de nivel y así establecer pendientes, elevaciones y el tipo de terreno sobre el cual se trabajará.

Se realizó un ensayo de granulometría para determinar la característica del suelo y tener una mejor idea del diseño, siguiendo la norma AASHTO T-27. De igual forma, se hizo el ensayo de Límites de Atterberg para así categorizar la tipología de suelo, ya sea arcilla o limo, realizando el respectivo contenido de humedad para poder establecer si es límite líquido o plástico. (Pérez Rafael, 2010)

Pérez Rafael (2010) describe que se hizo el ensayo de compactación o Proctor modificado para calcular la resistencia y capacidad de poder deformarse que resulta del suelo a analizar, y por último el ensayo de valor soporte CBR para determinar la resistencia del suelo y proceder con el diseño.

d) Conclusiones y Recomendaciones Pérez

Rafael (2010) concluye:

El proyecto a realizar tendrá 5.75 kilómetros de longitud y la calzada de 6 metros de ancho. El método PCA identificó que el pavimento deberá tener 15 centímetros de espesor, con una subbase de la misma medida y 2% de bombeo.

El costo total del proyecto asciende a Q11,097,401.08. Por metro cuadrado, el costo de construcción es de Q320.27. (Pérez Rafael, 2010)

El impacto ambiental no será de gran relevancia para este proyecto y todo será realizado en base a la normativa vigente dentro del periodo de diseño para el municipio de Estanduela y la República de Guatemala. (Pérez Rafael, 2010)

3.1.2. ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

El análisis del microentorno consiste en la búsqueda de distintos proyectos que se han llevado a cabo a nivel nacional, pero no dentro de la misma zona de estudio, que contengan características y objetivos similares al proyecto a desarrollar dentro de Villanueva y San Manuel, Cortés.

3.1.2.1. *Mejoramiento de la carretera San Pedro Sula – Puerto Cortés bajo el esquema de alianza público-privada.*

a) Información del sitio

Gordillo & Armando (2016) señalan que:

La autopista que conecta a San Pedro Sula y Puerto Cortés es de 45km de longitud y se construyó por el gobierno de la República Nacional de Honduras en los años 60, y se convirtió en una vía de 4 carriles en los años 1994 a 1995. Debido al crecimiento poblacional y económico que ha habido en los últimos años en el Valle de Sula, se ha aumentado el tráfico vehicular en la zona, trabajando con el máximo de su capacidad de diseño, el cual es de 15,000 vehículos diarios.

Esta carretera es importante en Honduras ya que da entrada y salida al puerto nacional. Como se mencionaba anteriormente, debido al crecimiento económico de la zona y del país, es necesaria la mejora y la inversión para este tramo, proponiendo un diseño de varios años que ayudará no solo a Puerto Cortés, sino también a los que lo rodean. (Gordillo & Armando, 2016)

A través de la Ilustración 9, se observa el tramo que conecta a San Pedro Sula con Puerto Cortés, el cual cuenta con una longitud de 45 km y 4 carriles de concreto hidráulico que se encuentran en buen estado, sin embargo, la cantidad de pobladores y vehículos que circulan alrededor de estas zonas genera un problema de tráfico vehicular, ya que el diseño actual no está realizado para soportar el tráfico promedio diario actual.



Ilustración 8: Tramo de San Pedro Sula a Puerto Cortés

Fuente: (Gordillo & Armando, 2016)

b) Problema de estudio

Gordillo & Armando (2016) establecen:

El problema de estudio surge debido a que, aunque el diseño actual cuenta con un periodo de diseño de 20 años, la vía funciona a su máxima capacidad, y debido al crecimiento económico en la zona esta resultará ineficiente para el tráfico que se proyecta en un futuro no muy lejano.

De igual forma, actualmente la vía que conecta a San Pedro Sula y Puerto Cortés cuenta con un flujo vehicular de 13,000 vehículos diarios o más, especialmente en el tramo de salida a San Pedro Sula y Choloma, en donde en horas de alto tráfico vehicular se genera un gran embotellamiento en la zona. (Gordillo & Armando, 2016)

c) Metodología aplicada

Gordillo & Armando (2016) detallan:

Se utiliza una metodología acerca de escenarios reales para las necesidades de la infraestructura, el cual conlleva a proponer nuevas ideas para mejorar el tramo de 45 km de San Pedro Sula hacia Puerto Cortés, con el objetivo de incentivar el desarrollo económico y social en Honduras.

A continuación, en la Ilustración 9, se observa la definición de variables independientes y dependientes para este proyecto.

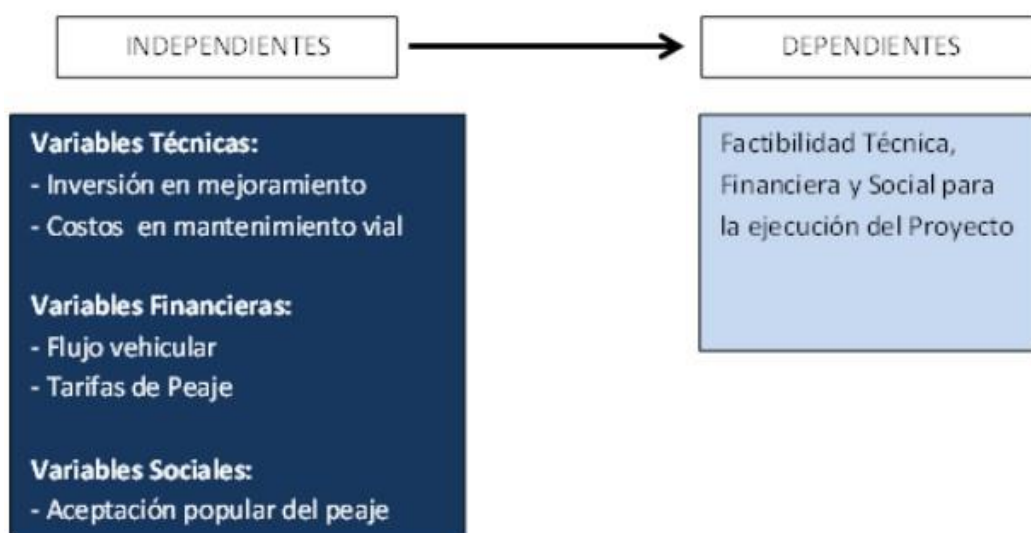


Ilustración 9: Definición de Variables

Fuente: (Gordillo & Armando, 2016)

Mediante la Ilustración 9 se concluye que dentro de las variables independientes se encuentran variables técnicas, financieras y sociales, las cuales se conectan la variable dependiente "factibilidad técnica, financiera y social para le ejecución del proyecto".

d) Conclusiones y Recomendaciones

Gordillo & Armando (2016) concluyen:

El tramo existente de 45 km de longitud será ampliado de 4, a 6 carriles. Así, de esta manera, se aumenta la capacidad de la carretera y soportará un tráfico promedio diario de hasta 20,000 vehículos. Según las proyecciones realizadas, la ampliación de 2 carriles más será suficiente para evitar el congestionamiento vehicular en el tramo hasta el año 2031.

El ampliamiento de estos carriles ayudará a la fluidez vehicular del tramo de San Pedro Sula con toda la CA-5 y la carretera que conduce hacia occidente, ya que libera el embotellamiento en la entrada y salida a la ciudad de San Pedro Sula y los pobladores de zonas alejadas no deberán transitar dentro de la ciudad, por lo cual se mejora la circulación interna. (Gordillo & Armando, 2016)

3.1.2.2. Diseño de pavimento rígido y drenaje pluvial en la carretera hacia Aldea El Bálsamo, Puerto Cortes.

a) Información del sitio

Lara & Velasquez (2020) describen:

La vía que conduce a la Aldea el Bálsamo necesita una planificación geométrica y pavimento sólido, además de un sistema de alcantarillado para las aguas pluviales. Esto se debe al alto flujo de turistas que visitan el balneario Los Laureles, ubicado dentro de la aldea, así como al tráfico diario de residentes y camiones que entran para fines comerciales.

En respuesta a estas necesidades, se ha propuesto un proyecto para diseñar un tramo de carretera de 2 kilómetros, desde la intersección de La Corozona hasta la Aldea el Bálsamo en Puerto Cortés. Para garantizar su funcionalidad y eficiencia, el diseño debe incluir un sistema de alcantarillado, el cual contribuirá al desarrollo socioeconómico de la zona, fomentando el ecoturismo y las actividades agrícolas y ganaderas de los habitantes locales. (Lara & Velasquez, 2020)

A continuación, en la Ilustración 10, se muestra la ubicación de Aldea El Bálsamo.

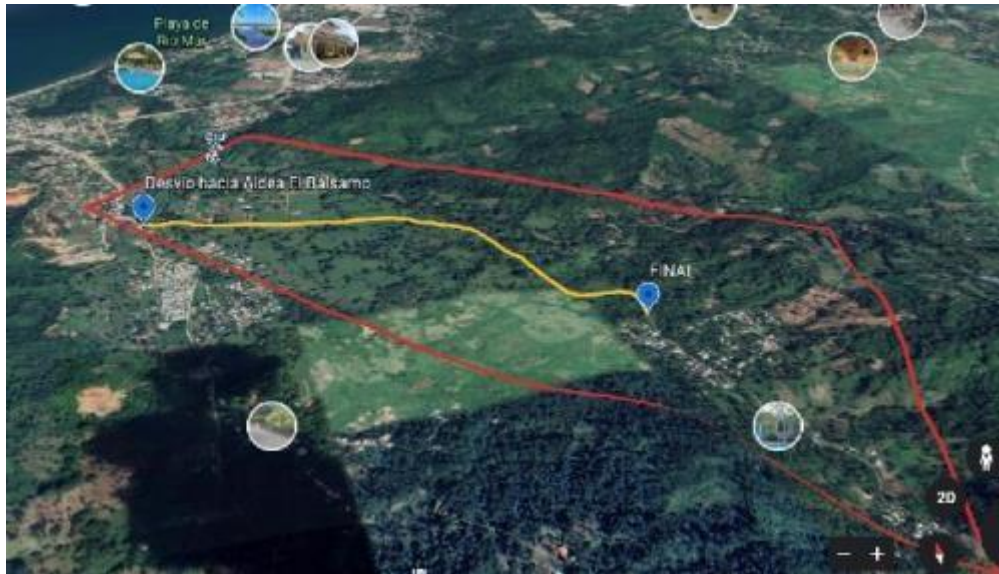


Ilustración 10: Ubicación Aldea El Bálsamo

Fuente: (Lara & Velasquez, 2020)

b) Problema de estudio

Lara & Velasquez (2020) detallan:

La Aldea El Bálsamo está situada en el municipio de Puerto Cortés, dentro del departamento de Cortés. La vía que lleva a esta aldea es una red vecinal de caminos de tierra que se conecta con una carretera secundaria que a su vez se une a la carretera CA-13.

No obstante, la carretera que lleva a la aldea carece de pavimentación y de un diseño geométrico adecuado. Además, carece de un sistema de drenaje para canalizar el agua de lluvia, que es abundante debido a la topografía montañosa y las precipitaciones frecuentes en la zona. La falta de estas características retrasa el progreso socioeconómico y dificulta la conectividad vial, especialmente durante la temporada de lluvias. (Lara & Velasquez, 2020)

c) Metodología aplicada

Lara & Velasquez (2020) explican:

Se emplearán técnicas de observación directa, ya que es necesario comprender personalmente la realidad del área de estudio. Además, se utilizarán técnicas estructuradas, que involucran instrumentos técnicos especiales, basados en una planificación para recopilar datos. Se realizarán estudios de campo para analizar las condiciones de la vía en el lugar mismo. Se prevé utilizar un enfoque cuantitativo para el proyecto.

Seguidamente se muestra la Ilustración 11, la cual contiene el tipo de diseño para el proyecto.



Ilustración 11: Tipo de Diseño

Fuente: (Lara & Velasquez, 2020)

Mediante la Ilustración 11 se observa que este proyecto tiene un enfoque cuantitativo, en donde el tipo de estudio es cuasi experimental y el tipo de diseño es transversal. Asimismo, se utilizan métodos de análisis técnicos y un tipo de muestra no probabilística.

d) Conclusiones y Recomendaciones Lara

& Velasquez (2020) concluyen:

Se mejoró la ruta de la calle hacia la aldea El Bálsamo optimizando el ancho del carril a un mínimo de 2 metros. Se garantizó que los radios de giro fueran apropiados para la velocidad de diseño de 40 km/h, conforme al Manual de Soptravi. De acuerdo con el análisis topográfico realizado en el terreno, las pendientes se mantuvieron dentro de un rango de aproximadamente 3% a 8%, lo cual es considerado aceptable para el terreno de la zona.

La calle tiene un ancho promedio de 5.5 metros, compuesto por dos carriles de 2.00 metros cada uno, sin hombros y con cunetas de 0.60 metros de ancho para el drenaje de aguas pluviales. (Lara & Velasquez, 2020)

Los análisis realizados por la municipalidad de Puerto Cortés y llevados a cabo por la empresa CINSA, categorizan el suelo como arena bien graduada con grava. Se compararon estos resultados con los obtenidos de las muestras tomadas en las excavaciones realizadas en la calle de la aldea El Bálsamo, y se emplearon los datos previamente obtenidos de CBR. (Lara & Velasquez, 2020)

El diseño definitivo del pavimento incluirá una losa de concreto hidráulico con un espesor de 16 cm y una subbase con un espesor de 30 cm, lo cual se considera adecuado para el Tránsito Promedio Diario (TPD) de la zona. (Lara & Velasquez, 2020)

Se ha creado un sistema de alcantarillado para las aguas pluviales que consta de un canal de concreto con drenaje longitudinal, el cual cuenta con dos salidas ubicadas en las dos cajas puente del tramo de carretera. Además, se incorpora un drenaje transversal mediante alcantarillas de concreto con un diámetro aproximado de 24 pulgadas para facilitar la evacuación de las aguas de lluvia. (Lara & Velasquez, 2020)

3.1.3. ANÁLISIS INTERNO

En el análisis interno se encuentran componentes que son parte de la información destacada y semejante al proyecto a realizar dentro de Villanueva y San Manuel, Cortés. Dentro del cual

se mencionan datos importantes como ser información del sitio, objeto de estudio, metodología aplicada, entre otros.

a) Información del sitio

El INE (2020) establece que el Municipio de Villanueva está situado en el departamento de Cortés, en Honduras. Sus coordenadas son aproximadamente 15.33 grados de latitud norte y -88.06 grados de longitud oeste, con respecto al meridiano de Greenwich. Se encuentra a una altitud de cierta cantidad de metros sobre el nivel del mar y a una distancia de aproximadamente 134.99 Km de la capital del país. Además, está a unos 22.5 Km de San Pedro Sula, el centro industrial de Honduras; a unos 56.3 Km de Puerto Cortés, que es la principal salida marítima de Honduras al mundo; y a unos 101.44 Km del Aeropuerto Internacional de Palmerola.

Villanueva limita al este con el municipio de Pimienta y San Manuel, y el tramo que los conecta cuenta con una población estimada al 2022 de 7,564 pobladores. El censo de población del tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortes fue obtenido a través del Programa de Naciones Unidas (PNUD) con una tasa de crecimiento del 1.2%. (Estadística, 2022)

La distancia entre Villanueva (desde la CA-5) y la entrada de San Manuel, Cortes es de 6km.

A continuación, en la Ilustración 12, se observa la ruta desde Villanueva entrando por la CA-5 hasta el municipio de San Manuel, Cortes.

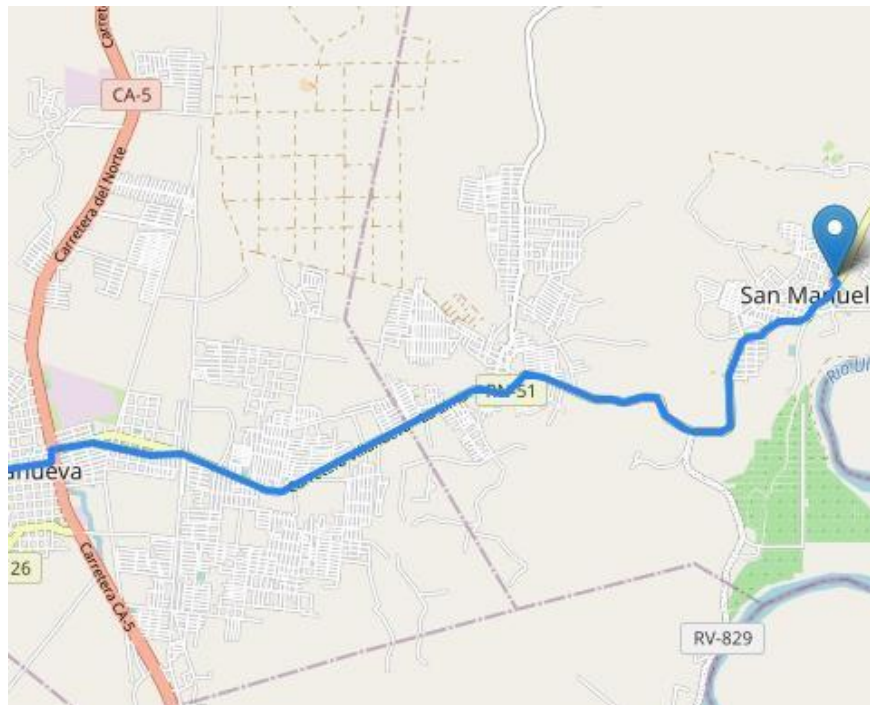


Ilustración 12: Tramo Villanueva - San Manuel

Fuente: (TopoNavi, 2024)

b) Problema

Martínez Sarely (2024) comentó:

Quiero expresar mi frustración por el estado del tráfico en la carretera, las inundaciones a lo largo de estos años que han sido un problema persistente en la comunidad. Además, queremos hacer hincapié en la necesidad urgente de una nueva vía, así como de una ruta alternativa, debido al intenso tráfico que enfrentamos diariamente. Estamos cansados de las promesas vacías de las autoridades, esta carretera cada vez abarca más tráfico e inundaciones y ya no podemos esperar más.

La carretera que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortes cuenta con una longitud de 3.18 km y una vía con 2 carriles de concreto hidráulico la cual se encuentra en buen estado. Sin embargo, el alto flujo vehicular en esta zona causa un atascamiento en horas pico, debido a que es la única ruta en buen estado que conecta a ambos municipios. Asimismo, carecen de un sistema eficiente de drenaje pluvial, el cual sea capaz de evacuar las aguas

lluvias en la zona. Esto causa inundaciones en el pavimento y en las colonias alrededor en épocas de lluvia, por lo cual los pobladores se muestran indignados.

3.2. TEORÍA DE SUSTENTO

En la siguiente sección se presentará la teoría de sustento, mediante la cual se conocerá los fundamentos que avalan el documento, sirviendo de respaldo de los argumentos presentados a lo largo del proyecto, estas incluyen manuales que contiene la normativa para un óptimo diseño geométrico y estructural en el tramo que conecta Villanueva con San Manuel, Cortés. Como teorías de sustento se hará uso de: Manual de Carreteras SOPTRAVI, Tomo 3; Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras, los cuáles serán de gran utilidad para recopilar información importante y con esto lograr una adecuada entrega final.

3.2.1. MANUAL DE CARRETERAS SOPTRAVI

A continuación, se conocerá información proveniente del tercer de ocho Tomos del Manual de Carreteras de SOPTRAVI, conocido como "Instrucciones de Diseño", manual instructivo para un óptimo diseño, mantenimiento y construcción de carreteras en Honduras.

El Manual de Carreteras SOPTRAVI, tomo 4 (1996) explica:

En cuanto al coeficiente de fricción lateral, se menciona que, para lograr un diseño estable de curvas horizontales, estos radios se deben determinar de acuerdo con la velocidad de diseño dada, por lo que se recomienda utilizar un valor de fricción menor al llamado valor máximo seguro. La relación entre el coeficiente de fricción lateral de un vehículo que se moviliza en la

longitud de una curva de un radio predeterminado a una determinada velocidad y un determinado espacio de altura está determinada por la ecuación siguiente:

$$f = \frac{v^2}{127R} - \frac{P}{100}$$

Ecuación 1: Coeficiente de Fricción Lateral

Donde:

F= coeficiente de fricción lateral

R= radio de la curva en metros

V= velocidad directriz km/h

P = peralte

El coeficiente de fricción lateral que se utiliza en el diseño, es el más grande que brinda un margen amplio de seguridad sin generar inconveniente a quien conduce.

Valores máximos de peralte

Los valores máximos especificados se determinan en función de los siguientes factores:

- a) Definir rutas en función del uso o destino.
- b) Condiciones del terreno (llanuras onduladas o montañosas)
- c) Estado operativo del vehículo
- (d) Volumen de tráfico y nivel esperado de servicio

Relación Peralte y Rasante

En curvas horizontales de radio pequeño, donde la pendiente es un plano inclinado, se deben considerar algunas precauciones para que el diseño geométrico no suponga peligro para el conductor del vehículo.

Es pertinente que se determine la pendiente de la resultante ("U") entre el parlante y la rasante cuando:

- 1) La velocidad directriz es de 50 km/h o menos y el radio límite de 200 metros. La pendiente U no deberá sobrepasar el 11%.
- 2) La velocidad directriz es de 50 km/h o más y el radio límite de 300 metros. La pendiente U no deberá sobrepasar el 10%.

La pendiente de la resultante será expresada por la ecuación:

$$U(\%) = \sqrt{g^2 + P^2}$$

Ecuación 2: Relación Peralte y Rasante

Donde:

G = pendiente de la rasante (%)

P = peralte (%)

3.2.2. MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS A continuación, se conocerá información proveniente del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras, manual instructivo para un óptimo diseño, mantenimiento y construcción de carreteras a nivel centroamericano. Se presentará información encontrada en el capítulo IV el cual explica lo que son los componentes de una sección transversal.

El Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras (2011) explica:

La sección transversal de una vía o calle permite ver su representación geométrica en forma de planos de superficies verticales regulares situadas sobre el eje de la calle. Esta sección puede variar en distintos puntos de la calle, debido a que es producto de la combinación de los diferentes elementos que la componen, su tamaño y forma dependiendo de los objetivos que pretende y de las características del trazado del punto deseado.

Plataforma o Corona

La capa visible de la calle o calzada, incluidos los bordes del relleno y/o el interior de las zanjas, se le conoce como "plataforma" o "corona". El ancho de la plataforma abarca pendiente, deslizamiento transversal, ancho de la calzada, bordillo, sobrecorrimiento de hombro, acera y mediana, si existe una sección transversal.

En algunos casos especiales se ha creado una vía de doble sentido con calzadas separadas, donde las calles tendrán dos andenes separados, que eran calles sin asfaltar, donde los carriles y los márgenes forman un todo completo, lo cual resulta invisible a simple vista.

Debido a que la plataforma es la capa visible, algunos componentes pueden ser considerados como auxiliares, como ser bordillos, barreras de contención, señalización e iluminación.

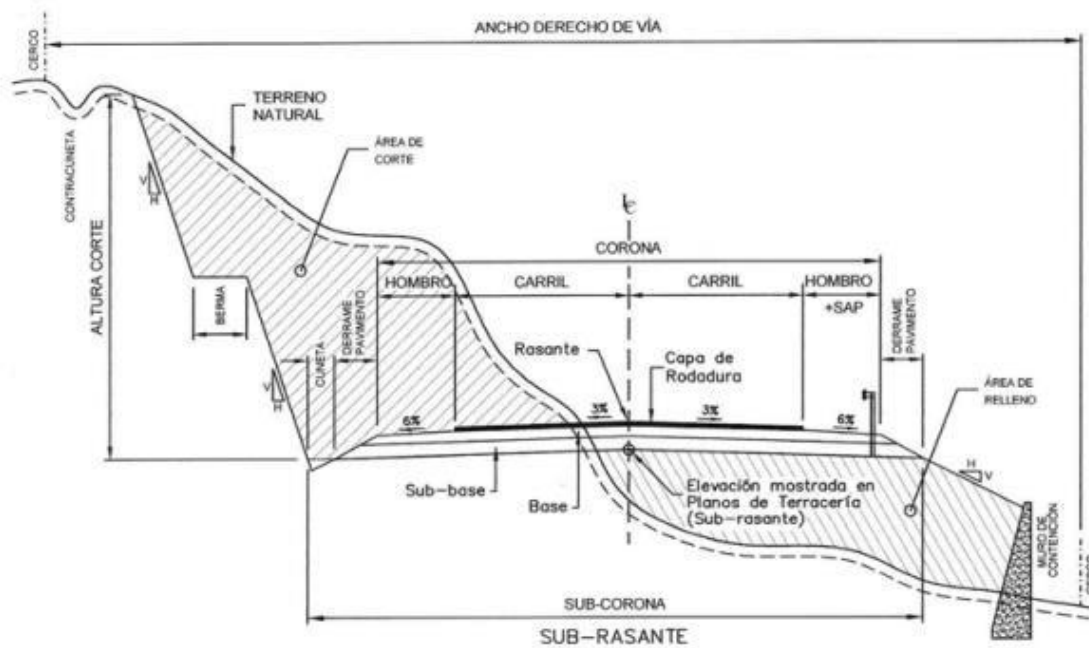


Ilustración 13: Sección Transversal Típica en Tangente en Carretera en Dos Direcciones

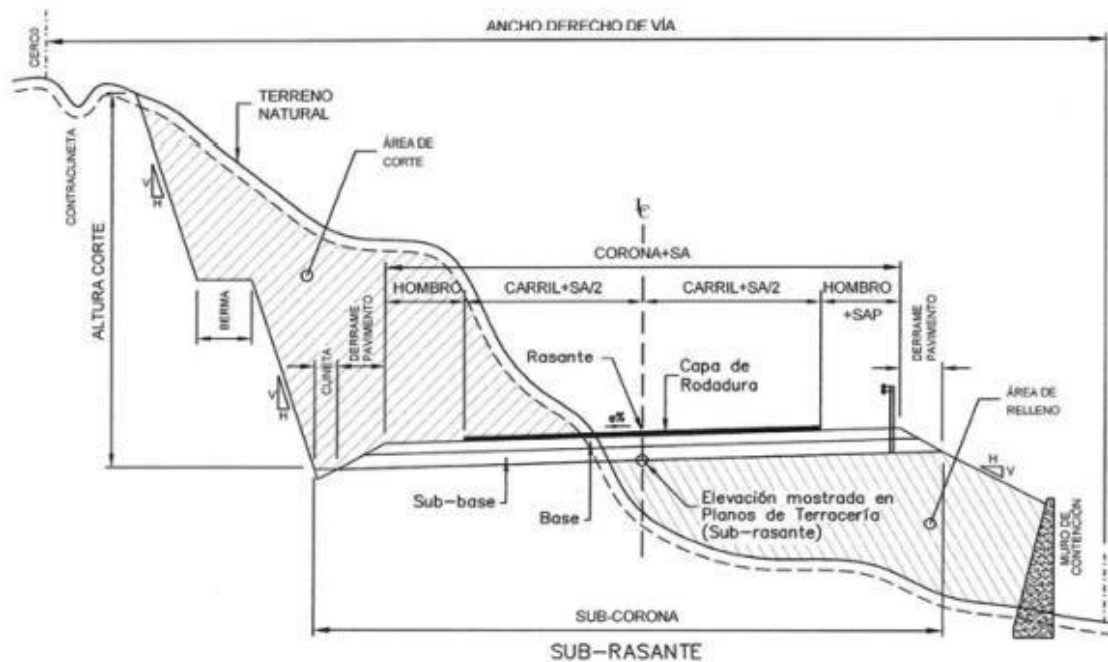


Ilustración 14: Sección Transversal Típica en Curva en Carretera en Dos Direcciones

Rasante

Es la altura del pavimento por encima del eje central de la vía de doble sentido. Al hacerlo visible en planos verticales de diferentes alturas, se puede desarrollar una plataforma o corona vial. Consta de pendientes (hacia arriba o hacia abajo) y curvas verticales que las conectan.

Identificado por puntos en la sección transversal.

Pendiente Transversal

Es la pendiente que se asocia a la calzada perpendicular al eje de la calle. Se conoce tres casos:

- a) Bombeo Normal: Es la inclinación que se asigna a la plataforma en las tangentes del alineamiento horizontal, busca mejorar el escurrimiento del agua en la superficie. Para que pueda considerarse un bombeo bueno deberá permitir un drenaje eficiente con la menor pendiente, buscando que el conductor no sufra un caso incómodo o inseguro. Este bombeo puede depender del tipo de superficie de rodadura, a continuación, se presenta los rangos sugeridos:

Tipo de Superficie	Rango de Pendiente Transversal
Alto	1.5-2.0
Bajo	2.0-6.0

Ilustración 15: Bombeo Normal de Calzada

- b) Sobreelevación o Peralte: Es la pendiente que se asigna a la superficie de una calle en los tramos con giro para disminuir los efectos de la fuerza centrípeta actuando cuando el vehículo está en marcha.
- c) Transición del Bombeo al Peralte: Cuando se pasa de un recorrido en tangente a otro tramo en una curva, se necesita cambiar la inclinación de la superficie, partiendo del bombeo en la tangente hasta la sobreelevación que asigne a la curva horizontal. Para esto, se conoce dos distancias en las cuales efectúa.
- a. Distancia de Bombeo: En esta el carril gira en sentido opuesto al de la curva desde el bombeo que se seleccionó para la tangente hasta 0%.
- b. Distancia de Transición: Esta distancia podrá ser el largo de transición del peralte en alineamiento del tipo tangente-curva-tangente, o la longitud de espiral en el alineamiento del tipo espiral-curva-espiral. Se continúa en esta distancia girando

el carril contrario al sentido de la curva desde 0%, hasta ser colineal con el carril contrario, y así aplica el giro a la sección hasta que se alcanza el peralte que corresponde a la curva circular.

3.2.3. GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D-421)

Para realizar una clasificación de suelo, se debe seguir una normativa, en el caso de este proyecto, se sigue bajo los lineamientos de AASTHO, se presenta información extraída de la norma: ASTM D-421

Objetivos:

- Determinar la distribución de partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño. -
Identificar la clasificación del suelo en el tramo sobre el cuál se ejecutará el proyecto

Equipo:

- Juego de tamices: (#4, #10, #40, #200 y fondo)
- Balanza de 0.1 gr
- Mazo de goma
- Horno
- Taras

Procedimiento:

- Colocar la muestra de suelo en el horno a 110 ± 5 °C
- Remover grumos mediante golpes con el mazo de goma
- Pesar la muestra de material en la balanza con 0.1 gr de sensibilidad
- Ordenar los tamices en orden descendente (#4, #10, #40, #200 y fondo)
- Colocar estos tamices en el agitador mecánico junto con la muestra a analizar, dejar que agite por 15 minutos.
- Proceder a pesar cada una de las muestras por tamiz en la balanza con 0.1 gr de sensibilidad
- Trazar la curva granulométrica para conocer el tipo de suelo.

3.2.4. LÍMITES DE ATTERBERG (NORMA ASTM D4318)

Para poder realizar el ensayo de Límites de Atterberg, se debe seguir una normativa, en el caso de este proyecto, se presenta información extraída de la norma: ASTM D-4318

Objetivos:

- Conocer el índice de plasticidad del suelo - Clasificar el índice de plasticidad del suelo.

Equipo:

- Copa de Casagrande
- Espátula
- Tamiz No. 40
- Atomizador
- Recipiente de porcelana
- Balanza de 0.1 gr
- Horno
- Tara

Procedimiento:

- Colocar la muestra de suelo en el horno a 110 ± 5 °C
- Cribar a través del tamiz #40 y desechar el resto de la muestra
- Del material obtenido se toma aproximadamente 100 gramos, esta se coloca en el recipiente de porcelana y se mezcla, agregando agua a medida se busca la textura pastosa y homogénea.
- Colocar esta mezcla en la copa de Casagrande
- Dividir en dos la muestra colocada en la copa haciendo uso de un ranurador.
- Se procede a dar vuelta a la manija de la copa de Casagrande, a una razón de 2 golpes por segundo, y se debe contar el número de golpes requeridos hasta que la abertura cierre a un ancho de 1cm. Si cerrase antes de 10 golpes, se retira el material y se repite el proceso.

- Una vez el suelo está unido con la parte inferior de la abertura, se toma alrededor de 10g de suelo, se toma su peso húmedo, No. De golpes y peso seco.
- Se repite el proceso con el objetivo de obtener puntos por debajo de 25 golpes y más de 25 golpes.
- Se determina el porcentaje de humedad a cada cantidad de goles y se elabora la curva de fluidez en papel semilogarítmico.
- Definir el límite líquido en el momento en que el contenido de agua en la curva de fluidez corresponda a 25 golpes.

3.3. MARCO CONCEPTUAL

A lo largo del proyecto se presenta una amplia lista de conceptos técnicos y abreviaturas, a continuación, se presenta la definición de estos términos utilizados en el proyecto.

1. Infraestructura vial

Toda calle, camino o vía férrea incluidas obras complementarias, de tipo rural o urbana de dominio y uso público. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011)

2. Colindancia

Delimitación de las propiedades que dan limite a terrenos o edificios, se basa generalmente en los puntos cardinales. (Salvador, 2015)

3. Carril

Parte de la calzada que se destina para la circulación de vehículos hacia un mismo sentido. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011)

4. Crecimiento poblacional

Aumento en la cantidad de individuos que pertenecen a un año en concreto por cada 1.000 habitantes. Usualmente se calcula como la adición del saldo vegetativo y el saldo migratorio. (INE, 2020)

5. Diseño Geométrico

Determinar el trazado y las características visibles de una carretera. (Diseño Geométrico, 2022)

6. Diseño Estructural

Consiste en el proceso de realizar una estructura eficiente y que funcione en cualquier tipo de cargas que pueda sufrir. (Estructuras, 2024)

7. Parque Vehicular

Indica la cantidad de vehículos que se movilizan por un determinado país, grupo o de manera mundial. (Mendoza, 2021)

8. Rotonda

Intersección circular con control de acceso del tráfico que ingresa a ella, consta de islas en las aproximaciones y curvas correspondientes en la vía con el objeto de reducir la velocidad de los automóviles. (US Department of Transportation, 2007)

9. Rasante

Superficie de rodadura a nivel terminado. Ubicada en el eje de la vía. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011)

10. Municipio

Nombre de sociedad local simple de la organización territorial del Estado. (INE, 2020)

11. Levantamiento topográfico

Grupo de operaciones de medidas realizadas en el terreno con el fin de obtener elementos necesarios y representación gráfica. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011)

12. Calicata

Es una excavación que se realiza en el terreno, con el objetivo de permitir observar los estratos del suelo a distintas profundidades. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011)

13. Pendiente

Es la inclinación del eje de la carretera. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011)

14. Desnivel

Diferencia de elevación que existe en una superficie o en dos o más de estas. (Ingenieros Asesores, 2021)

15. Distancia Real

Es aquella distancia real que hay entre dos puntos, o la distancia que existe caminando en línea recta sobre el terreno entre esos dichos puntos. (Diseño Geométrico de Vías, 2022)

16. Curvas

Es una cadena de puntos que constantemente cambian de rumbo, y, por lo tanto, no es una recta. (Diseño Geométrico de Vías, 2022)

17. Calzada

Es la parte de la carretera que se destina a la circulación de vehículos y se compone por uno o más carriles, sin hombros. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011)

18. Corte

Excavación que se realizan sobre cualquier tipo de terreno. (SANCHEZ, 2017)

19. Relleno

Parte de la explanación que se sitúa sobre el terreno original, también se conoce como terraplén. (Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011) **20. Terracería**

Es la estructura que se construye para aumentar la altura del terreno, a través del relleno y compactación de la tierra. Con este sistema se mejora el flujo de la lluvia, los accesos y aspectos específicos del proyecto. (Odinsa, 2019)

3.4. MARCO LEGAL

A continuación, se expone el marco legal, el cual contiene la Ley de Vías de Comunicación Terrestre y la Ley General del Ambiente, para mostrar el cumplimiento de las normas para el desarrollo del proyecto.

LEY DE COMUNICACIÓN TERRESTRE

DECRETO NÚMERO 173

EL CONGRESO NACIONAL

CONSIDERANDO: Que por Decreto N.- 6 de 20 de febrero de 1958 fue derogada la Ley de Vialidad, contenida en el Decreto N.- 64 de 4 de marzo de 1944 la cual contenía disposiciones que regulaban en parte el sistema vial del país.

CONSIDERANDO: Que, para promover, impulsar y facilitar el progreso Vial, es básico e indispensable dictar normas que expediten la labor de proyección, construcción, ampliación, conservación y reparación de carreteras y demás vías de comunicación terrestre y

CONSIDERANDO: Que es de urgente necesidad la solución de problemas que entorpecen y dilatan el proceso de ejecución de obra de interés nacional y uso público. POR TANTO,

DECRETA:

LA SIGUIENTE:

LEY DE VIAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRE **Artículo 10.** - El estudio, apertura, construcción, ampliación, mejoramiento, mantenimiento y administración del sistema vial del país y de todo lo relacionado con la aplicación de la presente Ley, estará a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, por medio de la Dirección General de Caminos.

Artículo 12. - Los dueños de terrenos contiguos y cercanos a cualquier obra del sistema vial, están obligados a facilitar y permitir la extracción de todo el material que sea necesario para la apertura, construcción, mantenimiento del mismo, sin costo alguno para el Estado, previa notificación al Propietario.

Artículo 13. - El Estado ejecutará por su cuenta, las reparaciones de los daños que se ocasionaren con motivo de la extracción de los materiales en los terrenos a que se refiere el artículo anterior, después de terminada la obra.

Artículo 14. - El derecho de Vía, tendrá un mínimo de quince metros, contados a cada lado de la vía central de la carretera.

Artículo 16.- Además de los Derechos de Vía, debe reservarse una faja de cinco metros por lo menos a cada lado del camino, en la que no se autorizan construcciones de ninguna clase. Las construcciones que se erijan en violación a este artículo, serán demolidas sin responsabilidad alguna para el Estado y el infractor se hará acreedor a los gastos que ocasionare la demolición y demás responsabilidades legales.

Artículo 17.- Dentro de la zona del Derecho de Vía, no se permitirá la construcción de anuncios comerciales ni de otra índole, a excepción de las señales viales.

Si a pesar de todo se ocasionaren daños, el causante será responsable de su reparación.

(LEY DE VIAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRE, 1995)

LEY GENERAL DEL AMBIENTE

DECRETO NÚMERO 104-93

EL CONGRESO NACIONAL,

CONSIDERANDO: Que, de acuerdo con la Constitución de la República, el Estado conservará el ambiente adecuado para proteger la salud de las personas, declarando de utilidad y necesidad pública la explotación Técnica y Racional de los recursos naturales de la nación.

CONSIDERANDO: Que la destrucción acelerada de los recurso naturales y la degradación del ambiente amenaza el futuro de la nación ocasionando problemas económicos y sociales que afectan la calidad de vida de la población, y que es deber del Estado propiciar un estilo de desarrollo que, a través de la utilización adecuada de los recursos naturales y del ambiente, promueva la satisfacción de las necesidades básicas de la población presente sin comprometer la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan sus propias necesidades.

CONSIDERANDO: Que la importancia y trascendencia de la problemática ambiental requiere de una organización y estructura administrativa que responda en forma coherente armónica e integral a nuestra situación ambiental.

POR TANTO,

DECRETA:

LA SIGUIENTE:

LEY GENERAL DEL AMBIENTE

Artículo 1. - La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social.

El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y el manejo sostenible de esos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico.

El interés público y el bien común constituyen los fundamentos de toda acción en defensa del ambiente; por tanto, es deber del Estado a través de sus instancias técnico administrativas y judiciales, cumplir y hacer cumplir las normas jurídicas relativas al ambiente.

Artículo 5.- Los proyectos, instalaciones industriales o cualquier otra actividad pública o privada, susceptible de contaminar o degradar el ambiente, los recursos naturales o el

patrimonio histórico cultural de la nación, serán precedidos obligatoriamente de una evaluación de impacto ambiental (EIA) que permita prevenir los posibles efectos negativos.

En tal virtud, las medidas de protección del ambiente o de los recursos naturales que resulten de dichas evaluaciones serán de obligatorio cumplimiento para todas las partes, en la fase de ejecución y durante la vida útil de las obras o instalaciones. A tal efecto la Secretaría de Estado en el Despacho del Ambiente creará el sistema nacional de evaluación de impacto ambiental.

En el caso de instalaciones u obras existentes, se estará a lo dispuesto en el Capítulo sobre Disposiciones Finales

1. Reformar el Artículo 5 de la Ley General del Ambiente, según Decreto 194-2002, publicado en el Diario Oficial La Gaceta el 5 de junio del 2002 establecido en el Artículo 30 de la Ley del Equilibrio Financiero y la Protección Social, adicionando los párrafos siguientes: "ARTICULO 5.- ... Se establece una tarifa por la expedición de la licencia Ambiental que se conceder a la ejecución de proyectos, instalaciones industriales o cualquier otra actividad pública o privada. El cobro por la expedición de la licencia se efectuará conforme al monto de la inversión realizada la escala siguiente:

MONTO DE INVERSIÓN REALIZADA TARIFA

De L. 20,000,000.00 en adelante..... 0.02%

(Ley General del Ambiente, 1993)

IV. METODOLOGÍA

Anteriormente se proporcionó información sobre el marco teórico, conceptualización, marco legal y marco informativo. A continuación, se presenta el capítulo de metodología, en donde el cual se identificarán variables de investigación, enfoque, diagramas y tablas

con sus respectivas variables, materiales, técnicas e instrumentos aplicados y el cronograma de actividades que deberán ser realizadas en el proyecto.

4.1. ENFOQUE

Este proyecto contiene un enfoque cuantitativo, esto se debe a que se realiza una recolección de datos y los valores del dominio de variación son contados o medidos. Ahora que ya se tiene el enfoque de nuestro proyecto, se sigue un procedimiento en el cual se propone una idea y se plantea un problema o necesidad, y se desarrolla el marco teórico. Posteriormente, se establece el alcance del estudio, se definen las variables y se procede a la recopilación de datos, como ser los puntos obtenidos en el levantamiento topográfico, la clasificación y tamaño de partículas existentes en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés mediante los ensayos de laboratorio, etc. Además, se realiza el análisis de datos y el informe correspondiente a la realización del levantamiento topográfico, datos geotécnicos y estudios de suelo, y el diseño geométrico y estructural para la zona de estudio.

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Acto seguido, se muestra la Tabla 1, la cual contiene las variables de operan establecidas para el proyecto, contiene el problema, objetivo general y específico, preguntas de investigación, y a través de estos se definen las variables dependientes e independientes. La variable dependiente se define como el factor que el investigador observa para determinar el efecto que la variable independiente causa. Por otro lado, la variable independiente es el motivo de ocurrencia de otro fenómeno.

Las variables establecidas en nuestro proyecto son:

Variable dependiente: Diseño geométrico y estructural del bulevar en el tramo desde Villanueva hacia la entrada de San Manuel, Cortés.

Variable independiente: Topografía, Propiedades del Suelo, Análisis Vehicular, Diseño de Pavimento y Drenaje Pluvial.

Tabla 1: Variables de Operacionalización

TÍTULO Propuesta de diseño geométrico y estructural del bulevar en el tramo desde Villanueva hacia la entrada de San Manuel, Cortés.

Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	Variable Independiente	Variable Dependiente
¿Cuáles son las especificaciones geométricas y estructurales que debe poseer el bulevar de Villanueva hacia San Manuel, Cortés?	Elaborar un diseño geométrico y estructural del bulevar para el tramo de Villanueva, Cortés hacia la entrada de San Manuel, Cortés, regido por el Manual de Carreteras con la finalidad de mejorar la descongestión vehicular en la zona.	1. ¿Cuáles son las condiciones topográficas del terreno sobre el cual se hará el diseño?	1. Determinar las condiciones topográficas del terreno sobre el cual se hará el diseño.	Topografía	Diseño geométrico y estructural del bulevar en el tramo desde Villanueva hacia la entrada de San Manuel, Cortés.
		2. ¿Qué tipo de se localizará en la zona del regulaciones	2. Categorizar el tipo de suelo de acuerdo a sus propiedades bajo AASTHO.	Propiedades del Suelo	suelo
		3. ¿Qué tipo de vehículos transitan en el tramo y como afectan el diseño de la carretera?			b u l e v a r e n t r e V i l l
		4. ¿Qué características geométricas y estructurales tendrá la propuesta de diseño del			

anueva y
San Manuel, Cortés?

5. ¿Qué propiedades estructurales tendrá la propuesta de diseño de sistema de drenaje de pluvial?
6. ¿Cuál será el monto

aproximado del
costo total del
proyecto?

3. Comprobar qué tipo de vehículos transitan en el tramo y como estos afectan el diseño de la carretera.

Análisis del Tráfico

4. Identificar las características geométricas y estructurales tendrá la propuesta de diseño del bulevar entre Villanueva y San Manuel, Cortés.

Diseño
Estructural de
Pavimento

5. Establecer las propiedades estructurales tendrá la propuesta de diseño de sistema de drenaje de drenaje pluvial.

Drenaje Pluvial

6. .
Presen
tar un
monto
aproximado

Fuente: (Propia, 2024)

del costo
total del Presupuesto proyecto.

4.2.1. DIAGRAMA DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

Seguidamente, se muestra el diagrama de variables de operacionalización, en el cual se muestra la variable dependiente y como está conectado a las variables independientes y sus dimensiones respectivas.



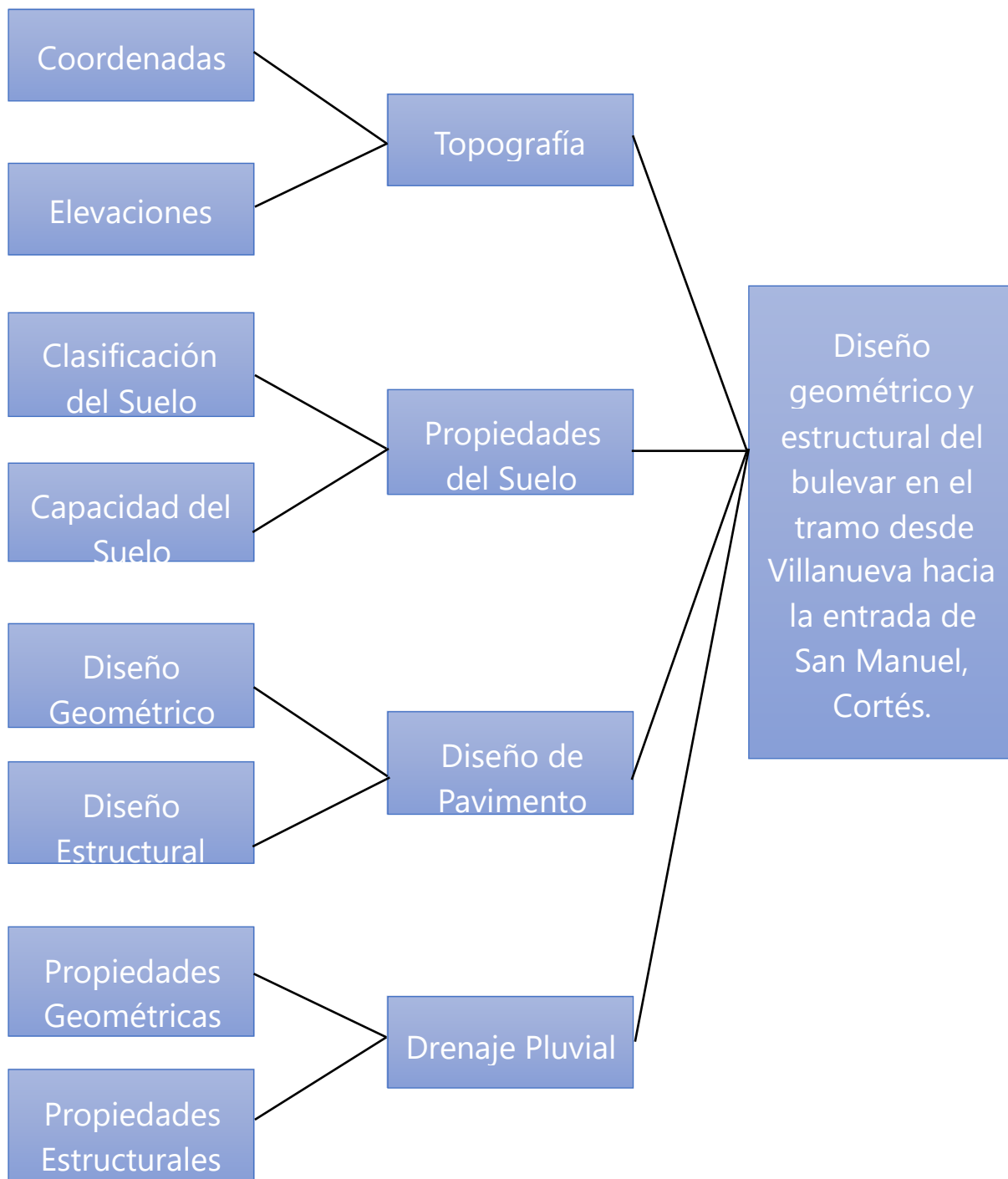


Ilustración 16: Diagrama de Variables de Operacionalización

Fuente: (Propia, 2024)

4.2.2. TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

A continuación, se presenta la tabla 2 de operacionalización, por medio de la cual se separa las variables independientes, para las cuales se brinda definiciones, tanto conceptuales como

operacionales, dimensiones, indicadores, ítems y escalas.

Tabla 2: Tabla de Operacionalización

Propuesta de Diseño Geométrico y Estructural en el Tramo Desde Villanueva Hacia la Entrada de San Manuel, Cortés						
Titulo						
Variables independientes	Definición					
	Conceptual	Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Escala
Topografía	Es una rama de la ciencia dedicada al estudio de la superficie de la Tierra. En otras disciplinas como la cartografía, la geografía, la oceanografía, la arquitectura o la arqueología, desempeña un papel crucial. Pero también tiene importantes ramificaciones en el desarrollo de las comunicaciones y las ciudades.	Por medio de la topografía se obtendrá coordenadas y elevaciones, las cuáles serán exportadas a Civil 3D para posteriormente realizar el diseño geométrico	Elevación	Altura	¿Cuál es la elevación de los puntos generados en el levantamiento topográfico?	(m)
			Coordenadas	Posición (X, Y)	¿Cuál es la posición de los puntos generados en el levantamiento topográfico?	(m)

Continuación Tabla 2...

Propiedades del suelo	El estudio de suelos, también conocido como estudio geotécnico,	Realzar los estudios de suelo permitirá	Clasificación del Suelo	Límites de Atterberg	¿Cuál es el límite plástico del suelo?	%
-----------------------	---	---	-------------------------	----------------------	--	---

	<p>es un tipo de examen profesional en el que se determinan las propiedades únicas de un terreno mediante una serie de operaciones in situ y de laboratorio. Los estudios sobre el terreno y en laboratorio pueden realizarse antes o simultáneamente a la realización de un trabajo.</p>	<p>clasificar el mismo mediante AASHTO, para así garantizar un diseño apropiado en cuanto a las características del mismo.</p>		¿Cuál es el límite líquido del suelo?	%
			Granulometría	¿Cuál es el contenido de humedad del suelo?	respuesta breve
			CBR	¿Cómo se clasifica el suelo en AASTHO por medio del CBR?	respuesta breve

Diseño del Pavimento	<p>El proceso de diseño de un pavimento implica determinar el grosor de cada capa para crear la parte estructural del pavimento, que soportará los pesos durante un tiempo predeterminado. Existen numerosas técnicas de diseño</p>	<p>Permite maximizar la cantidad de materiales de construcción que se utilizarán, prolongar la vida útil prevista de la sección estructural del firme y/o reforzarlo. Con el diseño de</p>	Diseño Geométrico	Pendiente	¿Cuál es la inclinación de la carretera?	%
				Curvas	¿Cuál será la longitud de las curvas?	(m)
				Bombeo	¿Cuál será el porcentaje de bombeo?	%

Continuación Tabla 2...

	de pavimentos, y	pavimento adecuado		Ancho	¿Cuál será el ancho	(m)
--	------------------	--------------------	--	-------	---------------------	-----

	todas ellas tienen en cuenta principalmente los siguientes elementos: patrones de tráfico o de carga, propiedades del suelo de cimentación, composición de la capa de pavimento, influencias medioambientales y duración del diseño.	pueden preverse autopistas terrestres técnica y financieramente viables.			de la calzada?	
				Radio de Giro	¿Cuál será el radio de giro?	(m)
				Terracería	¿Cuál será el volumen de corte y relleno?	(m3)
			Diseño Estructural	Capa Subyacente	¿Cuál será el espesor de la subbase?	(m)
					¿Cuál será el valor k?	unidad
				Carpeta de Rodadura	¿Cuál será el espesor de la losa de concreto?	(m)
					¿Cuál será el período de diseño?	descriptiva
					¿Cuál será el módulo de rotura?	psi
					¿Cuántos vehículos livianos circulan en el tramo?	unidad
					¿Cuántos vehículos pesados circulan en el tramo?	unidad

Alcantarillado Pluvial	Se realiza la propuesta de diseño para poder recibir y conducir las	Por medio del canal se diseñará una red que puede captar y	Propiedades Geométricas	Dimensiones	¿Cuál será el ancho del canal abierto?	m
					¿Cuál será la altura del canal abierto?	m

	aguas lluvias resultantes de la precipitación.	direccionar las aguas lluvias en el tramo.			¿Cuál será el porcentaje de la pendiente?	%
			Propiedades Estructurales	Refuerzo de Acero	¿Cuántas varillas de acero serán necesarias?	unidad

Continuación Tabla 2...

					¿Cuál será el espaciamiento que se requiere?	m
					¿Cuál será la dimension del recubrimiento?	m

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

A continuación, se presentará las técnicas y los instrumentos aplicados para el correcto desarrollo de la propuesta de diseño geométrico y estructural en Villanueva, Cortés.

4.3.1. INSTRUMENTOS

Tabla 3: Instrumentos Aplicados

Instrumento	Definición	Uso	Limitantes
Microsoft PowerPoint	Es un software en el cual se realizan diapositivas con el fin de transmitir información. (APEN, 2020)	Creación de presentaciones	No hubo
Microsoft Word	Es un programa que permite al usuario redactar documentos profesionales. (Apen Informática, 2020)	Creación de documentos.	No hubo

Microsoft Excel	Es un programa que permite organizar y calcular datos en una hoja de cálculo. De esta forma, los usuarios pueden hacer que la información sea más fácil de apreciar a	Creación de hojas de cálculo para la elaboración de tablas, cálculos matemáticos, etc.	No hubo
-----------------	---	--	---------

Continuación Tabla 3...

	medida que se suman o cambian los datos. (Ortiz, 2021)		
Civil 3D	Civil 3D se utiliza para el diseño geométrico de calles y autopistas. Permite crear alineamientos, perfiles longitudinales y transversales, rotondas y otros elementos viales. (SEO, 2023)	Elaboración de diseño geométrico y volúmenes de corte y relleno.	No hubo

Zotero	Es un sistema para administrar referencias bibliográficas. Es una aplicación que funciona por medio de un conector para los navegadores. (Vilches, 2018)	Almacenamiento de información bibliográfica.	No hubo
Microsoft Project	Es una herramienta que apoya los procesos de gestión de proyectos. (Cervantes, 2020)	Creación de cronograma de actividades	No hubo
GPS TOPCON RTK	Es un instrumento ampliamente utilizado en la	Levantamiento topográfico, toma de puntos,	Dificultad de precisión al haber árboles.

Continuación Tabla 3...

	cartografía y la ingeniería para determinar la posición y altitud de puntos en la superficie de la Tierra de manera precisa. (Erik Pregel, 2023)	elevaciones, distancias, etc.	
--	---	-------------------------------	--

Trípode	Es un instrumento utilizado para soportar otros instrumentos para medir como estaciones totales o teodolitos. (Villner, 2022)	Base para instrumento de medición.	No hubo
Bastón	Accesorio para tomar medidas con otros instrumentos de topografía. (Cientec, 2021)	Utilizado para transportar el GPS y lograr precisión en las elevaciones.	No hubo
Cinta Métrica	Es una herramienta utilizada para medir longitudes en superficies planas o curvas. (Torices, 2023)	Medición de distancias y alturas.	No hubo
Pala	Instrumento conformado por un trozo de madera y un mango grueso, con	Realización de calicatas.	No hubo

Continuación Tabla 3...

	forma de cilindro. (RAE, 2023)		
--	-----------------------------------	--	--

Pico	Herramienta de dos puntas opuestas punzantes y un mango de madera, que sirve usualmente para romper piedra. (RAE, 2023)	Realización de calicatas.	No hubo
Barreno	Utilizado para extraer muestra de suelo a 1-5m de profundidad en zona de suelo débil. (ServeReal, 2022)	Extracción de muestras de suelo.	Dificultad de giro.
Cepillo Metálico	Es una herramienta formada por una base de madera o metal, sobre la que se asientan cerdas de metal. (Merlin, 2022b)	Extracción de muestra estancada en tamices.	No hubo
Agitador Mecánico	Es una herramienta versátil que se utiliza para realizar la acción de agitar y mezclar. (Indusco, 2023)	Clasificación de suelo.	No hubo
Balanza digital	Es un instrumento de pesaje que utiliza la gravedad para calcular la masa de	Pesaje de muestras.	No hubo

Continuación Tabla 3...

	un elemento. (Ulima, 2021)		
Horno	Es un aparato que permite calentar materiales a temperaturas elevadas. (Intek, 2022)	Secado de la muestra extraída.	No hubo
Tamiz	Elemento que se usa para separar los elementos finos de los gruesos. (Diclim, 2012)	Clasificación de las muestras de suelo.	No hubo
Copa de Casagrande	Es una tara en la cual se introduce el suelo y con una manivela que hace bajar y golpear la cazoleta. (Aragon, 2019)	Utilizado para ensayo, dando golpes.	No hubo
Espátula	Es un utensilio portátil utilizado para seleccionar muestras, recoger elementos sólidos y moverlos de un recipiente a otro. (GUINAMA, 2022)	Para extraer muestras de menor escala,	No hubo
Tara	Funciona para colocar la muestra y realizar el pesaje. (BD, 2018)	Medición de pesaje de muestras.	No hubo

Continuación Tabla 3...

Mazo de goma	Es una herramienta que consta de mango y una cabeza de goma o plástico. (Wurth, 2022)	Para eliminar grumos en muestra.	No hubo
Hcanales	Es un programa computacional el cual facilita el diseño de estructuras hidráulicas de canales. (CIYA, 2020)	Utilizado para obtener las dimensiones del canal abierto.	No hubo

Fuente: (Propia, 2024)

4.3.2. TÉCNICAS

1. Asesorías: Las asesorías fueron brindadas por la Ing. Ada Rodríguez (asesor metodológico) y el Ing. Sergio Paredes (asesor temático). El objetivo de estas asesorías fue brindar un camino y apoyo para lograr realizar la propuesta de diseño del bulevar en el tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés mediante sus conocimientos a través de los años. Asimismo, los habitantes de la zona brindaron información acerca de lo que ellos consideran es el mayor problema del tráfico vehicular en el sector.
2. Levantamiento Topográfico: Es la medición precisa y específica de las características del terreno en donde tendrá lugar el proyecto. Para realizar el levantamiento topográfico se tomaron puntos, midieron elevaciones y coordenadas con ayuda de la colectora, base y estación RTK GPS.
3. Entrevistas: Las entrevistas son un intercambio de pensamientos e ideas a través de una conversación entre dos o más personas. Estas fueron realizadas a Doña Andrea Pineda, Doña Marcela Castro, Don Juan Pérez y a Doña Leticia Mejía, dentro de ellas se hicieron preguntas acerca del tráfico vehicular y horas pico en la zona, obteniendo información necesaria para el proyecto.

4. Ensayos de Laboratorio: Los ensayos de laboratorio son realizados para conocer las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo en el cual se estará trabajando siguiendo la normativa AASHTO para cada ensayo a realizar.
5. Extracción de Muestras: Se realizó el método pozo a cielo abierto (PCA), el cual consiste en hacer una perforación del suelo a trabajar para conocer su profundidad y que tipo de suelo es el existente.
6. Revisiones Bibliográficas: Las revisiones bibliográficas fueron indispensables para obtener ecuaciones, datos, gráficos y valores que han sido de gran ayuda para realizar el diseño geométrico y estructural del bulevar en el tramo desde Villanueva hasta San Manuel, Cortés. Como ser normas y manuales vigentes en el periodo a diseñar, ancho de carril, velocidad a diseñar, etc.

4.4. MATERIALES

A continuación, se presenta el concepto de los distintos materiales que se utilizó, ya sea en campo o en el laboratorio al momento de realizar los ensayos, esto para tener el mayor detalle en el diseño geométrico y estructural del tramo entre Villanueva y San Manuel, Cortés.

- Muestras de Pozo a Cielo Abierto

Se extrajo material de suelo en el tramo entre Villanueva y San Manuel Cortés, esto con el objetivo de realizar los diferentes ensayos para determina el tipo de suelo y el contenido de humedad, esto para tener certeza en cuanto al diseño geométrico y estructural y realizarlo

bajo las propiedades adecuadas.



Ilustración 17: Realización de Calicata

Fuente: (Propia, 2024)

- Cilindros de Concreto

Los cilindros de concreto son muestras cilíndricas compactas de concreto fresco que se extraen de una mezcla en el sitio de construcción. (Manizales, 2022)

Tabla 1 Propiedades típicas del concreto permeable

Propiedad	Rango
Revenimiento, mm	20
Peso unitario, kg/m ³	1600 – 2000
Tiempo de fraguado ¹ , hora	1
Porosidad, % (en volumen)	15–25
Permeabilidad ² , lt/m ² /min (cm/seg)	120–320 (0.20–0.54)
Resistencia a compresión, MPa	3.5–28
Resistencia a flexión, MPa	1 – 3.8
Contracción	200 × 10 ⁻⁴

¹ Con aditivos químicos, se puede extender el tiempo.
² En laboratorio se han encontrado valores de velocidad de flujo tan altas como 700 lt/m²/min.

Ilustración 18: Propiedades típicas del concreto

Fuente: (Manizales, 2022)

Se utilizaron los cilindros de concreto para enterrarlos en el terreno natural y de esta forma utilizarlos como bancos de nivel o puntos de georreferencia para el GPS TOPCON RTK.

- Agua destilada

Es una sustancia compuesta por H₂O que se somete a un proceso en el que se eliminan las impurezas. (Merlin, 2022a)

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO	
Nombre del Producto:	AGUA DESTILADA
Fórmula química:	H ₂ O
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PROPIEDAD	VALOR ESPECIFICADO
pH:	5.4
Conductividad 20 °C	<10 µS/cm.
Nitratos	< 1 mg NO ₃ /l
Cloruros	2.5 mg Cl/l
Silíce	1.1 mg SiO ₂ /l
Calcio	0.02 mg Ca/l
Magnesio	< 0.003 mg Mg/l
Sódio	0.22 mg Na/l
Potasio	< 0.03 mg K/l
Hierro	5 µg Fe/l
Zinc	< 0.5 µg Zn/l
Coniformes totales	0 ufc/100 ml.
Bacterias aerobias a 22°C	3 ufc/ml.
Bacterias aerobias a 37 °C	1 ufc/ml.

Ilustración 19: Especificaciones Técnicas del Agua Destilada

Fuente: (Isabel Lorente, 2019)

Mediante la ilustración 19 se comprende que es un líquido transparente, sin cloro y sin olor, se utiliza para humedecer las muestras de laboratorio y para limpiar las cápsulas de porcelana y remover el material para evitar perder muestra.

4.5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

4.5.1. TIPO DE DISEÑO

A continuación, se muestra la ilustración 20, que define el tipo de diseño y algunos otros componentes de la metodología de estudio.

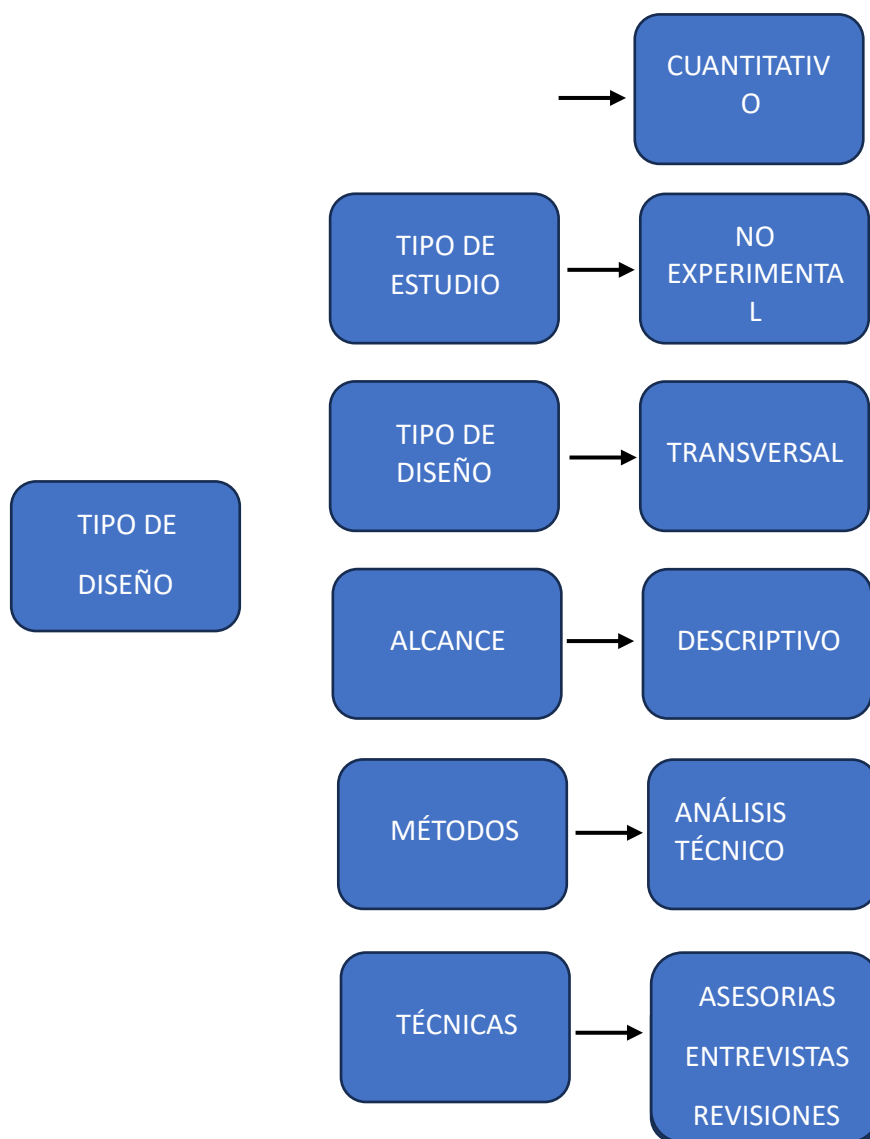


Ilustración 20: Tipo de Diseño

Fuente: (Propia, 2024)

La ilustración 20, permite ver lo que sería la metodología de estudio para el proyecto realizado en Villanueva, Cortés, la cual incluye el tipo de enfoque, tipo de estudio, tipo de diseño, tipo de alcance, métodos y técnicas utilizadas en el proyecto.

La metodología del estudio es cuantitativa, ya que utiliza una técnica de recopilación de datos en un entorno centrado principalmente en la investigación científica. A partir de los datos recogidos se pueden comprobar hipótesis predefinidas. (ENAGO, 2021)

El tipo de estudio es no experimental e INTEP (2021) lo define así ya que se no se construye situaciones, sino que se observan situaciones que ya existen en lugar de crearlas.

El tipo de diseño es transversal ya que mide uno o más rasgos o variables en un periodo específico. Un estudio transversal recopila datos de experiencias, comportamientos y/o rasgos históricos de los individuos, además de información actual. (McGraw, 2018)

El alcance es de tipo descriptivo, Guanajuato (2021) define que este tipo de alcance tiene como objetivo primordial describir cualidades, características de una situación o grupo de personas. Su objetivo principal es profundizar y medir conceptos o situaciones. Este tipo de investigación es la más utilizada.

El método utilizado es un análisis técnico ya que se observa el comportamiento del entorno y las fuerzas externas, para de esta forma proponer una solución a una comunidad. Además, se utilizan técnicas como el levantamiento topográfico y asesorías.

4.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

- Semana 1:

Se comienza con una reunión de asesoría metodológica el 24 de enero de 2024 para discutir las instrucciones y objetivo del proyecto a realizar en el periodo académico.

- Semana 2:

El 26 de enero de 2024 se realiza una visita técnica a la municipalidad de Villanueva para visualizar sitio de estudio y obtener información previa al levantamiento topográfico, como ser longitud del tramo, sus condiciones actuales, entre otras.

- Semana 3:

El 30 de enero de 2024 se recibe el taller de manejo de equipo topográfico con el Ing. Sergio Paredes en el laboratorio de Ingeniería Civil y, de igual forma, la primera asesoría temática con el ingeniero para definir parámetros y datos a tomar en el levantamiento topográfico por realizar en la primera visita de campo.

- Semana 4:

El 9 de febrero de 2024 se realiza la primera visita de campo al municipio de Villanueva y se comienza con el levantamiento topográfico haciendo uso de la RTK GPS, colectora y base,

siguiendo las indicaciones brindadas por el asesor temático.

- Semana 5:

El 17 de febrero de 2024 se realiza la segunda visita de campo al municipio de Villanueva. Se sigue con el levantamiento topográfico, siguiendo los puntos de referencia que fueron establecidos en la visita de campo anterior. Este día se continuó con el levantamiento hasta aproximadamente 2.5 kilómetros.

- Semana 6:

El 21 de febrero de 2024 se realiza la siguiente asesoría metodológica con la Ing. Ada Rodríguez, en la cual se hizo la revisión del informe entregado y se dieron las correcciones respectivas del mismo.

El 22 de febrero de 2024 se realiza la tercera visita de campo al municipio de Villanueva, en el cual se continuó con el levantamiento topográfico levantando los 3.5 kilómetros totales del proyecto a diseñar. Este mismo día se realizaron encuestas a distintos pobladores de la zona y se comenzó realizando excavaciones en el terreno para obtener las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo.

El 24 de febrero de 2024 se recibe la siguiente asesoría temática con el Ing. Sergio Paredes, en la cual se hizo revisión de los puntos, elevaciones y coordenadas obtenidas a través del levantamiento topográfico. Asimismo, indicaciones para continuar con el diseño geométrico y estructural del bulevar en el tramo de Villanueva hacia San Manuel, Cortés haciendo uso del Civil 3D.

- Semana 7:

El 26 de febrero de 2024 se recibe la siguiente asesoría temática con el Ing. Sergio Paredes, en donde se hizo revisión de elevaciones del terreno y curvas de nivel.

- Semana 8:

Del 4 al 8 de marzo de 2024 se reciben las siguientes asesorías temáticas con el Ing. Sergio Paredes, en donde se hizo revisión del Civil 3D para revisar el perfil del terreno y unir el existente con el que se está diseñando.

- Semana 9:

Del 11 al 15 de marzo de 2024 se reciben las siguientes asesorías temáticas con el Ing. Sergio Paredes, en donde se continuó revisando las curvas horizontales y verticales dentro del archivo Civil 3D para mejorar la propuesta de diseño geométrico.

El 13 de marzo de 2024 se recibe una asesoría temática con el Ing. Otto Flores, en donde se comenzó el diseño de cuneta para el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés.

- Semana 10:

Del 18 al 22 de marzo de 2024 se reciben las siguientes asesorías temáticas con el Ing. Sergio Paredes para continuar con el diseño geométrico de la propuesta del bulevar.

De igual forma, durante estas semanas se reciben asesorías con el Ing. Otto Flores para determinar valores de pendientes, diámetros, velocidades, entre otros, para realizar el diseño de drenaje pluvial para la cuneta y el agua que será drenada a través de la mediana.

A continuación, se muestra la Ilustración 21, en el cual se muestra el cronograma de actividades realizados a lo largo de las semanas en las que se llevó a cabo el proyecto. Dentro de este cronograma se incluyen puntos importantes como ser visitas técnicas a la municipalidad de Villanueva, visitas de campo a la zona de estudio, taller para utilizar el equipo topográfico de manera adecuada y correcta, reuniones con los respectivos asesores metodológicos y temático, entre otros.

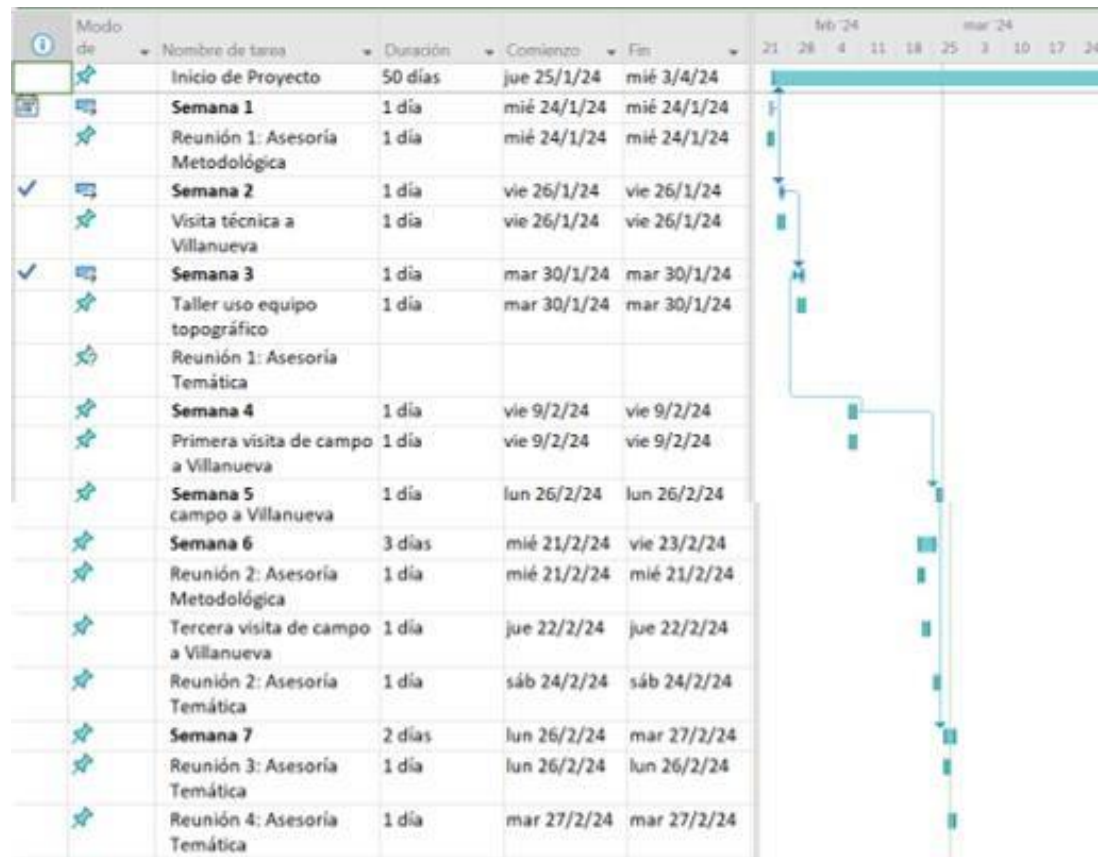


Ilustración 21: Cronograma de Actividades

Fuente: (Propia, 2024)

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a toda la información recolectada en los capítulos anteriores, se presenta el capítulo de análisis de resultados. Mediante el cual se detalla el proceso de diseño y resultados

del proyecto, basándose en datos obtenidos a través del levantamiento topográfico, propiedades del suelo y el diseño geométrico y estructural del pavimento.

5.1. INFORMACIÓN DEL SITIO

A continuación, se especifican las características físicas y la ubicación del tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés.

5.1.1. UBICACIÓN

Villanueva es un municipio ubicado en el departamento de Cortés, el cual colinda al norte con el municipio de San Pedro Sula, al sur con el municipio de Pimienta, al suroeste con San Antonio, al oeste con el departamento de Santa Bárbara y al este con el municipio de San Manuel. El acceso de Villanueva a San Manuel es a través de la CA-5, siguiendo la carretera que conduce hacia El Plan a aproximadamente 3.18 km (ver en anexos Ilustración 78).

5.2. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO

Posteriormente, se muestran los puntos y resultados obtenidos mediante el levantamiento topográfico realizado en el tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés.

5.2.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

En el transcurso del levantamiento topográfico se generaron 1099 puntos. Este fue realizado con la estación RTK haciendo uso de la base, rover y colectora del equipo, tomando puntos a lo largo de los 3.18 km, a cada 25 pasos, referenciando canales, orillas y centro de calle, cercos y accesos a colonias.

A continuación, se muestra la Tabla 4, la cual contiene las coordenadas y elevaciones correspondientes a los bancos de nivel ubicados en el tramo de Villanueva hacia San Manuel, Cortés.

Tabla 4: Ubicación Bancos de Nivel

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
--------------	-------------	--------------	------------------	--------------------

1	395309.0080m	1693489.5330m	58.679m	Bn1
2	395338.0110m	1693483.8190m	59.828m	Bn2

56

Continuación Tabla 4...

626	396700.3810	1693606.6980m	59.931m	Bn3
-----	-------------	---------------	---------	-----

Fuente: (Propia, 2024)

5.3. PROPIEDADES DEL SUELO

Las características físicas y mecánicas del suelo son importantes para llevar a cabo el diseño estructural del pavimento. En esta sección se proporcionan las propiedades del suelo obtenidas mediante las excavaciones realizadas en el tramo de Villanueva hacia San Manuel, Cortés a través del método de Pozo a Cielo Abierto (PCA), en donde se extrajeron 4 muestras de suelo con calicatas de 1mx1m hasta llegar a una profundidad de 0.80m. Seguidamente, se muestra la clasificación del suelo con datos obtenidos realizando ensayos de laboratorio, como ser Granulometría, Límites de Atterberg y CBR mediante la clasificación de suelos.

5.3.1. CLASIFICACIÓN DEL SUELO

A continuación, se muestra la Tabla 5, la cual contiene las coordenadas de la ubicación de las 4 calicatas realizadas en el tramo de Villanueva hacia San Manuel, Cortés.

Tabla 5: Ubicación muestras de suelo en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés

Muestra	Estación Cercana	Profundidad
1	0+340	0.80m
2	1+120	0.80m
3	2+080	0.80m
4	3+000	0.80m

Fuente: (Propia, 2024)

En la Tabla 5 se puede observar las coordenadas establecidas para realizar las calicatas y adquirir la muestra del suelo a trabajar. A partir de los 0.5m se hizo uso del barreno para poder llegar a una mejor profundidad en el PCA.

A continuación, en la Ilustración 22, se puede visualizar la ubicación de las 4 calicatas que fueron realizadas para obtener muestras de suelo en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés. Una vez recolectadas las muestras en cada calicata, se llevaron a UNITEC dentro del laboratorio de Ingeniería Civil, en donde se desarrollaron los ensayos respectivos para obtener las propiedades del suelo mediante el uso de la norma AASHTO.

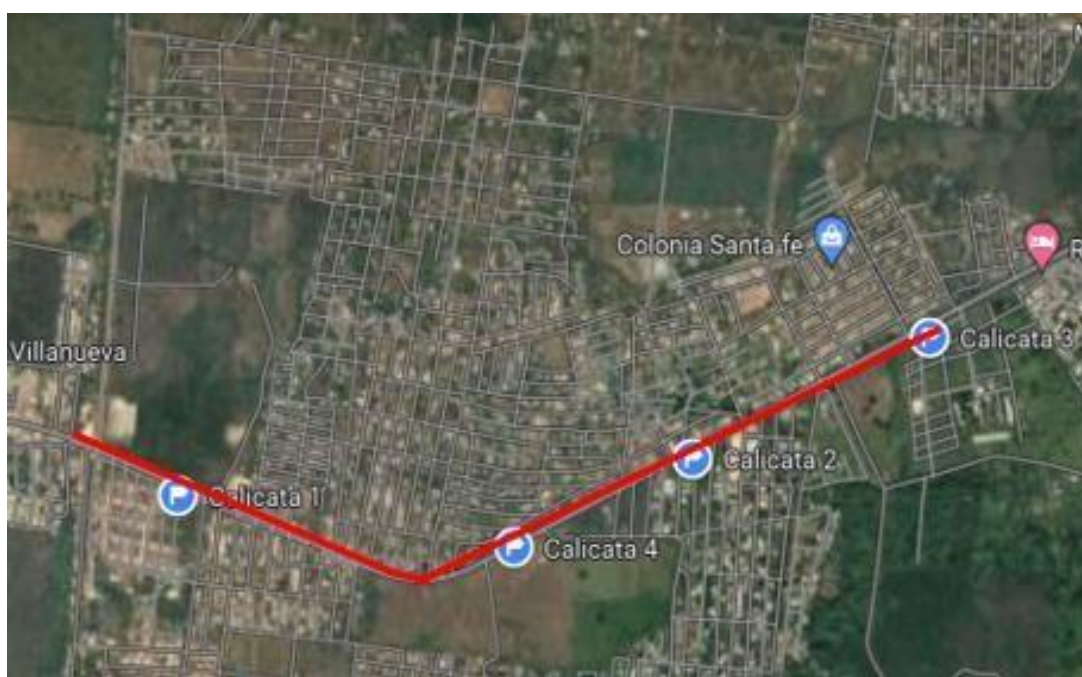


Ilustración 22: Ubicación de PCA

Fuente: (Google Earth, 2024)

5.3.1.1. Análisis Muestra de Suelo PCA 1

Tabla 6: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 1

PCA	Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	P.R.I.	% P.R.I.	P.R.A.	% P.R.A.	% Pasado
1	3/8"	9.51	0	0	0	0.00	100.00
	# 4	4.76	2.48	0.25	2.48	0.25	99.75
	# 10	2.38	46.16	4.59	48.64	4.84	95.16
	# 40	1.19	417.38	41.50	466.02	46.33	53.67
	# 200	0.595	258.21	25.67	724.23	72.00	28.00
	Fondo		281.59	28.00	1005.82	100.00	0.00
	Total		1005.82	100			

Fuente: (Propia, 2024)

En la tabla 6 se puede visualizar que la cantidad de muestra que pasa el tamiz #200 es de 28%. De acuerdo a la normativa AASHTO si el 35% o menos pasa el tamiz #200, es considerado un material granular.

En la Ilustración 23 se observa la curva granulométrica de la muestra de suelo 1, la cual se obtiene a través de la abertura de los tamices en mm y el porcentaje pasado en los tamices.

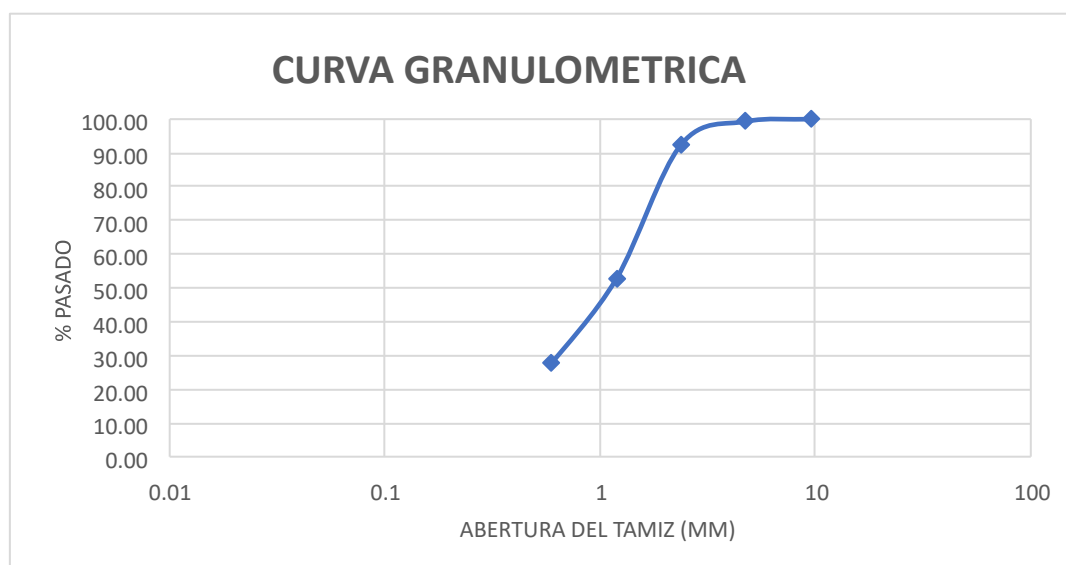


Ilustración 23: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 1

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en las tablas 7 y 8 se puede observar el ensayo de Límites de Atterberg para la Muestra de Suelo 1. Obteniendo el límite líquido y límite plástico.

Tabla 7: Límite Plástico Muestra de Suelo 1

Lata No.	1	2
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	43.57	43.21
Peso Suelo Seco + Lata (g)	42.74	42.93
Peso Lata (g)	32.28	32.56
Peso del Agua (g)	0.83	0.28
Peso Suelo Seco (g)	10.46	10.37
Contenido de Humedad (%)	7.93	2.70

Fuente: (Propia, 2024)

Tabla 8: Limite Líquido Muestra de Suelo 1

Lata No.	1	2	3
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	52.60	56.66	60.38
Peso Suelo Seco + Lata (g)	50.34	52.11	53.90
Peso Lata (g)	29.52	32.04	32.14
Peso del Agua (g)	2.26	4.55	6.48
Peso Suelo Seco (g)	20.82	20.07	21.76
Contenido de Humedad (%)	10.85	22.67	29.78
No. de Golpes	33	27	20

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la Ilustración 24, se muestra la curva de fluidez, mediante la cual se observa que el Límite Líquido para 25 golpes es de 25.



Ilustración 24: Curva de Fluidez Muestra de Suelo 1

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la tabla 9 se puede observar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para la Muestra de Suelo 1.

Tabla 9: Datos LL, LP e IP Muestra de Suelo 1

Límite Líquido (LL)	25
Límite Plástico (LP)	6
Índice de Plasticidad (IP)	19

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se procede a realizar la clasificación general de suelos utilizando la normativa AASHTO, para obtener el tipo de suelo existente en el tramo de Villanueva hacia la entrada de San Manuel, Cortes.

A continuación, en la Ilustración 25 se muestra la clasificación general de suelos para la Muestra de Suelo 1, comenzando desde el grupo A-1 hasta el A-8, basándose en los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa							Excelente a buena

Ilustración 25: Clasificación Muestra de Suelo 1

Fuente: (Braja M. Das, 2012)

En la Ilustración 25 se observa que la muestra de suelo 1 es un suelo A-2-6, basándose en el porcentaje que pasa por los respectivos tamices y en el límite líquido e índices de plasticidad indicados en la imagen. El suelo es una grava y arena arcillosa, de excelente a buena calidad.

5.3.1.2. Análisis Muestra de Suelo PCA 2

Tabla 10: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 2

PCA	Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	P.R.I.	% P.R.I.	P.R.A.	% P.R.A.	% Pasado
2	3/8"	9.51	0	0	0	0.00	100.00
	# 4	4.76	15.53	2.51	15.53	2.51	97.49
	# 10	2.38	32.9	5.33	48.43	7.84	92.16
	# 40	1.19	58.67	9.50	107.10	17.34	82.66

	# 200	0.595	332.16	53.78	439.26	71.12	28.88
	Fondo		178.4	28.88	617.66	100.00	0.00
	Total		617.66	100			

Fuente: (Propia, 2024)

En la tabla 10 se puede visualizar que la cantidad de muestra que pasa el tamiz #200 es de 28.88%. De acuerdo a la normativa AASHTO si el 35% o menos pasa el tamiz #200, es considerado un material granular.

A continuación, en la Ilustración 26 se observa la curva granulométrica de la muestra de suelo 2, la cual se obtiene a través de la abertura de los tamices en mm y el porcentaje pasado en los tamices.

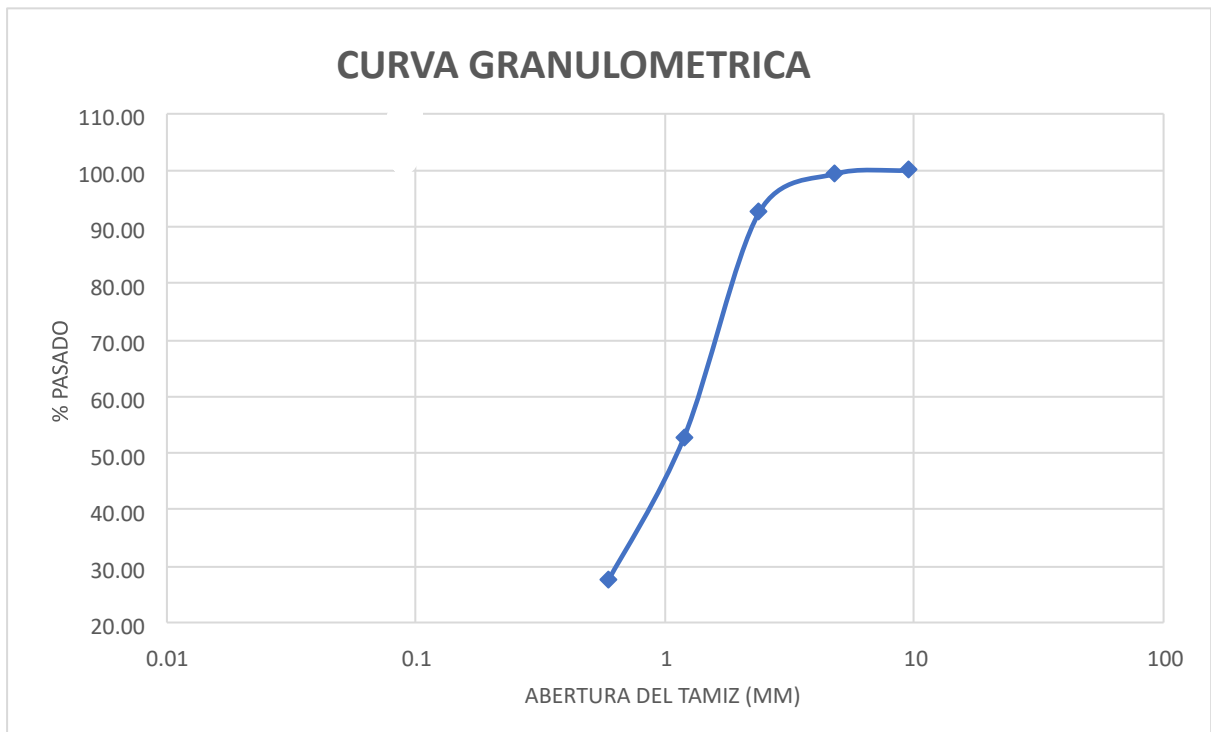


Ilustración 26: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 2

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en las tablas 11 y 12 se puede observar el ensayo de Límites de Atterberg para la Muestra de Suelo 2. Obteniendo el límite líquido y límite plástico.

Tabla 11: Limite Plástico Muestra de Suelo 2

Lata No.	1	2
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	42.35	43.62
Peso Suelo Seco + Lata (g)	41.69	41.96
Peso Lata (g)	31.49	30.64
Peso del Agua (g)	0.66	1.66
Peso Suelo Seco (g)	10.20	11.32
Contenido de Humedad (%)	6.47	14.66

Fuente: (Propia, 2024)

Tabla 12: Limite Líquido Muestra de Suelo 2

Lata No.	1	2	3
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	55.55	57.66	56.45
Peso Suelo Seco + Lata (g)	52.88	54.50	53.13
Peso Lata (g)	30.4	32.30	31.10
Peso del Agua (g)	2.67	3.16	3.32

Continuación Tabla 12...

Peso Suelo Seco (g)	22.48	22.20	22.03
Contenido de Humedad (%)	11.88	14.23	15.07
No. de Golpes	33	27	23

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la Ilustración 27, se muestra la curva de fluidez, mediante la cual se observa que el Límite Líquido para 25 golpes es de 15.

**Ilustración 27: Curva de Fluidez Muestra de Suelo 2**

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la tabla 13 se puede observar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para la Muestra de Suelo 2.

Tabla 13: Datos LL, LP e IP Muestra de Suelo 2

Límite Líquido (LL)	15
Límite Plástico (LP)	11
Índice de Plasticidad (IP)	4

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la Ilustración 28 se muestra la clasificación general de suelos para la Muestra de Suelo 2, comenzando desde el grupo A-1 hasta el A-8, basándose en los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						

Ilustración 28: Clasificación Muestra de Suelo 2

Fuente: (Braja M Das, 2012)

En la Ilustración 28 se observa que la muestra de suelo 2 es un suelo A-2-4, basándose en el porcentaje que pasa por los respectivos tamices y en el límite líquido e índices de plasticidad indicados en la imagen. El suelo es una arena arcillosa, de excelente a buena calidad.

5.3.1.3. Análisis Muestra de Suelo PCA 3

Tabla 14: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 3

PCA	Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	P.R.I.	% P.R.I.	P.R.A.	% P.R.A.	% Pasado
3	3/8"	9.51	0	0	0	0.00	100.00
	# 4	4.76	15.84	1.08	15.84	1.08	98.92
	# 10	2.38	221.29	15.14	237.13	16.22	83.78
	# 40	1.19	523.34	35.81	760.47	52.03	47.97
	# 200	0.595	375.53	25.69	1136.00	77.73	22.27
	Fondo		325.55	22.27	1461.55	100.00	0.00
	Total		1461.55	100			

Fuente: (Propia, 2024)

En la tabla 14 se puede visualizar que la cantidad de muestra que pasa el tamiz #200 es de 22.27%. De acuerdo a la normativa AASHTO si el 35% o menos pasa el tamiz #200, es considerado un material granular.

En la Ilustración 29 se observa la curva granulométrica de la muestra de suelo 3, la cual se obtiene a través de la abertura de los tamices en mm y el porcentaje pasado en los tamices.

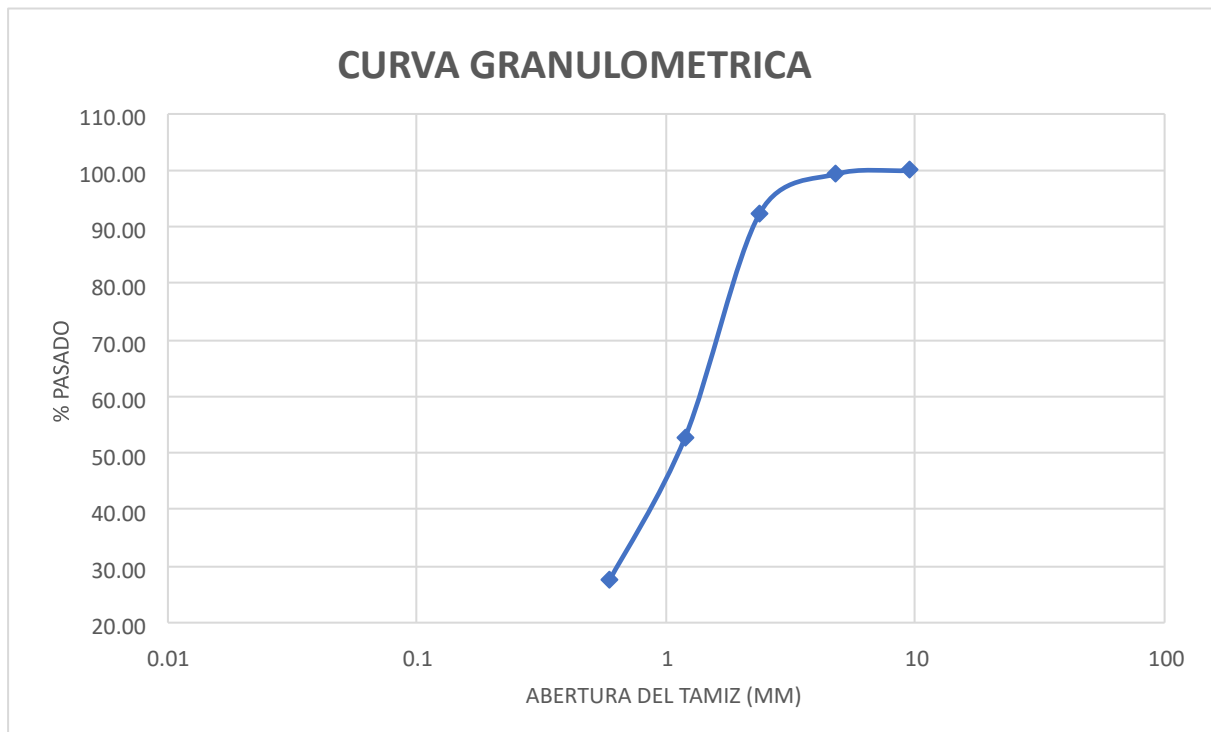


Ilustración 29: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 3

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en las tablas 15 y 16 se puede observar el ensayo de Límites de Atterberg para

la Muestra de Suelo 2. Obteniendo el límite líquido y límite plástico.

Tabla 15: Límite Plástico Muestra de Suelo 3

Lata No.	1	2
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	41.52	42.07
Peso Suelo Seco + Lata (g)	40.12	40.04
Peso Lata (g)	30.8	29.20
Peso del Agua (g)	1.40	2.03
Peso Suelo Seco (g)	9.32	10.84
Contenido de Humedad (%)	15.02	18.73

Fuente: (Propia, 2024)

Tabla 16: Límite Líquido Muestra de Suelo 3

Lata No.	1	2	3
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	55.90	57.82	59.18
Peso Suelo Seco + Lata (g)	51.43	52.60	51.05
Peso Lata (g)	30.59	32.54	30.75
Peso del Agua (g)	4.47	5.22	8.13
Peso Suelo Seco (g)	20.84	20.06	20.30

Continuación Tabla 16...

Contenido de Humedad (%)	21.45	26.02	40.05
No. de Golpes	34	29	18

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la Ilustración 30, se muestra la curva de fluidez, mediante la cual se observa que el Límite Líquido para 25 golpes es de 32.

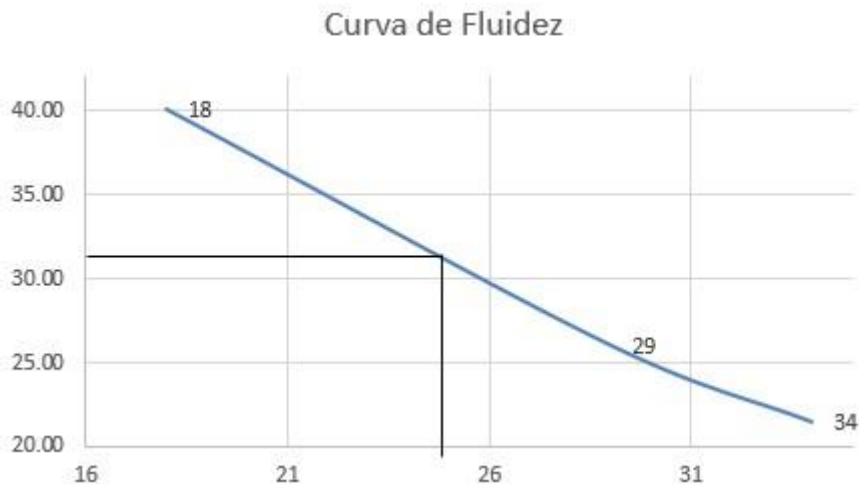


Ilustración 30: Curva de Fluidez Muestra de Suelo 3

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la tabla 17 se puede observar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para la Muestra de Suelo 2.

Tabla 17: Datos LL, LP e IP Muestra de Suelo 3

Límite Líquido (LL)	32
Límite Plástico (LP)	17
Índice de Plasticidad (IP)	15

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se procede a realizar la clasificación general de suelos utilizando la normativa AASHTO, para obtener el tipo de suelo existente en el tramo de Villanueva hacia la entrada de San Manuel, Cortes.

A continuación, en la Ilustración 31 se muestra la clasificación general de suelos para la Muestra de Suelo 1, comenzando desde el grupo A-1 hasta el A-8, basándose en los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa							
Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)			No plástico	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx			10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						

Ilustración 31: Clasificación Muestra de Suelo 3

Fuente: (Braja M Das, 2012)

En la Ilustración 31 se observa que la muestra de suelo 3 es un suelo A-2-6, basándose en el porcentaje que pasa por los respectivos tamices y en el límite líquido e índices de plasticidad indicados en la imagen. El suelo es una arena arcillosa, de excelente a buena calidad.

5.3.1.4. Análisis Muestra de Suelo PCA 4

Tabla 18: Análisis Granulométrico Muestra de Suelo 4

PCA	Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	P.R.I.	% P.R.I.	P.R.A.	% P.R.A.	% Pasado
3	3/8"	9.51	0	0	0	0.00	100.00
	# 4	4.76	6.74	0.67	6.74	0.67	99.33
	# 10	2.38	68.3	6.80	75.04	7.47	92.53
	# 40	1.19	399.52	39.76	474.56	47.23	52.77
	# 200	0.595	252.04	25.09	726.60	72.32	27.68
	Fondo		278.12	27.68	1004.72	100.00	0.00
	Total		1004.72	100			

Fuente: (Propia, 2024)

En la tabla 18 se puede visualizar que la cantidad de muestra que pasa el tamiz #200 es de 27.68%. De acuerdo a la normativa AASHTO si el 35% o menos pasa el tamiz #200, es considerado un material granular.

En la Ilustración 32 se observa la curva granulométrica de la muestra de suelo 4, la cual se obtiene a través de la abertura de los tamices en mm y el porcentaje pasado en los tamices.

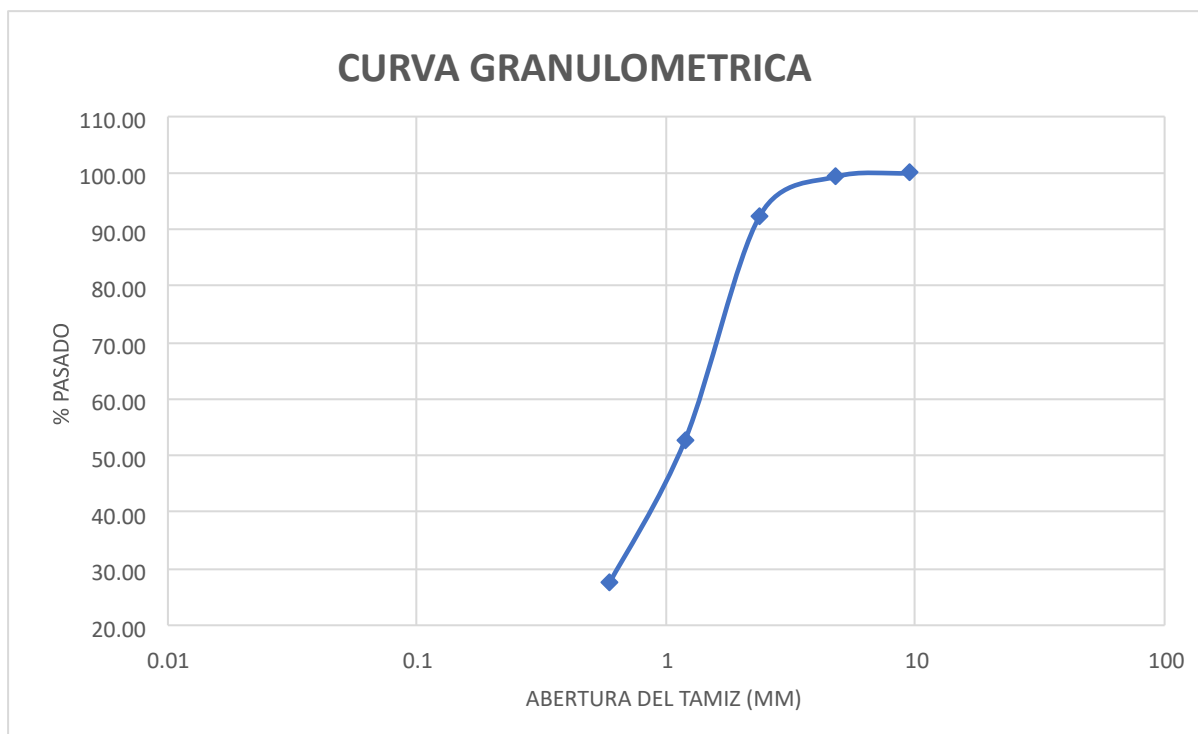


Ilustración 32: Curva Granulométrica Muestra de Suelo 4

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, en la Ilustración 33 se muestra la clasificación general de suelos de la normativa AASHTO, comenzando desde el grupo A-1 hasta el A-8, basándose en los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						

Ilustración 33: Clasificación Muestra de Suelo 4

Fuente: (Braja M Das, 2012)

A través de la Ilustración 33 se observa que la muestra de suelo 4 es un suelo A-2-6, basándose en el porcentaje que pasa por los respectivos tamices indicados en la imagen. El suelo es arena arcillosa, de excelente a buena calidad.

A continuación, en la Tabla 19 se muestra la conclusión de la clasificación del suelo en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés en base a los ensayos realizados en el laboratorio de Ingeniería Civil en UNITEC.

Tabla 19: Clasificación de Suelo en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés

PCA	Clasificación del Suelo
1-4	El suelo del tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés es una arena arcillosa clasificada en el grupo A-2-6.

Fuente: (Propia, 2024)

5.3.2. SOPORTE DEL SUELO

El California Bearing Ratio (CBR) sirve para determinar las características mecánicas del suelo a través de la penetración. A continuación, en la Ilustración 34 se presenta la correlación aproximada entre la clasificación de suelos y los diferentes ensayos, obtenida del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos por el Ing. Jorge Coronado.

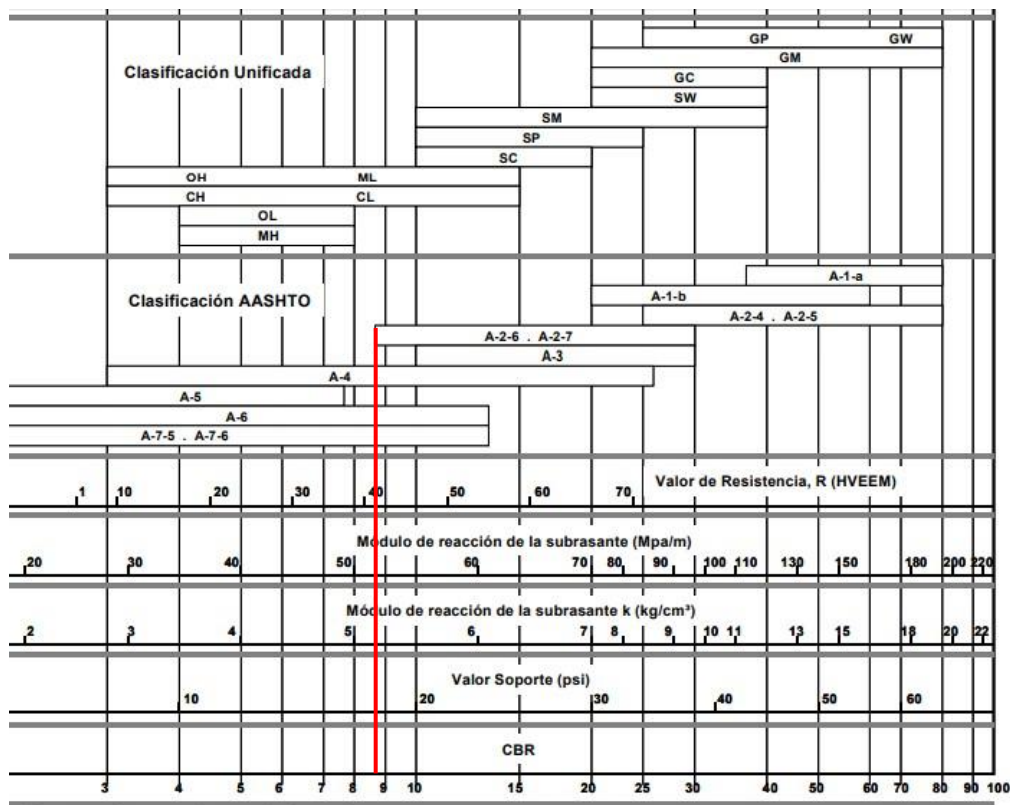


Ilustración 34: Correlación aproximada CBR

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

Debido a que el suelo en el tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés es del grupo A-2-6, se traza una línea hasta llegar a al valor del CBR, el cual es del 8.8%. El módulo de subrasante (k) es de 52.8 Mpa/m.

5.4. DISEÑO GEOMÉTRICO

A continuación, se presenta el diseño geométrico del bulevar para el tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés.

5.4.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Para el tramo entre Villanueva y San Manuel, Cortés se diseñó dos carriles de 3.65 metros de ancho cada uno, tomando en cuenta la trocha existente, ya que se buscó la mayor simetría posible en el eje de la sección, además se diseñó una mediana que separará los carriles en direcciones opuestas con un ancho de tres metros. Asimismo, se diseñó una acera peatonal de un metro de ancho para que el peatón de la zona cuente con suficiente espacio para poder circular seguramente y se incluyó también el canal abierto en el plano, el cual recolectará las

aguas lluvias de la zona.

5.4.2. PROCEDIMIENTO DISEÑO GEOMÉTRICO

Paso 1: Se insertó los puntos tomados en el GPS RTK TOPCON anteriormente modificados en Microsoft Excel a Civil 3D, se creó un grupo de puntos y se guardaron, luego se procede a crear la superficie utilizando 2m and 10m background como estilo de contornos, se selecciona el grupo de puntos y se crean las curvas de nivel. (Ver Ilustración 35)

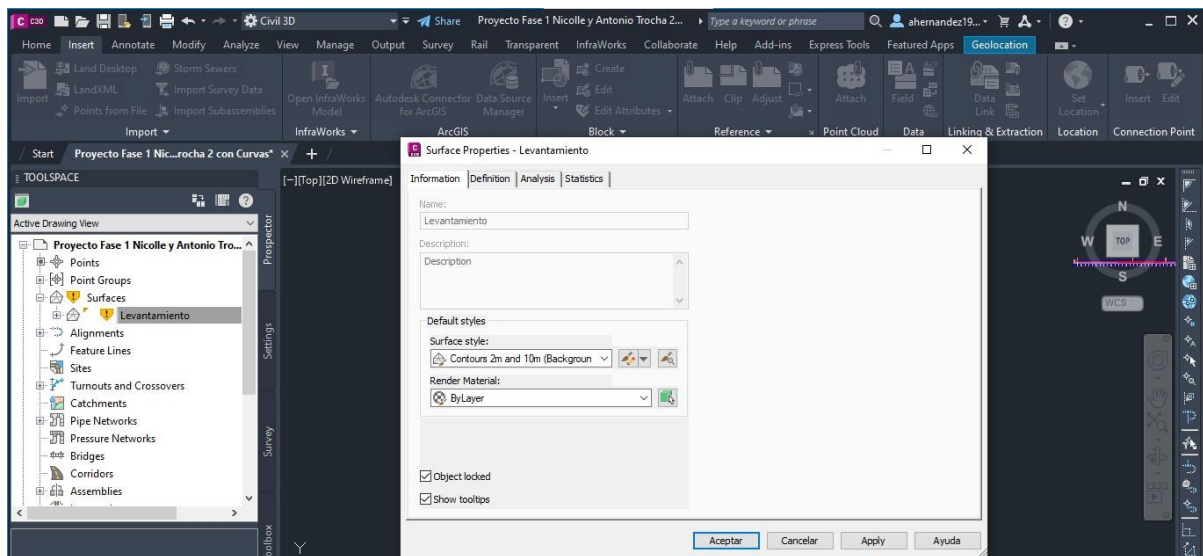


Ilustración 35: Creación de Superficie

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 2: Una vez creada la superficie, se debe corregir las curvas de nivel manualmente, ya que se encuentran mal definidas, esto se realiza por medio de triangulaciones para de esta forma

poder apreciar mejor las curvas de nivel. (Ver Ilustración 36)

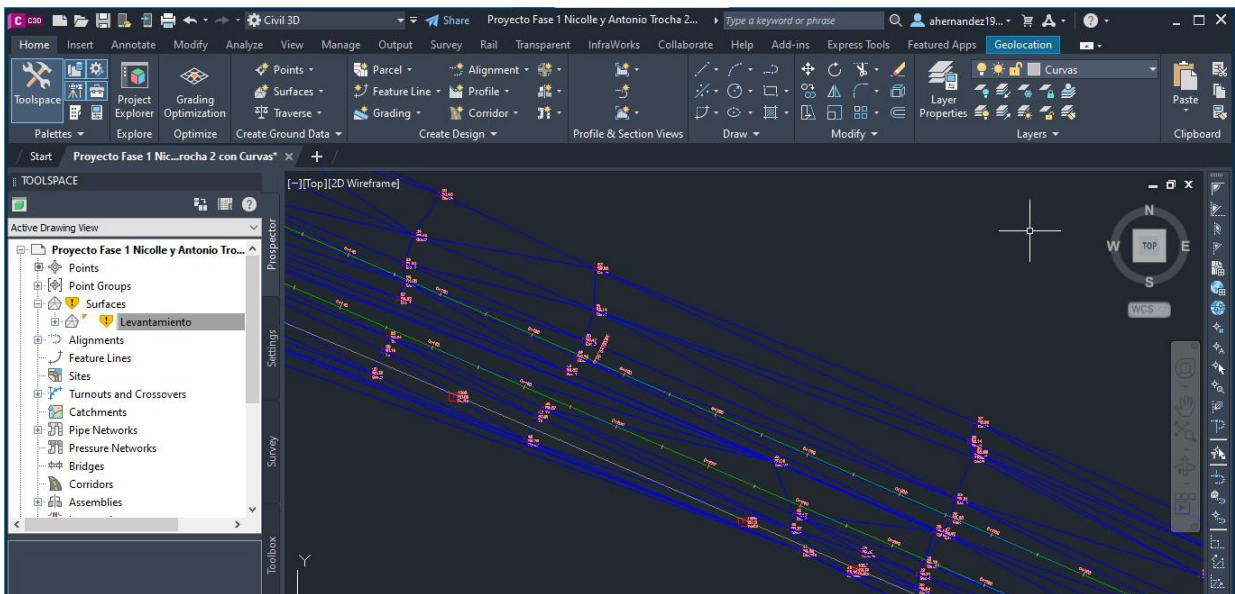


Ilustración 36: Triángulos de Superficie

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 3: Con las triangulaciones debidamente corregidas, se trazó dos alineamientos, uno para el tramo existente y otro para el tramo nuevo que se diseñó, se insertaron diversos pi para tener abundantes referencias y posteriormente se diseñaron las curvas sobre estos. (Ver

Ilustración 37)

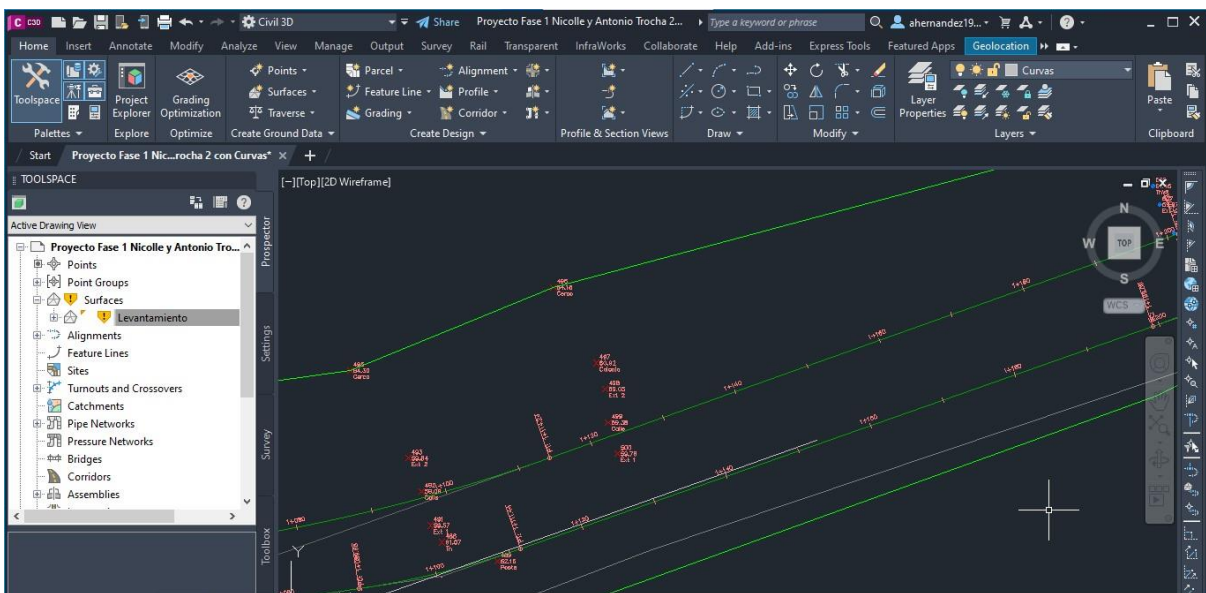


Ilustración 37: Alineamiento

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 4: Seguido de la creación del alineamiento, se crea el perfil longitudinal, el cual se verá reflejado como una línea roja el nivel del terreno natural, la rasante se verá reflejada como una línea azul, buscando que esta concuerde con el nivel del tramo existente, para así garantizar que la calle nueva y existente estén a la misma altura. (Ver Ilustración 38)

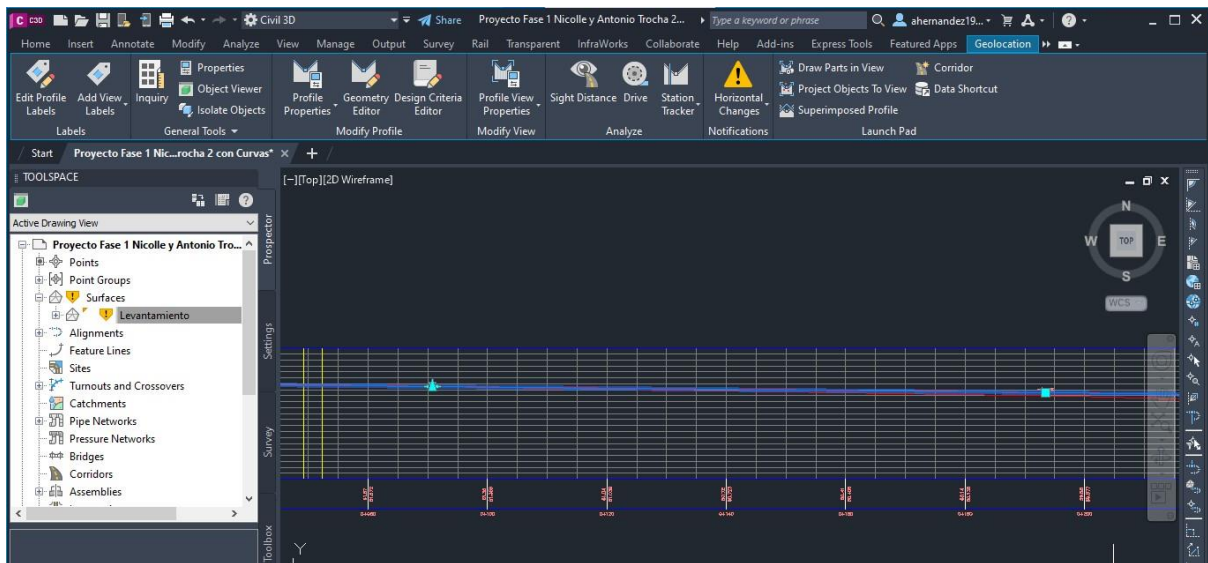


Ilustración 38: Perfil Longitudinal

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 5: Una vez creado el perfil longitudinal, se crean las curvas verticales en sus pi, debido a que previamente se consideró que la velocidad de diseño será de 60 km/h, se utilizará como factor "k" 18, el cual es utilizado para velocidad de diseño de 60 km/h, además se estipulará que la distancia mínima de cada curva será de 60 metros, siendo este igual que la velocidad de diseño. (Ver Ilustración 39)

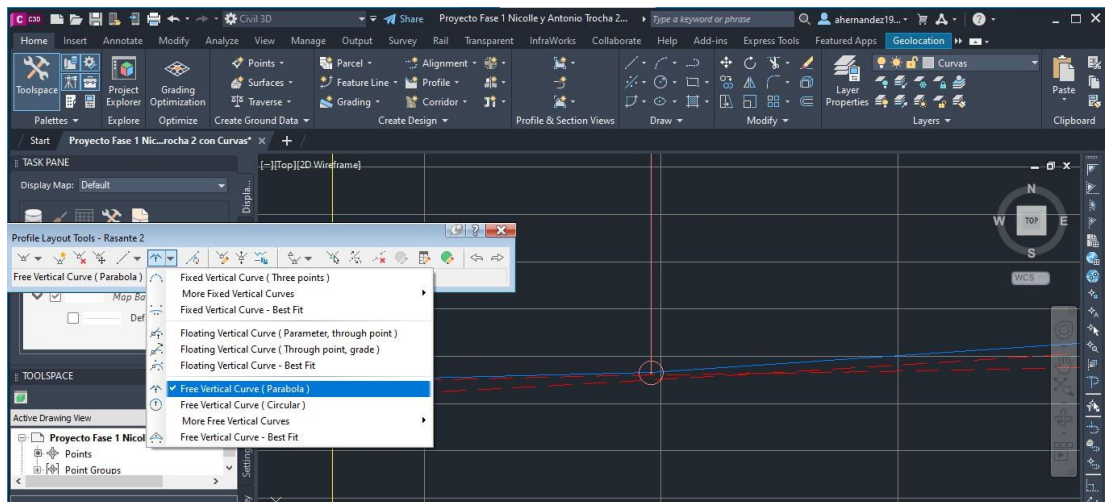
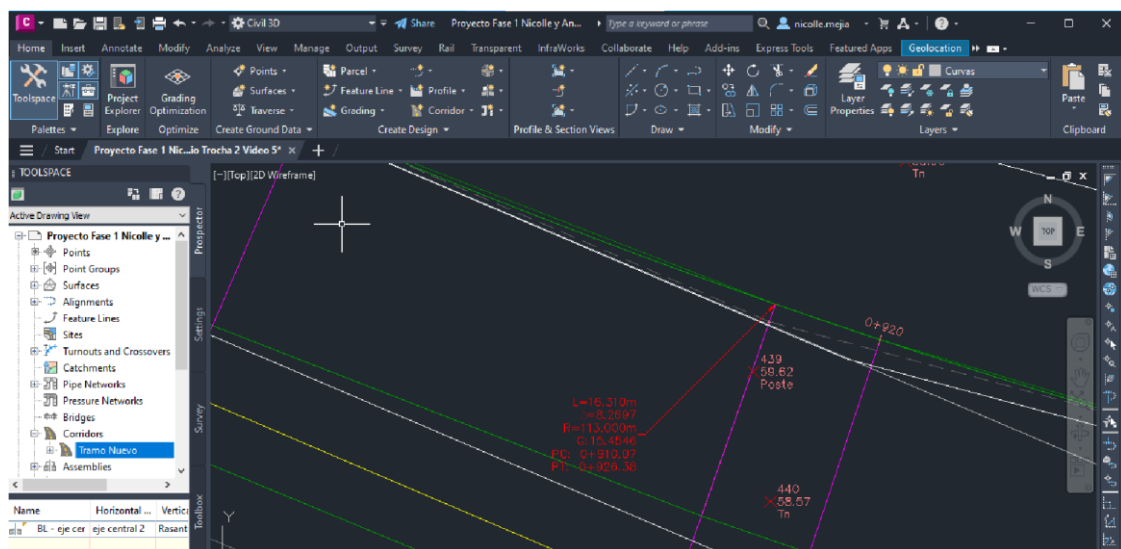


Ilustración 39: Creación de Curvas Verticales

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 6: Seguidamente, se procede a etiquetar el alineamiento, el cual contiene toda la información importante dentro del tramo, como ser elevaciones, coordenadas, valor de k, longitud de curva, entre otros. (Ver Ilustración 40)



Fuente: (Propia, 2024)

Ilustración 40: Etiquetado en alineamiento

Paso 7: Seguidamente, se procede a crear la sección típica. Dentro de esta se coloca la geometría transversal de la carretera, la cual contiene un bombeo del 2%, espesor de losa de concreto hidráulico de 0.20m, una subbase de 0.15m. (Ver Ilustración 41)

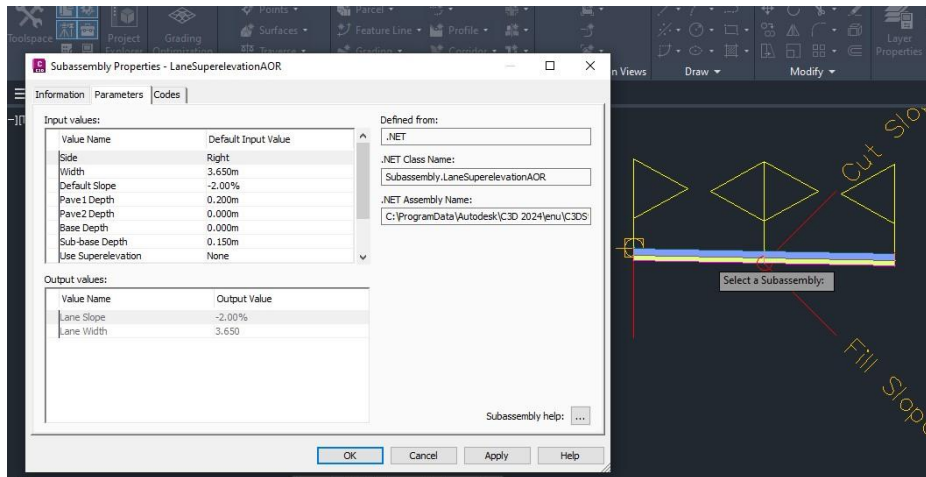
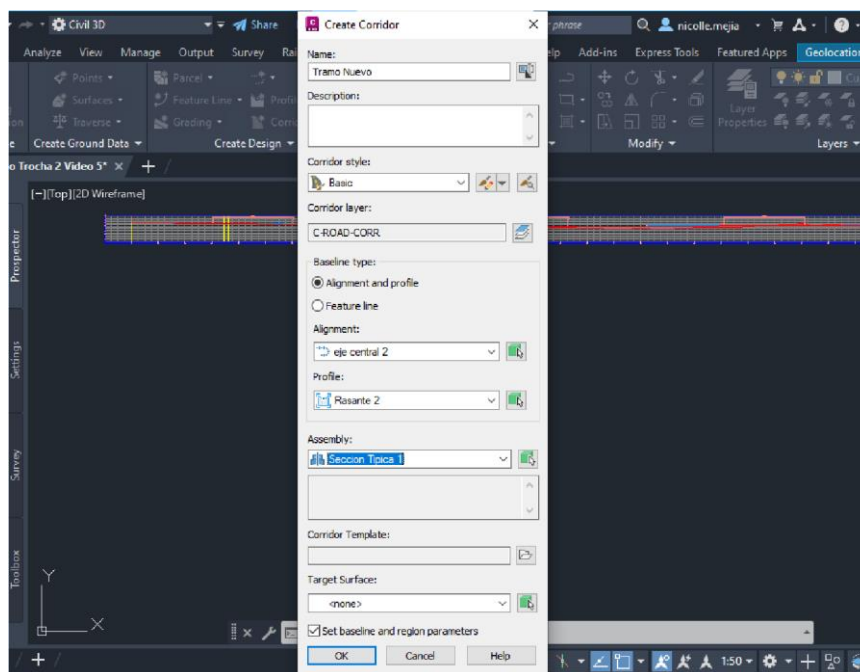


Ilustración 41: Sección típica

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 8: A continuación, se procede a crear el corredor, se debe tomar en cuenta el alineamiento, perfil, la sección típica y se selecciona la superficie que fue creada a la hora de insertar los puntos en el Civil 3D. (Ver Ilustración 42)



Fuente: (Propia, 2024)

Ilustración 42: Creación de Corridor

Paso 9: En la sección típica que se creó anteriormente, se debe agregar el tipo de canal abierto que se estará proponiendo. Este será un canal abierto revestido de concreto, el cual se agrega tocando el assembly en la parte de tool palettes. Una vez abierta la ventana de tool palettes, se debe abrir la pestaña de trench pipes, en esta se deberá seleccionar el tipo de canal a utilizar y modificar sus dimensiones en cuanto a la propuesta de diseño. En este caso se seleccionó el "SideDitch" debido a que tiene similitud con el canal existente en el tramo. (Ver Ilustración 43)

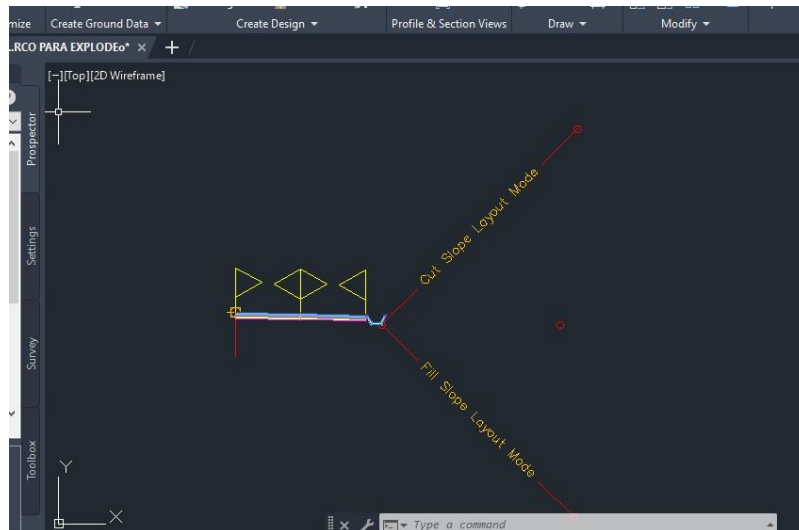


Ilustración 43: Canal abierto

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 10: Se procede a revisar el peralte, en donde el primer paso es modificar la superelevation de acuerdo a la ubicación del carril al lado derecho. (Ver Ilustración 44)

Fuente: (Propia, 2024)

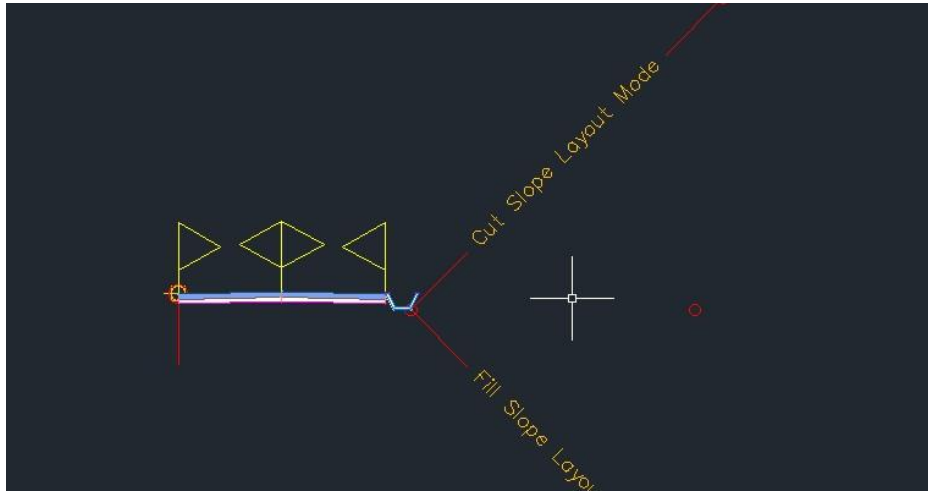


Ilustración 44: Peralte

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 11: Se continúa realizando el cálculo de la superelevation, en el cual se elige el tipo de carretera a diseñar, el cual será el undivided crowned eligiendo el left side. (Ver Ilustración 45)

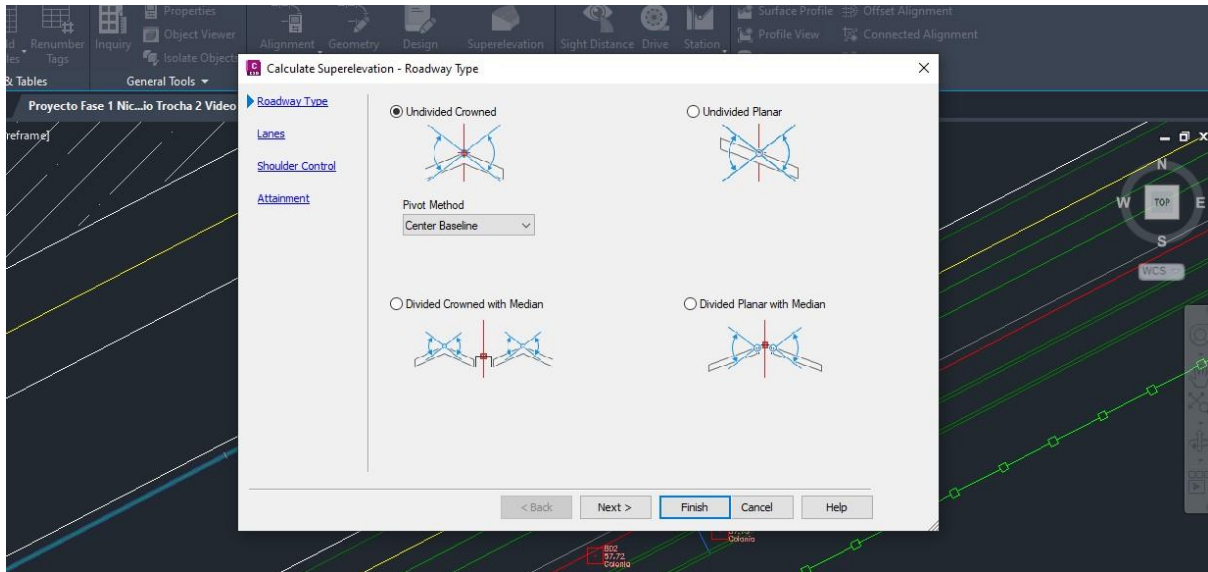


Ilustración 45: Roadway Type

Fuente: (Propia, 2024)

De igual forma, se coloca el número de carriles, el ancho, el cual será de 3.65m para cada uno y por último el bombeo. (Ver Ilustración 46)

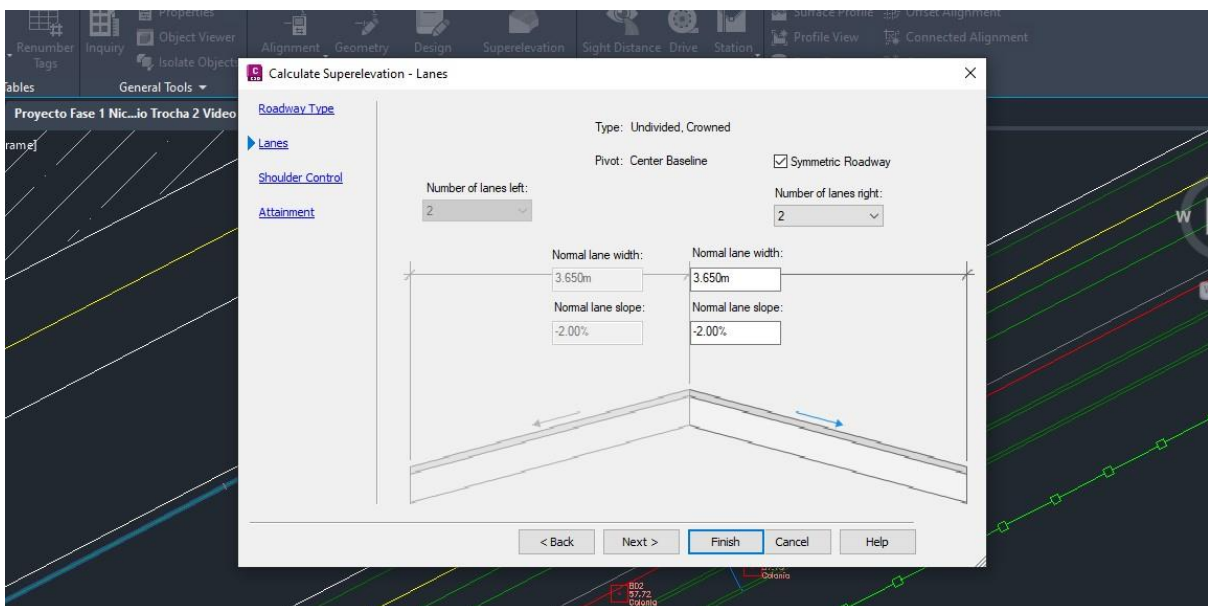


Ilustración 46: Número de carriles para superelevation

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, dentro del mismo paso para el cálculo de superelevation, se coloca la tabla a utilizar. En este caso se utilizará la tabla AASHTO 2011 Metric eMax 8% para poder crear la tabla de peraltes en cada curva. (Ver Ilustración 47)

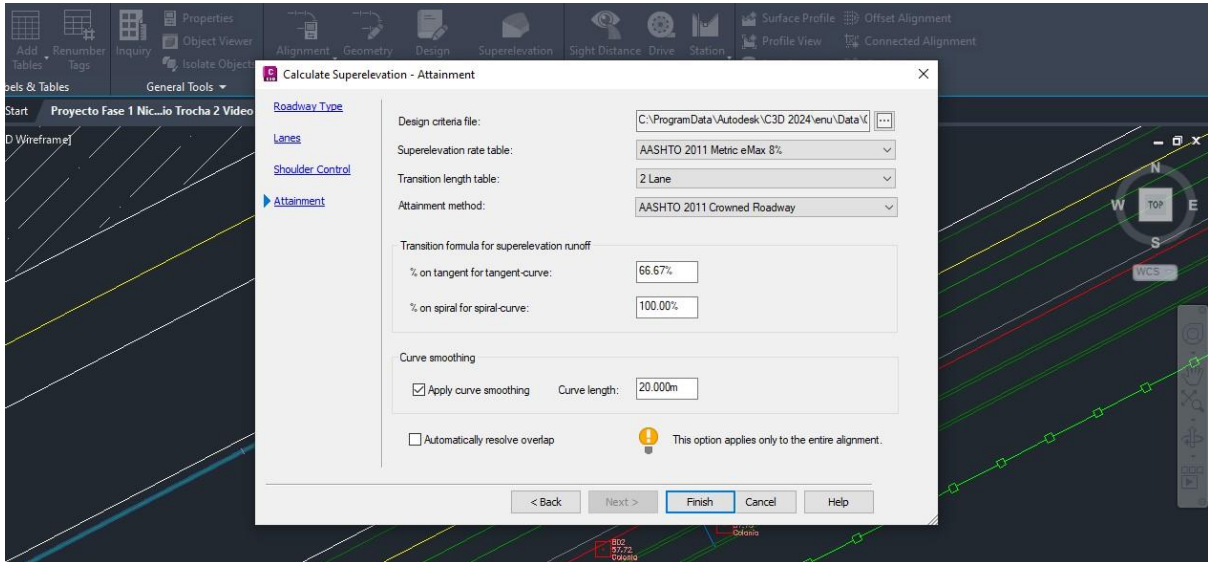


Ilustración 47: Calculo de Superelevation

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 12: Se procede a crear la superficie, utilizando el código Datum para tomar los quiebres y parte inferior de la sección típica. Dentro de boundaries se limita la sección seleccionando la opción "daylight" para tomar en cuenta los taludes. (Ver Ilustración 48)

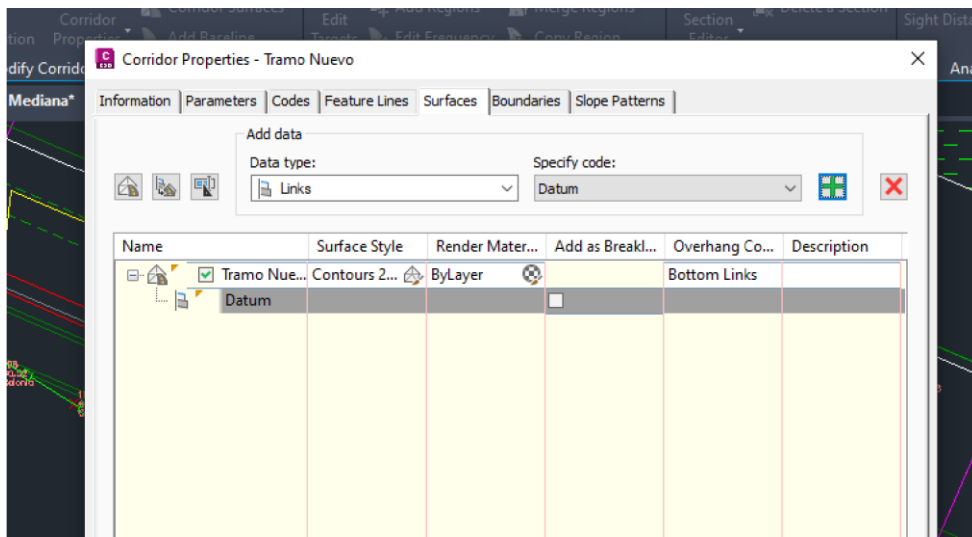


Ilustración 48: Creación de Superficie

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 13: Se continúa creando las Sample Lines en el modo “by range of stations” colocando la distancia a la derecha e izquierda para tomar en cuenta todo el terreno a diseñar. (Ver Ilustración 49)

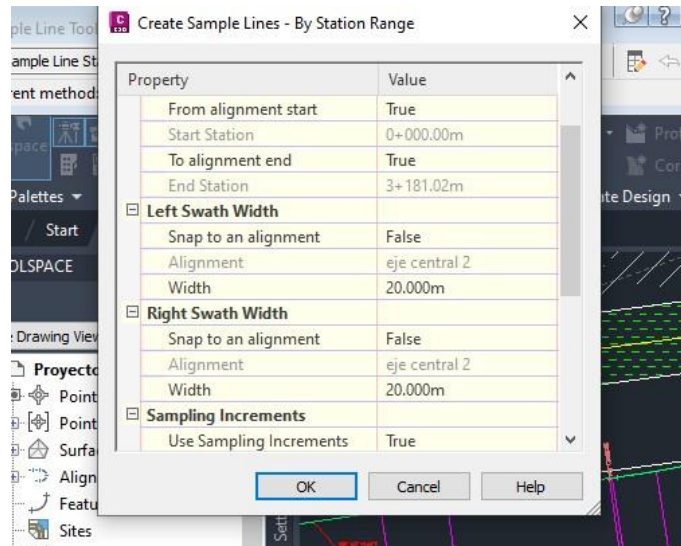


Ilustración 49: Creación Sample Lines

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 14: Se realiza el cálculo de volúmenes, comparando el terreno natural con el tramo que se está diseñando. (Ver Ilustración 50)

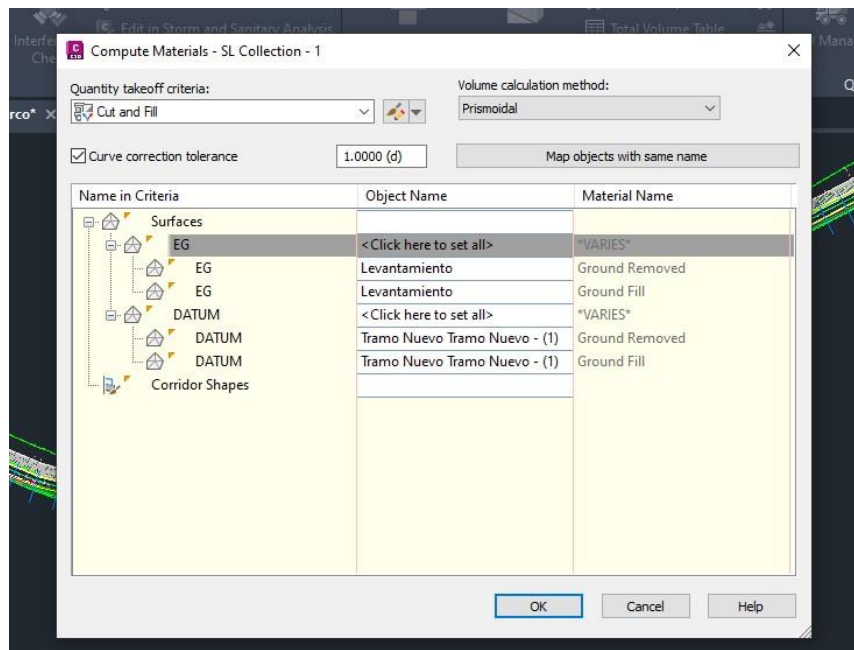


Ilustración 50: Datos Corte y Relleno

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 15: Se crea la tabla de volumen para ver los datos exactos de corte y relleno para la propuesta de diseño. (Ver Ilustración 51)

Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	6.48	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	7.37	0.00	138.39	0.00	138.39
0+040.00	0.00	7.09	0.00	144.59	0.00	282.98
0+060.00	0.00	7.95	0.00	150.34	0.00	433.32
0+070.00	0.00	7.64	0.00	77.94	0.00	511.26
0+080.00	0.00	7.33	0.00	74.86	0.00	586.12
0+100.00	0.00	5.56	0.00	128.49	0.00	714.60
0+120.00	0.00	4.38	0.02	99.13	0.02	813.73
0+140.00	0.20	4.02	1.49	83.95	1.51	897.68
0+160.00	0.45	4.22	6.27	82.36	7.78	980.05
0+180.00	0.70	4.19	11.37	84.05	19.16	1064.10
0+200.00	2.41	0.13	29.40	33.62	48.55	1097.72
0+220.00	5.98	0.00	81.03	0.85	129.58	1098.56
0+240.00	7.30	0.00	132.31	0.00	261.89	1098.56
0+260.00	6.01	0.00	132.88	0.00	394.77	1098.56
0+280.00	6.98	0.00	129.78	0.00	524.55	1098.56
0+300.00	8.19	0.00	151.54	0.00	676.09	1098.56
0+320.00	9.33	0.00	175.09	0.00	851.17	1098.56
0+340.00	11.12	0.00	204.20	0.00	1055.37	1098.56
0+360.00	12.17	0.00	232.77	0.00	1288.14	1098.56

Ilustración 51: Tabla de Volumen

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 16: Se procede a crear las multiple section views, dentro del cual se observa el corte y relleno para cada estación creada a través del alignment. (Ver Ilustración 52)

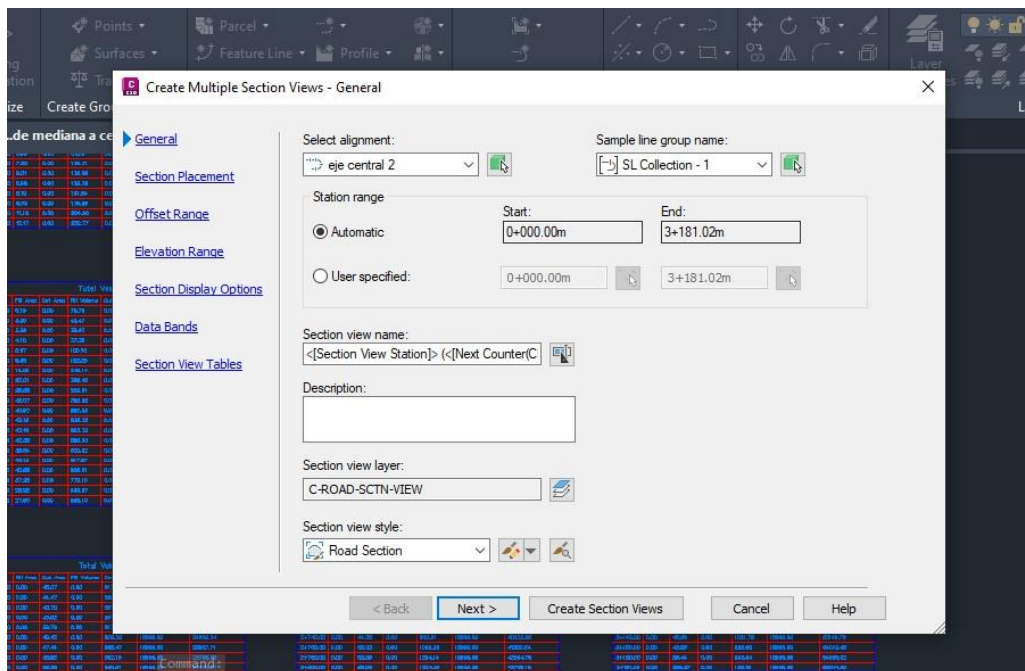


Ilustración 52: Multiple Section Views

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 17: Se procede a editar las sample line groups para apreciar de una manera mejor las secciones y editar cada una de ellas de acuerdo a las que se estarán utilizando en planos finales. (Ver Ilustración 53)

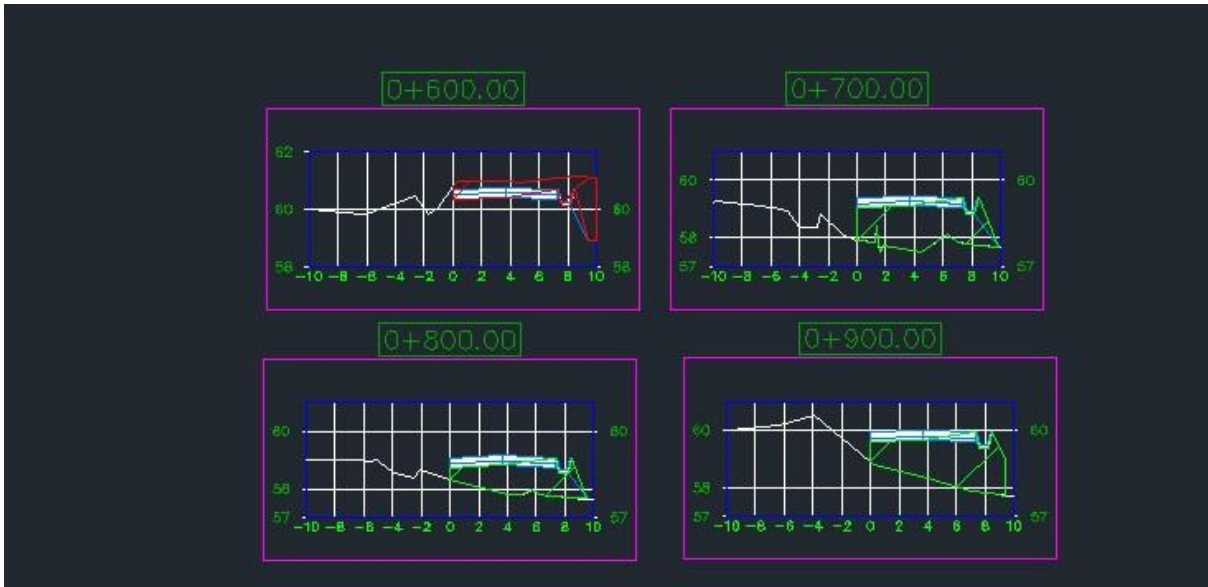


Ilustración 53: Arreglo de secciones

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 18: Se procede a crear los view frames, los cuales se generan automáticamente en Civil 3D de acuerdo a la longitud del tramo para crear las hojas de impresión. (Ver Ilustración 54)

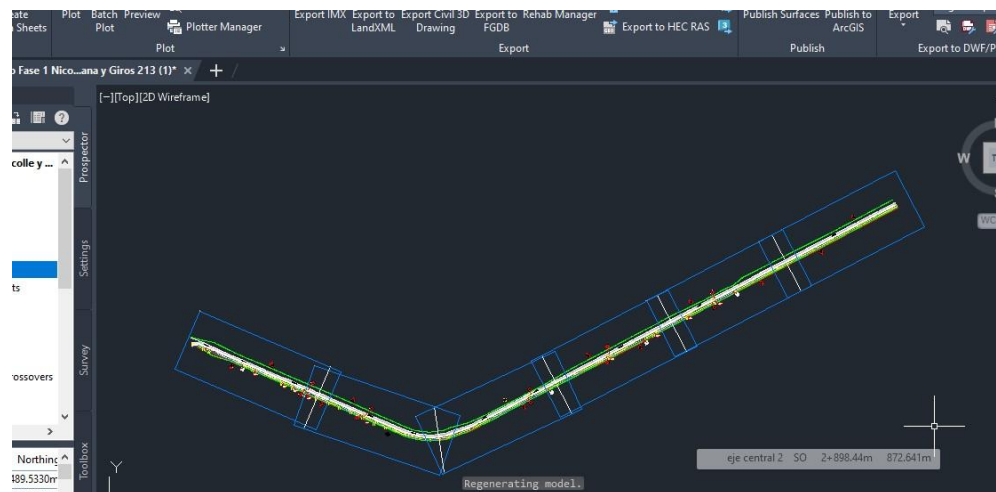


Ilustración 54: View Frames

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 19: Seguidamente, se crean los sheets, los cuales dividen el perfil completo en partes con las estaciones correspondientes a cada hoja, para ser colocadas posteriormente en las hojas de impresión. (Ver Ilustración 55)

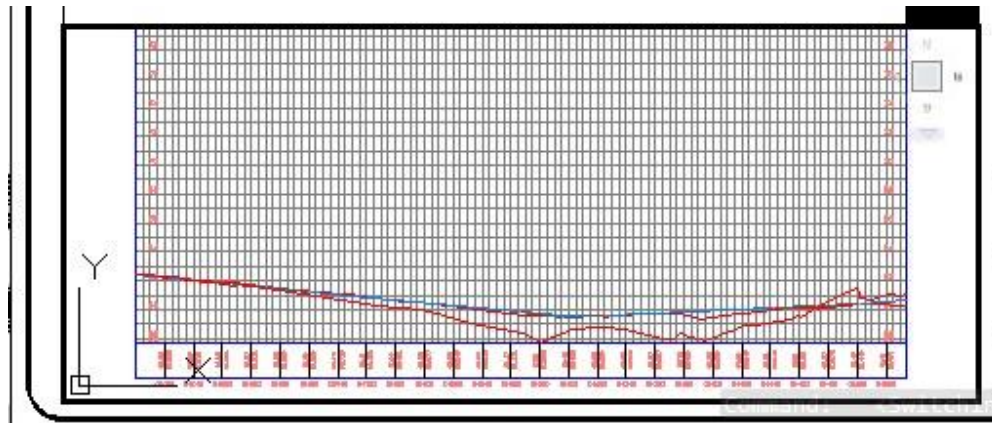


Ilustración 55: Creación de Sheets

Fuente: (Propia, 2024)

Paso 20: Se agregan las etiquetas en el perfil para obtener los datos de pendiente, rasante y terreno. (Ver Ilustración 56)

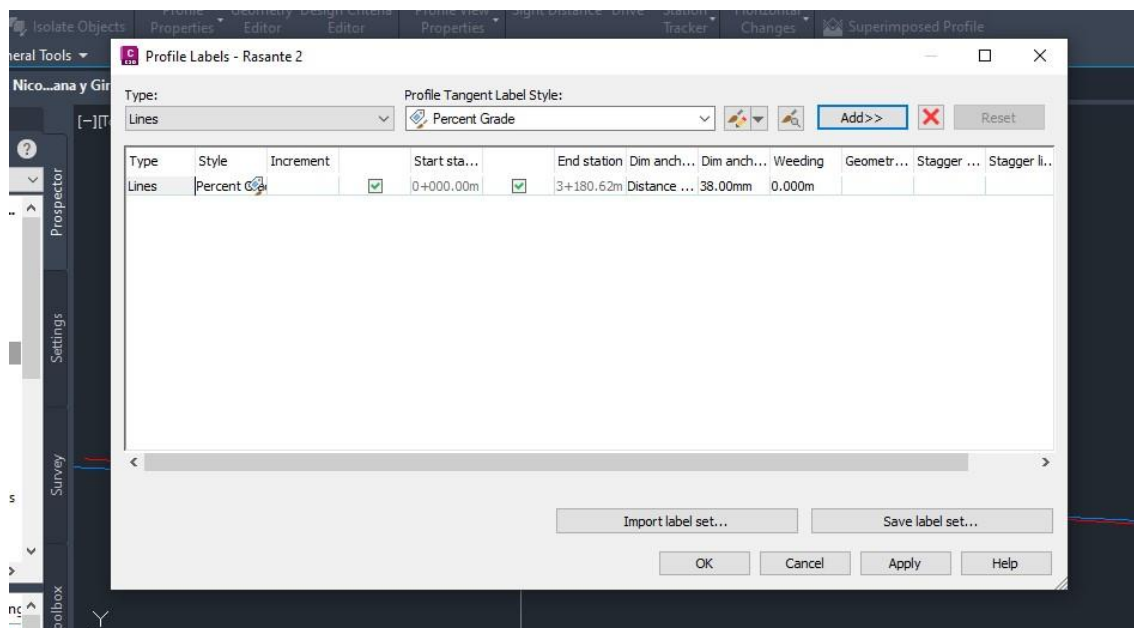


Ilustración 56: Profile Labels

Fuente: (Propia, 2024)

Por último, se empieza a editar cada plano colocando planta topográfica, perfiles, secciones, datos de corte y relleno y sección típica.

5.4.3. CONCLUSIONES DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico del tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortes, se compone de una longitud total de 3.18 km. Se generó el perfil longitudinal con respecto a la rasante y terreno natural, respetando la pendiente máxima del 8% establecida por la normativa AASHTO.

Asimismo, se creó el diseño de la sección típica con las medidas establecidas para el pavimento rígido que se compone de una base de 20 cm y una subbase granular de 15cm, agregándole la sección del canal trapezoidal abierto para obtener los valores reales de corte y relleno. De esta manera, se obtiene un valor de corte total de 6,098.91 m3 y relleno de 23,471.11 m3

A lo largo del tramo hay un total de 5 giros con un ancho de 14 metros cada uno con el objetivo que los vehículos puedan realizar un giro completamente seguro. Además, se diseñó un total de 5 paradas de bus.

5.5. DISEÑO ESTRUCTURAL

A continuación, se muestra el diseño estructural del bulevar con pavimento de concreto hidráulico a diseñar en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés.

5.5.1. CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación, se demuestra un análisis del tráfico vehicular en el tramo que conecta el municipio de Villanueva con San Manuel, Cortés. Este análisis se realiza con el objetivo de analizar el movimiento vehicular en el tramo y de esta forma poder determinar el tránsito vehicular promedio en el sitio.




Análisis de Tránsito Vehicular							
Fecha	Cant. De Vehículos	Fecha	Cant. De Vehículos	Fecha	Cant. de Vehículos	Tipo de Vehículo	Ilustración
Viernes 09 de febrero, 2024 11:00 AM - 12:00 PM	465	Sábado 17 de febrero, 2024 7:30 AM - 8:30 AM	716	Jueves 22 de febrero, 2024 10:00 AM - 11:00 AM	480	Motocicletas	
	292		559		209	Vehículo Liviano	
	118		128		98	Vehículo Pesado	
Total Promedio/hora	875		1403		787		
			1022				

Ilustración 57: Análisis de Tránsito Vehicular

Fuente: (Propia, 2024)

Mediante la ilustración 56, se observa que el promedio de vehículos que transitan en el tramo por hora asciende a 1,022 vehículos dentro del cual se establece que el tipo de

vehículos pesados en la zona es el C2, siendo estos, camiones, buses y volquetas de dos ejes.

El diseño estructural se hará en base a la estructura existente dentro del tramo. Se proponen dos carriles de 3.65 m de concreto hidráulico para llevar a cabo el diseño estructural del bulevar en el tramo de estudio.

El periodo de diseño es la vida útil de una estructura, es decir, el tiempo durante el cual la estructura puede funcionar sin un mejoramiento relevante en el sistema. Seguidamente, se presenta la Ilustración 51, la cual contiene los periodos de diseño establecidos para cada tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Ilustración 58: Periodos de Diseño para el Tipo de Carretera

Fuente: (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993)

De acuerdo a al análisis de tránsito vehicular (TPD) realizado en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés esta es una zona que tiene una baja intensidad de tráfico, por lo cual, se elige un periodo de diseño de 20 años.

De igual manera, se presenta la Ilustración 52, la cual contiene los valores de la tasa de crecimiento vehicular anual, dato importante para llevar a cabo el diseño estructural del proyecto.

Tasas de crecimiento anual de tránsito, %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1 1/2	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 1/2	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 1/2	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 1/2	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 1/2	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Ilustración 59: Tasa de crecimiento anual de tránsito

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

Debido a que el periodo de diseño es de 20 años, la tasa de crecimiento anual de tránsito será del 2%, ya que se está realizando el diseño de una carretera de dos carriles, y es lo recomendado en el Manual de Carreteras de SOPTRAVI. Por lo tanto, el factor de proyección será de 1.2.

A continuación, se observa la ecuación 3, mediante la cual se calculará el factor de crecimiento de vida útil para un periodo de 20 años y un factor de proyección de 1.2.

$$c = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Ecuación 3: Factor de Crecimiento de Vida Útil

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

$$c = \frac{(1 + 2\%)^{20} - 1}{2\%} = 24.30$$

El factor de crecimiento de vida útil es de $c=24.30$.

Seguidamente, se muestra la ecuación 4, la cual permite realizar el cálculo del tráfico promedio diario para el tipo de vehículo liviano y C2.

$$TPD = ((Promedio\ diario * 12) + (Promedio\ diario * 12 * 0.3)) * Factor\ Proyección$$

Ecuación 4: Tráfico Promedio Diario

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

El tráfico promedio diario será calculado de acuerdo a los vehículos que más transitan en el tramo desde Villanueva hacia San Manuel, Cortés. A continuación, se muestra el resultado del tráfico promedio de vehículos livianos y C2.

$$\text{Promedio diario vehículos livianos: } \frac{292 + 559 + 209}{3} = 353.33 = 354$$

$$\text{Promedio diario C2} = \frac{118 + 128 + 98}{3} = 114.67 = 115$$

$$\text{Promedio diario total} = 354 + 115 = 469$$

Fuente: (Propia, 2024)

Luego se realiza el cálculo que corresponde:

$$\text{TPD Vehículos Livianos} = (354 * 12\text{hrs}) + (354 * 12\text{hrs} * 0.3) = 5,522.4 * 1.2 = 6,626.88 = 6,627$$

$$\text{TPD C2} = (115 * 8\text{hrs}) = 920 * 1.2 = 1,104$$

A continuación, se muestra la Tabla 20, mediante la cual se determina el peso por eje de dirección simple para el tipo de vehículo livianos, en el cual se aprecia que la carga por eje es de 2 toneladas.

Tabla 20: Carga por eje

Tipo de Vehículo	Carga por eje (kips)	Tipo de eje
Automóviles, vagonetas, otros livianos	4	Simple

Fuente: (Guía para conductores de transporte de cargas, 2020)

Por medio de la Tabla 20, se determina el peso por eje de dirección y eje de tracción para el vehículo tipo C2.

Tipo de Vehículo	Tipo de eje del tractor			Tipo de eje del semiremolque			Total Toneladas	
	Eje simple direccional	Eje de tracción			Eje de arrastre			
		Eje Simple	Doble rueda	Triple rueda	Eje Simple	Doble rueda		Triple rueda
C2	5.00	10.00					15.00	
C3	5.00		16.50				21.50	
C4	5.00			20.00			25.00	
T2-S1	5.00	9.00			9.00		23.00	
T2-S2	5.00	9.00				16.00	30.00	
T2-S3	5.00	9.00				20.00	34.00	
T3-S1	5.00		16.00		9.00		30.00	
T3-S2	5.00		16.00			16.00	37.00	
T3-S3	5.00		16.00			20.00	41.00	
Otros	----	----	----	----	----	----	Variable	

Ilustración 60: Límite de peso por eje

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

Los vehículos livianos tienen un peso de 2 toneladas por eje, sin embargo, los C2 tienen un eje simple direccional frontal de 5 toneladas de peso y el eje de tracción trasero cuenta con un peso de 10 toneladas. A continuación, se presentan los criterios siguientes:

El Manual Centroamericano de Pavimentos (2002) establece que:

El factor de distribución por dirección es el factor completo del flujo vehicular censado, en casi todos los casos dicho valor es 0.5, debido a que la mitad de los vehículos circula en una dirección y la otra mitad hacia la dirección contraria. Se puede dar el caso que sea mayor en una dirección en comparación con la otra, de lo cual se podría deducir el conteo vehicular

efectuado. Es por esto que, se presenta la ilustración 56, en la cual se aprecia dicho factor.

Número de carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 o más	40

Ilustración 61: Factor de distribución por dirección

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

En conclusión, el factor de distribución expresado en la ilustración 56 como porcentaje, posee un valor del 50%, el cual es equivalente a 0.5.

A continuación, se muestra la ilustración 57, en la cual se muestra el factor de distribución por carril. En el tramo de Villanueva hacia San Manuel, Cortés, el factor de distribución en cada carril es 1.0, debido a que el tránsito de vehículos pesados es de tipo C2.

Número de carriles en una sola dirección	LC ¹¹
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Ilustración 62: Factor de distribución por carril

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

5.5.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL

El método conocido como PCA de la Asociación de Cemento Portland se basa en una propuesta de espesor de losas de concreto hidráulico, hasta que se obtiene un resultado de análisis por fatiga y erosión, que se acerque mayoritariamente al 100%.

Para el diseño de pavimento de concreto hidráulico en el tramo de Villanueva hacia San Manuel, Cortés se tomó la decisión de no utilizar hombros, utilizando un factor de seguridad $F_{sc}=1.10$ para carreteras y vías urbanas, con un tránsito esperado moderado de vehículos pesados. Se comienza el cálculo con un espesor de losa de concreto hidráulico de 20cm, además, una subbase de 15cm.

Mediante el CBR de diseño, en el cual se obtuvo 8.8%, se obtiene el módulo de reacción de la subrasante de 52.8 Mpa/m, por medio de la ilustración 28. Se procede a la obtención del valor "k" combinado para la subbase y subrasante. A continuación, se presenta los valores a

interpolarse para obtener dicho valor.

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Ilustración 63: Efecto de la subbase granular sobre los valores de k

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

$$valor\ k\ combinado = \frac{66 - 49}{60 - 40} * (52.8 - 40) + 49 = 59.88$$

A continuación, se realiza el cálculo del esfuerzo equivalente para el análisis de fatiga para "k" conjunto de 59.88 Mpa/m y un espesor de losa de 20 cm.

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42	4.75	4.38	4.13	3.66	3.45
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.23	3.06
120	4.19	3.69	3.41	3.23	2.88	2.73
130	3.75	3.30	3.06	2.89	2.59	2.46
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.34	2.23
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.13	2.03
160	2.79	2.47	2.29	2.17	1.95	1.86
170	2.56	2.26	2.10	1.99	1.80	1.71
180	2.37	2.09	1.94	1.84	1.66	1.58
190	2.19	1.94	1.80	1.71	1.54	1.47
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.43	1.37
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.34	1.28
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.26	1.20
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.18	1.13
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.11	1.03
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.05	1.00
260	1.41	1.25	1.16	1.10	0.99	0.95
270	1.34	1.18	1.10	1.04	0.94	0.90
280	1.28	1.12	1.04	0.99	0.89	0.86
290	1.22	1.07	0.99	0.94	0.85	0.81
300	1.16	1.02	0.95	0.90	0.81	0.78
310	1.11	0.97	0.90	0.86	0.77	0.74
320	1.06	0.93	0.86	0.82	0.74	0.71
330	1.02	0.89	0.83	0.78	0.71	0.68
340	0.98	0.85	0.79	0.75	0.68	0.65
350	0.94	0.82	0.76	0.72	0.65	0.62

Ilustración 64: Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros para eje sencillo

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

Por medio de los valores de esfuerzo equivalente establecidos en la ilustración 59, se procede a realizar a interpolación con dichos valores para encontrar el valor de fatiga para ejes sencillos.

$$\text{Factor de fatiga: } \frac{59.88 - 40}{60 - 40} * (1.67 - 1.80) + 1.80 = 1.67$$

Ecuación 5: Interpolación de factor de fatiga

Haciendo uso de la ecuación 6, se calcula la relación de esfuerzos conocidos del factor de fatiga, que fue calculado previamente (1.67) y un módulo de ruptura de 4.82 Mpa, 700 psi.

$$\text{Relación de esfuerzos} = \frac{\text{factor de fatiga}}{\text{modulo de ruptura}}$$

Ecuación 6: Relación de esfuerzos

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

$$\text{Relación de esfuerzos} = \frac{1.67}{4.82} = 0.35$$

Concluyendo, la relación de esfuerzos tiene un valor de 0.35 en eje sencillo para un factor de fatiga de 1.67 y módulo de rotura de 700 psi.

Por medio de la ilustración 60, se establecen los esfuerzos equivalentes del análisis por erosión para k conjunto de 57.16 Mpa/m y un espesor de losa de 200mm para un eje sencillo.

Eje sencillo						
Espesor de losa (mm)	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.76	3.75	3.74	3.74	3.72	3.70
110	3.63	3.62	3.61	3.61	3.59	3.58
120	3.52	3.50	3.49	3.49	3.47	3.46
130	3.41	3.39	3.39	3.38	3.37	3.35
140	3.31	3.30	3.29	3.28	3.27	3.26
150	3.22	3.21	3.20	3.19	3.17	3.16
160	3.14	3.12	3.11	3.10	3.09	3.08
170	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	3.00
180	2.99	2.97	2.96	2.95	2.93	2.92
190	2.92	2.90	2.88	2.88	2.86	2.85
200	2.85	2.83	2.82	2.81	2.79	2.78

Ilustración 65: Factor de erosión para ejes sencillos con dovelas y sin hombros

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

Determinados los factores de erosión, se procede a interpolar para conocer el valor del factor de erosión para ejes sencillos y pavimentos de concreto hidráulico sin hombros.

$$\text{Factor de erosión: } \frac{2.82 - 2.83}{60 - 40} * (59.88 - 40) + 2.83 = 2.82$$

Ecuación 7: Interpolación de factor de erosión para eje sencillo

A continuación, se calcula las repeticiones admisibles, donde solo se podrá considerar los vehículos livianos y tipo C2.

Mediante la ecuación 8 se obtiene los valores de cargas por ejes de un vehículo. La cual se presenta a continuación:

$$\text{Carga por eje: } \frac{\text{peso por eje (ton)} * 9.81}{s^2}$$

Ecuación 8: Carga por eje (kN)

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

$$\text{Carga por eje doble simple de vehículo liviano} = 2(\text{ton}) * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 19.62 = 20 \text{ kN}$$

$$\text{Carga por eje simple direccional C2} = 5(\text{ton}) * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 49.05 = 50 \text{ kN}$$

$$\text{Carga por eje simple tracción C2} = 10(\text{ton}) * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 98.1 = 100 \text{ kN}$$

Se procede a realizar el cálculo de repeticiones esperadas, haciendo uso del número de vehículos livianos del TPD (tráfico promedio diario).

$$\text{repeticiones esperadas} = \text{TPD} * 365 * 0.88 * 0.2 * \text{pd}$$

Ecuación 9: Repeticiones Esperadas

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

$$\text{repeticiones esperadas vehículo liviano} = 6,627 * 365 * 0.88 * 0.2 * 20 = 8,514,369.60$$

$$\text{repeticiones esperadas vehículo c2} = 1,104 * 365 * 0.88 * 0.2 * 20 = 1,418,419.20$$

Por medio de las ecuaciones siguientes, se multiplican las cargas por eje por el valor de factor de seguridad, para obtener la carga por eje en cada tipo de vehículo.

$$\text{carga por eje doble vehículo liviano} = 20 \text{ kN} * 1.1 = 22 \text{ kN}$$

$$\text{carga por eje simple C2} = 50 \text{ kN} * 1.1 = 55 \text{ kN}$$

$$\text{carga por eje tracción C2} = 100 \text{ kN} * 1.1 = 110 \text{ kN}$$

Seguido de haber obtenido dichos datos, se determina las repeticiones admisibles por fatiga y erosión, para así poder compararlas. Las repeticiones admisibles se consiguen mediante trazado de una línea recta que comienza desde la carga del eje simple, cuando se multiplica por el factor de seguridad, esta crea una intercepción en la relación de esfuerzo y se proyecta dicha línea hasta concluir en el resultado de repeticiones admisibles. En dado caso que la línea no obtiene ningún valor, se toma como un valor ilimitado de repeticiones permisibles.

A continuación, en la Ilustración 61 se muestra el análisis de fatiga para pavimentos sin hombros de concreto, en el cual la línea roja es para los vehículos livianos de eje simple y la línea verde es para vehículos pesados de tipo C2.

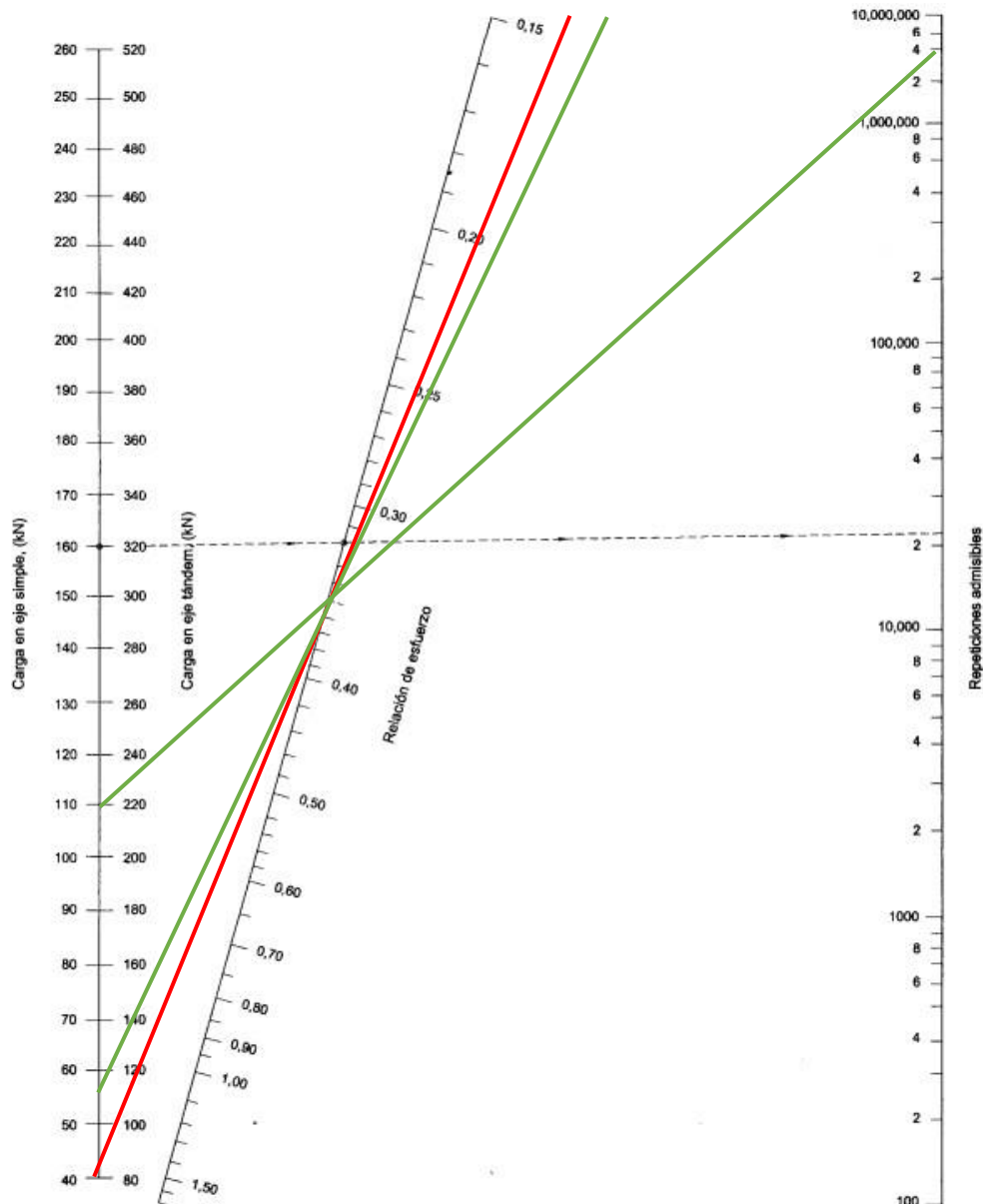


Ilustración 66: Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos sin hombros de concreto

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

En conclusión, las repeticiones admisibles en cuanto al análisis de fatiga para los vehículos livianos y C2 de eje simple tienen un valor ilimitado. En cuanto al eje de tracción, es de 4,000,000.

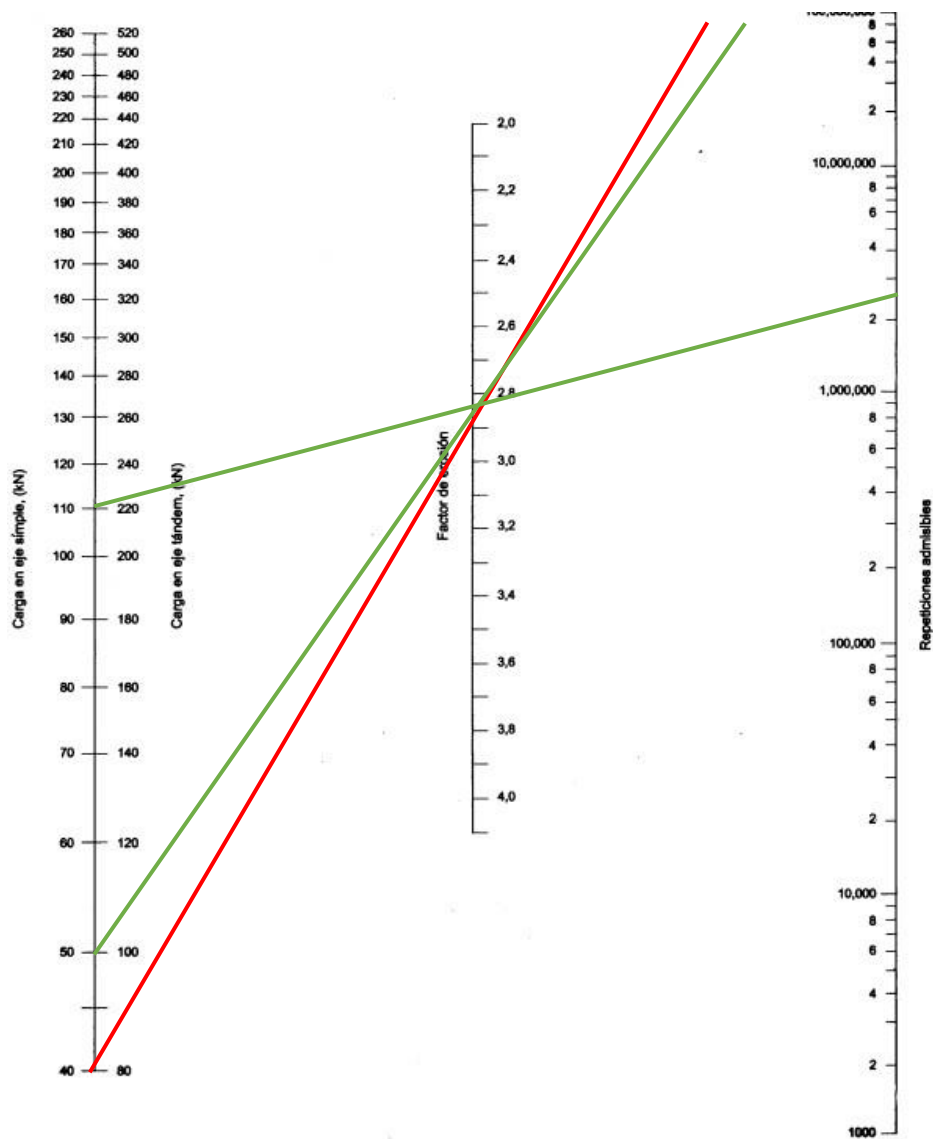


Ilustración 67: Análisis de erosión. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos sin hombros de concreto

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

En conclusión, las repeticiones admisibles en cuanto al análisis de erosión para los vehículos livianos y C2 de eje simple tienen un valor ilimitado. Mientras que para el eje de tracción C2, se obtuvo un valor de 2,600,000.

A continuación, se muestra la Tabla 20, en la cual se encuentran los datos correspondientes para llevar a cabo los cálculos de diseño del pavimento de concreto hidráulico sin hombros y con varillas de transferencia.

Tabla 21: Cálculo de espesor para pavimento de concreto hidráulico

Ítem	Resultado	Unidad
Espesor Carpeta de Rodadura	20	cm
Espesor Subbase	15	cm
K combinado	59.88	Mpa/m
Módulo de Rotura (MR)	4.82 o 700	Mpa/m o psi
Periodo de Diseño	20	años

Fuente: (Propia, 2024)

Tabla 22: Cálculo de espesor pavimento de concreto hidráulico para ejes sencillos C2

Cargas por eje (kN)	Cargas por factor de seguridad (kN)	Repeticiones esperadas	Análisis por Fatiga		Análisis por Erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de Daño	Repeticiones admisibles	Porcentaje de Daño
20	22	8,514,369.60	ilimitado	---	ilimitado	ilimitado
20	22	8,514,369.60	ilimitado	---	ilimitado	ilimitado
50	55	1,418,419.20	ilimitado	---	ilimitado	ilimitado
100	110	1,418,419.20	4,000,000	35.46	2,600,000	54.55
Total (%)				35.46		54.55

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, en la tabla 22 se muestra la estructura que deberá tener el pavimento de concreto hidráulico para el bulevar en el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés.

Tabla 23: Estructura de Pavimento de Concreto Hidráulico

Estructura	Espesor	Unidad
Losa	20	cm
Subbase	15	cm

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente se presenta la Ilustración 63, brindada por el Manual Centroamericano de Pavimentos, la cual incluye especificaciones y recomendaciones para la colocación de juntas con relación al espesor de losa establecido.

Espesor de losa (cm)	1	2	3	4
	Espaciamiento entre juntas (cm)	Profundidad de corte de juntas (cm)	Profundidad del material de sellado (cm)	Ancho del corte para la junta (cm)
15	360	5.00	1.00	0.50
16	384	5.33	1.07	0.53
17	408	5.67	1.13	0.57
18	432	6.00	1.20	0.60
19	456	6.33	1.27	0.63
20	480	6.67	1.33	0.67
21	504	7.00	1.40	0.70
22	528	7.33	1.47	0.73
23	552	7.67	1.53	0.77
24	576	8.00	1.60	0.80
25	600	8.33	1.67	0.83
26	624	8.67	1.73	0.87
27	648	9.00	1.80	0.90
28	672	9.33	1.87	0.93
29	696	9.67	1.93	0.97
30	720	10.00	2.00	1.00
31	744	10.33	2.07	1.03
32	768	10.67	2.13	1.07
33	792	11.00	2.20	1.10
34	816	11.33	2.27	1.13
35	840	11.67	2.33	1.17

Ilustración 68: Especificaciones para colocación de juntas

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

Debido a que el espesor de losa para el diseño del bulevar en el tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés es de 20 cm, se deberá considerar un espaciamiento máximo entre juntas de 480cm, una profundidad de corte de juntas de 6.67cm, una profundidad de material de sellado de 1.33cm y un ancho del corte para la junta de 0.67cm y una resistencia del concreto de 4,000 psi.

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")			Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")			Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de $f_y = 280$ MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,65	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,35	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,35	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y = 420$ MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Ilustración 69: Recomendación para barras de anclaje

Fuente: (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002)

En la Ilustración 64, se puede observar las recomendaciones para barras de anclaje brindadas por el Manual Centroamericano de Pavimentos. Para el diseño estructural del proyecto se utilizarán barras de 5/8" y un acero de $f_y=420$ MPa (60,000 psi). La longitud será de 1m y debido a que la losa es de 200mm, la separación de barras deberá ser de 1.20m.

Seguidamente, en la Ilustración 65, se puede observar el dimensionamiento de los bordillos. Estos deberán tener una longitud de 20m cada uno. El ancho de la base inferior será de 0.15m mientras que la base superior será de 0.12m con una longitud inclinada de 0.15m. Asimismo, los bordillos llevaran pines de adherencia, es decir, varillas corrugadas de 3/8" G40, a cada 0.60m.

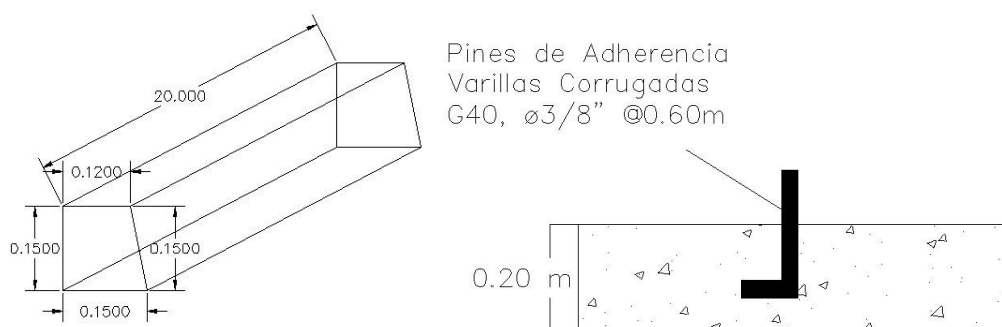


Ilustración 70: Dimensionamiento de bordillos

Fuente: (Propia, 2024)

5.5.3. CONCLUSIONES DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño de pavimento rígido para el tramo de Villanueva a San Manuel, Cortés, tiene un periodo de duración de 20 años. Se diseñó en base a un concreto hidráulico con resistencia a la compresión de 4000 psi (libras por pulgada cuadrada) y un módulo de rotura de 700 psi. A través del método PCA-84 (Portland Cement Association-84), se concluye que para el análisis estructural se tendrá una losa de concreto hidráulico de 0.20m y una subbase granular de 0.15m. El espesor de losa propuesto cumple con los porcentajes de fatiga y erosión, los cuales deben estar entre un rango de 90-100%, ya que cuando se sobrepasa este porcentaje indica que es un pavimento deficiente. En cuanto al análisis de fatiga, se obtuvo un porcentaje de daño del 35.46%, y en el análisis de erosión se obtuvo un porcentaje de daño del 54.55%, siendo la sumatoria total del 90.01%. Debido a que no se excede el 100%, el espesor de losa y subbase granular cumple con las especificaciones brindadas por el Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos.

Tomando en cuenta las especificaciones para la colocación de juntas que brinda el Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, se recomienda una profundidad de corte de juntas de 6.67cm y un espaciamiento entre juntas de 480cm, una profundidad de material de sellado de 1.33cm y un ancho del corte para la junta de 0.67cm. Para prevenir futuros fisuramientos en la losa, se recomienda que las pastillas para las juntas de control tengan una dimensión de 3.65m de ancho y 3m de largo.

Los bordillos deberán tener una longitud de 20m, el ancho de la base inferior será de 0.15m mientras que la base superior será de 0.12m con una longitud inclinada de 0.15m. Asimismo, los bordillos llevarán pines de adherencia, es decir, varillas corrugadas de 3/8" G40, a cada 0.60m, con una resistencia a la compresión de 3000 psi.

5.6 DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

Seguidamente, se continúa con el diseño de la red de drenaje pluvial, por medio de canales abiertos fundidos de concreto para el tramo que conecta Villanueva con San Manuel, Cortés.

5.6.1 CRITERIOS DE DISEÑO

El Modelo

Constantes	Período de Retorno (años)				
	2	5	10	20	50
a	935	1528	1917	2290	2774
b	12.05	17.00	19.02	20.45	21.85
n	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786
r	0.9984	0.9993	0.9979	0.9964	0.9947

Ilustración 71: Parámetros para cálculo de intensidad

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas Del FHIS, 2000)

Seguidamente, se realiza el cálculo de tiempo de concentración, por medio de la ecuación de Kirpich, esto para todo el tramo que conecta Villanueva y San Manuel, Cortés, tramo el cual tiene una longitud de aproximadamente 3.18 km. Considerando "L" el punto más alejado al tramo a una distancia de 1.95 km. La pendiente mínima es de 0.0025 m/m y la máxima de 0.054 m/m, por lo cual la pendiente media es de 0.028 m/m.

$$T_c = 0.06628 * S \frac{L^{0.77}}{0.385}$$

Ecuación 10: Tiempo de concentración

$$T_c = 0.06628 * \frac{1.95 \text{ km}^{0.77}}{0.028^{0.385}}$$

$$T_c = 0.44 \text{ horas} = 26.3 \text{ minutos}$$

Para realizar el cálculo, se considera una duración de la tormenta en base a 30 minutos, debido a que es en este rango de tiempo en el cual la intensidad de la precipitación es mayor. Para el diseño del caudal, se debe contar con el valor de área tributaria, medido en hectáreas, coeficiente de escorrentía ponderado y la intensidad de la lluvia, medida en milímetros por hora. Los coeficientes de escorrentía se medirán en función del tipo de zona, como ser área urbanizada, área con cultivos, etc.

A continuación, se muestra la Ilustración 67, la cual contiene el área de influencia para el tramo a diseñar el cual tiene un área total de 416 hectáreas.

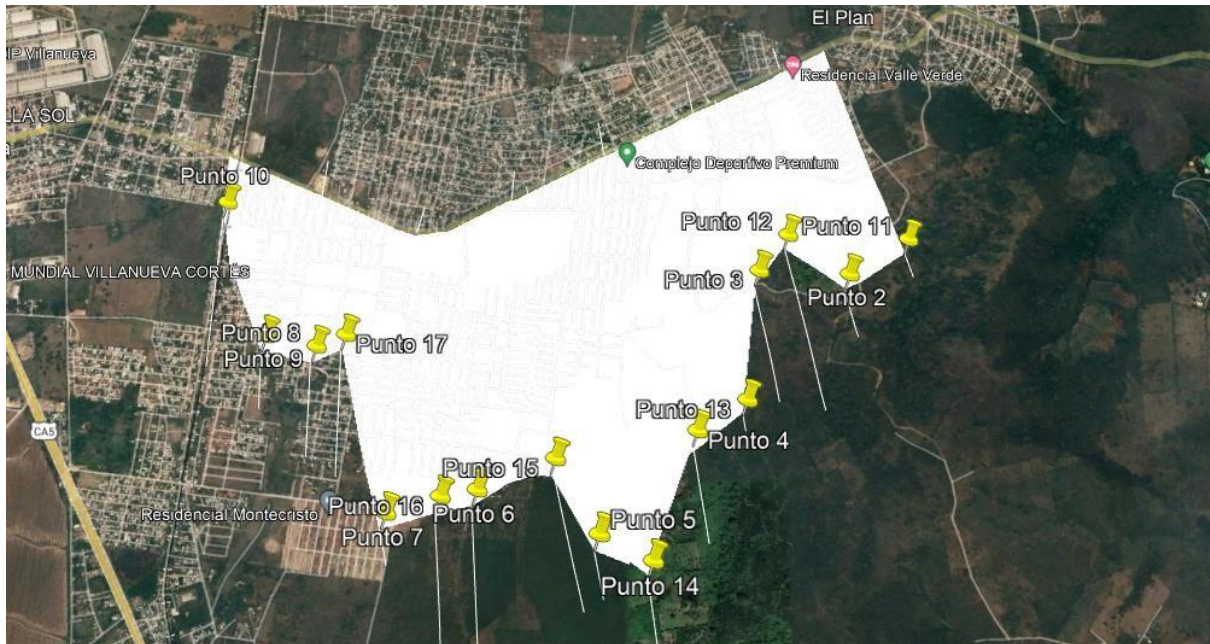


Ilustración 72: Área de influencia

Para obtener mejores resultados, el canal abierto tendrá dimensiones variables, para ello, se presenta la ilustración 73, mostrando los tramos utilizados a cada 500 metros.

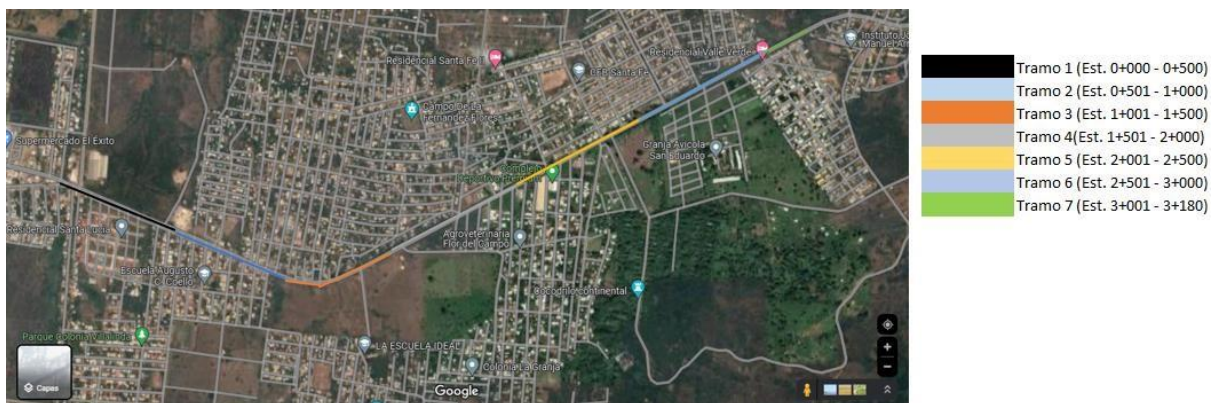


Ilustración 73: Tramos analizados

5.6.2 PROCEDIMIENTO DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

A continuación, se procede con los cálculos necesarios para determinar el caudal de diseño. En este encabezado se presentan los tipos de superficies presentes, con sus coeficientes de escorrentía denominados como "C".

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Ilustración 74: Coeficientes de escorrentía

Fuente: (Drenaje Superficial, 2020)

Debido a que el periodo de retorno para este proyecto es de 20 años, se procede a realizar la interpolación para conocer los valores de coeficiente de escorrentía de acuerdo al tipo de superficie existente en la zona de estudio.

para zona urbana (cemento, tejados) = 0.863

Zonas verdes (condición pobre) de pendiente baja = 0.39

para zona rural (pastizales o prados) de pendiente media = 0.406

para zona rural (montes arbolados) de pendiente alta = 0.436

Seguidamente, se realiza el cálculo de parámetros para el tramo 1, el cual comprende de la estación 0+000 hasta la 0+500.

Tabla 24: Cálculo de Parámetros Tramo 1

Tipo de superficie	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Cementos, Tejados	0.863	27.0	0.90	0.7779
Zonas verdes en condición pobre	0.39	2.95	0.10	0.0384
Pastizales o prados (pendiente media)	0.406	0.00	0.00	0.0000
Montes arbolados (pendiente alta)	0.436	0.00	0.00	0.0000
Total		29.95	1.00	0.8163

Fuente: (Propia, 2024)

Se procede a realizar el cálculo del caudal en relación con las áreas tributarias, coeficiente de escorrentía e intensidad de la lluvia.

$$i = \frac{a}{(b + d)^n}$$

$$i = \frac{2290}{(20.45 + 30)^{0.786}} = 105.04 \text{ mm/hr}$$

$$Q = \frac{0.8163 * 105.04 * 29.95}{360} = 7.13 \text{ m}^3/\text{s}$$


El aporte de agua lluvia para el primer tramo del canal abierto será de 7.13 m³/s.

A continuación, se observa la Ilustración 69, en donde se hizo uso del programa Hcanales, utilizando una rugosidad de Manning de 0.013, un ancho de solera de 1m y un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. De igual forma, la sección trapezoidal se compone de un tirante normal de 0.82m, y una velocidad de 3.27m/s.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:
 Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:
 Tirante normal (y): m
 Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m²
 Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m
 Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F):
 Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo:

Botones:

Ejecuta las operaciones 07:30 p. m. 09/04/2024

Ilustración 75: Sección Trapezoidal Tramo 1

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se realiza el cálculo manual de la sección del canal para verificar los resultados obtenidos en Hcanales.

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

Ecuación 11: Ecuación de Manning

$$Q = \frac{(b + zy) * y}{0.013} * \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$7.13 = \frac{(1 + 2y) * y}{0.013} * \frac{(1 + 2y) * y}{(1 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})^{\frac{2}{3}}} * 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$A = (b + zy) * y$$

$$A = (1 + 2 * 0.8240) * 0.8240$$

$$A = 2.18m^2$$

$$P = (b + 2y * \sqrt{1 + z^2})$$

$$P = (1 + 2 * 0.8240 * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = 4.68m$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})} =$$

$$R = \frac{2.18}{4.68}$$

$$R = 0.46m$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{7.13}{2.18}$$

$$v = 3.27m/s$$

A continuación, se realiza el cálculo del número de Froude para obtener el tipo de flujo, ya sea subcrítico, crítico o supercrítico.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}}$$

Ecuación 12: Número de Froude

$$Profundidad\ hidraulica\ (Dh) = \frac{A}{T} = \frac{2.18}{4.30}$$

$$Profundidad\ hidráulica\ (Dh) = 0.58m$$

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}} = \frac{3.27}{\sqrt{9.81 * 0.58}}$$

$$F = 1.46$$

A continuación, se observa la ecuación 13, la cual contiene la fórmula para calcular la energía específica y determinar el tipo de flujo.

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 13: Energía específica

$$E = 2.9382 + \frac{3.27^2}{2 * 9.81}$$

$$E = 1.3683m - kg/kg$$

A través de la ecuación 13 se obtiene la energía específica, la cual es de 1.3683 m-kg/k. Esta es mayor al 1.00, por lo cual se determina que el flujo es supercrítico, debido a que tiene una velocidad alta y una profundidad baja.

Seguidamente, se realiza el cálculo de parámetros para el tramo 2, el cual comprende de la estación 0+500 hasta la 1+000.

Tabla 25: Cálculo de Parámetros Tramo 2

Tipo de superficie	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Cementos, Tejados	0.863	24.6	0.54	0.4739
Zonas verdes en condición pobre	0.39	20.19	0.45	0.1758
Pastizales o prados (pendiente media)	0.406	0.00	0.00	0.0000
Montes arbolados (pendiente alta)	0.436	0.00	0.00	0.0000
Total		44.79	1.00	0.6497

Fuente: (Propia, 2024)

$$Q = \frac{0.6497 * 105.04 * 44.79}{360} = 8.49 m^3/s$$

$$Q_{acumulado} = 7.13 + 8.49 = 15.62 m^3/s$$

El aporte de agua lluvia para el segundo tramo del canal abierto considerando el caudal acumulado será de 15.62 m3/s.

A continuación, se observa la Ilustración 70, en donde se hizo uso del programa Hcanales, utilizando una rugosidad de Manning de 0.013, un ancho de solera de 1m y un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. De igual forma, la sección trapezoidal se compone de un tirante normal de 1.17m, y una velocidad de 3.99 m/s.

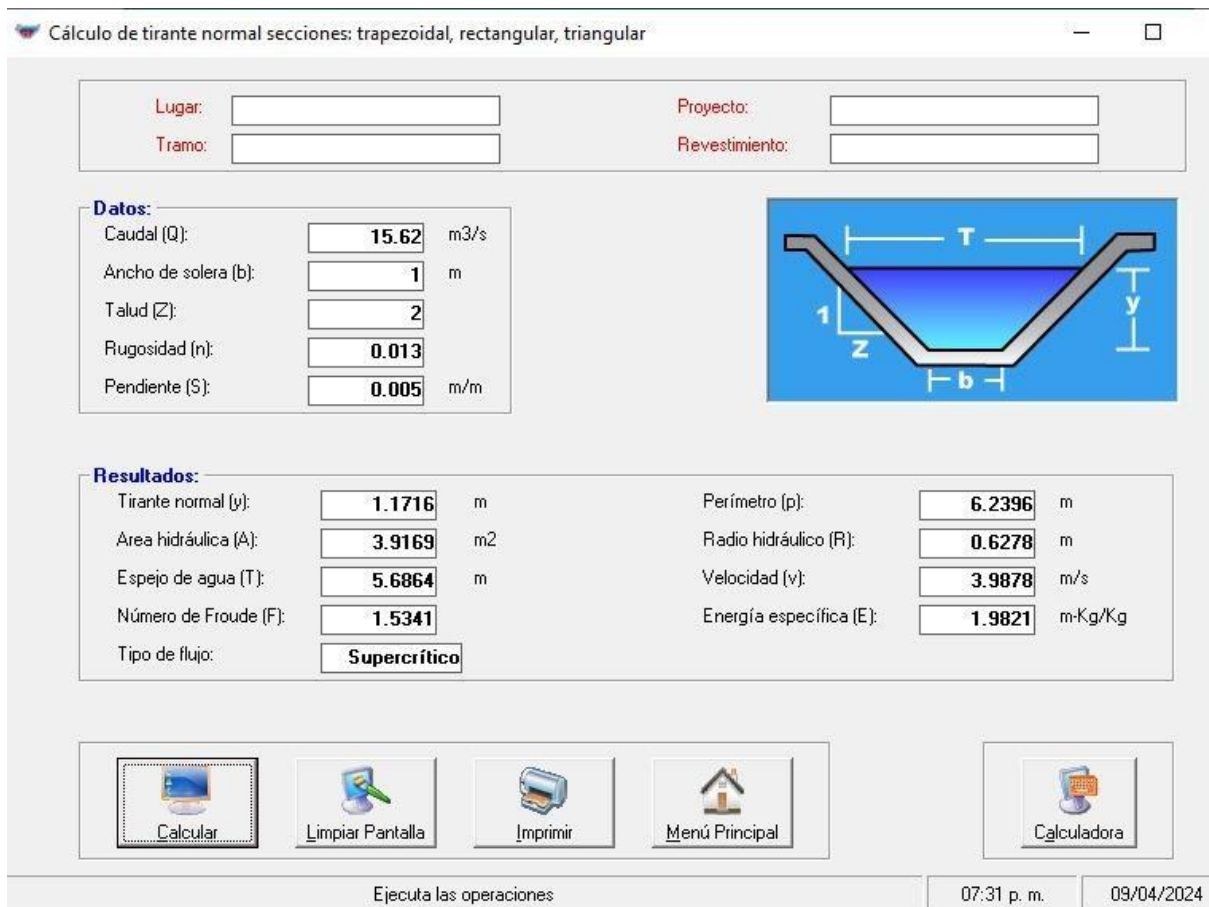


Ilustración 76: Sección Trapezoidal Tramo 2

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se realiza el cálculo manual de la sección del canal para verificar los resultados obtenidos en Hcanales.

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

Ecuación 14: Ecuación de Manning

$$Q = \frac{(b + zy) * y}{0.013} * \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$15.62 = \frac{(1 + 2y) * y}{0.013} * \frac{(1 + 2y) * y}{(1 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})}^{\frac{2}{3}} * 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$A = (b + zy) * y$$

$$A = (1 + 2 * 1.1716) * 1.1716$$

$$A = 3.92m^2$$

$$P = (b + 2y * \sqrt{1 + z^2})$$

$$P = (1 + 2 * 1.1716 * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = 6.24m$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})} =$$

$$R = \frac{3.92}{6.24}$$

$$R = 0.63m$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{15.62}{3.92}$$

$$v = 3.99m/s$$

A continuación, se realiza el cálculo del número de Froude para obtener el tipo de flujo, ya sea subcrítico, crítico o supercrítico.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}}$$

Ecuación 15: Número de Froude

$$Profundidad\ hidraulica\ (Dh) = \frac{A}{T} = \frac{3.92}{5.69}$$

Profundidad hidráulica (Dh) = 0.69m

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}} = \frac{3.99}{\sqrt{9.81 * 0.69}}$$

$$F = 1.53$$

A continuación, se observa la ecuación 13, la cual contiene la fórmula para calcular la energía específica y determinar el tipo de flujo.

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 16: Energía específica

$$E = 1.1716 + \frac{3.99^2}{2 * 9.81}$$

$$E = 1.9821m - kg/kg$$

A través de la ecuación 13 se obtiene la energía específica, la cual es de 1.9821 m-kg/k. Esta es mayor al 1.00, por lo cual se determina que el flujo es supercrítico, debido a que tiene una velocidad alta y una profundidad baja.

Seguidamente, se realiza el cálculo de parámetros para el tramo 3, el cual comprende de la estación 1+000 hasta la 1+500.

Tabla 26: Cálculo de Parámetros Tramo 3

Tipo de superficie	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Cementos, Tejados	0.863	66.4	0.74	0.6388
Zonas verdes en condición pobre	0.39	22.2	0.24	0.0965
Pastizales o prados (pendiente media)	0.406	0.00	0.00	0.0000
Montes arbolados (pendiente alta)	0.436	1.1	0.01	0.0053
Total		89.7	1.00	0.7406

Fuente: (Propia, 2024)

$$Q = \frac{0.7406 * 105.04 * 89.7}{360} = 19.38 m^3/s$$

$$Q_{acumulado} = 15.62 + 19.38 = 35 \text{ m}^3/\text{s}$$

El aporte de agua lluvia para el tercer tramo del canal abierto considerando el caudal acumulado será de 35 m³/s.

A continuación, se observa la Ilustración 71, en donde se hizo uso del programa Hcanales, utilizando una rugosidad de Manning de 0.013, un ancho de solera de 1m y un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. De igual forma, la sección trapezoidal se compone de un tirante normal de 1.66m, y una velocidad de 4.88 m/s.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="35"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="2"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.005"/>	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="1.6593"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="8.4204"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="7.1656"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.8510"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="7.6370"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.8845"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.6100"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="2.8753"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 07:32 p. m. 09/04/2024

Ilustración 77: Sección Trapezoidal Tramo 3

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se realiza el cálculo manual de la sección del canal para verificar los resultados obtenidos en Hcanales.

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

Ecuación 17: Ecuación de Manning

$$Q = \frac{(b + zy) * y}{0.013} * \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$35 = \frac{(1 + 2y) * y}{0.013} * \frac{(1 + 2y) * y}{(1 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})}^{\frac{2}{3}} * 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$A = (b + zy) * y$$

$$A = (1 + 2 * 1.6593) * 1.6593$$
$$A = 7.17m^2$$

$$P = (b + 2y * \sqrt{1 + z^2})$$

$$P = (1 + 2 * 1.6593 * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = 8.42m$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})}$$

$$R = \frac{7.17}{8.42}$$

$$R = 0.85m$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{35}{7.17}$$

$$v = 4.88m/s$$

A continuación, se realiza el cálculo del número de Froude para obtener el tipo de flujo, ya sea subcrítico, crítico o supercrítico.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}}$$

Ecuación 18: Número de Froude

$$Profundidad\ hidraulica\ (Dh) = \frac{A}{T} = \frac{7.17}{7.64}$$

Profundidad hidráulica (Dh) = 0.94m

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}} = \frac{4.88}{\sqrt{9.81 * 0.94}}$$

F = 1.61

A continuación, se observa la ecuación 13, la cual contiene la fórmula para calcular la energía específica y determinar el tipo de flujo.

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 19: Energía específica

$$E = 1.6593 + \frac{4.88^2}{2 * 9.81}$$

E = 2.8753m– kg/kg

A través de la ecuación 13 se obtiene la energía específica, la cual es de 2.8753 m-kg/k. Esta es mayor al 1.00, por lo cual se determina que el flujo es supercrítico, debido a que tiene una velocidad alta y una profundidad baja.

Seguidamente, se realiza el cálculo de parámetros para el tramo 4, el cual comprende de la estación 1+500 hasta la 2+000.

Tabla 27: Cálculo de Parámetros Tramo 4

Tipo de superficie	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Cementos, Tejados	0.863	35.3	0.44	0.3779
Zonas verdes en condición pobre	0.39	0.00	0.00	0.0000
Pastizales o prados (pendiente media)	0.406	23.4	0.29	0.1178
Montes arbolados (pendiente alta)	0.436	21.9	0.27	0.1184

Total		80.6	1.00	0.6141
-------	--	------	------	--------

Fuente: (Propia, 2024)

$$Q = \frac{0.6141 * 105.04 * 80.6}{360} = 14.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 35 + 14.44 = 49.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

El aporte de agua lluvia para el tercer tramo del canal abierto considerando el caudal acumulado será de 49.44 m³/s.

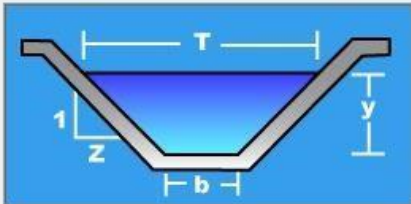
A continuación, se observa la Ilustración 72, en donde se hizo uso del programa Hcanales, utilizando una rugosidad de Manning de 0.013, un ancho de solera de 1m y un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. De igual forma, la sección trapezoidal se compone de un tirante normal de 1.92m, y una velocidad de 5.33 m/s.

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
Número de Froude (F):
Tipo de flujo: Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 07:34 p. m. 09/04/2024

Ilustración 78: Sección Trapezoidal Tramo 4

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se realiza el cálculo manual de la sección del canal para verificar los resultados

obtenidos en Hcanales.

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

Ecuación 20: Ecuación de Manning

$$Q = \frac{(b + zy) * y}{0.013} * \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$49.44 = \frac{(1 + 2y) * y}{0.013} * \frac{(1 + 2y) * y}{(1 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})}^{\frac{2}{3}} * 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$A = (b + zy) * y$$

$$A = (1 + 2 * 1.9189) * 1.9189$$

$$A = 9.28m^2$$

$$P = (b + 2y * \sqrt{1 + z^2})$$

$$P = (1 + 2 * 1.9189 * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = 9.58m$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})}$$

$$R = \frac{9.28}{9.58}$$

$$R = 0.97m$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{49.44}{9.28}$$

$$v = 5.33m/s$$

A continuación, se realiza el cálculo del número de Froude para obtener el tipo de flujo, ya sea subcrítico, crítico o supercrítico.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}}$$

Ecuación 21: Número de Froude

$$Profundidad\ hidraulica\ (Dh) = \frac{A}{T} = \frac{9.28}{8.68}$$

Profundidad hidráulica (Dh) = 1.07m

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}} = \frac{5.33}{\sqrt{9.81 * 1.07}}$$

F = 1.64

A continuación, se observa la ecuación 13, la cual contiene la fórmula para calcular la energía específica y determinar el tipo de flujo.

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 22: Energía específica

$$E = 1.9189 + \frac{5.33^2}{2 * 9.81}$$

E = 3.3645m– kg/kg

A través de la ecuación 13 se obtiene la energía específica, la cual es de 3.3645 m-kg/k. Esta es mayor al 1.00, por lo cual se determina que el flujo es supercrítico, debido a que tiene una velocidad alta y una profundidad baja.

Seguidamente, se realiza el cálculo de parámetros para el tramo 5, el cual comprende de la estación 2+000 hasta la 2+500.

Tabla 28: Cálculo de Parámetros Tramo 5

Tipo de superficie	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Cementos, Tejados	0.863	15.2	0.21	0.1826

Zonas verdes en condición pobre	0.39	2.64	0.04	0.0143
Pastizales o prados (pendiente media)	0.406	54.0	0.75	0.3052
Montes arbolados (pendiente alta)	0.436	0.00	0.00	0.000
Total		71.84	1.00	0.5021

Fuente: (Propia, 2024)

$$Q = \frac{0.5021 * 105.04 * 71.84}{360} = 10.52 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 49.44 + 10.52 = 59.96 \text{ m}^3/\text{s}$$

El aporte de agua lluvia para el tercer tramo del canal abierto considerando el caudal acumulado será de 59.96 m³/s.

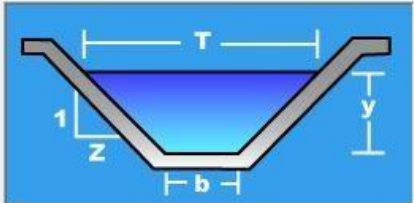
A continuación, se observa la Ilustración 73, en donde se hizo uso del programa Hcanales, utilizando una rugosidad de Manning de 0.013, un ancho de solera de 2m y un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. De igual forma, la sección trapezoidal se compone de un tirante normal de 1.87m, y una velocidad de 5.57 m/s.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m
Velocidad (v): m/s
Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 07:34 p. m. 09/04/2024

Ilustración 79: Sección Trapezoidal Tramo 5

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se realiza el cálculo manual de la sección del canal para verificar los resultados obtenidos en Hcanales.

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

Ecuación 23: Ecuación de Manning

$$Q = \frac{(b + zy) * y}{0.013} * \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$59.96 = \frac{(2 + 2y) * y}{0.013} * \frac{(2 + 2y) * y}{(2 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})^{\frac{2}{3}}} * 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$A = (b + zy) * y$$

$$A = (2 + 2 * 1.8727) * 1.8727$$

$$A = 10.75 \text{ m}^2$$

$$P = (2 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = (2 + 2 * 1.8727 * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = 10.37 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})}$$

$$R = \frac{10.75}{10.37}$$

$$R = 1.03 \text{ m}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{59.96}{10.75}$$

$$v = 5.57 \text{ m/s}$$

A continuación, se realiza el cálculo del número de Froude para obtener el tipo de flujo, ya sea subcrítico, crítico o supercrítico.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}}$$

Ecuación 24: Número de Froude

$$\text{Profundidad hidraulica (Dh)} = \frac{A}{T} = \frac{10.75}{9.49}$$

Profundidad hidráulica (Dh) = 1.13m

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}} = \frac{5.57}{\sqrt{9.81 * 1.13}}$$

F = 1.67

A continuación, se observa la ecuación 13, la cual contiene la fórmula para calcular la energía específica y determinar el tipo de flujo.

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 25: Energía específica

$$E = 1.8727 + \frac{5.57^2}{2 * 9.81}$$

E = 3.45m– kg/kg

A través de la ecuación 13 se obtiene la energía específica, la cual es de 3.45 m-kg/k. Esta es mayor al 1.00, por lo cual se determina que el flujo es supercrítico, debido a que tiene una velocidad alta y una profundidad baja.

Seguidamente, se realiza el cálculo de parámetros para el tramo 6, el cual comprende de la estación 2+500 hasta la 3+000.

Tabla 29: Cálculo de Parámetros Tramo 6

Tipo de superficie	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Cementos, Tejados	0.863	2.90	0.06	0.0498
Zonas verdes en condición pobre	0.39	0.00	0.00	0.0000
Pastizales o prados (pendiente media)	0.406	47.4	0.94	0.3826
Montes arbolados (pendiente alta)	0.436	0.00	0.00	0.0000
Total		50.3	1.00	0.4324

Fuente: (Propia, 2024)

$$Q = \frac{0.4324 * 105.04 * 50.3}{360} = 6.34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 59.96 + 6.34 = 66.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

El aporte de agua lluvia para el tercer tramo del canal abierto considerando el caudal acumulado será de 66.3 m³/s.

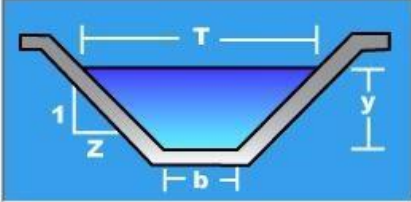
A continuación, se observa la Ilustración 74, en donde se hizo uso del programa Hcanales, utilizando una rugosidad de Manning de 0.013, un ancho de solera de 2m y un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. De igual forma, la sección trapezoidal se compone de un tirante normal de 1.96m, y una velocidad de 5.72 m/s.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m3/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m
Velocidad (v): m/s
Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 07:34 p. m. 09/04/2024

Ilustración 80: Sección Trapezoidal Tramo 6

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se realiza el cálculo manual de la sección del canal para verificar los resultados obtenidos en Hcanales.

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

Ecuación 26: Ecuación de Manning

$$Q = \frac{(b + zy) * y}{0.013} * \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$66.3 = \frac{(2 + 2y) * y}{0.013} * \frac{(2 + 2y) * y}{(2 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})^{\frac{2}{3}}} * 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$A = (b + zy) * y$$

$$A = (2 + 2 * 1.9594) * 1.9594$$

$$A = 11.59 \text{ m}^2$$

$$P = (2 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = (2 + 2 * 1.9594 * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = 10.76 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})} =$$

$$R = \frac{11.59}{10.76}$$

$$R = 1.07 \text{ m}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{66.3}{11.59}$$

$$v = 5.71 \text{ m/s}$$

A continuación, se realiza el cálculo del número de Froude para obtener el tipo de flujo, ya sea subcrítico, crítico o supercrítico.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}}$$

Ecuación 27: Número de Froude

$$\text{Profundidad hidraulica (Dh)} = \frac{A}{T} = \frac{11.59}{9.83}$$

$$\text{Profundidad hidráulica (Dh)} = 1.17 \text{ m}$$

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}} = \frac{5.71}{\sqrt{9.81 * 1.17}}$$

$$F = 1.68$$

A continuación, se observa la ecuación 13, la cual contiene la fórmula para calcular la energía específica y determinar el tipo de flujo.

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 28: Energía específica

$$E = 1.9594 + \frac{5.71^2}{2 * 9.81}$$

$$E = 3.62 \text{ m} - \text{kg/kg}$$

A través de la ecuación 13 se obtiene la energía específica, la cual es de 3.62 m-kg/k. Esta es mayor al 1.00, por lo cual se determina que el flujo es supercrítico, debido a que tiene una velocidad alta y una profundidad baja.

Seguidamente, se realiza el cálculo de parámetros para el tramo 7, el cual comprende de la estación 3+000 hasta la 3+180.

Tabla 30: Cálculo de Parámetros Tramo 7

Tipo de superficie	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Cementos, Tejados	0.863	13.9	0.36	0.3081
Zonas verdes en condición pobre	0.39	4.63	0.12	0.0464
Pastizales o prados (pendiente media)	0.406	20.4	0.52	0.2128
Montes arbolados (pendiente alta)	0.436	0.00	0.00	0.0000
Total		38.93	1.00	0.5673

Fuente: (Propia, 2024)

$$Q = \frac{0.5673 * 105.04 * 38.93}{360} = 6.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 66.3 + 6.44 = 72.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

El aporte de agua lluvia para el tercer tramo del canal abierto considerando el caudal acumulado será de 72.7 m³/s.

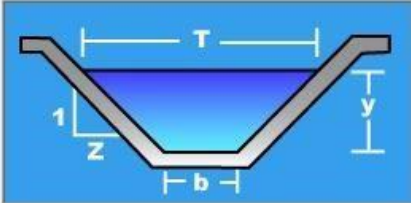
A continuación, se observa la Ilustración 75, en donde se hizo uso del programa Hcanales, utilizando una rugosidad de Manning de 0.013, un ancho de solera de 2m y un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. De igual forma, la sección trapezoidal se compone de un tirante normal de 2.04m, y una velocidad de 5.86 m/s.

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m3/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m
 Area hidráulica (A): m2
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 07:35 p. m. 09/04/2024

Ilustración 81: Sección Trapezoidal Tramo 7

Fuente: (Propia, 2024)

Seguidamente, se realiza el cálculo manual de la sección del canal para verificar los resultados obtenidos en Hcanales.

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

Ecuación 29: Ecuación de Manning

$$Q = \frac{(b + zy) * y}{0.013} * \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$72.7 = \frac{(2 + 2y) * y}{0.013} * \frac{(2 + 2y) * y}{(2 + 2y * \sqrt{1 + 2^2})}^{\frac{2}{3}} * 0.005^{\frac{1}{2}}$$

$$A = (b + zy) * y$$

$$A = (2 + 2 * 2.0419) * 2.0419$$

$$A = \mathbf{12.42 \text{ m}}$$

$$P = (b + 2y * \sqrt{1 + z^2})$$

$$P = (2 + 2 * 2.0419 * \sqrt{1 + 2^2})$$

$$P = \mathbf{11.13 \text{ m}}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy) * y}{(b + 2y * \sqrt{1 + z^2})}$$

$$R = \frac{12.42}{11.13}$$

$$R = \mathbf{1.11 \text{ m}}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{72.7}{12.42}$$

$$v = \mathbf{5.85 \text{ m/s}}$$

A continuación, se realiza el cálculo del número de Froude para obtener el tipo de flujo, ya sea subcrítico, crítico o supercrítico.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}}$$

Ecuación 30: Número de Froude

$$\text{Profundidad hidraulica (Dh)} = \frac{A}{T} = \frac{12.42}{10.16}$$

Profundidad hidráulica (Dh) = 1.22 m

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * Dh}} = \frac{5.85}{\sqrt{9.81 * 1.22}}$$

$$F = 1.69$$

A continuación, se observa la ecuación 13, la cual contiene la fórmula para calcular la energía específica y determinar el tipo de flujo.

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 31: Energía específica

$$E = 2.9382 + \frac{3.23^2}{2 * 9.81}$$

$$E = 3.4692m - kg/kg$$

A través de la ecuación 13 se obtiene la energía específica, la cual es de 3.4692 m-kg/kg. Se determina que el flujo es subcrítico, debido a que tiene una profundidad alta y una velocidad baja.

En cuanto al cruce de aguas lluvias en las intersecciones de las colonias a través del canal abierto, se recomienda a la municipalidad de Villanueva el diseño de un vado para conectar el tramo del bulevar con la entrada a las viviendas de la zona.

En el posible caso de condiciones críticas, se muestra el cálculo del tirante crítico a través de Hcanales en la Ilustración 76. Asimismo, se muestra el perfil de remanso en la ilustración 77.

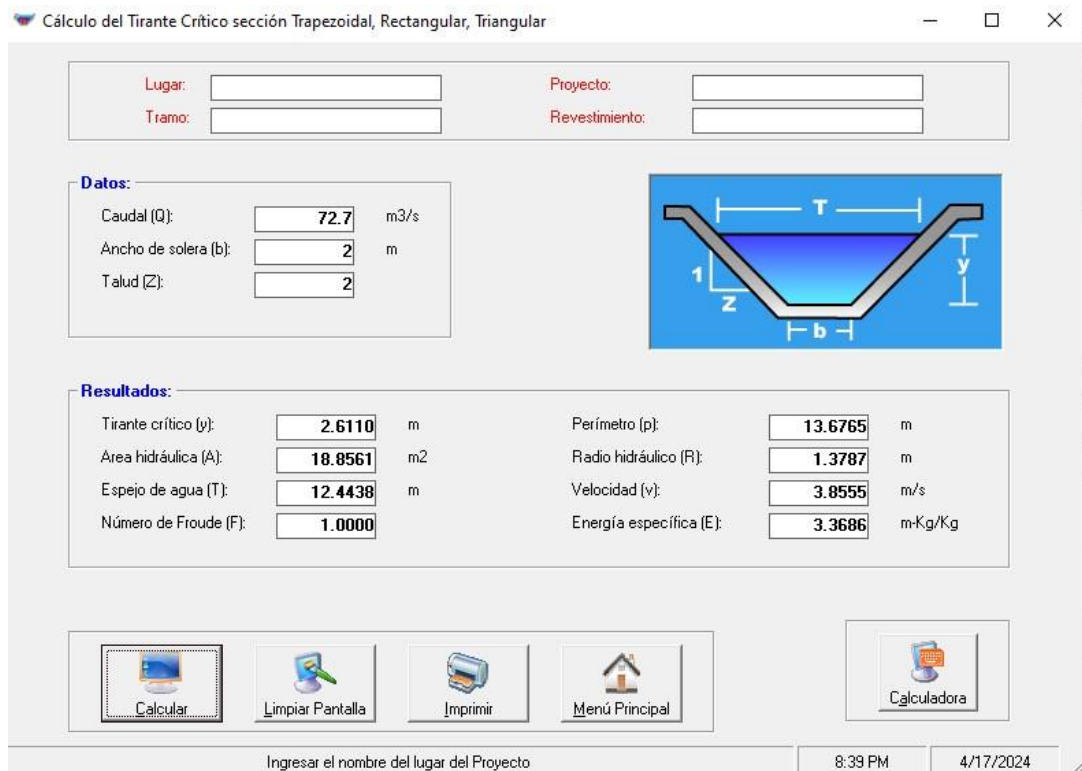


Ilustración 82: Tirante crítico

Fuente: (Propia, 2024)

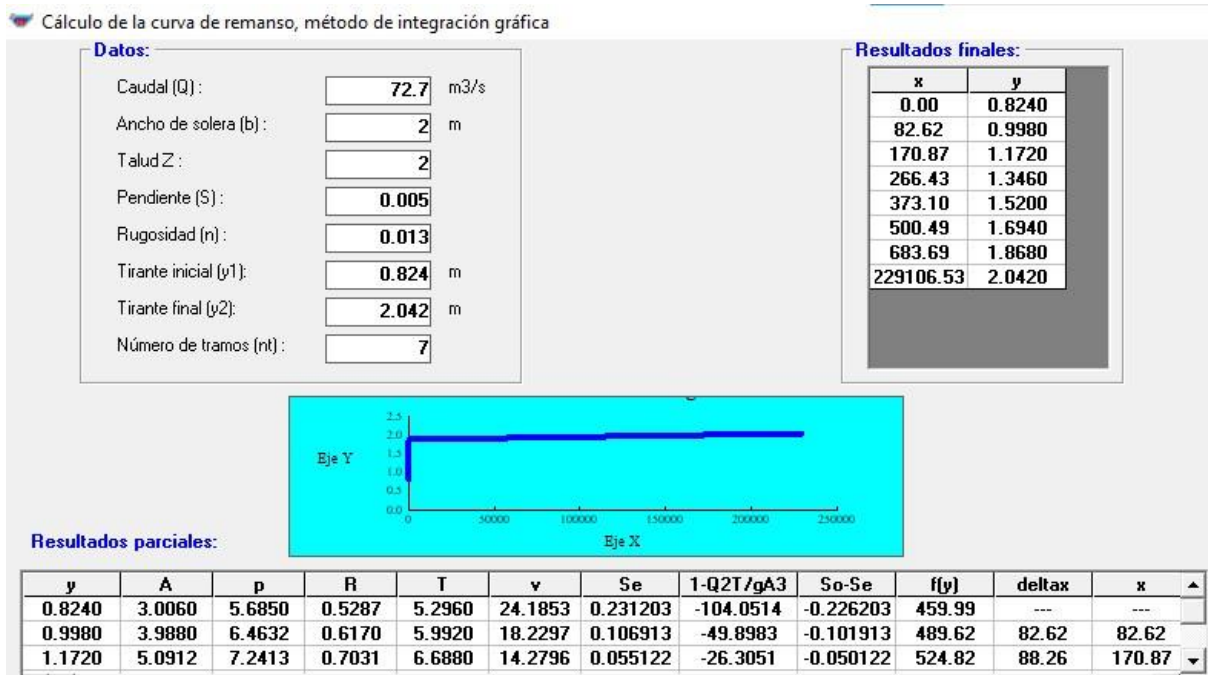


Ilustración 83: Perfil de posible remanso

Fuente: (Propia, 2024)

A continuación, se observa la Ilustración 78, la cual contiene el cuadro de medida para el canal trapezoidal abierto a lo largo de los 3.18 km en el tramo. En este se puede observar la

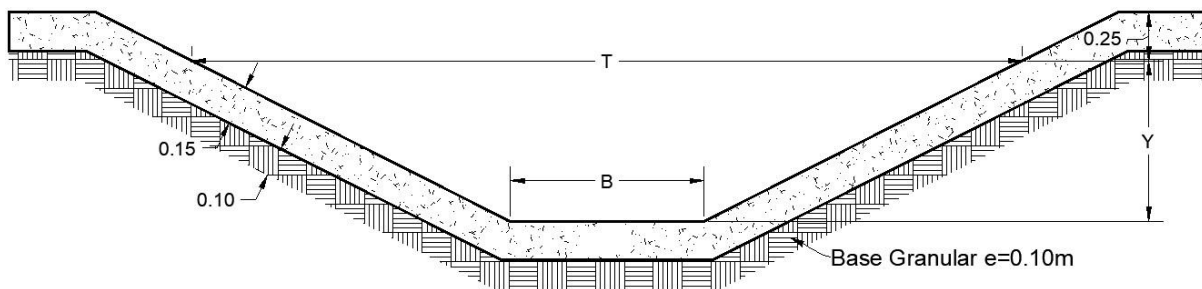
ubicación y dimensiones respectivas por cada configuración.

CUADRO DE MEDIDAS DE CUNETAS				
CONFIGURACIÓN	UBICACIÓN	BASE (B)	TIRANTE (Y)	ESPEJO (T)
CONFIG #1	0+000m a 0+500m	1.000	0.824	4.296
CONFIG #2	0+500m a 1+000m	1.000	1.172	5.686
CONFIG #3	1+000m a 1+500m	1.000	1.659	7.637
CONFIG #4	1+500m a 2+000m	1.000	1.919	8.676
CONFIG #5	2+000m a 2+500m	2.000	1.873	9.491
CONFIG #6	2+500m a 3+000m	2.000	1.959	9.838
CONFIG #7	3+000m a 3+180m	2.000	2.042	10.168

Ilustración 84: Cuadro de dimensiones cuneta

Fuente: (Propia, 2024)

Asimismo, se presenta la Ilustración 79, la cual muestra el esquema del canal abierto trapezoidal.



DIMENSIONES DE CUNETA Sin Escala

Ilustración 85: Canal trapezoidal abierto

Fuente: (Propia, 2024)

Haciendo uso de las normativas brindadas por el Manual de Carreteras de Soptravi Tomo 6: Drenaje y Puentes, Directrices ASP y Normativa SANAA se realizó el diseño de tragantes, tuberías y pozos de inspección a lo largo del tramo.

Seguidamente se observa la Ilustración 80, la cual contiene el detalle de los 3 tragantes ubicados a lo largo del tramo. Estos están ubicados a cada 100 metros y tienen una tapa con dimensión de 0.5 m x 0.80 m.

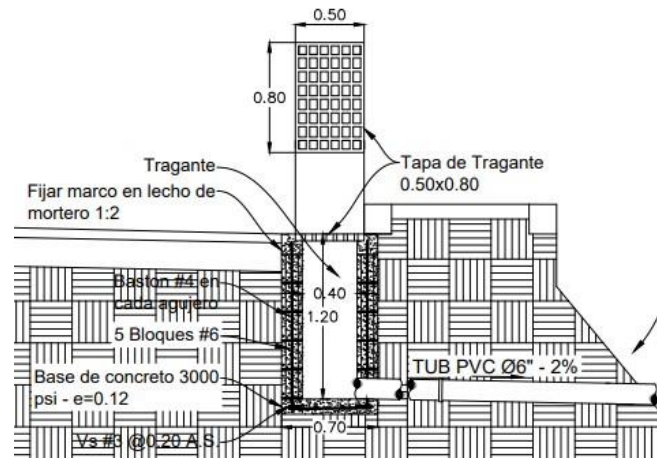


Ilustración 86: Detalle de Tragante

Fuente: (Propia, 2024)

Se colocaron dos tragantes en la mediana que conectarán por medio de una tubería subterránea de PVC de 6'' de diámetro, evitando de esta manera el estancamiento de agua en esta zona. El agua será transportada a lo largo del tramo hasta donde desemboque la misma. (Ver Ilustración 81)

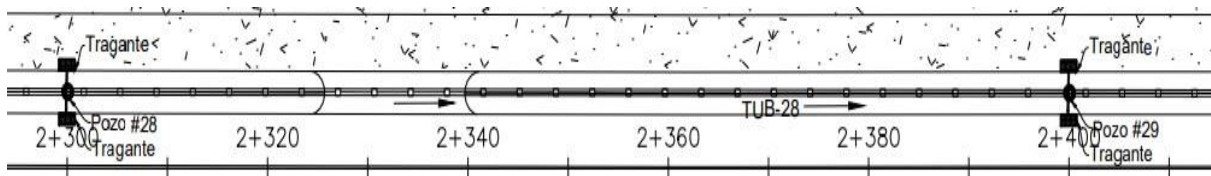


Ilustración 87: Ubicación de tragantes en la mediana

Fuente: (Propia, 2024)

Asimismo, se presenta la Ilustración 82, la cual contiene la ubicación del tercer tragante, el cual se encuentra en el eje de la acera y está conectado por medio de una tubería subterránea de PVC de 6'' de diámetro que conecta con el canal trapezoidal de su respectivo tramo.

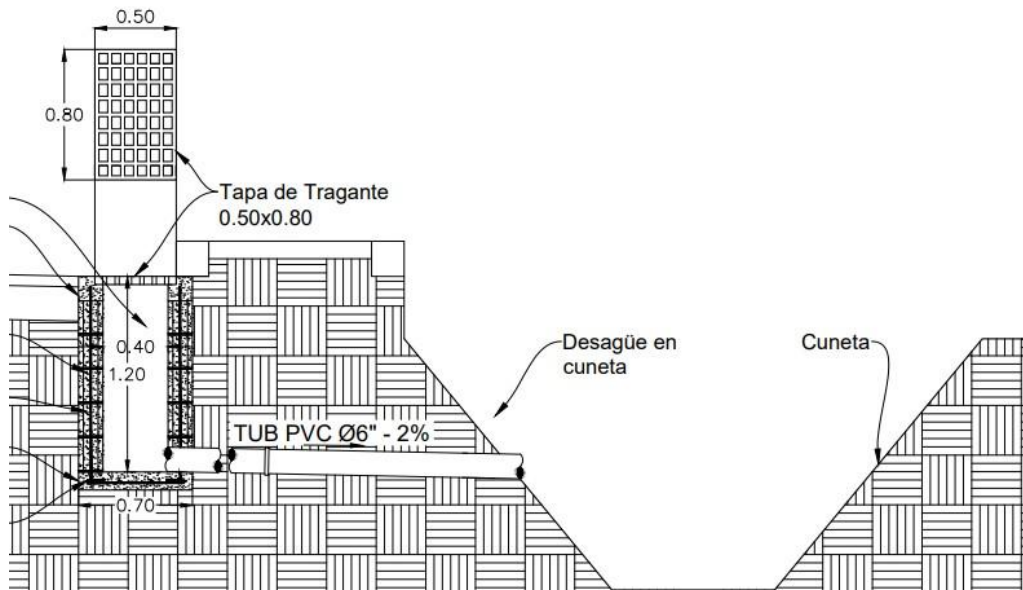


Ilustración 88: Ubicación tercer tragante

Fuente: (Propia, 2024)

Además, se diseñó pozos de inspección con una altura total de 1.72m, una invertida de 1.20m y un ancho total de 1.20m. Estos están ubicados a cada 100 metros y en cambios de direcciones, y consisten en una base de concreto de 3000psi con un espesor de 0.12m y varillas #3 @0.25 A.S. con el objetivo de asegurarse que la tubería esté en óptimas condiciones en todo momento. (Ver Ilustración 83)

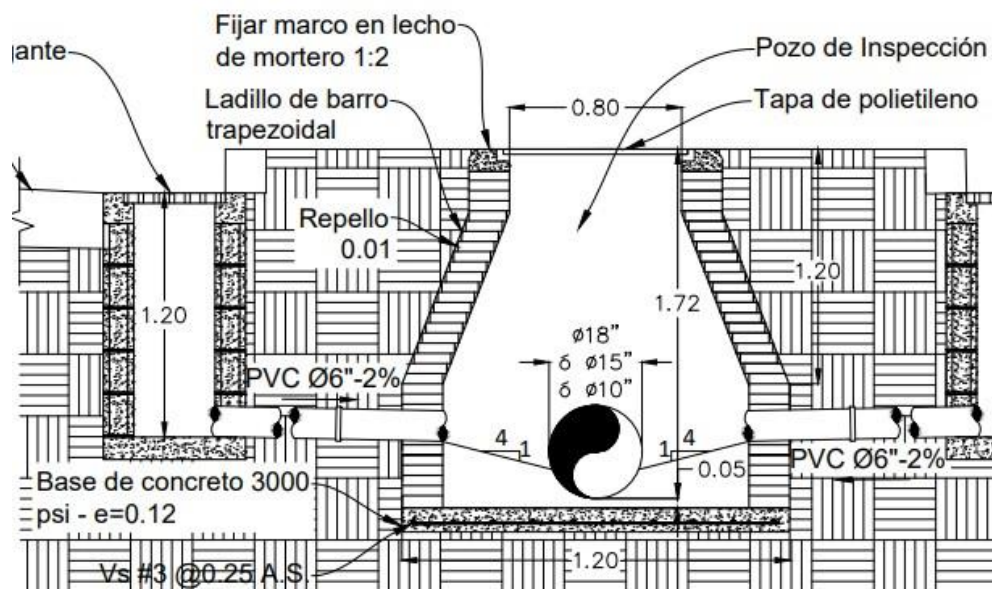


Ilustración 89: Detalle pozos de inspección

Fuente: (Propia, 2024)

La descarga pluvial de los distintos canales abiertos y tuberías a lo largo del tramo se hará en el corredor que pasa por la Colonia Santa Fe, aproximado a la estación 2+800. Esta descarga se hará mediante un diseño de alcantarilla que conecta la sección de canal abierto del nuevo tramo hacia la dirección del corredero establecida por la Municipalidad de Villanueva.

5.6.3. CONCLUSIONES DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL

El diseño de drenaje pluvial para el tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortes será en base a un canal abierto trapezoidal revestido de concreto hidráulico. El cálculo de aporte de agua lluvia se realizó en base al área tributaria de la cuenca urbana, la cual se compone de 416 hectáreas. En cuanto al cálculo de la intensidad de lluvia, se utilizó la estación "El Modelo", la cual está ubicada en Zip Búfalo, y contiene características similares a las de Villanueva.

El diseño se propuso en base a un periodo de retorno de 20 años obteniendo un caudal máximo de 72.7 m³/s. A lo largo de los 3.18km van variando las dimensiones del canal abierto, el cual se compone de un talud de 2:1, con una pendiente del 0.05%. El acero del canal trapezoidal constará de varillas #3 a cada 0.20m, con un recubrimiento de 0.05m y una base granular con espesor de 0.15m.

Se diseñó un total de 3 tragantes, los cuales están ubicados a cada 100 metros y tienen una dimensión de 0.5 m x 0.80 m. Junto a la mediana se colocaron dos tragantes, los cuáles conectarán por medio de una tubería subterránea de PVC de 6" de diámetro y el agua será transportada a lo largo del tramo hasta donde desemboque la misma. El tercer tragante está conectado por medio de una tubería subterránea de PVC de 6" de diámetro que conecta con el canal trapezoidal de su respectivo tramo.

Además, se diseñó pozos de inspección con una altura total de 1.72m y un ancho total de 1.20m. Estos están ubicados a cada 100 metros y en cambios de direcciones, y consisten en una base de concreto de 3000psi con un espesor de 0.12m y varillas #3 @0.25 A.S. con el objetivo de asegurarse que la tubería esté en óptimas condiciones en todo momento.

5.7. CATEGORIZACION AMBIENTAL

De acuerdo al artículo 13 de la categorización ambiental de la secretaria de Recursos Naturales y Ambiente bajo el acuerdo ministerial No.705-2021, no se requiere de una licencia ambiental para el proyecto de la propuesta del bulevar en el tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortes. En la Ilustración 84 se muestra el sector 10 de infraestructura, construcción y vivienda. La actividad tres incluye la construcción de carreteras pavimentadas, siendo esta una construcción que incluye apertura y/o ampliación y pavimentación de carreteras, la cual engloba construcción de puentes, obras relacionadas y mantenimiento. La actividad tiene el código 10A003, en donde la extensión del tramo del proyecto con 3180m no sobrepasa los 5 km, que convertirían el proyecto en categoría ambiental uno.

246	SECTOR 10. INFRAESTRUCTUR A, CONSTRUCCIÓN Y VIVIENDA	A. Infraestructura	003. Construcción de carreteras pavimentadas	Construcción que incluye apertura y/o ampliación y pavimentación de carreteras. Puede incluir construcción de puentes, obras relacionadas y mantenimiento	SC	10A003	≥ 5 - 10 km	> 10 - 20 km	> 20 - 100 km	> 100 km
-----	--	-----------------------	---	--	----	--------	-------------	-----------------	------------------	----------


Ilustración 90: Categorización Ambiental

Fuente: (Tribunal Superior de Cuentas, 2021)

5.8. PLANOS

A continuación, se muestra el juego de planos de la propuesta del Diseño Geométrico y Estructural del bulevar en el tramo desde Villanueva hacia San Manuel, Cortes. Dentro de este se incluyen planos de planta general topográfica con su respectiva señalización, ubicación de colonias y giros, diseño de perfiles, detalles de juntas y bordillos, y de igual forma, los detalles de canales abiertos, y pozos y tragantes y conducciones de tubería a lo largo de la mediana.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA



PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DEL BULEVAR EN EL TRAMO DESDE LA ENTRADA DE VILLANUEVA HACIA SAN MANUEL, CORTES.

UNITEC
ut
FI

Estudiantes:
Nicole Maja Morales
21841182
Luis Antonio Hernández
21941003

Revisó:
Ing. Otto Flores
Jansser
Ing. Sergio Paredes

Descripción:
Portada e Índice

Proyecto:
Propuesta de Diseño Geométrico y Estructural del Bulevar en el tramo desde la entrada de Villanueva hacia San Manuel, Cortes.

Observaciones:

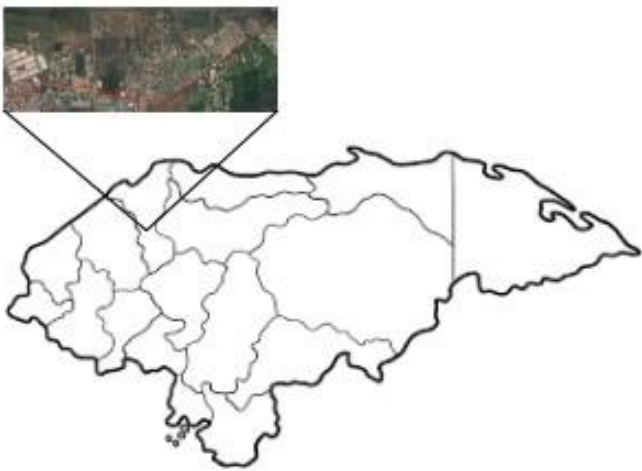
Fecha y Lugar:
ABRIL 2024
SPS

Escala:
INDICADA

Hoja:
00

ÍNDICE

- 1 ESTACION 0+000 A 0+520.
- 2 ESTACION 0+540 A 1+060.
- 3 ESTACION 1+080 A 1+600 .
- 4 ESTACION 1+620 A 2+120
- 5 ESTACION 2+140 A 2+660
- 6 ESTACION 2+680 A 3+180
- 7 DISEÑO DE JUNTAS Y BORDILLO
- 8 DRENAJE PLUVIAL TRAMO 0+000 A 1+268
- 9 DRENAJE PLUVIAL TRAMO 1+268 A 2+536
- 10 DRENAJE PLUVIAL TRAMO 2+536 a 3+181 Y DETALLES PLUVIALES



UNITEC
ut
FI

Estudiantes:
Nicole Maja Morales
21841182
Luis Antonio Hernández
21941003

Revisó:
Ing. Otto Flores
Jansser
Ing. Sergio Paredes

Descripción:
Estacion 0+000 a 0+520

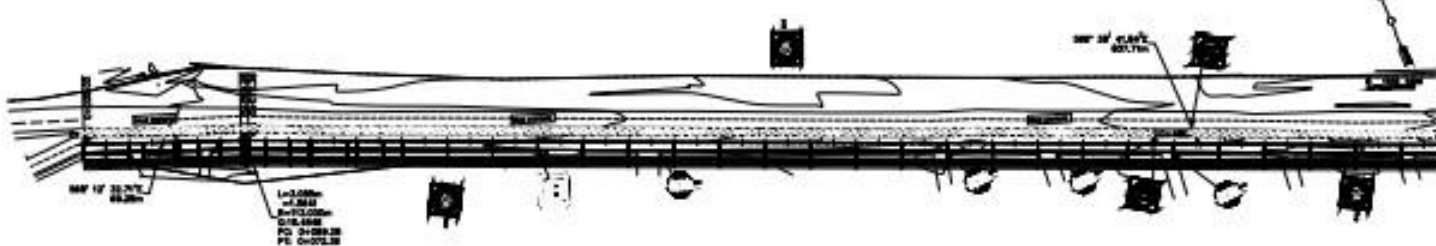
Proyecto:
Propuesta de diseño geométrico y estructural del Bulevar en el tramo desde Villanueva hacia la entrada de San Manuel, Cortes.

Observaciones:

Fecha y Lugar:
ABRIL, 2024
Unitec, Campus SPS

Escala:
1:1000


Hoja:
01



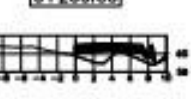
eje central 2 (1) PROFILE

Estacion	Reteno	Corte	Vol. Reteno	Vol. Corte	Vol. Reteno Acum.	Vol. Corte Acum.
0+000.00	0.00	5.79	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	5.67	0.00	113.29	0.00	113.29
0+040.00	0.00	4.61	0.00	108.41	0.00	221.70
0+060.00	0.00	4.74	0.00	85.48	0.00	307.18
0+070.00	0.00	4.99	0.00	46.48	0.00	353.66
0+080.00	0.00	4.90	0.00	46.39	0.00	400.05
0+100.00	0.00	4.69	0.00	95.33	0.00	495.38
0+120.00	0.00	3.44	0.00	85.36	0.19	579.50
0+140.00	0.00	3.76	2.89	91.00	3.08	670.59
0+160.00	0.00	3.75	6.45	85.12	11.53	755.71
0+180.00	0.00	3.80	13.31	83.87	24.74	839.57
0+200.00	0.00	0.00	38.11	20.38	62.92	902.49
0+220.00	0.00	0.00	97.43	0.00	160.35	962.84
0+240.00	0.00	0.00	189.48	0.00	249.76	1012.60
0+260.00	0.00	0.00	143.08	0.00	392.84	1055.44
0+280.00	0.00	0.00	123.68	0.00	516.52	1099.02
0+300.00	18.40	0.00	170.88	0.00	687.40	1137.42
0+320.00	18.40	0.00	281.52	0.00	968.92	1165.82
0+340.00	18.41	0.00	240.11	0.00	1209.03	1183.83
0+360.00	18.47	0.00	202.09	0.00	1411.12	1191.84


0+100.00



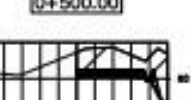
0+200.00

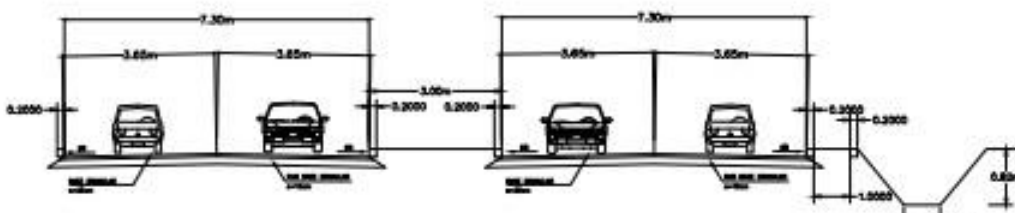


0+400.00

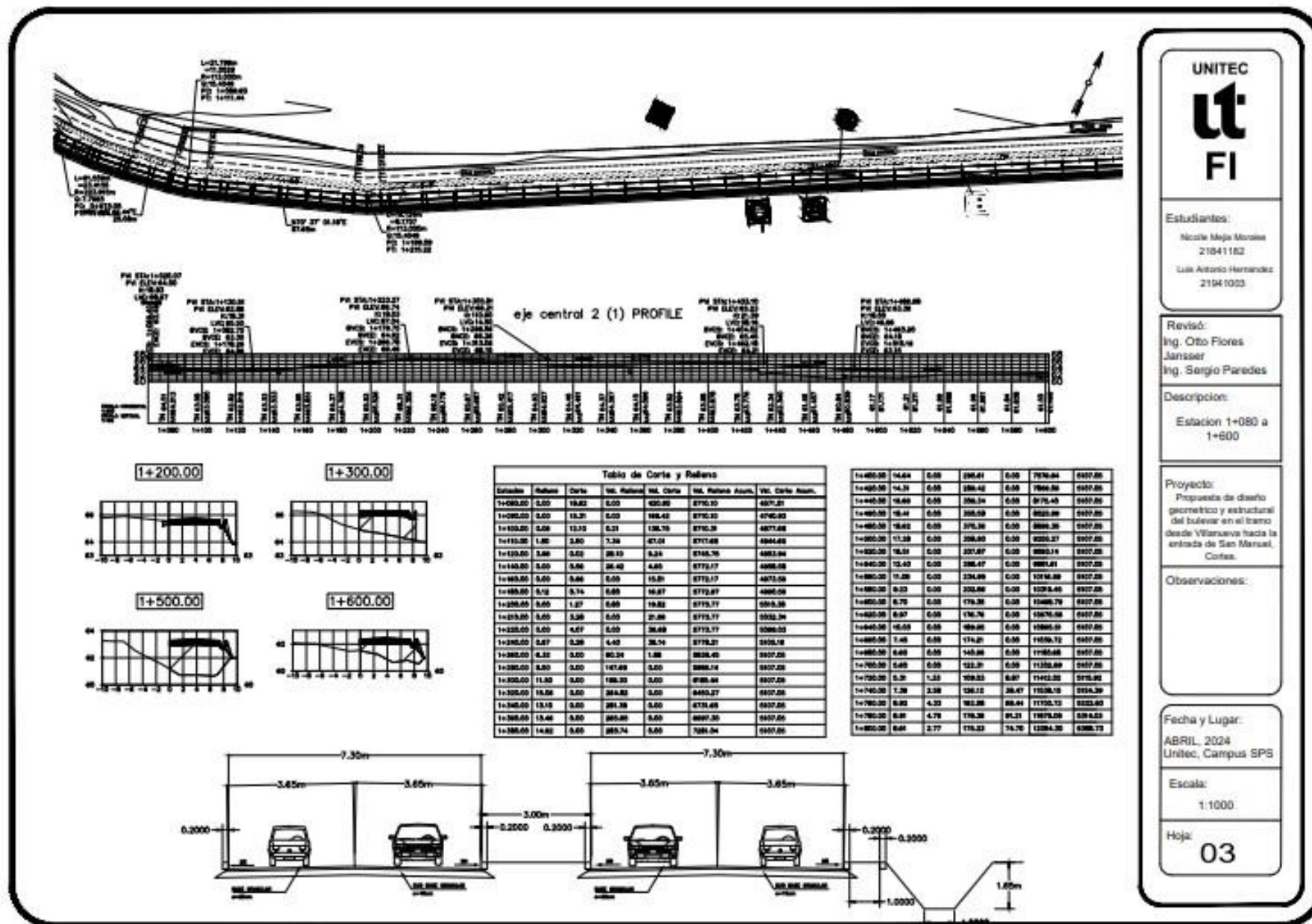
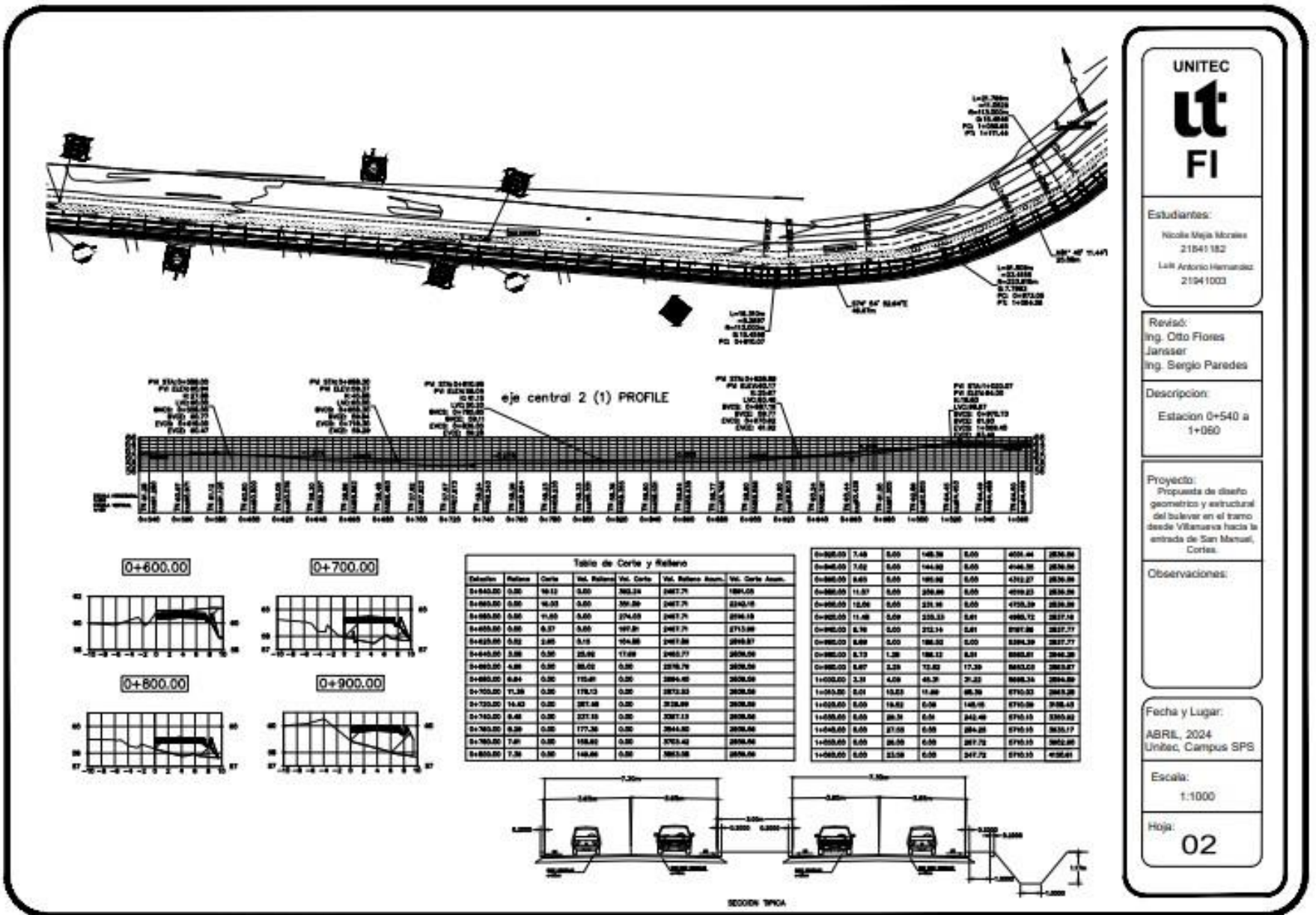


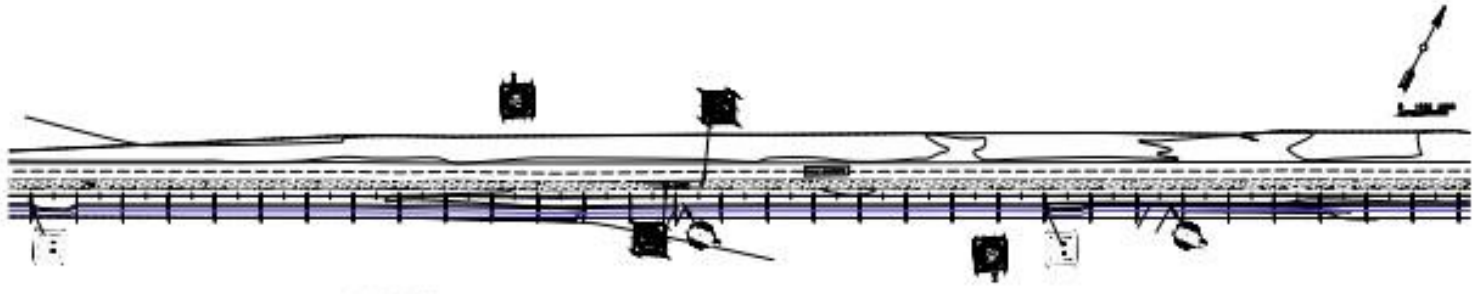
0+500.00





SECCION TÍPICA





Estudiantes:
Nicole Mejía Morales
21841182
Luis Antonio Hernández
21941003

Revisó:
Ing. Otto Flores
Jansser
Ing. Sergio Paredes

Descripción:
Estación 1+620 a
2+120

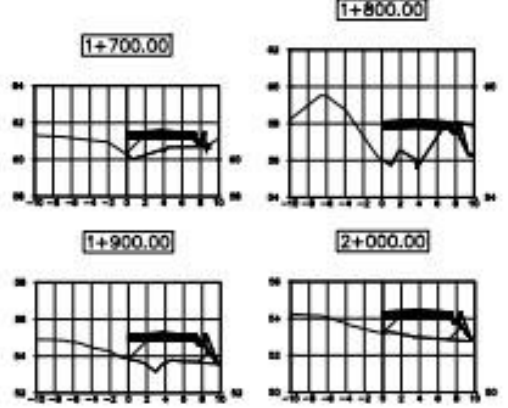
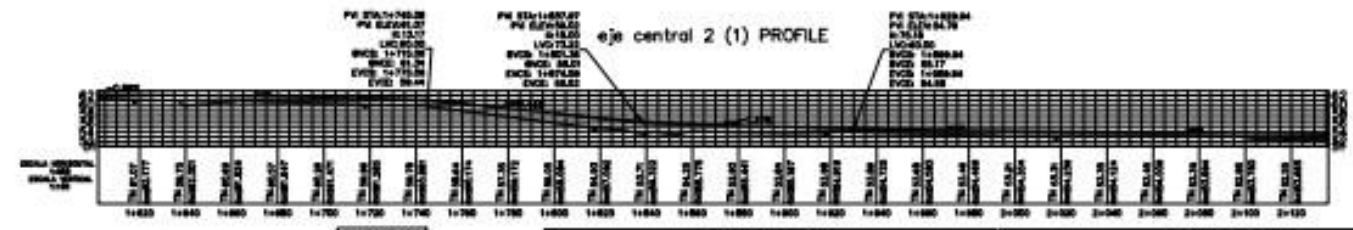
Proyecto:
Propuesta de diseño
geométrico y estructural
del bulevard en el tramo
desde Villanueva hacia la
entrada de San Manuel,
Cortés.

Observaciones:

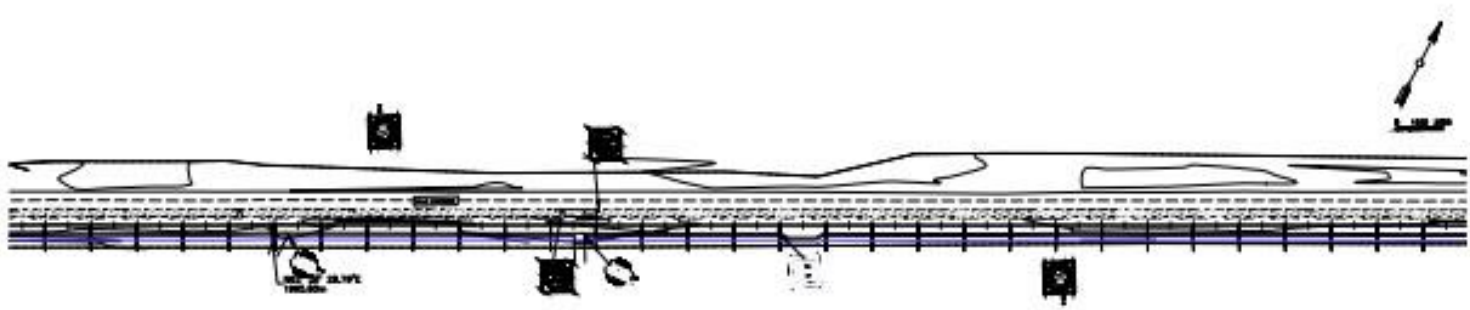
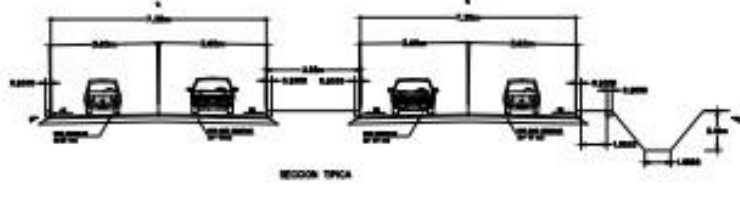
Fecha y Lugar:
ABRIL, 2024
Unitec, Campus SPS

Escala:
1:1000

Hoja:
4



Total Volume Table						Total Volume Table					
Station	FS Area	Cut Area	FS Volume	Cut Volume	Cumulative FS Vol	Station	FS Area	Cut Area	FS Volume	Cut Volume	Cumulative FS Vol
1+830.00	15.83	0.00	158.30	0.00	1583.0	1+835.00	5.00	0.00	50.74	0.00	1287.86
1+840.00	7.45	0.00	74.51	0.00	1128.12	1+845.00	7.00	0.00	105.49	0.00	1393.67
1+850.00	6.80	0.00	68.00	0.00	1176.66	1+855.00	6.43	0.00	124.12	0.00	1517.79
1+860.00	3.00	0.00	30.00	0.00	1235.01	1+865.00	6.27	0.00	176.03	0.00	1693.82
1+870.00	6.21	1.33	36.28	6.87	1335.40	1+875.00	6.87	0.00	186.43	0.00	1880.25
1+880.00	7.38	3.38	128.13	38.47	1436.82	1+885.00	10.81	0.00	194.67	0.00	2074.92
1+890.00	6.82	4.33	163.69	48.44	1604.18	1+895.00	8.89	0.00	192.61	0.00	2267.53
1+900.00	6.81	4.78	178.36	51.31	1777.45	1+905.00	4.23	4.29	180.47	38.68	2458.00
1+910.00	5.00	0.00	50.00	0.00	1927.45	1+915.00	6.19	4.78	124.31	158.78	2612.50
1+920.00	11.44	0.00	76.28	0.00	2003.73	1+925.00	6.06	7.38	148.69	145.42	2761.19
1+930.00	18.53	0.00	359.18	0.00	2362.91	1+935.00	11.33	4.78	197.16	145.74	2958.35
1+940.00	15.39	0.00	348.22	0.00	2711.13						
1+950.00	12.19	0.00	281.24	0.00	3292.37						
1+960.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3292.37						



Estudiantes:
Nicole Mejía Morales
21841182
Luis Antonio Hernández
21941003

Revisó:
Ing. Otto Flores
Jansser
Ing. Sergio Paredes

Descripción:
Estación 2+140 a
2+660

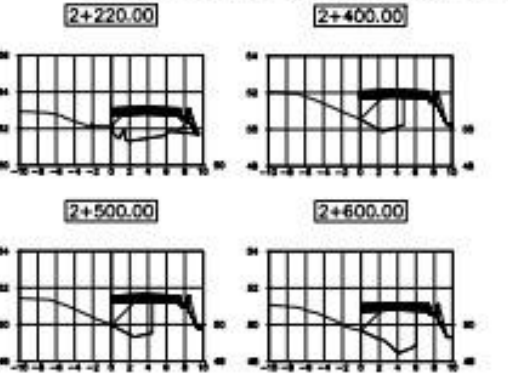
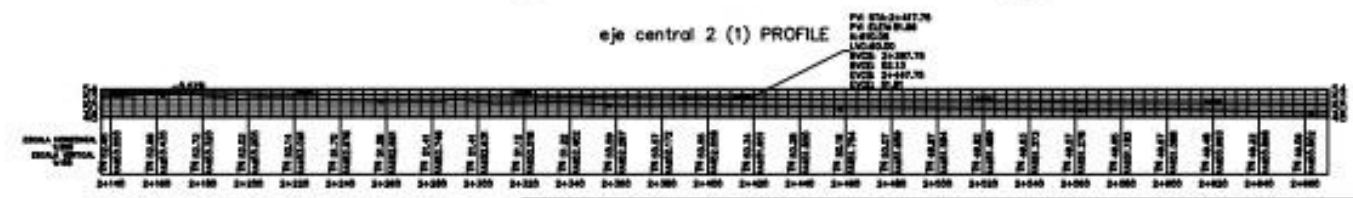
Proyecto:
Propuesta de diseño
geométrico y estructural
del bulevard en el tramo
desde Villanueva hacia la
entrada de San Manuel,
Cortés.

Observaciones:

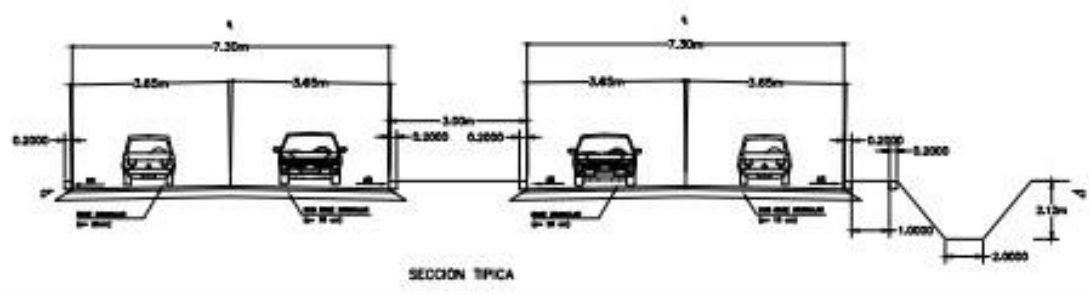
Fecha y Lugar:
ABRIL, 2024
Unitec, Campus SPS

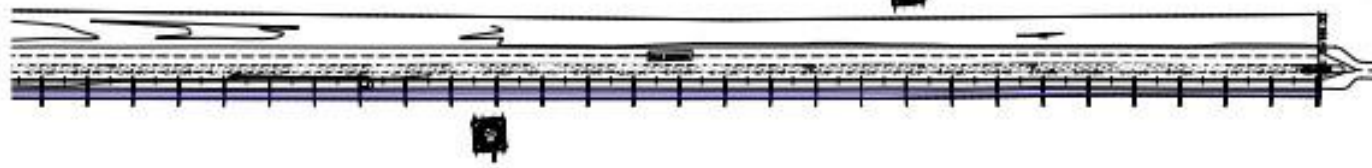
Escala:
1:1000

Hoja:
5

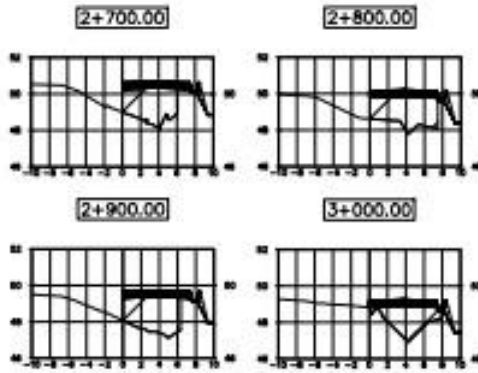
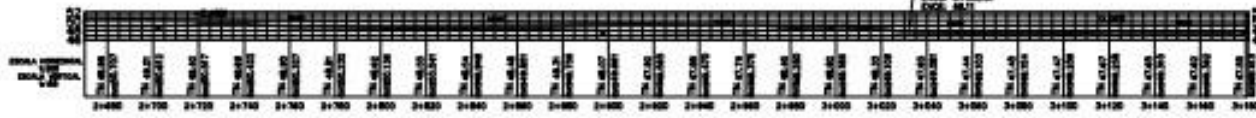


Total Volume Table						Total Volume Table					
Station	FS Area	Cut Area	FS Volume	Cut Volume	Cumulative FS Vol	Station	FS Area	Cut Area	FS Volume	Cut Volume	Cumulative FS Vol
2+140.00	12.23	0.39	234.28	19.89	1489.17	2+425.00	9.19	0.00	34.81	0.00	809.86
2+150.00	15.69	1.39	238.34	41.00	1627.51	2+430.00	9.27	0.00	63.89	0.00	1793.48
2+160.00	16.02	0.00	288.36	0.00	1915.85	2+435.00	6.83	0.00	78.03	0.00	1793.48
2+170.00	0.00	0.00	48.78	0.00	1934.63	2+440.00	0.00	0.00	156.16	0.00	1793.48
2+180.00	0.10	0.00	41.32	0.00	1945.16	2+445.00	0.00	0.00	38.03	0.00	1725.65
2+190.00	0.31	0.00	186.65	0.00	2131.81	2+450.00	0.00	0.00	61.31	0.00	1725.65
2+200.00	0.80	0.00	190.07	0.00	2321.82	2+455.00	10.87	0.00	200.48	0.00	1746.52
2+210.00	0.81	0.00	186.18	0.00	2508.00	2+460.00	12.38	0.00	234.28	0.00	1772.12
2+220.00	4.88	4.83	178.43	33.13	2686.43	2+465.00	0.00	0.00	281.72	0.00	1788.94
2+230.00	6.32	0.33	131.72	38.21	2818.15	2+470.00	0.00	0.00	85.40	0.00	1874.34
2+240.00	7.38	0.00	186.20	1.40	2984.35	2+475.00	0.00	0.00	87.87	0.00	1962.21
2+250.00	10.98	0.00	138.08	0.00	3122.43	2+480.00	10.38	0.00	104.32	0.00	2066.53
2+260.00	9.19	0.00	131.21	0.00	3253.64	2+485.00	10.08	0.00	115.47	0.00	2182.00
2+270.00	0.00	0.00	41.31	0.00	3294.95						

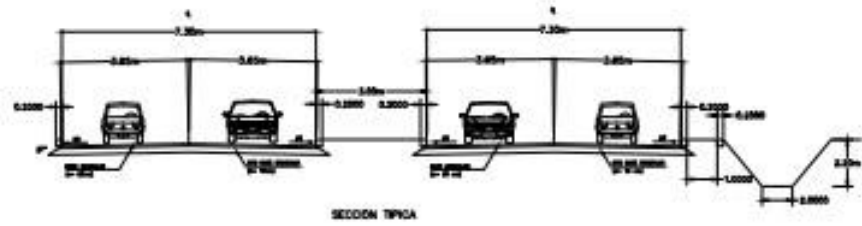




eje central 2 (1) PROFILE



Total Volume Table						Total Volume Table							
Station	FS Area	Cut Area	FS Volume	Cut Volume	Compañía FS Vol	Station	FS Area	Cut Area	FS Volume	Cut Volume	Compañía FS Vol		
2+680.00	10.31	0.00	208.89	0.00	18767.01	4024.92	2+950.00	6.35	0.00	255.74	0.00	23405.12	4024.92
2+700.00	6.99	0.00	200.81	0.00	18864.82	4024.92	2+960.00	7.48	0.00	168.83	0.00	23466.65	4024.92
2+720.00	6.44	0.00	183.44	0.00	18953.38	4024.92	2+970.00	6.33	0.00	160.15	0.00	23528.36	4024.92
2+740.00	6.08	0.00	144.34	0.00	19037.35	4024.92	2+980.00	6.21	0.00	170.34	0.00	23590.15	4024.92
2+760.00	11.38	0.00	171.12	0.00	19118.42	4024.92	2+990.00	6.03	0.00	167.35	0.00	23652.48	4024.92
2+780.00	10.97	0.00	222.76	0.00	19198.17	4024.92	2+995.00	10.33	0.00	199.25	0.00	23695.76	4024.92
2+800.00	10.39	0.00	213.63	0.00	19276.80	4024.92	2+1000.00	6.98	0.00	186.81	0.00	23740.22	4024.92
2+820.00	10.12	0.00	208.13	0.00	20358.84	4024.92	2+1020.00	6.84	0.00	157.85	0.00	23795.37	4024.92
2+840.00	6.38	0.00	180.27	0.00	20435.28	4024.92	2+1040.00	7.28	0.00	141.16	0.00	23851.31	4024.92
2+860.00	6.08	0.00	184.70	0.00	20508.72	4024.92	2+1060.00	7.21	0.00	148.84	0.00	23908.76	4024.92
2+880.00	6.01	0.00	189.88	0.00	20579.58	4024.92	2+1080.00	6.88	0.00	141.88	0.00	23968.73	4024.92
2+900.00	10.80	0.00	205.44	0.00	20648.02	4024.92	2+1100.00	6.08	0.00	246.11	0.00	24031.18	4024.92
2+920.00	11.50	0.00	224.35	0.00	21613.36	4024.92							
2+940.00	10.09	0.00	176.69	0.00	21545.08	4024.92							
2+960.00	10.30	0.00	244.33	0.00	21604.38	4024.92							



Estudiantes:
Nicole Mejía Morales
21841182
Luis Antonio Hernández
21941003

Revisó:
Ing. Otto Flores
Jansser
Ing. Sergio Paredes

Descripción:
Estación 2+680 a
3+180

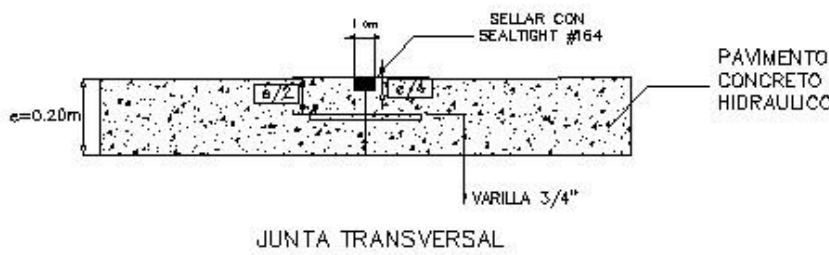
Proyecto:
Propuesta de diseño
geométrico y estructural
del bulevar en el tramo
desde Villanueva hacia la
entrada de San Manuel,
Cortés.

Observaciones:

Fecha y Lugar:
ABRIL, 2024
Unitec, Campus SPS

Escala:
1:1000

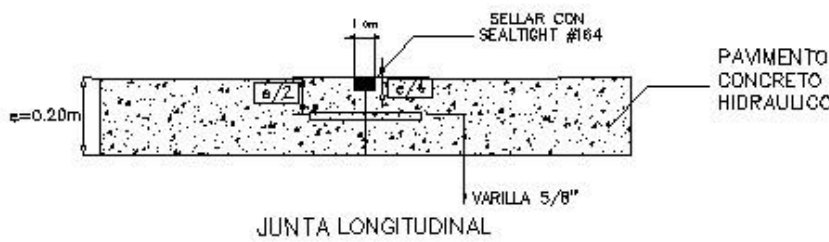
Hoja:
6



JUNTA TRANSVERSAL

ESPECIFICACIONES PARA COLOCACION DE JUNTAS

ESPACIAMIENTO ENTRE JUNTAS (CM)	PROFUNDIDAD DE CORTE DE JUNTAS (CM)	PROFUNDIDAD DEL MATERIAL DE SELLADO (CM)	ANCHO DEL CORTE PARA LA JUNTA (CM)
4.83	6.67	1.33	0.67



JUNTA LONGITUDINAL

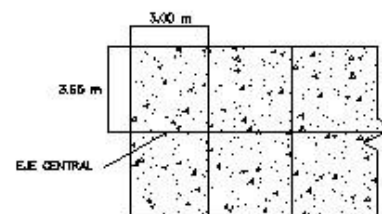
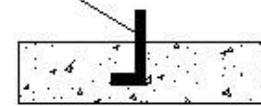
MANUAL CENTROAMERICANO DE CARRETERAS

- VELOCIDAD DE DISEÑO: 60 KM/H
- RESISTENCIA DE CONCRETO: 4000 PSI
- PERIODO DE DISEÑO: 20 AÑOS
- ESPESOR DE LOSA: 20 CM
- ESPESOR DE SUBBASE GRANULAR: 15 CM
- GRADO DEL ACERO: 60 KSI

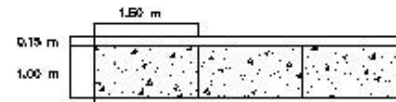


DIMENSIONAMIENTO DE BORDILLO

Pines de Adherencia
Varillas Corrugadas
G40, e3/8" Ø0.60m



DIMENSIONAMIENTO DE PASTILLAS



DIMENSIONAMIENTO DE ACERA



Estudiantes:
Nicole Mejía Morales
21841182
Luis Antonio Hernández
21941003

Revisó:
Ing. Sergio Paredes

Descripción:
Diseño de juntas,
bordillo y acera

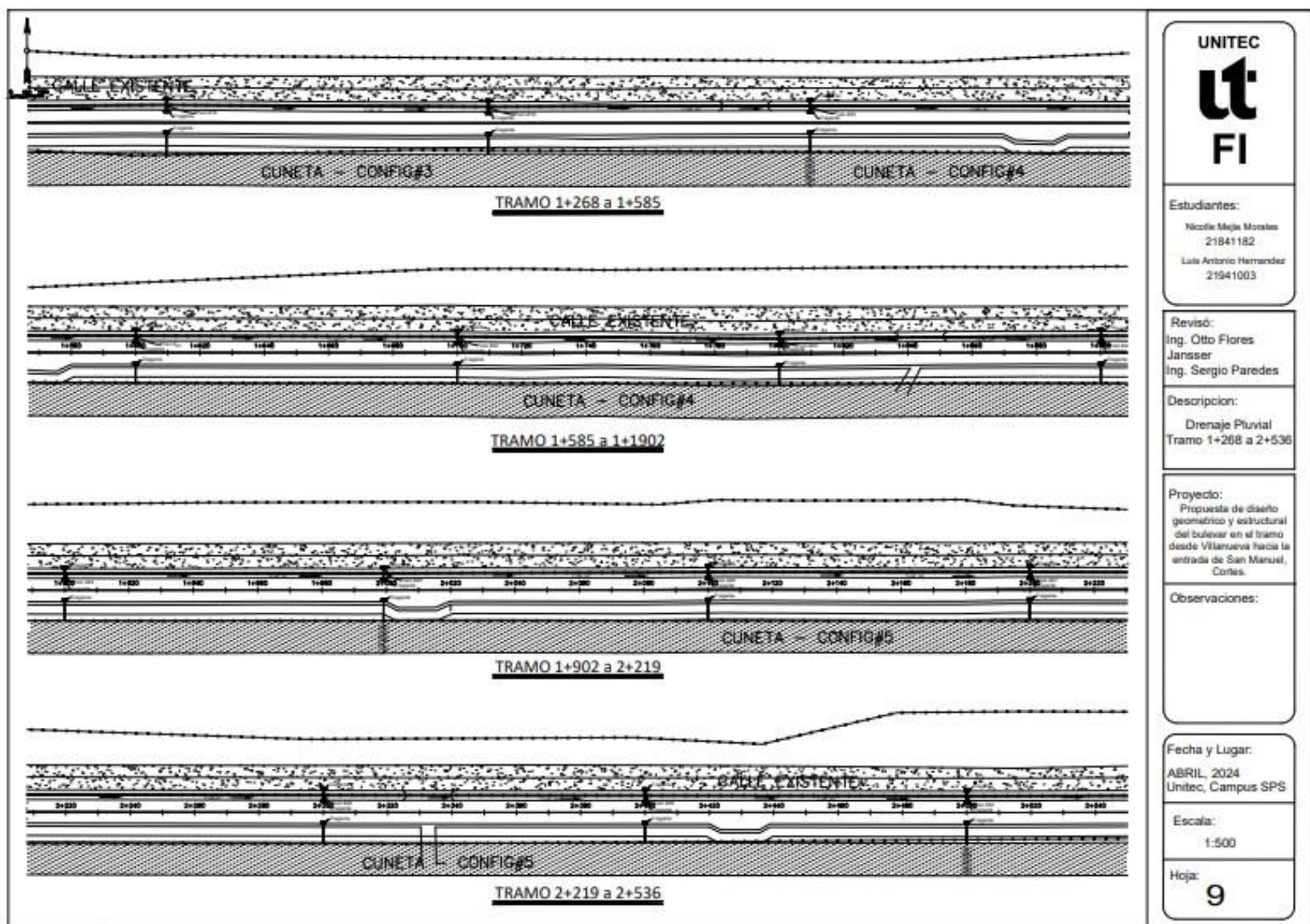
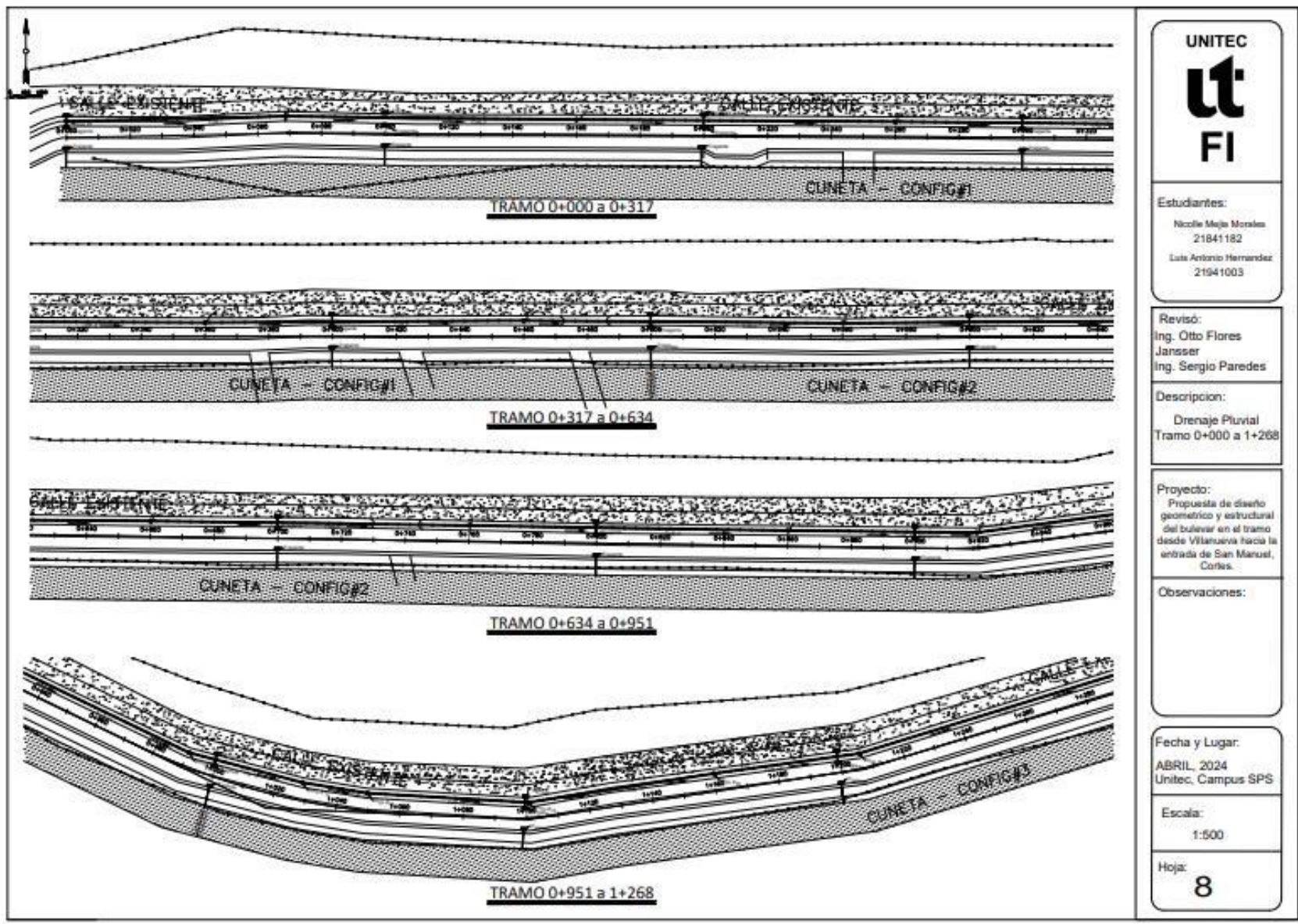
Proyecto:
Propuesta de diseño
geométrico y estructural
del bulevar en el tramo
desde Villanueva hacia la
entrada de San Manuel,
Cortés.

Observaciones:

Fecha y Lugar:
ABRIL, 2024
Unitec, Campus SPS

Escala:
1:1000

Hoja:
7



VI. CONCLUSIONES

- 1) Se obtuvo un total de 1,092 puntos por medio del levantamiento topográfico en el tramo desde Villanueva hacia San Manuel, Cortés. Las condiciones topográficas del terreno demuestran que se tiene un terreno plano con cercanía a la CA-5. Siendo la elevación máxima cercano a la estación 0+000 a una altura de 63.074 metros sobre el nivel del mar y la elevación mínima cercano a la estación 3+180 a una elevación de 58.424. El levantamiento topográfico se realizó por medio de un GPS TOPCON RTK y un bastón, equipo con el cual se tomó datos de 8 puntos a cada 20 metros a lo largo de los 3.18 km de longitud del tramo, se referenció cercos, terreno natural, orillas de calle, centro de calle, postes, canales y esquinas de casas.
- 2) Los vehículos que circulan en la zona se dividen en tres grandes categorías, motocicletas, vehículos livianos y vehículos pesados, en su mayoría motocicletas, con un promedio diario de 554 unidades, seguido de vehículos livianos con un promedio diario de 353 unidades y finalmente vehículos pesados, con un promedio diario de 115 unidades. El tipo de vehículo más pesado, tipo C2, el cual provoca una selección de valores mayores en el diseño estructural.
- 3) El tipo de suelo analizado en el sitio es una arena arcillosa, clasificada en el grupo A-2-6 del sistema de clasificación de la normativa AASTHO, dato analizado por medio de cuatro muestras extraídas por medio del método PCA con dimensiones de 1m x 1m y una profundidad de 0.80m realizados a lo largo del tramo entre Villanueva y San Manuel, Cortés. Este es un suelo de excelente a buena calidad y puede ser utilizado para la subbase o subrasante de un diseño de pavimento. El valor de CBR es 8.8% e indica que la subrasante se clasifica en media a buena.
- 4) Se diseñó dos carriles con un ancho de 3.65m por cada uno con un bombeo transversal del 2%. Se diseñó una losa de pavimento de concreto hidráulico para un periodo de 20 años de 0.20m de espesor y una subbase granular de material selecto de 0.15m. La sección nueva consta de un ancho de calzada de 7.30m, la cual tendrá bordillo a ambos

lados con una altura de 0.15m y un espesor de 0.15m, además de una mediana que separa los carriles en dirección opuesta con un ancho de 3m. Asimismo, habrá una distancia de 14 metros

133

entre giros en ambas direcciones, de esta forma se consigue que los vehículos cuenten con un espacio amplio y apropiado para realizar la maniobra de giro.

- 5) Se diseñó una acera para el tráfico peatonal con un ancho de 1m, ubicada a la orilla de la calzada. El tramo entre Villanueva y San Manuel, Cortés se diseñó de tal forma que ambos carriles, acera y mediana estén a la misma altura, mejorando así la visibilidad de los conductores y facilitando los giros en el tramo.
- 6) Se diseñó un drenaje pluvial para el tramo, el cual tendrá una red de canal abierto. Para el diseño del mismo se tomó un área tributaria total de 416 hectáreas y un perímetro de 10.9 kilómetros. Para la obtención del dato de intensidad de lluvia, se utilizó características de El Modelo, Santa Bárbara que presenta condiciones climáticas muy parecidas a las de Villanueva y San Manuel, Cortés, se diseñó para un periodo de retorno de 20 años para de esta forma prever condiciones agresivas que afectan a Honduras, territorio que se ha presentado vulnerable a catástrofes naturales en las últimas décadas. El caudal total para aguas lluvias en el tramo sumó un valor de 72.70 m³/s, para así diseñar el canal abierto, el cual tendrá 7 secciones diferentes con un ancho y profundidad variable y una pendiente del 0.05%. Además, se diseñó 3 tragantes a cada 100 metros, de los cuales uno desembocará en el canal abierto y los otros dos serán drenados por una tubería subterránea debajo de la mediana, siguiendo esta su curso hasta desembocar en el corredero natural. El acero en la cuneta constará de varillas #3 a cada 0.20m, con un recubrimiento de 0.05m, ubicado a lo largo de la solera y talud.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Se propone tomar más puntos topográficos en caso que se considere pertinente tener aún más precisión en cuanto a la elevación del terreno, siendo lugares importantes las calles que conducen a las colonias de la zona e inclusive propiedad privada.
- 2) Se recomienda realizar conteo vehicular en horarios distintos a los que fueron mostrados previamente, ya que la cantidad de vehículos puede ir variando a través del día. Se recomienda contabilizar estos datos en el mes de diciembre al tratarse de un mes con una carga vehicular mayor.
- 3) Se aconseja una recolección de al menos tres muestras adicionales extraídas por medio del método de pozo a cielo abierto, ya que entre mayor cantidad se estudie, se obtendrá datos más precisos, previamente se extrajo muestra de cuatro sitios diferentes y al comprobarse que se trata de suelo con características muy similares, no se procedió con más recolección de muestra. Sin embargo, un estudio más amplio aportará mayor certeza en cuanto a los resultados.
- 4) Se recomienda cumplir en su totalidad con la señalización vial apropiada en cuanto a sus dimensiones como lo indica el Manual de Carreteras SOPTRAVI, en su tercer tomo, para garantizar la correcta circulación de los vehículos y peatones.
- 5) Tomando en cuenta las dimensiones del canal abierto que recolectará las aguas lluvias de toda la zona, se recomienda proteger el canal por medio de un barandal de material rígido y una altura de no menos de 90 centímetros, además disponer de un pasamanos y

protección para impedir el paso o el deslizamiento debajo de las mismas, con la finalidad de evitar accidentes. Además, se recomienda una limpieza continua para asegurar el correcto funcionamiento del canal en las temporadas que lo ameriten.

- 6) Se recomienda a la municipalidad de Villanueva la implementación de vados en las intersecciones del nuevo tramo con la entrada hacia las colonias, debido al espejo de agua y profundidad en el canal trapezoidal.

BIBLIOGRAFÍA

08_3151_C-libre.pdf. (s. f.). Recuperado 26 de febrero de 2024, de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56807658/08_3151_Clibre.pdf?1529175339=&response-contentdisposition=inline%3B+filename%3DDISENO_DEL_PAVIMENTO_RIGIDO_DEL_CAMINO_Q.pdf&Expires=1708994747&Signature=YfBCzVfOttMYGOO6lvGiGg592niYmLn7w1VvcGqQjGu5jxP9RBMLYvDjCcJmSEnzjopPIAulrU~66ctGThXLRrTUbtZLrTKTiB4KmPW4brUI-l~h9uT~pafrWo3bhV5YPfzDb9qNokumEJOEc9c-WTUo58PM3HZySrmjJO7rt5hf0bw~Ghkopd1abyVr9I0eDg5XgAkgwe700PZXuo7smNfOhjVC OdY1qzapyPHQlzJMFgs3uge07PLQXuC-G8E7pTKwi5758ku5mndvGEbCq1nguIKQNBpf2TJDbvigeCmWXfGGyUPasJ8JZGmxT~ZnolaJH8LNGOefYweQIIQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Aashto1993.pdf. (s. f.). Recuperado 12 de marzo de 2024, de

<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf> admin. (2022, diciembre 28). Martillo de goma: Qué es y cómo se utiliza. *Würth Argentina*.

<https://www.wurth.com.ar/blog/martillos/martillo-de-goma-que-es-y-como-se-utiliza/>

Apen Informática. (2020a). *Qué es Microsoft PowerPoint*. Apen Informática.

<https://apen.es/glosario-de-informatica/microsoft-powerpoint/>

Apen Informática. (2020b). *Que es Microsoft Word*. Apen Informática. <https://apen.es/glosario-deinformatica/microsoft-word/>

Aragon. (2019). *Exposición de equipos antiguos: Copa de Casagrande*. Portal de Aragon.

<https://www.aragon.es/-/laboratorio-agroambiental-equipos-antiguos-copa-casagrande>

Balcázar Yllesca, J., & Luque Ramírez, M. C. (2021). Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad de Av. Miguel Grau, tramo Jr. Isidro Alcibar, San Martín de Porres, 2020.

Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59603>

Barragan, E. (s. f.). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das*. Recuperado 12 de marzo de 2024, de

https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das

BDcom. (s. f.). *Glosario de Términos | Balanzas Digitales, Básculas Digitales de Precisión. Tienda*.

Bdcom. Recuperado 27 de febrero de 2024, de

<https://www.balanzasdigitales.com/content/12-glosario-de-terminos>

Capítulo 2. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2024, de

http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/5_2ic2016/apartados/2.htm

Cervantes, A. (2020, marzo 5). *¿Qué es Microsoft Project y para qué sirve?* Alpha Consultoría®.

<https://www.alpha-consultoria.com/que-es-microsoft-project-y-para-que-sirve/>

Cientec. (2021, noviembre 17). Principales 9 Instrumentos Utilizados en Topografía. *Cientec*.

<https://cientecinstrumentos.cl/principales-instrumentos-utilizados-en-topografia/>

CIYA. (s. f.). Recuperado 1 de mayo de 2024, de

https://ciya.utc.edu.ec/ciya/index.php/welcome/detalleSoftware/17_cronologia/-/meta/danilo-david-perez.

(s. f.). *Villanueva, tercer polo de desarrollo del país*.

- www.laprensa.hn. Recuperado 1 de mayo de 2024, de
<https://www.laprensa.hn/honduras/villanueva-tercer-polo-de-desarrollo-del-pais-MXLP1303438>
- cronologia/-/meta/jorge-monzon. (s. f.). *Así será el puente a desnivel en Villanueva, Cortés*.
- www.laprensa.hn. Recuperado 1 de mayo de 2024, de
<https://www.laprensa.hn/honduras/honduras-villanueva-cortes-carretera-ca-5-puentedesnivel-FN16396298>
- Diclim. (2012, octubre 10). ¿Qué es un Tamiz? *Diagnóstico Clínico y Molecular - DICLIM*.
<https://diclim.com.mx/que-es-un-tamiz/>
- Enago Academy, E. (2021, octubre 21). ¿Cómo elegir la mejor metodología de investigación para su estudio? *Enago Academy Spanish*. <https://www.enago.com/academy/latam/choose-bestresearch-methodology/>
- G, E. P. (2023, junio 1). Levantamiento Topografico Con GPS. *Pigra Engineering*.
<https://pigra.es/consultores/estudio-geotecnico/topografico/gps/>
- Gordillo, Armando, A. O. (2016). *Mejoramiento de la Carretera San Pedro Sula—Puerto Cortés bajo el esquema de alianza público-privada*.
<https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/8360/11313184-11413094julio2016-m10-t.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guanajuato, U. de. (2021, diciembre 13). Clase digital 4. Definición del alcance de la investigación que se realizará: Exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. *Recursos Educativos Abiertos*. <https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-4-definicion-del-alcance-de-lainvestigacion-que-se-realizara-exploratorio-descriptivo-correlacional-o-explicativo/>
- Guia para conductores de transporte de cargas.pdf*. (s. f.). Recuperado 12 de marzo de 2024, de
https://condorgroup.com.ar/post_blog/guia_transporte/Guia_para_conductores_de_transporte_de_cargas.pdf

GUINAMA. (2022, julio 7). *¿Para qué sirve la espátula de laboratorio?* GUINAMA.

<https://www.guinama.com/blog/espátula-laboratorio/> hernangu. (s. f.). *Diseño Geométrico de Vías | TOPOGRAFÍA HG*. Recuperado 13 de febrero de 2024, de <https://topografiahg.com/diseño-geometrico-de-vias/>

Indusco. (2023, mayo 12). *Agitadores: Qué son, características técnicas y tipos*.

<https://indusco.cl/que-es-un-agitador-y-cuantos-tipos-existen/>

INE. (2020). *Villanueva (Municipality, Honduras)—Population Statistics, Charts, Map and Location*.

https://www.citypopulation.de/en/honduras/admin/cort%C3%A9s/0511__villanueva/

Intek. (2022, mayo 26). *Horno de laboratorio: Funciones y tipos | Intek Group*.

<https://intekgroup.com.co/horno-de-laboratorio-funcion/>

INTEP. (2021). *Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo, Valle—INTEP*.

<https://www.intep.edu.co/Es/>

Isabel Lorente. (2019). *Agua destilada 5L*. <https://www.hiperlimpieza.es/alcohol-y-aguadestilada/6408-agua-destilada-5l.html>

Iturbide Coronado, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.

[file:///C:/Users/NM/Downloads/Manual_de_Pavimentos%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/NM/Downloads/Manual_de_Pavimentos%20(1).pdf)

La Prensa. (2024). *Crece parque vehicular, pero no hay mejora en el transporte*.

<https://www.laprensa.hn/sanpedro/honduras-crece-parque-vehicular-transporte-publico-IF17211548>

LEY DE VIAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRE. (s. f.). Recuperado 27 de febrero de 2024, de

<https://www.tsc.gob.hn/biblioteca/index.php/leyes/84-ley-de-comunicacion-terrestre>

Ley General del Ambiente. (s. f.). Recuperado 27 de febrero de 2024, de

<https://www.tsc.gob.hn/biblioteca/index.php/leyes/18-ley-general-del-ambiente>

Manizales. (2022). *Cilindros de concreto: Importancia y uso en la construcción*.

<https://alquiequposmanizales.com/que-son-los-cilindros-de-concreto-y-para-que-seutilizan-en-la-construccion/>

Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011.pdf. (s. f.-a).

Recuperado 18 de abril de 2024, de

<https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri>

can

[o%20de%20normas%20para%20el%20dise%C3%B1o%20geométrico%20de%20carretera](https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri)

[s%2](https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri)

[02011.pdf](https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri)

Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011.pdf. (s. f.-b).

Recuperado 18 de abril de 2024, de

<https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri>

can

[o%20de%20normas%20para%20el%20dise%C3%B1o%20geométrico%20de%20carretera](https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri)

[s%2](https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri)

[02011.pdf](https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/Manual%20Centroameri)

Marketing. (2021, noviembre 8). *¿Qué es una calicata? Tipos y usos.* Ingenieros Asesores.

[https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-es-una-calicata-tipos-y-usos-](https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-es-una-calicata-tipos-y-usos-enconstruccion/)

[enconstruccion/](https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-es-una-calicata-tipos-y-usos-enconstruccion/)

McGraw. (2018). *Diseño de estudios transversales.* McGraw Hill Medical.

<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1721§ionid=115929954>

Mendoza. (2021). *Parque vehicular.* <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

Merlin. (2022a, diciembre 22). *¿Qué es el agua destilada? | Leroy Merlin.* Leroy Merlin - Bricolaje,

Decoración, Hogar, Jardín. [https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-elagua-](https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-elagua-destilada.html)

[destilada.html](https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/que-es-elagua-destilada.html)

- Merlin, L. (2022b, octubre 27). *Cepillo metálico abrasivo | Leroy Merlin*. Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín. <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/bricopedia/cepillometalico-abrasivo.html>
- Odinsa. (s. f.). *Terracerías: Qué son y por qué son importantes*. 411253140-ODINSA CONSTRUCTORA. Recuperado 27 de febrero de 2024, de <https://www.odinsaconstructora.com/blog/articles/Terracerias-que-son-y-por-que-sonimportantes>
- Ortiz, M. (2021, marzo 10). Qué es Excel y para qué sirve • Excel Total. *Excel Total*. <https://exceltotal.com/que-es-excel/>
- (PDF) 50534903 *Manual de Referencias Hidrológicas Del FHIS(1)*. (s. f.). pdfslide.tips. Recuperado 17 de marzo de 2024, de <https://pdfslide.tips/documents/50534903-manual-de-referenciashidrológicas-del-fhis1.html>
- Quispe, I. (2024). *¿Qué es el diseño estructural?* – Arcux. <https://arcux.net/blog/que-es-el-disenoestructural/>
- RAE, R.-. (2023). *Pala | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/pala>
- SANCHEZ, J. G. C. (2017, octubre 20). Construcción de obras corte y relleno. *Monografias.com*. <https://www.monografias.com/docs115/construccion-obras-corte-y-relleno/construccionobras-corte-y-relleno>
- SEO, A. (2023, septiembre 28). ¿Qué es Civil 3D? | Todo lo que debes saber - RF AECO. *RF AECO Competence Center*. <https://www.rfaeco.com/civil-3d/>
- ServeReal. (2022). *Fabricantes de barrena de muestreo de suelo y proveedores—Precio de fábrica—Servicio REAL*. <http://www.equipo-de-ensayo.com/soil-testing-equipment/soil-samplingequipment/soil-sampling-auger.html>

Tabla de Categorización Ambiental (2021). (s. f.). Recuperado 10 de abril de 2024, de <https://www.tsc.gob.hn/biblioteca/index.php/varios/1021-tabla-de-categorizacionambiental-2>
tomo4_Disenio_de_pav_y_mantenimiento_de_caminos.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de mayo de 2024, de https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/manual_de_carreteras/tomo4_Disenio_de_pav_y_mantenimiento_de_caminos.pdf

Torices. (2023, octubre 10). *¿Qué es la cinta métrica y para qué sirve?*

<https://acerostorices.com/blog/que-es-la-cinta-metrica-y-para-que-sirve/>

Ulima. (2021). *Balanza Digital*. Sistema de Gestión de la Información sobre la Investigación (CRIS Ulima). <https://cris.ulima.edu.pe/es/equipments/balanza-digital>

Vilches, C. (s. f.). *Biblioguias: Zotero y recursos CEPAL: Zotero*. Recuperado 27 de febrero de 2024, de <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=159506&p=1044394>

Villner. (2022, abril 28). *Trípode topográfico: ¿Qué es?* Villner - Equipos e Instrumentos Topográficos en Chile. <https://www.villner.cl/tripode-topografico-que-es/>

Viloria Oquendo, L. M. (2020). *Diseño de la estructura de pavimento rígido para la vía ubicada en la carrera 8 entre las calles 4 y 10 del municipio de Malambo, Atlántico*. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38498>

Arquitas. (2021). *Arquitas*. Obtenido de <https://arquitas.com/levantamiento-topografico/>
BuildSoft. (23 de Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.buildsoft.eu/es/blog/conceptosbasicos-de-diseno-y-analisis-estructural>

Dirección de Presupuestos. (2005). *Gobierno de Chile*. Obtenido de https://www.dipres.gob.cl/598/articles-22314_doc_pdf.pdf

Family Search . (27 de julio de 2023). Obtenido de https://www.familysearch.org/es/wiki/Villanueva,_Cort%C3%A9s,_Honduras_-

_Genealog%C3%ADa

Ferrovial. (2020). *Ferrovial*. Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/partes-deuna-carretera/>

Giga, M. (2019). *Motor Giga*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/parque-automovil-definicionsignificado/gmx-niv15-con195064.htm>

Hernangu. (19 de Enero de 2022). *Topografía HG*. Obtenido de <https://topografiiahg.com/disenogeometrico-de-vias/>

INE. (2020). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://www.ine.es/DEFIne/es/concepto.htm?c=5094&tf=&op=>

Isa y sus Empresas, Fundacion Barco . (2020). *Conexiones para el Desarrollo*. Obtenido de https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/202207/UNDP_Co_Gob_Agenda_desarrollo_VILLANUEVA_web.pdf

Salvador. (2015). *Derecho Mexico* . Obtenido de <https://mexico.leyderecho.org/colindancias/>

US Department of Transportation. (2007). *US Department of Transportation*. Obtenido de <https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/roundabouts/fhwasa08006sp.pdf>

Vial, I. (2019). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Infraestructura_vial

ANEXOS

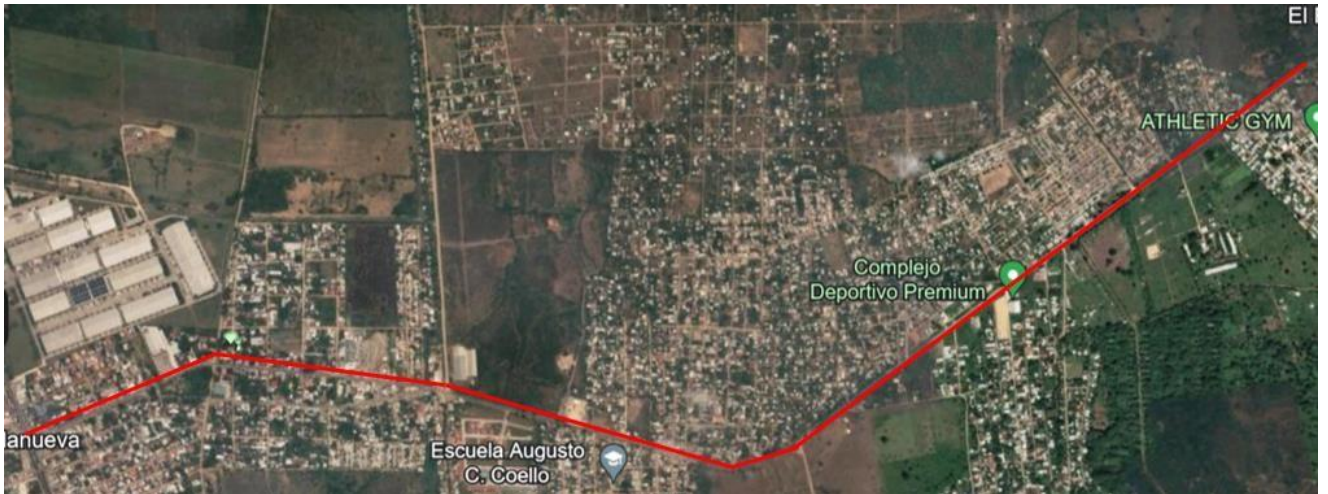


Ilustración 91: Tramo que conecta a Villanueva con San Manuel, Cortés.

Fuente: (Google Earth, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri..	
+	1	395309.0080m	1693489.5330m	58.679m	bn1
+	2	395338.0110m	1693483.8190m	59.828m	bn2
+	3	395288.2080m	1693497.2580m	58.445m	Cerco
+	4	395290.1810m	1693502.0110m	58.261m	Tn
+	5	395289.5600m	1693505.2050m	57.659m	Canal
+	6	395290.7530m	1693507.3150m	58.792m	Canal
+	7	395292.2690m	1693511.4240m	59.631m	Extremo 1
+	8	395294.3300m	1693514.7090m	59.747m	Calle
+	9	395296.2600m	1693518.0710m	59.686m	Ext 2
+	10	395301.5290m	1693522.7370m	58.487m	Tn
+	11	395305.4340m	1693529.7070m	58.666m	Tn
+	12	395253.1730m	1693536.2950m	59.442m	Ext 2
+	13	395253.3730m	1693542.0080m	59.155m	Tn
+	14	395248.8890m	1693547.4560m	56.912m	Canal
+	16	395253.4180m	1693553.4660m	57.388m	Cerco
+	17	395249.5140m	1693544.2430m	56.219m	Canal
+	18	395246.9400m	1693545.3930m	56.784m	Canal
+	19	395250.2530m	1693534.0050m	59.514m	Calle
+	20	395249.3830m	1693530.0060m	59.391m	Ext 1

Ilustración 92: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1–20)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri...
21	395246.3390m	1693525.2940m	58.872m	Canal
22	395240.0080m	1693529.1080m	56.496m	Canal
23	395242.5610m	1693527.9410m	56.591m	Canal
24	395237.7210m	1693517.8900m	57.785m	Cerco
25	395247.3200m	1693513.4690m	56.408m	Canal
26	395250.2670m	1693515.2790m	56.575m	Canal
27	395195.6240m	1693553.5600m	59.518m	Ext 1
28	395191.9600m	1693547.8600m	58.223m	Canal
29	395190.6340m	1693545.4970m	58.212m	Canal
30	395190.5370m	1693542.5530m	58.945m	Canal
31	395189.2330m	1693538.7630m	58.488m	Cerco
32	395197.1850m	1693556.7080m	59.646m	Calle
33	395198.1000m	1693560.5470m	59.612m	Ext 2
34	395201.4040m	1693568.8080m	57.828m	Canal
35	395201.9870m	1693569.8470m	56.877m	Canal
36	395200.8980m	1693572.0180m	58.145m	Canal
37	395202.2460m	1693575.8270m	58.056m	Cerco
38	395193.9540m	1693554.1470m	59.558m	Colonia
39	395179.0760m	1693549.9030m	59.331m	Colonia

Ilustración 93: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 21-39)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri...
40	395176.1010m	1693545.9400m	58.936m	Colonia
41	395167.2970m	1693550.1260m	59.089m	Colonia
42	395164.8990m	1693554.5930m	58.373m	Canal
43	395165.9660m	1693557.3250m	58.466m	Canal
44	395161.6240m	1693568.0820m	60.062m	Colonia
45	395120.1230m	1693586.2490m	60.517m	Ext 1
46	395115.8800m	1693578.6970m	59.873m	Tn
47	395114.4700m	1693576.9400m	60.913m	Tn
48	395112.3700m	1693572.1280m	59.782m	Cerco
49	395122.3580m	1693589.0070m	60.603m	Calle
50	395124.0000m	1693592.2560m	60.469m	Ext 2
51	395126.1020m	1693598.2530m	58.139m	Canal
52	395126.3190m	1693606.5690m	59.846m	Cerco
53	395088.0540m	1693607.5130m	61.000m	Ext 2
54	395090.1530m	1693613.1560m	58.449m	Canal
55	395095.2430m	1693621.3660m	60.449m	Cerco
56	395088.1650m	1693604.0410m	61.061m	Calle
57	395087.0440m	1693600.5070m	60.915m	Ext 1
58	395085.0180m	1693592.8360m	60.335m	Tn

Ilustración 94: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 40-58)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri..
59	395084.0320m	1693590.1600m	61.157m	Tn
60	395081.3520m	1693585.6530m	60.298m	Cerco
61	395049.9990m	1693616.2510m	61.414m	Ext 1
62	395044.6230m	1693608.5740m	61.427m	Tn
63	395042.3060m	1693602.5900m	61.271m	Cerco
64	395051.2340m	1693619.5640m	61.392m	Calle
65	395054.1370m	1693621.6040m	61.282m	Ext 2
66	395052.0040m	1693624.8100m	61.512m	Tn
67	395053.5300m	1693628.8970m	59.072m	Canal
68	395062.7680m	1693632.1820m	61.248m	Tn
69	395063.6980m	1693636.2400m	60.870m	Cerco
70	395014.4990m	1693640.5060m	61.679m	Ext 2
71	395019.8100m	1693645.3880m	59.752m	Canal
72	395015.0890m	1693635.9650m	61.753m	Calle
73	395012.4730m	1693633.2610m	61.631m	Ext 1
74	395004.2140m	1693608.8820m	61.794m	Cerco
75	394991.7340m	1693618.4990m	62.368m	Colonia
76	394987.2630m	1693619.2980m	62.229m	Colonia
77	394987.6960m	1693636.7600m	61.952m	Colonia

Ilustración 95: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 59-77)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri..
78	395006.6990m	1693628.5150m	61.919m	Tn
79	395009.2840m	1693643.2020m	61.726m	Colonia
80	395004.4330m	1693646.8340m	61.804m	Colonia
81	395000.4180m	1693651.5550m	62.119m	Colonia
82	394999.6810m	1693656.2880m	62.216m	Puente
83	395000.4060m	1693656.1570m	62.176m	Puente
84	395001.5570m	1693660.2330m	62.234m	Puente
85	395008.6950m	1693663.0920m	62.189m	Cerco
86	395000.8920m	1693656.5380m	60.028m	Canal
87	395001.6260m	1693659.1850m	59.901m	Canal
89	395005.6860m	1693654.9110m	59.902m	Canal
90	394989.4870m	1693659.2150m	62.249m	Puente
91	394990.5630m	1693663.2070m	62.270m	Puente
92	394995.5430m	1693660.6660m	62.249m	Colonia
93	394989.6710m	1693675.6030m	61.561m	Canal
94	394987.2790m	1693674.6860m	60.059m	Canal
95	394984.3770m	1693673.3880m	60.293m	Canal
96	394986.3960m	1693669.3550m	59.748m	Canal
97	394989.1210m	1693669.3230m	60.180m	Canal

Ilustración 96: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 78-97)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri
⊕ 98	394986.1730m	1693663.2290m	59.999m	Canal
⊕ 99	394989.0210m	1693660.3530m	60.170m	Canal
⊕ 100	394989.6900m	1693662.8170m	60.335m	Canal
⊕ 101	394988.8980m	1693663.7280m	60.215m	Canal
⊕ 102	394986.8490m	1693653.1760m	62.002m	Colonia
⊕ 103	394983.4620m	1693659.3730m	62.196m	Colonia
⊕ 104	394982.2640m	1693670.6450m	62.329m	Colonia
⊕ 105	394978.1070m	1693670.6750m	62.315m	Colonia
⊕ 107	394974.4500m	1693658.3170m	62.229m	Ferreteria
⊕ 108	394966.2970m	1693661.7390m	62.349m	Ext 2
⊕ 109	394953.3460m	1693667.1570m	62.660m	Ext 2
⊕ 110	394950.6920m	1693674.9700m	62.707m	Cerco
⊕ 111	394955.5500m	1693673.6700m	62.830m	Cerco
⊕ 112	394939.0330m	1693672.6970m	62.962m	Ext 2
⊕ 113	394936.2980m	1693678.4340m	63.093m	Cerco
⊕ 114	394929.0090m	1693676.2120m	63.057m	Ext 2
⊕ 115	394917.6470m	1693680.4840m	63.246m	Ext 2
⊕ 116	394914.7340m	1693685.8800m	62.885m	Cerco
⊕ 117	394905.9530m	1693675.2090m	62.905m	Triangulo

Ilustración 97: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 98-117)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri..
118	394912.7750m	1693673.0090m	62.900m	Triangulo
119	394914.2760m	1693668.9060m	62.808m	Triangulo
120	394911.9070m	1693665.9980m	62.729m	Triangulo
121	394904.5660m	1693665.6850m	62.734m	Triangulo
122	394906.1560m	1693680.0130m	63.197m	Calle
123	394901.9500m	1693661.6440m	63.074m	Calle
124	394901.4020m	1693656.6580m	62.655m	Colonia
125	394903.4180m	1693652.8730m	62.477m	Colonia
126	394909.0550m	1693652.9680m	62.560m	Colonia
127	394909.0610m	1693652.9590m	62.560m	Colonia
128	394909.8740m	1693655.5140m	62.529m	Colonia
129	394912.8560m	1693657.3270m	62.539m	Colonia
130	394920.4850m	1693659.2470m	62.518m	Ext 1
131	394930.3160m	1693659.5490m	62.445m	Ext 1
132	394941.5620m	1693660.0720m	62.401m	Ext 1
133	394946.4290m	1693659.5420m	62.274m	Ext 1
134	394953.9830m	1693661.7030m	62.400m	Fin 2 carrile
135	394950.9150m	1693643.4760m	62.599m	Cerco
137	394963.6080m	1693635.8580m	62.099m	Colonia

Ilustración 98: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 118-137)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri..
138	394964.3330m	1693629.1000m	61.990m	Colonia
139	394970.1550m	1693629.9690m	62.297m	Colonia
140	394971.9520m	1693642.5550m	62.271m	Colonia
141	394980.2170m	1693645.0910m	62.037m	Ext 1
142	394980.2190m	1693645.0990m	62.032m	Ext 1
143	394988.3940m	1693629.2380m	61.994m	Poste
144	395284.3800m	1693485.7970m	57.283m	Colonia
145	395290.5810m	1693486.3740m	57.497m	Colonia
146	395292.5230m	1693494.2630m	57.656m	Colonia
147	395295.0950m	1693502.8870m	58.090m	Canal
148	395296.3770m	1693506.2040m	58.389m	Canal
149	395304.1060m	1693491.1650m	58.178m	Cerco
150	395305.8960m	1693494.1610m	58.031m	Tn
151	395307.8090m	1693498.6290m	57.875m	Canal
152	395308.8200m	1693501.2120m	58.281m	Canal
153	395309.7200m	1693504.7670m	59.227m	Ext 1
154	395311.9850m	1693508.0660m	59.402m	Calle
155	395314.2220m	1693511.6000m	59.312m	Ext 2
156	395314.7760m	1693514.2430m	58.753m	Canal

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

99		(punto 138-156)			
Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri...	
157	395315.8160m	1693516.7510m	58.862m	Canal	
158	395319.6770m	1693524.6310m	59.625m	Cerco	
159	395342.3990m	1693515.0280m	60.730m	Cerco	
160	395342.5150m	1693511.6640m	59.729m	Tn	
161	395336.3730m	1693501.5860m	59.619m	Ext 2	
162	395334.6440m	1693497.5840m	59.692m	Calle	
163	395333.1350m	1693494.3070m	59.558m	Ext 1	
164	395332.2390m	1693491.3710m	58.888m	Canal	
165	395331.6900m	1693488.5890m	58.623m	Canal	
166	395330.0270m	1693480.9000m	59.311m	Cerco	
167	395330.5890m	1693475.7600m	59.218m	Colonia	
168	395329.8550m	1693468.5880m	59.072m	Colonia	
169	395336.7420m	1693467.5900m	59.133m	Colonia	
170	395338.2470m	1693475.6750m	59.293m	Cerco	
171	395359.6760m	1693467.2000m	59.967m	Cerco	
172	395362.2540m	1693470.2660m	59.836m	Tn	
173	395363.2850m	1693473.1950m	59.549m	Canal	
174	395364.2040m	1693475.7080m	58.833m	Canal	
175	395365.2070m	1693478.9130m	59.565m	Canal	

Ilustración 100: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 157-175)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri.
176	395365.6940m	1693480.5060m	59.960m	Ext 1
177	395367.9950m	1693483.1170m	60.080m	Calle
178	395370.4960m	1693486.9910m	60.013m	Ext 2
179	395371.6030m	1693489.2470m	59.800m	Tn
180	395375.2720m	1693501.2400m	60.682m	Cerco
181	395395.0540m	1693492.6810m	60.899m	Cerco
182	395393.6120m	1693489.0410m	60.695m	Tn
183	395390.7820m	1693481.4470m	59.964m	Tn
184	395389.3580m	1693478.6820m	60.144m	Ext 2
185	395385.2100m	1693476.2380m	60.182m	Calle
186	395380.2570m	1693474.0230m	60.047m	Ext 1
187	395380.6660m	1693470.3410m	59.856m	Canal
188	395380.3860m	1693468.9710m	59.242m	Canal
189	395380.0900m	1693467.3870m	60.122m	Canal
190	395379.9870m	1693474.0530m	60.091m	Colonia
191	395381.4340m	1693470.0700m	60.044m	Colonia
192	395381.0130m	1693465.8780m	60.250m	Colonia
193	395380.0700m	1693459.4680m	60.484m	Colonia
194	395379.2680m	1693452.4180m	60.504m	Colonia

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

101			(punto 176-194)		
Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri..	
195	395378.1980m	1693443.2680m	60.432m	Colonia	
196	395383.9840m	1693442.2460m	60.462m	Colonia	
197	395385.1670m	1693451.5760m	60.607m	Colonia	
198	395385.7720m	1693455.2210m	60.523m	Colonia	
199	395387.4380m	1693454.5490m	60.800m	Cerco	
200	395378.5530m	1693459.9730m	60.542m	Cerco	
201	395402.7260m	1693447.6800m	61.673m	Cerco	
202	395402.5580m	1693450.5780m	61.737m	Poste	
203	395403.6470m	1693452.6720m	61.712m	Tn	
204	395405.8670m	1693454.8860m	61.678m	Tn	
205	395408.6730m	1693456.1430m	59.957m	Tn	
206	395409.2040m	1693457.4880m	59.778m	Tn	
207	395410.1700m	1693459.9750m	60.139m	Tn	
208	395410.4300m	1693461.1050m	60.198m	Ext 1	
209	395412.4230m	1693464.3130m	60.383m	Calle	
210	395415.7560m	1693467.1730m	60.357m	Ext 2	
212	395416.9590m	1693471.4240m	60.230m	Tn	
213	395418.3050m	1693473.1500m	61.648m	Tn	
214	395419.0130m	1693475.5620m	62.985m	Tn	

Ilustración 102: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 195-214)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri..
215	395421.9510m	1693481.6510m	63.215m	Cerco
216	395431.9820m	1693477.4670m	62.308m	Colonia
217	395435.7280m	1693476.6510m	62.285m	Colonia
218	395438.1910m	1693474.5850m	62.855m	Cerco
219	395434.5500m	1693471.0040m	61.529m	Colonia
220	395433.2230m	1693464.7820m	60.883m	Colonia
221	395432.8770m	1693461.7720m	60.456m	Colonia
222	395425.8890m	1693464.6460m	60.419m	Colonia
223	395427.7800m	1693465.8050m	60.627m	Colonia
224	395425.2210m	1693462.0740m	60.357m	Ext 2
225	395427.3050m	1693449.4760m	60.259m	Tn
226	395425.3990m	1693445.5070m	61.744m	Tn
228	395427.2780m	1693440.0920m	61.557m	Poste
229	395427.9190m	1693437.6760m	61.472m	Colonia
230	395426.6640m	1693425.6190m	61.597m	Colonia
231	395432.2570m	1693424.6800m	61.494m	Colonia
232	395433.7040m	1693433.6830m	61.644m	Colonia
233	395435.2560m	1693433.1500m	61.873m	Cerco
234	395436.1850m	1693435.3360m	61.968m	Tn

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

103

(punto 215-234)

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri.
⊕ 235	395436.5400m	1693437.9120m	62.235m	Pozo
⊕ 236	395436.8430m	1693438.9300m	62.268m	Pozo
⊕ 237	395439.3110m	1693437.4440m	62.342m	Tn
⊕ 238	395439.9280m	1693440.3010m	62.129m	Tn
⊕ 239	395440.5490m	1693442.3840m	60.407m	Tn
⊕ 240	395459.3090m	1693423.1780m	62.246m	Cerco
⊕ 241	395459.3670m	1693426.5430m	62.005m	Poste
⊕ 242	395459.7800m	1693427.5620m	62.011m	Tn
⊕ 243	395461.2850m	1693430.1000m	62.062m	Tn
⊕ 244	395473.9340m	1693419.9170m	61.527m	Poste
⊕ 245	395475.8200m	1693432.6100m	60.065m	Colonia
⊕ 246	395476.9830m	1693429.9730m	60.150m	Colonia
⊕ 247	395477.1810m	1693427.4060m	60.419m	Colonia
⊕ 248	395482.5190m	1693425.2180m	60.330m	Colonia
⊕ 249	395484.8830m	1693427.6090m	60.079m	Colonia
⊕ 250	395482.0480m	1693414.5860m	61.202m	Colonia
⊕ 251	395481.1730m	1693407.1900m	61.502m	Colonia
⊕ 252	395474.2350m	1693408.1660m	61.666m	Colonia
⊕ 253	395475.1940m	1693416.9850m	61.374m	Colonia

Ilustración 104: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 235-253)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Elev...	Full Descri.
⊕ 254	395464.4100m	1693436.2730m	60.061m	Canal
⊕ 255	395463.6150m	1693433.7630m	59.518m	Canal
⊕ 256	395462.9330m	1693431.9760m	60.265m	Canal
⊕ 257	395465.1570m	1693436.5630m	60.117m	Ext 1
⊕ 258	395466.5890m	1693440.9770m	60.254m	Calle
⊕ 259	395468.0370m	1693445.2100m	60.237m	Ext 2
⊕ 260	395468.5490m	1693447.8320m	59.839m	Tn
⊕ 261	395469.9090m	1693450.0820m	61.082m	Tn
⊕ 262	395473.3560m	1693454.8480m	61.409m	Tn
⊕ 263	395475.0100m	1693458.7320m	61.621m	Cerco
⊕ 264	395505.0770m	1693445.9400m	60.617m	Cerco
⊕ 265	395511.4760m	1693442.5310m	60.168m	Cerco
⊕ 266	395506.2790m	1693444.2230m	60.484m	Colonia
⊕ 267	395508.6590m	1693443.2370m	60.413m	Colonia
⊕ 268	395507.2080m	1693437.4890m	60.304m	Colonia
⊕ 269	395503.8720m	1693439.4730m	60.252m	Colonia
⊕ 270	395502.4980m	1693434.9280m	60.200m	Colonia
⊕ 271	395502.8640m	1693432.6020m	60.098m	Colonia
⊕ 272	395502.2920m	1693429.8270m	59.920m	Colonia

Ilustración 105: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 254-272)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc
273	5509.4380m	3426.5510m	59.920m	Colonia
274	5507.0910m	3430.0880m	59.983m	Colonia
275	5506.3920m	3431.9510m	60.004m	Colonia
276	5502.1030m	3429.8820m	59.932m	Ext 2
277	5499.9180m	3426.3680m	60.008m	Calle
278	5498.5270m	3422.8290m	59.864m	Ext 1
279	5498.0710m	3421.8700m	59.893m	Canal
280	5497.9200m	3419.7070m	58.977m	Canal
281	5497.3670m	3418.7510m	59.397m	Canal
282	5498.9120m	3415.5790m	60.908m	Tn
283	5497.7040m	3412.0310m	60.909m	Tn
284	5496.9400m	3408.7200m	61.065m	Cerco
285	5515.2510m	3403.9850m	60.423m	Poste
286	5521.4880m	3397.6770m	59.743m	Cerco
287	5523.9270m	3397.1630m	59.716m	Colonia
288	5523.4540m	3389.3250m	59.568m	Colonia
289	5528.9750m	3388.3990m	59.298m	Colonia
290	5531.1110m	3397.0990m	59.438m	Cerco
291	5532.2060m	3400.3890m	59.422m	Tn

Ilustración 106: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 273-291)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
292	5533.0360m	3402.6580m	59.308m	Canal
293	5533.1330m	3404.0710m	58.644m	Canal
294	5533.7270m	3405.7380m	59.546m	Canal
295	5532.4380m	3406.0710m	59.516m	Colonia
296	5530.5440m	3405.0900m	59.570m	Colonia
297	5530.4320m	3402.1490m	59.474m	Colonia
298	5523.7030m	3406.0460m	59.714m	Colonia
299	5524.6680m	3408.3910m	59.769m	Colonia
300	5523.8600m	3409.7910m	59.716m	Colonia
301	5522.4700m	3428.1610m	59.801m	Colonia
302	5524.2230m	3428.8030m	59.805m	Colonia
303	5527.6770m	3433.6590m	59.903m	Colonia
304	5528.1030m	3436.5280m	60.132m	Cerco
305	5536.4710m	3432.0120m	59.756m	Cerco
306	5533.7150m	3433.1390m	59.814m	Colonia
307	5531.5960m	3427.8100m	59.742m	Colonia
308	5531.5970m	3423.1810m	59.708m	Colonia
309	5533.6050m	3419.4410m	59.631m	Colonia
310	5535.4750m	3415.7590m	59.631m	Colonia

Ilustración 107: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 292-310)

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD (p

Fuente: (Propia, 2024)

Fuente: (Propia, 2024)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
311	5562.9360m	3421.0120m	58.907m	Cerco
312	5561.0130m	3417.8530m	59.039m	Tn
313	5558.8820m	3412.9700m	59.104m	Tn
314	5556.6210m	3406.3960m	59.387m	Ext 2
315	5554.6750m	3402.6990m	59.524m	Calle
316	5552.4970m	3399.6030m	59.447m	Ext 1
317	5552.3350m	3398.2240m	59.343m	Canal
318	5551.9130m	3396.3340m	58.467m	Canal
319	5548.0730m	3389.7810m	58.895m	Tn
320	5546.8940m	3386.5820m	58.756m	Cerco
321	5570.7300m	3380.3120m	58.404m	Cerco
322	5571.7530m	3377.8950m	58.308m	Colonia
323	5570.9900m	3369.5680m	58.153m	Colonia
324	5577.0820m	3368.6240m	57.787m	Colonia
326	5577.6150m	3372.3750m	57.964m	Cerco
327	5579.1510m	3376.9740m	58.320m	Poste
328	5579.1220m	3380.1510m	58.452m	Tn
329	5578.9630m	3382.4270m	58.602m	Tn
330	5578.4780m	3384.5360m	58.913m	Colonia

Ilustración 108: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 311-330)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
331	5580.3760m	3385.9070m	58.923m	Colonia
332	5582.4060m	3386.4030m	59.129m	Colonia
333	5571.1910m	3391.2920m	59.210m	Colonia
334	5571.6500m	3389.3490m	59.066m	Colonia
335	5571.8090m	3387.6670m	58.870m	Colonia
336	5600.1590m	3363.5500m	57.401m	Cerco
337	5602.9190m	3367.6940m	56.676m	Canal
338	5603.8810m	3367.7790m	56.085m	Canal
339	5604.9530m	3367.3910m	56.824m	Canal
340	5606.1630m	3367.5360m	56.811m	Tn
341	5607.8160m	3371.9020m	57.507m	Tn
342	5610.7810m	3373.1390m	58.949m	Tn
343	5611.2390m	3374.6760m	58.953m	Ext 1
344	5612.9780m	3377.3660m	59.106m	Calle
345	5613.3210m	3381.6140m	58.978m	Ext 2
346	5614.9400m	3385.9770m	58.732m	Tn
347	5615.3190m	3387.0070m	58.659m	Canal
348	5610.3480m	3388.8610m	57.473m	Canal
349	5610.3580m	3389.7480m	56.917m	Canal

109

unto 331-349)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
350	5610.8510m	3390.9580m	57.802m	Canal
351	5611.9080m	3391.7540m	58.143m	Cerco
352	5607.7750m	3387.9620m	57.245m	Canal
353	5605.9420m	3388.7630m	56.891m	Canal
354	5620.1850m	3369.8910m	58.897m	Colonia
355	5621.1060m	3368.4570m	58.881m	Colonia
357	5621.5780m	3365.0520m	58.604m	Colonia
358	5620.5630m	3360.3480m	58.144m	Colonia
359	5619.5230m	3356.0410m	57.754m	Colonia
360	5618.5290m	3348.8300m	57.478m	Colonia
361	5624.2960m	3347.8260m	57.716m	Colonia
362	5625.3410m	3353.3490m	57.795m	Colonia
363	5626.8720m	3356.4510m	57.931m	Cerco
364	5629.6760m	3358.7090m	58.214m	Colonia
365	5639.8090m	3361.3850m	58.856m	Colonia
366	5647.1900m	3371.5350m	58.882m	Colonia
367	5649.4570m	3371.4830m	59.503m	Colonia
368	5651.4150m	3373.4690m	59.404m	Colonia
369	5652.6120m	3377.0320m	59.417m	Colonia

Ilustración 110: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 350-369)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
370	5657.2320m	3375.7970m	59.355m	Colonia
371	5656.6630m	3373.3800m	58.614m	Colonia
372	5655.6330m	3369.2780m	58.753m	Colonia
373	5658.1870m	3363.8080m	58.826m	Colonia
374	5669.5170m	3362.0790m	58.770m	Colonia
375	5671.8740m	3362.7350m	58.773m	Colonia
376	5673.7400m	3365.5350m	58.830m	Colonia
377	5675.3790m	3373.6990m	58.877m	Colonia
378	5680.5430m	3372.4190m	58.851m	Colonia
379	5679.3700m	3363.3390m	58.842m	Colonia
380	5679.1560m	3359.2060m	58.832m	Colonia
381	5681.4980m	3352.9850m	58.893m	Colonia
382	5677.5360m	3344.0710m	58.883m	Colonia
383	5674.3000m	3342.3300m	58.647m	Colonia
384	5673.2080m	3335.5710m	57.816m	Tn
385	5673.8990m	3331.8560m	57.760m	Cerco
386	5671.9270m	3332.2670m	57.669m	Colonia
387	5670.7310m	3323.1980m	57.542m	Colonia
388	5665.3090m	3323.8810m	57.435m	Colonia

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD (p

Fuente: (Propia, 2024)

111 **unto 370-388)**

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
389	5666.5150m	3332.3590m	57.605m	Colonia
391	5668.8540m	3342.5850m	58.230m	Colonia
392	5669.4560m	3346.0420m	58.641m	Colonia
393	5668.7660m	3348.7950m	58.884m	Colonia
394	5684.0300m	3327.6910m	57.748m	Cerco
395	5685.6360m	3331.2730m	57.749m	Tn
396	5687.6260m	3337.6230m	58.238m	Tn
397	5688.4660m	3339.8310m	59.104m	Tn
398	5688.9810m	3340.4700m	58.995m	Ext 1
399	5691.0060m	3345.1710m	59.026m	Calle
400	5692.4190m	3348.5170m	58.885m	Ext 2
401	5692.9960m	3353.4880m	58.763m	Canal
402	5693.4660m	3355.3720m	57.945m	Canal
403	5693.8580m	3357.3830m	58.721m	Canal
404	5695.0460m	3361.2300m	58.977m	Cerco
405	5706.9040m	3345.5250m	58.926m	Colonia
406	5709.3620m	3346.2690m	58.901m	Colonia
407	5711.2570m	3349.2760m	58.875m	Colonia
408	5712.4320m	3354.9000m	59.101m	Colonia

Ilustración 112: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 389-408)

Fuente: (Propia, 2024)

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD (p

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
409	5717.5670m	3353.1630m	59.007m	Colonia
410	5716.2980m	3344.9460m	58.853m	Colonia
411	5716.1310m	3342.7130m	58.968m	Colonia
412	5717.2580m	3338.2170m	59.012m	Colonia
413	5718.7850m	3337.1420m	59.068m	Ext 2
414	5717.0620m	3333.1300m	59.223m	Calle
416	5717.7570m	3327.0750m	59.242m	Colonia
417	5717.2070m	3323.9740m	58.728m	Colonia
418	5713.7160m	3322.1490m	58.806m	Poste
419	5713.7180m	3321.0130m	58.398m	Poste
420	5711.9270m	3316.2160m	57.918m	Cerco
421	5714.1450m	3314.6580m	57.836m	Colonia
422	5712.8620m	3308.0340m	57.457m	Colonia
423	5719.6960m	3307.2100m	57.445m	Colonia
424	5722.2710m	3316.5560m	58.168m	Colonia
425	5724.8060m	3318.7090m	58.599m	Colonia
426	5731.7610m	3321.5900m	59.414m	Colonia
427	5747.6040m	3328.4150m	59.225m	Colonia
428	5748.7400m	3331.1990m	59.148m	Colonia

113

unto 409-428)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
429	5755.2610m	3329.3460m	59.095m	Colonia
430	5753.6050m	3324.6240m	59.309m	Colonia
431	5793.8230m	3318.3420m	59.565m	Cerco
432	5797.5790m	3317.1160m	59.152m	Cerco
433	5789.8100m	3310.4070m	59.806m	Colonia
434	5795.0930m	3308.2500m	59.934m	Colonia
435	5796.3730m	3304.6580m	60.030m	Ext 2
436	5794.3390m	3300.1830m	60.286m	Calle
437	5793.2640m	3295.9610m	60.490m	Ext 1
438	5792.0300m	3292.8170m	60.963m	Tn
439	5789.5940m	3289.4430m	59.616m	Poste
440	5789.8690m	3287.3630m	58.567m	Tn
441	5788.5460m	3281.3580m	57.784m	Cerco
442	5821.4090m	3296.8420m	60.326m	Colonia
443	5821.6300m	3297.6420m	58.170m	Canal
444	5822.5070m	3298.9170m	58.297m	Canal
445	5822.8890m	3299.8960m	58.194m	Canal
447	5825.3630m	3305.0010m	60.149m	Cerco
448	5828.7720m	3303.8130m	60.222m	Cerco

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD (p

Fuente: (Propia, 2024)

Ilustración 114: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 429-448)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
449	5825.8470m	3294.9730m	60.512m	Colonia
450	5821.8010m	3296.7300m	60.410m	Colonia
451	5823.8260m	3282.9660m	61.322m	Tn
452	5823.7930m	3279.6190m	59.822m	Tn
453	5820.0690m	3270.5730m	58.637m	Cerco
454	5855.5700m	3287.5500m	60.188m	Ext 2
455	5856.7900m	3293.2690m	61.419m	Colonia
456	5857.1260m	3298.8030m	61.532m	Cerco
457	5860.2140m	3298.5390m	61.629m	Cerco
458	5860.4950m	3291.9890m	61.566m	Colonia
459	5863.2740m	3289.3500m	58.587m	Canal
460	5863.1200m	3288.2460m	58.050m	Canal
461	5862.9770m	3287.0040m	58.388m	Canal
462	5863.3260m	3285.9320m	60.489m	Ext 2
463	5862.2100m	3282.1350m	60.792m	Calle
464	5860.8070m	3277.9360m	60.050m	Ext 1
465	5861.6540m	3274.9140m	61.022m	Tn
466	5871.2850m	3265.4610m	61.110m	Tn
467	5873.7320m	3259.8900m	62.086m	Cerco

115

unto 449-467)

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD (p

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
468	5895.1050m	3263.2930m	62.506m	Tn
469	5900.0020m	3258.8060m	63.287m	Cerco
470	5897.6200m	3266.8700m	62.137m	Tn
471	5896.6840m	3272.6360m	62.543m	Tn
472	5897.3180m	3275.4130m	59.878m	Ext 1
473	5897.5340m	3279.2740m	59.658m	Calle
474	5897.5840m	3283.7060m	59.256m	Ext 2
475	5897.5590m	3284.7140m	57.923m	Canal
476	5897.4260m	3285.6370m	57.531m	Canal
477	5897.3380m	3286.5460m	57.078m	Canal
478	5897.4070m	3289.6160m	58.828m	Tn
479	5896.8660m	3294.3360m	59.418m	Cerco
480	5923.5850m	3289.9110m	61.381m	Colonia
481	5918.1950m	3290.4020m	61.234m	Colonia
482	5916.9560m	3284.2250m	59.664m	Ext 2
483	5917.3990m	3279.5340m	59.090m	Calle
484	5917.8790m	3275.9650m	59.395m	Ext 1
485	5919.6910m	3271.2770m	60.385m	Tn
486	5920.3880m	3266.4120m	60.050m	Tn

Ilustración 116: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 468-486)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
487	5921.6730m	3259.3100m	61.164m	Cerco
488	5969.2390m	3280.3240m	61.074m	Tn
489	5976.4310m	3277.8480m	62.158m	Poste
491	5967.6790m	3282.5220m	59.568m	Ext 1
492	5966.5180m	3286.9900m	59.086m	Calle
493	5964.7900m	3291.3010m	59.838m	Ext 2
495	5957.1790m	3302.7550m	64.303m	Cerco
496	5983.7940m	3313.6390m	64.180m	Cerco
497	5989.3730m	3303.7430m	60.915m	Colonia
498	5990.5670m	3300.3400m	59.032m	Ext 2
499	5990.9400m	3295.9580m	59.385m	Calle
500	5992.1310m	3291.8780m	59.756m	Ext 1
501	5309.0080m	3489.5330m	58.679m	bn1
502	5338.0270m	3483.8120m	59.819m	bn2
504	6058.0030m	3333.4830m	61.371m	Cerco
505	6058.8690m	3330.5600m	61.240m	Tn
506	6062.1900m	3326.8660m	61.453m	Tn
507	6063.0660m	3324.4460m	59.874m	Ext 2
508	6064.9370m	3320.7160m	59.085m	Calle

Ilustración 117: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 487-508)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
509	6066.5660m	3316.9810m	59.254m	Ext 1
510	6075.8100m	3319.9230m	59.302m	Colonia
511	6079.0050m	3318.4870m	59.312m	Colonia
512	6082.1810m	3311.7960m	59.283m	Colonia
513	6082.7040m	3309.9050m	61.302m	Cerco
514	6092.4420m	3315.1520m	61.254m	Cerco
515	6092.3200m	3318.2190m	60.312m	Colonia
516	6092.6810m	3324.0650m	60.327m	Colonia
517	6094.5050m	3329.6500m	60.430m	Colonia
518	6133.1270m	3367.5300m	61.896m	Cerco
519	6133.9010m	3366.6590m	60.558m	Tn
520	6135.1620m	3364.3360m	60.852m	Tn
521	6136.8100m	3362.1540m	59.370m	Ext 2
522	6138.4260m	3359.0610m	59.377m	Calle
523	6139.7340m	3355.8180m	59.306m	Ext 1
524	6141.1910m	3354.5690m	60.101m	Tn
525	6144.1630m	3350.2280m	60.292m	Tn
526	6147.7850m	3340.5970m	61.299m	Cerco
527	6156.3540m	3379.9750m	61.256m	Cerco

Ilustración 118: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 509-527)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
528	6157.1830m	3377.2180m	60.033m	Tn
529	6158.6490m	3374.0970m	59.029m	Ext 2
530	6160.8380m	3370.8370m	59.070m	Calle
531	6162.5920m	3367.5910m	59.117m	Ext 1
532	6164.2370m	3365.3920m	60.521m	Tn
533	6167.5850m	3359.7440m	60.958m	Tn
534	6170.9540m	3353.0720m	61.415m	Cerco
535	6197.1950m	3367.4910m	61.390m	Cerco
536	6194.7470m	3372.2260m	60.042m	Tn
537	6192.5290m	3376.8560m	60.554m	Tn
538	6189.8260m	3381.3940m	59.757m	Ext 1
539	6188.4190m	3384.9030m	59.884m	Calle
540	6186.7560m	3388.7080m	59.838m	Ext 2
541	6186.2510m	3391.1470m	60.845m	Tn
542	6208.7140m	3403.2760m	60.811m	Tn
543	6215.2920m	3399.0920m	59.396m	Calle
544	6216.9670m	3395.3310m	59.244m	Ext 1
545	6218.6560m	3393.6850m	60.684m	Tn
546	6221.4850m	3388.6390m	60.530m	Tn

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

119 (punto 528-546)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
⊕ 547	6224.5170m	3382.5410m	61.156m	Cerco
⊕ 550	6257.6310m	3406.6940m	60.584m	Tn
⊕ 551	6252.2090m	3404.1010m	60.664m	Tn
⊕ 552	6249.2630m	3407.4390m	60.239m	Colonia
⊕ 553	6245.6930m	3408.8060m	60.623m	Colonia
⊕ 554	6253.7380m	3410.6270m	60.212m	Colonia
⊕ 555	6253.4670m	3412.7240m	60.468m	Colonia
⊕ 556	6253.7310m	3414.7510m	59.597m	Ext 1
⊕ 557	6251.7720m	3418.3190m	59.738m	Calle
⊕ 558	6249.8750m	3421.7920m	59.530m	Ext 2
⊕ 559	6245.6540m	3421.8710m	59.989m	Tn
⊕ 560	6267.1820m	3420.4020m	59.696m	Ext 1
⊕ 561	6265.8390m	3424.2020m	59.934m	Calle
⊕ 562	6262.6180m	3427.0090m	59.808m	Ext 2
⊕ 563	6272.6770m	3405.6900m	60.810m	Tn
⊕ 565	6268.8730m	3413.8140m	60.280m	Tn
⊕ 566	6285.7910m	3431.5560m	59.992m	Ext 1
⊕ 567	6284.5540m	3435.3210m	59.016m	Calle
⊕ 568	6282.5600m	3438.6570m	59.020m	Ext 2

Ilustración 120: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 547-568)

Fuente: (Propia, 2024)

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
569	6313.2440m	3446.0240m	59.567m	Ext 1
570	6315.7170m	3442.9800m	60.030m	Tn
571	6318.2960m	3439.3140m	59.946m	Tn
573	6312.6800m	3449.8830m	59.548m	Calle
574	6311.4020m	3453.3880m	59.515m	Ext 2
575	6333.4240m	3464.7350m	59.950m	Ext 2
576	6335.3920m	3461.7430m	59.010m	Calle
577	6336.8100m	3458.3350m	59.940m	Ext 1
578	6338.5290m	3455.5400m	60.067m	Tn
579	6341.3090m	3451.2330m	60.507m	Tn
581	6361.1550m	3471.0260m	59.714m	Ext 1
582	6359.8440m	3474.5940m	59.730m	Calle
583	6358.1610m	3477.9250m	59.629m	Ext 2
584	6353.1570m	3480.4570m	61.427m	Cerco
585	6362.8230m	3467.9230m	60.861m	Tn
586	6366.4240m	3462.7900m	60.226m	Tn
587	6453.6250m	3500.9470m	61.530m	Cerco
588	6452.5200m	3504.2250m	60.291m	Tn
589	6451.4250m	3508.6710m	60.714m	Tn

121

(punto 569-589)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
590	6448.1910m	3516.1660m	59.590m	Ext 1
591	6447.0750m	3520.0630m	59.692m	Calle
592	6445.2650m	3523.3690m	59.634m	Ext 2
593	6440.1240m	3523.1480m	60.734m	Colonia
594	6446.9090m	3526.7850m	60.637m	Colonia
595	6464.4030m	3534.1330m	60.450m	Colonia
596	6473.2680m	3539.6160m	60.444m	Colonia
597	6490.4600m	3560.1180m	62.694m	Cerco
598	6492.1100m	3557.6030m	60.587m	Tn
599	6494.0880m	3554.0580m	60.685m	Tn
600	6496.7810m	3550.6660m	59.222m	Ext 2
601	6498.9210m	3547.1280m	59.344m	Calle
602	6501.1650m	3543.7620m	59.231m	Ext 1
603	6502.7130m	3539.3960m	60.983m	Tn
605	6505.4140m	3533.9320m	60.621m	Tn
607	6521.9220m	3554.1300m	59.092m	Ext 1
608	6523.4130m	3550.1560m	60.681m	Tn
609	6524.5090m	3548.0790m	59.811m	Tn
610	6519.7120m	3557.9710m	59.229m	Calle

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

Ilustración 122: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 590-610)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
⊕ 611	6518.1190m	3561.4350m	59.151m	Ext 1
⊕ 612	6515.6900m	3564.2210m	60.763m	Tn
⊕ 613	6513.0620m	3568.9580m	60.752m	Tn
⊕ 614	6511.6520m	3571.2870m	61.026m	Cerco
⊕ 615	6534.3430m	3582.6350m	61.126m	Cerco
⊕ 616	6534.8610m	3580.7260m	60.252m	Tn
⊕ 617	6536.7520m	3578.6910m	60.831m	Tn
⊕ 618	6538.2050m	3575.5150m	60.457m	Tn
⊕ 619	6539.6570m	3572.4870m	59.999m	Ext 2
⊕ 620	6541.3730m	3569.1900m	59.104m	Calle
⊕ 621	6542.9650m	3565.6100m	59.000m	Ext 1
⊕ 622	6544.3130m	3562.3090m	60.634m	Tn
⊕ 623	6545.0320m	3558.6490m	59.575m	Tn
⊕ 624	6581.4630m	3584.7330m	59.599m	Ext 1
⊕ 626	6700.3810m	3606.6980m	59.931m	bn3
⊕ 628	6633.5120m	3597.1330m	58.123m	Colonia
⊕ 629	6633.1570m	3592.8880m	58.011m	Colonia
⊕ 630	6636.6720m	3592.5960m	58.016m	Colonia
⊕ 631	6636.6140m	3596.6260m	58.092m	Colonia

123

(punto 611-631)

Ilustración : Puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
632	6631.2920m	3605.3360m	58.486m	Colonia
633	6627.6820m	3606.0960m	58.794m	Colonia
634	6636.9340m	3610.2300m	58.694m	Colonia
635	6636.1400m	3607.3900m	58.483m	Colonia
636	6642.6180m	3605.6430m	59.208m	Poste
637	6634.6920m	3602.8170m	58.295m	Tn
638	6631.4080m	3602.8310m	58.043m	Tn
639	6637.9520m	3603.7040m	58.316m	Tn
640	6636.8190m	3614.5620m	59.067m	Ext 1
641	6635.6400m	3618.3370m	59.189m	Calle
642	6633.4730m	3621.5030m	59.092m	Ext 2
643	6632.3250m	3624.4910m	60.921m	Tn
644	6629.5650m	3630.1960m	60.756m	Tn
645	6628.9080m	3633.0770m	60.331m	Cerco
646	6659.1580m	3635.0180m	59.838m	Ext 2
647	6658.4010m	3639.6430m	60.207m	Tn
648	6655.6940m	3643.9720m	60.969m	Tn
649	6654.5220m	3646.3590m	60.269m	Cerco
650	6661.8740m	3632.0200m	59.986m	Calle

Ilustración 124: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 632-650)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
651	6663.2570m	3628.5410m	59.868m	Ext 1
652	6663.7310m	3624.6600m	59.248m	Tn
653	6664.8370m	3621.1350m	58.874m	Tn
655	6702.9300m	3638.2310m	59.027m	Poste
657	6700.5380m	3638.9670m	59.626m	Tn
658	6699.2070m	3641.2800m	60.310m	Tn
659	6697.8140m	3643.7460m	60.581m	Tn
660	6697.0230m	3646.0310m	59.745m	Ext 1
661	6695.2660m	3649.6670m	59.831m	Calle
662	6693.0060m	3652.7300m	59.768m	Ext 2
663	6692.2250m	3654.2150m	60.549m	Tn
664	6689.6460m	3658.9040m	60.798m	Tn
665	6687.1490m	3663.7550m	60.319m	Cerco
667	6722.8980m	3652.8390m	58.908m	Tn
668	6721.3460m	3656.1730m	58.374m	Tn
669	6720.3690m	3658.2870m	59.546m	Ext 1
670	6718.5990m	3661.8010m	59.665m	Calle
671	6716.5020m	3665.0230m	59.590m	Ext 2
672	6715.6440m	3667.4540m	60.202m	Tn

Ilustración 125: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 651-672)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
673	6713.3610m	3671.4460m	60.552m	Tn
674	6711.5770m	3676.8720m	60.123m	Cerco
675	6728.9120m	3685.9600m	60.990m	Cerco
676	6730.6070m	3682.6510m	59.366m	Tn
677	6732.3120m	3679.1050m	59.751m	Tn
678	6734.8610m	3674.6650m	59.416m	Ext 2
679	6736.0640m	3671.0140m	59.503m	Calle
680	6737.9020m	3667.5850m	59.377m	Ext 1
681	6739.3940m	3664.7370m	58.984m	Tn
682	6741.4610m	3661.8320m	58.642m	Tn
684	6764.7810m	3670.8710m	60.785m	Poste
685	6764.7940m	3672.9900m	59.259m	Tn
686	6763.7790m	3675.5890m	59.499m	Tn
687	6762.6500m	3677.3070m	59.772m	Tn
688	6764.6120m	3677.7220m	58.627m	Colonia
689	6768.9830m	3676.0730m	58.184m	Colonia
690	6771.5380m	3668.3310m	58.813m	Colonia
691	6774.5910m	3668.2350m	58.836m	Colonia
692	6773.4900m	3674.7470m	58.028m	Colonia

Ilustración 126: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 673-692)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
693	6773.8310m	3679.3070m	58.245m	Colonia
694	6762.5030m	3680.2640m	59.189m	Ext 1
695	6760.1860m	3683.6410m	59.315m	Calle
696	6758.7850m	3687.2350m	59.197m	Ext 2
697	6752.1950m	3687.3620m	60.894m	Tn
698	6748.1800m	3694.3240m	60.741m	Tn
699	6747.2590m	3695.6590m	60.831m	Cerco
700	6784.2860m	3715.0160m	60.547m	Cerco
701	6785.2080m	3713.5950m	60.296m	Tn
702	6786.8450m	3710.2470m	60.967m	Tn
703	6788.6940m	3707.0050m	60.603m	Tn
704	6790.1910m	3703.7310m	59.036m	Ext 2
705	6791.5500m	3700.0870m	59.098m	Calle
706	6793.4960m	3696.7050m	59.019m	Ext 1
707	6794.8430m	3694.3090m	58.648m	Tn
708	6796.4750m	3690.1330m	58.332m	Tn
709	6796.7150m	3688.7210m	58.678m	Canal
710	6797.0920m	3686.5940m	57.443m	Canal
711	6798.8720m	3684.7380m	58.189m	Canal

Ilustración 127: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 693-711)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
713	6811.9350m	3699.3180m	59.334m	Colonia
714	6815.3040m	3695.1690m	59.964m	Colonia
715	6815.1480m	3690.1680m	59.914m	Colonia
716	6823.1870m	3691.3570m	58.980m	Colonia
717	6823.4240m	3696.8570m	59.033m	Colonia
718	6822.9500m	3703.6400m	59.423m	Colonia
719	6825.1730m	3702.0450m	59.349m	Poste
721	6841.6140m	3713.6730m	59.360m	Tn
722	6840.1700m	3716.6820m	59.578m	Tn
723	6838.4830m	3720.0120m	59.617m	Ext 1
724	6837.5100m	3724.1250m	59.746m	Calle
725	6835.4330m	3727.4240m	59.600m	Ext 2
726	6834.4780m	3730.9490m	59.163m	Tn
727	6835.2030m	3740.6560m	60.041m	Cerco
728	6851.4630m	3750.8160m	60.150m	Cerco
729	6852.2790m	3748.6440m	59.368m	Tn
730	6855.5440m	3744.4110m	59.943m	Tn
731	6858.4450m	3739.4400m	59.450m	Ext 2
732	6860.1430m	3735.8090m	59.570m	Calle

Ilustración 128: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 713-732)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
733	6862.1940m	3732.7770m	59.496m	Ext 1
734	6863.0540m	3730.8150m	58.413m	Tn
735	6864.7550m	3727.2000m	58.942m	Tn
736	6865.8940m	3725.5500m	58.111m	Tn
737	6866.4540m	3724.4730m	58.910m	Poste
739	6885.8210m	3734.9070m	58.148m	Poste
741	6885.7200m	3736.0430m	58.267m	Tn
742	6884.1310m	3739.1760m	58.023m	Tn
743	6883.4210m	3741.0060m	58.230m	Tn
744	6882.5390m	3743.2510m	59.362m	Ext 1
745	6881.1540m	3746.7850m	59.338m	Calle
746	6879.1700m	3750.2800m	59.224m	Ext 2
747	6874.7160m	3755.3480m	60.692m	Tn
748	6876.6710m	3752.3040m	60.880m	Tn
749	6870.8420m	3760.6330m	60.408m	Cerco
751	6901.1410m	3776.5280m	60.338m	Cerco
752	6903.0590m	3771.7670m	60.121m	Tn
753	6904.9130m	3767.6890m	60.507m	Tn
754	6906.6420m	3764.6390m	59.125m	Ext 2

Ilustración 129: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 733-754)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
755	6908.1700m	3760.8360m	59.264m	Calle
756	6909.6390m	3757.1860m	59.190m	Ext 1
757	6911.2170m	3755.0570m	59.047m	Tn
758	6913.0590m	3750.9910m	58.955m	Tn
760	6914.3570m	3747.7450m	57.533m	Canal
761	6915.1120m	3746.0050m	56.664m	Canal
762	6915.8240m	3744.2580m	57.452m	Canal
763	6932.7310m	3753.7500m	57.659m	Canal
764	6932.6660m	3755.4610m	56.855m	Canal
765	6932.7400m	3757.4080m	57.706m	Canal
767	6929.8110m	3761.1340m	58.946m	Tn
768	6928.3380m	3763.9650m	58.933m	Tn
769	6927.2190m	3766.3780m	59.059m	Ext 1
770	6925.4850m	3769.9850m	59.157m	Calle
771	6923.8670m	3773.5180m	59.028m	Ext 2
772	6922.5870m	3776.1060m	58.587m	Tn
773	6920.1150m	3780.9600m	58.261m	Tn
774	6917.9250m	3785.6030m	59.521m	Cerco
775	6933.4610m	3791.6020m	59.582m	Cerco

Ilustración 130: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 755-775)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
776	6934.4540m	3789.0870m	58.213m	Tn
777	6936.0370m	3785.2480m	58.342m	Tn
778	6938.2300m	3781.1140m	59.976m	Ext 2
779	6940.2850m	3777.8620m	59.099m	Calle
780	6942.0470m	3774.4600m	59.001m	Ext 1
781	6943.1050m	3773.3520m	58.835m	Tn
782	6944.9440m	3770.8580m	58.291m	Tn
783	6947.3340m	3768.4900m	58.716m	Cerco
784	6946.3220m	3767.7010m	58.554m	Poste
785	6948.6470m	3768.0870m	57.614m	Canal
786	6951.9860m	3764.4360m	56.702m	Canal
787	6952.1520m	3762.3470m	57.415m	Canal
788	6952.4080m	3761.2700m	57.701m	Cerco
789	6953.0890m	3760.5090m	57.713m	Colonia
790	6952.2460m	3765.3620m	57.946m	Colonia
791	6957.0450m	3762.6380m	57.693m	Colonia
792	6957.0100m	3766.8980m	57.888m	Colonia
793	6956.4400m	3773.5230m	58.210m	Colonia
794	6947.1780m	3770.9400m	58.347m	Colonia

Ilustración 131: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 776-794)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
795	7006.9260m	3798.9340m	57.325m	Poste
796	7020.2090m	3801.3310m	57.650m	Canal
797	7020.8230m	3801.8720m	57.848m	Cerco
798	7018.9080m	3803.5700m	56.573m	Canal
799	7016.8080m	3806.3330m	56.813m	Canal
800	7014.9100m	3809.4870m	58.355m	Colonia
801	7018.3160m	3807.0980m	58.174m	Colonia
802	7021.6530m	3800.3500m	57.722m	Colonia
803	7024.8940m	3801.0030m	57.729m	Colonia
804	7023.3000m	3805.5570m	58.030m	Colonia
805	7021.9570m	3809.2380m	58.251m	Colonia
806	7021.7790m	3812.8670m	58.352m	Colonia
807	7033.3460m	3817.4850m	57.778m	Tn
808	7036.9270m	3814.2850m	57.554m	Tn
809	7035.8090m	3817.0960m	57.321m	Tn
810	7035.0150m	3819.1750m	57.873m	Tn
811	7033.5180m	3821.9410m	59.449m	Ext 1
812	7031.7790m	3825.3550m	59.589m	Calle
813	7029.8790m	3828.7790m	59.446m	Ext 2

Ilustración 132: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 795-813)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
814	7028.7550m	3830.2750m	60.179m	Tn
815	7026.2500m	3835.3580m	59.697m	Tn
816	7023.9230m	3834.8960m	59.566m	Cerco
817	7062.4290m	3828.7380m	59.850m	Poste
818	7064.1580m	3829.8060m	57.107m	Canal
819	7065.7490m	3827.2360m	56.346m	Canal
820	7067.2780m	3825.2730m	56.830m	Canal
821	7068.6650m	3821.6250m	57.239m	Cerco
822	7067.1610m	3823.8860m	57.202m	Tn
823	7063.5670m	3831.5770m	57.403m	Tn
824	7063.2180m	3834.4930m	58.001m	Colonia
826	7068.8840m	3824.5160m	58.180m	Colonia
827	7073.1180m	3826.2390m	58.169m	Colonia
828	7069.2930m	3833.8910m	58.579m	Colonia
829	7068.8630m	3838.0340m	59.099m	Colonia
830	7095.1160m	3843.2510m	58.038m	Tn
831	7093.4470m	3846.2310m	58.629m	Tn
832	7091.8610m	3849.4440m	58.581m	Tn
833	7090.7000m	3851.6560m	59.086m	Ext 1

Ilustración 133: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 814-833)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
834	7089.4280m	3855.5480m	59.204m	Calle
835	7086.8040m	3858.6760m	59.043m	Ext 2
836	7113.3510m	3882.1810m	57.106m	Cerco
837	7114.8570m	3878.9520m	57.440m	Tn
838	7116.6280m	3876.0370m	57.808m	Tn
839	7117.7510m	3874.7480m	59.939m	Ext 2
840	7120.0120m	3871.0690m	59.085m	Calle
841	7121.4560m	3867.7410m	59.960m	Ext 1
842	7122.0780m	3865.8120m	57.608m	Tn
843	7122.8890m	3863.7380m	57.118m	Tn
844	7123.6290m	3861.6870m	57.688m	Tn
845	7124.1590m	3860.6760m	56.393m	Poste
846	7161.8770m	3878.8040m	57.711m	Tn
847	7161.6790m	3881.9250m	57.489m	Tn
848	7159.9670m	3884.7230m	57.166m	Tn
849	7158.5620m	3887.0970m	59.743m	Ext 1
850	7156.9520m	3890.6170m	59.816m	Calle
851	7155.2050m	3894.0140m	59.702m	Ext 2
852	7152.1190m	3896.1890m	57.237m	Tn

Ilustración 134: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 834-852)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
853	7149.6120m	3898.7680m	57.441m	Cerco
854	7185.8150m	3917.1090m	57.387m	Tn
855	7183.5720m	3921.0620m	56.443m	Tn
856	7182.3580m	3926.8940m	56.592m	Cerco
857	7189.1180m	3911.3350m	59.474m	Ext 2
858	7191.0520m	3908.4820m	59.590m	Calle
859	7193.0430m	3904.9730m	59.490m	Ext 1
860	7194.7040m	3903.1610m	57.035m	Tn
861	7195.8900m	3901.1170m	57.584m	Tn
862	7197.7080m	3898.7760m	57.991m	Poste
863	7231.6550m	3911.8930m	57.511m	Canal
864	7230.9560m	3913.1710m	56.947m	Canal
865	7230.3830m	3913.9860m	57.228m	Canal
866	7229.3850m	3915.8810m	57.755m	Tn
867	7228.2650m	3919.5730m	57.650m	Tn
868	7227.2310m	3921.4100m	57.071m	Tn
869	7226.6860m	3922.5220m	59.265m	Ext 1
870	7224.8910m	3926.2800m	59.351m	Calle
871	7223.1630m	3928.6490m	59.215m	Ext 2

Ilustración 135: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 853-871)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
872	7223.6190m	3932.4010m	59.847m	Tn
873	7221.0670m	3941.6190m	58.459m	Tn
874	7215.7550m	3944.7290m	58.616m	Cerco
875	7248.2670m	3961.5850m	58.568m	Cerco
876	7248.6950m	3957.6300m	58.466m	Tn
877	7249.8130m	3954.7410m	58.059m	Tn
878	7253.7160m	3947.4770m	58.020m	Tn
879	7254.5950m	3945.9020m	59.079m	Ext 2
880	7255.3270m	3942.2180m	59.222m	Calle
881	7257.0050m	3938.5710m	59.104m	Ext 1
882	7257.8830m	3937.3530m	58.879m	Tn
883	7259.7550m	3933.5380m	58.814m	Tn
884	7261.3040m	3930.6830m	58.026m	Tn
885	7259.3910m	3931.3940m	58.564m	Poste
886	7258.8180m	3935.0010m	58.229m	Poste
887	7293.4320m	3940.9680m	58.441m	Cerco
888	7292.6900m	3942.5950m	57.935m	Canal
889	7291.8890m	3944.4120m	56.542m	Canal
890	7291.2580m	3945.8330m	57.169m	Canal

Ilustración 136: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 872-890)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
891	7290.8800m	3946.7010m	58.278m	Tn
892	7289.3430m	3949.3470m	58.012m	Tn
893	7287.1530m	3952.6830m	58.857m	Tn
894	7286.8420m	3954.0010m	59.985m	Ext 1
895	7285.6620m	3957.9000m	59.162m	Calle
896	7284.1050m	3961.1550m	59.981m	Ext 2
897	7282.8320m	3963.5180m	57.787m	Tn
898	7277.3850m	3965.8450m	57.426m	Colonia
899	7266.6990m	3962.0790m	57.328m	Colonia
900	7313.9320m	3987.4830m	57.716m	Tn
901	7315.8530m	3983.8950m	57.253m	Tn
902	7317.8120m	3979.2010m	59.809m	Ext 2
903	7319.1080m	3975.4420m	59.968m	Calle
904	7320.9630m	3971.8960m	59.877m	Ext 1
905	7321.8210m	3969.2940m	59.382m	Tn
906	7322.8780m	3966.9720m	58.667m	Tn
907	7324.7180m	3963.5340m	58.170m	Tn
908	7322.9280m	3964.6820m	58.457m	Poste
909	7338.9950m	4000.4600m	58.862m	Tn

Ilustración 137: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 891-909)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
910	7341.2580m	3995.5290m	58.208m	Tn
911	7342.9630m	3992.0680m	59.678m	Ext 2
912	7345.3400m	3989.0060m	59.832m	Calle
913	7347.7180m	3985.8290m	59.699m	Ext 1
914	7347.9450m	3984.8590m	58.481m	Tn
915	7350.1890m	3979.6610m	58.123m	Tn
916	7351.3780m	3977.1060m	57.707m	Tn
917	7351.7800m	3975.6890m	57.136m	Canal
918	7387.3990m	3997.2220m	57.751m	Poste
919	7388.8170m	3996.7400m	57.452m	Tn
920	7386.9720m	4000.7860m	58.290m	Tn
921	7386.8130m	4004.2170m	58.217m	Tn
922	7386.1120m	4005.5970m	59.503m	Ext 1
923	7385.0600m	4009.6680m	59.565m	Calle
924	7383.1060m	4013.3170m	59.485m	Ext 2
925	7381.4780m	4017.4790m	57.715m	Tn
926	7380.1010m	4020.8420m	57.644m	Tn
927	7421.7820m	4022.9160m	56.079m	Colonia
928	7426.4290m	4020.2640m	56.770m	Colonia

Ilustración 138: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 910-928)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
929	7427.7480m	4015.8230m	56.609m	Colonia
930	7432.3830m	4016.1400m	56.541m	Colonia
931	7431.3700m	4020.1250m	56.650m	Colonia
932	7430.9290m	4026.0220m	56.895m	Colonia
933	7451.1240m	4030.5370m	56.397m	Poste
934	7449.9460m	4032.5200m	57.996m	Tn
935	7453.8620m	4024.1530m	57.436m	Cerco
936	7434.6060m	4016.6540m	57.925m	Canal
937	7433.5110m	4018.4130m	56.957m	Canal
938	7432.9210m	4020.1640m	57.133m	Canal
939	7450.9250m	4028.4590m	58.027m	Tn
940	7447.6640m	4037.1210m	58.942m	Tn
941	7447.4430m	4037.7690m	59.073m	Ext 1
942	7445.9510m	4041.5540m	59.167m	Calle
943	7444.0910m	4044.8630m	59.084m	Ext 2
944	7443.4440m	4048.0480m	58.486m	Tn
945	7441.8420m	4052.7910m	58.937m	Tn
946	7471.6600m	4069.5130m	58.674m	Tn
947	7473.2360m	4064.3260m	58.056m	Tn

Ilustración 139: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 929-947)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
948	7474.6480m	4061.7230m	58.700m	Tn
949	7475.2100m	4061.1630m	58.862m	Ext 2
950	7476.9710m	4057.7230m	58.985m	Calle
951	7479.0540m	4054.6010m	58.883m	Ext 1
952	7479.5250m	4053.6210m	57.803m	Tn
953	7480.6360m	4048.8460m	57.673m	Tn
954	7482.9250m	4044.9740m	57.503m	Tn
955	7516.4730m	4063.9450m	57.351m	Poste
956	7516.7590m	4062.1890m	57.146m	Tn
957	7514.6930m	4067.1490m	56.734m	Tn
958	7512.5120m	4070.9480m	56.579m	Tn
959	7512.2490m	4071.8740m	58.701m	Ext 1
960	7510.7080m	4075.3260m	58.788m	Calle
961	7509.0450m	4078.7650m	58.715m	Ext 2
962	7508.5040m	4079.8550m	57.404m	Tn
963	7506.3620m	4084.1740m	57.508m	Tn
964	7504.9420m	4087.4480m	57.164m	Tn
965	7536.0250m	4101.6520m	57.362m	Tn
966	7537.4240m	4097.4170m	57.551m	Tn

Ilustración 140: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 948-966)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
967	7538.4370m	4095.1750m	57.291m	Tn
968	7539.1320m	4094.1560m	58.546m	Ext 2
969	7540.8140m	4090.9480m	58.674m	Calle
970	7542.9130m	4087.7710m	58.510m	Ext 1
971	7543.7160m	4086.8520m	58.361m	Tn
972	7545.2950m	4082.6560m	57.638m	Tn
973	7546.5810m	4078.6720m	57.075m	Tn
974	7547.3320m	4077.3620m	56.531m	Canal
975	7548.1580m	4076.1940m	56.341m	Canal
976	7578.9030m	4097.0960m	57.801m	Poste
977	7579.7230m	4097.3460m	57.717m	Poste
978	7579.2130m	4096.2370m	57.422m	Tn
979	7577.0250m	4100.0750m	57.455m	Tn
980	7575.4320m	4103.0380m	57.156m	Tn
981	7574.8910m	4104.3350m	58.369m	Ext 1
982	7573.0290m	4107.7670m	58.495m	Calle
983	7570.9080m	4111.1780m	58.355m	Ext 2
984	7570.2250m	4112.7100m	57.992m	Tn
985	7567.9600m	4116.7190m	57.471m	Tn

Ilustración 141: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 967-985)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
986	7575.8940m	4118.0270m	56.874m	Colonia
987	7574.8940m	4123.3450m	56.457m	Colonia
988	7578.5000m	4124.8700m	56.545m	Colonia
989	7581.8020m	4120.6560m	56.852m	Colonia
990	7577.5920m	4128.0970m	56.378m	Cerco
991	7603.3240m	4110.9840m	56.846m	Poste
992	7619.0630m	4119.4780m	56.754m	Poste
993	7623.4720m	4122.3460m	56.198m	Poste
994	7623.9140m	4120.6830m	56.348m	Canal
995	7624.6190m	4119.1080m	56.641m	Canal
996	7623.5280m	4121.0790m	56.671m	Tn
997	7621.6590m	4124.1230m	57.413m	Tn
998	7620.5080m	4126.7430m	57.569m	Tn
999	7620.1050m	4127.9360m	58.289m	Ext 1
1000	7618.3080m	4131.4060m	58.396m	Calle
1001	7616.4830m	4135.0660m	58.237m	Ext 2
1002	7616.0830m	4135.9440m	58.186m	Tn
1003	7614.7700m	4137.8300m	57.464m	Tn
1004	7643.5710m	4154.3260m	57.740m	Tn

Ilustración 142: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 986-1,004)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
1005	7644.3160m	4151.6900m	57.871m	Tn
1006	7645.1040m	4150.0380m	58.151m	Ext 2
1007	7646.6040m	4146.2790m	58.338m	Calle
1008	7648.4240m	4142.9880m	58.202m	Ext 1
1009	7649.1970m	4141.4030m	58.027m	Tn
1010	7649.1040m	4139.4460m	57.931m	Tn
1011	7650.3700m	4135.7180m	57.713m	Tn
1012	7652.4940m	4135.7990m	57.668m	Poste
1013	7650.9040m	4134.7760m	57.574m	Canal
1015	7651.1680m	4131.6330m	56.965m	Canal
1016	7652.0250m	4129.5880m	57.063m	Canal
1017	7652.6680m	4128.2460m	57.235m	Cerco
1018	7652.5600m	4136.7800m	57.848m	Colonia
1019	7661.6080m	4140.7530m	57.742m	Colonia
1020	7680.3510m	4151.0570m	57.992m	Poste
1021	7680.6580m	4151.5460m	57.793m	Tn
1022	7680.0120m	4152.2790m	57.045m	Tn
1023	7678.0420m	4155.6660m	57.081m	Tn
1024	7676.9220m	4157.5780m	58.094m	Ext 1

Ilustración 143: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,005-1,024)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
1025	7675.2180m	4160.7890m	58.223m	Calle
1026	7673.4350m	4164.7260m	58.122m	Ext 2
1027	7673.1300m	4165.7530m	57.841m	Tn
1028	7671.7920m	4169.3980m	57.968m	Tn
1029	7699.9180m	4184.1330m	58.010m	Tn
1030	7701.5750m	4181.5360m	57.661m	Tn
1031	7702.4750m	4179.9000m	58.074m	Ext 2
1032	7704.3610m	4176.4610m	58.225m	Calle
1033	7706.3900m	4173.6170m	58.099m	Ext 1
1034	7706.8350m	4172.1720m	57.927m	Tn
1035	7707.4270m	4169.7870m	57.035m	Tn
1036	7709.1630m	4165.2290m	57.210m	Tn
1037	7708.7250m	4166.6940m	57.567m	Poste
1038	7743.3290m	4177.3280m	57.843m	Cerco
1039	7743.2990m	4179.2670m	57.192m	Canal
1040	7743.3060m	4180.4850m	56.506m	Canal
1041	7742.4250m	4182.1390m	57.026m	Canal
1042	7741.8410m	4184.6350m	57.630m	Poste
1043	7742.2340m	4182.8050m	57.191m	Tn

Ilustración 144: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,025-1,043)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
1044	7740.4910m	4185.7460m	57.828m	Tn
1045	7739.3200m	4189.2400m	57.974m	Tn
1046	7738.7830m	4190.3260m	58.107m	Ext 1
1047	7737.3340m	4193.5710m	58.220m	Calle
1048	7735.4770m	4197.0700m	58.120m	Ext 2
1049	7735.1990m	4197.9670m	57.938m	Tn
1050	7734.6370m	4199.8080m	57.509m	Tn
1051	7760.4090m	4214.4400m	57.341m	Tn
1052	7761.4740m	4212.3960m	57.757m	Tn
1053	7762.2070m	4210.9040m	58.042m	Ext 2
1054	7763.7940m	4207.0650m	58.173m	Calle
1055	7765.6720m	4203.9120m	58.077m	Ext 1
1056	7766.4790m	4203.0970m	57.945m	Tn
1057	7768.7790m	4197.7580m	57.684m	Tn
1058	7768.0680m	4198.8300m	57.818m	Poste
1059	7794.8800m	4213.2600m	57.748m	Poste
1060	7804.9560m	4219.5850m	57.516m	Canal
1061	7808.1110m	4220.9520m	56.837m	Canal
1062	7811.0860m	4222.6550m	57.899m	Canal

Ilustración 145: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,044-1,062)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc...
1063	7823.3540m	4221.2610m	57.330m	Cerco
1064	7821.5120m	4222.9940m	57.660m	Tn
1065	7819.9820m	4225.7900m	58.031m	Tn
1066	7817.7670m	4229.3650m	58.184m	Tn
1067	7818.8280m	4226.1700m	58.428m	Poste
1068	7819.8730m	4224.4380m	57.659m	Canal
1069	7820.0810m	4224.0270m	57.381m	Canal
1070	7820.3570m	4223.7170m	57.479m	Canal
1071	7821.9630m	4228.3650m	58.374m	Poste
1072	7816.6220m	4230.4120m	58.328m	Ext 1
1073	7814.5830m	4234.0400m	58.424m	Calle
1074	7812.7880m	4237.4410m	58.466m	Ext 2
1075	7812.6900m	4238.3910m	57.373m	Tn
1076	7808.5870m	4246.0990m	57.656m	Tn
1077	7805.0240m	4249.5290m	57.911m	Cerco
1078	7841.2040m	4237.0600m	57.766m	Colonia
1079	7843.8420m	4234.9540m	57.593m	Colonia
1080	7845.6130m	4237.2970m	57.580m	Colonia
1081	7844.4780m	4239.3600m	57.810m	Colonia

Ilustración 146: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,063-1,081)

Fuente: (Propia, 2024)

Point Nu...	Easting	Northing	Point Ele...	Full Desc..
1081	7844.4780m	4239.3600m	57.810m	Colonia
1082	6642.8820m	3605.3080m	57.223m	Poste
1084	5042.6360m	3605.4110m	61.285m	Poste
1085	5097.9650m	3580.8990m	60.850m	Poste
1086	5155.7620m	3555.8550m	59.012m	Poste
1087	5177.8570m	3546.3740m	53.132m	Poste
1088	5213.6230m	3530.9040m	58.713m	Poste
1089	5276.2700m	3503.6830m	57.287m	Poste
1090	5319.1540m	3484.9610m	58.641m	Poste
1091	5336.6530m	3477.7600m	59.722m	Poste
1092	5408.7670m	3446.8370m	61.494m	Poste
1093	5433.2730m	3436.3270m	61.053m	Poste
1094	5465.3750m	3422.8440m	61.506m	Poste
1097	6461.9550m	3509.8580m	60.238m	Poste
1098	6521.3430m	3541.4660m	60.219m	Poste
1099	6582.6520m	3573.6050m	60.158m	Poste
1100	6700.3810m	3606.6980m	59.931m	bn3
1101	5309.0080m	3489.5330m	58.679m	bn1
1102	5338.0380m	3483.7790m	59.822m	bn2

Ilustración 147: Puntos topográficos en orden PENZD (punto 1,081-1,102)

Fuente: (Propia, 2024)



Ilustración 148: Recolección de muestra de suelo

Fuente: (Propia, 2024)



Ilustración 149: Toma de puntos topográficos

Fuente: (Propia, 2024)

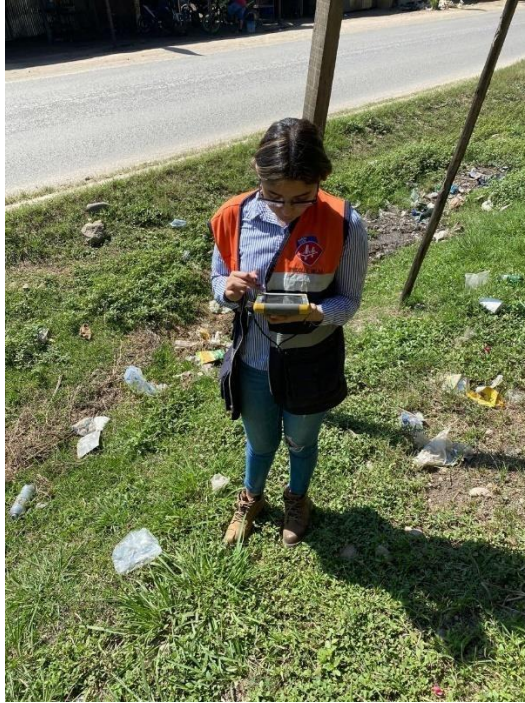


Ilustración 150: Toma de puntos topográficos

Fuente: (Propia, 2024)



Ilustración 151: Ensayo de laboratorio

Fuente: (Propia, 2024)



Ilustración 152: Ensayo granulometría

Fuente: (Propia, 2024)