



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE FASE II

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN

PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

21911078 CARLOS EDUARDO GALLO CASTRO

21851056 DANIEL EDUARDO QUAN REYES

21821083 SAYMOND ALEXANDER ENAMORADO MÉNDEZ

ASESORES:

ING. HÉCTOR PADILLA

ING. VERÓNICA REYES

CAMPUS UNITEC S.P.S.; JULIO, 2023

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

PRESIDENTE EJECUTIVA

ROSALPINA RODRÍGUEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

JAVIER SALGADO

RECTOR ACADÉMICO

ROSALPINA RODRÍGUEZ

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ

VICEPRESIDENTE CAMPUS SAN PEDRO SULA

ROXANA ESPINAL

JEFE ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

HÉCTOR PADILLA

TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS

EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

ASESOR METODOLÓGICO FASE II

ING. HÉCTOR WILFREDO PADILLA SIERRA

ASESORES TEMÁTICOS

ING. VERÓNICA REYES

MIEMBROS DE LA TERNA

ING. ÁNGEL DAVID FÚNEZ CASTRO

ING. ÓSCAR RENÉ CASTRO GARCÍA

ING. ADA SOBEYDA RODRÍGUEZ ZUNIGA

DERECHOS DE AUTOR

©Copyright 2023

CARLOS EDUARDO GALLO CASTRO

DANIEL EDUARDO QUAN REYES

SAYMOND ALEXANDER ENAMORADO MÉNDEZ

Todos los derechos reservados

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Carlos Eduardo Gallo Castro, Daniel Eduardo Quan Reyes y Saymond Alexander Enamorado Méndez, de San Pedro Sula, autores del trabajo de grado titulado: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS, presentado en el año 2023 y aprobado en el año 2023, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero Civil, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 27 días del mes de agosto del 2023.



Carlos E. Gallo

21911078



Daniel E. Quan

21851056

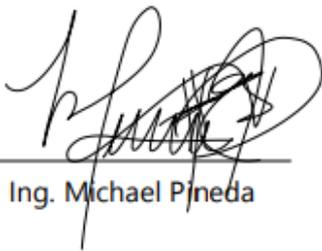


Saymond A. Enamorado

21821083

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. Michael Pineda

Asesor Metodológico



Ing. Sergio Paredes

Asesor Temático



Ing. Otto Flores

Asesor Temático



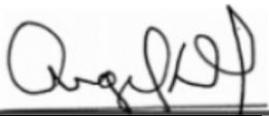
Ing. Verónica Reyes

Asesor Temático



Ing. Mario Cárdenas

Asesor Temático



Ing. Ángel Fúnez

Coordinador de terna



Ing. Ada Rodríguez

Miembro de terna



Ing. Óscar Castro

Miembro de terna

Ing. Héctor Wilfredo Padilla

Jefe Académico de Ingeniería Civil | UNITEC

DEDICATORIA

Dedico a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de Prosperidad, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos y en especial a mi madre Karla Castro y hermana Karla Gallo dedico este logro, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este nuevo logro de vida. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Carlos E. Gallo

A Dios, ya que gracias a sus bendiciones he llegado a esta etapa en la vida, a mi familia, Alex, Teresa y July porque gracias a sus sacrificios he logrado ser un privilegiado de estudiar, me brindaron ánimos y consejos durante esta travesía. Con toda mi admiración, respeto y cariño les dedico este logro.

Daniel E. Quan

Dedico mi arduo esfuerzo a Dios en primer lugar que me permitió que las cosas salieran bien y a mi familia, Verónica Méndez, Bryan Bodden, Maritza Gómez y en memoria a mi padre Saymon Bodden, este logro es para ellos porque han implementado en mi vida valor, carácter, amor, ánimos, y sabiduría, con todo el cariño de mi alma, todos mis logros se los dedico a mi familia.

Saymond A. Enamorado

AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias infinitas, por protegernos de todo mal durante el proceso del proyecto y darnos fuerza para seguir adelante.

Deseamos agradecerles con el mayor respeto a nuestros asesores, el Ing. Otto Doménico Flores Jansser, Ing. Mario Humberto Cárdenas Murillo, Ing. Sergio Francisco Paredes Agurcia, e Ing. Michael Job Pineda Canales. Docentes que nos brindaron de su tiempo y aportaron la base de nuestros conocimientos básicos de la ingeniería civil, así mismo han sido nuestros mentores de manera *ad honorum* a lo largo del recorrido de este proyecto. Con nuestra mayor sinceridad y cariño, les agradecemos.

A los demás profesores de la carrera de ingeniería civil les agradecemos por su compromiso, tiempo y aportes en nuestra formación universitaria.

Agradecemos a la Municipalidad de Puerto Cortés por brindarnos la oportunidad de desarrollar en conjunto con UNITEC el presente proyecto. Así mismo, se les agradece a los pobladores del barrio Pueblo Nuevo por su gentileza y accesibilidad.



RESUMEN EJECUTIVO

Se efectuó el diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial de la segunda calle y tercera avenida en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés con el objetivo del impulso de la ampliación de la red vial bajo el Plan de Desarrollo Municipal. Se tomaron en cuenta variables fundamentales como la topografía del sitio, propiedades del suelo bajo normativa AASHTO, diseño geométrico en función de las características físicas del terreno, diseño estructural bajo el método PCA-84 según el análisis del tránsito vehicular y el diseño del drenaje pluvial. Se diseñó geométricamente una calzada de 7.00m y dos carriles opuestos con un ancho de carril de 3.50m. La pendiente mínima utilizada fue de 0.21% y la máxima de 0.50%, las bajas pendientes se presentaron debido a la existencia de casas habitadas a lo largo de todas las calles y avenidas del barrio, la prevención de mayores volúmenes de corte y el funcionamiento del drenaje pluvial. El pavimento de concreto simple con varillas de transferencia se diseñó con una estructura de subbase con espesor de 10cm y una losa de concreto hidráulico con 18cm de espesor con una resistencia a la compresión de 4000 PSI. Los canales abiertos se diseñaron con un ancho de 0.60m, altura de 0.50m y paredes del canal con bloque de 0.15m, con una pendiente del 1%

Palabras claves: concreto hidráulico, diseño geométrico, drenaje pluvial, pavimento, Pueblo Nuevo.



ABSTRACT

The geometric and structural design of the pavement and storm drainage of the second street and third avenue in Pueblo Nuevo, Puerto Cortés was carried out with the objective of promoting the expansion of the road network under the Municipal Development Plan. Fundamental variables such as the topography of the site, soil properties under AASHTO regulations, geometric design based on the physical characteristics of the terrain, structural design under the PCA-84 method according to the analysis of vehicular traffic and the design of storm drainage were considered. A 7.00m roadway and two opposing lanes with a lane width of 3.50m were geometrically designed. The minimum slope used was 0.21% and the maximum of 0.50%, the pending drops occurred due to the existence of inhabited houses along all the streets and avenues of the neighborhood, the prevention of greater cutting volumes and the operation of the storm drain. The simple concrete pavement with transfer rods was designed with a 10cm-thick subbase structure and a 18cm-thick hydraulic concrete slab with a compressive strength of 4000 PSI. The open channels were designed with a width of 0.60m, a height of 0.50m and channel walls with concrete blocks of 0.15m, with a slope of 1%.

Keywords: hydraulic concrete, geometric design, storm drainage, pavement, Pueblo Nuevo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	1
II.	Planteamiento del Problema	2
2.1.	Precedentes del Problema	2
2.2.	Definición del Problema	5
2.2.1.	Enunciado del Problema.....	5
2.2.2.	Formulación del Problema	5
2.3.	Justificación	5
2.4.	Preguntas de Investigación	7
2.5.	Objetivos	7
2.5.1.	Objetivo General	7
2.5.2.	Objetivos Específicos	8
III.	Marco Teórico	9
3.1.	Análisis de la Situación Actual.....	9
3.1.1.	Análisis del Macroentorno	9
3.1.2.	Análisis del Microentorno	23
3.1.3.	Análisis Interno.....	38
3.2.	Teoría de Sustento.....	40
3.2.1.	Granulometría Norma ASTM D-3282, AASHTO M-145.....	41
3.2.2.	Límites de Atterberg Norma ASTM D 4318, AASHTO T 89-90 y T 90-87...42	
3.2.3.	Manual Centroamericano para Diseño Geométrico de Carreteras	44
3.2.4.	Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos	52
3.2.5.	Manual de Pavimentos de SOPTRAVI	59
3.2.6.	Normativa de Diseño Para Alcantarillado Pluvial del SANAA.....	62
3.2.7.	Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS.....	64

3.2.8.	Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas.....	70
3.2.9.	Alcance, Ventajas y Limitaciones	78
3.3.	Marco Conceptual	79
3.4.	Marco Legal.....	90
IV.	Metodología.....	94
4.1.	Enfoque.....	94
4.2.	Variables de Investigación.....	94
4.2.1.	Diagrama de las Variables de Operacionalización	97
4.3.	Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	102
4.3.1.	Instrumentos.....	102
4.3.2.	Técnicas	108
4.4.	Materiales.....	110
4.5.	Metodología de Estudio.....	113
4.4.2.	Tipo de Diseño.....	113
4.6.	Cronograma de Actividades	114
V.	Resultados y Análisis	121
5.1.	Información del Sitio.....	121
5.1.1.	Ubicación.....	121
5.2.	Análisis Topográfico.....	121
5.2.1.	Levantamiento Topográfico.....	121
5.2.2.	Análisis de Resultados del Levantamiento Topográfico	122
5.3.	Propiedades del Suelo.....	123
5.3.1.	Clasificación del Suelo	123
5.3.2.	Soporte del Suelo	132

5.4.	Diseño Geométrico.....	133
5.4.1.	Criterios de Diseño.....	133
5.4.2.	Procedimiento Diseño Geométrico	135
5.4.3.	Conclusiones Diseño Geométrico	145
5.5.	Diseño Estructural.....	146
5.5.1.	Criterios de Diseño.....	146
5.5.2.	Procedimiento Diseño Estructural	151
5.5.3.	Conclusiones Diseño Estructural.....	162
5.6.	Diseño del Drenaje Pluvial.....	163
5.6.1.	Criterios de Diseño.....	163
5.6.2.	Procedimiento Diseño del Drenaje Pluvial	168
5.6.3.	Conclusiones Diseño del Drenaje Pluvial	177
5.7.	Categorización Ambiental	178
5.8.	Medidas de Mitigación Ambiental	178
5.9.	Planos.....	179
5.10.	Presupuesto.....	180
5.9.1.	Fichas de Costo Unitario.....	182
VI.	Conclusiones.....	193
VII.	Recomendaciones	196
	Bibliografía	198
	Anexos.....	209

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Inundación en Barrio Pueblo Nuevo	3
Ilustración 2-Estado de la segunda calle	4
Ilustración 3-Resultados de estudios de suelo	12
Ilustración 4-Resultados de estudios de suelos Cantera Tres Tomas	12
Ilustración 5- Clasificación de tráfico vehicular.....	16
Ilustración 6-Parámetros de Diseño	16
Ilustración 7-Mapa de la ubicación de cuenca analizada	20
Ilustración 8-Características morfométricas de la cuenca.....	20
Ilustración 9-Resultados del cálculo del caudal de cuenca	21
Ilustración 10-Resultados de ensayos de laboratorio.....	24
Ilustración 11- Resultados de clasificación de suelos	25
Ilustración 12- Elementos de diseño.....	25
Ilustración 13-Correlación para determinación de CBR	26
Ilustración 14-Resultado de espesores.....	26
Ilustración 15-Formato de trabajo para cálculo de espesores de pavimento.....	30
Ilustración 16- Correlación aproximada entre las clasificaciones de suelos.....	31
Ilustración 17-Coeficientes de drenaje.....	31
Ilustración 18-Parámetros de la cuenca	35
Ilustración 19-Intensidad y caudal para estación Santa Bárbara.....	36
Ilustración 20-Intensidad y caudal para estación El Jaral.....	36
Ilustración 21- Mapa de Vialidad de Pueblo Nuevo	39
Ilustración 22- Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales.....	46

Ilustración 23- Peralte y Radio Mínimo para Calles Urbanas de Bajo Tránsito	47
Ilustración 24- Máximas Pendientes Relativas de la Orilla del Pavimento	49
Ilustración 25-Peralte Recomendado, Longitud de Transición y Distancia de Bombeo.....	50
Ilustración 26- Pendiente Máxima para Carreteras Colectoras Rurales.....	51
Ilustración 27- Bombeo Normal de la Calzada.	52
Ilustración 28-Correlación aproximada de la clasificación y los diferentes ensayos.....	53
Ilustración 29- Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k	54
Ilustración 30- Tasas anuales de crecimiento con factores de proyección.	54
Ilustración 31- Porcentaje de camiones en el carril de diseño en carretera	55
Ilustración 32-Análisis de fatiga.....	56
Ilustración 33- Esfuerzo equivalente con dovelas y sin hombros	57
Ilustración 34- Factor de erosión para ejes sencillos con dovelas	57
Ilustración 35- Análisis de erosión, sin hombros de concreto.....	58
Ilustración 36- Influencia del espesor de la subbase respecto a valor k.	60
Ilustración 37- Influencia de subbases no tratadas sobre los valores de k (Kg/cm ³).....	60
Ilustración 38- Gráfico del PCA para el cálculo del espesor del pavimento rígido	61
Ilustración 39- El coeficiente de escorrentía	63
Ilustración 40- Tabla para determinar el coeficiente de escorrentía	66
Ilustración 41- Tabla de porcentaje de pendiente (S)	67
Ilustración 42- Tabla de parámetros a,b,n en función del periodo de retorno	70
Ilustración 43- Curvas hipsométricas	71
Ilustración 44- Cuadro de una sección Rectangular	75
Ilustración 45- Cuadro de tipos de superficie "n"	76
Ilustración 46- Velocidades permisibles de flujo.....	77

Ilustración 47- Jerarquización de la norma ambiental y jerarquización de las acciones.....	93
Ilustración 48-Diagrama de Variables de Operacionalización	97
Ilustración 49-Especificaciones Técnicas Agua Destilada.....	110
Ilustración 50-Marcaje de calicata	111
Ilustración 51-Propiedades Técnicas de la Madera.....	112
Ilustración 52-Diagrama de metodología de estudio	113
Ilustración 53-Cronograma de Actividades.....	120
Ilustración 54-Ubicación de Pozos a Cielo Abierto	124
Ilustración 55- Curva granulométrica muestra 1.....	125
Ilustración 56-Clasificación de suelo muestra 1.....	126
Ilustración 57-Curva granulométrica muestra 2.....	127
Ilustración 58-Clasificación de suelo muestra 2.....	128
Ilustración 59- Curva granulométrica muestra 3.....	129
Ilustración 60- Clasificación de suelo muestra 3	130
Ilustración 61-Correlación aproximada de CBR.....	132
Ilustración 62-Recomendación de demolición de pavimento existente	133
Ilustración 63 - Pendiente Máxima para Carreteras Rurales	134
Ilustración 64 - Creación de Superficie	135
Ilustración 65 - Triangulaciones de Superficie	136
Ilustración 66 – Alineamiento	136
Ilustración 67 - Tabla de Perfil (Rasante).....	137
Ilustración 68 – Etiquetado de alineamiento	138
Ilustración 69 – Ensamblaje	138
Ilustración 70 - Creación del Corridor	139

Ilustración 71 - Canales Abiertos.....	140
Ilustración 72 - Modificación de Taludes	140
Ilustración 73 - Triangulaciones del Canal Abierto en el Terreno Natural.....	141
Ilustración 74 – DATUM.....	141
Ilustración 75 - Ancho de las Secciones.....	142
Ilustración 76 – Secciones	142
Ilustración 77 - Calculo de Volúmenes	143
Ilustración 78 - Multiple Section Views.....	143
Ilustración 79 - Ubicación de Secciones	144
Ilustración 80 - View Frames para Layouts	144
Ilustración 81- Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera	146
Ilustración 82- Tasa de Crecimiento Vehicular Anual.....	147
Ilustración 83- Análisis de Tránsito Vehicular.....	148
Ilustración 84- Carga por eje	149
Ilustración 85- Límite de peso por ejes.....	149
Ilustración 86- Factor de distribución por dirección.....	150
Ilustración 87- Factor de distribución por carril	150
Ilustración 88-Efecto de la subbase granular sobre los valores de k.....	151
Ilustración 89- Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros para eje sencillo.....	152
Ilustración 90- Factor de erosión para ejes sencillos con dovelas y sin hombros.....	153
Ilustración 91- Análisis de fatiga, repeticiones admisibles sin hombros de concreto.	156
Ilustración 92- Análisis de erosión, repeticiones admisibles sin hombros de concreto.....	157
Ilustración 93- Resumen de especificaciones para colocación de juntas.....	159
Ilustración 94-Recomendación respecto a barras de anclaje	160

Ilustración 95-Dimensionamiento de bordillos.....	161
Ilustración 96-Pines en bordillos	161
Ilustración 97-Parámetros requeridos para cálculo de intensidad	163
Ilustración 98-Delimitación de cuenca urbana	164
Ilustración 99- Tramo 1(0+000-0+143.79)	165
Ilustración 100- Tramo 2(0+143.79-0+230).....	166
Ilustración 101- Tramo 3(0+230-0+354).....	166
Ilustración 102- Tramo 4(0+354-0+481.65).....	167
Ilustración 103- Tramo 5(0+000-0+113.60).....	167
Ilustración 104- Tramo 6(0+113.60-0+222.96).....	168
Ilustración 105- Coeficientes de escorrentía.....	168
Ilustración 106-Sección de canal abierto	172
Ilustración 107-Escenario tirante crítico	175
Ilustración 108-Perfil de posible remanso	175
Ilustración 109-Tabla de Categorización Ambiental.....	178
Ilustración 110-Segunda calle norte y tercera avenida, Pueblo Nuevo	209
Ilustración 111-Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	210
Ilustración 112- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	211
Ilustración 113- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	212
Ilustración 114- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	213
Ilustración 115- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	214
Ilustración 116- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	215
Ilustración 117- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	216
Ilustración 118- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	217

Ilustración 119- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	218
Ilustración 120- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	219
Ilustración 121- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	220
Ilustración 122- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	221
Ilustración 123- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	222
Ilustración 124- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	223
Ilustración 125- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	224
Ilustración 126- Listado de puntos topográficos en orden PENZD.....	225
Ilustración 127- Banco de nivel CP1.....	225
Ilustración 128- Banco de nivel CP2.....	226
Ilustración 129- Banco de nivel CP3.....	226
Ilustración 130- Banco de nivel CP4.....	227
Ilustración 131- Levantamiento topográfico mediante Trimble C5.....	227
Ilustración 132- Levantamiento topográfico mediante bastón y prisma.....	228
Ilustración 133- Ensayo granulométrico.....	228
Ilustración 134- Ensayo granulométrico.....	229
Ilustración 135- Ensayo de Límites de Atterberg.....	229
Ilustración 136- Ensayo de Límites de Atterberg.....	230
Ilustración 137- Ficha Técnica Geotextil H2Ri.....	231

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Variables de Operacionalización.....	95
Tabla 2-Tabla de Operacionalización	98
Tabla 3- Instrumentos Aplicados.....	102
Tabla 4-Cuadro con bancos de nivel	122
Tabla 5-Muestras de suelo Pueblo Nuevo.....	123
Tabla 6-Análisis granulométrico muestra 1.....	125
Tabla 7- Análisis granulométrico muestra 2	127
Tabla 8- Análisis granulométrico muestra 3	129
Tabla 9- Clasificación del Suelo Pueblo Nuevo.....	131
Tabla 10- Cálculo de espesor de pavimento rígido	158
Tabla 11-Cálculo de espesor de pavimento rígido.....	158
Tabla 12-Estructura de Pavimento Rígido	158
Tabla 13- Tramos de análisis para obtención de caudales.....	165
Tabla 14-Cálculo de Parámetros Tramo 1	169
Tabla 15-Cálculo de Parámetros Tramo 2	169
Tabla 16- Cálculo de Parámetros Tramo 3	170
Tabla 17- Cálculo de Parámetros Tramo 4	170
Tabla 18- Cálculo de parámetros Tramo 5	171
Tabla 19-Cálculo de Parámetros Tramo 6	171
Tabla 20-Iteraciones Cálculo Tirante Normal	173

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1- Radio Mínimo de Curva	44
Ecuación 2- Grado de Curvatura	45
Ecuación 3- Mínima Longitud de Transición del Peralte.....	48
Ecuación 4-Distancia de Bombeo.	49
Ecuación 5- Formula del método racional.....	62
Ecuación 6- El coeficiente de escorrentía	63
Ecuación 7- La intensidad media de la lluvia.....	63
Ecuación 8- Tiempo de concentración.....	67
Ecuación 9- Tiempo de concentración tcc	67
Ecuación 10- El Promedio Aritmético.....	68
Ecuación 11- Método de los Polígonos de Thiessen.....	69
Ecuación 12- Intensidad de la lluvia expresada.....	69
Ecuación 13- Relación de la curva hipsométrica	71
Ecuación 14- Medida de la pendiente en sentido vertical	72
Ecuación 15- El índice de compacidad	72
Ecuación 16- El factor de forma	73
Ecuación 17- Densidad de drenaje.....	74
Ecuación 18- Weibull	74
Ecuación 19- Período de retorno.....	74
Ecuación 20- Pendiente media	75
Ecuación 21- Caudal de diseño.....	76
Ecuación 22- Ecuación de Manning.....	77

Ecuación 23- Ecuación de continuidad para cálculo de caudal.....	77
Ecuación 24- Factor de Crecimiento de la Vida Útil	147
Ecuación 25- Tráfico Promedio Diario	148
Ecuación 26- Interpolación de factor de fatiga	152
Ecuación 27- Relación de esfuerzos.....	153
Ecuación 28- Interpolación de factor de erosión para eje sencillo	154
Ecuación 29- Carga por eje (kN)	154
Ecuación 30- Repeticiones Esperadas.....	154
Ecuación 31-Chezy Manning	173
Ecuación 32- Número de Froude.....	174
Ecuación 33- Energía Específica.....	174

I. INTRODUCCIÓN

Los trabajos de ingeniería civil, que intrínsecamente abarcan la planeación, el estudio, análisis, diseño y construcción, son componentes fundamentales en el desarrollo físico de las ciudades y regiones. Dichos componentes permiten la anticipación y preparación para acontecimientos futuros y se aboca a la prevención de los problemas que puedan acontecer a mediano y largo plazo, así como la corrección de los existentes. Además, ayudan a satisfacer las necesidades humanas básicas, como las de vivienda, transporte y bienes de consumo, así mismo ayuda a conservar y proteger los recursos del medio ambiente.

Según el Heraldo, en Honduras, el 77% de la infraestructura vial no está pavimentada. El departamento de Cortés cuenta con 487.32 kilómetros de calles vecinales, rutas que unen pueblos, aldeas o fincas, que no han sido pavimentadas. Es el caso del barrio Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés, que sufre de insuficiencias en infraestructura básica, en gran parte de la extensión de sus calles y avenidas. A los primeros meses del 2023, el barrio cuenta únicamente con una calle pavimentada y es notorio el mal estado de las calles aledañas.

Dentro de las intenciones de la Municipalidad de Puerto Cortés, en el marco del Plan de Desarrollo Municipal con enfoque en el ordenamiento territorial avalado por la norma ISO 9001:2015, tienen como prioridad el eje estratégico del mejoramiento de infraestructura básica en Puerto Cortés, en conjunto con el departamento de Promoción Social. Dentro del plan de desarrollo municipal, se encuentran diferentes comunidades que se verán beneficiadas y entre ellas ha sido seleccionado el barrio Pueblo Nuevo. Puesto que se ha evidenciado el crecimiento de la ciudad de Puerto Cortés hacia el eje carretero de la CA-13, la Municipalidad tiene en marcha el plan de propiciar un desarrollo urbano ordenado con los servicios básicos necesarios para la comunidad de esta zona.

Siguiendo el propósito del plan de desarrollo municipal de impulsar la ampliación de la red vial de acuerdo a las exigencias del crecimiento y desarrollo del municipio, a continuación, se propone el diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, con el objetivo del mejoramiento del desagüe de aguas lluvia y el incremento de calles vecinales pavimentadas del barrio. Este proyecto será realizado por tres

alumnos de la carrera de ingeniería civil que desean aportar un grano de arena al desarrollo de la infraestructura básica de la comunidad de barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una vez conocido el contexto del proyecto, se procede al planteamiento de la problemática. En este capítulo se encuentran los precedentes del problema, que ayudan a comprender el contexto histórico, que involucra las dificultades que ha padecido la comunidad del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. A continuación, se brinda un enunciado del problema, el cual conduce a la formulación amplia de la problemática y por ende una justificación de la realización del proyecto. Así mismo se presentan las preguntas de investigación planteadas de acuerdo con las necesidades del proyecto, el objetivo general y objetivos específicos.

2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Gonzalo Orellana (2023) comenta que a inicios de la década de los setenta comenzaban los yacimientos de lo que con el tiempo se convertiría en el Barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. Poco antes de ser habitado, las calles y avenidas del barrio eran suelos pantanosos, únicamente visitado por vecinos de las comunidades aledañas para la caza de reptiles, y poco a poco se fue habitando la zona. Fue en la década de los 90s que el barrio experimento su mayor crecimiento poblacional, gracias a los inicios de la construcción de la vía de comunicación Centro Americana CA-13.

En 1998, el barrio Pueblo Nuevo comenzó a sufrir eventos de vulnerabilidad. En dicho año ocurrió el fenómeno del huracán Mitch, que provocó una inundación hasta 2 pies de altura, dejando a los pobladores del barrio incomunicados en su totalidad. Sin embargo, el huracán Mitch no fue el último desastre natural que afecto al sitio, el 7 de noviembre del 2020, la comunidad de Pueblo Nuevo experimentó nuevamente otra inundación, a diferencia del huracán Mitch, se inundó parcialmente a una altura de 1 pie y medio. (Gonzalo Orellana, 2023)

La comunidad de Pueblo Nuevo amaneció con un profundo pesar al saber que sus hogares habían sido inundados a causa de los fenómenos naturales ETA e IOTA que provocaron la crecida de la Laguna de Alvarado que rodea perimetralmente al barrio Pueblo Nuevo y consecuentemente esta originó la inundación de casas y calles, dejando incomunicada

temporalmente a la comunidad. Producto de lo mencionado anteriormente, las calles vecinales del barrio se deterioraron y es evidente la presencia de agujeros y acumulación de aguas debido a la falta de capacidad de los canales pluviales de drenar las aguas. Las aguas estancadas son generadoras de enfermedades gastrointestinales, infecciones de heridas, sarpullidos, tétanos, entre otras. (Gonzalo Orellana, 2023).

A continuación, se presenta la Ilustración 1 del barrio Pueblo Nuevo afectado por las tormentas tropicales Eta e Iota.



Ilustración 1-Inundación en Barrio Pueblo Nuevo

La Ilustración 1, muestra la inundación parcial del sitio, la cual expone la vulnerabilidad de este en cuanto a fenómenos naturales.

Según la Gerencia Técnica de la Municipalidad de Puerto Cortés, las calles del vecindario reciben un mantenimiento periódico de 1 o 2 veces al año, ya que la municipalidad no se puede dar abasto por la demanda de las comunidades que solicitan ayuda con la preservación del buen estado de las calles no pavimentadas. Dicho procedimiento consiste en la limpieza, bacheo y conformación de las calles, en donde hacen uso maquinaria pesada como la motoniveladora, equipo encargado de conformar las vías. Así mismo, utilizan el vibro compactador y tanque de agua con el objetivo de humedecer y compactar el área de calles.

Reanudando el tema del estado actual de las calles, se muestra por medio de la siguiente imagen la condición actual de la segunda calle del barrio al primer trimestre del 2023. La Ilustración 2, expone la mala condición de la segunda calle del barrio Pueblo Nuevo, siendo este tipo de agujeros constante a lo largo del tramo vial.



Ilustración 2-Estado de la segunda calle

Fuente: (Propia, 2023).

Con intenciones de mejora, la Municipalidad de Puerto Cortés enmarcada en el Plan de Desarrollo Municipal con Enfoque en el Ordenamiento Territorial, en su eje Estratégico Mejoramiento de Infraestructura Básica, en conjunto con Promoción Social, inició la RECEPCIÓN Y APERTURA DE OFERTAS DE LICITACIÓN PÚBLICA NACIONAL PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTACIÓN EN DIFERENTES ZONAS DE LA PENÍNSULA, la cual abarca al barrio de Pueblo Nuevo. (Hernández, 2022).

Rubén Chávez (2022) señaló que como Municipalidad están comprometidos con el mejoramiento de la infraestructura básica del municipio. Este año se proyectan a inaugurar grandes obras para beneficio de la ciudadanía como ser; el Centro de Salud Obdulio García, el Gimnasio Municipal Danilo García, pavimentación de la 5 avenida Este, entre muchos más proyectos. "De verdad me siento alegre por todos estos proyectos que ha gestionado la alcaldesa María Luisa Martell, se nota el desarrollo en la ciudad".

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Previamente, se brindó información histórica del sitio, precedentes de problemas e intenciones de mejora respecto a la necesidad que se pretende solucionar en el barrio de Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. A continuación, se presenta la definición de la problemática, paso importante para tener claro el propósito del proyecto. La definición del problema se divide mediante el enunciado del problema y la formulación de este.

2.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

A continuación, se presenta el enunciado del problema, con el objetivo de dar a conocer el propósito por el cual se realizará el proyecto.

“El barrio Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés carece de una estructura de pavimento y un sistema eficiente de drenaje pluvial hasta la fecha del primer trimestre del 2023”.

2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es necesario formular la siguiente pregunta que servirá como referencia para tomar una decisión acerca del tipo de diseño de pavimento y drenaje pluvial requerido.

De acuerdo con las características físicas de Pueblo Nuevo, Puerto Cortés al primer trimestre del 2023, ¿con qué características deberán contar los elementos geométricos, estructurales y constructivos que serán requeridos como resultado del estudio y diseño de la red vial y drenaje pluvial?

2.3. JUSTIFICACIÓN

La finalidad del proyecto es beneficiar a la comunidad de Pueblo Nuevo en Puerto Cortés con un diseño geométrico y estructural de pavimento rígido y drenaje pluvial. Teniendo en cuenta la misión del Plan de Desarrollo Municipal llevado a cabo por el departamento de Gerencia Técnica en conjunto con el departamento de Promoción Social de la Municipalidad de Puerto Cortés.

El Plan de Desarrollo Municipal de Puerto Cortés se compone bajo el eje estratégico del mejoramiento de infraestructura básica y el componente de impulsar la ampliación de la red

vial de acuerdo a las exigencias del crecimiento y desarrollo del municipio, dando prioridad a las carreteras secundarias y caminos vecinales de acceso a áreas productivas del municipio y su estrategia número 4, la cual describe la promoción de la participación de la población beneficiaria en las áreas de influencia de los proyectos de conservación de la red vial, para que sean agentes, activos, celosos y vigilantes de los procesos de auditoria social, a fin de contar con una mejor eficiencia de los trabajos de mantenimiento.

En función del eje estratégico de la Municipalidad de Puerto Cortés, se pretende diseñar un sistema eficiente de drenaje pluvial que sea capaz de evacuar en tiempo y forma las aguas lluvia. Una red eficiente de drenaje pluvial significa salvaguardar las condiciones de que la comunidad no permanezca temporalmente aislada en épocas de lluvia y se le nieguen accesos básicos como la atención en hospitales, presencia en los centros escolares o asistencia a las jornadas laborales. De igual forma, se diseñará geométrica y estructuralmente el pavimento rígido de los accesos viales de la segunda calle norte y tercera avenida norte desde la segunda calle hasta la cuarta calle del barrio Pueblo Nuevo.

Los comercios instalados en Pueblo Nuevo no son generadores masivos de empleo, en la zona se pueden encontrar pulperías, sastrerías, comedores, restaurantes, bares y talleres. Según la *Universidad Nacional Autónoma de Honduras (2022)* se estima que la población en edad de trabajar del municipio lo compone un 62.15% de la población, de los cuales 18.83% está comprendido en los grupos de 15 a 24 años y un 23.95% se encuentran entre las edades de 25 a 39 años y un 19.38% se encuentra entre los 40 a 59 años. El 42.78% de la población potencialmente activa de Puerto Cortés es joven y deben de salir del barrio para poder atender a un centro de educación media, superior o instituto de formación profesional. Para que los jóvenes de Pueblo Nuevo y demás pobladores, que forman parte de la población económicamente activa, sigan siendo productivos, deben de cruzar las calles en mal estado día a día.

La infraestructura básica motiva a familias, que luchan por mejorar su condición económica, a permanecer o incluso a mudarse al barrio debido a que reconocen que la zona cuenta con calles pavimentadas, energía eléctrica, alcantarillado pluvial y sanitario, iluminación pública y telecomunicaciones. El presente proyecto puede ser utilizado por futuros ingenieros civiles para tomar información técnica de las condiciones de la zona del barrio Pueblo Nuevo.

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Partiendo de la definición del problema y la justificación de este, se brindan de manera cronológica las siguientes interrogantes de investigación con el objetivo de brindar un rumbo lógico al proyecto.

- 1) ¿Cuáles son las condiciones topográficas que posee el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés?
- 2) ¿Qué tipología de suelo se descubrirá en la zona?
- 3) ¿Qué propiedades geométricas, estructurales y constructivas deberá tener el sistema de drenaje pluvial que mejor se adecúe a las condiciones del sitio?
- 4) ¿Cuáles serán las características de los elementos geométricos, estructurales y constructivos de la estructura de pavimento rígido en función del análisis de tránsito vehicular al primer trimestre del 2023?
- 5) ¿A cuánto asciende el presupuesto del diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial a la primera mitad del 2023?

2.5. OBJETIVOS

A continuación, se presenta el objetivo general, el cual resume el resultado que se busca obtener mediante este trabajo, establece el alcance y engloba el propósito del proyecto. De igual forma, se exponen los objetivos específicos, los cuales son planteados en base a las preguntas de investigación de forma cronológica y siguen la serie de pasos a alcanzar para cumplir el objetivo general del proyecto.

2.5.1. OBJETIVO GENERAL

A continuación, se presenta el objetivo general del proyecto:

Elaborar un diseño geométrico y estructural de pavimento y sistema de desagüe pluvial para Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés, regido por especificaciones del SANAA, FHIS y Manual de Pavimentos Centroamericano en base a las condiciones actuales de la zona, mejorando así la infraestructura básica del sitio.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Basados en las preguntas de investigación a continuación, se presentan los objetivos específicos del proyecto:

- 1) Determinar las condiciones topográficas actuales que posee el barrio Pueblo Nuevo, mediante un levantamiento físico de las condiciones del terreno.
- 2) Clasificar el tipo de suelo bajo la normativa AASHTO, aplicando ensayos de laboratorio.
- 3) Identificar las propiedades geométricas, estructurales y constructivas que deberá tener el sistema de drenaje pluvial adecuado en base a las condiciones del sitio.
- 4) Proponer un diseño geométrico, estructural y constructivo de pavimento rígido en barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.
- 5) Presentar un presupuesto en base a cantidades de obra, precios de materiales y mano de obra para la ejecución del proyecto en barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés, respecto a la primera mitad del 2023.

III. MARCO TEÓRICO

Basado en la información brindada previamente respecto al contexto general, problemática y finalidad del proyecto, a continuación, se presenta el marco teórico. Este capítulo consiste en analizar y presentar las teorías que existen sobre la problemática a investigar, en donde se incluyen los antecedentes de trabajos y se reconoce la contribución de los autores. Además, se incluyen a todas las fuentes bibliográficas de consulta teórica de que se puede disponer sobre el problema a investigar. Básicamente, es una base sobre la cual se trabaja la información científica existente y sirve para darnos una guía de dirección de nuestro estudio, al igual que la prevención de errores en el proyecto a desarrollar.

3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El análisis de la situación actual contiene información teórica en base a estudios referentes con similitud a nuestro proyecto, que se realizará en el barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés. El marco informativo está conformado por tres partes: Análisis del macroentorno, que consta de proyectos referentes extranjeros con semejanza al trabajo por desarrollar. Análisis del microentorno, son trabajos distinguidos a nivel nacional y por último se compone del análisis interno, que son publicaciones destacadas en la misma zona de estudio.

3.1.1. ANÁLISIS DEL MACROENTORNO

A continuación, se presentará el análisis del macroentorno que consta de proyectos internacionales con características similares al diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje Pluvial en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

3.1.1.1. Diseño de pavimento rígido y drenaje pluvial en La Tina, Perú

a) Información del sitio

Ferroñan Viera & García Ramírez (2017) describen:

La zona de influencia del proyecto se encuentra en el Sector La Tina, ubicado en el Distrito de Lambayeque y comprende la Calle 1, Calle 2, Calle 3, Calle 4, Calle 5, Vía 1, calle Solf y Muro y Avenida La Tina, con un aproximado de 460 habitantes. (p.32)

Actualmente las calles del Sector La Tina, su superficie de rodadura es de terreno natural y que estando en seco se pulveriza al menor paso de los vehículos, llenando los ambientes de polvo, ocasionando serias molestias e incluso problemas de salud. Por otra parte, la presencia de fenómenos pluviales como El Niño y al no contar con un sistema de drenaje pluvial, hace que a la más pequeña lluvia que caiga sobre las calles del Sector La Tina se presenten aniegos y empozamientos, es por ello que cuando llueve se vuelve intransitable. (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.32)

b) Problema

El presente estudio nace como resultado de una necesidad sentida y por iniciativa de la población organizada, la misma que con el apoyo de la Universidad César Vallejo, a través de sus tesistas iniciarán el estudio de dicha problemática para luego gestionar el apoyo de su ejecución y construcción ante las autoridades competentes. Los habitantes de la zona urbana, compuesto por los pobladores de las diferentes calles del sector la Tina solicitaron con anterioridad a la Municipalidad Provincial de Lambayeque en forma reiterada; las mismas que no han sido atendidas por las anteriores administraciones, siendo estas necesidades básicas que las autoridades deben priorizar, a fin de lograr una mejor integración, creando condiciones adecuadas para mejorar la calidad de vida de los moradores. (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.57)

Actualmente no existen calles pavimentadas en la urbanización La Tina para su transitabilidad vial y peatonal, afectando directamente a las familias que viven allí, sólo existe terreno natural y polvoriento en condiciones inadecuadas, contribuyendo a aumentar los índices de contaminación ambiental, poniendo en riesgo la salud de los pobladores sobre todo los niños y ancianos. Los afectados directos es la población del Sector la Tina, en aras de hacer realidad el proyecto de pavimentación de sus calles, emprendieron una serie de gestiones ante la Municipalidad Provincial de Lambayeque, con el objetivo de encontrar solución a su problemática. (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.57)

Actualmente las calles del Sector La Tina, su superficie de rodadura es de terreno natural y que estando en seco se pulveriza al menor paso de los vehículos, llenando los ambientes de polvo, ocasionando serias molestias e incluso problemas de salud. Por otra parte, la presencia de fenómenos pluviales como El Niño y al no contar con un sistema de drenaje pluvial, hace que a la más pequeña lluvia que caiga sobre las calles del Sector La Tina se presenten aniegos y empozamientos, es por ello que cuando llueve se vuelve intransitable. (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.58)

El presente proyecto no cuenta con estudio Técnico, Por lo mencionado y siendo una necesidad con la finalidad de mejorar la transpirabilidad vehicular y peatonal y por ende mejorar el nivel de vida de los habitantes del Sector La Tina, los autores del presente tema de tesis con el apoyo logístico de la Municipalidad Provincial de Lambayeque hemos elaborado el proyecto de Tesis llamado: "Diseño del Pavimento Rígido, Veredas y Drenaje Pluvial de la Urbanización Progresiva La Tina, del Sector Salida Sur Este de Lambayeque Dren 2210, Distrito de Lambayeque". (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.62).

c) Metodología aplicada

Para estudiar las características físicas y mecánicas de un suelo, se recurre a determinar directamente las propiedades del suelo mediante ensayos de laboratorio.

- Determinación del contenido de humedad.
- Determinación de los Límites de Consistencia o Límites Atterberg.
- Análisis granulométrico por tamizado.
- Determinación de la Relación Humedad – Densidad de un Suelo. (Proctor Modificado)
- Determinación de Valor Portante de California (CBR).

A continuación, por medio de la Ilustración 3, se presentan los resultados de estudios de la mecánica de suelos del Sector La Tina:

SECTOR LA TINA - LAMBAYEQUE							
CAICATA	CALLES	SUSC	AASHTO	LL	LP	IP	CBR 95%
C - 1	Calle 1	CL-ML	A-4 (6)	21.32	15.52	5.80	6.40
C - 2	Calle 2	SP-SC	A-2-6 (0)	NP	NP	NP	
C - 3	Calle 3	CL-ML	A-4 (9)	24.6	18.52	6.08	
C - 4	Calle 4	CL	A-6 (9)	37.86	20.6	17.26	
C - 5	Calle 5	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP	10.20
C - 6	Via 1	SM	A-2-4 (0)	NP	NP	NP	19.20
C - 7	Calle Sol y Muro	SP	A-3 (0)	NP	NP	NP	
C - 8	Avenida La Tina	SM	A-4 (3)	30.27	17.46	12.81	

Ilustración 3-Resultados de estudios de suelo

Fuente: (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.86).

En conclusión, en la Ilustración 3, se pueden observar los resultados de los límites líquidos, plásticos, índice de plasticidad y CBR de 8 calicatas. El proyecto de Ferroñan Viera y García Ramírez contempla el estudio de suelos bajo las normativas SUCS y AASHTO. A continuación, se presenta la Ilustración 4, la cual muestra los resultados de los estudios de suelos de la Cantera Tres Tomas.

CANTERA 03 TOMAS		
SUCS		GW-GM
AASHTO		A-1-a (0)
PORCENTAJE DE ARENAS	%	72.00
PORCENTAJE DE GRAVAS	%	22.00
PORCENTAJE DE FINOS	%	6.00
LIMITE LIQUIDO (LL)	%	21.00
LIMITE PLASTICO (LP)	%	18.00
INDICE DE PLASTICIDA (IP)	%	3.00
MAXIMA DENSIDAD SECA	gr/cm3	2.18
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.00
CBR (100%)	%	92.80
ABRASION	%	37.50
SALES TOTALES	%	0.47
VOLUMEN DE EXPLOTACION	m3	8000.00

Ilustración 4-Resultados de estudios de suelos Cantera Tres Tomas

Fuente: (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.90).

En conclusión, en la Ilustración 4, se visualizan los datos técnicos obtenidos bajo normativa SUCS y AASHTO.

d) Conclusiones y Recomendaciones

Según informe de estudios de mecánica de suelos, se obtuvieron CBR de diseño de 6.4, 10.20 y 19.20, de las calicatas C1, C5 y C6 respectivamente, y de acuerdo al manual para el diseño de pavimentos de bajo volumen de tránsito, considera tomar el valor del CBR más bajo, por tal motivo el CBR de diseño para el pavimento rígido en estudio será de 6.40, donde se concluye que la subrasante es clasificada como regular por tener un $(CBR > 6)$. (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.327)

Para el presente estudio se ha utilizado el método AASHTO, versión 1993, porque a diferencia de del método PCA, este método introduce el concepto de SERVICIABILIDAD en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario; obteniéndose un espesor de losa ($D = 0.20$ m). (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017, p.327)

Se recomienda ejecutar la obra en los meses de abril a agosto, dado que dichos meses no hay tanta precipitación, según datos históricos de Precipitación pluvial proporcionados por SENAMHI, a fin de mitigar los efectos de las lluvias durante la construcción de la obra (Ferroñan Viera & García Ramírez, 2017,p.327)

3.1.1.2. Diseño de pavimento rígido y drenaje pluvial Mixco

a) Información del sitio

Tahuite Giovani (2015) afirma:

En el condominio El Bosque y parte del boulevard El Naranjo ubicados en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala es necesario realizar el diseño y construcción de un sistema de drenaje pluvial y del pavimento de concreto rígido, ya que por el desarrollo poblacional e industrial que ha tenido dicha zona, los ciudadanos han pedido ayuda de la Municipalidad para satisfacer estas necesidades. Teniendo en cuenta que, Mixco es un municipio del departamento de Guatemala, ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital. Se localiza a $90^{\circ} 34'$ de longitud oeste y $14^{\circ} 16'$ de latitud norte, con un área total de 132 km^2 y temperatura promedio de 27 grados centígrados. (p.31)

El municipio de Mixco está situado en los alrededores del cerro Alux, razón por la cual predomina una topografía montañosa, en donde la mayoría de las calles tienen cierta pendiente e irregularidad. Centrándose en el proyecto, la topografía es montañosa debido a que colinda en una de sus partes con el cerro El Naranjo. Así mismo, se realizó una investigación sobre las principales necesidades en infraestructura que posee Mixco. Entre las 11 zonas que conforman el municipio, la zona 4 está entre las más necesitadas de proyectos de infraestructura. Es por esta razón que la Municipalidad, con el afán de fomentar el progreso y la calidad de vida de los ciudadanos, ha decidido comenzar con el desarrollo del proyecto de la construcción de un drenaje pluvial y la pavimentación de concreto en varias calles, ya que con esto solucionaría varias carencias del lugar. (Tahuite Giovanni, 2015, p.31)

b) Problema

Los problemas encontrados es que los habitantes de la zona 4 de Mixco informan constantemente sobre la necesidad de implementar un sistema de drenaje pluvial en varias calles del sector, junto con la pavimentación de estas; ya que en época de invierno se produce un deterioro constante de las vías de comunicación, además del peligro que el agua estancada representa para la salud de la población local. Así mismo, al evaluar la necesidad de incorporación de un sistema de drenaje pluvial y pavimentación de concreto en parte del área de zona 4 de Mixco, se les da solución a dos necesidades fundamentales de la población local. Además de evitar el riesgo de contraer enfermedades infectocontagiosas y que el agua pluvial entre a las diferentes construcciones por inundación de la vía pública Se 8 establecerán vías de comunicación en buen estado, asegurando una vida útil del proyecto de 30 años y brindando una mejor calidad de vida a los vecinos. (Tahuite Giovanni, 2015, p.37)

c) Metodología aplicada

A continuación, se muestra los parámetros estudiados en el diseño del pavimento rígido que se utilizara para la ejecución del proyecto proporciona dos métodos de diseño para determinar

el espesor de losas que resistan las cargas de tránsito para calles y carreteras con pavimentos rígidos, estos parámetros son:

- Método de capacidad: es el método de diseño en el cual se utilizan datos de carga-eje, obtenido por medio de estaciones de control vehicular para conocer el peso de los vehículos que circulan por el lugar. Este método asume datos detallados de carga por eje. (Tahuite Giovani, 2015, p.23)
- Método simplificado: es un procedimiento de diseño en el cual no se utilizan estaciones de control vehicular y se pueden diseñar losas con y sin bordillos. Este método es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico, clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de 20 años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía. (Tahuite Giovani, 2015, p.23)

Se sabe que para diseñar el espesor y las dimensiones del pavimento rígido de la zona industrial de la zona 4 de Mixco, se utilizará el método simplificado de la PCA y Para la aplicación del método simplificado, la PCA ha elaborado tablas, en las cuales señala diferentes categorías que dependen principalmente del tipo de tránsito al cual será sometido el pavimento. (Tahuite Giovani, 2015, p.23)

Para el diseño de la base del pavimento rígido se toman en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos. La muestra verificó que el suelo tiene un valor aceptable para utilizarlo como subrasante, por lo tanto se determinará el espesor de la base según las especificaciones correspondientes, Para el diseño del espesor del pavimento se deben seguir los siguientes pasos que son fundamentales para la elaboración de este diseño:

- Determinación de la categoría de la vía: Para determinar la ruta, necesitamos saber el tráfico promedio

Registro de ubicación (TPD). Número aproximado de vehículos fabricados tránsito en la zona. El tiempo de conteo es de aprox. en 5 días, sabemos que para propósitos de diseño se debe de calcular un porcentaje de vehículos pesados esperados durante el periodo de diseño.

Para la clasificación de vehículos que transitan por la zona de estudio es clasificado gracias a la Ilustración 5, que se presenta a continuación:

Categoría	Descripción	Tráfico		Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC	Sencillo	Tándem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3 Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 a 18 De 40 arriba 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles 3000 a 5000 para 4 carriles o más	8 a 30 De 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o más	8 a 30 De 1500 a 8000	34	60

Ilustración 5- Clasificación de tráfico vehicular

Fuente: (WESTERGAARD, H.N. Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto, p. 48).

En conclusión, en la Ilustración 5, se pueden observar las diferentes categorías de clasificación en la que se puede encontrar al máximo carga que puede soportar por ejes la carretera según su tránsito diario.

Para la determinación del espesor de la base se hace uso de la tabla del módulo de reacción (K). A continuación, se presenta la Ilustración 6, con el objetivo de saber los diferentes espesores que se pueden obtener en diferentes tipos de pavimentos:

Subrasante valores de K PCI	Base valores de K pci			
	4 plg	6 plg	9 plg	12 plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Ilustración 6-Parámetros de Diseño

Fuente: (WESTERGAARD, H.N. Comportamiento de esfuerzos en camino de concreto, p. 14.)

En conclusión, en la Ilustración 6, se pudo observar que hay que tomar en cuenta el valor que nos puede llegar a resultar el módulo de reacción (K), ya que esto nos permitirá conocer el valor adecuado de la base.

d) Conclusiones y recomendaciones

Tahuite Giovani, (2015) concluye:

A pesar de que el valor soporte del suelo, según el ensayo de CBR es alto, se debe ser conservador al momento del diseño del pavimento, asegurándose, de esta manera, contrarrestar las irregularidades del suelo y reduciendo la formación de fallas en la capa de rodadura a lo largo del proyecto. (p.111)

El diseño pavimento rígido mediante el método de la PCA es de fácil aplicación y garantiza el buen funcionamiento del pavimento cuando no se tiene un control de tráfico local. (Tahuite Giovani, 2015, p.111)

Con el trabajo de campo se hace un mejor estudio para diseñar con certeza los proyectos de infraestructura que se adecuan a las necesidades de la comunidad, así mismo el sistema de alcantarillado fue diseñado conforme a especificaciones para tener un desempeño satisfactorio en todo su periodo de diseño. (Tahuite Giovani, 2015, p.111)

Para que la vida útil sea la estipulada, es importante brindar la correcta supervisión profesional en la etapa de construcción del proyecto, cumpliendo con el diseño de los planos, reglamentos y normas vigentes. (Tahuite Giovani, 2015, p.112)

Para garantizar la calidad de construcción de ambos proyectos, es importante verificar, mediante ensayos, la calidad de los materiales a utilizar. Además de esto, se necesita tener mano de obra calificada. (Tahuite Giovani, 2015, p.112)

3.1.1.3. *Diseño del sistema de drenaje pluvial La Concepción-Masaya*

A continuación, se presentará un proyecto referente llevado a cabo en el municipio de la Concepción-Masaya, Nicaragua por Yorling Carolina García Hernández, Noel José Montoya López y Donald Ismael Rodríguez Hernández.

a) Información del sitio

García Hernández et al. (2013) señalan:

El proyecto se ubica en el casco urbano del municipio de La Concepción-Masaya, y comprende seis de sus diez sectores oficiales los cuales son: Francisco Reyes, Reparto Covilaco, Juan Dávila, Anexo Juan Dávila, La Mascota y Santiago Paiz. La temperatura oscila entre 26.2° a 27.3° C., lo que define como bosque húmedo subtropical, es decir, un clima agradable y fresco. Colina al norte con los municipios de Nindirí y Ticuantepe (Dpto. de Managua). Al sur con el municipio de San Marcos (Dpto. de Carazo). Al este con el municipio de Masatepe. Al oeste con el municipio de Managua. Al 2013, el municipio contaba con un total de 38,690 habitantes. (p.17)

En la zona urbana del municipio existen servicios públicos y privados tales como: clínicas, puestos comerciales, cibercafé, farmacias, estación policial, además de los servicios básicos de agua potable, energía y telecomunicaciones. Existen templos religiosos y parques de recreación, siendo el templo religioso de La Concepción (cuyo nombre es el mismo del municipio) el de mayor valor cultural para los pobladores y visitantes, las calles del centro urbano se encuentran adoquinadas. Algunas de las cuales tienen tramos que funcionan como calle-cauces. (García Hernández et al., 2013, p. 17)

El municipio no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario por lo que la población utiliza letrinas y sumideros como única alternativa para deposición de las excretas. De igual manera no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, lo que ocasiona que, en el centro urbano, propiamente en la calle central se produzcan grandes inundaciones y el deterioro en varios tramos de la calle. (García Hernández et al., 2013, p. 17)

b) Problema

En épocas de lluvia, el municipio de La Concepción se ve afectado por las inundaciones, debido a la deficiencia del drenaje existente. En consecuencia, cada año las calles y caminos se deterioran, ya que estos tienen doble función: estructuras de rodamiento y calles cauces, las cuales en avenidas máximas sobrepasan el tirante crítico provocando el desborde de las aguas y ocasionando severas inundaciones. Otro de los problemas más comunes es la acumulación de desechos sólidos, ya que los pobladores aprovechan las corrientes de agua que fluyen en las calles

para deshacerse de la basura de sus casas, además de los materiales que éstas arrastran y acumulan. Todo esto provoca el incremento de las enfermedades diarreicas, dengue, malaria, entre otras, por falta de higiene ambiental. De igual manera provoca inseguridad en la circulación de los peatones y vehículos, y genera gastos continuos de la alcaldía para la reparación y mantenimiento de las calles. (García Hernández et al., 2013, p.21)

El sector más afectado por las inundaciones es el tramo de la calle principal que va desde el Retén hasta el sector conocido como "El Mercadito", el cual es considerado como el más crítico, con una longitud de 1.022 km. Dichas inundaciones son provocadas por la concentración de las aguas que proviene de los barrios: Juan Dávila, Anexo Juan Dávila, La Mascota y Francisco Reyes del sector Noroeste, y de las aguas que se escurren por los tramos de la calle del costado oeste que une al cementerio con la calle principal, las cuales descargan en un cauce natural a 588 metros de la calle principal. (García Hernández et al., 2013, p.21)

Las inundaciones en las calles del casco urbano incrementan los riesgos en la salud de la población, daños en los tramos de calles e inseguridad en la circulación de vehículos y peatones. Por tal motivo es necesario implementar una alternativa que solucione de manera eficiente el drenaje de las aguas pluviales. (García Hernández et al., 2013, p.21)

c) Metodología aplicada

Los parámetros de la cuenca se obtuvieron a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje, haciendo uso del programa AutoCAD. A continuación, se presenta la ubicación de la cuenca que se estudió. Se permite visualizar con claridad las curvas de nivel principales y secundarias. La Ilustración 7 permite observar la cuenca estudiada y sus curvas de nivel. Curvas principales distanciadas a cada 20 metros y las curvas secundarias distanciadas a cada 10 metros. (García Hernández et al., 2013, p.53)



Ilustración 7-Mapa de la ubicación de cuenca analizada

Fuente: (García Hernández et al., 2013, p.53).

Reglamento utilizado: Reglamento Drenaje Pluvial para el área del Municipio de Managua (2004).

Para el cálculo de la pendiente, no existen rangos de pendiente mínima o máxima. Por lo que se tomó como pendiente de la tubería, la pendiente del terreno, las cuales se verificaron de acuerdo a los criterios de velocidades máximas permisibles de 4 m/s, tensión de arrastre no menor de 1.5 Pa, y tirante crítico. (García Hernández et al., 2013, p.54).

En la Ilustración 8, se muestran las características morfométricas obtenidas mediante análisis y ecuaciones de la cuenca previamente expuesta.

Morfometría	Nombre de la Cuenca	Clasificación
Perímetro (km)	8.513	---
Longitud del cauce principal (km)	3.006	Corto
Ancho de cuenca (km)	0.554	---
Altitud media (msnm)	610.42	Baja
Área (km ²)	2.0513	Pequeña
Altitud mínima	549	---
Altitud máxima	680	---
Desnivel	131	---
Factor de forma	0.23	Ligeramente achatada
Índice de compacidad de Gravelius	1.66	De oval oblonga a rectangular oblonga
Índice de alargamiento	0.0102	Poco alargada
Coefficiente de masividad	297.58	Llana
Densidad de drenaje (km ⁻¹)	2.79	Moderada
Pendiente de drenaje principal	0.044	Suave

Ilustración 8-Características morfométricas de la cuenca

Fuente: (García Hernández et al., 2013, p.61).

En conclusión, la Ilustración 8, clasifica las características morfométricas de la cuenca hidrográfica. El movimiento del agua en la naturaleza es una función compleja en la cual intervienen diversos factores, entre los cuales se pueden resaltar su clima y sus características fisiográficas.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del caudal de diseño de la cuenca de estudio por medio de la Ilustración 9.

SUB CUENCA	ÁREA	LONG	Hmax	Hmin	Sc		Tc	I	Coeficiente de escorrentía				Caudal
	km2	M	M	M	m/m	%	Min	mm/h	Us	Ts	Pt	C	m3/s
1	1.4294	2705.4	675	549	0.0466	4.66%	14.6	110	0.04	1.25	1.5	0.075	3.276
2	0.6219	3015.1	678	571	0.0355	3.55%	17.7	104	0.04	1.25	1.5	0.075	1.347
SUMA	2.0513												4.623

Ilustración 9-Resultados del cálculo del caudal de cuenca

Fuente: (García Hernández et al., 2013, p.67).

En conclusión, la Ilustración 9, muestra que la sumatoria del caudal total de la cuenca es de 4.623 m3/s, al cual se le sumará el caudal generado en el casco urbano del municipio para efectos del diseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial.

En base al diseño hidráulico, se presentan los siguientes criterios y resultados:

El criterio adoptado para el diseño del canal es el de máxima eficiencia hidráulica. El canal será revestido de concreto con resistencia a la compresión de 21 MPa o 3000 PSI con un espesor de 10 cm, se asumen pérdidas de filtración por día de 0.02 m3 /día*m2. (García Hernández et al., 2013, p.81)

El gasto que recibirá el canal será el caudal del colector de transición al canal de Qd= 5.6562 m3/s. De acuerdo con la configuración y características geométricas del cauce existente, fue necesario dividir la longitud total del cauce 290 metros en 5 tramos de longitudes variables. (García Hernández et al., 2013, p.81)

El sistema de drenaje pluvial tendrá su descarga en 2 alcantarillas de 42", que es continuación del canal trapezoidal, para descargar finalmente en un cauce natural ubicado a 830 metros al sur del parque central del municipio. (García Hernández et al., 2013, p.84)

Como el canal aporta un caudal máximo de 5.6562 m³ /s, esto indica que éstas 2 alcantarillas transportan un caudal de 6.80 m³ /s, las cuales permiten con un amplio margen de seguridad la evacuación de las aguas a su disposición final. (García Hernández et al., 2013, p.84)

d) Conclusiones y recomendaciones

García Hernández et al. (2013) concluyen:

La cuenca hidrológica aporta un caudal al área urbana del municipio de 4.623 m³ /s, a través de dos líneas de corrientes. Una línea que se unen a la calle del cementerio con orientación Oeste-Este y la otra que se une a la calle que va hacia el Retén con orientación Oeste-Este. (p.115)

El caudal de diseño del canal trapezoidal fue el recibido por la cuenca hidrológica de 4.623 m³/s para un evento hidrológico de 10 años, más el caudal propio del casco urbano de 1.033 m³/s, resultando el caudal de diseño de 5.656 m³ /s. (García Hernández et al., 2013, p.115)

En el diseño del canal se propone una sección trapezoidal con un ancho en el fondo del canal de 1.30 m desde el inicio del canal en la estación 0+000 a la estación 0+060, posteriormente el canal tendrá un ancho en el fondo de 1.20 m hasta empatar con dos alcantarillas de 0.61 m de diámetros, en la estación 0+290. (García Hernández et al., 2013, p.115)

En el diseño del sistema de alcantarillado se proponen 31 pozos de visita pluvial, 76 tragantes combinados de parrilla con gaveta, y diámetros de tuberías colectoras que van de 15", 24", 30", 36", 42" y 48". El diámetro calculado para las tuberías que van de los tragantes a los pozos de visita pluvial son de 8", 12", 15", 18" y 4 rejillas. (García Hernández et al., 2013, p.116)

3.1.2. ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

El análisis del microentorno tiene el objetivo de tomar como referencia proyectos nacionales, pero no en la misma zona de estudio, con características similares a nuestro proyecto por desarrollar en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés.

3.1.2.1. *Diseño de pavimento rígido para El Paíz-Bellaco, F. Morazán*

a) Información del sitio

Zepeda & Uclés (2021) mencionan:

La longitud total de los caminos vecinales de Honduras representa el 63% de la red vial nacional, contando con 7,723 Km protegidos con material selecto, de los que 29.84 Km pertenecen al departamento de Francisco Morazán. (p.25)

De los caminos vecinales que componen la red vial, el 74% pertenecen a la categoría de material selecto y el 26% restante se denomina camino de tierra, ya que la superficie de rodadura está construida con material del sitio, contándose únicamente con el 23% de la red vial con pavimento, ya sea rígido, flexible, incluyendo el doble tratamiento. (Zepeda & Uclés, 2021, p.25)

Dentro de la red vial del departamento de Francisco Morazán se cuenta con el tramo carretero de Santa Lucía conduce a Cantagallo, existiendo el particular interés de la Alcaldía Municipal de Santa Lucía de contar con el diseño de pavimento rígido para el tramo carretero desde la comunidad conocida como "El Paiz". (Zepeda & Uclés, 2021, p.25)

En la Est. 1+117 del camino hasta la Escuela "Marco Aurelio Soto", cuyo desvío se encuentra en la Est. 2+416, con una longitud de 1.02 Km hasta la escuela, por lo que la longitud total del proyecto será de 2.31 Km, el cual se encuentra en mal estado debido al asolvamiento de las cunetas y la superficie de rodadura está deformada como consecuencia de la inexistencia de drenaje longitudinal. Además de que existen pendientes superiores al 20%, por lo que al prevalecer el suelo tipo arcilla el camino se vuelve intransitable en época lluviosa. (Zepeda & Uclés, 2021, p.25)

b) Problema

El municipio de Santa Lucía posee aproximadamente 62.0 km de caminos vecinales no pavimentados, dentro de los que se encuentra el tramo “El Paiz – Bellaco y de Bellaco hacia la Escuela Marco Aurelio Soto” que anualmente requieren de incursiones de mantenimiento periódico y rutinario. (Zepeda & Uclés, 2021, p.27)

Ya que el suelo es arcilloso, característico por contar con un mayor porcentaje de partículas finas que reaccionan plásticamente ante la presencia del agua en época lluviosa y se contraen en la época seca, perdiéndose las partículas finas de suelo y dejando expuestos los agregados gruesos, causando en ambas condiciones daños a los vehículos que los transitan, lo que consecuentemente se convierte en pérdidas monetarias para empresas y particulares. (Zepeda & Uclés, 2021, p.27)

En cambio, los caminos que cuentan con suelo de baja plasticidad, escasez de finos y agregados de tamaño mayor de 5 cm son los más propensos a sufrir corrugaciones. Las corrugaciones, ahuellamiento, tránsito vehicular, clima y características de los materiales son las causas por las cuales se forman baches en la capa de rodadura. La falta de drenaje y de mantenimiento periódico también afectan la capa de rodadura ya que las aguas lluvias provocan deformación, deslizamientos, erosión y azolvamiento de cunetas. (Zepeda & Uclés, 2021, p.29)

c) Metodología aplicada

A continuación, se presentan los resultados extraídos de las pruebas de laboratorio de límite líquido, índice de plasticidad e índice de grupo por medio de la Ilustración 10.

Estación	Límite líquido	Índice de plasticidad	Pase #10	Pase #40	Pase #200	Índice de grupo
Est. 0+060	44%	14%	74.74%	58.66%	47.84%	-
Est. 0+110	38%	14%	99.68%	94.89%	92.32%	-
Est. 1+370	48%	23%	97.96%	88.82%	76.65%	18
Est. 1+670	37%	11%	54.07%	34.72%	23.43%	-
Est. 2+280	26%	7%	62.73%	42.87%	29.57%	-

Ilustración 10-Resultados de ensayos de laboratorio

Fuente: (Zepeda & Uclés, 2021)

En conclusión, se determinan los resultados de laboratorio de LL, IP, IG, para definir el tipo de suelo que habita en la zona para clasificarlas mediante el método de espesores de pavimento AASHTO.

A continuación, en base a la información extraída de la Ilustración 10, se define la clasificación del suelo bajo normativa AASHTO por medio de la Ilustración 11.

Estación	Clasificación AASHTO
Est. 0+060	A-7-5
Est. 0+110	A-6
Est. 1+370	A-7-6 (18)
Est. 1+670	A-2-6
Est. 2+280	A-2-4

Ilustración 11- Resultados de clasificación de suelos

Fuente: (Zepeda & Uclés, 2021)

En conclusión, en la Ilustración 11, se han clasificado en diferentes grupos de suelo por el método para pavimentos AASHTO.

A continuación, la Ilustración 12 muestra las velocidades de diseño, peralte, pendientes máximas, Factores K, Radio mínimo y Grados de curvatura de la topografía realizada in situ.

Elementos de diseño			
Alineamiento Horizontal		Alineamiento Vertical	
Topografía	Montañosa	Pendiente máxima	8%
Velocidad	30 km/h	Factor K (curvas cóncavas)	
Peralte	8%	4	
Radio mínimo	27.29 m	Factor K (curvas convexas)	
Grado de curvatura	42°	50	

Ilustración 12- Elementos de diseño

Fuente: (Zepeda & Uclés, 2021)

En conclusión, en la Ilustración 12, se establecieron los resultados de topografía para una velocidad de diseño de 30 km/h.

A continuación, se presenta la correlación para la determinación del CBR del suelo y conocer cuál será su resistencia mediante la Ilustración 13.

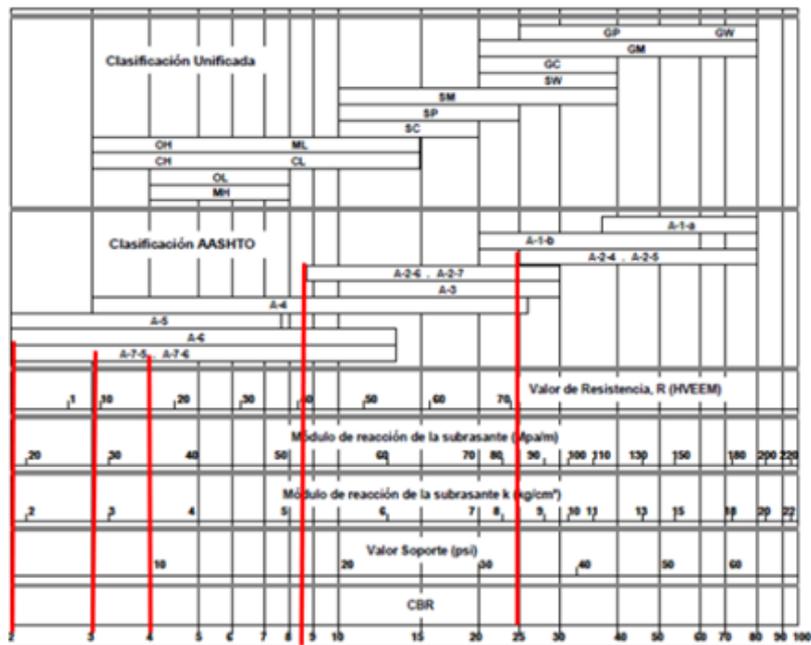


Ilustración 13-Correlación para determinación de CBR

Fuente: (Zepeda & Uclés, 2021)

En conclusión, se determinó la resistencia del suelo mediante el método de clasificación de suelos para pavimentos AASHTO y se estableció un CBR mediante el tipo de suelo in situ.

A continuación, se muestran los espesores de pavimento realizando comparaciones mediante los métodos de PCA y *Pavement Designer* en la Ilustración 14.

Método	Est. 0+000- Est.1+300	Losa	Subbase	Espaciamiento entre juntas	Pavement Designer	Est. 0+000- Est.1+300	Losa	Subbase	Espaciamiento entre juntas
		PCA	22 cm	10 cm			528 cm	14 cm	10 cm
	Est. 1+300- Est. 2+280	21 cm	10 cm	504 cm		Est. 1+300- Est. 2+280	13 cm	10 cm	304.8 cm

Ilustración 14-Resultado de espesores

Fuente: (Zepeda & Uclés, 2021)

En la Ilustración 14, se compararon los diferentes tipos de espesores de pavimento en cada método PCA y *Pavement Designer*.

d) Conclusiones y recomendaciones

Zepeda & Uclés (2021) concluyen:

Se ha realizado un levantamiento topográfico para el tramo carretero "El Paiz - Bellaco- Montañita El Edén", que ha resultado con una longitud de 2.31 km, a partir de la Est 0+000 hasta Est. 2+313.

Se ha clasificado el tramo carretero como un terreno tipo montañoso debido a que el porcentaje de pendiente da como resultado 8%. En cuanto a la velocidad directriz, para ambos tramos se ha considerado una velocidad de 30km/h y se ha determinado un radio mínimo de 27.29 m. (p.187)

Se ha calculado el espesor del pavimento rígido mediante el método PCA y el programa Pavement Designer. Para el tramo 1, se ha calculado un espesor de losa de concreto hidráulico de 22 cm, con un espesor de subbase de 10 cm, para el tramo 2; un espesor de losa de concreto hidráulico de 21 cm, con espesor de subbase de 10 cm, utilizando el método PCA. Con el programa Pavement Designer, se ha calculado un espesor de 14 1 cm para la losa de concreto hidráulico y 10 cm para el espesor de subbase para tramo 1, Para el segundo tramo, se ha calculado un espesor de losa de concreto de 13 cm y 10 cm de subbase. Los espesores que se han utilizado para fines del proyecto fueron los espesores resultantes del método PCA. (Zepeda & Uclés, 2021, p.187)

Zepeda & Uclés (2021) recomiendan:

Realizar una revisión periódica de las alcantarillas para identificar la necesidad de llevar a cabo trabajos de limpieza, de manera que se cumpla la vida útil tanto de las estructuras como de la estructura de la carretera, cuya vida útil dependerá en gran medida de la evacuación inmediata del agua lluvia. (Zepeda & Uclés, 2021, p.189)

Definir un acabado rugoso como detalle constructivo para los tramos carreteros cuya pendiente sea mayor que 8%, para facilitar la circulación de los vehículos que no cuentan con doble tracción. (Zepeda & Uclés, 2021, p.189)

3.1.2.2. *Diseño de pavimento para dos tramos carreteros en Cabañas, La Paz*

a) Información del sitio

Carretera V-534, conectando el municipio con el Municipio de Marcala Parte de La Paz, Cabañas no tiene estructuras pavimentadas, protegido solo por materiales seleccionados. Proyecto de diseño de dos tipos de pavimento (duro y blando) para tramos de ruta las carreteras principales y secundarias son los principales objetivos de este proyecto graduación. Considerando las características de la zona, se presentará una solución que favorezca a los habitantes del Departamento de La Paz, especialmente del Municipio de Cabañas, el cual forma parte del patrimonio cultural de Honduras. Así mismo como información recaudada se tiene que El suelo predominante en esta zona es arcilloso, visible a simple vista y calificado pasó formalmente las pruebas de laboratorio y exhibe ductilidad en uso contacto con el agua, propiedades del suelo que las distorsionan e interfieren con ellas tracción del vehículo en la carretera, especialmente en tramos empinados y especialmente durante la temporada de lluvias. (Tróches Rony, 2020, p.19)

b) Problema

La carretera secundaria V-534, parte de la red vial de terracería hondureña que une los municipios de Marcala y Cabañas en La Paz, carece de la textura del pavimento, un tipo de arcilla común en la región, por lo que se debe implementar una regulación en las carreteras ya que se debe brindar el mantenimiento preventivo para incentivar el tránsito vehicular en todo momento, una inversión que el estado debe hacer cada año para asegurar que el mantenimiento a largo plazo provoque daños estructurales en las vías., así no hay aceras, por lo que el camino está deformado y tiene mal drenaje. Provoca el deterioro de su estructura e impide permanentemente el movimiento del vehículo. Observar el estado actual de los dos tramos de carretera, los grandes tramos que componen este proyecto de graduación son 1.725 km, de los cuales forman parte de la carretera V-534, un subtramo de 0,449 km de longitud, el complejo educativo "Las Marías" tiene una longitud de 0,449 km. (Tróches Rony, 2020, p.20)

c) Metodología aplicada

Tróches Rony (2020) explica:

El método aplicado para la elaboración de su trabajo de investigación, la mejor propuesta para el diseño de pavimento rígido se utilizará el método de la PCA, para pavimento flexible mediante los métodos del Instituto del Asfalto y método AASHTO, teniendo en consideración que el método de diseño establecido por la PCA tiene ciertas condiciones, como ser La transferencia de cargas, dependiendo del tipo de pavimento que se considere, el uso de hombros de concreto o asfalto adheridos al pavimento, permite reducir los esfuerzos de flexión y deflexiones, producidos por las cargas de los vehículos en los bordes de las losas y para reducir los esfuerzos que se producen al paso de las ruedas sobre las juntas, es necesario el uso de subbases estabilizadas, ya que estas proporcionan superficies de soporte de mejor calidad y resistencia a la erosión a causa de las deflexiones de las losas de pavimento. (p.57)

A continuación, se presenta la Ilustración 15 extraída del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, el cual recomienda utilizar la siguiente hoja de trabajo con el objetivo de colocar los resultados de una manera ordenada, que utilizaron como parte de su metodología para la elaboración del proyecto. En conclusión, en la Ilustración 15, se observa el Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos recomienda utilizar la siguiente hoja de cálculo para organizar sus resultados.

Proyecto:						
Espesor de taracea		mm	Juntas con dovelas SI__NO__			
Conjunto subbase-subrasante		Mpa/m	Barras de concreto SI__NO__			
Módulo de rotura, MR		Mpa	Período de diseño _____ años			
Factor de seguridad						
Carga por eje, IN	Carga por FSC, ln	Repeticiones Esperadas	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño
1	2	3	4	5	6	7
Ejes sencillos		8 Esfuerzo equivalente 9 Relación de esfuerzos			10 Factor de erosión	
Eje Tandem		11 Esfuerzo equivalente 12 Relación de esfuerzos			13 Factor de erosión	
			Total	Total		

Ilustración 15-Formato de trabajo para cálculo de espesores de pavimento

Fuente: (Tróches Rony, 2020, p.59)

A continuación, se presenta la Ilustración 16, de la capacitancia de soporte que es el valor del coeficiente de reactancia (k) de la capa de soporte de camino de concreto, este valor se puede estimar por correlación con CBR. No necesariamente el valor exacto de k, pero altamente variable. Este valor no afecta el espesor del diseño.

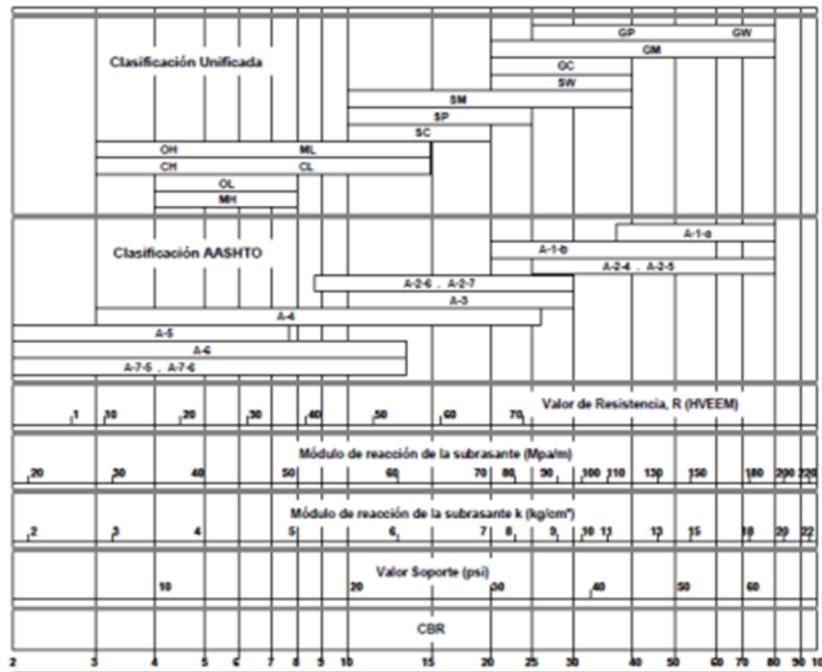


Ilustración 16- Correlación aproximada entre las clasificaciones de suelos

Fuente: (Tróches Rony, 2020, p.60)

Se concluye que para poder realizar una clasificación de suelo y poder llegar a una conclusión de la capacitancia de soporte, ya que este valor se puede estimar por correlación con CBR. No necesariamente el valor exacto de k, pero altamente variable Este valor no afecta el espesor del diseño.

A continuación, se presenta la Ilustración 17 utilizada en el proyecto con respecto al coeficiente de drenaje, ya que es de suma importancia tenerlo o tomarlo a consideración a la hora de la elaboración de diseño de pavimento, ya que presenta el porcentaje de los días que llueven durante el año y la calidad del material de base y subbase.

Calidad del Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Mediano	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Ilustración 17-Coeficientes de drenaje

Fuente: (Tróches Rony, 2020, p.68)

En conclusión, a la Ilustración 17, para determinar el coeficiente de drenaje de la base y subbase hicieron uso de la ilustración del coeficiente de drenaje y se deberá conocer el porcentaje de los días que llueven durante el año y la calidad del material de base y subbase.

d) Conclusiones y recomendaciones

El diseño de pavimento rígido se ha realizado con el método de la PCA, de donde ha resultado un espesor de 20 cm para la losa, un espesor de 10 cm para la subbase (existente), porcentaje de fatiga de 96.43% y porcentaje de erosión de 26.17%. Para el diseño de pavimento flexible se ha utilizado el método AASHTO, de donde se ha obtenido un espesor de carpeta asfáltica de 10 cm, e igual espesor para la base. Se ha realizado un segundo diseño para pavimento flexible mediante el método del Instituto del Asfalto, de donde han resultado tres 121 diferentes alternativas: la primera, espesor de carpeta asfáltica de 17.5 cm y 0 cm de base; la segunda, espesor de carpeta asfáltica de 12.5 cm y 17.5 cm de base y la tercera, espesor de carpeta asfáltica de 10.0 cm y 30 cm de base una base. Se ha seleccionado la segunda alternativa para pavimento flexible, debido a que es la que ha resultado con mayores espesores de carpeta y base. No obstante, los costos resultarían mayores, pero es la que la que garantizaría el óptimo desempeño del pavimento. (Tróches Rony, 2020, p.112)

Se ha realizado el análisis hidrológico de la zona mediante el cual se ha comprobado la existencia de 11 microcuencas, de las cuales, 8 se han relacionado al tramo principal y 3 al tramo secundario. Para el drenaje longitudinal se ha propuesto una cuneta de sección triangular a ambos lados de la carretera, con profundidad de 0.33 m, sección de pendientes 3:1 en el talud de la estructura de pavimento y 1:1 en el talud de corte. Para el drenaje transversal se han revisado las alcantarillas existentes y se ha verificado la capacidad de transportar los caudales que les corresponden. Se han propuesto dos alcantarillas de alivio, de 24 pulgadas de diámetro, para el tramo principal, ubicadas en la Est. 0+665 y Est. 1+445. Para las rejillas de los tragantes se ha verificado el perímetro con los planos para tragante tipo del Manual de Carreteras y se han ubicado tragantes en las alcantarillas de la Est. 0+665 y Est. 1+445 del tramo principal. Para la señalización horizontal

se ha definido una línea central continua para ambos tramos, debido a que no cumple el factor k de adelantamiento. Para la señalización vertical se han definido rótulos de velocidad máxima, intersección en "Y", puente angosto, termina pavimento, peatones, escolares, ganado y parada de autobús, lo que promueve la circulación considerando medidas de seguridad, para proteger la vida tanto de las personas que viajan en los vehículos, como la de los peatones. (Tróches Rony, 2020, p.113)

Se ha recomendado el pavimento rígido ya que es el que existe en la zona, y también se ha considerado que, además de la existencia de agregados pétreos en la zona, requiere menor cantidad de incursiones de mantenimiento (más espaciado en el tiempo). Adicionalmente, se ha considerado que el bacheo no es una característica propia de los pavimentos rígidos, por lo que el mantenimiento resulta de menor costo. (Tróches Rony, 2020, p.114)

Implementar la construcción de pavimento rígido ya que es el tipo de pavimento del tramo carretero existente que conduce al Municipio de Cabañas, así como porque existe mayor facilidad para acceder al cemento hidráulico que al asfáltico. (Tróches Rony, 2020, p.114)

Construir las alcantarillas de alivio ubicadas en las estaciones 0+665 y 1+445 del tramo principal con sus respectivos tragantes, para proteger la estructura de la carretera, esto significa auxiliar al drenaje existente en la temporada de mayor precipitación pluvial, debido a que la separación actual entre alcantarillas supera los 200 metros. (Tróches Rony, 2020, p.114)

3.1.2.3. Diseño de drenaje pluvial en el municipio de Santa Cruz de Yojoa

A continuación, se presentará un proyecto llevado a cabo en los barrios Brazos Abiertos, Los Pinos, Capiro, San José y San Pablo del Casco Urbano en el municipio de Santa Cruz de Yojoa, Cortés. Realizado por Andrea Celeste Bustamante Reyes, Victoria Alejandra Diaz Mejía y Ricardo Antonio Pérez Rivera.

a) Información del sitio

El presente informe corresponde a los diversos estudios realizados para el Diseño de Drenaje Pluvial de los barrios: Brazos Abiertos (276 habitantes), Los Pinos (486 habitantes), Capiro (1334

habitantes), San José (154 habitantes) y San Pablo (196 habitantes). Estos son barrios del casco urbano ubicados en el municipio de Santa Cruz de Yojoa que en época de invierno se ven afectados por las constantes inundaciones que se producen por la falta de un buen sistema de drenaje pluvial que evacue las aguas hacia una zona segura de descarga. (Reyes & Mejía, 2019).

Debido a la topografía del terreno, las pendientes de los tramos en las calles son muy pronunciadas y, las aguas alcanzan grandes velocidades que en algunos casos sobrepasan la altura máxima de la calle-cauce, asimismo se provoca la saturación, asentamientos en los suelos y el daño en las estructuras de las calles.

b) Problema

Reyes & Mejía, (2019) señalan que la ciudad de Santa Cruz de Yojoa se ha visto afectada por la falta de un sistema de drenaje pluvial que satisfaga las necesidades cotidianas de la población. Debido a dicha carencia se han visto inundaciones que perjudican a los barrios Brazos Abiertos, Los Pinos, Capiro, San José y San Pablo.

De acuerdo con la Municipalidad de Santa Cruz de Yojoa, anteriormente se registró un estudio para formular soluciones y medidas de mitigación antes los problemas de inundaciones que se presentan en las épocas lluviosas.

En el año 2013, COPECO y la alcaldía de Santa Cruz de Yojoa pretendían ejecutar un proyecto de embaulamiento en el centro de la comunidad, esta obra tenía un valor de dos millones de lempiras, fondos provenientes de COPECO. Según el diseño propuesto, el cauce pasaría en medio de una calle del barrio Capiro, el cual iba a ser embaulado. Se realizó una reunión con los habitantes de los barrios afectados para explicarles las razones y los lineamientos del proyecto, pero la mayoría se opusieron a la ejecución. COPECO manifestó que con una persona que rechazara el embaulamiento, este no se podría ejecutar.

Más del 50% de las enfermedades que se reportan en el casco urbano de Santa Cruz de Yojoa son generadas por la falta de un sistema de drenaje de aguas pluviales, y es por esta razón que las autoridades municipales le han dado una gran importancia al diseño de un drenaje pluvial que pueda mitigar las enfermedades. (Reyes & Mejía, 2019).

c) Metodología aplicada

- Puntos de interés: Los barrios del casco urbano asignados fueron Brazos Abiertos, Capiro, Los Pinos, San José Y San Pablo.
- Delimitación de la cuenca: Se delimitó la cuenca estableciendo como punto de control o de cierre el que corresponda a los sitios de interés de acuerdo con el propósito del estudio.

En la Ilustración 18, se presentan los parámetros de la cuenca en estudio:

	Cantidad	Unidad
Área de la cuenca (A)	766.81	Ha
Perímetro de cuenca (P)	14.783	Km
Longitud de cauce (Lc)	5.294	Km
Elevación Punto Bajo	421	M
Elevación Punto Alto	693	M
Longitud Palto - Pbajo	4.324	Km
Pendiente (S)	0.0629	m/m
Tiempo de Concentración (Tc)	41.5448	minutos
Pendiente Vertical (Pvert)	0.1241	m/m
Pendiente Horizontal (Phori)	0.1330	m/m
Pendiente Media (Pm)	0.1286	m/m
Índice de Compacidad (Ic)	1.495	> 1
Factor Forma (Kf)	0.274	
Densidad de Drenaje (Dd)	0.6904	

Ilustración 18-Parámetros de la cuenca

Fuente: (Reyes & Mejía, 2019, p.72).

En la Ilustración 18, se muestran los cálculos de los parámetros utilizados, donde se brindan los datos cuantitativos obtenidos como área, perímetro, longitud, elevaciones, pendientes, tiempo de concentración, índice de compacidad, factor de forma y densidad de drenaje.

Distancia entre curvas: 10 metros

Pendiente vertical

- Número de intersecciones: 107
- Sumatoria de longitud vertical: 8.621km (8621 metros)

Pendiente horizontal

- Número de intersecciones: 98
- Sumatoria de longitud horizontal: 7.366km (7366 metros)

Tiempo de concentración según Kirpich

Función Gumbel: Se utilizaron las estaciones meteorológicas de Santa Bárbara y El Jaral.

En la Ilustración 19 se presenta el cálculo de la intensidad y caudal de la estación meteorológica de Santa Bárbara:

Periodo de Retorno	Intensidad (mm)	Q (m3/seg)	
2	168.5274283	155.17397	Q2
5	294.2529875	270.937525	Q5
10	377.4942475	347.583071	Q10
20	457.3412626	421.103319	Q20
50	560.6950334	516.267739	Q50
100	638.1441405	587.58008	Q100
200	715.3106488	658.632215	Q200

Ilustración 19-Intensidad y caudal para estación Santa Bárbara

Fuente: (Reyes & Mejía, 2019, p.75).

En la Ilustración 19, se presentan los resultados de los cálculos de la intensidad y caudal de la pluviometría recolectados por la estación meteorológica Santa Bárbara para distintos periodos de retorno.

A continuación, en la Ilustración 20, se presenta el cálculo de la intensidad y caudal de la estación meteorológica de El Jaral:

Periodo de Retorno	Intensidad (mm)	Q (m3/seg)	
2	600.427806	552.852242	Q2
5	703.6861855	647.928829	Q5
10	821.6317643	756.528859	Q10
20	906.1546366	834.354467	Q20
50	1015.560825	935.091735	Q50
100	1097.545367	1010.58014	Q100
200	1179.230762	1085.7931	Q200

Ilustración 20-Intensidad y caudal para estación El Jaral

Fuente: (Reyes & Mejía, 2019, p.75).

En la Ilustración 20, se presentan los resultados de los cálculos de la intensidad y caudal de la pluviometría recolectados por la estación meteorológica El Jaral para distintos periodos de retorno.

Debido a que los caudales son muy elevados para los diferentes periodos de retorno, se optó por utilizar otra metodología expuesta en el Manual de Referencias Hidrológicas, en el cual se toma en cuenta diferentes coeficientes, tipo de suelo y vegetación en la zona.

Reyes & Mejía (2019) comentan:

Según el Manual de Referencias Hidrológicas el suelo es tipo D, es decir suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consiste en suelos arcillosos con alto potencial de expansión. El SINIT menciona que el nombre de la serie del suelo es Yojoa. (p.76)

Determinación del coeficiente de escorrentía de acuerdo con el uso, suelo y pendiente.

Coeficiente de escorrentía (C ponderado): 0.4225 (Reyes & Mejía, 2019, p.76)

Caudal calculado por medio de la formula racional utilizando el C ponderado, la Intensidad y el Área. Cálculo de altura de canal trapezoidal se obtuvo al resolver la ecuación de Manning. (Reyes & Mejía, 2019, p.76)

d) Conclusiones y recomendaciones

Reyes & Mejía (2023) concluyen:

El casco urbano de Santa Cruz de Yojoa cuenta con una topografía que en su mayoría es plana y se pueden apreciar leves cambios de niveles, el levantamiento cuenta con una longitud total 2.9 kilómetros. (p.102)

Todo el canal está elaborado con mampostería en su base y gaviones en sus extremos. La sección de canal cuenta con 2.00 metros de ancho y 4.80 metros de alto en toda su longitud. Diseñado para un caudal con periodo de retorno de 50 años. Utilizando disipadores de energía en forma de "gradas" con altura de 1 metro en los lugares donde las pendientes son muy altas, para reducir las velocidades. (Reyes & Mejía, 2019, p.102)

Se recomienda el diseño de disipadores de energía debido a que existen velocidades muy altas en diferentes tramos. El tipo de disipador de energía que se diseñe depende de la clase de material que se tenga en el sitio en que se puede descargar. Como propuestas a realizar son bloques de concreto o vertederos. (Reyes & Mejía, 2019, p.103)

Los bloques de concreto se instalan a lo largo del canal, intercalados, para hacer que el flujo tenga un recorrido más largo y curvado, disminuyendo su velocidad. (Reyes & Mejía, 2019, p.103)

Se recomienda a la municipalidad de Santa Cruz de Yojoa, hacer movimiento de las casas que están muy cerca de donde pasaría el embaulado de la quebrada, para así garantizar su funcionamiento y mantener la misma sección en todo el tramo. (Reyes & Mejía, 2019, p.103)

3.1.3. ANÁLISIS INTERNO

En el apartado del análisis interno se identifican elementos que forman parte del marco informativo relevante con relación a la zona del barrio Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés. En él se podrá encontrar las colindancias del barrio, censos de población, planos catastrales, entre otros.

a) Información del sitio

El Municipio de Puerto Cortés tiene una extensión territorial de 391.2 km². Se localiza en el noroeste de Honduras a 15°48" latitud norte y 87°57 longitud oeste. Al norte limita con el Mar Caribe, al sur con el Municipio de Choloma, al este con el Municipio de Tela y al oeste con los Municipios de Choloma y Omoa. La altura sobre el nivel del mar es variable, va desde 5 msnm en las tierras bajas y costeras hasta arriba de los 45 a 100 msnm en las partes de lomeríos o montañas. (*Aspectos Generales*, s. f.)

Desde el punto de vista de promoción social, la municipalidad ha dividido el municipio en 18 sectores comunitarios: 1. Península Oeste; 2. Península Este; 3. Pueblo Nuevo; 4. Sector el Porvenir; 5. Sector Medina; 6. Sector Las Delicias; 7. Sector el Chile; 8. Sector Chameleconcito; 9. Sector Calan; 10. Sector Puente Alto; 11. Sector Baracoa; 12. Sector Campana; 13. Sector Ramal de Lima; 14. Sector Garífuna; 15. Sector Ecoturístico; 16. Sector Nuevos Horizontes; 17. Sector Tapón de Los Oros; 18. Sector Zapadril. (*Aspectos Generales*, s. f.)

El sector comunitario 3, Pueblo Nuevo, colinda al norte, este y oeste con la Laguna de Alvarado, cuerpo de agua que tiene acceso al mar, pero sus aguas son calmadas. Al sur colinda con la carretera CA-13. El barrio cuenta con una población estimada al 2022 de 4,453 pobladores, de los cuales 2,136 son hombres y 2,316 son mujeres. El censo de población del barrio Pueblo

Nuevo fue obtenido mediante una proyección realizada por el Instituto Nacional de Estadística con una tasa de crecimiento del 1.4%. (Aspectos Generales, s. f.)

Gonzalo Orellana (2023) comentó:

A inicios de la década de los setentas comenzaban los yacimientos de lo que con el tiempo se convertiría en el Barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. Poco antes de ser habitado, las calles y avenidas del barrio eran suelos pantanosos, únicamente visitado por vecinos de las comunidades aledañas para la caza de reptiles, y poco a poco se fue habitando la zona. Fue en la década de los 90s que el barrio experimentó su mayor crecimiento poblacional, gracias a los inicios de la construcción de la vía de comunicación Centro Americana CA-13.

A continuación, en Ilustración 21 se muestra la delimitación del barrio Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés.

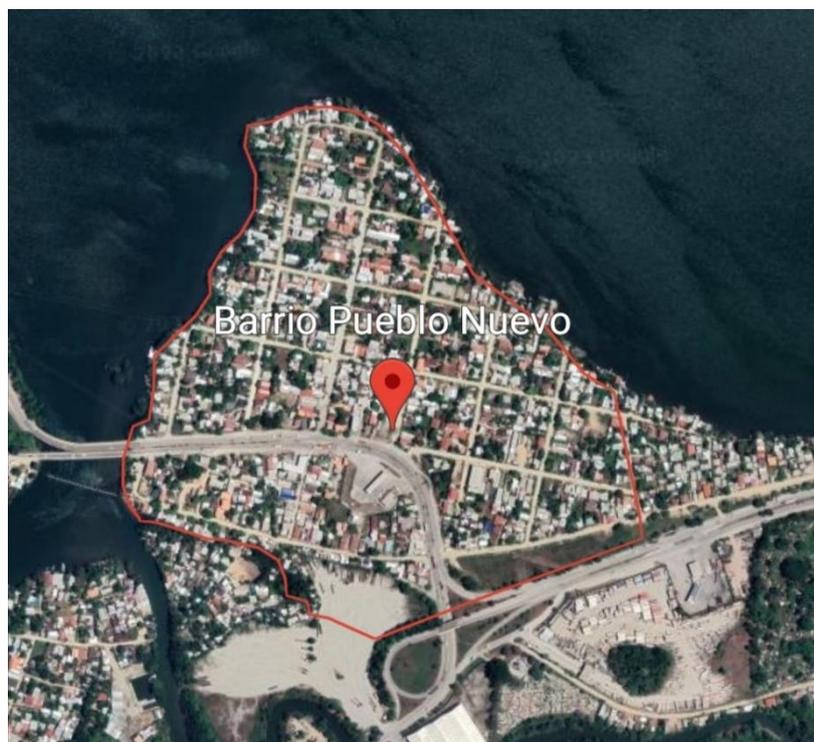


Ilustración 21- Mapa de Vialidad de Pueblo Nuevo

Fuente: (Municipalidad de Puerto Cortés, 2022).

En la Ilustración 21 se puede observar las colindancias del barrio Pueblo Nuevo. El barrio está rodeado perimetralmente al norte, este y oeste del cuerpo de agua de la Laguna de Alvarado y al sur con la carretera CA-13.

b) Problema

El barrio ha sufrido inundaciones en los años de 1998 por el fenómeno del huracán Mitch y posteriormente en el 2020 por las tormentas tropicales Eta e Iota. Dichos fenómenos naturales han provocado la crecida de la Laguna de Alvarado que rodea perimetralmente al barrio Pueblo Nuevo y consecuentemente este origina la inundación de casas y calles, dejando incomunicada temporalmente a la comunidad. Producto de lo mencionado anteriormente, las calles vecinales del barrio se han deteriorado y es evidente la presencia de agujeros y acumulación de aguas debido a la falta de capacidad de los canales pluviales de drenar las aguas. Las calles y avenidas del barrio solamente reciben mantenimiento una vez al año por medio de compactación y riego de agua mediante un tanque cisterna. (Gonzalo Orellana, 2023)

Asimismo, el barrio Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés, a excepción de la tercera calle, carece de una estructura de pavimento y un sistema eficiente de drenaje pluvial hasta la fecha del primer trimestre del 2023. En el barrio Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés, no se cuenta con estudios previos de pavimentación o drenaje pluvial. Consecuentemente, este estudio puede ser una base para futuros proyectos similares en la zona.

3.2. TEORÍA DE SUSTENTO

Previo a este apartado, se tomó información relevante de proyectos internacionales, nacionales y en la misma zona de estudio. A continuación, se presenta la teoría de sustento que es una combinación de manuales y normativas para el diseño geométrico, estructural y drenaje pluvial que respalda los argumentos que darán solución al problema presentado en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. El sustento teórico permite saber que la metodología de diseño no surgió de la nada. Se hará uso de las siguientes teorías de sustento: Norma ASTM D-422, AASHTO T27-88 para el ensayo del análisis granulométrico, Norma ASTM D 4318, AASHTO T 89-90 Y T 90-87 para el ensayo de Límites de Atterberg, Manual Centroamericano para Diseño Geométrico de Carreteras, Manual de Pavimentos de la Secretaría de Estado en los Despachos de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI), Normativa de Diseño para Alcantarillado Pluvial del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), Manual de Referencias Hidrológicas del Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS).

3.2.1. GRANULOMETRIA NORMA ASTM D-3282, AASHTO M-145

Para la clasificación de suelo es necesario seguir los parámetros del Manual de Laboratorio de suelos. Cada elemento de diseño debe ser considerado para determinar el límite líquido, índice plasticidad e índice de grupo haciendo utilización de los métodos de AASHTO. La información que se presenta a continuación es extraída de las normativas:

(ASTM D-3282, AASHTO M-145)

Objetivos:

- Determinar experimentalmente la distribución cuantitativa del tamaño de las partículas de un suelo.
- Identificar la clasificación del suelo de Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

Generalidades:

La variedad en el tamaño de las partículas de suelos casi es ilimitada; por definición, los granos mayores son los que se pueden mover con la mano, mientras que los más finos son tan pequeños que no se pueden apreciar con un microscopio corriente. Debido a ello es que se realiza el Análisis Granulométrico que tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene.

Equipos:

- Juego de tamices: #4, #10, #40, #200 y fondo.
- Balanza de 0.1gr. de sensibilidad.
- Mazo de goma (Para remover grumos).
- Horno con temperatura constante de $110^{\circ}\pm 5$ C.
- Taras.

Procedimiento:

- Colocar muestra de PCA (Pozos a Cielo Abierto) en una tara y colocarlo en el horno a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Utilizando un mazo de goma disgregar los grumos en toda el área de la muestra extraída del PCA.

- Utilizar 1000 gr de muestra y pesarla en una tara a una balanza con una sensibilidad de 0.1gr.
- Colocar los tamices de abertura de mayor a menor, utilizar tamices #4, #10, #40, #200 y fondo.
- Colocar los tamices en el agitador mecánico, posteriormente colocar la muestra entre los tamices cuidadosamente y dejar que agite por un tiempo mínimo de 15 minutos.
- Pesar las muestras representativas de cada tamiz en la balanza con precisión de 0.1 gr.
- De acuerdo los resultados trazar la curva granulométrica y analizar la tipología de suelo.

Para llevar a cabo el análisis granulométrico y su respectiva clasificación de suelos, es necesario seguir los parámetros de la norma ASTM D-3282, AASHTO M-145.

3.2.2. LÍMITES DE ATTERBERG NORMA ASTM D 4318, AASHTO T 89-90 Y T 90-87

Objetivos:

- Determinar experimentalmente los diferentes límites de consistencia de un suelo.
- Determinar mediante fórmulas los diferentes índices de consistencia de un suelo.

Generalidades:

Las propiedades de un suelo formado por partículas finamente divididas, como una arcilla no estructurada dependen en gran parte de la humedad. El agua forma una película alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante del comportamiento diferente del material. Cuando el contenido de agua es muy elevado, en realidad se tiene una suspensión muy concentrada, sin resistencia estática al esfuerzo cortante; al perder agua va aumentando esa resistencia hasta alcanzar un estado plástico en que el material es fácilmente moldeable; si el secado continuo, el suelo llega a adquirir las características de un sólido pudiendo resistir esfuerzos de compresión y tensión considerable.

Equipos:

- Aparato de Arturo Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal.
- Espátulas flexibles.
- Cápsula de porcelana.
- Tamiz No. 40.

- Atomizador.
- Balanza con sensibilidad de 0.01gr.
- Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.
- Taras con su tapa.

Procedimiento:

- Después de secada la muestra de suelo, se criba a través del tamiz No. 40 desechándose el que quede retenido.
- Antes de utilizar la "Copa de Casagrande", debe ser ajustada (calibrada), para que la copa tenga una altura de caída de 1 cm., exactamente.
- Del material que pasó por el tamiz No. 40 se toman aproximadamente 100 gramos se colocan en una cápsula de porcelana y con una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.
- Parte de esta mezcla se coloca con la espátula en la copa de Casagrande formando una torta alisada de un espesor de un (1) cm., en la parte de máxima profundidad. Una altura menor aumenta el valor del límite líquido.
- El suelo colocado en la "Copa de Casagrande" se divide en la parte media en dos porciones utilizando para ello un ranurador, de manera que permanezca perpendicular a la superficie inferior a la copa. Para suelos arcillosos con poco o ningún contenido de arena hágase la ranura con un solo movimiento suave y continuo.
- Después de asegurarse de que la copa y la base están limpias y secas, se da vuelta a la manija del "Aparato de Casagrande", uniformemente a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos hasta que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1 cm. Si la ranura se cierra antes de los 10 golpes, se saca el material se vuelve a mezclar y se repiten los pasos 4, 5 y 6
- Después que el suelo se ha unido en la parte inferior de la ranura, se toman aproximadamente 10 gramos del suelo; se anota su peso húmedo, el No. de golpes obtenidos y se determina el peso seco.
- Repita los pasos 2, 4, 5, 6 y 7; con el propósito de obtener puntos menores de 25 golpes y mayores de 25 golpes.

- Determine el porcentaje de humedad correspondiente a cada número de golpes y se construye la curva de fluidez en papel semilogarítmico.
- El límite líquido define cuando el contenido de agua en la curva de fluidez corresponda a 25 golpes.

3.2.3. MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

El Manual Centroamericano Para Diseño Geométrico de Carreteras, se presenta información que permite establecer su disposición espacial más adecuada sobre el territorio, para que se adapte a sus características y condicionantes; pero a su vez pueda facilitar una accesibilidad y movilidad para los habitantes del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. A continuación, se mostrará especificaciones de diseño que permitirá la determinación del diseño de las características visibles de una carretera. Dentro de estos parámetros se incluye el pavimento, alineación horizontal y vertical, la canalización de pendientes, intersecciones, entre otras características.

Radio Mínimo:

El radio mínimo es el valor que limita la curvatura para una velocidad de diseño dada y está relacionado con la inclinación y la fricción máximas de la superficie elegida para el diseño. El vehículo gira mientras gira porque la pendiente de la curva es insuficiente para contrarrestar la velocidad o la fricción horizontal entre las ruedas y la superficie de la carretera es insuficiente para hacer que el vehículo patine. (*Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011.pdf, s. f.*)

Una vez establecido el máximo factor de peralte o sobreelevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se pueden calcular simplificando de la Ecuación 1, así:

$$R_{\text{mín.}} = \frac{V^2}{127(e_{\text{máx.}} + f_{\text{máx.}})}$$

Ecuación 1- Radio Mínimo de Curva

En donde:

$R_{\text{mín.}}$ = Radio mínimo de curva, m.

$e_{\text{máx.}}$ = Tasa de sobreelevación en fracción decimal.

f máx. = Factor de fricción lateral.

V = Velocidad de diseño, en KPH.

Así mismo, el grado de curvatura es una forma de expresar la "agudeza" de una curva y se expresa, para la definición "arco" como el ángulo central subtendido por un "arco" de 20 metros. A partir de esta definición se obtiene la Ecuación 2:

$$D_{20} = 1145.9156 / R$$

Ecuación 2- Grado de Curvatura

En donde:

D₂₀ = Grado de curvatura, o ángulo en el centro de la curva, para un arco de 20 m

R = Radio de la curva, m

Diseño para Calles Urbanas de Baja Velocidad:

En caminos urbanos donde las velocidades son relativamente bajas y variables, se puede reducir el uso de elevaciones altas para curvas horizontales. Con base en el coeficiente de fricción máximo disponible en la Ilustración 22, que muestra el radio mínimo para las diversas velocidades de diseño.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 4%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 6%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	8.1	8	143°14'	7.7	8	143°14'
30	0.28	22.1	22	52°05'	20.8	21	54°34'
40	0.23	46.7	47	24°23'	43.4	43	26°39'
50	0.19	85.6	86	13°19'	78.7	79	14°30'
60	0.17	135.0	135	08°29'	123.2	123	09°19'
70	0.15	203.1	203	05°39'	183.7	184	06°14'
80	0.14	280.0	280	04°06'	252.0	252	04°33'
90	0.13	375.2	375	03°03'	335.7	336	03°25'
100	0.12	492.1	492	02°20'	437.4	437	02°37'
110	0.11				560.4	560	02°03'
120	0.09				755.9	756	01°31'

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 8%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 10%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	7.3	7	163°42'	7.0	7	163°42'
30	0.28	19.7	20	57°18'	18.6	19	60°19'
40	0.23	40.6	41	27°57'	38.2	38	30°09'
50	0.19	72.9	73	15°42'	67.9	68	16°51'
60	0.17	113.4	113	10°08'	105.0	105	10°55'
70	0.15	167.8	168	06°49'	154.3	154	07°26'
80	0.14	229.1	229	05°00'	210.0	210	05°27'
90	0.13	303.7	304	03°46'	277.3	277	04°08'
100	0.12	393.7	394	02°55'	357.9	358	03°12'
110	0.11	501.5	501	02°17'	453.7	454	02°31'
120	0.09	667.0	667	01°43'	596.8	597	01°55'

Ilustración 22- Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales

Fuente: (Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.89)

Se concluye que en la Ilustración 22, se presentó el radio mínimo para las diversas velocidades de diseño.

A continuación, se presenta la Ilustración 23, que muestra el radio mínimo para el cual el porcentaje de bombeo normal puede mantenerse. Curvas más agudas no deben de tener sección con pendiente negativa por lo que deben peraltarse.

e (%)	V=20 KPH Radio (m)	V=30 KPH Radio (m)	V=40 KPH Radio (m)	V=50 KPH Radio (m)	V=60 KPH Radio (m)	V=70 KPH Radio (m)
-6.0	11	32	74	151	258	429
-5.0	10	31	70	141	236	386
-4.0	10	30	66	131	218	351
-3.0	10	28	63	123	202	322
-2.8	10	28	62	122	200	316
-2.6	10	28	62	120	197	311
-2.4	10	28	61	119	194	306
-2.2	10	27	61	117	192	301
-2.0	10	27	60	116	189	297
-1.5	9	27	59	113	183	286
0.0	9	25	55	104	167	257
1.5	9	24	51	96	153	234
2.0	9	24	50	94	149	227
2.2	8	23	50	93	148	224
2.4	8	23	50	92	146	222
2.6	8	23	49	91	145	219
2.8	8	23	49	90	143	217
3.0	8	23	48	89	142	214
3.2	8	23	48	89	140	212
3.4	8	23	48	88	139	210
3.6	8	22	47	87	138	207
3.8	8	22	47	86	136	205
4.0	8	22	47	86	135	203
4.2	8	22	46	85	134	201
4.4	8	22	46	84	132	199
4.6	8	22	46	83	131	197
4.8	8	22	45	83	130	195
5.0	8	21	45	82	129	193
5.2	8	21	45	81	128	191
5.4	8	21	44	81	127	189
5.6	8	21	44	80	125	187
5.8	8	21	44	79	124	185

Ilustración 23- Peralte y Radio Mínimo para Calles Urbanas de Bajo Tránsito

Fuente: (Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.90)

En conclusión, en la Ilustración 23, se presentó el radio mínimo para el cual el porcentaje de 2.0% de bombeo normal puede mantenerse. Curvas más agudas no deben de tener sección con pendiente negativa por lo que deben peraltarse.

Longitudes de Transición:

El diseño de longitudes de transición, en el alineamiento horizontal, incluye la transición del bombeo normal de una sección transversal en tangente al peralte necesario en curva y las curvas de transición entre tangente y curva circular que se incorporan en el alineamiento horizontal, la transición del peralte se efectúa en dos distancias: la Distancia de Bombeo (DB) la cual es la longitud de carretera en la cual el peralte negativo de la sección transversal en

tangente se gira hasta un peralte 0% y la Distancia de Transición (L_s) en la cual el peralte 0% continúa girando hasta el peralte $e\%$ que le corresponde a la curva según la velocidad de diseño. Por razones de seguridad y comodidad, la rotación de la sección transversal del pavimento debe efectuarse en una longitud que no sea perceptible para el conductor y para mejorar la apariencia, las orillas del pavimento no deben presentar distorsiones al conductor. (*Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011.pdf*, s. f,p.92)

La longitud mínima de transición debe determinarse de la Ecuación 3:

$$L_s = \frac{(wn_1) e_d}{\Delta} (b_w)$$

Ecuación 3- Mínima Longitud de Transición del Peralte

En donde:

L_s = Mínima longitud de transición del peralte, m.

Δ = Máxima pendiente relativa, porcentaje.

n_1 = Número de carriles a rotar.

b_w = Factor de ajuste por número de carriles rotados.

w = Ancho de un carril de tráfico (típicamente 3.60 m).

e_d = Tasa de peralte de diseño, porcentaje.

A continuación, se presenta en la Ilustración 24, la máxima pendiente relativa varía con la velocidad de diseño para proveer longitudes largas en velocidades altas y longitudes cortas en velocidades bajas. La experiencia indica que pendientes relativas de 0.80 por ciento y 0.35 por ciento proveen longitudes de transición aceptables para velocidades de diseño entre 20 y 130 KPH.

Velocidad de Diseño KPH	Máxima Pendiente Relativa (%)	Talud Máximo Relativo Equivalente
20	0.80	1:125
30	0.75	1:133
40	0.70	1:143
50	0.65	1:154
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.47	1:200
90	0.44	1:213
100	0.41	1:227
110	0.38	1:244
120	0.35	1:263

Ilustración 24- Máximas Pendientes Relativas de la Orilla del Pavimento

Fuente: (Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.94)

En conclusión, la máxima pendiente relativa varía con la velocidad de diseño para proveer longitudes largas en velocidades altas y longitudes cortas en velocidades bajas.

La longitud mínima de Transición del Bombeo en la tangente (D_b) está determinada por la cantidad de pendiente transversal negativa y la tasa de pendiente a la que se gira hasta el valor 0%. Para obtener un borde suave en la orilla del pavimento, la tasa de pendiente debe ser igual a la tasa de pendiente relativa utilizada para definir la longitud de transición del peralte y puede calcularse con la Ecuación 4:

$$D_b = \frac{e_{NC}}{e_d} L_r$$

Ecuación 4-Distancia de Bombeo.

En donde:

D_b = Distancia de Bombeo.

e_{NC} = Pendiente transversal, porcentaje.

e_d = Tasa de peralte de diseño, porcentaje.

L_r = Longitud mínima de transición del peralte, m.

En este manual, para velocidades de diseño de 30 KPH en adelante, se recomienda el uso de la curva de transición entre la tangente de entrada y la curva circular y entre la curva circular y la tangente de salida, siendo la Distancia de Transición (Ls) igual a la Longitud de la Espiral y en el tramo circular se mantendrá constante el peralte e% que le corresponde a la curva según la velocidad de diseño.

Por lo tanto, a continuación, se presenta la Ilustración 25, para carreteras de dos carriles, la velocidad de diseño, la sobreelevación con valores máximos de 4, 6, 8, 10 y 12 por ciento, las longitudes mínimas de transición (Ls) en función del radio de curva y el peralte correspondiente para cada velocidad de diseño. Se utilizó el método cinco para la distribución de valores de la sobreelevación "e" y el coeficiente de fricción lateral "f".

e máximo = 4.0% B.N. = 3.0% ANCHO DE CALZADA = 7.20 m

RADIO	20 KPH			RADIO	30 KPH			RADIO	40 KPH			RADIO	50 KPH			RADIO	60 KPH		
	e%	Ls	Db																
163	B.N.			371	B.N.			679	B.N.			951	B.N.			1310	B.N.		
102	2.0	11		237	2.0	17		441	2.0	22		632	2.0	28		877	2.0	34	
75	2.2	11		187	2.2	17		363	2.2	22		534	2.2	28		749	2.2	34	
51	2.4	11		132	2.4	17		273	2.4	22		435	2.4	28		626	2.4	34	
38	2.6	12		99	2.6	17		209	2.6	22		345	2.6	28		508	2.6	34	
30	2.8	13		79	2.8	17		167	2.8	22		283	2.8	28		422	2.8	34	
24	3.0	14	14	64	3.0	17	17	137	3.0	22	22	236	3.0	28	28	356	3.0	34	34
20	3.2	14	13	54	3.0	17	17	114	3.2	22	21	199	3.2	28	26	303	3.2	34	32
17	3.4	15	13	45	3.4	17	15	96	3.4	22	19	170	3.4	28	25	260	3.4	34	30
14	3.6	16	13	38	3.6	17	14	95	3.4	22	19	148	3.6	28	23	222	3.6	34	28
12	3.8	17	13	31	3.8	18	14	81	3.6	22	18	144	3.6	28	23	213	3.7	34	28
8	4.0	14	11	22	4.0	19	14	67	3.8	22	17	121	3.8	28	22	187	3.8	34	27
								47	4.0	22	17	86	4.0	28	21	135	4.0	34	26

Ilustración 25- Peralte Recomendado, Longitud de Transición y Distancia de Bombeo

Fuente: (Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.96)

En conclusión, en la Ilustración 25, se presentó una tabla con los peraltes recomendados, longitudes de transición y así mismo, la distancia de bombeo, para carreteras de dos carriles, la velocidad de diseño, la sobreelevación con valores máximos de 4, 6, 8, 10 y 12 por ciento, las longitudes mínimas de transición (Ls) en función del radio de curva y el peralte correspondiente para cada velocidad de diseño.

Pendientes de Control para el Diseño:

Las pendientes de las carreteras ya construidas tienen una influencia relevante en la operación de los vehículos que operan por ellas. En automóviles, las pendientes de subida de hasta 5%

no tienen influencia apreciable en la velocidad, cuando se compara con la correspondiente en terreno plano. Cuando sube la pendiente, la velocidad decrece progresivamente y en las pendientes de bajada la velocidad tiene un pequeño aumento. En consecuencia, las restricciones a estas velocidades son impuestas por condiciones de seguridad y comodidad. (*Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011.pdf*, s. f, p.117)

Pendiente Máxima:

A continuación, se presenta en la Ilustración 26, información que proporciona la pendiente máxima en porcentaje para calles o carretas colectoras rurales, con velocidad de diseño entre 30 a 100Kph.

TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	7	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	10	10	9	8	8	7	7	6
Montañoso	12	11	10	10	10	9	9	8

Ilustración 26- Pendiente Máxima para Carreteras Colectoras Rurales

Fuente: (*Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.119*)

En conclusión, se presentó en la Ilustración 26, la pendiente máxima en porcentaje para calles o carretas colectoras rurales, con velocidad de diseño entre 30 a 100Kph.

Pendiente mínima:

Es la pendiente que se fija para permitir un drenaje adecuado. En los tramos en relleno puede ser nula, efectuándose el drenaje de la carretera mediante el bombeo transversal, pero en los tramos en corte se recomienda usar 0.50%, permitiéndose, excepcionalmente, hasta 0.30%. Frecuentemente, las cunetas laterales y las que se construyen en medianas centrales, que separan los carriles de carreteras bidireccionales de carriles múltiples, requieren pendientes más fuertes que las propias de la carretera. (*Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.120*)

Pendiente Transversal:

Es la pendiente que se le da a la calzada en dirección perpendicular al eje de la carretera. Se identifican este caso:

- Bombeo Normal:

A continuación, en la Ilustración 27, se presenta un cuadro que muestra que el bombeo depende del tipo de superficie de rodadura, se presentan los rangos recomendables.

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

Ilustración 27- Bombeo Normal de la Calzada.

Fuente: (Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.139)

Se concluye que el bombeo es la pendiente que se le da a la plataforma o corona en las tangentes del alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

3.2.4. MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

El Manual de Diseño de Pavimentos Centroamericanos trata de la planificación, construcción, mejoramiento, mantenimiento y mejora de la red vial centroamericana para reducir la vulnerabilidad a los desastres. El objetivo de este manual es desarrollar un conjunto de estándares para una mejor construcción de pavimento para mejorar la comodidad y seguridad de los usuarios.

El manual presenta el método del PCA, que es un método, que se puede aplicar en los pavimentos de concreto simple con varillas de transferencia de carga (dovelas), se construyen sin acero de refuerzo, pero en las juntas de contracción se colocan varillas lisas que tienen la función de transmitir cargas a las otras losas; para este caso, es necesario que las losas también sean cortas con el objeto de tener mejor control sobre los agrietamientos. (*Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002, p.206*)

Como información importante, podemos destacar que en pavimentos de concreto simple, el espaciamiento entre juntas no debe exceder los 4.50 metros, para que las losas tengan un buen

comportamiento. En pavimentos con dovelas, las losas no deben ser mayores de 6.00 metros y en pavimentos reforzados las losas no deben ser mayores de 12.00 metros, lo cual permite un buen comportamiento, ya que espaciamientos mayores a los mencionados, produce problemas tanto en las juntas como en las fisuras transversales intermedias. (Manual Centroamericano de Pavimentos, 2002, p.207)

A continuación, se presenta la Ilustración 28 que muestra que la capacidad soporte, es el valor del Módulo de Reacción (k) de la capa de apoyo de un pavimento de concreto. Este valor se puede estimar por correlación con el CBR ya que no es necesariamente indispensable tener un valor exacto de k , variaciones mayores de este valor no afectan los espesores de diseño, así mismo se observa las relaciones que se muestran son suficientes para el diseño de pavimentos por este método.

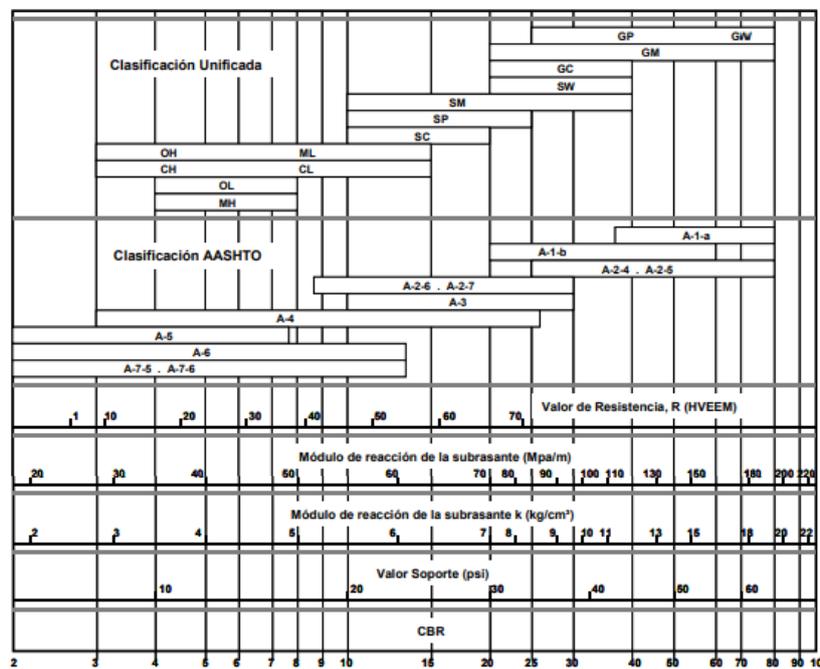


Ilustración 28-Correlación aproximada de la clasificación y los diferentes ensayos

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.209)

En conclusión, se mostró que este valor se puede estimar por correlación con el CBR ya que no es necesariamente indispensable tener un valor exacto de k , variaciones mayores de este valor no afectan los espesores de diseño.

Las subbases son necesarias con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementan la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa. En la Ilustración 29 se puede observar cómo se incrementa el valor de k al colocar una Subbase granular.

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
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 29- Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.210)

El incremento del valor de k al colocar una Subbase granular, se da con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementan la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa

Los datos necesarios para obtener transiciones de diseño suponen tasas de crecimiento anual para predictores. En la Ilustración 30 se muestra la relación recomendada por PCA entre las tasas de crecimiento anual y los predictores durante períodos de 20 y 40 años.

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 30- Tasas anuales de crecimiento con factores de proyección.

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.211)

Se sabe que, por lo general, se supone que las cargas y el tráfico se distribuyen uniformemente en ambas direcciones, pero esto no es del todo cierto. Esto se debe a que, en ciertos casos, la

mayoría de los camiones funcionarán a plena carga en una dirección y volverán a cero. otros. Para carreteras con cuatro o más carriles, ajuste la proporción de vehículos comerciales como se muestra en la Ilustración 31.

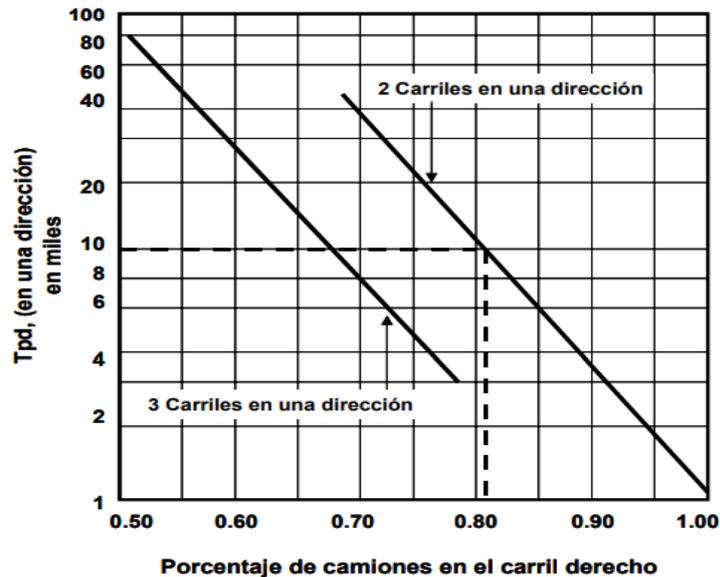


Ilustración 31- Porcentaje de camiones en el carril de diseño en carretera

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.212)

Se presentó la Ilustración 31 con el objetivo de presentar el caso de cuando la mayoría de los camiones funcionarán a plena carga en una dirección y volverán a cero. otros. Para carreteras con cuatro o más carriles, ajuste la proporción de vehículos comerciales.

Según el *Manual Centroamericano de Pavimentos (2002)*, que este método de diseño exige que las cargas reales esperadas se multipliquen por factores de seguridad de carga (Fsc), que para calles residenciales y otras que soporten bajo volumen de tránsito de camiones, $F_{sc} = 1.0$

A continuación, se presenta la Ilustración 32, donde se analizará la fatiga por medio repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto.

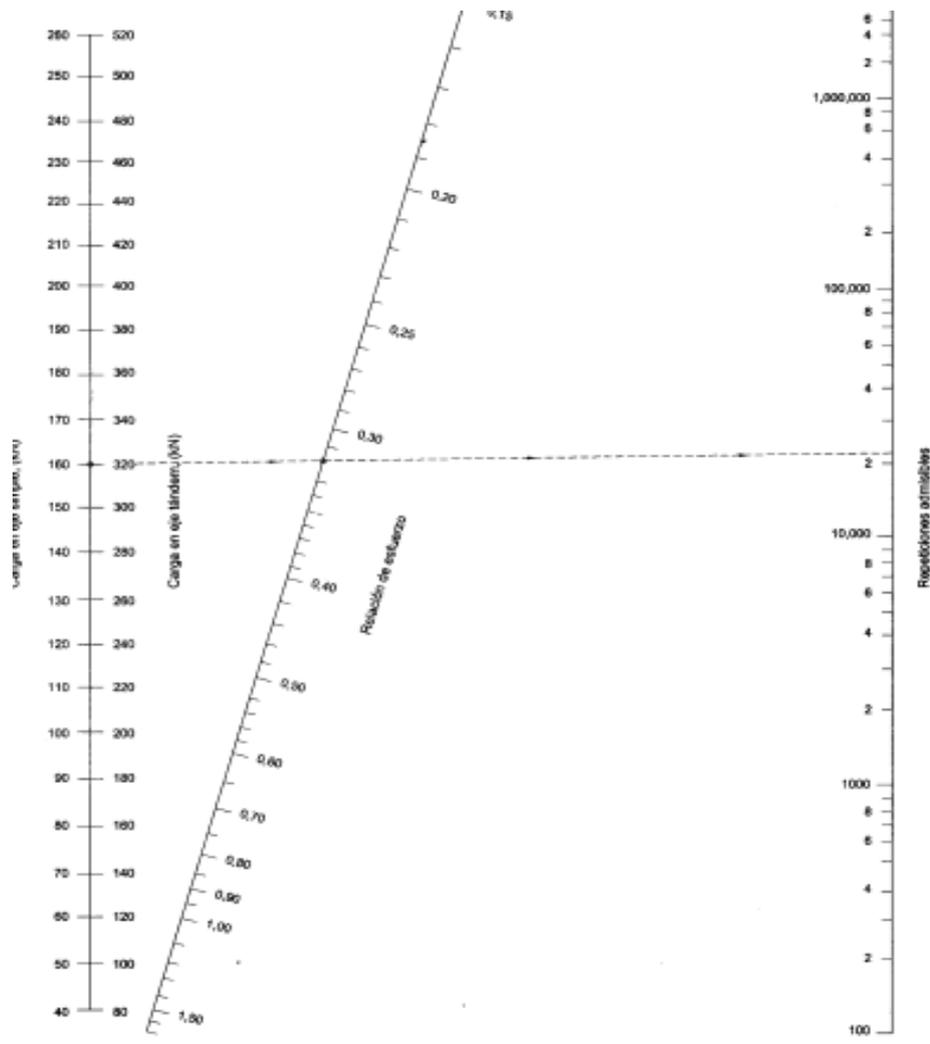


Ilustración 32-Análisis de fatiga.

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.218)

Se presentó la Ilustración 32, donde se analiza la fatiga por medio repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin hombros de concreto.

Una carretera con poco tránsito vehicular y ubicada en una zona residencial no es necesario construir hombros, por ende, seguidamente se presenta la Ilustración 33, donde se muestran los esfuerzos equivalentes para eje sencillo de pavimento de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros.

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 33- Esfuerzo equivalente con dovelas y sin hombros

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.219)

Se concluye que una carretera con poco tránsito vehicular y ubicada en una zona residencial no es necesario construir hombros.

A continuación, se presenta en la Ilustración 34, el factor de erosión para ejes sencillos para pavimentos de concreto hidráulico con dovelas y sin hombros.

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	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
210	2.79	2.77	2.75	2.75	2.73	2.72
220	2.73	2.71	2.69	2.69	2.67	2.66
230	2.67	2.65	2.64	2.63	2.61	2.60
240	2.62	2.60	2.58	2.57	2.55	2.54
250	2.57	2.54	2.53	2.52	2.50	2.49
260	2.52	2.49	2.48	2.47	2.45	2.44
270	2.47	2.44	2.43	2.42	2.40	2.39
280	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34
290	2.38	2.35	2.34	2.33	2.31	2.30
300	2.34	2.31	2.30	2.29	2.26	2.26
310	2.29	2.27	2.25	2.24	2.22	2.21
320	2.25	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17
330	2.21	2.19	2.17	2.16	2.14	2.13
340	2.18	2.15	2.14	2.12	2.10	2.09
350	2.14	2.11	2.10	2.09	2.07	2.06

Ilustración 34- Factor de erosión para ejes sencillos con dovelas

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.225)

Se presenta la Ilustración 35, que muestra el gráfico del análisis de erosión, sin hombros de concreto. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos sin hombros de concreto hidráulico.

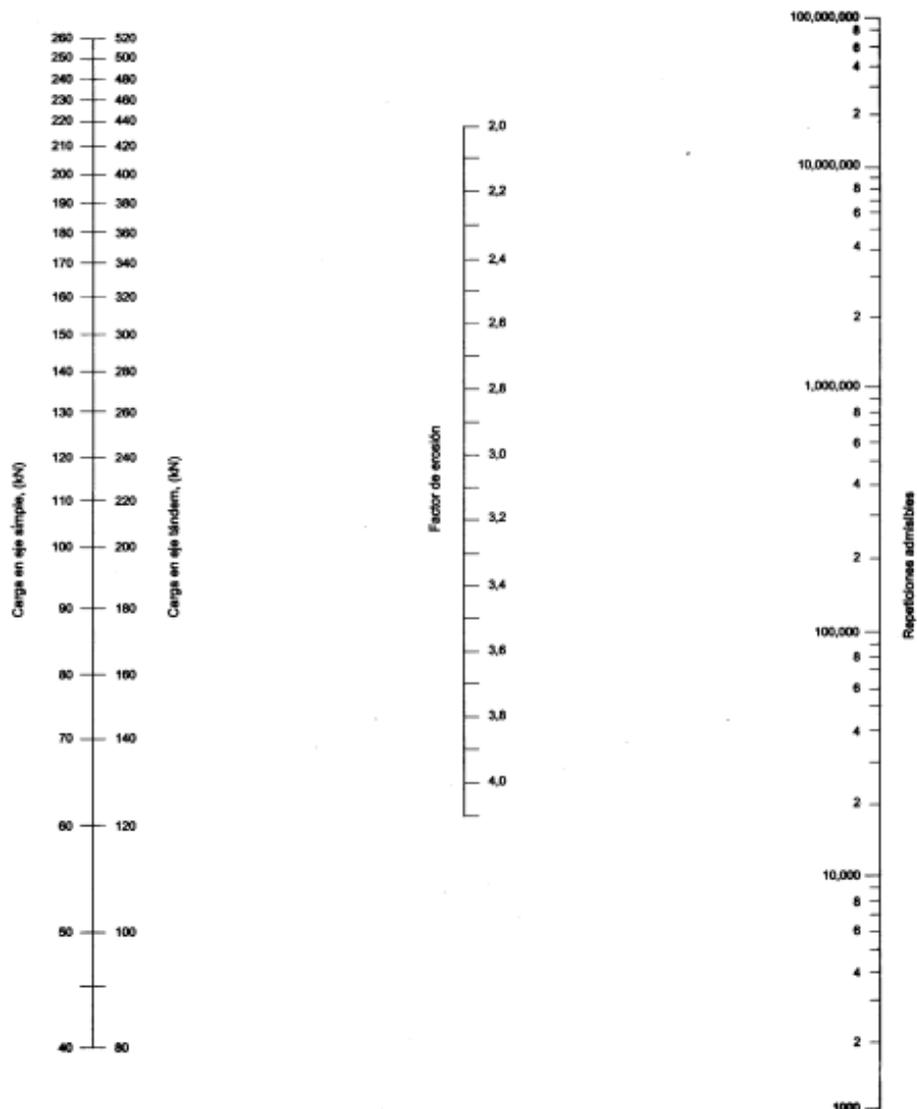


Ilustración 35- Análisis de erosión, sin hombros de concreto.

Fuente: (Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, 2002, p.224)

En conclusión, el análisis de erosión en el diseño estructural de pavimentos es de suma importancia ya que la estructura del pavimento debe garantizar que a la capa de cimentación subbase lleguen esfuerzos suficientemente bajos para lograr un comportamiento elástico en la masa de suelo. Si ocurre que la resistencia del suelo, en un punto dado, es menor que los esfuerzos inducidos se producirá la falla desde el punto de vista elástico.

3.2.5. MANUAL DE PAVIMENTOS DE SOPTRAVI

Con el objetivo de sustentar teóricamente el estudio, se presenta a continuación, el manual de carreteras tomo 4 de SOPTRAVI que trata sobre el diseño de pavimentos y mantenimiento de caminos que dará un sustento teórico a la investigación y será de utilidad para la discusión final del proyecto de pavimentación en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés.

Este documento es el cuarto de una serie de ocho manuales elaborado por SOPTRAVI, que trata sobre el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras y sus estructuras complementarias en Honduras. El objetivo principal de este documento es disimular la normativa nacional y consta de tres apartados, capítulos correspondientes a los elementos de diseño necesarios para su funcionamiento, información de tráfico, señalización e iluminación.

En el apartado del capítulo tres, se encuentra el Diseño de Pavimento Rígido del manual de SOPTRAVI que nos menciona que los factores que determinan el espesor de la losa son básicamente el nivel de carga a soportar, la presión de expansión, el factor de respuesta del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del hormigón hidráulico que compone la losa y que cuando el suelo de apoyo tenga propiedades aceptables, la losa de hormigón se apoyará directamente sobre él; De lo contrario, será necesario construir una capa intermedia, que se denominará subcapa. La calidad del suelo o material debajo de la losa no juega un papel importante en términos de propiedades mecánicas, ya que la capacidad estructural requerida es proporcionada esencialmente por la losa de hormigón. (SOPTRAVI Manual de Carreteras TOMO 4, 1996 ,p.320).

Considerando la construcción de una subbase para prevenir el fenómeno de bombeo, adicionalmente se obtiene un beneficio marginal que consiste en el aporte estructural que brinda la subbase. Siendo el módulo de reacción (k) uno de los factores de diseño, si la subbase está conformada por material granular no tratado, para distintos módulos de la subbase y distintos espesores de subbase se obtuvieron mediante el análisis de sistemas de dos capas, los valores que se indican. Ensayos de carga de placa, realizados sobre losas a escala natural, demostraron que dichos valores si bien son conservativos pueden considerarse aceptables.

A continuación, se presenta la Ilustración 36 que nos permitirá conocer la influencia del espesor de la subbase tratada con el concreto sobre el valor de K.

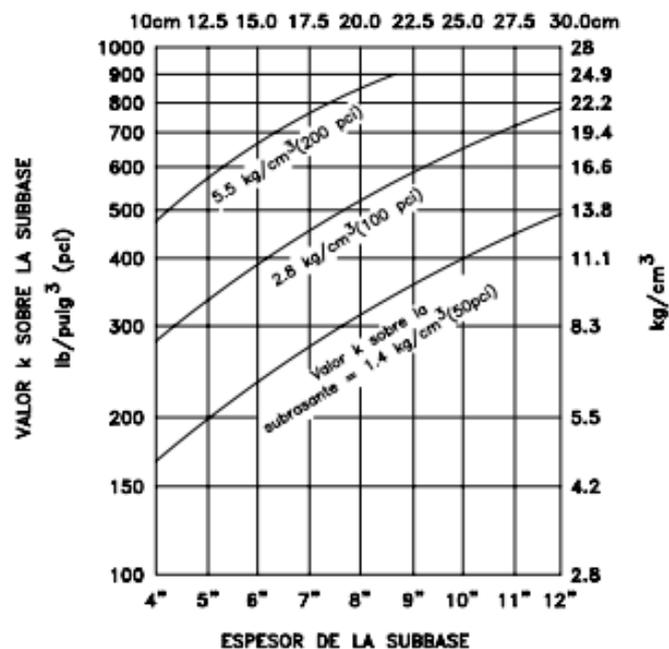


Ilustración 36- Influencia del espesor de la subbase respecto a valor k.

Fuente: (SOPTRAVI Manual de Carreteras TOMO 4, 1996, p.326)

Se pudo visualizar de una mejor manera en la Ilustración 36, el cómo determinar el valor de la influencia del espesor de la subbase tratada con el concreto sobre el valor de K.

Se presenta la Ilustración 37 que ayuda a determinar la influencia de subbases no tratadas sobre los valores de k (Kg/cm³).

Influencia de subbases no tratadas sobre los valores de k (Kg/cm ³)				
Valor de k de subrasante	Valor de k sobre la subbase de espesor			
	10 cm	15cm	22.5 cm	30 cm
1.4	1.8	2.1	2.4	3.1
2.8	3.6	3.9	4.4	5.3
5.5	6.1	6.4	7.5	8.9
8.3	8.9	9.1	10.3	11.9

Ilustración 37- Influencia de subbases no tratadas sobre los valores de k (Kg/cm³)

Fuente: (SOPTRAVI Manual de Carreteras TOMO 4, 1996, p.327)

En la Ilustración 37, se puede visualizar que si bien se registran aumentos en los valores de k, la magnitud de estos no dará como respuesta una disminución en el espesor de la losa y que,

en cambio, subbases tratadas con cemento incrementan los valores de k en forma tal que los espesores de losa pueden llegar a reducirse de 2.5 a 5 cm (de 1 a 2 pulgadas), especialmente para los diseños correspondientes a flujo de cargas de gran magnitud.

Para la elaboración del diseño del pavimento se requiere tomar en consideración los siguientes factores que son:

- Tipo de subbase: diferentes tipos de subbase tienen distintos módulos elásticos (ESB), consecuentemente se debe considerar su efecto, así como la variación de este en las distintas estaciones del año.
- Espesor de subbase (in): el espesor de subbase que corresponda a cada tipo de subbase se debe estimar, a fin de poder hacer una evaluación económica de distintas alternativas para diferentes espesores y tipos.

A continuación, en la Ilustración 38, se indica el gráfico del PCA para el cálculo del espesor del pavimento rígido en caminos, cargas de rueda doble.

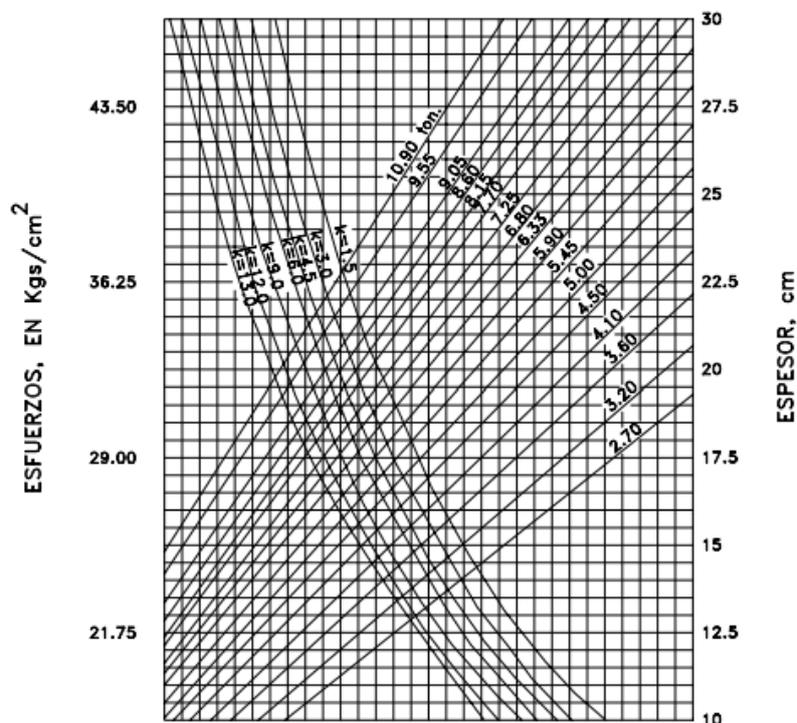


Ilustración 38- Gráfico del PCA para el cálculo del espesor del pavimento rígido

Fuente: (SOPTRAVI Manual de Carreteras TOMO 4, 1996, p.344)

En la Ilustración 38, se presenta el gráfico del PCA para el cálculo del espesor del pavimento rígido en caminos, cargas de rueda doble, que ayuda en la elaboración del diseño.

3.2.6. NORMATIVA DE DISEÑO PARA ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL SANAA

El objetivo de la normativa del SANAA es brindar una guía para diseño del sistema de alcantarillado pluvial, que será en su totalidad por gravedad y separado del alcantarillado sanitario. Podrá ser de dos tipos analizados independientemente, uno con tragante, pozos y tubería y el otro por canaletas. A continuación, se brinda contenido de relevancia para el proyecto, extraído de la normativa del SANAA preparada por la Unidad de Normas y Supervisión del SANAA en el 2004.

Se presenta la Ecuación 5 del método racional, la cual servirá para calcular el caudal producido por la escorrentía.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Ecuación 5- Formula del método racional

Fuente: (Normas de Diseño para Alcantarillado Pluvial SANAA, 2004, p.74)

Donde:

Q=Caudal en m³/s

C=Coeficiente de escorrentía

I=Intensidad media de la lluvia en mm/hr

A=Área de la superficie tributaria en hectáreas

Basándose en los siguientes supuestos:

- a) El máximo % de escorrentía en cualquier punto es función directa del promedio de la intensidad de lluvia durante el tiempo de concentración para ese punto.
- b) La frecuencia de la descarga máxima es la misma que el promedio de la intensidad de lluvia.
- c) El tiempo de concentración es el tiempo requerido para que la escorrentía llegue a ser establecida y fluya desde la parte más remota del área drenada, hasta el punto en consideración. Esta suposición se refiere a la parte más remota en tiempo no necesariamente en distancia.

El coeficiente de escorrentía de la formula racional se estimará para los diferentes componentes de la cuenca según los valores dados en la Ilustración 39, extraída del anexo de aguas residuales.

<i>Tipo De Superficie</i>	<i>Valores De C</i>
Techos impermeables	0.70 – 0.95
Superficies asfaltadas	0.85 – 0.90
Pavimentos de concreto	0.75 - 0.85
Parques, jardines y praderas	0.20 - 0.50
Terrenos deshabitados y parqueos en grava	0.15 -0.30

Ilustración 39- El coeficiente de escorrentía

Fuente: (Normas de Diseño para Alcantarillado Pluvial SANAA, 2004, p.103).

Para el proceso de cálculo se deberá determinar el coeficiente ponderado, calculado en base al porcentaje de cada área. En la Ecuación 6 se muestra que para cada tramo se tomará el coeficiente de escorrentía promedio correspondiente al área tributaria así:

$$C = \frac{\sum (c \cdot a)}{\sum a}$$

Ecuación 6- El coeficiente de escorrentía

Fuente: (Normas de Diseño para Alcantarillado Pluvial SANAA, 2004, p.74).

La intensidad media de la lluvia es en base a la frecuencia o período de retorno y el tiempo de concentración. La intensidad de la lluvia se calcula con la Ecuación 7:

$$I = \frac{a}{(b + t)}$$

Ecuación 7- La intensidad media de la lluvia

Fuente: (Normas de Diseño para Alcantarillado Pluvial SANAA, 2004, p.75).

Donde:

a y b = constantes del lugar y del periodo de retorno (se obtiene de estudios meteorológicos)

t = tiempo de concentración o tiempo de corrimiento (min)

En cuanto al periodo de retorno, los sistemas se diseñarán para una frecuencia de ocurrencia no menor de 5 años y ésta se fijará de acuerdo con la importancia del sector servido, de la siguiente manera:

- a) Para las zonas residenciales de 5 a 10 años.
- b) Para las zonas comerciales o de industria de 10 a 20 años.
- c) Diseño de colectores principales de 10 a 50 años.

El área tributaria en un tramo se hará sumando el área del tramo considerado con las áreas tributarias de los tramos anteriores.

Con respecto al cálculo hidráulico se definen los siguientes parámetros:

- a) En general, se usarán secciones circulares de concreto funcionando como canales a sección llena.
- b) El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes, se hará aplicando la fórmula de Manning.
- c) Cada tramo se calculará con el caudal que tenga en su extremo aguas abajo.

Las velocidades máximas y mínimas de diseño son las siguientes:

Velocidad máxima a sección llena: 5.00 m/s

Velocidad mínima: 0.60 m/s

En sistemas combinados deberá comprobarse el funcionamiento de la sección parcialmente llena en época seca.

Según la normativa del SANAA, cuando el drenaje de aguas lluvias sea del tipo canaletas, como es el caso en el barrio Pueblo Nuevo, se usarán las fórmulas generales de canales.

3.2.7. MANUAL DE REFERENCIAS HIDROLÓGICAS DEL FHIS

El Manual de Referencias Hidrológicas de Honduras representa una herramienta que facilitará y permitirá la implementación de métodos apropiados para la estimación de caudales a utilizarse en el diseño de estructuras de drenaje menor. El manual de referencias hidrológicas debe considerarse como una guía elemental para el cálculo de caudales de avenidas a través de

metodologías de cálculo que se han considerado aceptables y recomendables para Honduras. El manual es un documento que presenta del año 2000 sobre valores extremos de lluvia de 24 horas de larga y corta duración. A continuación, se brinda contenido de relevancia para el proyecto, extraído del manual elaborado por INTEMA S. de R. L. de C.V. bajo la asesoría y coordinación del Fondo Hondureño de Inversión Social y Dirección de Medio Ambiente. (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.7)

En Honduras los instrumentos que se utilizan para medir la cantidad de lluvia son:

a) El Pluviómetro: Consiste en un recipiente, por lo general de forma cilíndrica, con una abertura normalizada, o través de la cual se capta la precipitación que es medida como una profundidad (mm), y registrada diariamente en nuestro país a las 07:00 horas. Estos registros son utilizados para el análisis de la precipitación diaria. (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.27)

b) El Pluviógrafo: Básicamente es el mismo instrumento con la misma abertura, pero en su interior posee un mecanismo de relojería que, acoplado a una plumilla y una cinta de papel especialmente graduado, gráfica la cantidad de lluvia en forma continua. Las gráficas generadas por el pluviógrafo son utilizadas para el análisis de lluvia de corta duración. (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.27)

En cualquier método hidrológico que se utilice para determinar el gasto o caudal de un área tributaria o cuenca, siempre se considera el uso o cobertura del suelo como factor importante que influye en la determinación del caudal pico, por lo que, en el Manual de Referencia Hidrológica se requirió de una metodología mediante la cual se pudiera llegar a establecer valores que correspondan a cada uso o cobertura del suelo, tanto para determinar el coeficiente de escorrentía que se utiliza en el método racional ($Q = CIA$), así como para establecer el número complejo (CN) que se utiliza para definir el hidrograma unitario de cada microcuenca según la metodología desarrollada por el Sistema Nacional de Conservación de Suelos de los Estados Unidos. (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.38)

En el caso del número complejo, para algunas categorías de uso, se definieron tres tipos de condición hidrológica:

- Buena: La cobertura de la vegetación predominante o uso es mayor de 75% y posee buena profundidad de humus u hojarasca.
- Regular La cobertura vegetal oscila entre 50% y 75% y la profundidad del humus es moderada.
- Mala Cobertura menor del 50% y mala profundidad de humus u hojarasca.

En el caso del coeficiente de escorrentía, los valores estarán en un rango entre 0 y 1, siendo uno el que corresponde a superficies impermeables y los valores que se acercan al cero las superficies en existencia con menores valores de escorrentía.

A continuación, se presenta la Ilustración 40 para determinar el coeficiente de escorrentía de acuerdo con el uso, suelo y pendiente.

Cobertura Vegetal y Uso del Suelo	Tipo de Suelo	Pendiente de Terreno			
		Pronunciada	Alta	Media	Suave
		>50%	>20%	>5%	<1%
Sin Vegetación o Suelos desnudos	A	0.70	0.65	60.00	55.00
	B	0.73	0.68	60.03	55.03
	C	0.77	0.72	60.07	55.07
	D	0.80	0.75	70.00	65.00
Cultivos anuales Maíz Frijol Arroz Melón Hortalizas	A	0.50	0.45	0.40	0.35
	B	0.60	0.50	0.50	0.45
	C	0.65	0.55	0.55	0.50
	D	0.70	0.65	0.60	0.55
Vegetación Ligera y Pastos Plantíos nuevos de café, Caña, banano, plátano Cítricos.	A	0.40	0.35	0.30	0.25
	B	0.55	0.50	0.45	0.40
	C	0.60	0.55	0.47	0.45
	D	0.65	0.60	0.50	0.50
Hierba, Grama	A	0.35	0.30	0.55	0.20
	B	0.50	0.45	0.25	0.35
	C	0.55	0.50	0.40	0.40
	D	0.60	0.55	0.45	0.45
Bosques coníferas y desiguos, con cobertura entre el 50-75%	A	0.30	0.25	0.50	0.15
	B	0.38	0.33	0.20	0.23
	C	0.47	0.42	0.28	0.32
	D	0.55	0.50	0.37	0.40
Vegetación Densa Bosques preñifolio Latifoliados o coníferas con cobertura > 75%	A	0.25	0.20	0.45	0.10
	B	0.32	0.27	0.15	0.17
	C	0.38	0.33	0.22	0.23
	D	0.45	0.40	0.35	0.30
Zona Residencial					
30% del área impermeable	A	--	--	0.30	--
	B	--	--	0.40	--
	C	--	--	0.45	--
	D	--	--	0.50	--
70% de área impermeable	A	--	--	0.50	--
	B	--	--	0.60	--
	C	--	--	0.70	--
	D	--	--	0.80	--

Ilustración 40- Tabla para determinar el coeficiente de escorrentía

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.52).

El tiempo de concentración que se define como el tiempo necesario para que una gota de agua llegue a la estructura de drenaje en estudio desde el punto más alejado de la cuenca y puede ser determinado mediante varias expresiones empíricas, de entre las cuales se destacan dos para Honduras.

Se utiliza la Ecuación 8 de Kirpich, expresada como:

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

Ecuación 8- Tiempo de concentración

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.69).

Donde:

Tc: es el tiempo de concentración, en horas

l: es la longitud del cauce, en kilómetros.

h: es la diferencia de altura en metros, entre el punto más alejado de la cuenca y el punto de interés donde se ubicará la estructura de drenaje vial.

Para zonas planas, Kraven presenta la Ilustración 41 para velocidades, expresadas en m/s.

Pendiente S (%)		
S > 1.0	0.5 < S ≤ 1.0	S < 0.5
3.5	3.0	2.1

Ilustración 41- Tabla de porcentaje de pendiente (S)

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.70).

De donde puede estimarse el tiempo de concentración tcc en horas a partir de la Ecuación 9:

$$t_{cc} = \frac{l}{3.6v}$$

Ecuación 9- Tiempo de concentración tcc

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.70).

Donde:

l: es la longitud del cauce en kilómetros

v: es la velocidad de la corriente en m/s.

En este caso los resultados de Kirpich puede ser adoptado teniendo en cuenta el carácter montañoso de la cuenca bajo análisis. El método de Kraven estima un tiempo de concentración más corto, pero por ser recomendado más que todo para cuencas planas en este caso se hace caso omiso de su resultado.

Existen varios métodos para determinar la lámina de agua promedio que cae en una cuenca, entre éstos, los más importantes son:

- El Promedio Aritmético: Este método es el más simple y el más inseguro de todos. Consiste sencillamente en igualar la precipitación media caída sobre una cuenca al promedio aritmético de las lluvias registradas en los pluviómetros de la zona, esto es:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Ecuación 10- El Promedio Aritmético

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.71).

El promedio aritmético sólo es aplicable a zonas planas donde las estaciones presenten una distribución uniforme y donde las lluvias registradas por cada pluviómetro no difieran mucho entre sí. Es recomendable verificar la bondad de este método con otros métodos de análisis.

- El Método de los Polígonos de Thiessen

Este método es aplicable a zonas con una distribución irregular de estaciones y donde los accidentes topográficos no juegan un papel importante en la distribución de las lluvias. La precipitación media se determina como sigue: se dibuja la zona en estudio con las estaciones que contiene y las circunvecinas. Se unen estas estaciones con trazos rectos, tratando de formar triángulos cuyos lados sean de la mínima longitud posible. Después de que los triángulos hayan sido dibujados, se trazan las mediatrices de todos los lados, con lo que se formarán unos polígonos alrededor de cada estación, se mide el área de cada polígono y su relación con el área total produce un coeficiente de ponderación para cada estación. El coeficiente de ponderación se muestra en la Ecuación 11:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

Ecuación 11- Método de los Polígonos de Thiessen

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.72).

P_m = Precipitación media en la zona

S_i = Área de la zona i correspondiente al pluviómetro i

P_i = Precipitación en la zona i

- El Método de las Curvas Isoyetas

Este método consiste en trazar curvas de igual precipitación para un período elegido. Los intervalos de profundidad de precipitación y de incremento de tiempo se toman de acuerdo con la necesidad del problema. Una vez trazadas las isoyetas se calculan las áreas entre líneas limítrofes, y cada una de ellas se multiplica por el promedio de precipitación del área correspondiente. La precipitación media resulta de sumar todos los productos anteriores y dividirlos por el área total de la cuenca.

Para cada una de las duraciones seleccionadas, desde 5 minutos hasta 12 horas, se estima la intensidad correspondiente a diferentes períodos de retorno (T_r). Se muestra en la Ecuación 12, el cálculo para la intensidad de lluvia.

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

Ecuación 12- Intensidad de la lluvia expresada

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.76).

Donde:

i = Intensidad de la lluvia expresada en milímetro/hora

d = Es la duración de la tormenta

a , b , n son constantes de la relación ajustada. En este manual se han graficado los parámetros a , b , y n a través de isopleas para todo el país a partir de las ecuaciones derivadas para las estaciones pluviográficas disponibles a la fecha. Se obtienen mediante la Ilustración 42.

Constantes	Período de Retorno (años)				
	2	5	10	20	50
a	771	1127	1360	1582	1870
b	12.50	14.50	15.25	15.76	16.25
n	0.629	0.629	0.629	0.629	0.629
r	0.9988	0.9951	0.9925	0.9902	0.9878

Ilustración 42- Tabla de parámetros a,b,n en función del periodo de retorno

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.134).

Se considera la estación meteorológica de Tela por las condiciones similares a Puerto Cortes, ya que no cuenta con una estación propia.

A falta de registros de caudal que permitan la obtención de un hidrograma unitario natural, es decir derivado de registros experimentales del caudal observados previamente en una sección de interés cuya herramienta pueda usarse en otros puntos de la cuenca o en cuencas vecinas con algún grado de similitud, la concepción de un hidrograma unitario sintético tomó preponderancia en los trabajos que demandan la generación de un hidrograma con fines de diseño en cuencas que no poseen registros de caudal. Existen tres tipos de hidrogramas unitarios sintéticos: Los relacionados con las características del hidrograma (caudal pico, tiempo base, etc.), los basados en un hidrograma unidimensional y los basados sobre modelos de almacenamiento de la cuenca.

3.2.8. MANUAL DE CONSIDERACIONES TÉCNICAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS

El manual constituirá una guía conceptual y de metodologías con lineamientos para la determinación de los parámetros hidrológicos e hidráulicos para las consideraciones técnicas en el diseño de las obras de drenaje en carreteras. A continuación, se brinda contenido de relevancia para el proyecto, extraído del Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica preparado por los Ministerios de Transporte de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá en el 2016.

La curva hipsométrica puede ser útil para identificar características físicas y de comportamiento de la cuenca. Por ejemplo, pendientes fuertes en las partes altas que luego disminuyen, en las

cotas inferiores, pueden ser un indicativo de zonas susceptibles a inundarse. También, de dicha curva se puede extraer la Ecuación 13.

$$R_h = \frac{S_s}{S_1}$$

Ecuación 13- Relación de la curva hipsométrica

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.52)

Donde:

S_s = es el área sobre la curva hipsométrica.

S_1 = es el área bajo la curva hipsométrica.

De acuerdo con Strahler la relación de R_h es un indicador del equilibrio dinámico de la cuenca. Así, cuando el valor de R_h es aproximado a 1 se tiene una cuenca con equilibrio morfológico. Para valores diferentes, la interpretación que puede realizarse se muestra en Ilustración 43.

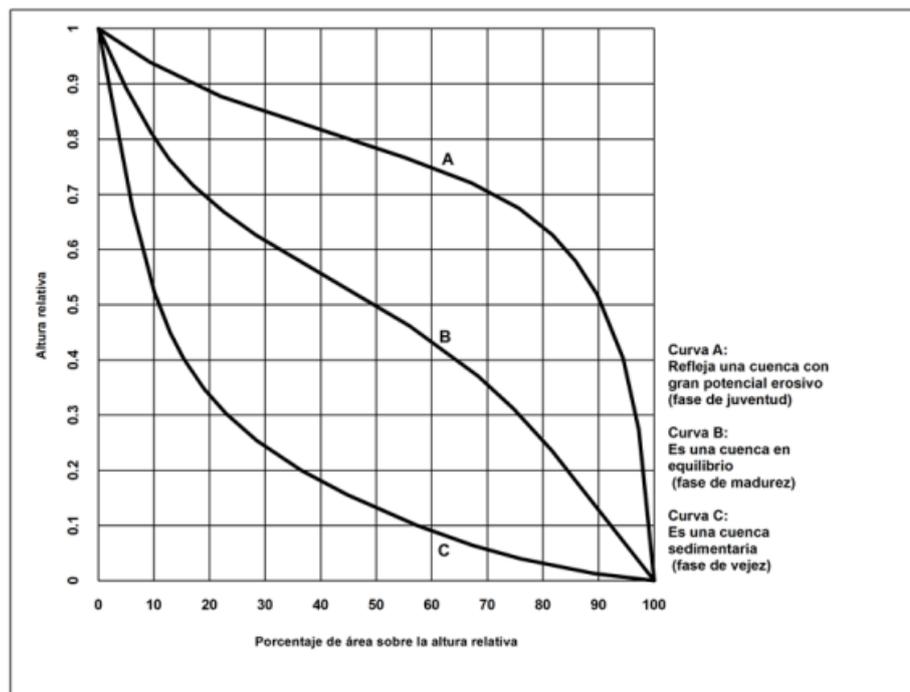


Ilustración 43- Curvas hipsométricas

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.53)

La pendiente es un factor de importancia en la estimación del tiempo de escorrentía superficial y el tiempo de concentración de la cuenca. Su importancia se ve reflejada en la relación

precipitación- esorrentía, de la cual, el aumento de la pendiente provoca una disminución del tiempo de concentración (el cual se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de esorrentía de forma simultánea al punto de salida) y picos de descarga más altos. Se observa en la Ecuación 14.

$$P_{vert} = \frac{n \cdot e}{\sum L_{vert}}$$

Ecuación 14- Medida de la pendiente en sentido vertical

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.54)

Dónde:

P_{vert} = es la medida de la pendiente en sentido vertical.

n = es el número de intersecciones.

e = la distancia entre curvas de nivel, en metros.

$\sum L_{vert}$ = suma de las longitudes de las verticales de la cuadrícula, en metros.

Luego, se realiza el mismo procedimiento en la dirección perpendicular para obtener la pendiente en el sentido horizontal (P_{hor}). La pendiente media (P_m) de la cuenca será el promedio aritmético de los resultados obtenidos en la dirección vertical y la dirección horizontal. El índice de compacidad representa la forma en planta de la cuenca estudiada. Relaciona su perímetro con el perímetro de un círculo de área equivalente al área de la cuenca. Dado que el círculo es la figura geométrica de menor perímetro, el índice de compacidad será siempre mayor a 1, y en tanto sea más cercano a la unidad, indicará una cuenca de forma más redondeada. Para obtener el índice de compacidad se utiliza la Ecuación 15.

$$I_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}} = \frac{0.28 P}{\sqrt{A}}$$

Ecuación 15- El índice de compacidad

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.55)

Dónde:

P = es el perímetro de la cuenca

A = área de la cuenca.

De acuerdo con el valor del índice de compacidad, pueden realizarse clasificaciones sobre la elongación de las cuencas. Un ejemplo de esto es definir las como circulares, si presentan un valor, entre 1.0 y 1.25; ovaladas, entre 1.25 y 1.50; oblongas, entre 1.50 y 1.75; rectangular oblonga, entre 1.75 y 2.0; rectangular alargada, más de 2.

El factor de forma es una característica que incide mayormente en la tasa de velocidad a la que el flujo llega al cauce principal y luego al sitio de interés. El factor de forma (K_f) es la relación entre el ancho promedio de la cuenca (B) y la longitud del curso principal del río (L_c). Mientras que el ancho promedio, es la relación del área de la cuenca (A) y la longitud de su cauce principal. La Ecuación 16 se muestra a continuación:

$$K_f = \frac{A}{L_c^2}$$

Ecuación 16- El factor de forma

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.56)

Dónde:

A = es el área de la cuenca.

L_c = es la longitud del cauce principal de la cuenca.

Una cuenca con un factor de forma bajo está menos sujeta a crecidas que una de la misma área y mayor factor de forma.

Los factores a tener en cuenta para el estudio de la configuración de canales y llanuras aluviales son: la sinuosidad del canal, la sección transversal del canal, su sistema de afluentes, el almacenamiento del canal, la densidad de la vegetación de los canales y llanuras aluviales. Todos estos factores, de manera integrada, afectan al caudal de descarga de la cuenca.

Es un importante indicador de la forma del terreno y del grado de erosión que puede tener la cuenca en función de los factores geológicos, de vegetación y de tipo de suelo. La densidad de drenaje (D_d) se puede expresar como el cociente de la suma total de las longitudes de todos los cauces de la cuenca por unidad de superficie. Se muestra en la Ecuación 17.

$$D_d = \frac{\sum Lc_i}{A}$$

Ecuación 17- Densidad de drenaje

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.58)

Dónde:

$\sum Lc_i$ = es la suma total de las longitudes de todos los cauces de la cuenca, en km.

A = es el área total de la cuenca, en km².

A manera genérica, cuanto mayor sea el valor de la densidad de drenaje, mayor será el pico y el volumen total de la escorrentía. Generalmente, los valores van desde 0.5 km/km² para cuencas con pobre drenaje, hasta 3.5 km/km² para cuencas bien drenadas.

La expresión mayormente utilizada para la asignación de la frecuencia es la Ecuación 18 de Weibull (1939):

$$P(x) = \frac{m}{n + 1}$$

Ecuación 18- Weibull

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.66)

La función inversa de P(x) es conocida como el período de retorno (Tr) de un evento. El cual se define como es el tiempo promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud dada o, en otras palabras, el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de determinada magnitud puede ser igualado o excedido. El período de retorno no determina el tiempo exacto de ocurrencia de un evento. Se muestra en la Ecuación 19.

$$T_r = \frac{1}{P(x)}$$

Ecuación 19- Período de retorno

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.66)

Tr = periodo de retorno en años

P(x) = probabilidad de que esa lluvia suceda

S, es la pendiente media del tramo del lecho del río en estudio. Se observa en Ecuación 20.

$$S = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L}$$

Ecuación 20- Pendiente media

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.84)

Dónde:

H_{máx} = es la cota del punto más alejado y alto de la cuenca.

H_{mín} = es la cota en la salida de la cuenca.

L = longitud del cauce principal.

Los canales abiertos, naturales o construidos, son usualmente la medida más económica de recolección y disposición del agua de lluvia en carreteras, principalmente cuando la concentración de flujo de escorrentía no puede evitarse.

Un canal bien diseñado es capaz de transportar agua pluvial sin erosión, no representa una amenaza al tráfico y provee a la carretera de un bajo costo general de construcción y mantenimiento a mediano y largo plazo. Se debe prestar atención al tamaño del canal, su alineamiento, grado de inclinación, revestimientos de protección y a las estructuras de control de pendientes. Se muestran sus cálculos en la Ilustración 44.

SECCIÓN	ÁREA HIDRÁULICA (A)	PERÍMETRO MOJADO (P _m)	RADIO HIDRÁULICO (R _h)	ESPEJO DE AGUA (T)
<p>Rectangular</p>	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b

Ilustración 44- Cuadro de una sección Rectangular

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.118)

Donde:

b= Base del canal en metros.

y= Altura de tirante en metros.

La capacidad de una cuneta depende de su forma, pendiente y rugosidad. Si se conocen las pendientes transversal y longitudinal de la calle. Se calcula por medio de la Ecuación 21.

$$Q_0 = 0.375 * \sqrt{l} * \left(\frac{z}{n}\right) * y_0^{\frac{8}{3}}$$

Ecuación 21- Caudal de diseño

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.119)

Dónde:

Q_0 , caudal en la cuneta, en m³/s.

l , pendiente longitudinal.

$1/z$, pendiente transversal.

n , coeficiente de rugosidad de Manning.

Y_0 , profundidad de flujo, en m.

Con respecto a los valores de n se debe tomar en cuenta que estos se deben considerar con su debido incremento según las características del material de la cuneta, por lo que en la Ilustración 45 se presentan algunos valores característicos de n .

TIPO DE SUPERFICIE	"n"
Cuneta de hormigón con buen acabado	0.012
Revestimiento de asfalto con textura lisa	0.013
Revestimiento de asfalto con textura áspera	0.016
Revestimiento con lechada de cemento	
a) Acabado con frotachado	0.014
b) Acabado manual alisado	0.016
c) Acabado manual áspero	0.020
Revestimiento con adoquines	0.020
Cunetas con pequeñas pendientes longitudinales (hasta 2 %) sujetas a la acumulación de sedimentos, los valores "n" indicados deben ser incrementados en + 0.002 a 0.005	n

Ilustración 45- Cuadro de tipos de superficie "n"

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.109)

La ecuación de Manning para obtener la velocidad del flujo y el caudal para una condición de régimen uniforme es mediante la Ecuación 22:

$$v = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 22- Ecuación de Manning

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.116)

Dónde:

v, la velocidad del flujo, en m/s.

n, el coeficiente de rugosidad de Manning, cuyos valores recomendados pueden obtenerse de la tabla 5-5.

R_h, el radio hidráulico, en m.

S, la pendiente del conducto, en m/m.

Una vez establecida la velocidad del flujo, por medio de la ecuación de continuidad se determina la capacidad del conducto. La Ecuación 23 se expresa de la manera siguiente:

$$Q = vA$$

Ecuación 23- Ecuación de continuidad para cálculo de caudal

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.117)

Donde:

Q, caudal, en m³/s.

A, el área hidráulica del conducto en m².

v, es la velocidad del flujo, resultado de la aplicación de la fórmula de Manning.

También, es necesario verificar que la velocidad del flujo se encuentre dentro ciertos límites debido a que se pueden originar afectaciones en la estructura. Se presenta la Ilustración 46 con las velocidades permisibles de flujo.

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (m/s)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

Ilustración 46- Velocidades permisibles de flujo

Fuente: (Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas, 2016, p.117)

En la Ilustración 46, se puede observar las velocidades del flujo de acuerdo con diferentes tipos de revestimientos como concreto, ladrillo con concreto o mampostería de piedra y concreto.

3.2.9. ALCANCE, VENTAJAS Y LIMITACIONES

A continuación, se describe el alcance, ventajas y limitaciones que se presentan en el proyecto, en base al marco teórico presentado previamente.

3.2.9.1. *Alcance*

Los manuales y normativas mencionados anteriormente, implementan un rol importante en el diseño geométrico y estructural y drenaje pluvial, debido que abarcan todas las recomendaciones significativas para llevar a cabo un proyecto de una pavimentación y alcantarillado pluvial, para las condiciones reales y existentes de la zona a estudiar es posible sugerir las especificaciones de diseño incluidas en las normas, y se deben adoptar valores acordes a las características del proyecto en estudio para alcanzar el lucro de mejores superficies de rodadura del área.

3.2.9.2. *Ventajas*

- Normativas que contienen información técnica con condiciones similares a las de Honduras.
- Normas AASHTO para la realización de ensayos de laboratorio, debido a su relevancia respecto a las carreteras.
- Manual Centroamericano de Pavimentos y el Manual de SOPTRAVI exhiben diferentes métodos de diseño como el del PCA y el Método AASHTO para pavimentos rígidos.
- Manual de referencias hidrológicas del FHIS debido a que es el único que cuenta con los diferentes datos de estaciones meteorológicas en Honduras, importantes para conocer distintos valores de precipitaciones a lo largo de Honduras, con el objetivo de realizar estudios más precisos y efectivos.

3.2.9.3. *Limitaciones*

Actualmente no existen estudios nacionales para carreteras a nivel nacional, solo se utilizan normas y especificaciones referentes con condiciones similares a las del proyecto en estudio, haciendo una excepción con el "Manual de Carreteras SOPTRAVI".

Las limitaciones de las normas AASHTO es que no se indican estudios o análisis sobre accidentalidad y criterios que son necesarios para disminuir o reducir las posibilidades de accidentes vehiculares, solo se asume que al mejorar las características geométricas se aumenta la seguridad vial, pero son inexistentes los estudios claros y contundentes que respalden el mejoramiento de este factor.

3.3. MARCO CONCEPTUAL

A lo largo del desarrollo del informe del diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés, se hará uso de términos técnicos, abreviaturas y coeficientes, por lo cual a continuación se brinda la definición de los diferentes conceptos utilizados durante el proyecto.

1) Diseño geométrico

“Es la parte más importante en el proyecto integral de una carretera, ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente”. (Cárdenas Grisales, 2019, p.34)

2) Diseño estructural de pavimento

“El análisis de las estructuras de pavimento se basa en la teoría de la elasticidad bajo el supuesto de materiales perfectamente elásticos, isotrópicos y homogéneos. Todos los materiales poseen propiedades de elasticidad, lo que en pocas palabras se puede definir como la capacidad que tiene un material de deformarse bajo el efecto de una carga externa y recuperar la forma inicial cuando la carga desaparece. El rango de esfuerzo admisible para lograr que el cuerpo se comporte dentro del límite elástico es variable de acuerdo con el tipo de material”. (Londoño, 2022)

3) Pavimento rígido

“Generalmente se componen de una capa de Concreto Portland colocada sobre un subrasante con o sin una capa intermedia de base”.(Zambrano Zambrano, 2015, p.16)

4) Erosión

“Falla en la esquina de la losa, comúnmente se le conoce como erosión”. (Londoño, 2022)

5) Fatiga

“Falla en el centro de la losa, comúnmente se le conoce como fatiga”. (Londoño, 2022)

6) Drenaje pluvial

“Un sistema de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, colectores e instalaciones complementarias que recolectan agua de escorrentía de precipitaciones pluviales que permite su recolección para su vertido y así, evitar daños materiales y humanos”. (Valdivielso, 2020)

7) Carretera Vecinal

“Forman la red terciaria de carreteras, las cuales son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí”. (Cárdenas Grisales, 2019, p.38)

8) Levantamiento topográfico

“Es el establecimiento de una poligonal cuyos vértices serán bases de topografía a partir de las cuales, mediante radiación, se toman las coordenadas de puntos del terreno”. (Cárdenas Grisales, 2019, p.57)

9) Planimetría

“Es una de las divisiones de la topografía, que consiste en proyectar sobre un plano horizontal los elementos de la cadena o poligonal sin considerar su diferencia de elevación”. (Alcántara García, 2014, p.19)

10) Altimetría

“Es la parte de la topografía que estudia la elevación de los puntos sobre la superficie terrestre, para dar su posición relativa o absoluta, y la proyecta sobre un plano vertical; referida a un plano de comparación cualquiera o una superficie de comparación como el nivel del mar”.
(Alcántara García, 2014, p.19)

11) Sistemas de referencia

“Los planos del meridiano, del horizonte y el vertical, se usan en topografía para proyectar sobre ellos los objetos geométricos para conocer su posición en dos o tres dimensiones, formando sistemas de coordenadas (x,y) , (x,y,z) que son distancias a los ejes de referencias contenidos en los planos”.(Alcántara García, 2014, p.19)

12) Calzada

“Es la parte de la carretera que está destinada a la circulación de automóviles y que, dependiendo de su tamaño, puede estar compuesta de uno o varios carriles”.(Partes de una carretera, s. f.)

13) Curvas de nivel

“Una curva de nivel no es sino el corte que se produciría en el terreno por un plano horizontal y se trazan, siempre, por saltos de desnivel, lo que se denomina equidistancia”. (Salguero & Marco, 2014, p.22)

14) Carril

“Es una franja longitudinal que forma parte de la calzada. Si son varios, suelen estar delimitados por marcas viales, con una anchura suficiente para el paso de vehículos que van desde motocicletas hasta automóviles de gran tamaño”. (Partes de una carretera, s. f.)

15) Curvas horizontales

"Son arcos de circunferencia de un sólo radio, que constituyen la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales empleadas para unir dos tangentes o elementos rectos del alineamiento horizontal".(FAEDIS, s. f.)

16) Distancia real

"La distancia real que separa dos puntos del terreno se denomina distancia natural, quedando determinada por la recta que los une". (Salguero & Marco, 2014, p.19)

17) Desnivel

"Es la diferencia de cotas, entre dos puntos, pudiendo resultar positivo, nulo o negativo según la posición relativa entre los mismos". (Salguero & Marco, 2014, p.19)

18) Pendiente

"Es una forma de expresar la relación entre la altura que salvamos cuando ascendemos por la carretera y la distancia que nos desplazamos horizontalmente. Matemáticamente esa relación es la tangente del ángulo que forma la carretera con la horizontal".(La pendiente de una carretera, s. f.)

19) Sección

"Es un "corte" de 2 dimensiones en una figura de 3 dimensiones. Otra forma de ver esto es encontrando la intersección de un plano de 2 dimensiones y una figura de 3 dimensiones".(Secciones transversales, s. f.)

20) Calicata

“Pozos excavados antes de iniciar una construcción que se realizan con el objetivo de garantizar que las condiciones del suelo son adecuadas para el proyecto”.(¿Qué es una calicata y para qué se usa en la construcción?, 2022)

21) Granulometría

“La granulometría por tamizado consiste en confeccionar la curva granulométrica de una muestra, la cual es representativa de la distribución de los tamaños de las partículas. Para ello se hace pasar una muestra ya sea inalterada o alterada por tamices o mallas por vía seca con diferentes aberturas, desde aberturas de 125 mm hasta aberturas de 0,075 mm (tamiz nº200)”.
(«Granulometría de suelos por tamizado. Como se interpreta el ensayo», 2017)

22) Límites de Atterberg

“Pueden definirse como los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los cuatro estados de consistencia de un suelo de grano fino: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado semilíquido o viscoso. El límite entre los estados sólido y semisólido se denomina límite de retracción, el límite entre los estados semisólido y plástico se llama límite plástico y el límite entre los estados plástico y semilíquido, límite líquido”.(«> Límites de Atterberg. Definición, descripción de los ensayos e interpretación», 2018)

23) CBR

“Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad”.(Ensayo CBR - Construmatica, s. f.)

24) Rasante

“En una obra o carretera, línea que representa el nivel en que ha de quedar un desmonte o terraplén”.(ASALE & RAE, s. f.)

25) Subbase

“Es una capa soportada por el suelo compactado”. (Zambrano Zambrano, 2015)

26) Subrasante

“Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño”.(A6 Diseño de Pavimentos Rígidos.pdf, s. f.)

27) Tránsito vehicular

“Es el movimiento de desplazamiento de vehículos en las vías públicas”.(Ley-de-Transito.pdf, s. f.)

28) Eje de la calzada

“Es la línea longitudinal, demarcada no, a lo largo de la calzada, definiendo la circulación del tránsito en doble sentido”.(Ley-de-Transito.pdf, s. f.)

29) Velocidad

“Es la relación existente entre el espacio recorrido por un vehículo y una determinada unidad de tiempo”.(Ley-de-Transito.pdf, s. f.)

30) Concreto hidráulico

“Es una mezcla de agregados, naturales, procesados o artificiales, cemento y agua, a la que además se le puede agregar algunos aditivos; esta mezcla debe ser dosificada en masa o en volumen. Como su nombre lo dice, básicamente son pavimentos construidos en concreto, especialmente diseñados para soportar esfuerzos a flexión”. (SAC-VISA, s. f.)

31) Terracería

“Se puede definir como la franja de terreno que es afectada por la construcción del camino y que su función es la de soportar cargas de la estructura del pavimento y de las terracerías sin olvidar las cargas del tránsito”. (capitulo2.pdf, s. f.)

32) Corte

“Son las excavaciones que se realizan sobre cualquier tipo de terreno. Las superficies laterales que delimitan el corte, al igual que el relleno, se denominan taludes. La intersección del talud con la superficie de tierra se denomina borde”.(SANCHEZ, 2017)

33) Relleno

“Son también conocidos como terraplenes. Estos son ejecutados con los materiales provenientes de los cortes realizados en otra parte de la obra. Cuando los materiales sobrantes no son deseables se realizan terraplenes alejados de la obra llamados caballeros”.(SANCHEZ, 2017)

34) Superficie de rodadura

“Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base”. (A6 Diseño de Pavimentos Rígidos.pdf, s. f.)

35) Pasadores

"Barras de acero redondo liso con un $f_y = 4,200\text{kg/cm}^2$, la cual no se debe adherir al concreto permitiendo el libre movimiento de las losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa". (A6 Diseño de Pavimentos Rígidos.pdf, s. f.)

36) Juntas

"Estas son las franjas longitudinales que quedan entre cada una de las franjas de concreto construidas, las cuales se les debe aplicar en todo su borde un producto que evite la adhesión del concreto".(ASOCRETO, 2022)

37) Acabado

"El proceso de acabado se puede realizar con un flotador o un enrasador, esto con el fin de eliminar irregularidades en la superficie y obtener el perfil deseado". (ASOCRETO, 2022)

38) Curado

"Proceso del concreto para mantener las condiciones de humedad y temperatura de la mezcla, con el fin de evitar fisuración del mismo debido a cambios volumétricos y por lo tanto, problemas que afecten la durabilidad del pavimento".(ASOCRETO, 2022)

39) Geotextil

"Es una tela de filtro tejido o no tejido, hecha de materiales de fibras sintéticas y otras naturales, que realizan las aplicaciones como filtración, drenaje y separación del agua con el suelo".(alerama, 2018)

40) Canal abierto

"Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre, dependiendo de su origen, un canal puede ser natural o artificial".(Castellanos et al., 2017)

41) Cuenca hidrográfica

“Superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta”.(RAE, s. f.-b)

42) Caudal

“Cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal...) por unidad de tiempo”.(RAE, s. f.-a)

43) Coeficiente de escorrentía

“Se refiere al cociente de la precipitación total sobre la parte de la precipitación que llega a un punto de descarga. Los datos utilizados se han recogido a partir de eventos de lluvia que se han observado en el pasado. El coeficiente de escorrentía depende del tamaño y de las características de la superficie de la zona de captación”. (Coeficiente de escorrentía, s. f.)

44) Coeficiente de compacidad

“Abreviado como K_c , es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual al área de drenaje de esta. Representa de una manera cuantitativa la geometría de la cuenca”. (Aristizábal Murillo, 2012)

45) Coeficiente de rugosidad

“Abreviado como n , expresa la resistencia a la corriente de agua creada por los lados y el fondo de un canal. Cuanto mayor es el valor de n , mayor es la rugosidad de las paredes del canal y mayor es la dificultad encontrada por el agua para deslizarse por el canal”.(8. ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA, s. f.)

46) Intensidad de lluvia

“Es el caudal de agua que pasa una determinada superficie, es decir, el volumen de agua caído por unidad de tiempo y superficie. Se mide habitualmente en mm/h”. (CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS - ÁREAS TRIBUTARIAS, s. f.)

47) Área tributaria

“Es el área de drenaje o aportación, expresada en hectáreas”. (CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS - ÁREAS TRIBUTARIAS, s. f.)

48) Tiempo de concentración

“Se define como tiempo de concentración, para un área de drenaje, el tiempo que tarda en gota de agua en recorrer desde el punto más lejano de dicha área, hasta el punto final de recepción considerado”.(CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS - ÁREAS TRIBUTARIAS, s. f.)

49) Estación meteorológica

“Permiten predecir y analizar las condiciones meteorológicas y de los fenómenos atmosféricos como ciclones, huracanes, tormentas y sequías”.(«Estaciones Meteorológicas. ¿Qué son y cómo funcionan?», 2020)

50) Precipitación

“Cualquier agua meteórica que se recoge sobre la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve y granizo, cuyo estudio es básico para evaluar los residuos hídricos de una cuenca”.(Diccionario RAING, s. f.)

51) Perímetro mojado

“Es la longitud del perímetro de la sección transversal que está realmente en contacto con el agua, sin incluir la anchura de la superficie del agua”. (8. ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA, s. f.)

52) Factor de forma

"Abreviado como K_f , es la relación existente entre el área de la cuenca y la longitud de la corriente principal elevada al cuadrado. Representa de una manera cuantitativa la geometría de la cuenca". (Aristizábal Murillo, 2012)

53) Tirante

"Resultado de dividir el área hidráulica por el ancho superficial del agua, parámetro fundamental en el estudio del movimiento de un fluido en un canal abierto, y también, en un canal rectangular la distancia entre la lámina de agua y el fondo".(Diccionario RAING, s. f.)

54) Densidad de drenaje

"Es la relación entre la longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por la superficie total de la cuenca".(Densidad de drenaje con de una cuenca ArcGIS, 2013)

55) Periodo de retorno

"En la hidrología aplicada se utiliza indistintamente el concepto de periodo de retorno, entendido como un porcentaje de los años de ocurrencia de un evento extremo". (Aristizábal Murillo, 2012)

56) Cobertura vegetal

"Influye en la circulación del flujo de agua vertical (evapotranspiración e infiltración) y horizontal (escorrentía). El tipo de especies presentes define el paisaje fluvial en una cuenca, generando patrones característicos de distribución tanto en el cauce principal del río como en los diferentes sectores de una cuenca". (Volonté et al., s. f.)

57) Estructura de descarga

“Estructuras que permiten que el vertido de las aguas captadas no genere daños en la parte final del alcantarillado, controlando los riesgos de inundación, erosión y sedimentación de los cauces”. (Valdivielso, 2020)

58) Disposición final

“En el caso de las aguas pluviales no requieren de tratamiento antes de su vertido en cauces o fines agrícolas, debido a la baja concentración de contaminantes. Aunque, según qué fines de reutilización, el agua pluvial debe llegar a una planta de tratamiento”.(Valdivielso, 2020)

3.4. MARCO LEGAL

El Plan de Desarrollo Municipal con Enfoque de Ordenamiento Territorial de Puerto Cortés entre los años del 2011 hasta el 2034, el PDM se encuentra organizado en ejes estratégicos, componentes, estrategias y proyectos. Al comparar los ejes estratégicos del PDM-OT con los objetivos y metas nacionales contempladas en la Visión de País se aprecia una completa correspondencia, considerando los elementos con aplicación a nivel local, de manera que el PDM-OT de Puerto Cortés se enmarca en este proceso de planificación emprendido a nivel nacional y contribuye de manera directa e indirecta al logro de las metas trazadas para el desarrollo integral del país.

LEY JURÍDICA :

Con el objetivo de brindar información con respecto a la responsabilidad de las diversas entidades en el desarrollo de la investigación, se presenta el marco legal, incluyendo información previa sobre el artículo de Ley de Comunicación terrestre, que fue tomado en consideración para promover, impulsar y facilitar el progreso Vial, ya que se conoce que es básico e indispensable dictar normas que despejen o faciliten la labor de proyección, construcción, conservación y reparación de carreteras y demás vías de comunicación terrestre. Así mismo, se da a conocer la guía ambiental para proyectos viales, del manual de carreteras de SOPTRAVI.

Decreta lo siguiente:

LEY DE VIAS DE COMUNICACION TERRESTRE

ARTÍCULO 1.-El sistema vial del país está integrado por:

- 1) Carreteras especiales
- 2) Las Carreteras principales o troncales
- 3) Las Carreteras Secundarias
- 4) Los Caminos de Acceso o de Penetración y
- 5) Los Caminos Vecinales.

Para los efectos de esta Ley, el término carretera comprende cualquiera de las cinco clases anteriores.

ARTÍCULO 4. -Se consideran Carreteras Secundarias, las que comuniquen a los pueblos con la Red General de Caminos Principales o los que comuniquen pueblos entre sí, sin tener importancia especial al tránsito muy intenso.

Según el artículo nueve del decreto número 173, correspondiente a la Ley de Vías de Comunicación Terrestre, declara que toda obra que tenga como principal objetivo la construcción, ampliación y mejoramiento de sistema vial es declarada necesidad y de utilidad pública, ya que se están implementando mejoras viales para ayudar a desarrollar la infraestructura vial en el barrio Pueblo Nuevo de Puerto Cortés. Porque mejorar el sistema vial del país no es un lujo, sino el primer paso para acelerar el desarrollo del país. infraestructura y desarrollo económico. Según el artículo 8, la red vial nacional es propiedad del Estado y es de uso público.

Así mismo declara en el artículo número 10 que 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. Por parte de la corporación municipal y sus encargados de obras públicas deciden la realización de estudios y diseños previos para la construcción de pavimento de la segunda calle y tercera avenida del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, para mejorar la infraestructura vial del sitio.

LEY AMBIENTAL:

Guía Ambiental Para Proyectos Viales

Manual de Carreteras de SOPTRAVI

TOMO 8

En la República de Honduras, además de la ley ambiental general, existen muchas leyes relacionadas con el manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la salud humana, la conservación de los recursos antropológicos y artísticos, y la supervivencia de una cultura conservacionista. especialmente las culturas indígenas. Por otra parte, el Gobierno de Honduras ha ratificado numerosos acuerdos y convenios internacionales relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales, entre los que es necesario destacar el Acuerdo Centroamericano sobre Protección del Ambiente de 1990 y la Comisión del Medio Ambiente y Centroamérica. tener. Convenio Constitutivo de Desarrollo (CCAD). (*Tomo8_Guia_ambiental_para_proyectos_viales.pdf*, s. f.)

El marco legal anterior sirvió de referencia para la integración de la gestión ambiental en la construcción de carreteras del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, para promover el uso racional, integrado y sostenible de los recursos y contribuir a mejorar el medio ambiente para la calidad de vida de las personas que habitan en la comunidad. Por lo tanto, los controles ambientales deben desarrollarse al comienzo de un proyecto y mantenerse a lo largo de la vida útil del proyecto. Con esto en mente, se procede a minimizar los impactos negativos de este proyecto que consta de la construcción de pavimento de la Segunda calle y tercera avenida desde la segunda a cuarta calle del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés y maximizar los impactos positivos para asegurar el uso adecuado de las inversiones pública proteger los recursos de este proyecto.

Según SOPTRAVI en (*Tomo8_Guia_ambiental_para_proyectos_viales.pdf*, s. f.), La "Guía ambiental para proyectos viales", que constituyen el Capítulo 4 del Manual de Carreteras de SOPTRAVI, abordan la necesidad de ampliar el marco de planificación mediante la integración de aspectos ambientales en las instalaciones viales. Por lo tanto, las directrices deben ser la herramienta principal como marco de procedimiento para la integración y aplicación de las normas ambientales en los proyectos viales. Que tiene por objetivo, incorporar procesos de

evaluación de impacto social y ambiental para prevenir, mitigar, controlar y/o compensar el impacto de los riesgos ambientales negativos en el ciclo de vida de los proyectos de carreteras y autopistas para su construcción, rehabilitación, mejoramiento, operación y mantenimiento. Riesgos y amenazas potenciales que afectan la salud pública, los recursos naturales renovables, la estabilidad del patrimonio ecológico y cultural y aumentan los impactos ambientales positivos, también la Protección del ambiente, de los bienes y servicios naturales que éste genera y del patrimonio cultural, así como la protección de la salud pública, en especial la de los trabajadores en obras viales y de los beneficiarios de la misma teniendo como objetivo el mejoramiento ambiental y la calidad de vida de los habitantes.

A continuación, se presenta en la Ilustración 47, la jerarquización de la norma ambiental y de las acciones con el objetivo de darlas a conocer ya todo proyecto de construcción ambiental se deben de regir por ellas.

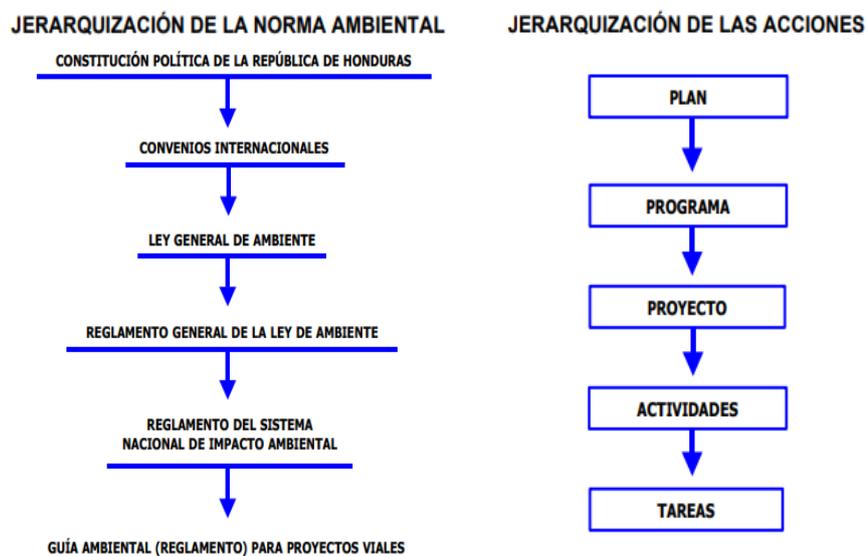


Ilustración 47- Jerarquización de la norma ambiental y jerarquización de las acciones

Fuente: (SOPTRAVI Manual de Carreteras TOMO 8, 2016.P.13)

Con la finalidad de presentar la jerarquía de las normas ambientales y acciones que toma el estado se presentó la Ilustración 47.

IV. METODOLOGÍA

Previamente, se brindó información del marco informativo, marco de teoría, marco conceptual y marco legal. A continuación, se presenta el apartado de la metodología, en donde se encontrará el enfoque, variables de investigación, diagrama de variables, tabla de operacionalización, técnicas e instrumentos aplicados, materiales y el cronograma de las actividades por realizar dentro del proyecto.

4.1. ENFOQUE

Según Martínez Ruiz, (2012) define que la concepción cuantitativa de la ciencia consiste en establecer relaciones causales que supongan una explicación del fenómeno a observar. El enfoque del proyecto "Diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés" es cuantitativo, ya que utiliza la recolección de datos con base en la medición numérica. El enfoque cuantitativo tiene un proceso en donde se presenta una idea, se plantea un problema o necesidad, se hace una revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico, luego se visualiza el alcance del estudio, definición de variables, recolección de datos como puntos obtenidos mediante planimetría y altimetría, distribución de tamaño de las partículas del suelo extraído en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés, entre otros datos. Posteriormente, se procede con el análisis de los datos, y la elaboración del reporte de resultados de levantamiento topográfico, estudios de suelos, diseño de estructura de pavimento y diseño del drenaje pluvial de la segunda calle norte y tercera avenida norte.

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta la Tabla 1 de variables de operacionalización, la cual muestra el apartado del problema, objetivos, preguntas de investigación y por medio de ellos se detectan las variables independientes y la variable dependiente. En la tabla 1, se pueden apreciar las variables de operacionalización, que se dividen en variables independientes y variable independiente. Las variables independientes suelen identificarse por medio de las preguntas de investigación y objetivos específicos del proyecto. La variable dependiente es el fenómeno de estudio, en este caso el diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés, que tendrá resultados en base a las variables de topografía, propiedades del suelo, alcantarillado pluvial y diseño de pavimento.

Continuación Tabla 1...

<p>3) ¿Qué propiedades geométricas, estructurales y constructivas deberá de tener el sistema de drenaje pluvial que mejor se adecúe a las condiciones del sitio?</p>	<p>3) Identificar las propiedades geométricas, estructurales y constructivas que deberá tener el sistema de drenaje pluvial adecuado en base a las condiciones del sitio.</p>	<p>Alcantarillado Pluvial</p>
<p>4) ¿Cuáles serán los elementos geométricos, estructurales y constructivos de la estructura de pavimento rígido en función del análisis de tránsito vehicular al primer trimestre del 2023?</p>	<p>4) Proponer un diseño geométrico, estructural y constructivo de pavimento rígido.</p>	<p>Diseño de Pavimento</p>

Fuente: (Propia, 2023).

4.2.1. DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

A continuación, se muestra la Ilustración 48 que se lee de derecha a izquierda, comenzando con la variable dependiente la cual se divide en variables independientes y se subdivide en dimensiones.

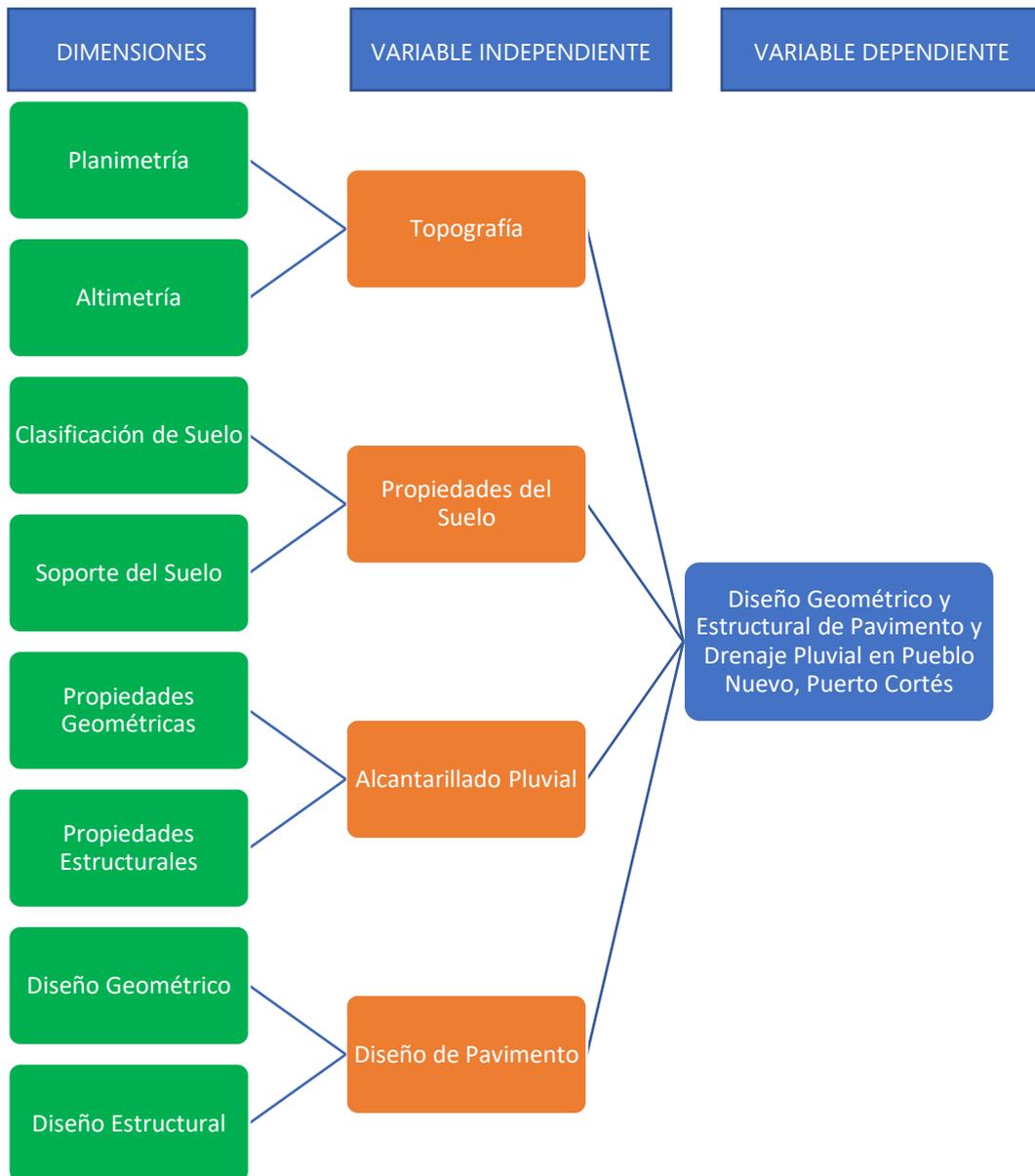


Ilustración 48-Diagrama de Variables de Operacionalización

Fuente: (Propia, 2023).

En conclusión, a la Ilustración 48, se desglosan las dimensiones de las variables independientes en función de la variable dependiente con el fin de obtener el resultado final esperado.

4.2.2. Tabla de Operacionalización

A continuación, se presenta la Tabla 2 de operacionalización, la cual analiza el desglose en función de las variables independientes y a partir de ellas se brindan definiciones conceptuales y operaciones, dimensiones, indicadores, ítems, unidades y la respectiva escala.

Tabla 2-Tabla de Operacionalización

Variables Independientes	Definición		Dimensiones	Indicadores	Ítem	Unidades	Escala
	Conceptual	Operacional					
Topografía	La Topografía es la ciencia que estudia los métodos para obtener la representación gráfica de una parte de la superficie terrestre con todos sus elementos. (García Martín, 2014)	Mediante la topografía obtendremos coordenadas, distancias y elevaciones necesarias para realizar el trabajo correspondiente mediante el software de Civil 3D.	Planimetría	Posición (Coordenada X, Y)	¿Qué posición tienen los puntos generados mediante el levantamiento topográfico?		m
			Altimetría	Elevación (Coordenada Z)	¿A qué elevación se encuentran los puntos generados mediante el levantamiento topográfico?		m
Propiedades del suelo	Una vez revisados los fundamentos geológicos, de composición química y los ensayos de granulometría y surge	Bajo la normativa AASHTO se determina la clasificación y valor soporte del suelo.	Clasificación del Suelo	Granulometría	¿El suelo está bien o mal graduado?		descriptiva
					¿El suelo es una grava o una arena?		descriptiva
					¿Qué porcentaje pasa del tamiz no.200?		%

Continuación Tabla 2...

	La necesidad de agrupar y clasificar los suelos para facilitar su estudio. (Villalobos, 2016)			Límites de Atterberg	¿Cuál será el límite plástico?		%
					¿Cuál será el límite líquido?		%
					¿Cuál será el valor del índice de plasticidad?		%
			Soporte del Suelo	Valor Soporte	¿Cuál será el valor del índice de CBR?		%
Alcantarillado Pluvial	Se diseña y construye para recibir, conducir y disponer las aguas lluvias producto de la precipitación, puede caer en forma líquida, granizo o de nieve (Pérez Carmona, 2013)	El alcantarillado permitirá diseñar una red capaz de captar y conducir las aguas lluvias hasta desembocarlas en un cuerpo de agua.	Propiedades Geométricas	Dimensiones	¿Qué ancho requerirá el canal abierto?		m
					¿Qué altura requerirá el canal abierto?		m
					¿De cuánto será el porcentaje de la pendiente?		%
			Propiedades Estructurales	Refuerzo de acero	¿Cuál será la cuantía de acero?		%
					¿Cuántas varillas de acero serán requeridas?		unidad
					¿Cuál será el espaciamiento requerido?		m
					¿Cuál será el recubrimiento a utilizar?		m
					¿Cuál será la longitud de desarrollo de las varillas?		m

Continuación Tabla 2...

Diseño de Pavimento	Los pavimentos son estructuras constituidas por un conjunto de capas superpuestas, las cuales se diseñan y construyen para soportar los esfuerzos y deformaciones que les generan las cargas del flujo vehicular. (Ortiz, 2009)	El pavimento se compone del diseño geométrico, donde se define el alineamiento del eje central, anchos de calzada, velocidad de diseño, curvas, señalizaciones, entre otros. De igual forma, incluye el diseño estructural, donde se estudia la capacidad de la base y la subrasante, espesor de losa en función del tránsito vehicular, diseño de juntas, entre otros factores	Diseño Geométrico	Ancho de la calzada	¿Cuál será el ancho de la calzada del pavimento?	m
				Pendiente	¿Cuál es la inclinación de la pendiente?	%
				Curvas	¿Cuál será la longitud de las curvas?	m
				Bombeo	¿Con qué porcentaje de bombeo se diseñará el pavimento?	%
				Radio de giro	¿Cuál será el radio de giro?	m
				Terracería	¿Cuáles serán los volúmenes de corte y relleno?	m ³
			Diseño Estructural	Capas Subyacentes	¿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 hidráulico ?	m
					¿Qué características tendrá el concreto hidráulico?	descriptiva
					¿Con que periodo de diseño se elaborará?	descriptiva
					¿Cuál será el valor de módulo de rotura?	psi
					¿Cuántos vehículos livianos transitan por la zona?	unidad
					¿Cuántos vehículos de 2 ejes transitan por la zona?	unidad

Continuación Tabla 2...

					¿Cuáles serán las dimensiones de las pastillas?		m
					¿Cuál será el espaciamiento entre juntas?		m
				Refuerzo de Acero	¿Cuál será la cuantía de acero?		%
					¿Cuántas varillas de acero serán requeridas?		unidad
					¿Cuál será el espaciamiento requerido?		m
					¿Cuál será el recubrimiento a utilizar?		m

Fuente: (Propia, 2023).

Por medio de la Tabla 2, se obtiene una operacionalización de las variables, en la cual se desglosan las variables independientes mediante definiciones conceptuales y operacionales desde dimensiones hasta indicadores, ítems, unidades y escalas que definen la manera en cómo se observará y medirá cada característica del estudio en el barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

A continuación, por medio de la Tabla 3, se muestran los instrumentos necesarios para llevar a cabo el diseño geométrico, estructural y drenaje pluvial en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés. De igual forma, se presentarán las técnicas utilizadas a lo largo del proyecto.

4.3.1. INSTRUMENTOS

Tabla 3- Instrumentos Aplicados

Instrumentos	Definición	Uso	Limitante
Microsoft Power Point	Microsoft Power Point es un potente software de presentación desarrollado por Microsoft. Es probablemente la herramienta más popular a la hora de hacer presentaciones, por lo que es usado en todo el mundo. («Qué es Microsoft PowerPoint», s. f.)	Elaboración de presentaciones profesionales.	No hubo limitantes.
Microsoft Word	Si necesita crear un documento, probablemente considere la opción de Microsoft Word. Esta herramienta es útil para crear una amplia variedad de documentos profesionales de forma rápida y sencilla. Además, es una de las más populares en la actualidad. («Que es Microsoft Word», s. f.)	Elaboración de documentos profesionales.	No hubo limitantes.
Microsoft Excel:	Excel es para obtener información a partir de grandes cantidades de datos, Esto permite sumar datos, ordenarlos y filtrarlos, ponerlos en tablas.(Tareas básicas en Excel - Soporte técnico de Microsoft, s. f.)	Hojas de cálculo requeridas para formatos de ensayo y cálculos matemáticos.	No hubo limitantes.

Continuación Tabla 3...

Civil 3D	AutoCAD Civil 3D es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. (¿Qué es y para qué sirve AutoCAD Civil 3D?, s. f.)	Cálculo de diseño de geométrico y movimientos de tierras.	No hubo limitantes.
Zotero	detecta cuando un libro, artículo u otro recurso se está visualizando y con un clic, encuentra y guarda la información de referencia completa a un archivo local. Si la fuente es un artículo en línea o una página Web, Zotero puede, opcionalmente, guardar una copia de la fuente. Los usuarios pueden añadir notas, etiquetas, y sus propios metadatos a través de la interfaz del navegador. (Vilches, s. f.)	Software de almacenamiento de información bibliográfica.	No hubo limitantes.
Microsoft Project	Herramienta diagrama de Gantt que te permite visualizar las actividades en forma de barras en un periodo de tiempo, pudiendo plasmar las necesidades de tu proyecto en la programación, tales como horas, hombre, duración, costos, entregables, actividades, recursos, calendarios, etc. (Consultoría, 2020)	Asignación de tareas del proyecto a elaborar.	No hubo limitantes.
Handy GPS	Esta aplicación es una herramienta de navegación diseñada para deportes al aire libre como caminatas, ciclismo También es útil para aplicaciones de topografía. (<i>Handy GPS lite - Apps en Google Play</i> , s. f.)	Ubicación GPS del sitio (Coordenadas Norte, Este).	No hubo limitantes.

Continuación Tabla 3...

Estación Total	La estación total puede medir ángulos y distancias de manera electrónica y procesar trigonométricamente para darnos, como mínimo, unas coordenadas de posición en el espacio. (¿Qué es una estación total y para qué sirve?, s. f.)	Medición de ángulos, elevaciones, distancias, coordenadas, etc.	Deficiencia de duración de las baterías.
Trípode	Se denomina trípode a un armazón que cuenta con tres pies y que se utiliza como sostén de diversos instrumentos o dispositivos. El concepto procede del latín <i>tripus</i> , aunque su origen etimológico más lejano se encuentra en la lengua griega.(Definición de trípode - Definiciones, s. f.)	Soporte para instrumentos de medición.	No hubo limitantes.
Bastón	Es un accesorio para realizar mediciones con instrumentos topográficos, originalmente una vara larga de madera, de sección cilíndrica, donde se monta un prismática en la parte superior, y rematada por un regatón de acero en la parte inferior, por donde se clava en el terreno para tomar los puntos topográficos y tomar la medición.(«Jalón (topografía)», 2021)	Utilizado para marcar puntos en levantamientos topográficos, determinación de bases, etc.	No hubo limitantes.
Estacas	Una estaca es un palo que tiene un extremo afilado. Gracias a esta particularidad, se trata de un elemento con diferentes usos, ya que puede clavarse en el suelo.(Definición de estaca - Definicion.de, s. f.)	Utilizado para tener puntos de referencias en el terreno.	No hubo limitantes.
Clavos	Se denomina clavo a un objeto delgado y alargado que dispone de punta y de cabeza y se utiliza para fijar algo. (Definición de clavo - Definiciones, s. f.)	Punto fijo en la estaca para referenciar la estación.	No hubo limitantes.

Continuación Tabla 3...

Pintura en Aerosol	Envase de algunos líquidos mezclados con un gas a presión, de manera que al oprimir una válvula salga el líquido pulverizado, aerosol («spray», s. f.)	Para marcar referencias en las estacas.	No hubo limitantes.
Cinta Métrica	La cinta métrica también llamada flexómetro es un instrumento de medición, como tal está diseñado para obtener cantidades de diversas magnitudes físicas («Cinta Métrica - ¿Qué es, cómo funciona y para qué sirve?», 2019)	Medición para distancias, alturas y anchuras.	No hubo limitantes.
Almádana	una herramienta de manera similar al mazo que tiene una cabeza en forma de hierro, de manera gruesa de ambos extremos y de un mango de madera prolongado y que se emplea para despedazar y romper piedras. (<i>Definición y etimología de almádana</i> , s. f.)	Utilizado para clavar estacas, clavos, y para grumos complejos de disgregar.	No hubo limitantes.
Pala	Herramienta formada por una lámina plana o ligeramente cóncava y un mango para asirla, que se emplea para recoger y transportar materiales sueltos o para cavar (<i>Definición y significado de Pala - ¿Qué es Pala?</i> , s. f.)	Para extraer y rellenar muestra del PCA .	No hubo limitantes.
Pico	Es una herramienta manual con una cabeza muy dura unida perpendicular a un mango, utilizado para calicatas. (<i>Picos y azadas, toda la fuerza en un punto - Todo ferretería</i> , s. f.)	Elaboración de pozos a cielo abierto y remover vegetal.	No hubo limitante.
Barreno	es una herramienta taladradora grande o dispositivo o también llamada barrena que se usa para hacer agujeros o pozos cilíndricos, cuyo material perforado es posible de extraerse a través de un tornillo helicoidal rotatorio. («¿Qué es barreno?», 2016)	Para extraer muestras a mayor profundidad del Pozo.	Mango de giro

Continuación Tabla 3...

Llave Inglesa	Herramienta que sirve para apretar o aflojar elementos que se encuentran unidos mediante tornillos o tuercas. (<i>Llave (Herramienta) - EcuRed, s. f.</i>)	Utilizado para generar movimientos rotatorios en el barreno.	No hubo limitantes.
Bolsas	Es un recipiente ya sea de plástico o tela, que sirve para almacenar o trasladar objetos. (<i>¿Qué es Bolsa?, s. f.</i>)	Para almacenar muestra de cada pozo realizado en sitio.	No hubo limitantes.
Cuchara para albañil	Herramienta formada por una lámina metálica de forma triangular sujeta por un mango de madera que se emplea para aplicar y manejar el mortero. («Cuchara para albañil - Paleta Albañil - Construrama Jerez», s. f.)	Extracción de muestra del suelo in situ.	No hubo limitante.
Brocha	Escobilla de cerdas gruesas que sirve para limpiar de polvo superficies delicadas. (<i>BROCHAS: definición de BROCHAS y sinónimos de BROCHAS (español), s. f.</i>)	Para extracción de muestras estancadas en los tamices, y para limpieza de polvo existente en la superficie trabajado.	No hubo limitante.
Cepillo Metálico	Es una herramienta formada por una base de madera o metal, sobre la que se fijan unas cerdas metálicas, que tienen diferente dureza según el trabajo que deben realizarse en su deber.(MERLIN, 2022)	Para extracción de muestras estancadas en los tamices de aberturas mayores.	No hubo limitante.
Agitador Mecánico	Estos equipos tienen mecanismos que agitan y reorientan las partículas de la muestra con movimientos orbitales, circulares o rotacionales. (Brajovic, 2020)	Clasificación de suelos.	No hubo limitante.
Balanza Digital	Las balanzas digitales son instrumentos de pesaje que utilizan la acción de la gravedad para determinar la masa de un objeto. (Balanzas digitales, s. f.)	Medir pesaje de la muestra retenida en cada tamiz.	No hubo limitante.
Horno	Es un tipo de horno comúnmente usado para deshidratar reactivos de laboratorio o secar instrumentos. (<i>¿Sabes qué son los hornos e incubadoras, y la variedad que existe?, s. f.</i>)	Secado de la muestra húmeda extraída del suelo.	No hubo limitante.

Continuación Tabla 3...

Tamices		Un tamiz es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar la muestra previamente agitada. (Mza, 2011)	Clasificación del tamaño de las muestras del suelo.	No hubo limitantes.
Copa Casagrande Ranurador	de y	La Cuchara de Casagrande, también conocida como Copa de Casagrande, es un instrumento de medición que se usa para determinar el límite de liquidez de un terreno; se emplea en ingeniería civil y en geotecnia y fue inventada por Arthur Casagrande, de quien lleva su nombre.(Cuchara de Casagrande - Construmatica, s. f.)	Utilizado para aplicar 25 golpes a la muestra.	No hubo limitante.
Espátula		Herramientas diseñadas para, manipular, y transferir materiales; los productos están disponibles en varios tamaños, composiciones de materiales, etc. (Espátulas de laboratorio Fisher Scientific, s. f.)	Para extraer muestras en pequeñas cantidades.	No hubo limitante.
Cápsula porcelana	de	Este material de laboratorio consiste en un recipiente pequeño y semiesférico de porcelana, que le confiere su distintivo color blanco. (Cápsula de porcelana, un material indispensable para cualquier laboratorio, s. f.)	Para evaporar el exceso de solvente de una muestra.	No hubo limitante.
Taras		Es el peso del contenedor o empaque sin incluir el peso del producto (neto).(Qué es Peso Bruto, Tara y Neto? - Centro de Información - Básculas REVUELTA, s. f.)	Para la medición de pesaje retenido en cada tamiz.	No hubo limitante.
Agua destilada		El agua destilada está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, cuya molécula se representa químicamente por la fórmula H ₂ O. (Agua destilada, s. f.)	Para remover muestras retenidas en las taras.	No hubo limitante.

Continuación Tabla 3...

Mazo de Goma	En que es un martillo de goma, corresponde a un tipo de martillo que se caracteriza por tener un mango de goma o de plástico.	Para disgregar grumos de la muestra del suelo.	No hubo limitante.
	(«¿Qué es y para qué sirve el Martillo de Goma?», 2022)		
Hcanales	Es un programa que permite determinar las características hidráulicas de canales. (Rojas, 2013)	Brinda resultados del tirante crítico, área hidráulica, perímetro em función del caudal de diseño.	No hubo limitante.
Formato de conteo de tráfico vehicular	Es un formato desarrollado por los miembros ejecutores del proyecto, con el fin de realizar un conteo de tránsito vehicular (ver Ilustración 83).	Brinda el tránsito vehicular que transita por la zona.	No hubo limitante.

Fuente: (Propia, 2023).

4.3.2. TÉCNICAS

1) Asesorías: Las asesorías se dividen en metodológicas y temáticas. La asesoría metodológica fue brindada mediante el Ingeniero Michael Pineda, que brindó la secuencia de trabajo para el informe metodológico. Las asesorías temáticas fueron impartidas por los Ingenieros Sergio Paredes, Otto Doménico y Mario Cárdenas, con el objetivo de lograr un proyecto con las recomendaciones y lluvias de ideas en base de su experiencia, los asesores temáticos se enfocaron en determinar el tipo de pavimentación que se elaborara en sitio por las características con las que cuenta el suelo de la zona de estudio, y por el perímetro en que se encuentra rodeado la comunidad, tomando en cuenta el alto nivel freático de la zona donde se realizara el pavimento rígido se recomienda utilizar un geotextil para proteger el pavimento y no exponerse a los elementos que podrían dañar el elemento estructural. Cabe destacar las asesorías de los pobladores de la comunidad para nuestro diseño del drenaje pluvial donde se brinda información detallada de la deficiencia de los canales y de donde viene su defecto así causando inundaciones y viviendas incomunicadas.

2) Levantamiento Topográfico: Es el estudio que mide la superficie de la tierra que permite determinar su ubicación espacial, su elaboración consta de un conjunto de puntos que se

levantan en el terreno haciendo utilización de un bastón con prisma para indicar de manera precisa los puntos referentes, la topografía también mide los accidentes naturales del terreno y tales comportamientos de la superficie suelen ser planicies, colinas, montañosas, formaciones de las rocas, y cursos de agua, los cuales el equipo de medición se puede lograr a través de la estación total, teodolito o nivel de mano, para medir las coordenadas horizontales, como latitud, longitud y altitud.

También, en la topografía se pueden extraer información del terreno tales como las distancias, ángulos, diferencias de nivel, pendientes, ayuda a diseñar rectas paralelas y perpendiculares del terreno, con la información del terreno se pueden elaborar curvas de nivel y obtener una mejor visualización de distintos puntos de elevación del área para realizar un trazado de pavimento de carreteras (ver Ilustración 131- Levantamiento topográfico mediante Trimble C5 - Ilustración 132- Levantamiento topográfico mediante bastón y prisma).

3) Ensayos de Laboratorios: Los ensayos de laboratorio son pruebas de suelos que permite conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo sobre el que pretendemos construir, es decir, la composición estratigráfica, como por ejemplo las capas o formaciones que componen las diferentes propiedades del suelo y su profundidad. además de la profundidad, el vaciado a realizar durante las obras de construcción. Para garantizar los cambios mínimos que pueden ocurrir entre el laboratorio, se hacen especificaciones predeterminadas para poder realizarse estos tipos de pruebas en laboratorios. La precisión de los resultados de la prueba de laboratorio mecánica del suelo depende de los estándares y también de la calidad que tienen el tipo de equipo existentes, la aptitud y las buenas condiciones utilizadas por el equipo utilizado en el proceso y la supervisión de la preparación de la persona responsable y garante, extraer y administrar muestras y muchos otros factores (ver Ilustración 133 - Ilustración 136).

4) Entrevistas: Las entrevistas son una técnica de extracción de información muy importante del sitio, sirve obtener precedentes del problema que ha ocurrido en la zona de estudio, es una técnica que se define como un dialogo coloquial hacia una persona, un claro ejemplo es el señor Gonzalo que habita en la comunidad de pueblo nuevo, que brindó información sobre la deficiencia del drenaje pluvial de los canales abiertos y culpa de ello es la cause de inundaciones en sus caminos cuando existe un fenómeno natural como el Mitch o eta e iota,

cabe destacar información sobre las características del suelo y su historial como caminos pantanosos. Reuniendo información y argumentos válidos para realizarse el proyecto de pavimentación en la zona, debido a momentos donde la marea sube su nivel de agua y amenaza a la comunidad a ser vulnerable cuando se someten a lluvias y causando así la incomunicación vial.

5) Revisiones Bibliográficas: Las revisiones bibliográficas fueron necesarias para la obtención de datos técnicos como valores de gráficos y de ecuaciones, especificaciones de manuales de referencia para la realización del diseño geométrico y estructural del pavimento rígido y el sistema de drenaje pluvial.

6) Extracción de Muestras: El proceso de exploración del suelo se utilizó el método de pozo a cielo abierto, en el cual se realiza una excavación para explorar las profundidades del suelo, que generalmente suelen ir de 0.50m – 1.00m, con el propósito de conocer las propiedades del suelo como su clasificación y soporte del suelo.

4.4. MATERIALES

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los materiales que se manipulo en el campo y en laboratorio con el objetivo de alcanzar el estudio óptimo para el diseño geométrico y estructural del pavimento para la comunidad de Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

- Agua Destilada

Ficha Técnica:

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
Silice	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 49-Especificaciones Técnicas Agua Destilada

Fuente: (Lorente, Isabel, 2012)

Por medio de la Ilustración 49, se describe el líquido Transparente libre de cloro, es inoloro y miscible, utilizado para humedecer las muestras de laboratorio con el objetivo de realizar un estudio de la mecánica de suelos y extraer información de sus condiciones, también utilizado para la limpieza de cápsulas de porcelanato o para remover material de tamaño microscópica para evitar pérdidas de la muestra.

- Muestras de Pozo a Cielo Abierto

Se extrajo material del suelo del barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortes. Para ser sometida a pruebas de laboratorio, se describe como un suelo de arena arcillosa o limosa que padece de cambios de humedad drásticos en distintas profundidades provocando cambios de color en el estrato, al ser sometido al proceso de deshidratación en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas las capas del suelo se regresan a su color original lo cual se determina que no hay cambios de suelos en el terreno y solo existen humedades debido al nivel freático alto.



Ilustración 50-Marcaje de calicata

Fuente: (Propia, 2023)

- Estacas

Especificaciones Técnicas presentadas en la Ilustración 51.

<p>Nombre botánico: <i>Pinus pinaster</i> Ait.</p> <p>Nombres comerciales: Español: Pino pinaster, Pino gallego, Pino negral, Pino rodeno, Pino rubial, Pino marítimo. Inglés: Maritime pine, Seaside pine.</p> <p>Procedencia y disponibilidad: Se encuentra en casi todos los países que bordean la zona occidental del mar Mediterráneo (Argelia, Marruecos, España, Francia, Italia y Grecia). En España se encuentra en casi todas las provincias.</p> <p>Descripción de la madera: Color: Albura: blanco amarillento. Duramen: varía del naranja al rojo asalmonado. Fibra: Recta Grano: Varía de medio a basto o grueso.</p> <p>Presenta numerosos canales resiníferos y la madera suele estar muy impregnada de resina, que le confiere un color rojizo. También numerosos nudos, que pueden tener grandes diámetros.</p> <p>Propiedades físicas: Densidad: 530-540-550 Kg/m³ Contracción: Medianamente nerviosa Coeficientes de contracción: total (unitario) Volumétrica: 14,5% (0,45) Tangencial: 7,6% (0,25) Radial: 4,1% (0,14) Dureza: 2,7 Semidura</p>	<p>Propiedades tecnológicas: El aserrado es fácil, aunque la presencia de resina puede embotar las sierras y provocar su calentamiento. Se recomienda aumentar el ancho de la vía de la sierra y el paso entre dientes para facilitar la evacuación de la madera con resina y tomar las precauciones habituales correspondientes al aserrado de maderas muy resinosas.</p> <p>Propiedades mecánicas: Madera libre de defectos. Flexión estática: 178 N/mm² Módulo de elasticidad: 7230 N/mm² Compresión axial: 39 N/mm² Compresión perpendicular: 6,0 N/mm² Cortante: 9 N/mm² Flexión dinámica: 3,0 J/cm²</p> <p>Madera estructural : La Norma UNE 56.544-1997, establece dos calidades, ME-1 y ME-2, que dan lugar respectivamente a las clases resistentes C24 y C18.</p> <p>Secado: La velocidad de secado es rápida. Las cédulas de secado recomendadas son la n° 11 del CTBA, la M del PRL.</p> <p>Durabilidad natural e impregnabilidad: La madera está clasificada como medianamente o poco durable frente a la acción de los hongos y sensible a los cerambicidos, a los anóbidos y a las termitas. La madera de albura es muy sensible al azulado. La madera de duramen no es impregnable y la de albura es impregnable.</p> <p>Aplicaciones: Tableros alistonados. Tableros contrachapados: estructural. Carpintería interior.</p>
---	---

Ilustración 51-Propiedades Técnicas de la Madera

Fuente: (Bioparquet, 2023)

Se construyeron estacas de madera, clavadas en el terreno natural del barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortes, con el objetivo de utilizarlas como puntos de georreferencia para la estación total Trimble C-5.

4.5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

4.4.2. TIPO DE DISEÑO

A continuación, se muestra la Ilustración 52, que define el tipo de diseño y demás componentes de la metodología de estudio.

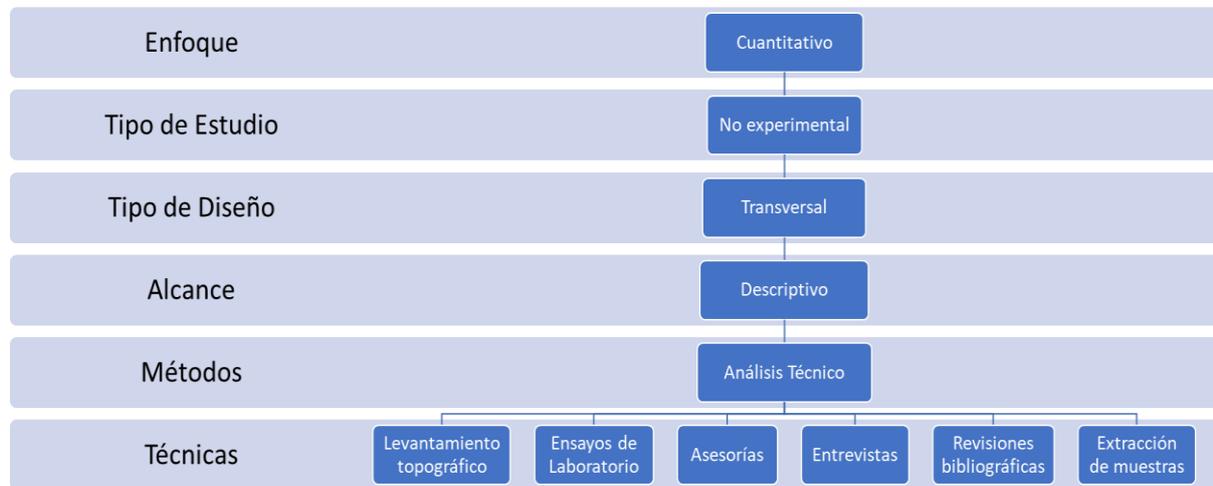


Ilustración 52-Diagrama de metodología de estudio

Fuente: (Propia, 2023)

La Ilustración 52 muestra la metodología de estudio para nuestro proyecto en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés. A continuación, se brinda una breve explicación para describir cada uno de los diferentes componentes, como ser el enfoque, tipo de estudio, tipo de diseño y alcance.

Es un enfoque cuantitativo debido a que se realiza un estudio técnico y los datos obtenidos son en base a medición numérica, con el fin de alcanzar los objetivos por lograr a lo largo del proyecto. (Hernández Sampieri, 2014)

Es un tipo de diseño transeccional o transversal pues la toma de datos es un momento y tiempo único. Por ejemplo, la extracción de suelos se realiza en un momento único. (Hernández Sampieri, 2014)

El alcance del estudio es descriptivo ya que se enuncian propiedades, características y análisis de los elementos geométricos, estructurales y componentes del drenaje pluvial que conforman el diseño del proyecto.

El método utilizado es mediante un análisis técnico, en donde mediante observación se estudia el comportamiento del entorno y fuerzas externas para poder brindar una solución para la comunidad y se obtengan rendimientos positivos. Además, se emplean diferentes técnicas como el levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio, asesorías, revisiones bibliográficas y entrevistas.

4.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En el presente apartado, se presenta el desglose de las actividades realizadas a lo largo de la ejecución del proyecto Diseño Geométrico y Estructura de Pavimento y Drenaje Pluvial, para el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. Herramienta que permite visualizar el listado de tareas necesarias para llevar a cabo el proyecto en orden cronológico.

- **Semana 1:**

Se inicia el periodo académico con primera reunión de asesoría metodológica llevada a cabo el jueves 19 de enero del año 2023, con el objetivo de conocer las indicaciones previas a lo que se presentara a lo largo del todo el periodo académico.

- **Semana 2:**

Se lleva a cabo la segunda la segunda reunión de asesoría metodológicas impartida por nuestro asesor metodológico el Ingeniero Michael Pineda, para discutir las indicaciones y contenido del capítulo I y II del informe, así como instrucciones generales de cómo realizar las visitas técnicas. Reuniones llevadas a cabo los martes 24 y miércoles 25 de enero del año 2023.

El jueves 26 de enero del 2023, se llevó a cabo el primer taller de Word, impartido por nuestro asesor metodológico, taller que nos permitió desarrollar técnicas en Word que facilitan el desarrollo del informe de presentación de proyecto a ejecutar. Ese mismo día se tuvo la primera reunión temática impartida por el Ingeniero Otto Flores, uno de los 3 asesores temáticos, reunión realiza con el objetivo de discutir el tema de diseño de drenaje pluvia.

- **Semana 3:**

Se inició la semana el martes 31 de enero del año 2023, con la continuación del taller de Word impartida por nuestro asesor metodológica. El mismo día se realizó la primera reunión grupal formal, donde se tomaron puntos a discutir sobre la elaboración del proyecto en general.

El miércoles 01 de febrero del año 2023, se llevó cabo el taller de equipo de topografía impartido por el Ingeniero Sergio Paredes, taller que se prestó para distribuir el uso de los equipos topográfico por equipos y así mismo hacer unos ensayos previos con las estaciones total. El mismo día por la tarde se llevó a cabo la primera presentación de los capítulos 1 y 2 del contenido del informe final del proyecto, mismo día se realizó la asignación de proyectos por grupos, día que se llevó a cabo también la segunda reunión grupal, donde se tomaron puntos importantes sobre la planificación y preparación del proyecto asignado.

El jueves 02 de febrero del año 2023, se realizó la continuación de la primera presentación de los capítulos 1 y 2 del contenido del informe final del proyecto, mismo día nuestro asesor metodológico giro instrucciones para la primera visita a campo.

El viernes 03 de febrero se realizó la primera visita a campo, visita llevada a cabo en barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés. Visita realizada con el objetivo de visualizar las condiciones del sitio y tomar información previa y necesaria.

- Semana 4:

El lunes 06 de febrero del año 2023, se realizó la segunda visita en barrio pueblo nuevo en Puerto Cortés, con el objetivo de dejar definido nuestro alcance del proyecto y dejar referenciados los puntos de extracción de suelos y puntos referentes para realizar el levantamiento topográfico previo.

Martes 07 de febrero del año 2023, se llevó a cabo la tercer vivita a campo, donde se realizó el trabajo de la extracción de suelo correspondiente para la ejecución de los ensayos de laboratorio. Mismo día se realizó la continuación del taller de Word.

El miércoles 08 de febrero del año 2023, se llevó a cabo la tercera reunión grupal formal.

El jueves 09 de febrero del año 2023, se realizó la cuarta asesoría metodológica, con el objetivo de dar a conocer el contenido del capítulo 3 del informe final del proyecto.

El viernes 10 de febrero del año 2023, se tuvo la cuarta reunión grupal formal.

- Semana 5:

El lunes 13 de febrero del año 2023, se llevó a cabo la cuarta visita de campo, con el objetivo de trabajar en el levantamiento topográfico de la zona de estudio. Mismo día se realiza la

quinta asesoría metodológica con el objetivo de dar a conocer el contenido del capítulo 4 del informe de proyecto.

El martes 14 de febrero del año 2023, damos inicio a los ensayos del laboratorio, en este caso se realiza el ensayo granulométrico correspondiente. Mismo día se le da la continuación del contenido del capítulo 4.

El miércoles 15 de febrero del año 2023, se realiza la quinta reunión grupal formal, con el objetivo de preparar toda la información necesaria previo a obtener la segunda reunión de asesoría temática ya que ese mismo día se realiza dicha asesoría con el segundo de los tres asesores temático, el Ingeniero Mario Cárdenas, asesoría donde se trataron temas sobre aspectos de las condiciones del sitio y de las problemáticas que podrían afectar a futuro una vez desarrollada la obra.

El jueves 16 de febrero del año 2023, se reanuda la actividad de los ensayos del laboratorio con la realización del ensayo de granulometría con muestras extraídas de la comunidad.

El viernes 17 de febrero del año 2023, se realiza la sexta reunión grupal formal, con el objetivo de trabajar en el informe final del proyecto de graduación.

Semana 6:

El lunes 20 de febrero del año 2023, se llevó a cabo la séptima reunión grupal formal, con el objetivo de trabajar en la presentación e informes del proyecto de graduación.

El martes 21 de febrero del año 2023, se realiza la presentación de la tabla de operacionalización a asesor metodológico. Mismo martes y miércoles 22 de febrero se realiza la octava y novena reunión grupal, con el objetivo de trabajar en la presentación e informes del proyecto de graduación.

El jueves 23 de febrero del año 2023, se lleva a cabo el ensayo de granulometría, con el objetivo de hacer unas pequeñas modificaciones en el uso de los tamices ya que los tamices a utilizar eran los tamices #4, #10, #40, #200 y fondo.

El viernes 24 de febrero del año 2023, se lleva a cabo el ensayo de laboratorio sobre límites de Atterberg. Donde concluimos que el suelo del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, no es un suelo plástico.

sábado 25 de febrero del año 2023, se realiza la décima reunión grupal formal, con el objetivo de trabajar en la presentación e informes del proyecto de graduación.

- Semana 7:

El lunes 27 de febrero del año 2023, se llevó a cabo la reunión formal grupal número 11, donde se trataron temas sobre el diseño geométrico de la segunda calle y tercera avenida del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. Así mismo ese día se realizaron practicas grupal para la presentación oral número 2, realizada por nuestro coordinador metodológico.

El martes 28 de febrero del año 2023, se llevó a cabo la tercera reunión con uno de los tres asesores temáticos, donde se tocaron temas sobre recomendaciones para el diseño geométrico. Así mismo ese día se realizó la reunión formal número 12, donde se preparó la exposición grupal numero dos para esa semana.

El miércoles 01 de marzo del 2023, se realizó la décimo tercera reunión grupal formal, donde se realizaron correcciones sobre el diseño geométrico trabajado el martes, ya que se tomaron nuevas consideraciones dictadas por nuestro asesor temático ing. Sergio Paredes. Mismo día se realizaron las exposiciones grupales donde se presentaron los demás grupos de proyecto.

El jueves 02 de marzo del año 2023, se realizó nuestra segunda presentación oral a nuestro asesor metodológico.

El día 03 de marzo del año 2023, se llevó a cabo la reunión grupal número 14 que fue de manera virtual, para poder realizar las correcciones a nuestra presentación.

El sábado 04 de marzo del año 2023, se realizó trabajos individuales asignados previamente, con el objetivo de avanzar con las asignaciones pendientes.

- Semana 8:

Se inicio la semana de trabajo el lunes 06 de marzo del año 2023, con una reunión grupal presencial, con el objetivo de trabajo de mejoras y preparación del documento impreso de trabajo a presentar el miércoles 08 de marzo del año en curso.

El miércoles 08 de marzo del año 2023, se presenta el documento impreso, con el contenido completo de los capítulos I,II,III y IV, con el objetivo de revisión y realizar correcciones por medio de nuestro asesor metodológico.

El jueves 09 de marzo del año 2023, se realiza la reunión grupal presencial número 15, con el objetivo de realizar las correcciones y mejoras a nuestro documento de tesis.

El sábado 11 de marzo del año 2023, se realiza una reunión grupal de manera virtual, con el objetivo de trabajar en el diseño de drenaje pluvial.

- Semana 9:

Lunes 13 de marzo del año 2023, se realiza la cuarta y quinta asesoría temática, con el propósito de entrega de avance y supervisión de los trabajos de diseños realizados por la parte geométrica y estructural.

Martes 14 de marzo del año 2023, se realiza una reunión grupal con el propósito de seguir trabajando con los diseños geométricos, estructural.

Miércoles 15 de marzo del año 2023, se realiza la sexta asesoría temática, con el objetivo de recibir recomendaciones por parte de nuestro asesor, con el diseño del drenaje pluvial.

Jueves 16 de marzo del año 2023, se realiza una reunión grupal, con el objetivo de trabajar en el análisis del diseño del alcantarillado pluvia.

Sábado 18 de marzo del año 2023, se realiza reunión grupal de manera virtual , con el objetivo de discutir y revisar lo trabajado durante toda la semana de trabajo.

- Semana 10:

El lunes 20 de marzo del año 2023, se realiza una reunión grupal, con el objetivo de seguir trabajando con el diseño geométrico y realizando algunas correcciones dadas por nuestro asesor temático.

Martes 21 de marzo del año 2023, se realiza presentación de avance del capítulo cinco, a nuestro asesor metodológico donde se reciben recomendaciones de mejoras para nuestro proyecto.

miércoles 22 de marzo del año 2023, se realiza reunión grupal con el objetivo de realizar las correcciones indicadas por nuestro asesor metodológico.

Viernes 24 de marzo del año 2023, se realiza reunión grupal con el objetivo de seguir trabajando en el informe y correcciones correspondientes.

- Semana 11:

Lunes 27 de marzo del año 2023, se realiza reunión grupal, con la finalidad de trabajar en los planos correspondientes a nuestro proyecto.

Martes 28 de marzo del año 2023, se realiza la última sesión con el asesor metodológico, con el objetivo de recibir las últimas indicaciones previo a presentar informe final de tesis.

Miércoles 29 de marzo del año 2023, se realiza entrega de informe final a los tres asesores temáticos, con el objetivo de recibir correcciones y propuestas de mejoras para nuestro proyecto.

Jueves 30 de marzo del año 2023, se realiza reunión grupal con el objetivo de trabajar en las correcciones dadas por nuestros asesores temáticos.

Viernes 31 de marzo del año 2023, se realiza reunión grupal con la finalidad de trabajar en los últimos detalles de las correcciones brindadas por los asesores temáticos.

Sábado 01 de abril del año 2023, se entrega planos y documento, corregido a los tres asesores temáticos, con la finalidad de poder recibir el visto bueno de su parte.

Mediante la Ilustración 53, se muestra el cronograma de actividades que abarca el desarrollo del proyecto de investigación desde semana 1 hasta semana 12 donde se prevé su finalización. En resumen, muestra las actividades realizadas y tiempo implementado para la realización y desarrollo del proyecto de Diseño Geométrico y Estructura de Pavimento y Drenaje Pluvial para Pueblo Nuevo en Puerto Cortés.

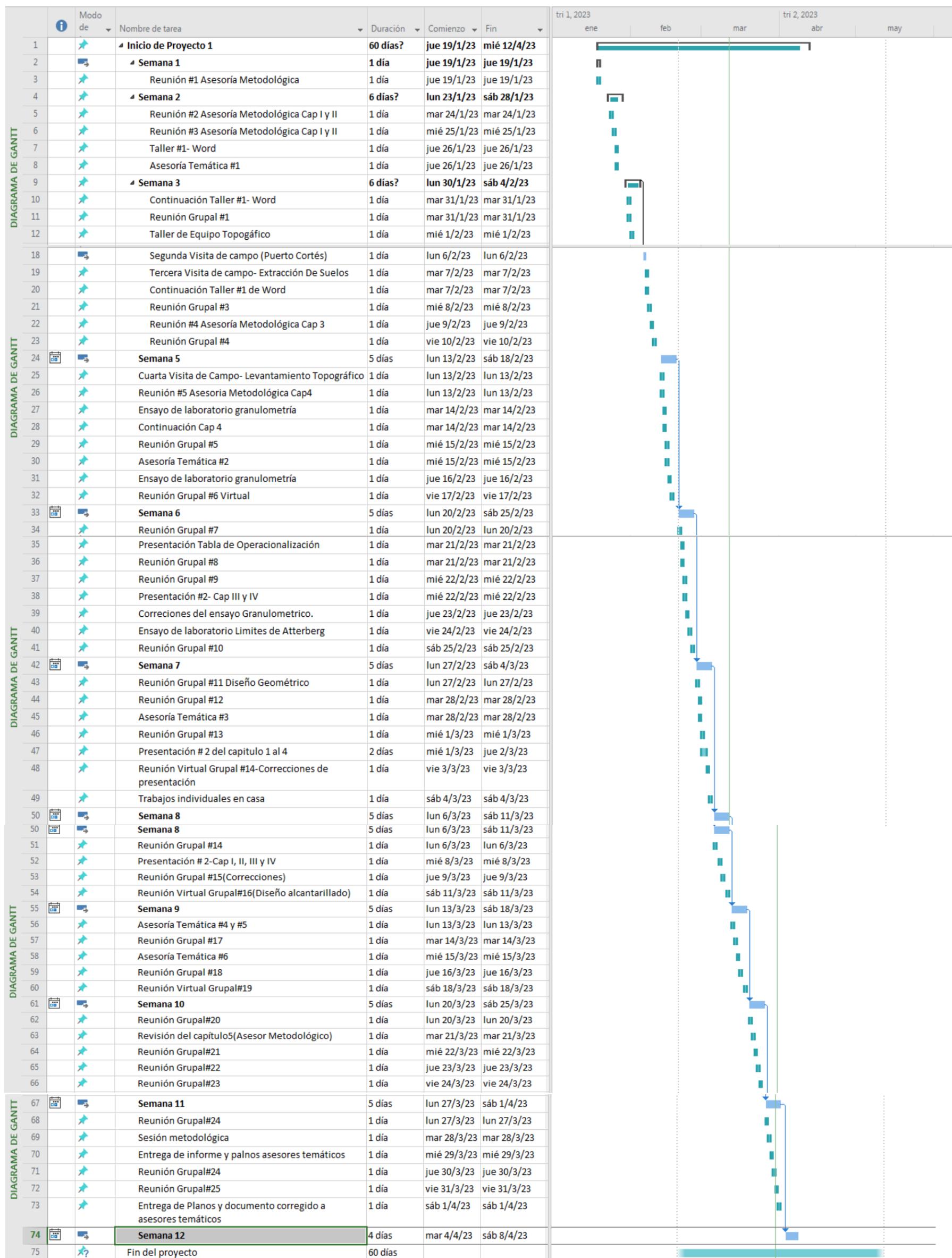


Ilustración 53-Cronograma de Actividades

Fuente: (Propia, 2023).

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En función de toda la información brindada en los capítulos anteriores, se presenta a continuación, el apartado de resultados y análisis. Información obtenida mediante la recolección de datos y el proceso de diseño. Se brindan los resultados y análisis de las variables independientes como lo es la topografía, propiedades del suelo, alcantarillado pluvial, diseño de pavimento y el presupuesto del proyecto.

5.1. INFORMACIÓN DEL SITIO

A continuación, se presenta una descripción breve de las características físicas del barrio Pueblo Nuevo y su respectiva ubicación.

5.1.1. UBICACIÓN

Pueblo Nuevo es un barrio ubicado en la región de Puerto Cortés, ciudad y principal puerto en la costa atlántica de la República de Honduras. El barrio colinda al norte, este y oeste con la Laguna de Alvarado, cuerpo de agua que es el causante de inundaciones en Pueblo Nuevo. Al sur limita con la carretera CA-13. El acceso al barrio es por medio de la CA-13, en donde la entrada a la segunda calle tiene las coordenadas 400997 Este, 1750311 Norte. El proyecto de diseño geométrico y estructural de pavimento y drenaje pluvial abarca la segunda calle norte y la tercera avenida norte desde la segunda calle hasta la cuarta calle del barrio (ver en Anexos Ilustración 110).

5.2. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO

Seguidamente, se muestran los resultados del levantamiento topográfico, proceso clave para poder realizar el diseño geométrico de la segunda calle norte y tercera avenida norte del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés.

5.2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico se realizó en función de la planimetría y altimetría. En la planimetría se obtuvieron detalles del terreno sobre la superficie plana en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés, en donde se recopilan coordenadas en las posiciones x, y, medidas y otras

referencias necesarias. La altimetría es necesaria para poder adquirir la posición z, la cual define la altura de los diferentes desniveles del terreno, tomando como referencia un valor de base.

5.2.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se levantó topográficamente la segunda calle norte y tercera avenida norte en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés, donde se obtuvo como resultado 415 puntos del terreno (ver en Anexos de Ilustración 111-Ilustración 126). El barrio Pueblo Nuevo presenta un terreno plano con cercanía a la carretera CA-13 y la Laguna de Alvarado. El levantamiento topográfico fue realizado por medio de una estación Trimble C5 con ayuda de un bastón y prisma, equipos que ayudaron a tomar datos de 5 puntos a cada 10m a lo largo de las calles, siendo referenciados canales, orillas de calle y línea central, además de referenciar esquinas de casas, torres de transmisión y pozos (ver en Anexos de Ilustración 131-Ilustración 132).

El levantamiento se llevó a cabo en la segunda calle norte desde la estación 0+000 hasta la estación 0+481.65 y para la tercera avenida norte desde la estación 0+000 hasta la 0+222.96, en donde la suma de ambas longitudes brinda un resultado de 704.61m de longitud. El barrio Pueblo Nuevo se encuentra ubicado en una ciudad en la costa atlántica hondureña, por lo tanto, las elevaciones son cercanas al nivel del mar. La elevación máxima que se presenta en el terreno es en la estación 0+000 con 8.58 metros sobre el nivel del mar y la elevación mínima del terreno es en la estación 0+434.15 con 6.98 metros sobre el nivel del mar. El terreno del sitio tiene bajas pendientes debido a la forma plana de la zona.

A continuación, se presenta la Tabla 4 con los bancos de nivel referenciados en la segunda calle norte y tercera avenida norte en el barrio Pueblo Nuevo. En las imágenes se observan los bancos de nivel referenciados en la comunidad (ver en Anexos de Ilustración 127-Ilustración 130).

Tabla 4-Cuadro con bancos de nivel

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
1001	400994.5950m	1750306.9300m	8.514m	CP1
1000	400990.2370m	1750427.3530m	7.565m	CP2
1002	401139.943	1750434.605	7.509m	CP3
1003	401008.385	1750599.291	7.144m	CP4

Fuente: (Propia, 2023)

5.3. PROPIEDADES DEL SUELO

Para realizar el diseño de la estructura de pavimento es necesario contar con las características físico-mecánicas del terreno. En este apartado se presentan las propiedades de las capas superficiales en la zona de Pueblo Nuevo, Puerto Cortés. Por medio de pozos a cielo abierto se logró extraer 3 diferentes muestras de suelos con calicatas de 0.50mx0.50m llegando hasta una profundidad de 0.50m – 0.80m. A continuación, se presenta la clasificación del suelo y el soporte de este obtenidos mediante ensayos de laboratorio como Granulometría, Límites de Atterberg, y estimación del CBR mediante correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y diferentes ensayos.

5.3.1. CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Seguidamente, se muestran las coordenadas de ubicación de las 3 calicatas realizadas en Pueblo Nuevo mediante la Tabla 5.

Tabla 5-Muestras de suelo Pueblo Nuevo

No. Muestra	Coordenadas UTM WGS84	Estación Aproximada	Profundidad (m)
1	Este: 401012 Norte: 1750393 Segunda Calle Norte	0+092	0.50-0.80
2	Este: 401051 Norte: 1750430 Tercera Avenida Norte	0+025	0.50-0.80
3	Este: 401236 Norte: 1750386 Tercera Avenida Norte	0+216	0.50-0.80

Fuente: (Propia, 2023)

En la Tabla 5 se logran observar los 3 puntos diferentes utilizados para la extracción de suelos mediante la técnica del pozo a cielo abierto. En los primeros 40cm de profundidad de las capas del terreno, se encontró un material granular, a partir de los 40cm hasta los 80cm explorados, se pudieron observar estratos arenosos con un color grisáceo oscuro, color que es obtenido debido a la presencia del nivel freático cercano a los 80cm de profundidad en el suelo. Desde de los 50cm se utilizó el barreno para poder profundizar de mejor manera.

En la Ilustración 54, se puede observar el mapa de ubicación de las 3 calicatas realizadas en Pueblo Nuevo.



Ilustración 54-Ubicación de Pozos a Cielo Abierto

Fuente: (Google Earth, 2023)

En la Ilustración 54, se puede observar el mapa de ubicación de las 3 calicatas realizadas en Pueblo Nuevo.

Mediante la Ilustración 54, se pueden observar los puntos exactos, obtenidos con las coordenadas UTM de Handy GPS, en donde se realizaron los pozos a cielo abierto requeridos para poder extraer las muestras de suelo.

Las 3 muestras extraídas se trasladaron a los laboratorios de la carrera de Ingeniería Civil de UNITEC, en donde se llevaron a cabo los ensayos de Granulometría y Límites de Atterberg mediante la normativa AASHTO.

El ensayo granulométrico es requerido para conocer la distribución del tamaño de las partículas en las muestras de suelo. Para este ensayo se requirió del uso de los tamices #4, #10, #40 y #200. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los ensayos realizados mediante la Tabla 6.

5.3.1.1. Análisis Muestra PCA-1

Tabla 6-Análisis granulométrico muestra 1

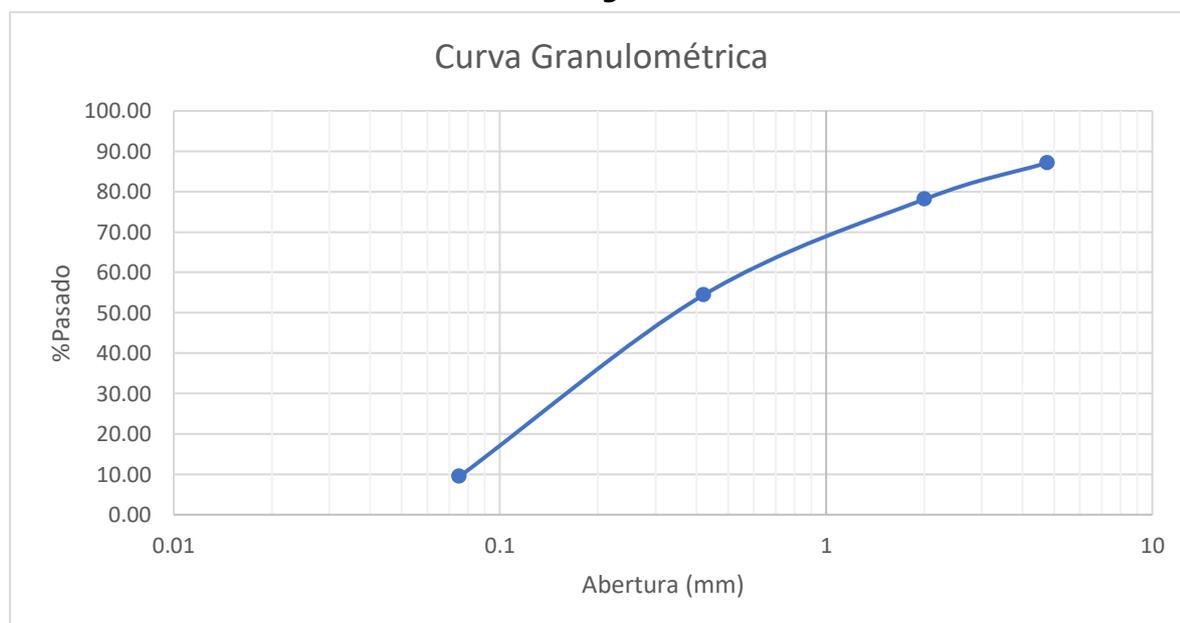
No. PCA	Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	P.R.I	P.R.A	% P.R.I	% P.R.A	%Pasado
1	#4	4.76	128.56	128.56	12.86	12.86	87.14
	#10	2.00	90.30	218.86	9.03	21.89	78.11
	#40	0.420	237.35	456.21	23.74	45.63	54.37
	#200	0.075	449.47	905.68	44.96	90.59	9.41
	Fondo		94.04	999.72	9.41	100.00	0.00
	Total		999.72		100.0		

Fuente: (Propia, 2023)

Por medio de la Tabla 6, se observa que el porcentaje de partículas que pasan el tamiz #200 es de 9.41%, según la AASHTO si el 35% o menos pasa el tamiz #200 se considera un material granular.

En la Ilustración 55, se muestra la curva granulométrica obtenida mediante la abertura de los tamices en milímetros y el porcentaje que pasa por los tamices.

Ilustración 55- Curva granulométrica muestra 1



Fuente: (Propia, 2023)

En la Ilustración 55, se observa la curva granulométrica de la muestra 1 extraída del pozo a cielo abierto 1 con sus porcentajes que pasan los tamices #4, #10, #40 y #200.

A continuación, mediante la Ilustración 56, se presenta el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, en donde hay ocho grupos principales desde el A-1 hasta el A-8 basados en la distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad.

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
Clasificación de grupo							
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						

Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo				A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Análisis por mallas (% que pasa)				
Malla núm. 10				
Malla núm. 40				
Malla núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Para la fracción que pasa Malla núm. 40				
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos	
Calificación subrasante	Regular a malo			

^aSi $IP \leq LL - 30$, la clasificación es A-7-5.
^bSi $IP > LL - 30$, la clasificación es A-7-6.

Ilustración 56-Clasificación de suelo muestra 1

Fuente: (Braja M. Das, 2012)

Por medio de la Ilustración 56, se analiza que la muestra 1 se clasifica como grupo A-3 ya que cumple con el 51 por ciento mínimo del tamiz #40 y el 10 por ciento máximo del tamiz #200.

5.3.1.2. Análisis Muestra PCA-2

Tabla 7- Análisis granulométrico muestra 2

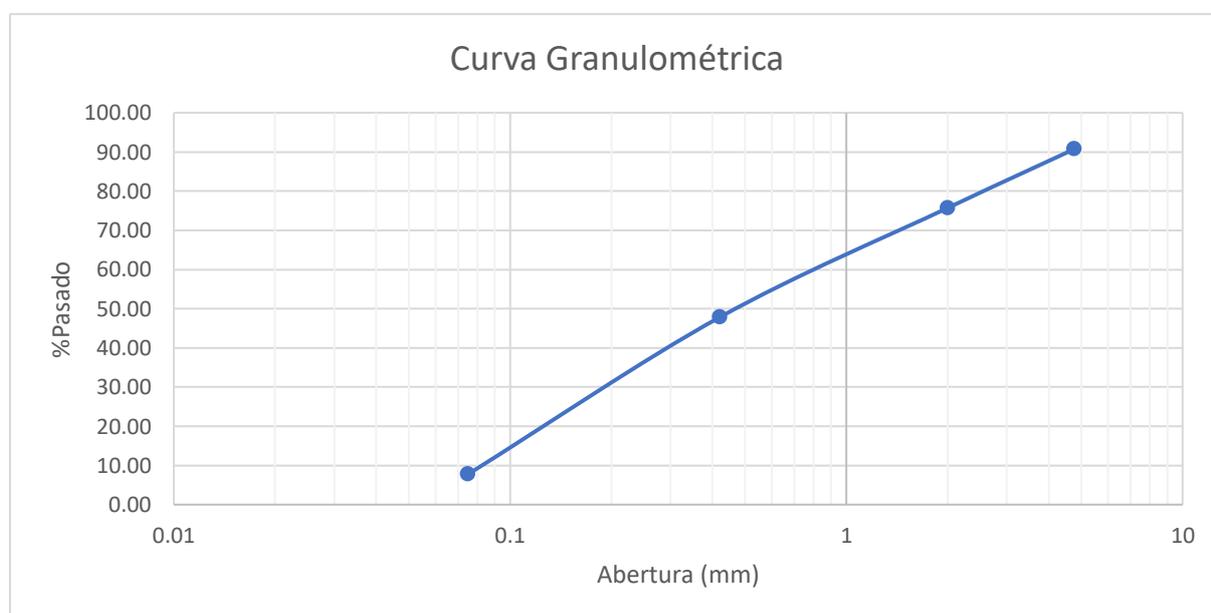
No. PCA	Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	P.R.I	P.R.A	% P.R.I	% P.R.A	%Pasado
2	#4	4.76	92.76	92.76	9.28	9.28	90.72
	#10	2.00	150.07	242.83	15.02	24.30	75.70
	#40	0.420	278.69	521.52	27.89	52.19	47.81
	#200	0.075	400.15	921.67	40.04	92.23	7.77
	Fondo		77.69	999.36	7.77	100.00	0.00
	Total		999.36		100.0		

Fuente: (Propia, 2023)

Por medio de la Tabla 7, se observa que el porcentaje de partículas de la muestra 2 que pasan el tamiz #200 es de 7.77%, según la AASHTO si el 35% o menos pasa el tamiz #200 se considera un material granular.

A continuación, se muestra la Ilustración 57, que muestra la curva granulométrica obtenida mediante la abertura de los tamices en milímetros y el porcentaje que pasa por los tamices.

Ilustración 57-Curva granulométrica muestra 2



Fuente: (Propia, 2023)

En la Ilustración 57, se observa la curva granulométrica de la muestra 2 extraída del pozo a cielo abierto 2 con sus porcentajes que pasan los tamices #4, #10, #40 y #200.

A continuación, en la Ilustración 58, se presenta el sistema de clasificación de la muestra 2 bajo la normativa AASHTO.

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
Clasificación de grupo							
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
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		Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa		Excelente a buena					
Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-4	A-5	A-6	A-7			
Clasificación de grupo							
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10							
Malla núm. 40							
Malla núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín			
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín			
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín			
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos				
Calificación subrasante	Regular a malo						

^aSi IP ≤ LL - 30, la clasificación es A-7-5.
^bSi IP > LL - 30, la clasificación es A-7-6.

Ilustración 58-Clasificación de suelo muestra 2

Fuente: (Braja M. Das, 2012)

Por medio de la Ilustración 58, se analiza que la muestra 2 se clasifica como grupo A-1-b ya que cumple con el 50 por ciento máximo del tamiz #40 y el 25 por ciento máximo del tamiz #200.

5.3.1.3. Análisis Muestra PCA-3

Tabla 8- Análisis granulométrico muestra 3

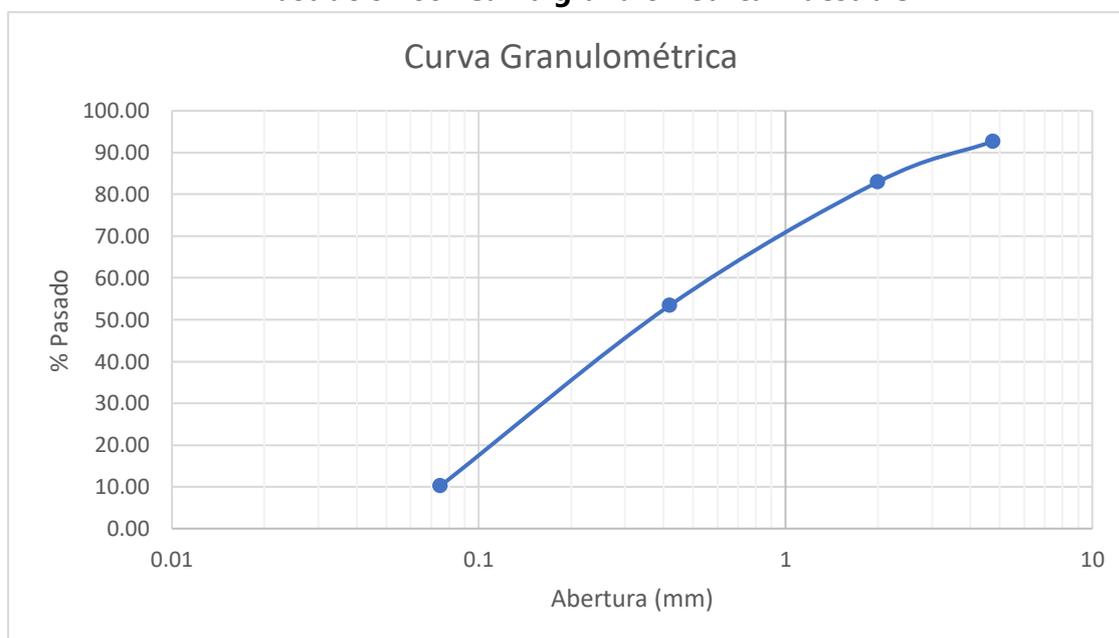
No. PCA	Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	P.R.I	P.R.A	% P.R.I	% P.R.A	%Pasado
3	#4	4.76	72.76	72.76	7.28	7.28	92.72
	#10	2.00	97.45	170.21	9.75	17.03	82.97
	#40	0.420	295	465.21	29.52	46.55	53.45
	#200	0.075	432.28	897.49	43.25	89.80	10.20
	Fondo		101.93	999.42	10.20	100.00	0.00
	Total		999.42		100.0		

Fuente: (Propia, 2023)

Por medio de la Tabla 8, se observa que el porcentaje de partículas de la muestra 3 que pasan el tamiz #200 es de 10.20%, según la AASHTO si el 35% o menos pasa el tamiz #200 se considera un material granular.

Seguidamente, en la Ilustración 59, se muestra la curva granulométrica obtenida mediante la abertura de los tamices en milímetros y el porcentaje que pasa por los tamices.

Ilustración 59- Curva granulométrica muestra 3



Fuente: (Propia, 2023)

En la Ilustración 59, se observa la curva granulométrica de la muestra 3 extraída del pozo a cielo abierto 3 con sus porcentajes que pasan los tamices #4, #10, #40 y #200.

En la Ilustración 60, se presenta el sistema de clasificación de la muestra 3 bajo la normativa AASHTO.

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						

Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Análisis por mallas (% que pasa)				
Malla núm. 10				
Malla núm. 40				
Malla núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Para la fracción que pasa				
Malla núm. 40				
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos	
Calificación subrasante	Regular a malo			

^aSi $IP \leq LL - 30$, la clasificación es A-7-5.

^bSi $IP > LL - 30$, la clasificación es A-7-6.

Ilustración 60- Clasificación de suelo muestra 3

Fuente: (Braja M. Das, 2012)

Mediante la Ilustración 60, se analiza que la muestra 3 se clasifica como grupo A-3 ya que cumple con el 51 por ciento mínimo del tamiz #40. El porcentaje pasado del tamiz #200 es de 10.20%, el cual se pasa ligeramente del 10% máximo, sin embargo, este se desprecia.

Para el ensayo de límites de Atterberg, se detectó que el material es no plástico debido a que en más de 7 iteraciones, la ranura en la Copa de Casagrande se cerró antes de los 15 golpes.

A continuación, mediante la Tabla 9, se presenta la conclusión de la clasificación del suelo de Pueblo Nuevo tomando en cuenta los ensayos realizados de granulometría y límites de Atterberg.

Tabla 9- Clasificación del Suelo Pueblo Nuevo

Muestra	Características del suelo
PCA-1	El suelo del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés en base a las muestras PCA-1, PCA-2 y PCA-3 es una arena fina no plástica, clasificada dentro del grupo A-3 del sistema de clasificación de la AASHTO. Es un suelo de excelente a buena calidad que puede ser empleado como material para la subbase o subrasante de una estructura de pavimento.
PCA-2	
PCA-3	

Fuente: (Propia, 2023)

5.3.2. SOPORTE DEL SUELO

El *California Bearing Ratio* sirve para evaluar la capacidad portante de los suelos. El valor relativo de soporte será encontrado por medio de la Ilustración 61, que presenta una correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y diferentes ensayos que se encuentra en el Manual de Pavimentos Centroamericano generada por el Ing. Jorge Coronado Iturbide.

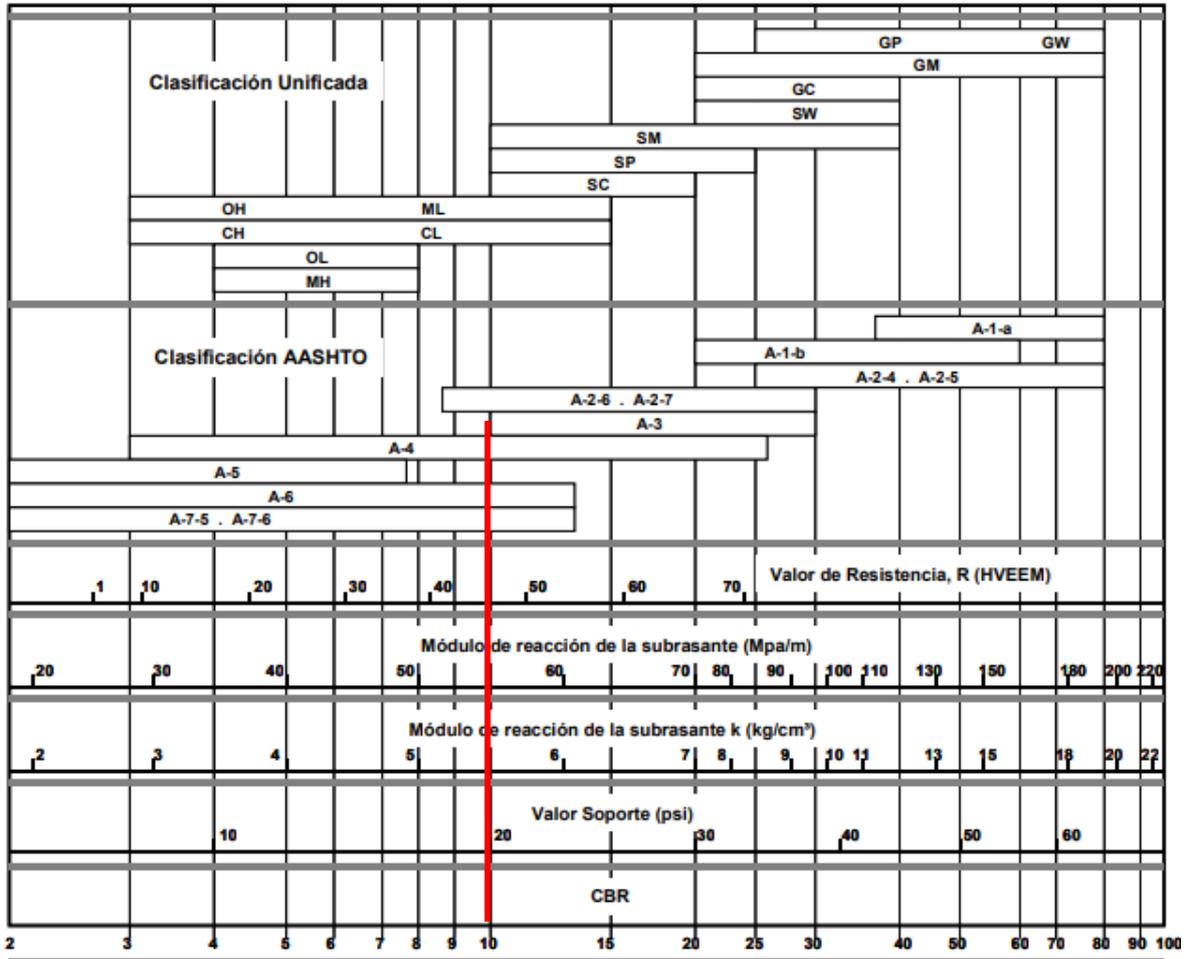


Ilustración 61-Correlación aproximada de CBR

Fuente: (Manual de Pavimentos Centroamericano, 2002)

La clasificación del suelo en Pueblo Nuevo resultó con un grupo A-3, por lo tanto, se traza una recta hasta llegar al valor del CBR, el cual es del 10%. El módulo de reacción de la subrasante (k) reflejó un valor de 55 Mpa/m.

5.4. DISEÑO GEOMÉTRICO

Se presenta el diseño geométrico de la segunda calle norte y tercera avenida norte en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

5.4.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Para ambos tramos carreteros en diseño de la comunidad de Pueblo Nuevo, Puerto Cortés se caracteriza a través de la topografía un terreno plano. En la segunda calle se diseñó con pendientes de 0.38% y 0.50%, donde se tomó en consideración la demolición de 80m² de pavimento existente (ver Ilustración 62), que forma parte del acceso de la carretera CA-13 a la segunda calle norte del barrio Pueblo Nuevo. La sugerencia es con el objetivo de incrementar la elevación de la rasante terminada para obtener pendientes mayores, con el fin de que las aguas lluvias sean capaces de drenar. En la tercera avenida se diseñó con pendientes de 0.21% y 0.30% respetando el nivel existente del pavimento de concreto hidráulico de la tercera calle. Se imposibilita el uso de pendiente mayores a 0.50%, lo cual suele ser lo recomendado, debido a la existencia de casas habitadas a lo largo de toda la calle y avenidas del barrio, si se hace el intento de utilizar ese porcentaje de pendiente recomendado se identifica que, en los últimos metros de la segunda calle, la rasante terminada con un 0.50% de pendiente conlleva el corte del terreno a 0.83m, lo que provocaría que las aguas lluvias no drenen. Consecuentemente, el diseño geométrico de la red vial de la segunda calle y tercera avenida en Pueblo Nuevo se ve en la obligación del uso de las pendientes mencionadas anteriormente.

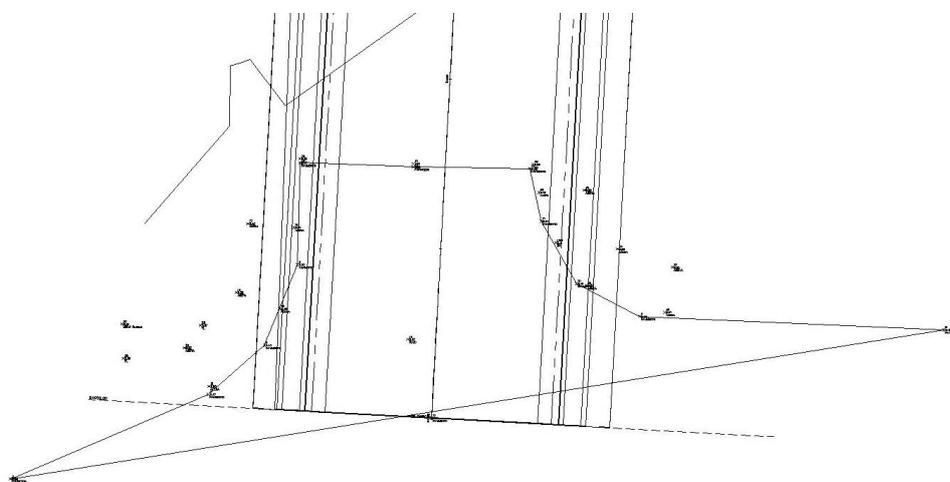


Ilustración 62-Recomendación de demolición de pavimento existente

Fuente: (Propia, 2023)

Se diseñó con una velocidad de 35 km/h, bajo la directriz de la Gerencia Técnica de la Municipalidad de Puerto Cortés. La geometría de la calzada tendrá un ancho de 7.0m, donde cada carril será de 3.5 metros de ancho, tomando como referencia la tercera calle pavimentada que cuenta con estas características geométricas.

TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9	8	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	12	11	11	10	10	9	8	7	6
Montañoso	17	16	15	14	13	12	10	10	---

Ilustración 63 - Pendiente Máxima para Carreteras Rurales

Fuente: (Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras, 2011, p.119)

En la Ilustración 63, se analiza que la máxima pendiente a utilizar en carreteras con una velocidad de diseño dentro del rango de 30 a 40 km/h deberá respetar entre el 7% – 8%, lo cual se cumple en el presente diseño geométrico.

La geometría actual de las calles del barrio Pueblo Nuevo al primer semestre del 2023, se compone de la calzada, que permite el tránsito de 2 vehículos simultáneamente, bordillos al terminar la calzada y canales abiertos y el respectivo retiro frontal de las casas habitadas. El presente diseño respetará la misma geometría con los mismos componentes. Se aplicará un bombeo de escorrentía de agua con una pendiente del 2% para el diseño de la geometría.

5.4.2. PROCEDIMIENTO DISEÑO GEOMÉTRICO

Paso 1: Una vez insertados los puntos extraídos de la estación total con extensión .CSV y modificados en Excel por requerimientos del software Civil 3D se procede a crear un grupo de puntos y a través de toolspace se guarda con un nombre para identificación, luego se crea una superficie utilizando un estilo de contornos de 1m and 5m *background* (ver Ilustración 64), seleccionar el grupo de puntos para elaborar las curvas de nivel.

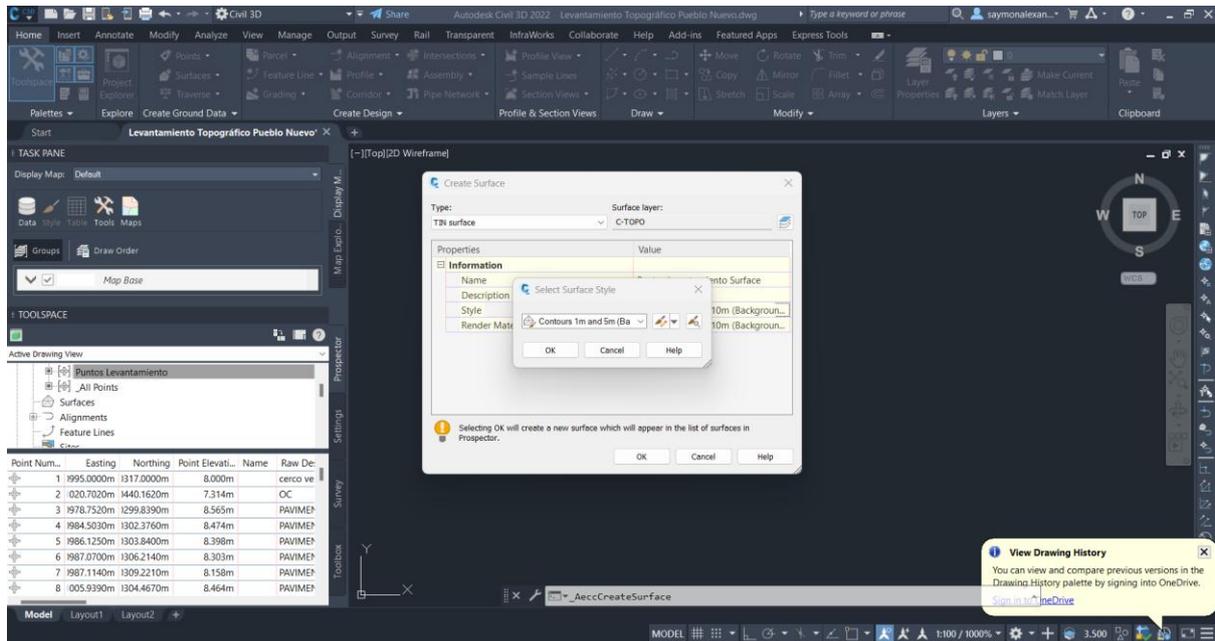


Ilustración 64 - Creación de Superficie

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 2: Al ingresar la superficie del terreno, las curvas de nivel se encuentran mal orientadas, mostrando una mala claridad del terreno natural, por medio de triangulaciones se optimizan las curvas de nivel y así obtener un mejor resultado de la definición del terreno, las triangulaciones se activan en *display* como un *layer* en "edit surface style", como se muestra en la Ilustración 65.

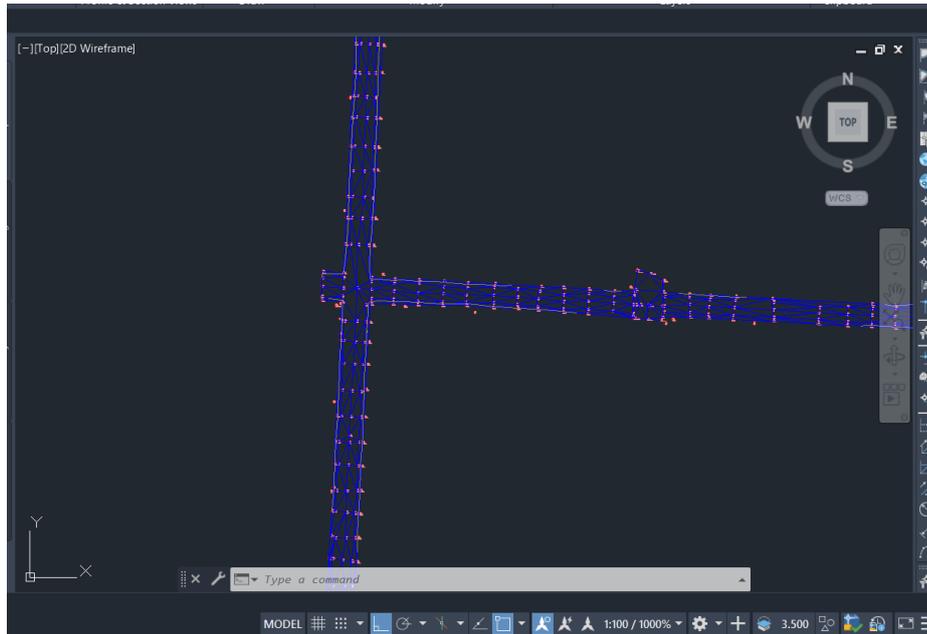


Ilustración 65 - Triangulaciones de Superficie

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 3: Una vez definido el terreno, se traza un alineamiento por cada tramo; Tramo uno (Segunda Calle Norte) y tramo dos (Tercera Avenida Norte), y se trazará lo más recto posible aplicando el comando line desde la estación inicial hasta el final. Se aplica un PI, punto donde se cortan los alineamientos rectos que van a ser empalmados por la curva, en cada intersección de calle con avenida con el objetivo de trazar las rasantes en un mismo nivel de elevación.

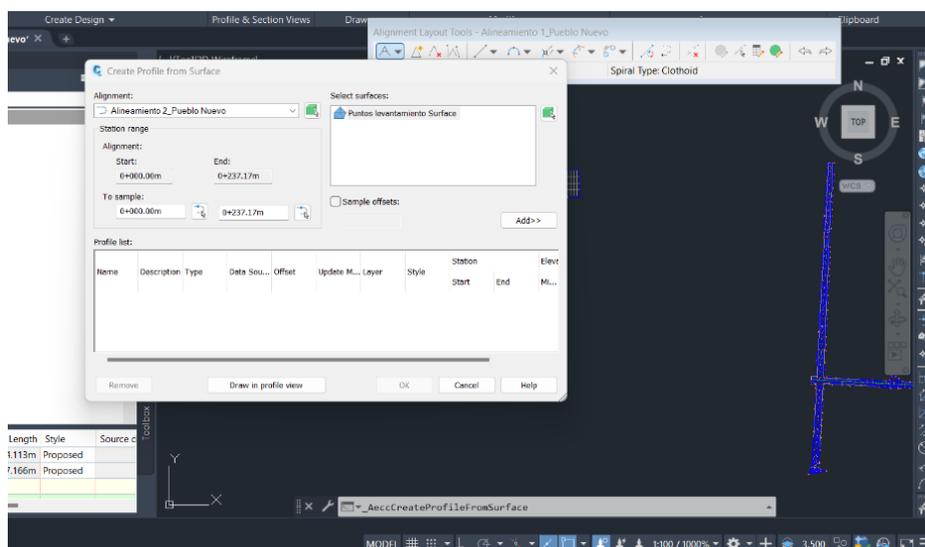


Ilustración 66 – Alineamiento

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 4: Previo al paso de la creación del alineamiento, se procede a realizar el perfil longitudinal, mostrando con línea roja el nivel del terreno natural y con línea amarilla la rasante terminada. Se selecciona la información del alineamiento de cada tramo, se muestra una vista en perfil del terreno y se procede a crear la rasante con el objetivo de obtener una pendiente, en la cual la escorrentía superficial sea capaz de drenar. Se muestra la creación de la rasante terminada en la Ilustración 67.

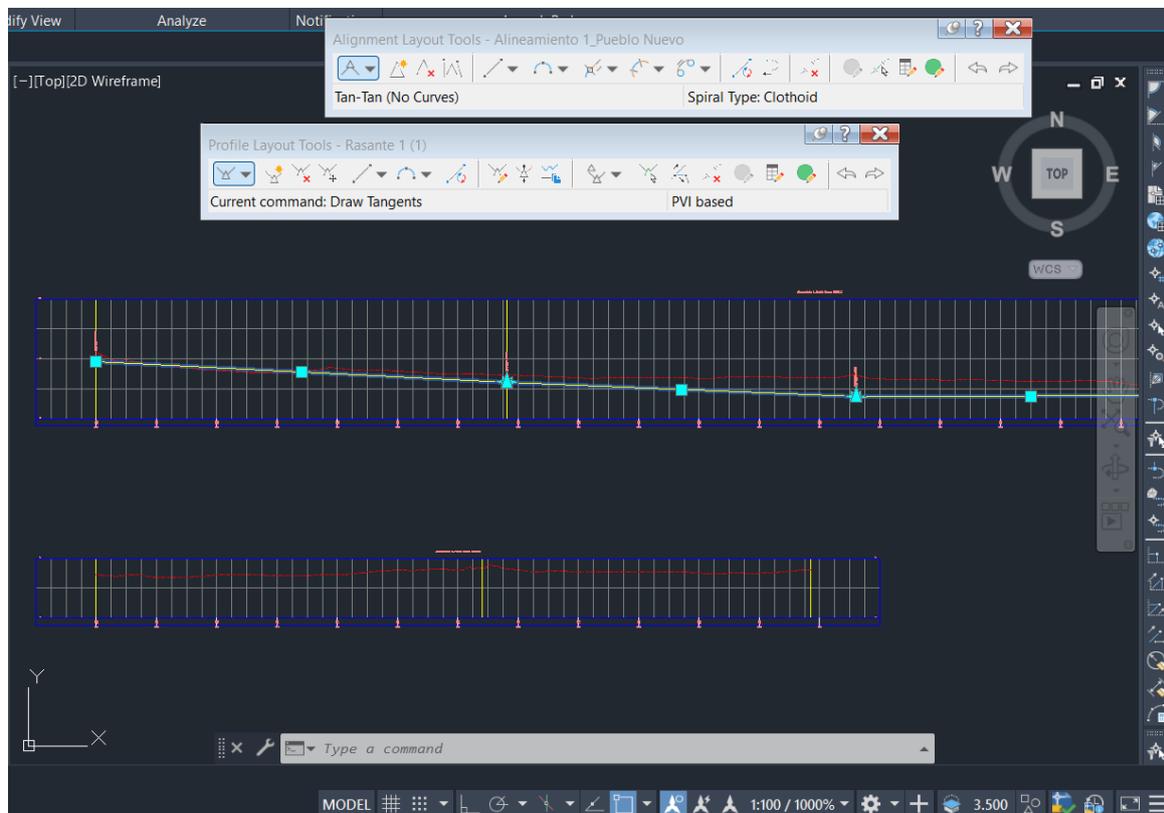


Ilustración 67 - Tabla de Perfil (Rasante)

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 5: Posteriormente de la creación de la rasante, se procede a un etiquetado del alineamiento (aplica para las curvas verticales en el perfil), con la finalidad de mostrar información como las coordenadas, elevaciones, longitud de curva y constante de k mínimo. En el caso del diseño geométrico de Pueblo Nuevo en Puerto Cortés no se coloca mucha información por la inexistencia de las curvas horizontales. Se muestra la información etiquetada en la Ilustración 68.

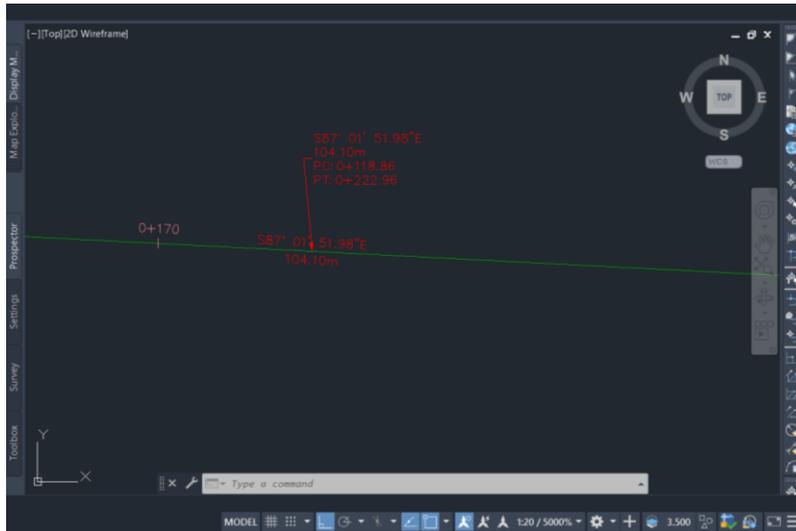


Ilustración 68 – Etiquetado de alineamiento

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 6: Previo a la creación de la obra lineal o *corridor*, se diseña un *assembly*, en este caso al ser un camino de comunidad y con baja intensidad de tráfico se hace utilización del "*secondary boundary assembly*" haciendo referencia a una calle secundaria sin hombros y con bordillos, el *assembly* tiene como objetivo diseñar la geometría transversal de la carretera, donde se define un bombeo transversal de 2%, espesor de losa de pavimento de concreto hidráulico de 0.20m y un espesor de subbase de 0.10m. Se muestra la sección típica en la Ilustración 69.

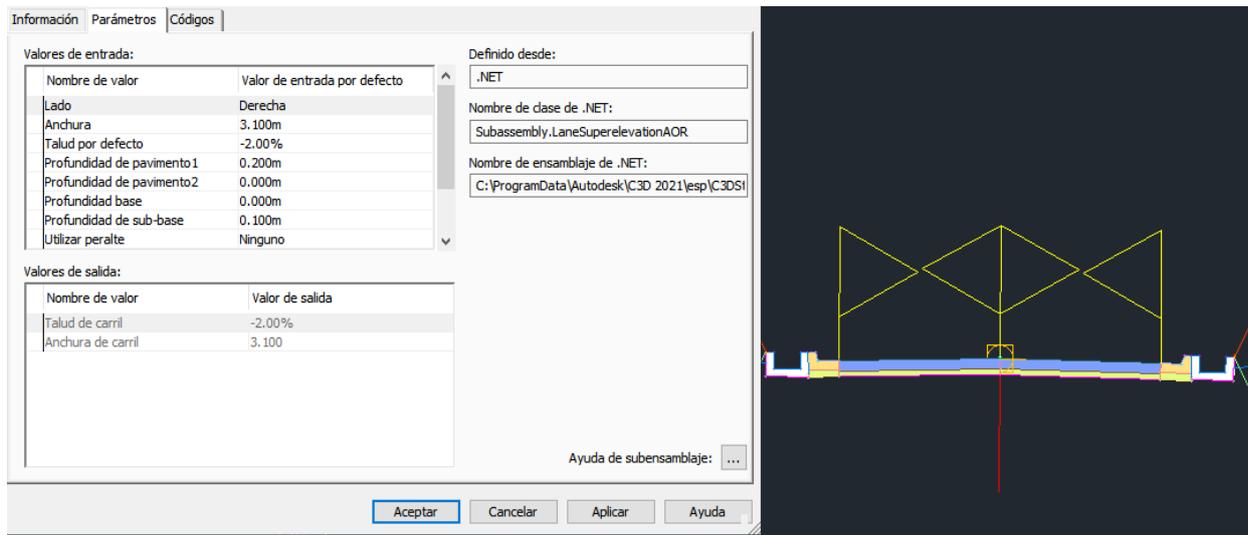


Ilustración 69 – Ensamblaje

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 7: A continuación, se aplican los alineamientos, perfiles, ensamblajes, y se selecciona el target con la respectiva superficie que fue creada para el grupo de puntos ingresados desde la estación total, se debe tener cuidado con el ingreso de estos datos cuando se trabaja con 2 o más alineamientos diferentes y aplicar la información necesaria para cada una.

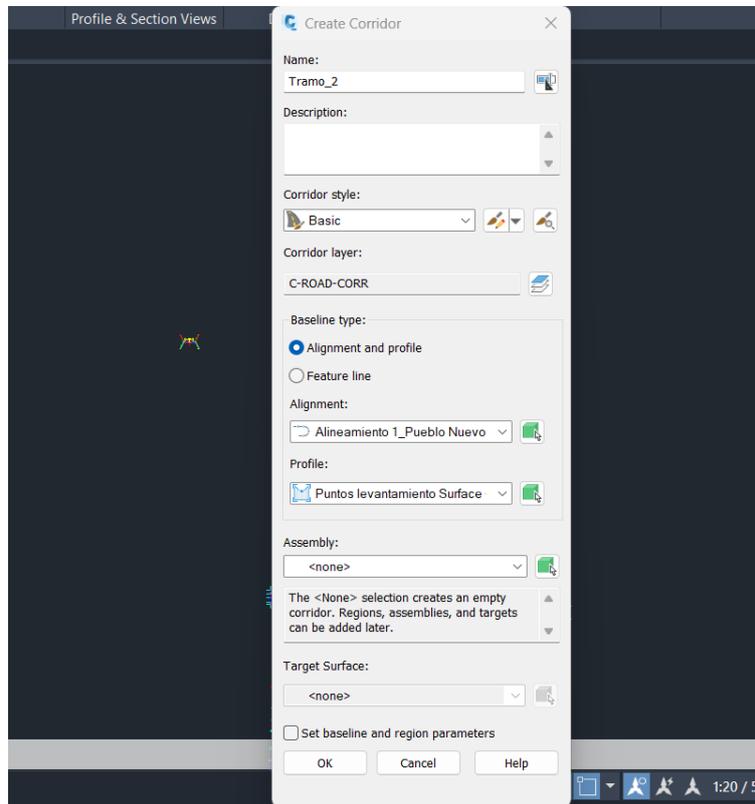


Ilustración 70 - Creación del Corridor

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 8: En conjunto con el *assembly*, el sistema de drenaje pluvial de la carretera será por medio de canales abiertos revestidos de concreto, su aplicación (ver Ilustración 71) se ubica en *tool palettes*, pestaña de *trench pipes*, se encuentra la opción de "*SideDitchUshape*" y se utiliza este tipo de canal por la similitud que tiene con los canales abiertos existentes en la comunidad, y a través de las propiedades del comando "*SideDitchUshape*" dimensionamos la separación, espesor de pared y base de los canales. Se realiza este paso, con la finalidad de obtener el cálculo de los volúmenes de corte y relleno incluyendo los canales abiertos.

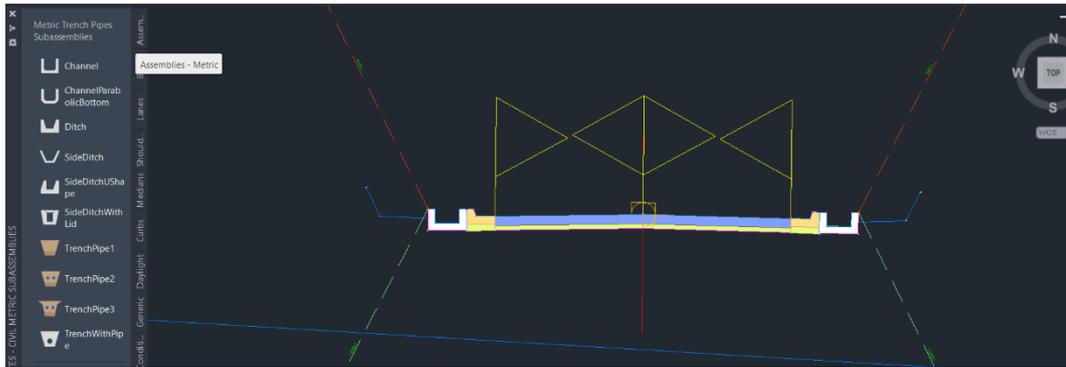


Ilustración 71 - Canales Abiertos

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 9: En este paso se reemplaza los taludes del *assembly* con el comando "DaylightMaxOffset", encontrándose en tool palettes, en la pestaña de *daylights*, siendo los únicos cambios de propiedades en dicho comando de: talud de corte y relleno de 0.5:1, se realizó esta modificación con el objetivo de que los taludes de corte y relleno capten la información del terreno para el cálculo de volúmenes.

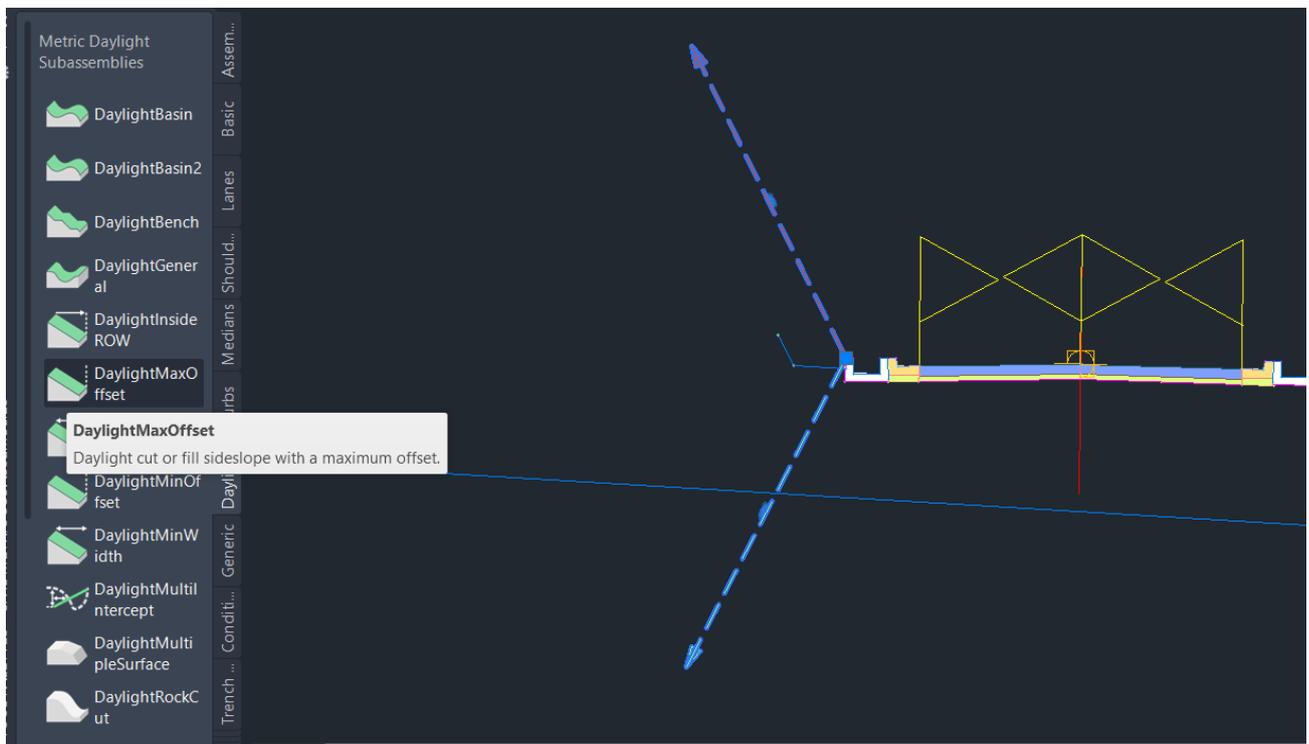


Ilustración 72 - Modificación de Taludes

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 10: Se realiza nuevamente una optimización del terreno natural mediante triangulaciones, en este caso se define el trazado del canal abierto que consta de un procedimiento de los comandos *add line*, *delete point*, y *add point* creados por medio de la superficie y *swap edge* para analizar una mejor definición del terreno natural del canal abierto, con ayuda del comando *drive en las opciones de la obra lineal* se podrá facilitar la definición del terreno en conjunto del comando *swap edge*.

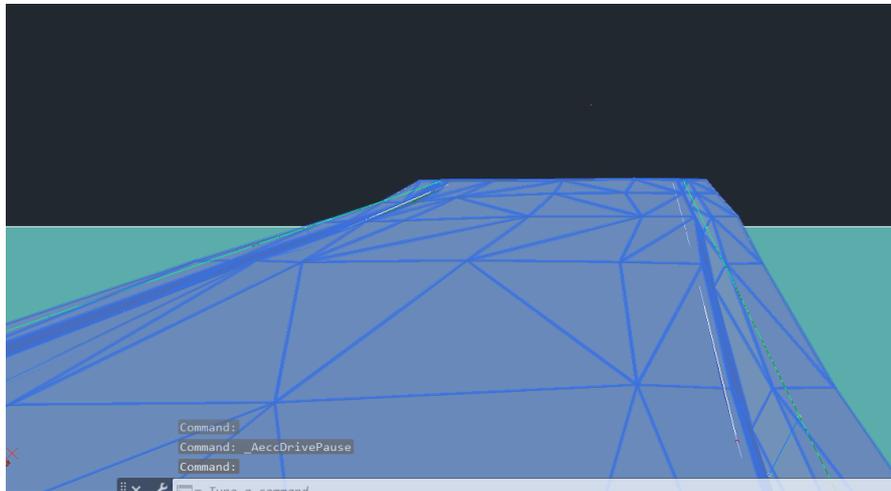


Ilustración 73 - Triangulaciones del Canal Abierto en el Terreno Natural

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 11: En este paso se agrega un "Datum" un código necesario para el cálculo de volúmenes de corte y relleno, en este caso el código "Datum" estaba bajo el nombre de la Subrasante. Este procedimiento se realiza a través de *corridor properties* en la pestaña *surfaces*.

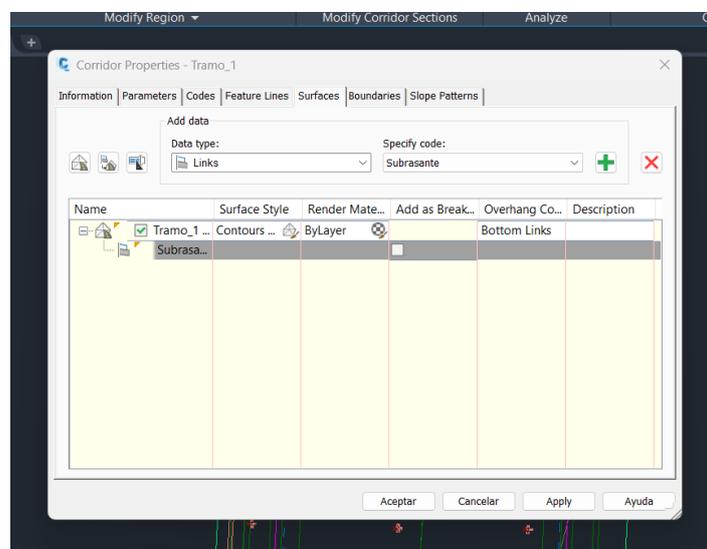


Ilustración 74 – DATUM

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 12: En este paso previo a la creación de secciones, se realiza una medición desde el centro del alignment hasta los extremos con el objetivo de que las secciones transversales tengan una visión completa dentro de ese rango de ancho, en este caso se determinó un ancho de 10 metros para cada lado.

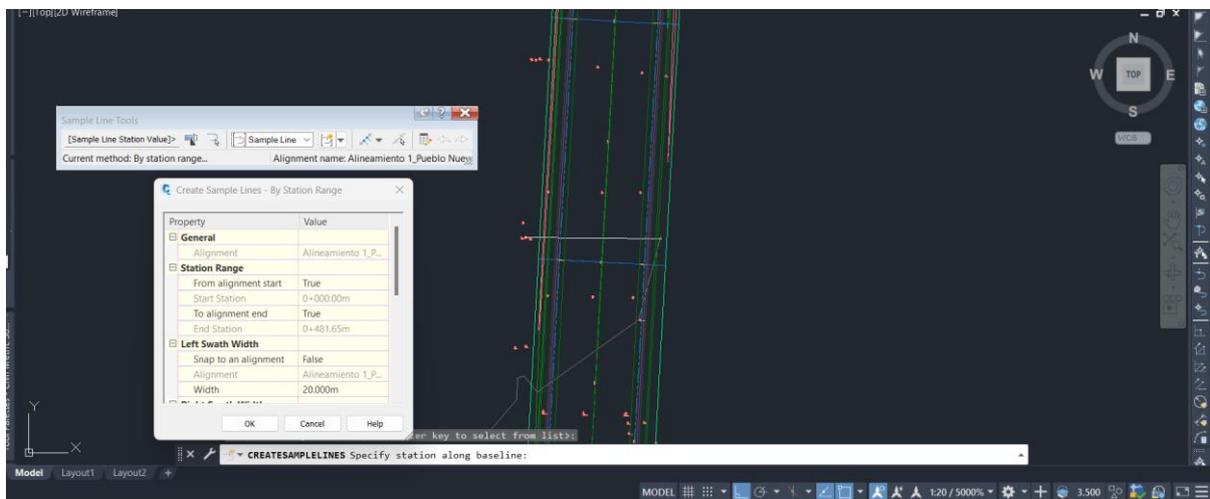


Ilustración 75 - Ancho de las Secciones

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 13: Se crean secciones haciendo uso del comando de *sample lines*, se presiona el comando de la tabla de sample lines "*By Range of Stations*", se da un clic derecho en la pantalla y automáticamente se definen las secciones.

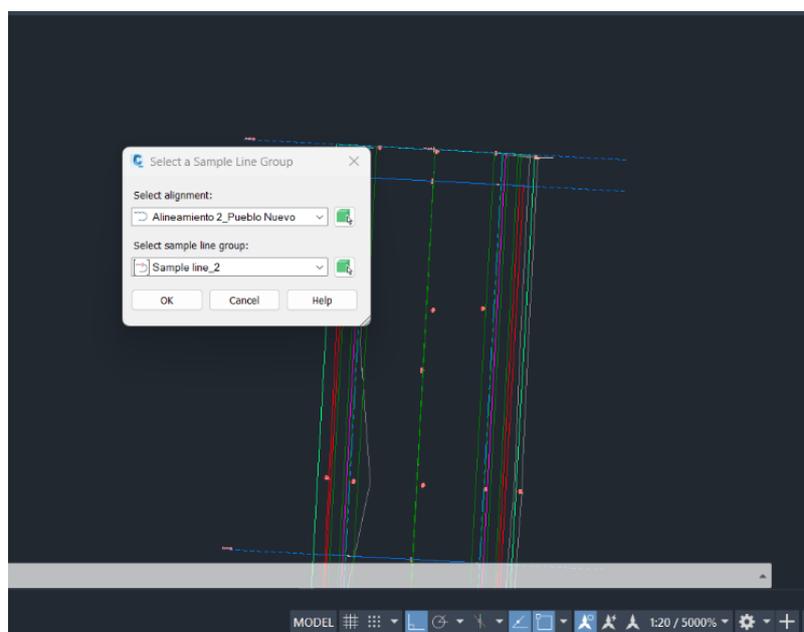


Ilustración 76 – Secciones

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 14: Se procede al cálculo de volúmenes de corte y relleno, tomando precauciones con la información a agregar si se trabaja con 2 o más alineamientos. Para la opción "EG" se introduce la superficie del terreno y en "datum" se ingresa la obra lineal y se da clic en la opción "ok".

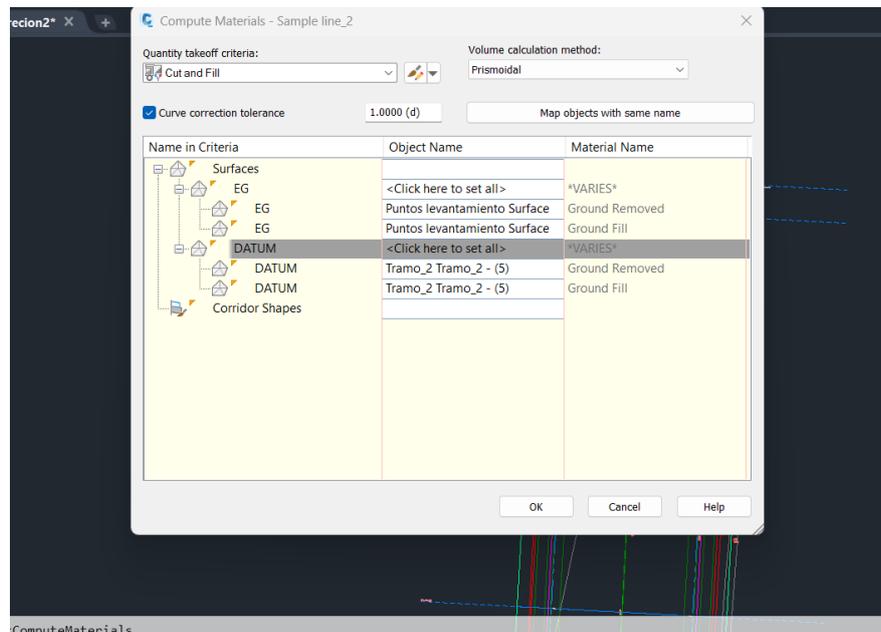


Ilustración 77 - Calculo de Volúmenes

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 15: En este paso se elaborarán "Multiple Section Views" donde se visualizarán las secciones transversales del tramo carretero a cada 10 metros.

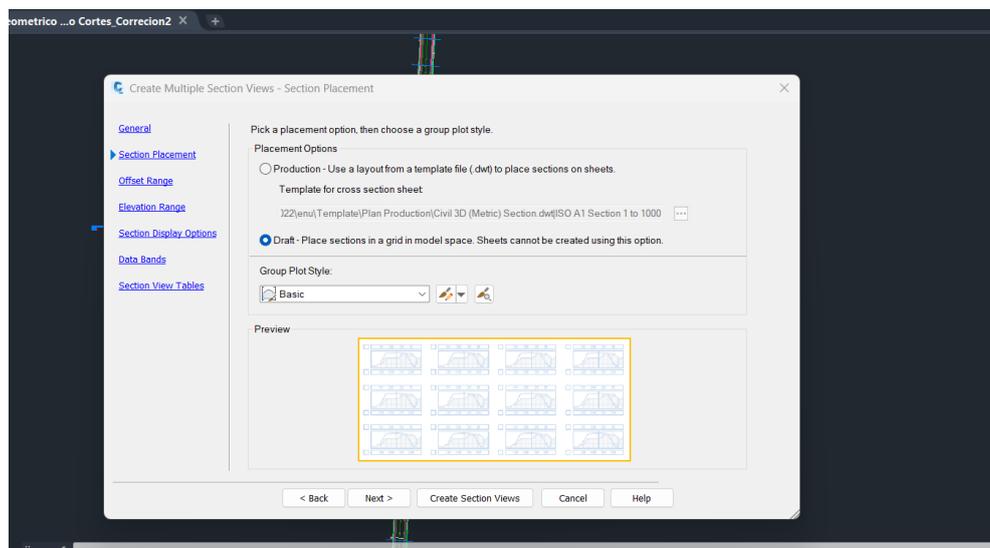


Ilustración 78 - Multiple Section Views

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 16: Luego de crear las vistas transversales de las secciones se procede a colocarlas en un espacio vacío, con la recomendación de mantenerlo lo más cerca posible de su respectivo alignment para evitar confusiones, se procede a explotar las secciones y modificar cada una a su mejor visualización previo a su colocación en los planos.



Ilustración 79 - Ubicación de Secciones

Fuente: (Propia, 2023)

Paso 17: En este paso se crean los "View Frames" Las vistas de los tramos carreteros en planta que se podrán visualizarse en los *layouts* de Civil 3D, se podrá diseñar a cada cuanto será el alcance de los "frames" en este caso se utilizó un alcance de 260 metros para cada tramo, obteniendo un total de 3 hojas para el diseño geométrico de la segunda calle y tercera avenida norte.

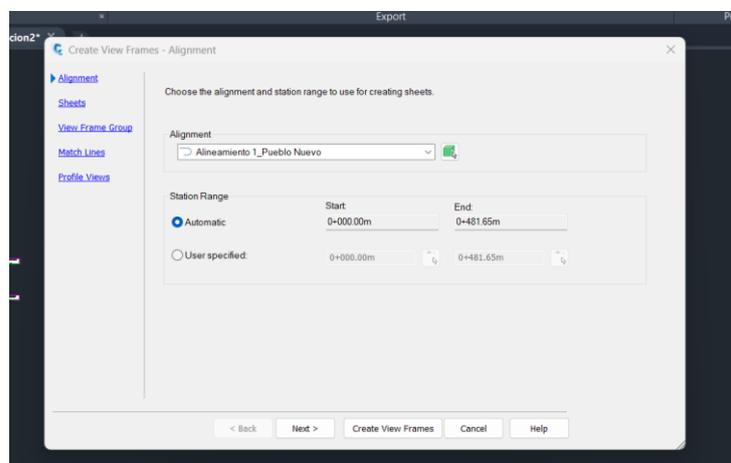


Ilustración 80 - View Frames para Layouts

Fuente: (Propia, 2023)

5.4.3. CONCLUSIONES DISEÑO GEOMÉTRICO

En el diseño geométrico de la segunda calle y tercera avenida norte del barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortes, se han presentado desafíos respecto al uso de pendientes mayores a 0.50% debido a la existencia de casas habitadas a lo largo de calles y avenidas del barrio, el empleo de pendientes mayores a 0.50% en la rasante terminada a partir de los últimos 322 m de la segunda calle conlleva el corte del terreno a 0.83m, lo que provocaría que las aguas lluvias no drenen. Con el objetivo de lograr que las aguas lluvias desagüen con una mayor inclinación y no se estanquen se recomienda a la Municipalidad de Puerto Cortés la demolición del pavimento existente de 56 m², que forma parte del acceso de la carretera CA-13 a la segunda calle norte del barrio Pueblo Nuevo y levantar la rasante terminada a la elevación 8.51 msnm, elevación donde se ubica la estación 0+000 que inicia la segunda calle norte. En la segunda calle norte se diseñó desde la estación 0+000 – 0+159.88 con pendiente de 0.50% y de la estación 0+159.88-0+481.65 con una pendiente obligada de 0.38%. En la tercera avenida norte se diseñó desde la estación 0+000 – 0+108.77 con pendiente de 0.21%, de la estación 0+108.77- 0+118.86 se respeta el nivel existente del pavimento de concreto hidráulico de la tercera calle, de la estación 0+118.86 – 0+222.96 se utiliza una pendiente del 0.30%. El diseño de la geometría de las calles y avenidas consta de un ancho de la calzada sin tomar en cuenta los bordillos de 7.00m, que se compone de dos carriles en dirección opuesta, con un ancho de 3.50m por carril con un bombeo transversal del 2%.

5.5. DISEÑO ESTRUCTURAL

Seguidamente del apartado del diseño geométrico, se presenta el diseño estructural de la losa de pavimento rígido en la segunda calle norte y tercera avenida norte en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

5.5.1. CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño será en base a un pavimento de concreto simple con varillas de transferencia de carga, las cuales tienen la función de transmitir cargas a las otras losas. Es necesario que las pastillas de las losas sean cortas para evitar problemas de agrietamientos. Se especifica un concreto hidráulico con tamaño de agregado de $\frac{3}{4}$ ".

El periodo de diseño se cataloga como el tiempo dentro de un ciclo de diseño seleccionado para determinar las características de un pavimento para cumplir con los requisitos operativos y evaluar su comportamiento en el tiempo frente a varias alternativas, manteniendo en sí un costo de obra razonable.

Teniendo en cuenta que comúnmente el periodo de diseño es mayor a la vida útil del pavimento, este tiempo abarca más de 20 años. Por lo tanto, se presenta en la Ilustración 81, los periodos de diseño recomendados:

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

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Ilustración 81- Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera

Fuente: (AASHTO, Guide for Pavement Structure, 1993)

Teniendo en cuenta que el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, es una zona poca transitada, información sustentada y verificada por el análisis de tránsito vehicular (TPD), al primer trimestre del 2023, se puede concluir que el periodo de diseño para el proyecto será de 20 años.

Por conocimiento propio se sabe que las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multi-ruedas para determinar la carga total sobre una superficie mayor, con el fin de reducir las tensiones y deformaciones que se producen al interior de la superestructura. Por lo tanto, el tránsito vehicular es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. A continuación, se presenta la Ilustración 82 de los valores los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño:

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 82- Tasa de Crecimiento Vehicular Anual

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.211)

Gracias al periodo de diseño de 20 años se puede concluir que la tasa de crecimiento será del 2%, que es el que se recomienda el Manual de Pavimentos de SOPTRAVI para una carretera de dos carriles, uno en cada sentido. Así mismo se determina el factor de proyección igual a 1.2.

A continuación, se calcula el factor de crecimiento en la vida útil con un periodo de diseño de 20 años, y con una tase de crecimiento o proyección de 1.2 mediante la Ecuación 24.

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

Ecuación 24- Factor de Crecimiento de la Vida Útil

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.162)

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

Se concluye que el factor de crecimiento de la vida útil es igual a C=24.30.

A continuación, se presenta el análisis de tránsito vehicular en la segunda calle norte y tercera avenida norte del barrio Pueblo Nuevo ubicado en Puerto Cortés.

El análisis de tránsito vehicular se desarrolla para analizar la movilidad en la segunda calle y tercera avenida de Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, realizando un diagnóstico que proporcione los resultados para determinar el tránsito promedio vehicular diario en el barrio. Seguidamente, se presenta el análisis del tránsito mediante la Ilustración 83.

Ilustración 83- Análisis de Tránsito Vehicular

Análisis de Tránsito Vehicular(1hr)							
Día	Cant. de Vehículos	Día	Cant. de Vehículos	Día	Cant. de Vehículos	Tipo de Vehículo	Ilustración
Lunes(06/02/23) 9:00Am-10:00Am	9	Lunes(13/02/23) 7:30Am-8:30Am	8	Lunes(06/02/23) 10:00Am-11:00Am	6	Bicicletas	
	9		10		8	Motocicleta	
	13		14		16	Vehículo Liviano	
	4		1		7	Camiones 2 ejes	
	1		1		0	Camiones 3 ejes	
Total Vehículos x hr		36		34		37	
Vehículos promedio Por hora:							
36							

Fuente: (Propia; 2023)

Por medio de la Ilustración 83, se concluye que el número promedio de vehículos por hora que transita por el sitio es de 36 y que el tipo de vehículo pesado que transita por la zona frecuentemente es el C2, camiones de dos ejes, siendo uno simple direccional y el trasero de tracción.

Se presenta la Ecuación 25, que permitirá calcular el tráfico promedio diario en base al tipo de vehículo liviano y C2. Automóviles con las cargas con las que se diseñarán los espesores de la subbase y carpeta de rodadura de concreto hidráulico. No se utilizará el factor del 30%, en el caso de los vehículos C2, ya que no transitan por la noche.

$$TPD = ((Prom\ diario * 12) + (Prom\ diario * 12 * 0.3)) * Factor\ proyección$$

Ecuación 25- Tráfico Promedio Diario

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002)

El tráfico promedio diario, se analizará en base a los vehículos más recurrentes y pesados que transitan por la zona de Pueblo Nuevo, específicamente en las calles de diseño. A continuación, se presenta el resultado del promedio de tráfico de los vehículos livianos y tipos C2.

$$\text{Promedio diario vehiculos livianos} = \frac{13 + 14 + 16}{3} = 14.33 = 15$$

$$\text{Promedio diario C2} = \frac{4 + 1 + 7}{3} = 4$$

$$\text{Promedio diario total} = 4 + 15 = 19$$

Fuente: (Propia, 2023)

Se procede a realizar el cálculo correspondiente:

$$\text{TPD Vehículos Livianos} = (15 * 12\text{hrs}) + (15 * 12\text{hrs} * 0.3) = 234 * 1.2 = 281$$

$$\text{TPD C2} = (4 * 8\text{hrs}) = 32 * 1.2 = 39$$

Con la Ilustración 84, se puede determinar el peso por eje direccional simple para el tipo de automóviles livianos, en donde se observa que la carga por eje equivale a 2 ton.

TIPO DE VEHICULO	Carga por eje (Kips)	Tipo de Eje
Automóviles, vagonetas, otros livianos	4	Simple

Ilustración 84- Carga por eje

Fuente: (Condor Group, 2017)

Mediante la Ilustración 85, se puede determinar el peso por eje direccional y eje de tracción para el tipo de vehículo 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 85- Límite de peso por ejes

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.64)

Los vehículos livianos tienen un peso de 2 ton por eje, mientras que el camión C2 tiene un eje simple direccional frontal con un peso de 5 ton y el eje de tracción trasero tiene un peso de 10 ton. Se observó que en la zona no transitan de manera frecuente los camiones de tres ejes, generalmente son 2 cabezales que permanecen estacionados a orillas de la tercera avenida. A continuación, se presentan los siguientes criterios.

Factor de distribución por dirección:

Según el Manual Centroamericano de Pavimentos (2002), el factor de distribución por dirección es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado. Por lo tanto, se presenta la Ilustración 86, en donde podemos encontrar dicho factor.

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

Ilustración 86- Factor de distribución por dirección

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.69)

Se concluye, que el factor de distribución expresado en la Ilustración 86 como porcentaje, tiene un valor del 50% lo que equivale al 0.5.

Para el caso de Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, el factor de distribución por carril es de 1.0, ya que su tránsito vehicular pesado solo llega hasta el tipo de vehículos C2, que son camiones repartidores de 2 ejes simples. A continuación, se presenta la Ilustración 87 con el factor de distribución por carril.

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 87- Factor de distribución por carril

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.69)

En base a la Ilustración 87, se concluye que el factor de distribución por el número de carriles en una sola dirección es de 1.00.

5.5.2. PROCEDIMIENTO DISEÑO ESTRUCTURAL

El método de la Asociación del Cemento Portland, mejor conocido como PCA, consiste en proponer espesores de losas de concreto hidráulico, hasta obtener un resultado de análisis por fatiga y por erosión lo más cercano al 100%.

Para el diseño de pavimento rígido en Pueblo Nuevo se decidió no utilizar hombros y hacer uso de dovelas, con un factor de seguridad $F_{sc}=1.10$ ya que para calles residenciales y otras que soporten bajo volumen de tránsito de camiones, y un módulo de ruptura de 4.82 Mpa que equivale a un MR de 700 PSI para un concreto hidráulico con F'_c de 4000 PSI. Se inicia el tanteo con un espesor de losa de concreto hidráulico de 18 cm, considerando 10 cm de subbase, esta consideración se tomó en cuenta ya que la calle existente es protegida con material selecto, y se le da un mantenimiento anual.

Haciendo uso del CBR de diseño obtenido de 10%, se obtiene un módulo de reacción de la subrasante de 55Mpa/m, haciendo uso de la Ilustración 88. El siguiente paso es obtener el valor de k combinado para la subrasante y subbase. A continuación, se muestra la interpolación realizada para obtener el valor de k combinado.

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
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 88-Efecto de la subbase granular sobre los valores de k

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.210)

En la Ilustración 88, se presentan los valores necesarios para poder realizar la interpolación para obtener el valor del k combinado.

$$valor\ de\ k\ combinado = \frac{64 - 45}{60 - 40} * (55 - 40) + 45 = 59.25$$

Se selecciona una subbase de 10cm por el motivo de que las calles y avenidas del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés se les da un mantenimiento anual con material selecto y se considera que por dicha acción se puede trabajar con dichas capas. A continuación, se calcula el esfuerzo equivalente para el análisis de fatiga para un k conjunto de 59.25 Mpa/m y un espesor de losa de 18cms mediante la Ilustración 89.

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 89- Esfuerzo equivalente pavimento sin hombros para eje sencillo

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.219)

Con los valores de esfuerzo equivalente determinados en la Ilustración 89, se realiza una interpolación para conocer el valor de fatiga para ejes sencillos.

$$\text{factor de fatiga} = \frac{59.25 - 40}{60 - 40} * (1.94 - 2.09) + 2.09 = 1.94$$

Ecuación 26- Interpolación de factor de fatiga

Con la Ecuación 27, se determina la relación de esfuerzos conocidos del factor de fatiga, calculado anteriormente de 1.94 y el módulo de ruptura del concreto de 4.82Mpa que equivale a 700 PSI.

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

Ecuación 27- Relación de esfuerzos

Fuente: (Iturbide, 2002, p.110)

$$\text{Relación de esfuerzos} = \frac{1.94}{4.82} = 0.40$$

La relación de esfuerzos resulta con un valor de 0.40 de eje sencillo para un factor de fatiga de 1.94 y un módulo de ruptura de 4.82.

Con la Ilustración 90, se determinan los esfuerzos equivalentes del análisis por erosión para un k conjunto de 59.25Mpa/m y un espesor de losa de 180mm para 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
210	2.79	2.77	2.75	2.75	2.73	2.72
220	2.73	2.71	2.69	2.69	2.67	2.66
230	2.67	2.65	2.64	2.63	2.61	2.60
240	2.62	2.60	2.58	2.57	2.55	2.54
250	2.57	2.54	2.53	2.52	2.50	2.49
260	2.52	2.49	2.48	2.47	2.45	2.44
270	2.47	2.44	2.43	2.42	2.40	2.39
280	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34
290	2.38	2.35	2.34	2.33	2.31	2.30
300	2.34	2.31	2.30	2.29	2.26	2.26
310	2.29	2.27	2.25	2.24	2.22	2.21
320	2.25	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17
330	2.21	2.19	2.17	2.16	2.14	2.13
340	2.18	2.15	2.14	2.12	2.10	2.09
350	2.14	2.11	2.10	2.09	2.07	2.06

Ilustración 90- Factor de erosión para ejes sencillos con dovelas y sin hombros

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.225)

Con los factores de erosión determinados anteriormente, se interpola para conocer el valor del factor de erosión para ejes sencillos y pavimentos de concreto hidráulico si hombros y con varillas de transferencia.

$$\text{factor de erosión} = \frac{2.96 - 2.97}{60 - 40} * (59.25 - 40) + 2.97 = 2.96$$

Ecuación 28- Interpolación de factor de erosión para eje sencillo

Seguidamente, se presenta el cálculo de las repeticiones admisibles, donde solo se considerarán los vehículos livianos y los tipos C2.

Para calcular las cargas por eje de un vehículo se multiplica las toneladas por la gravedad (9.81m/s^2) igualando a 10m/s^2 con la finalidad de obtener los valores de cargas por ejes en números enteros. Se presenta la Ecuación 29:

$$\text{carga por eje} = \text{peso por eje(ton)} * 10\text{m/s}^2$$

Ecuación 29- Carga por eje (kN)

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002,p.214)

$$\text{carga por eje doble simple vehículo liviano} = 2(\text{ton}) * 10\text{m/s}^2 = 20\text{KN}$$

$$\text{carga por eje simple direccional C2} = 5(\text{ton}) * 10\text{m/s}^2 = 50\text{KN}$$

$$\text{carga por eje tracción C2} = 10(\text{ton}) * 10\text{m/s}^2 = 100\text{KN}$$

Se realiza el cálculo de las repeticiones esperadas, utilizando el número de vehículos de tráfico promedio diario de los vehículos livianos y , ya que son el tipo de vehículo con mayor recurrencia y peso en la zona de Pueblo Nuevo, Puerto Cortés. Se hará uso del factor de crecimiento en la vida útil, factor de distribución de carril y factor de distribución de dirección calculados y mostrados previamente. Se introduce la Ecuación 30:

$$\text{repeticiones esperadas} = \text{TPD} * 365 * C * fc * fd$$

Ecuación 30- Repeticiones Esperadas

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.214)

$$\text{repeticiones esperadas vehículo liviano} = 281 * 365 * 24.30 * 1.0 * 0.5$$

$$\text{repeticiones esperadas vehículo liviano} = 1,246,165$$

$$\text{repeticiones esperadas C2} = 39 * 365 * 24.30 * 1.0 * 0.5$$

$$\text{repeticiones esperadas C2} = 172,956$$

En las siguientes ecuaciones, se multiplican las cargas por ejes por el valor del factor de seguridad, que resultó con un valor de 1.10.

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

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

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

Una vez obtenidos todos los datos, se procede a determinar las repeticiones admisibles por fatiga y erosión, para luego compararlas con las repeticiones esperadas. En la Ilustración 91, se podrá observar el análisis de fatiga en función de la relación de esfuerzos en pavimentos sin hombros de concreto y con pasadores teniendo un valor de 0.40 y de las repeticiones admisibles. Las repeticiones admisibles se obtienen mediante el trazado de una línea recta que empieza desde la carga del eje simple multiplicada por el factor de seguridad, intercepta la relación de esfuerzo obtenida y se proyecta la línea hasta finalizar en un resultado de repeticiones admisibles. Cabe mencionar que si la proyección de la recta no llega a ningún valor y la tangente sale del plano de valores, este se considera como un valor ilimitado de repeticiones permisibles. Las líneas rojas hacen énfasis en los vehículos livianos de ejes simples y las líneas azules hacen referencia a los camiones tipo C2. Las repeticiones admisibles en el caso de los vehículos livianos tienen un valor ilimitado, al igual que el eje sencillo direccional del camión C2. El eje sencillo de tracción del camión C2 obtuvo un resultado de 197,000 repeticiones.

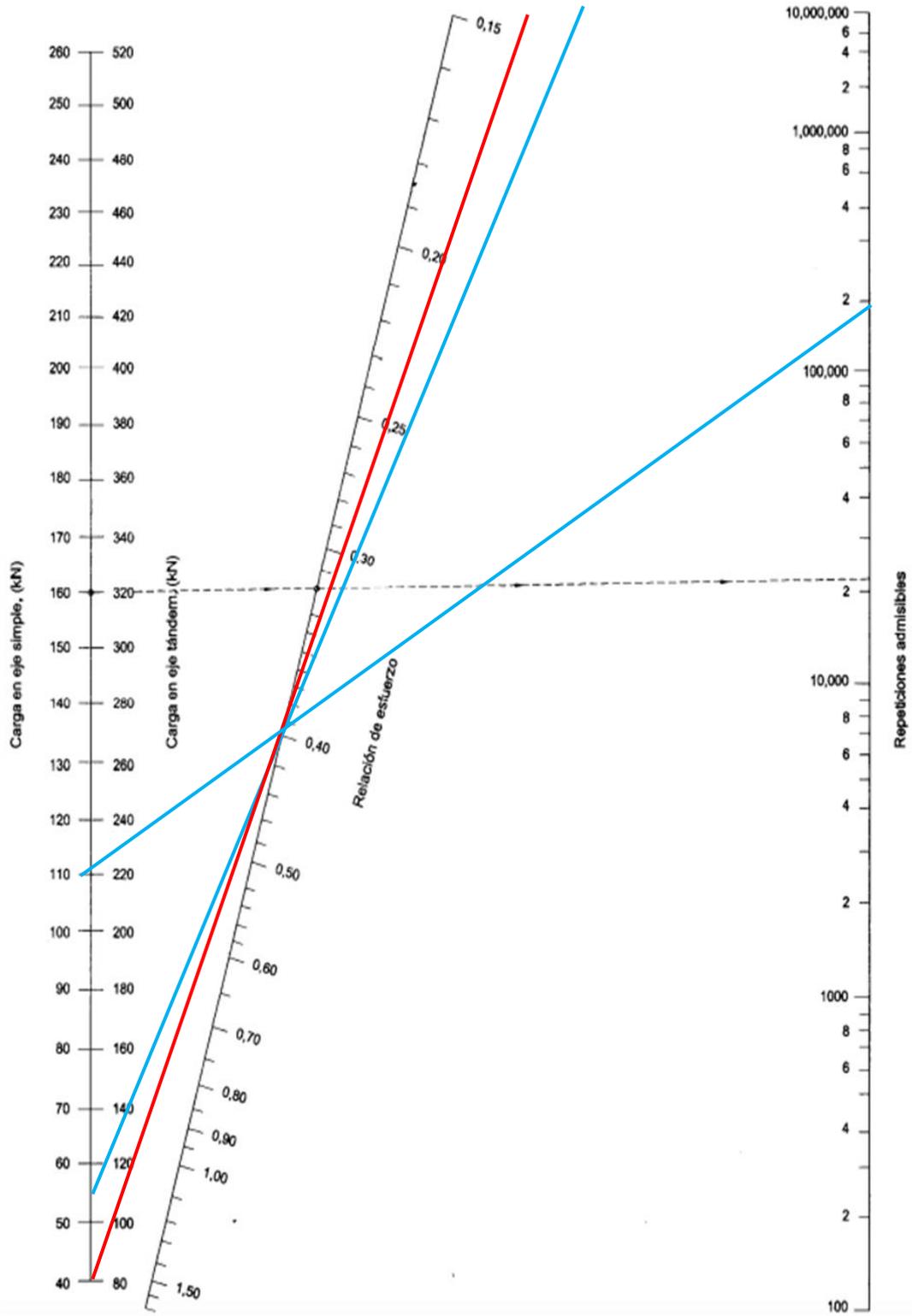


Ilustración 91- Análisis de fatiga, repeticiones admisibles sin hombros de concreto.

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.218)

Seguidamente, en la Ilustración 92, se calculan las repeticiones admisibles por análisis de erosión.

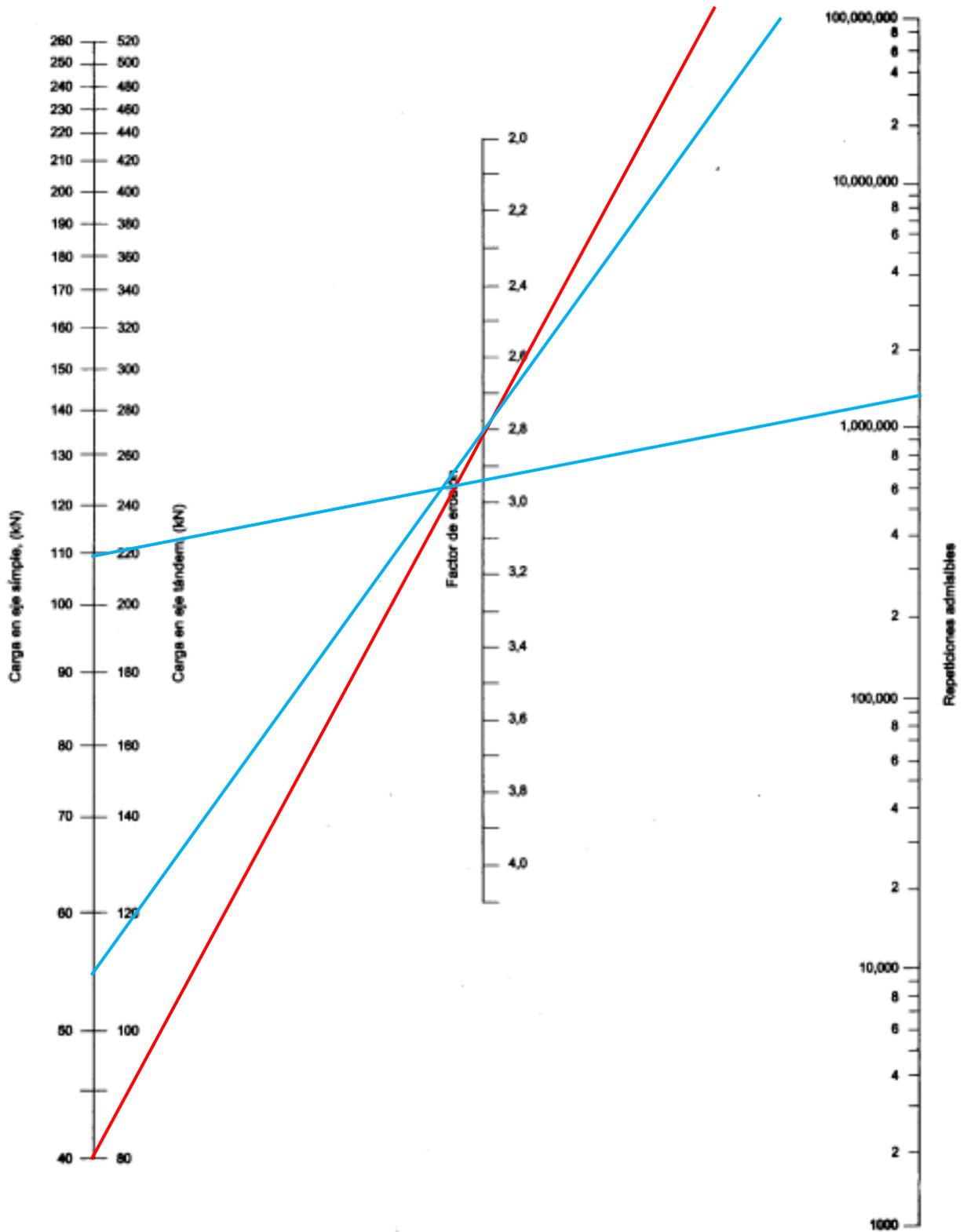


Ilustración 92- Análisis de erosión, repeticiones admisibles sin hombros de concreto.

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.224)

En la Ilustración 91 e Ilustración 92, se obtienen los valores de las repeticiones admisibles para el análisis por fatiga y erosión, en función de vehículos livianos y camiones tipo C2. En la Tabla 10, se presentan los datos obtenidos previamente, necesarios para el cálculo de las repeticiones admisibles que se muestran en la Tabla 11.

Tabla 10- Cálculo de espesor de pavimento rígido

Descripción	Resultado	Unidad
Espesor de Carpeta de Rodadura	18	cm
Espesor de Subbase	10	cm
Conjunto Subbase-Subrasante	59.25	Mpa/m
Módulo de Rotura	700 ó 4.82	PSI ó Mpa/m
Periodo de Diseño	20	años

Pavimento sin hombros y con varillas de transferencia.

Fuente: (Propia, 2023)

Tabla 11-Cálculo de espesor de pavimento rígido

Ejes Sencillos (C2)						
Cargas por eje(KN)	Cargas por FSC(KN)	Repeticiones esperadas	Análisis por Fatiga		Análisis por Erosión	
			Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Daño	Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Daño
50.00	55.00	172,956.00	Ilimitado	-	Ilimitado	-
100.00	110.00	172,956.00	197,000	87.79	1,500,000	11.53
20.00	22.00	1,246,165.00	Ilimitado	-	Ilimitado	-
20.00	22.00	1,246,165.00	Ilimitado	-	Ilimitado	-
Total(%)				87.79	11.53	

Fuente: (Propia, 2023)

A continuación, mediante la Tabla 12, se presenta la estructura de pavimento para la segunda calle norte y tercera avenida norte en el barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

Tabla 12-Estructura de Pavimento Rígido

Estructura de Pavimento	Espesor	Unidades
Losa	18	cm
Subbase	10	cm

Fuente: (Propia, 2023)

Según el Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, los resultados de diferentes espesores de losa deberán de cumplir con las especificaciones o características para que el pavimento funciones de manera adecuada, como en el caso de la elaboración de juntas, que se muestra a continuación en la Ilustración 93.

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 93- Resumen de especificaciones para colocación de juntas

Fuente: (Manual Centro Americano, 2002, p.238)

En base a la Ilustración 93, se brindan recomendaciones para la colocación de juntas. En el caso del diseño de pavimento para el barrio Pueblo Nuevo se establece que la profundidad del corte de juntas debería de ser de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa resultando una profundidad de 5cm, así mismo la profundidad del material de sellado, se recomienda que el sellador sea de mortero asfáltico por motivos económicos. El ancho del corte para la junta será de 0.64cm.

El Manual de Pavimentos Centroamericano brinda un valor máximo de espaciamiento de juntas de 4.80m, sin embargo, con la finalidad de prevenir de que la losa de pavimento pueda sufrir fisuras, se contempla que las pastillas sean de 3.50m de ancho y 3.00m de largo.

Espesor de losa (mm)	Barras de \varnothing 9,5 mm (3/8")			Barras de \varnothing 12,7 mm (1/2")			Barras de \varnothing 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 94- Recomendación respecto a barras de anclaje

Fuente: (Manual de Pavimentos de Concreto INVIAS, 2008)

Como se muestra en la Ilustración 94, el Manual de Pavimentos de Concreto INVIAS recomienda que al utilizar un espesor de losa de pavimento de concreto hidráulico de 0.18m se utilice una longitud de anclaje de la barra de 0.60m. Para el diseño estructural de pavimento rígido del barrio Pueblo Nuevo, se hará uso de varillas de transferencia con diámetro de 1/2" corrugadas de grado 40 con una separación entre barras de 0.60m. Cada pasador tendrá una longitud de 0.60m.

Se recomienda a la Municipalidad de Puerto Cortés la implementación de un geotextil en el proyecto de construcción del tramo carretero de la segunda calle y tercera avenida del barrio Pueblo Nuevo con el objetivo de ofrecer un refuerzo y estabilización de subrasante, el geotextil confina el material de relleno y controla los problemas de humedad relativos a los niveles freáticos. Las dimensiones de los rollos geotextiles suelen ser de 4.59 metros de ancho por 91.44 metros de largo encubriendo un total de 418 m². El geotextil ofrece un efecto capilar y de drenaje, refuerzo de la subrasante y separación entre capas. El geotextil recomendado es de la marca *TenCate Mirafi Geosynthetics* o similar. (ver en Anexos Ilustración 137).

Respecto a la construcción de los bordillos, se sugiere que tengan un dimensionamiento con un ancho en la base inferior de 15cm, ancho en la base superior de 13cm y altura de 15cm con una longitud inclinada de 15.13cm (ver Ilustración 95). Los bordillos tendrán pines que serán varillas corrugadas grado 40 de diámetro 3/8" espaciados a 0.60m (ver Ilustración 96). Con la finalidad de que las aguas lluvias sean recaudadas en la red de los canales abiertos se recomienda que la longitud de los bordillos sea de 20m y seguidamente un hueco de 0.60m, por el cual el agua pluvial fluirá. Los bordillos serán fundidos con concreto hidráulico de 3000 PSI.

Dimensionamiento De Bordillos

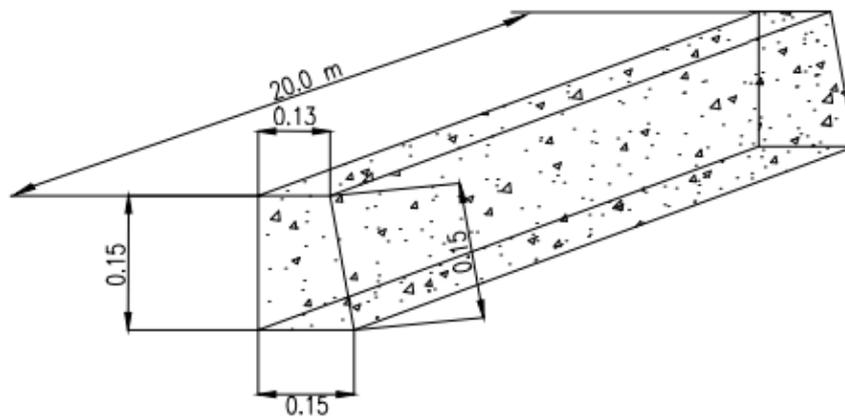


Ilustración 95-Dimensionamiento de bordillos

Fuente: (Propia, 2023)

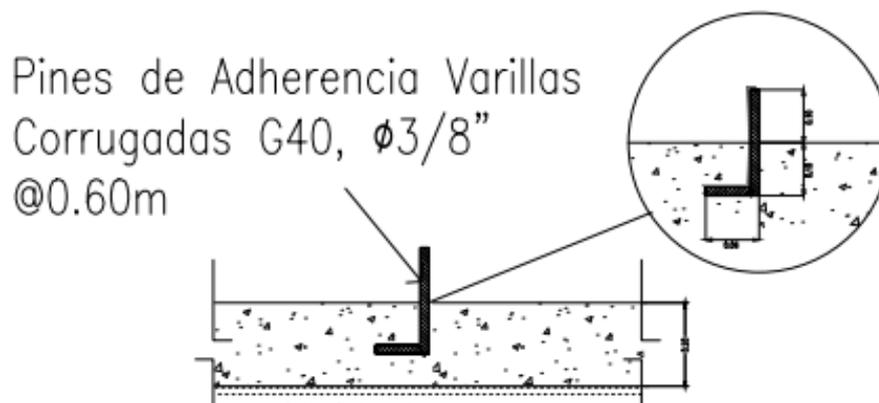


Ilustración 96-Pines en bordillos

Fuente: (Propia, 2023)

5.5.3. CONCLUSIONES DISEÑO ESTRUCTURAL

La estructura de pavimento rígido involucra un diseño de pavimento para 20 años, sin hombros y con pasadores. Se diseñó en función de un concreto hidráulico con resistencia a la compresión de 4000 PSI y un módulo de rotura de 700 PSI. El análisis estructural concluye con una losa de concreto hidráulico de 0.18m y una subbase granular de 0.10m, espesores calculados por medio del método del *Portland Cement Association-84*. El espesor de losa asumido para efectuar el tanteo requirió del cumplimiento de los espesores de las capas subyacentes en función del análisis de los porcentajes de fatiga y erosión, en donde la sumatoria de ambos porcentajes debe andar entre un 90-100%, ya que un porcentaje arriba de dicho rango, indica un pavimento deficiente y un porcentaje muy por debajo del rango supone hacer un nuevo tanteo de pavimento, el cual involucra economía. En el análisis de fatiga se obtuvo un porcentaje de daño del 87.79%, mientras que el análisis de erosión resultó con 11.53%, donde la sumatoria de ambos brinda un valor de 99.32%, resultado que no excede el 100%, por lo tanto, el espesor para la losa de concreto hidráulico en conjunto de la subbase granular si cumple con las especificaciones presentadas en el Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos.

La profundidad del corte de juntas se recomienda de 5cm, así mismo la profundidad del material de sellado, se sugiere que el sellador sea de mortero asfáltico por motivos económicos. El ancho del corte para la junta será de 0.64cm. Con la finalidad de prevenir de que la losa de pavimento pueda sufrir fisuras, se contempla que las pastillas para las juntas de control sean de 3.50m de ancho y 3.00m de largo. El dimensionamiento de bordillos será de 0.15m de base inferior, 0.13m de base superior, una altura de 0.15m y una extensión de bordillo de 20 metros separados por huecos de 0.60m, con pines de adherencia de varilla corrugada de 3/8" grado 40 y con una resistencia a la compresión de 3000psi. Por último, en el diseño estructural se toma en cuenta la implementación de un geotextil en el proyecto de construcción del tramo carretero de la segunda calle y tercera avenida del barrio Pueblo Nuevo con el objetivo de ofrecer un refuerzo y estabilización de subrasante y un control contra los problemas de humedad relativos a los niveles freáticos en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés.

5.6. DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

Seguidamente del diseño estructural de pavimento rígido, en este apartado, se procede a diseñar la red de drenaje pluvial mediante canales abiertos fundidos de concreto para las calles de diseño del barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

5.6.1. CRITERIOS DE DISEÑO

La determinación de la intensidad de precipitación se realizará con las características de Tela, Atlántida, sitio el cual presenta condiciones meteorológicas muy similares a las de Puerto Cortés. Dicho criterio fue tomado debido a que no se cuenta con la información atmosférica requerida en la zona de Pueblo Nuevo y aprobado por el experto en hidrología e hidráulica, Ing. Otto Flores. A continuación, en la Ilustración 97, se muestran las constantes a, b y n en función de las condiciones meteorológicas de Tela y en base al periodo de retorno de veinte años debido a la incerteza y mayor recurrencia del retorno de fenómenos extremos a las regiones de Honduras y con el objetivo de simular las condiciones más agresivas de los fenómenos,. Los parámetros a, b, y n fueron obtenidos mediante isopletras para todo Honduras.

Constantes	Período de Retorno (años)				
	2	5	10	20	50
a	771	1127	1360	1582	1870
b	12.50	14.50	15.25	15.76	16.25
n	0.629	0.629	0.629	0.629	0.629
r	0.9988	0.9951	0.9925	0.9902	0.9878

Ilustración 97-Parámetros requeridos para cálculo de intensidad

Fuente: (Manual de Referencias Hidrológicas del FHIS, 2000, p.134).

A continuación, se realiza el cálculo del tiempo de concentración mediante la ecuación de Kirpich para la intersección de la segunda calle con la tercera avenida, en donde la longitud del punto más alejado al punto de intersección es de 0.144km siendo la estación 0+143.79. La pendiente de la segunda calle es de 0.007m/m, mientras que de la tercera avenida es del 0.002m/m, por lo que la pendiente media resulta del 0.0045m/m.

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

$$T_c = 0.06628 * \frac{0.144km^{0.77}}{0.0045^{0.385}}$$

$$T_c = 0.11horas = 6.6 minutos$$

La duración de la tormenta de lluvia será en base a 10 minutos, debido a que es dentro de estos minutos, en donde la intensidad de la precipitación es más fuerte. Para obtener el caudal de diseño es necesario contar con los valores del área tributaria en hectáreas, coeficiente de escorrentía ponderado y la intensidad de la lluvia expresada en milímetro por hora. Los coeficientes de escorrentía serán en función de las superficies de techos impermeables, áreas verdes, calles de grava haciendo referencia al material selecto y calles de concreto hidráulico.

A continuación, se muestra la delimitación de la cuenca urbana realizada por medio del software Google Earth para la segunda calle y tercera avenida norte del barrio Pueblo Nuevo.



Ilustración 98-Delimitación de cuenca urbana

Fuente: (Google Earth, 2023)

En la Ilustración 98, se destaca la delimitación de los aportes de agua lluvia para las calles de diseño. Cabe mencionar, que el análisis de drenaje pluvial será efectuado para seis tramos dentro de la segunda calle y tercera avenida de Pueblo Nuevo. Seguidamente, se presenta la Tabla 13 con el resumen de los tramos de análisis, a los cuales se les calculará sus respectivos caudales sumando un caudal total de aportes de agua lluvia.

Tabla 13- Tramos de análisis para obtención de caudales

Nombre	Descripción	Extensión
Tramo 1	Segunda Calle Norte	0+000 – 0+143.79
Tramo 2	Segunda Calle Norte	0+143.79 – 0+230
Tramo 3	Segunda Calle Norte	0+230 – 0+354
Tramo 4	Segunda Calle Norte	0+354 – 0+481.65
Tramo 5	Tercera Avenida Norte	0+000 – 0+113.60
Tramo 6	Tercera Avenida Norte	0+113.60 – 0+222.96

Fuente: (Propia, 2023)

A continuación, de la Ilustración 99 - Ilustración 104, se muestran los tramos mapeados en el barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.

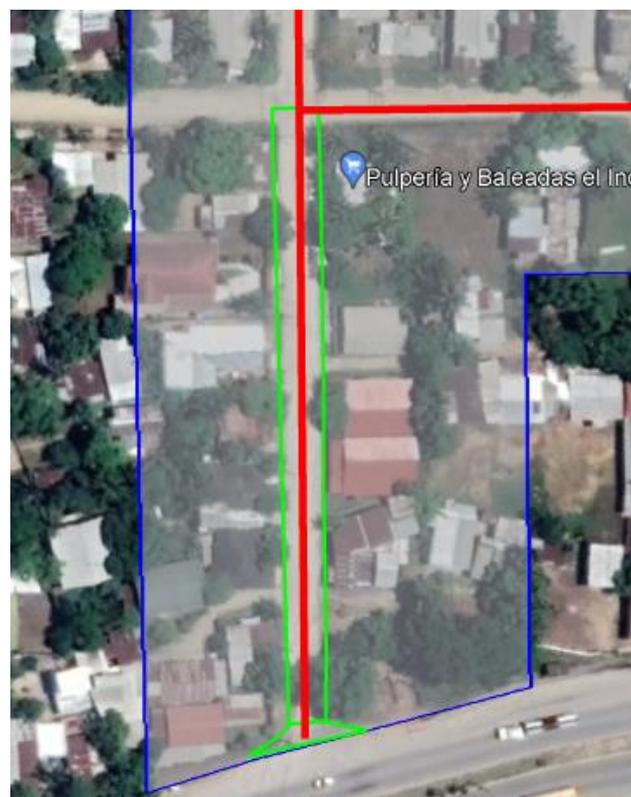


Ilustración 99- Tramo 1(0+000-0+143.79)

Fuente: (Google Earth, 2023)



Ilustración 100- Tramo 2(0+143.79-0+230)

Fuente: (Google Earth, 2023)



Ilustración 101- Tramo 3(0+230-0+354)

Fuente: (Google Earth, 2023)



Ilustración 102- Tramo 4(0+354-0+481.65)

Fuente: (Google Earth, 2023)

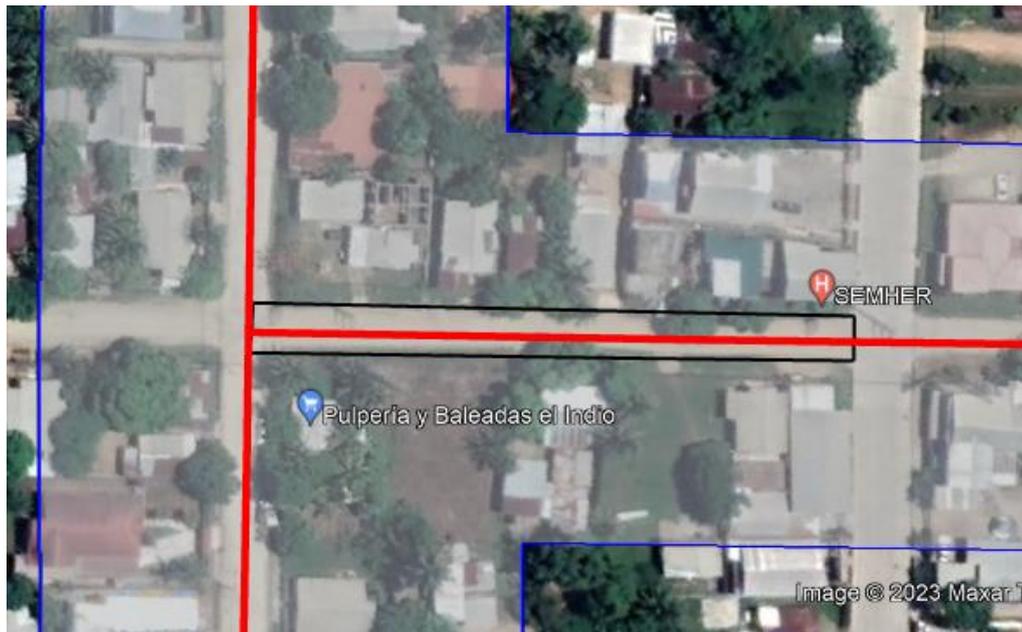


Ilustración 103- Tramo 5(0+000-0+113.60)

Fuente: (Google Earth, 2023)



Ilustración 104- Tramo 6(0+113.60-0+222.96)

Fuente: (Google Earth, 2023)

5.6.2. PROCEDIMIENTO DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

En este apartado, se procede con los cálculos requeridos para determinar el caudal de diseño, con el cual se determinará la sección eficiente del canal. A continuación, en la Ilustración 105, se muestran los tipos de superficies presentes, con sus respectivos coeficientes de escorrentía, que será denominado C y sus promedios calculados.

Tipo de Superficie	Coefficiente de Escorrentía
Calles de Concreto →	0.80 a 0.95
Calles de Asfalto	0.70 a 0.95
Calles de Adoquines	0.70 a 0.85
Techos Impermeables →	0.75 a 0.95
Aceras (Paseos Pavimentados)	0.75 a 0.85
Caminos en Macadam	0.25 a 0.50
Caminos en Grava →	0.15 a 0.30
Césped, Suelo Arcillosos	0.15 a 0.45
Césped, Suelo Arenoso →	0.05 a 0.35
Bosques	0.10 a 0.25

Ilustración 105- Coeficientes de escorrentía

Fuente: (Aguas de San Pedro S.A., 2011, p.10)

$$\text{Promedio } C \text{ para calles de concreto} = \frac{0.80 + 0.95}{2} = 0.875$$

$$\text{Promedio } C \text{ para calles de material selecto} = \frac{0.15 + 0.30}{2} = 0.225$$

$$\text{Promedio } C \text{ para techos impermeables} = \frac{0.75 + 0.95}{2} = 0.85$$

$$\text{Promedio } C \text{ para áreas verdes (cesped sobre suelo arenoso)} = \frac{0.05 + 0.35}{2} = 0.20$$

Fuente: (Propia, 2023)

Tabla 14-Cálculo de Parámetros Tramo 1

Material de cobertura	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Segunda Calle (Concreto)	0.875	0.01	0.01	0.0095
Techos	0.85	0.39	0.42	0.3603
Segunda calle (Material Selecto)	0.225	0.14	0.15	0.0342
Área verde	0.20	0.38	0.41	0.0826
Total:		0.92	1.00	0.487

Fuente: (Propia, 2023)

Se procede a realizar el cálculo del caudal en función de las áreas tributarias, intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía ponderado.

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

$$i = \frac{1582}{(15.76 + 10)^{0.629}} = 204.98 \text{ mm/hr}$$

La intensidad de lluvia utilizada para el cálculo del caudal será de 204.98mm/hr.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$Q = \frac{0.487 * 204.98 * 0.92}{360} = 0.2549 \text{ m}^3/\text{s}$$

Los aportes de agua lluvia para el primer tramo son de 0.2549 m³/s.

Tabla 15-Cálculo de Parámetros Tramo 2

Material de cobertura	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Segunda Calle (Concreto)	0.875	0.00	0.00	0.0000
Techos	0.85	0.30	0.44	0.3750
Segunda calle (Material Selecto)	0.375	0.17	0.25	0.0563
Área verde	0.20	0.21	0.31	0.0618
Total:		0.68	1.00	0.493

Fuente: (Propia, 2023)

Se procede a realizar el cálculo del caudal en función de las áreas tributarias, intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía ponderado.

$$Q = \frac{0.493 * 204.98 * 0.68}{360} = 0.1909 m^3/s$$

$$Q_{acumulado} = 0.2549 + 0.1909 = 0.4458 m^3/s$$

Los aportes de agua lluvia para el segundo tramo tomando en cuenta el caudal acumulado del primer tramo es de 0.4458 m³/s.

Tabla 16- Cálculo de Parámetros Tramo 3

Material de cobertura	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Segunda Calle (Concreto)	0.875	0.00	0.00	0.0000
Techos	0.85	0.22	0.30	0.2562
Segunda calle (Material Selecto)	0.375	0.16	0.22	0.0493
Área verde	0.20	0.35	0.48	0.0959
Total:		0.73	1.00	0.401

Fuente: (Propia, 2023)

Se procede a realizar el cálculo del caudal en función de las áreas tributarias, intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía ponderado.

$$Q = \frac{0.401 * 204.98 * 0.73}{360} = 0.1668 m^3/s$$

$$Q_{acumulado} = 0.4458 + 0.1668 = 0.6127 m^3/s$$

Los aportes de agua lluvia para el tercer tramo tomando en cuenta el caudal acumulado del primer y segundo tramo es de 0.6127m³/s.

Tabla 17- Cálculo de Parámetros Tramo 4

Material de cobertura	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Segunda Calle (Concreto)	0.875	0.00	0.00	0.0000
Techos	0.85	0.25	0.35	0.2951
Segunda calle (Material Selecto)	0.375	0.11	0.15	0.0344
Área verde	0.20	0.36	0.50	0.1000
Total:		0.72	1.00	0.430

Fuente: (Propia, 2023)

Se procede a realizar el cálculo del caudal en función de las áreas tributarias, intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía ponderado.

$$Q = \frac{0.430 * 204.98 * 0.72}{360} = 0.1761 m^3/s$$

$$Q_{acumulado} = 0.6127 + 0.1761 = 0.7888 m^3/s$$

Los aportes de agua lluvia para el cuarto tramo, último tramo de la segunda calle, tomando en cuenta el caudal acumulado del primer, segundo y tercer tramo es de 0.7888 m3/s.

Tabla 18- Cálculo de parámetros Tramo 5

Material de cobertura	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Tercera Calle (Concreto)	0.875	0.03	0.05	0.0461
Techos	0.85	0.21	0.37	0.3132
Segunda Calle (Material Selecto)	0.375	0.09	0.16	0.0355
Área verde	0.20	0.24	0.42	0.0842
Total:		0.57	1.00	0.479

Fuente: (Propia, 2023)

Se procede a realizar el cálculo del caudal en función de las áreas tributarias, intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía ponderado.

$$Q = \frac{0.479 * 204.98 * 0.57}{360} = 0.1554 m3/s$$

Los aportes de agua lluvia para el quinto tramo de la tercera avenida norte es de 0.1554 m3/s.

Tabla 19- Cálculo de Parámetros Tramo 6

Material de cobertura	C	Área (Ha)	Área ponderada	C ponderado
Tercera Calle (Concreto)	0.875	0.04	0.06	0.0565
Techos	0.85	0.34	0.55	0.4661
Segunda Calle (Material Selecto)	0.375	0.08	0.13	0.0290
Área verde	0.20	0.16	0.26	0.0516
Total:		0.62	1.00	0.603

Fuente: (Propia, 2023)

Se procede a realizar el cálculo del caudal en función de las áreas tributarias, intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía ponderado.

$$Q = \frac{0.603 * 204.98 * 0.62}{360} = 0.2130 m3/s$$

$$Q_{acumulado} = 0.1554 + 0.2130 = 0.3684 m3/s$$

Los aportes de agua lluvia para el sexto y último tramo de la tercera avenida norte, tomando en cuenta el caudal acumulado del quinto tramo es de 0.3684 m3/s.

A continuación, se calcula el caudal total de aguas pluviales recibidas por la segunda calle y tercera avenida.

$$Q_{total} = 0.788 + 0.3684 = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{total} = \frac{1.16 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ canales}} = 0.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de aguas lluvias, con el cual se diseñarán los canales abiertos, que transportarán el agua hasta su punto de descarga será de 0.58m³/s. Para el cálculo de las características del canal, se hará uso del software Hcanales. Debido a que los canales serán de bloque de concreto de 6", se utilizará un factor de rugosidad de Manning de 0.013, con una pendiente del 1%.

A continuación, se muestra el cálculo realizado por el software Hcanales según el caudal, el ancho del canal, coeficiente "n" de Manning respecto a la rugosidad, y la pendiente del canal, la cual será la mínima con 1%.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Pueblo Nuevo, Puerto Cortés
Tramo: 2da calle/3ra avenida
Proyecto: Proyecto 1
Revestimiento: Concreto hidráulico

Datos:

Caudal (Q):	0.58	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.60	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.01	m/m

Diagrama: Sección de canal abierto con ancho de solera (b), altura de agua (y), y ancho de agua (T).

Resultados:

Tirante normal (y):	0.4056	m	Perímetro (p):	1.4112	m
Área hidráulica (A):	0.2434	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1725	m
Espejo de agua (T):	0.6000	m	Velocidad (v):	2.3832	m/s
Número de Froude (F):	1.1948		Energía específica (E):	0.6951	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Botones de control: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Ilustración 106-Sección de canal abierto

Fuente: (Propia, 2023)

En la Ilustración 106, se puede observar el resultado de un tirante normal de 0.4056m, un área hidráulica de 0.24m², perímetro mojado de 1.41 y la velocidad del flujo de 2.38m/s. En base al análisis realizado previamente, se define una sección de canal abierto con un ancho de 0.60m, altura de 0.40m (constructivamente de 0.50m) y un ancho de pared del canal de 0.10m.

A continuación, se presenta el cálculo manual de la sección de canales para convalidar los resultados del software Hcanales:

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

Ecuación 31-Chezy Manning

$$A = by = (0.60m)y = 0.60y$$

$$P = b + 2y = 0.60 + 2y$$

$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{0.60y}{0.60 + 2y}$$

$$v = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = v * A$$

$$0.58 = \frac{1}{0.013} * 0.60y * \left(\frac{0.60y}{0.60 + 2y} \right)^{\frac{2}{3}} * (0.01)^{\frac{1}{2}}$$

$$0.58 = \frac{1}{0.013} * 0.60y * \left(\frac{0.60y}{0.60 + 2y} \right)^{\frac{2}{3}} * (0.01)^{\frac{1}{2}}$$

$$0.58 = 7.692307692 * \frac{(0.60y)^{\frac{5}{3}}}{(0.60 + 2y)^{\frac{2}{3}}}$$

Seguidamente, se muestran los resultados con diferentes iteraciones para el cálculo del tirante normal y su caudal más preciso a 0.58m³/s. En conclusión, a la Tabla 20, el tirante normal del canal para cumplir con el caudal de 0.58m³/s es de 0.40m.

Tabla 20-Iteraciones Cálculo Tirante Normal

Tirante Normal (y)	Resultados Q (m3/s)
0.30	0.391
0.35	0.479
0.40	0.570
0.45	0.662

$$Tirante normal (y) = 0.40m$$

$$A = 0.60y = 0.60 * 0.40 = 0.24m^2$$

$$Espejo de agua = b = 0.60m$$

$$P = 0.60 + 2y = 0.60 + 2 * 0.40 = 1.40m$$

$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{0.24m^2}{1.40m} = 0.171m$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.57m^3/s}{0.2456m^2} = 2.42 \text{ m/s}$$

A continuación, se calcula el número de Froude para determinar si el flujo es subcrítico, crítico o supercrítico.

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

Ecuación 32- Número de Froude

$$\text{Profundidad hidráulica}(Dh) = \frac{A}{T} = \frac{0.24m^2}{0.60m} = 0.40m$$

$$F = \frac{2.42m/s}{\sqrt{9.81m/s^2 * 0.40m}} = 1.19$$

Se introduce la fórmula de la energía específica mediante la Ecuación 33 para determinar si el flujo es subcrítico, crítico o supercrítico.

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

Ecuación 33- Energía Específica

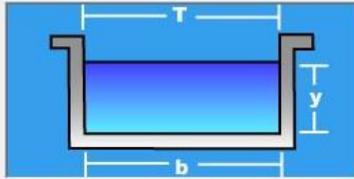
$$E = 0.40m + \frac{(2.42m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2} = 0.69m * kg/kg$$

En la Ecuación 32, se determina que el número de Froude es de 1.19, el cual es mayor que 1.00, por lo que el flujo se considera como supercrítico o rápido, donde tiene una velocidad relativamente alta y poca profundidad.

Para el cruce de las aguas lluvias mediante los canales abiertos en las intersecciones con avenidas se recomienda la fundición de una losa de concreto con espesor de 20cm, reforzada longitudinalmente con 5 varillas legítima corrugada de diámetro de ½" G40 espaciadas a 20cm y transversalmente varilla legítima corrugada de ½" G40 espaciadas a 0.40m para que el agua sea capaz de drenar continuamente. En el caso de condiciones críticas, se presenta el cálculo del tirante crítico mediante Hcanales (ver Ilustración 107) y el perfil de remanso en caso se llegue a dar el fenómeno.

Lugar:	Pueblo Nuevo, Puerto Cortés	Proyecto:	P1
Tramo:	Est. 441.65 - Est. 481.65	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.58 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.60 m
Talud (Z):	0



Resultados:			
Tirante crítico (y):	0.4569 m	Perímetro (p):	1.5138 m
Área hidráulica (A):	0.2741 m ²	Radio hidráulico (R):	0.1811 m
Espejo de agua (T):	0.6000 m	Velocidad (v):	2.1157 m/s
Número de Froude (F):	1.0000	Energía específica (E):	0.6850 m-Kg/Kg

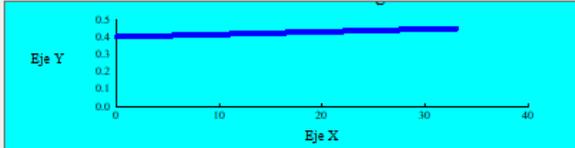
Ilustración 107-Escenario tirante crítico

Fuente: (Propia, 2023)

📄 Cálculo de la curva de remanso, método de integración gráfica

Datos:	
Caudal (Q):	0.58 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.60 m
Talud Z:	0
Pendiente (S):	0.01
Rugosidad (n):	0.013
Tirante inicial (y1):	0.40 m
Tirante final (y2):	0.45 m
Número de tramos (nt):	1

Resultados finales:	
x	y
0.00	0.4000
33.02	0.4500



Resultados parciales:											
y	A	p	R	T	v	Se	1-Q2T/gA3	So-Se	f(y)	deltax	x
0.4000	0.2400	1.4000	0.1714	0.6000	2.4167	0.010364	-0.4883	-0.000364	1340.28	---	---
0.4500	0.2700	1.5000	0.1800	0.6000	2.1481	0.007673	-0.0453	0.002327	-19.48	33.02	33.02

Ilustración 108-Perfil de posible remanso

Fuente: (Propia, 2023)

Se define que en los últimos 40 metros del canal abierto en la segunda calle norte, es el tramo donde puede haber un posible remanso por la descarga pluvial, por lo tanto se aconseja a la Municipalidad de Puerto Cortés utilizar una sección con una mayor profundidad con 0.60m de ancho, 0.55m de altura con una pendiente del 1% desde la estación 0+441.65 hasta la estación 0+481.65.

Por especificaciones de la Municipalidad de Puerto Cortés se solicita que los canales abiertos sean considerados constructivamente con bloque de 6" y una solera de cierre. Se sugiere que la losa del canal sea reforzada con 4 varillas de 3/8" @0.25m y bastones en forma de U espaciados a cada 0.60m. Se recomienda la fundición de soleras de 15x10cm con un concreto hidráulico con resistencia a la compresión de 3000 PSI.

La descarga pluvial de los canales abiertos involucra un tema complejo debido a las casas habitadas en la zona y por tratarse de una aproximación hacia una laguna, consecuentemente el diseño de canales abiertos se define hasta la estación 0+481.65 en la segunda calle norte. La solución final para la evacuación de aguas lluvias de la estación 0+481.65 hasta la Laguna de Alvarado será exclusivamente de la Municipalidad de Puerto Cortés debido a negociaciones entre propietarios y la Municipalidad para que la descarga pluvial pueda cruzar por esos terrenos.

5.6.3. CONCLUSIONES DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

El drenaje pluvial de la segunda calle y tercera avenida del barrio Pueblo Nuevo será en función de una red de canales abiertos revestidos de concreto hidráulico. El análisis de los aportes de agua lluvia se realizaron en base a la delimitación de la cuenca urbana, que se compone de un área total de 4.24 Ha y un perímetro de 1.55 km. Para el cálculo de la intensidad de lluvia, se utilizaron las características de Tela, Atlántida, que presenta condiciones meteorológicas muy similares a las de Puerto Cortés; se planteó un periodo de retorno de 20 años para simular las condiciones más agresivas ante la incerteza del retorno de fenómenos naturales que azotan a Honduras, que ha sido nombrado en diferentes ocasiones como uno de los países más vulnerables frente al cambio climático en la última década. El caudal total acumulado de aportes de agua lluvia analizado para dos canales de alivio en seis tramos de la segunda calle y tercera avenida norte resultó con un valor de 0.58 m³/s. El caudal obtenido fue requerido para adquirir las características de la sección del canal abierto, el cual tendrá un ancho de 0.60m, altura de 0.50m y un ancho de pared del canal de 0.15m, con una pendiente del 1% construido con una losa de 90x10cms, dos hiladas de bloque de 6" y una solera de cierre de 15x10cm.

Se especifica un concreto hidráulico con resistencia a la compresión de 3000 PSI con tamaño de agregado grueso de ¾" para las soleras, refuerzo longitudinal con 4 varillas corrugadas G40 de 3/8" @0.25m y refuerzos con bastones en forma de U con un desarrollo de 1.76m. La descarga pluvial de los canales abiertos involucra un tema complejo debido a las casas habitadas en la zona y por tratarse de una aproximación hacia una laguna, consecuentemente el diseño de canales abiertos se define hasta la estación 0+481.65 en la segunda calle norte. La solución final para la evacuación de aguas lluvias de la estación 0+481.65 hasta la Laguna de Alvarado será exclusivamente de la Municipalidad de Puerto Cortés en vista de negociaciones entre propietarios y la Municipalidad para que la descarga pluvial pueda cruzar por esos terrenos.

5.7. CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL

De acuerdo con el artículo 13 de la categorización ambiental de la secretaria de Recursos Naturales y Ambiente bajo el acuerdo ministerial No.705-2021, no se debe solicitar una licencia ambiental para el proyecto de pavimentación de la segunda calle y tercera avenida norte en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. Se presenta la Ilustración 109, en donde se muestra el sector 10 de infraestructura, construcción y vivienda bajo el subsector de construcción. La actividad 003 se define como una construcción de carreteras pavimentadas descrita como construcción que incluye apertura y/o ampliación y pavimentación de carreteras. Puede incluir construcción de puentes, obras relacionadas y mantenimiento. La actividad tiene el código 10A003, en donde la extensión de calles y avenidas del proyecto con 704.61m no excede los 5km, que convertirían al proyecto en categoría ambiental uno. El proyecto no involucra la tala de árboles o destrucción de hábitats, por lo que se declara como no perjudicial para el ambiente. Según el departamento de Medio Ambiente de Puerto Cortés no hay ninguna restricción ambiental del proyecto por su cercanía respecto a la Laguna de Alvarado.

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 109-Tabla de Categorización Ambiental

Fuente: (La Gaceta, 2021)

5.8. MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL

Luego de realizar una revisión del entorno del proyecto a ejecutar se puede identificar la importancia de las medidas de mitigación que tiene como objetivo prevenir los impactos adversos del proyecto que perjudique por medio de contaminación a la laguna de Alvarado, por lo tanto, se determinaron las siguientes medidas:

- Mantenimiento constante de canales (2 veces mensualmente como mínimo).
- Manejo superficial de aguas lluvias a través de bordillos de 15cm de alto x 20m de largo espaciado a cada 60cm; esto con el objetivo de evitar el estancamiento de aguas lluvias en calles y avenidas.
- Instalación de basureros provisionales con el objetivo de incentivar a los habitantes a la recolección de basura para mantener una comunidad limpia.
- Instalación de malla recolectora de basura en cada tramo final de cada desagüe pluvial de las aguas lluvias.

5.9. PLANOS

A continuación, se presenta el juego de planos del proyecto del Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial, a beneficio de la comunidad de Pueblo Nuevo Puerto Cortés. Se incluyen los planos de planta general topográfica, diseño planta perfil y secciones, detalles de juntas, dovelas y bordillos, así mismo los detalles de canales abiertos para el drenaje pluvial.

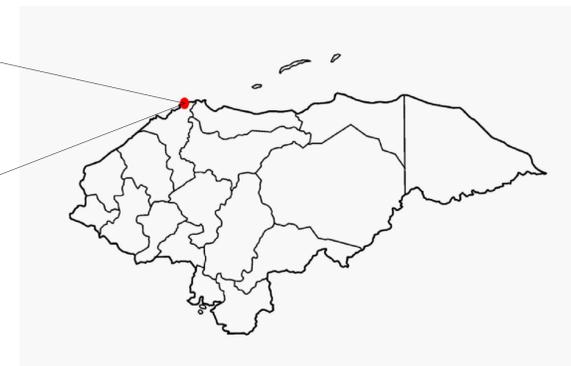
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA



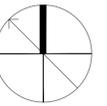
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS

LONGITUD: 704.61 m



UNITEC
ut
FI



Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortés

Contenido: Portada

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Quan
Saymond Alexander Enamorado

Observaciones:

Escala: Lugar y Fecha:

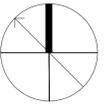
SPS
Abril, 2023

Revision Lamina

01 PLANO: 00/00 C-001

ÍNDICE

HOJA NO.	CONTENIDO
01/08	PLANO PLANTA GENERAL DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO TRAMO 1
02/08	PLANO PLANTA GENERAL DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO TRAMO 2
03/08	PLANO PLANTA GENERAL DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO TRAMO 3
04/08	PLANO PLANTA, PERFIL Y VOLUMEN ESTACIÓN 0+000 - 0+260
05/08	PLANO PLANTA, PERFIL Y VOLUMEN ESTACIÓN 0+260 - 0+481.65
06/08	PLANO PLANTA, PERFIL Y VOLUMEN ESTACIÓN 0+000 - 0+222.96
07/08	PLANO DE DETALLES DE DOVELAS Y JUNTAS
08/08	PLANO DE DETALLES DE BORDILLOS Y DETALLES DE CANAL ABIERTO



Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geometrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Índice

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Guan
Saymond Alexander Enamorado

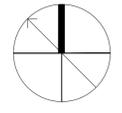
Observaciones:

Escala: Lugar y Fecha:

SPS
Abril, 2023

Revision Lamina

01 PLANO: 00/00 C-002



Asesores:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geometrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Planta Topografica General

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Quan
Saymond Alexander Enamorado

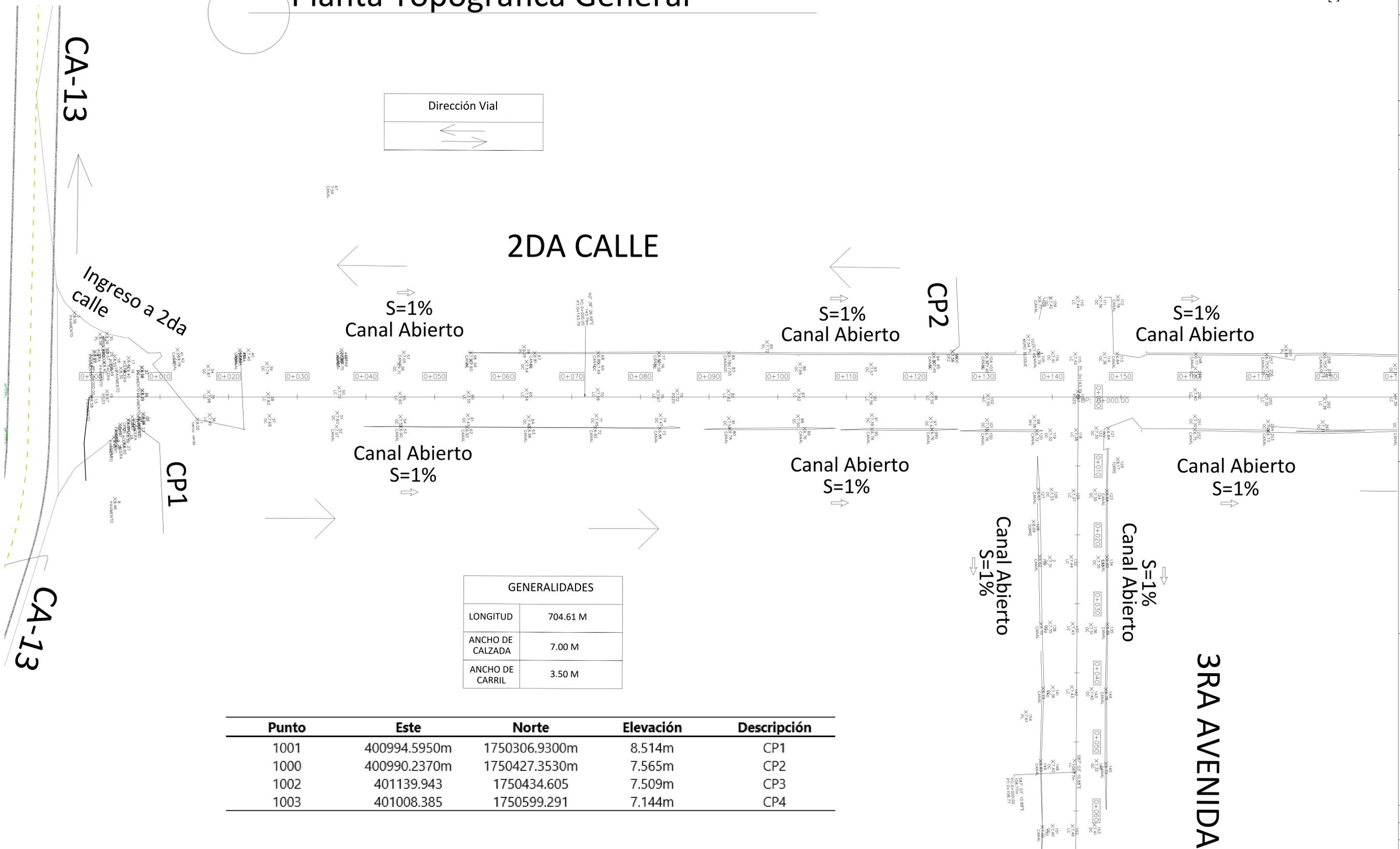
Observaciones:
Longitud 2da Calle: 481.65 Metros
Resistencia del concreto: 4000 Psi
Módulo de Ruptura: 700 Psi
Pendiente Max: 0.50%
Pendiente Min: 0.38%

Escala: Lugar y Fecha:

Revision: SPS Abril, 2023

01 PLANO: 01/08 C-003

Planta Topográfica General



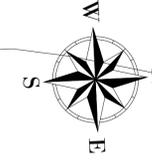
GENERALIDADES

LONGITUD	704.61 M
ANCHO DE CALZADA	7.00 M
ANCHO DE CARRIL	3.50 M

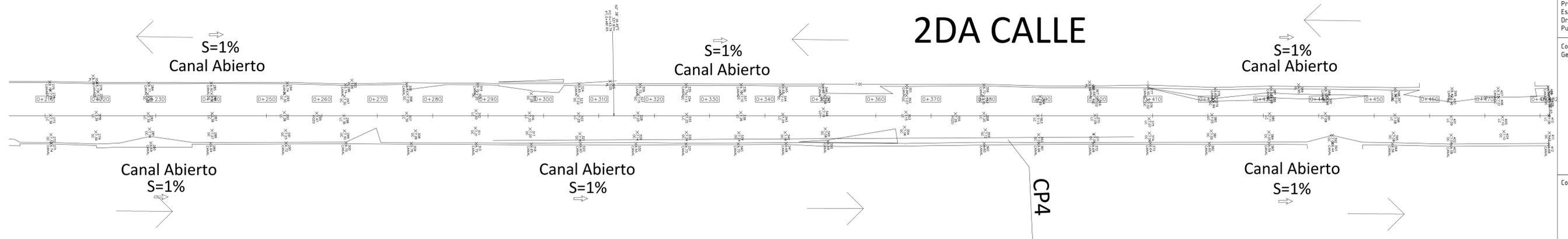
Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
1001	400994.5950m	1750306.9300m	8.514m	CP1
1000	400990.2370m	1750427.3530m	7.565m	CP2
1002	401139.943	1750434.605	7.509m	CP3
1003	401008.385	1750599.291	7.144m	CP4

Planta Topográfica General

Laguna del Alvarado



2DA CALLE



GENERALIDADES	
LONGITUD	704.61 M
ANCHO DE CALZADA	7.00 M
ANCHO DE CARRIL	3.50 M

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
1001	400994.5950m	1750306.9300m	8.514m	CP1
1000	400990.2370m	1750427.3530m	7.565m	CP2
1002	401139.943	1750434.605	7.509m	CP3
1003	401008.385	1750599.291	7.144m	CP4

Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Planta Topográfica General

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Guan
Saymond Alexander Enamorado

Observaciones:

Longitud 2da Calle:
481.65 Metros
Resistencia del concreto:
4000 Psi
Módulo de Ruptura:
700 Psi
Pendiente Max:
0.50%
Pendiente Min:
0.38%

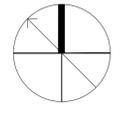
Escala: Lugar y Fecha:

SPS
Abril, 2023

Revisión Lamina

01 PLANO: 02/08 C-004

Planta Topográfica General



Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño
Geométrico y Estructural de
Pavimento y Drenaje Pluvial
Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Planta
Topografica General

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Quan
Saymond Alexander
Enamorado

Observaciones:

Longitud 3ra Avenida:

222.96 Metros

Resistencia del concreto:

4000 Psi

Módulo de Ruptura:

700 Psi

Pendiente Max:

0.30%

Pendiente Min:

0.21%

Escala: Lugar y Fecha:

SPS
Abril, 2023

Revision Lamina

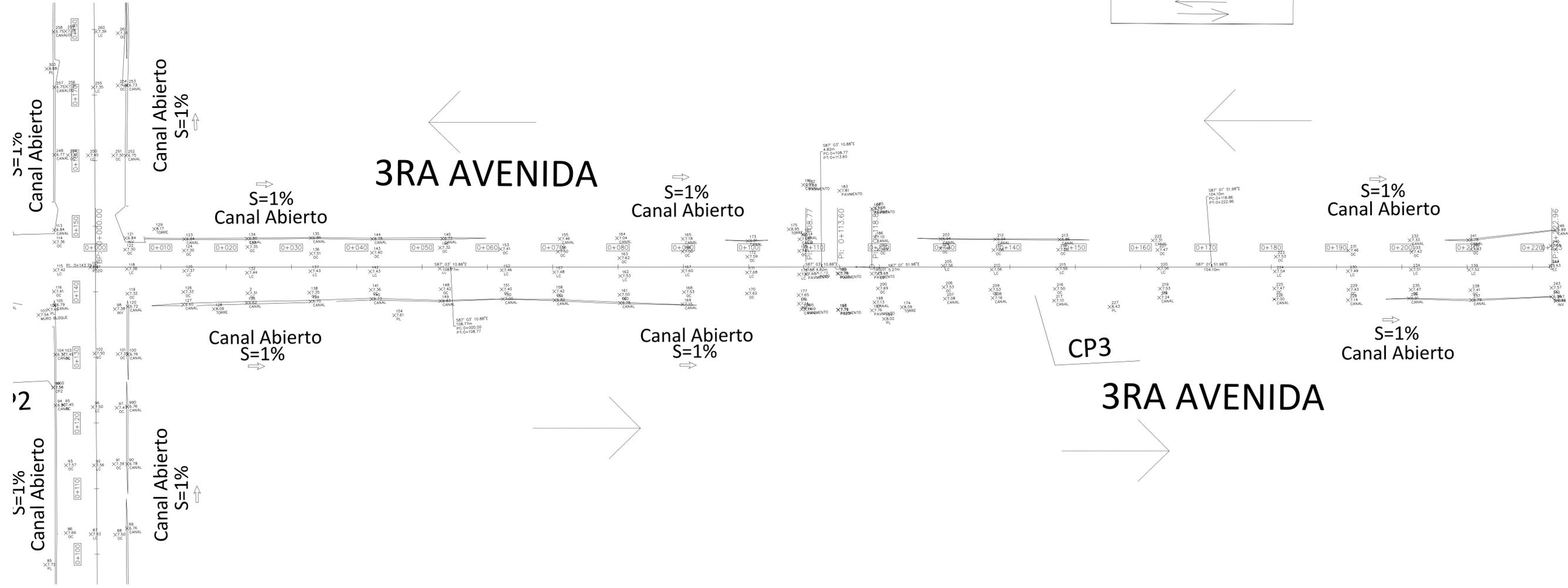
01 PLANO:
03/08 C-005

Dirección Vial

3RA AVENIDA

3RA AVENIDA

CP3



GENERALIDADES	
LONGITUD	704.61 M
ANCHO DE CALZADA	7.00 M
ANCHO DE CARRIL	3.50 M

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
1001	400994.5950m	1750306.9300m	8.514m	CP1
1000	400990.2370m	1750427.3530m	7.565m	CP2
1002	401139.943	1750434.605	7.509m	CP3
1003	401008.385	1750599.291	7.144m	CP4



Asesores:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geometrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

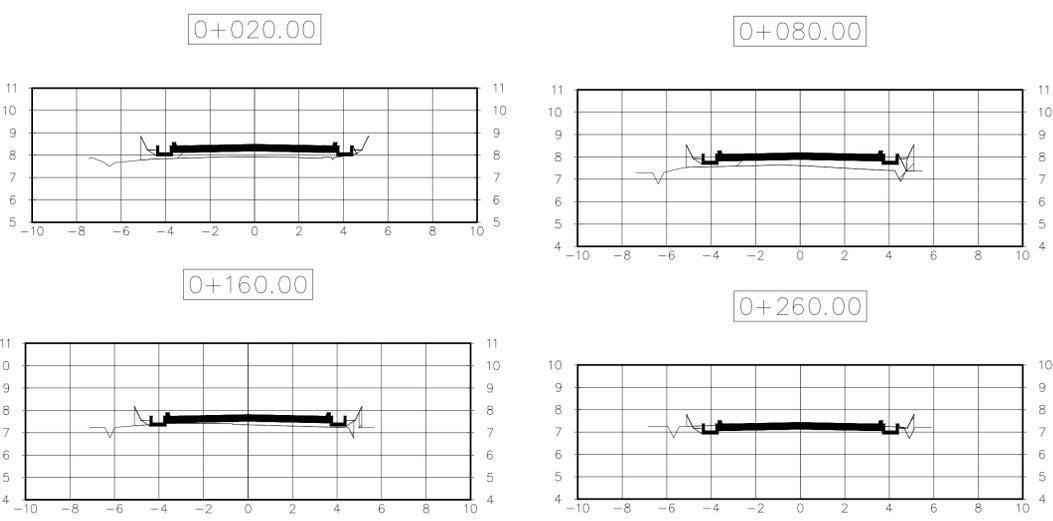
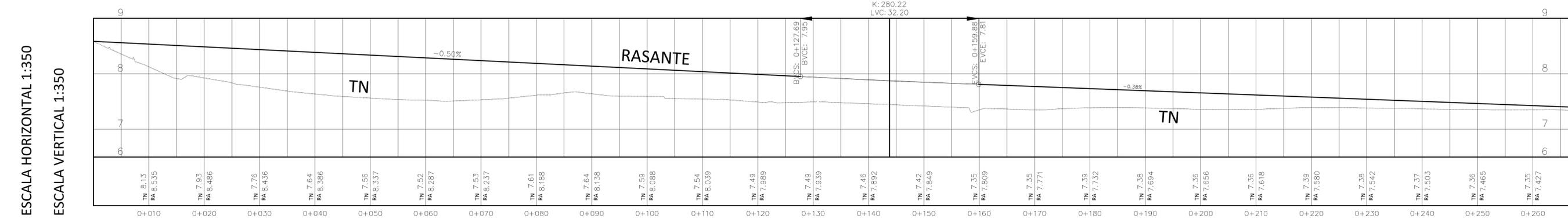
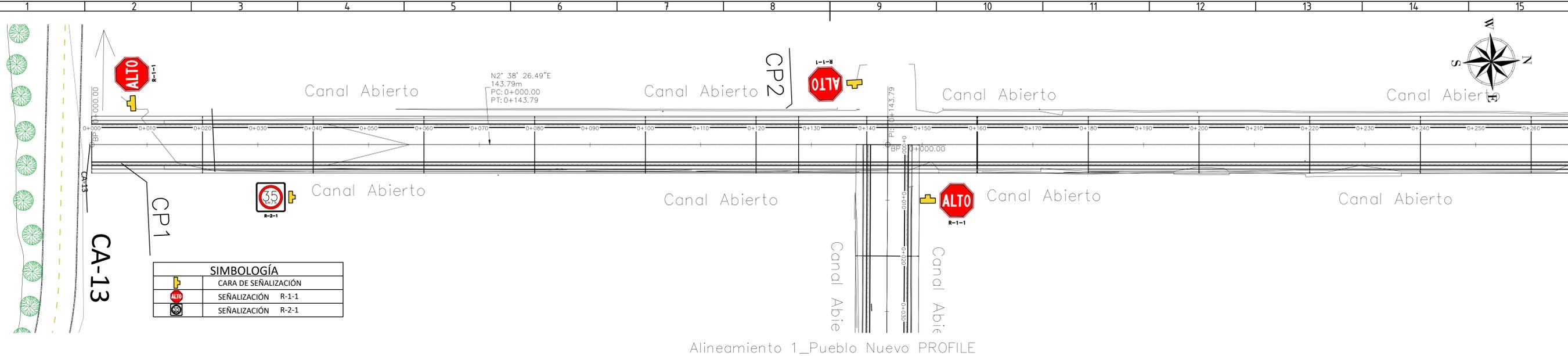
Contenido: Detalle Planta, Perfil y Secciones de la 2da calle.

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Quan
Saymond Alexander Enamorado

Observaciones:
Longitud 2da Calle: 481.65 Metros
Resistencia del concreto: 4000 Psi
Módulo de Ruptura: 700 Psi
Pendiente Max: 0.50%
Pendiente Min: 0.38%

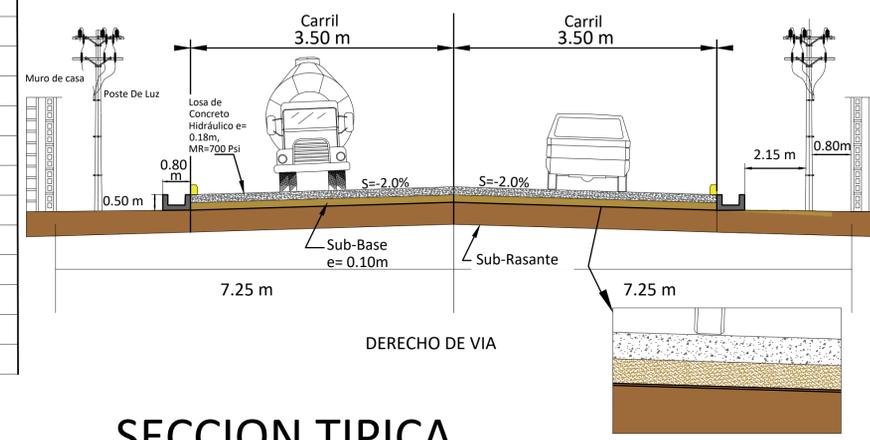
Escala:	Lugar y Fecha:
Revision	SPS Abril, 2023
Lamina	
01	PLANO: 04/08 C-006



SECCION DE CALLES
ESCALA 1:150

Estacion	A.Relleno	A.Corte	V.Relleno	V.Corte	V. Acumulado de R.	V. Acumulado de C.
0+000.00	0.04	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	0.00	0.29	10.81	0.29	10.81
0+040.00	4.08	0.00	27.23	0.00	27.51	10.81
0+060.00	4.57	0.00	86.46	0.00	113.97	10.81
0+080.00	0.00	0.00	30.44	0.00	144.41	10.81
0+100.00	2.27	0.04	15.16	0.24	159.57	11.05
0+120.00	1.99	0.02	42.59	0.56	202.16	11.61
0+140.00	1.53	0.00	35.13	0.14	237.29	11.74
0+160.00	0.00	0.00	10.23	0.00	247.52	11.74
0+180.00	0.89	0.09	5.95	0.60	253.47	12.34
0+200.00	0.75	0.12	16.45	2.10	269.92	14.44
0+220.00	0.30	1.23	10.20	11.56	280.11	26.00
0+240.00	0.32	1.63	6.19	28.52	286.30	54.51
0+260.00	0.00	0.00	2.13	10.89	288.44	65.40

Estacion	V. Subbase	V. Concreto Hidráulico	Unidad
0+000.00 a 0+260.00	182.00	364.00	m ³



SECCION TIPICA
SIN ESCALA

Geotextil H2Ri
Tencate Mirafi o
Similar
4.59 ancho x 91.44
Largo



Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Detalle Planta, Perfil y Secciones de la 2da calle.

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Guan
Saymond Alexander Enamorado

Observaciones:

Longitud 2da Calle:

481.65 Metros

Resistencia del concreto:

4000 Psi

Módulo de Ruptura:

700 Psi

Pendiente Max:

0.50%

Pendiente Min:

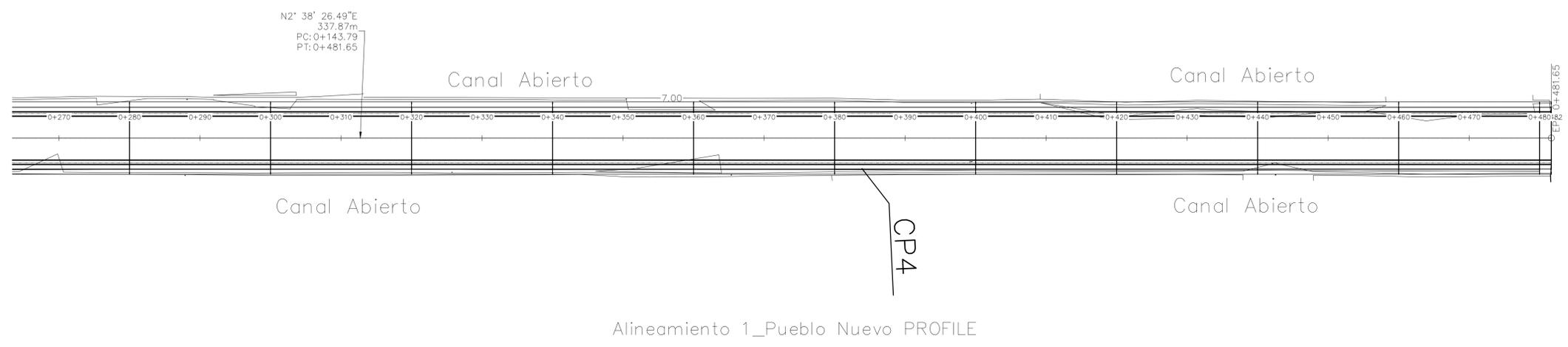
0.38%

Escala: Lugar y Fecha:

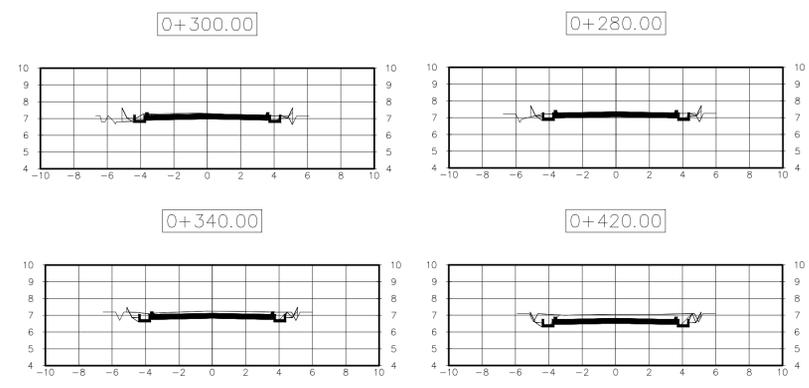
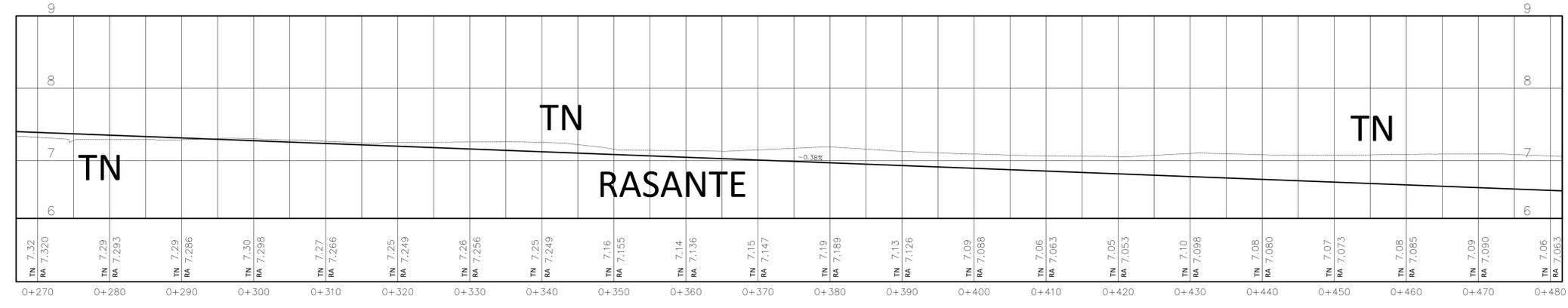
SPS
Abril, 2023

Revisión Lamina

01 PLANO: 05/08 C-007



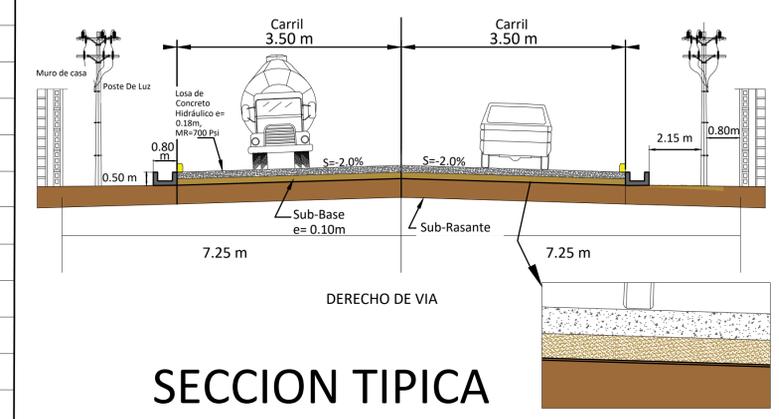
ESCALA HORIZONTAL 1:350
ESCALA VERTICAL 1:350



SECCION DE CALLE
ESCALA 1:200

Volumenes De Terraceria						
Estacion	A.Relleno	A.Corte	V.Relleno	V.Corte	V. Acumulado de R.	V. Acumulado de C.
0+280.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288.44	65.40
0+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288.44	65.40
0+320.00	0.16	3.45	1.06	22.98	289.49	88.39
0+340.00	0.00	0.00	1.06	22.98	290.55	111.37
0+360.00	0.12	3.50	0.78	23.35	291.33	134.72
0+380.00	0.11	5.18	2.26	86.28	293.59	221.00
0+400.00	0.08	5.05	1.83	102.32	295.42	323.32
0+420.00	0.00	0.00	0.51	33.68	295.93	356.99
0+440.00	0.10	6.22	0.67	41.46	296.60	398.46
0+460.00	0.01	7.14	0.97	133.51	297.57	531.97
0+480.00	0.02	8.09	0.34	152.27	297.91	684.24
0+481.65	0.00	0.00	0.01	4.46	297.92	688.70

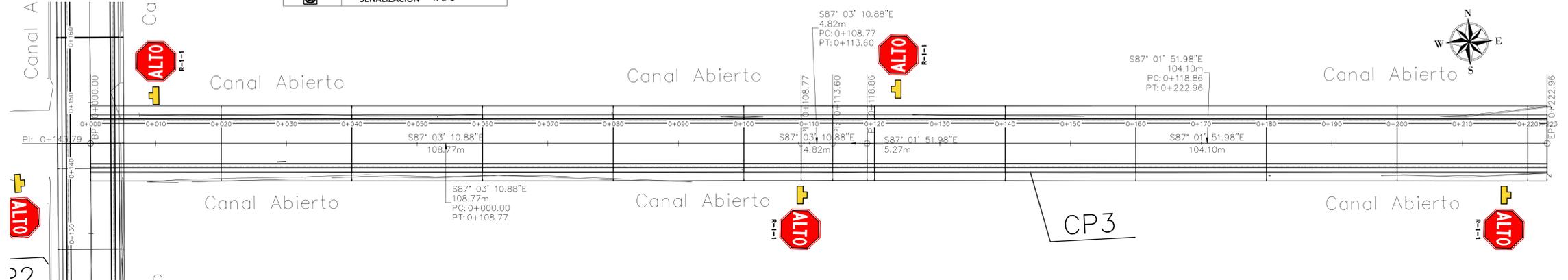
Volumenes De Estructura De Pavimento			
Estación	V. Subbase	V. Concreto Hidráulico	Unidad
0+260.00 a 0+481.65	155.16	310.31	m ³



SECCION TIPICA
SIN ESCALA

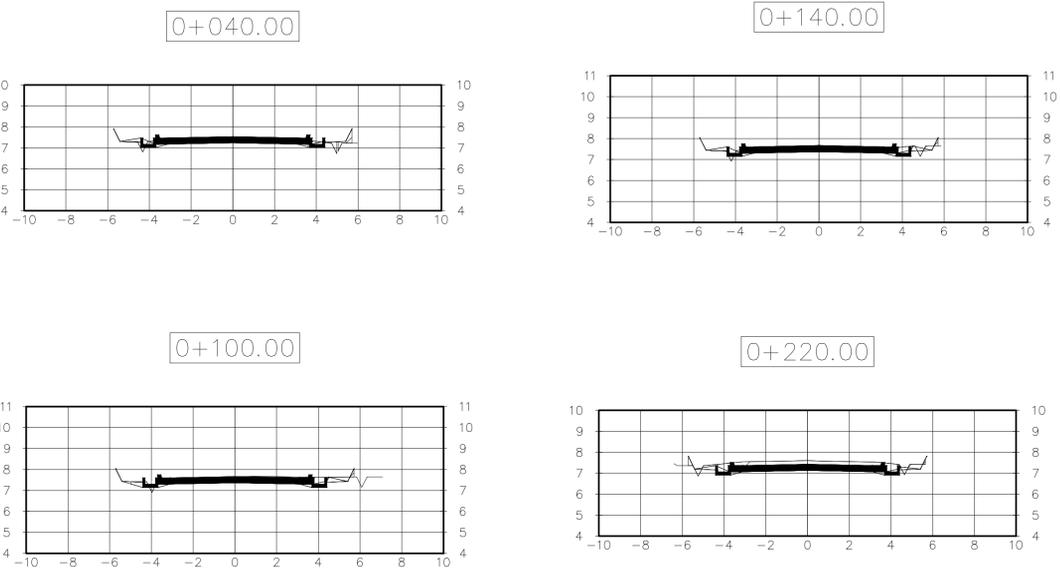
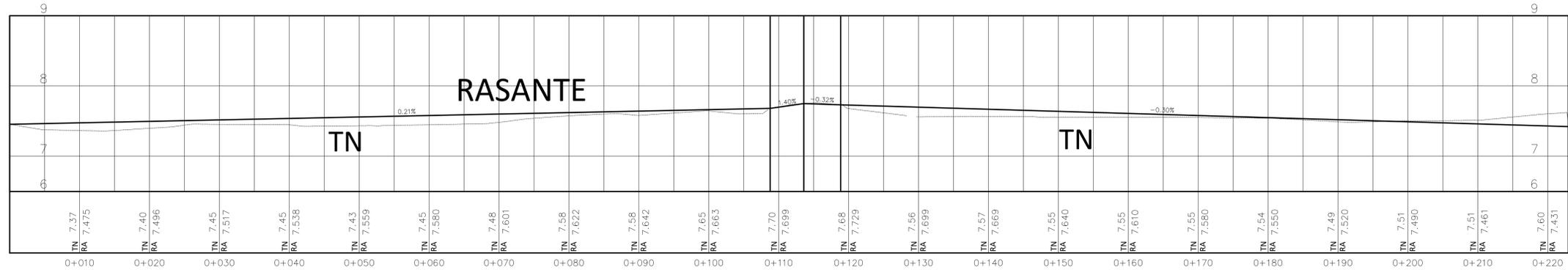
Geotextil H2Ri
Tencate Mirafi o
Similar
4.59 ancho x 91.44
Largo

SIMBOLOGÍA	
	CARA DE SEÑALIZACIÓN
	SEÑALIZACIÓN R-1-1
	SEÑALIZACIÓN R-2-1



Alineamiento 2_Pueblo Nuevo PROFILE

ESCALA HORIZONTAL 1:350
ESCALA VERTICAL 1:350



SECCION DE CALLE ESCALA 1:160

Tabla De Volume de Terracería						
Estacion	A.Relleno	A.Corte	V.Relleno	V.Corte	V. Acumulado de R.	V. Acumulado de C.
0+000.00	0.07	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.31	1.93	3.52	53.11	3.52	53.11
0+040.00	0.51	1.69	8.11	36.11	11.63	89.23
0+060.00	0.17	1.99	6.48	36.73	18.11	125.95
0+080.00	0.33	2.64	4.83	46.11	22.94	172.06
0+100.00	0.09	2.61	3.91	52.42	26.86	224.48
0+120.00	0.62	2.09	6.29	46.88	33.15	271.36
0+140.00	0.38	1.92	9.88	40.05	43.03	311.41
0+160.00	0.08	2.83	4.25	47.19	47.28	358.60
0+180.00	0.13	3.36	2.06	61.86	49.34	420.46
0+200.00	0.13	3.51	2.61	68.75	51.96	489.21
0+220.00	0.20	4.09	3.30	75.95	55.26	565.16
0+222.96	0.18	3.72	0.56	11.55	55.82	576.71

Volumenes De Estructura De Pavimento			
Estacion	V. Subbase	V. Concreto Hidráulico	Unidad
0+000.00 a 0+222.96	156.07	312.14	m3



SECCION TIPICA SIN ESCALA

Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Detalle Planta, Perfil y Secciones de la 3ra Avenida.

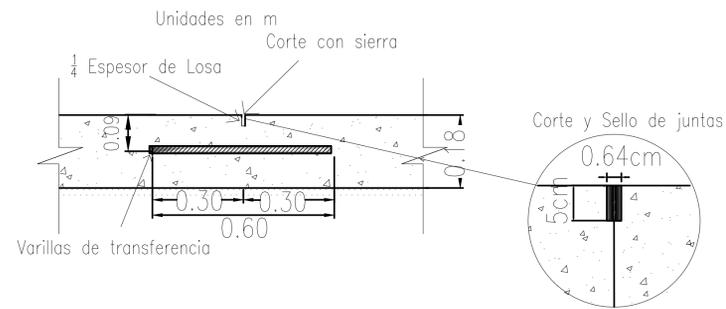
Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Quan
Saymond Alexander Enamorado

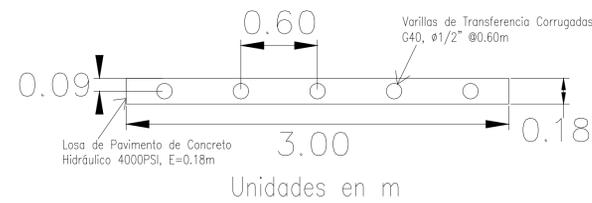
Observaciones:
Longitud 3ra Avenida:
222.96 Metros
Resistencia del concreto:
4000 Psi
Módulo de Ruptura:
700 Psi
Pendiente Max:
0.30%
Pendiente Min:
0.21%

Escala:	Lugar y Fecha:
Revision	SPS Abril, 2023
01	PLANO: 06/06 C-008

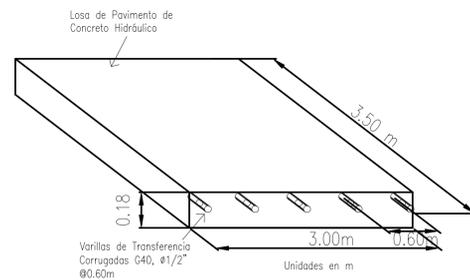
Detalles de Corte y Sello de Juntas



Detalles de Armado de Acero Transversal



Detalles de Armado de Acero Longitudinal



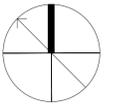
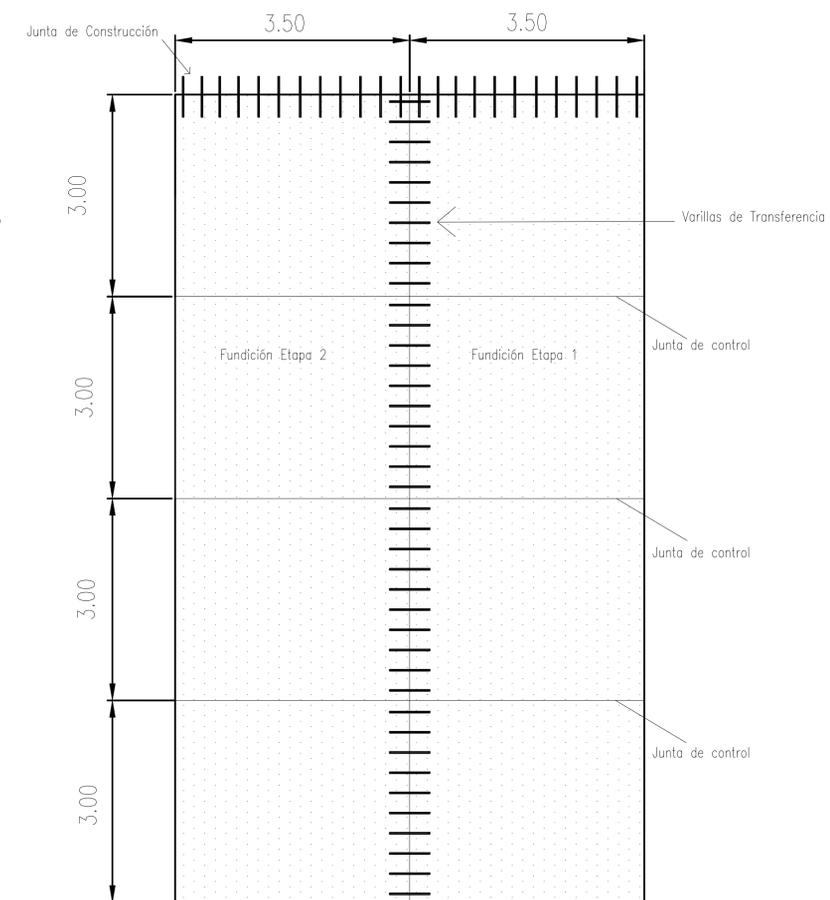
NOTA: Espesor de Pavimento es de 18cm

NOTA: Pastillas de 3.50m de ancho y 3.00m de largo

Cuadro de especificaciones

Resistencia a la compresión:	4000 psi
Módulo de ruptura:	700 psi
Tamaño de Agregado:	3/4"
Temperatura máxima de colocación de concreto:	32°C
Varillas legítimas G40 $\phi 1/2'' @ 0.60m$	

Detalles de Pastillas y Dovelas



Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Detalle de Juntas, Pastillas Y Dovelas

Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Quan
Saymond Alexander Enamorado

Observaciones:

Dimensiones Pastillas:
3.50m x 3.00m
Acero Grado 40 y Varilla de $\phi 1/2'' @ 0.60m$
Dimensiones Sello Asfáltico:
0.64cm x 2.54cm

Escala: Lugar y Fecha:

SPS
Abril, 2023

Revision Lamina

01 PLANO: 07/08 C-009

Cuadro de especificaciones de Canales	
Resistencia a la compresión:	3000 psi
Módulo de ruptura:	600 psi
Tamaño de Agregado:	3/4"
Temperatura máxima de colocación del concreto:	32°C
Volumen de concreto en canales:	255.42 m ³

Cuadro de especificaciones de Bordillos	
Resistencia a la compresión:	3000 psi
Tamaño de Agregado:	3/4"
Longitud de Bordillos:	20.0m
Varilla legítima corrugada G40 $\phi_{3/8}$ " @0.60m	

NOTA: De estación 0+441.65 - 0+481.65, el ancho y pared del canal permanece con la misma sección, solamente varía la profundidad con 0.45m con la finalidad de prevenir una condición crítica ante un posible remanso por la descarga pluvial del canal.



Catedrático:
Ing. Sergio Paredes
Ing. Mario Cardenas
Ing. Otto Flores.

Proyecto: Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial Pueblo Nuevo, Puerto Cortes

Contenido: Detalles de Bordillos y Detalles de Canales Abiertos

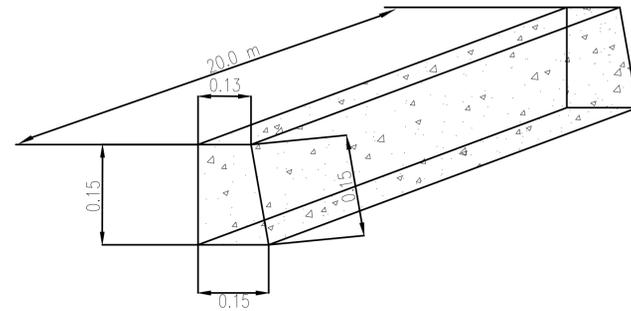
Correcciones:

Alumnos:
Carlos Eduardo Gallo
Daniel Eduardo Quan
Saymond Alexander Enamorado

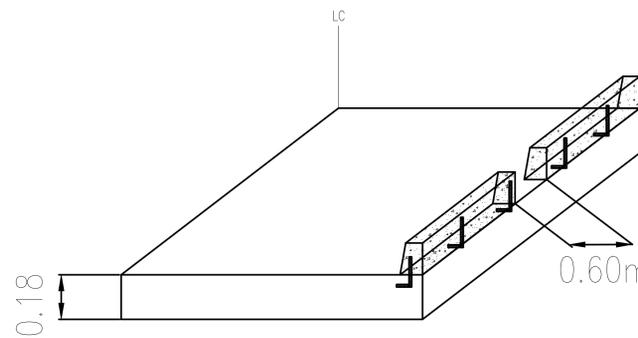
Observaciones:
Acero de Grado 40 de varilla corrugada de $\phi_{3/8}$ " @ 0.60m.
Longitud de cada bordillo: 20m

Escala:	Lugar y Fecha:
Sin escala	SPS Abril, 2023
Revisión	Lamina
01	PLANO: 08/08 C-010

Dimensionamiento de Bordillos

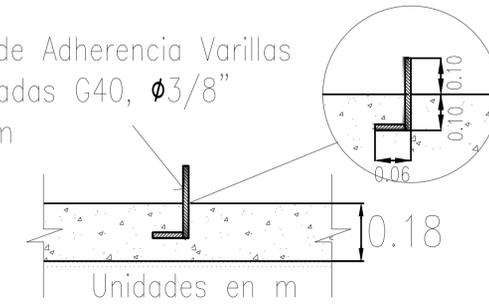


Dimensionamiento De Bordillos Longitudinales

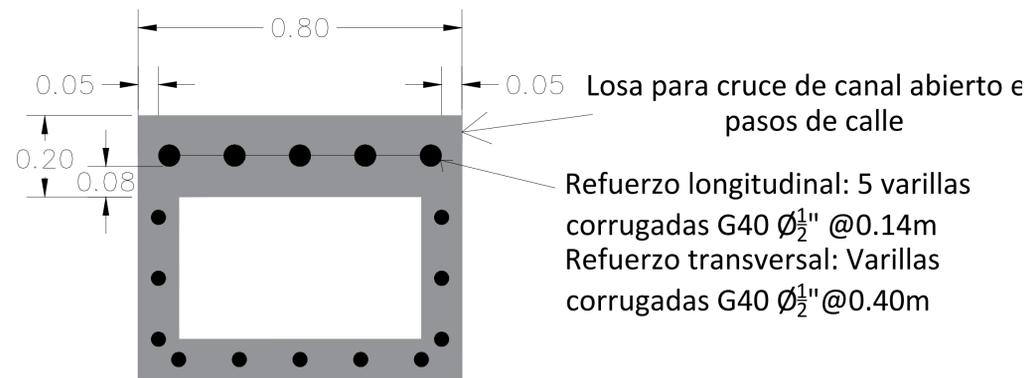


Detalles de Pines en Bordillos

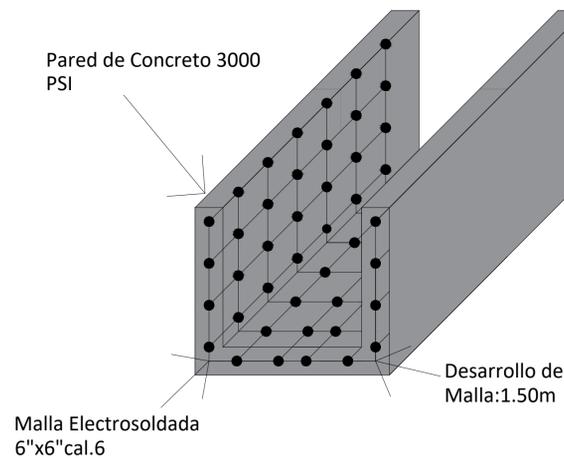
Pines de Adherencia Varillas Corrugadas G40, $\phi_{3/8}$ " @0.60m



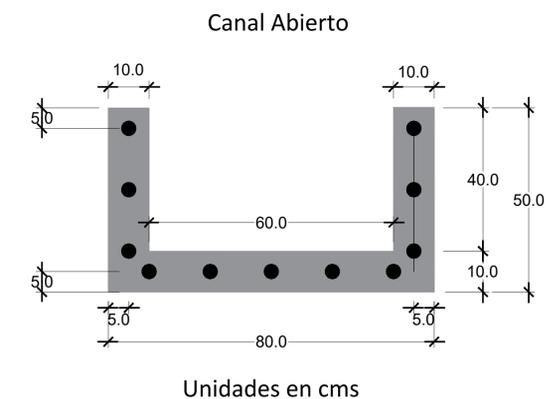
Detalles de Canal Abierto en Cruce de Calles



Detalle de Refuerzo de Acero en Canales



Dimensionamiento De Canales Abiertos



5.10. PRESUPUESTO

A continuación, se presenta el presupuesto de cantidades de obras del proyecto del Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial, a beneficio del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés.

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO

Realizó: Carlos Gallo, Daniel Quan y Saymond Enamorado
 Propietario: Alcaldía Municipal de Puerto Cortés
 Descripción: Oferta económica de pavimentación y obras de drenaje pluvial de segunda calle y tercera avenida en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés.
 Fecha: Julio 2023

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario Lps	Total Lps
I	PRELIMINARES				
1.01	Instalaciones provisionales (Bodega de acopio)	glb	1.00	22,340.93	22,340.93
1.02	Demolición de pavimento de concreto hidráulico	m2	80.00	280.77	22,461.60
	SUB. TOTAL				44,802.53
II	TERRACERIA DE CALLES				
2.01	Trazo y nivelación	glb	1.00	26,352.62	26,352.62
2.02	Corte de material	m3	576.71	104.76	60,416.14
2.03	Relleno compactado con material extraído de cortes	m3	55.82	132.62	7,402.85
2.04	Acarreo de material sobrante	m3	520.89	18.33	9,547.91
	SUB. TOTAL				103,719.52
III	OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO				
3.01	Marcaje topográfico	glb	1.00	120,999.63	120,999.63
3.02	Aplicación de geotextil con tejido integral (Mirafi H2ri o Similar)	m2	4,932.27	386.83	635,983.33
3.03	Subbase con material selecto compactado, espesor de 0.10m	m3	493.23	730.11	360,109.96
3.04	Pavimento de concreto hidráulico de 4,000 PSI, espesor de 0.18m. Incluye pasadores.	m2	4,932.27	1,188.50	5,862,013.70
3.05	Bordillo de concreto hidráulico 15x15cm a ambos lados	ml	1,397.22	120.32	168,113.51
3.06	Corte y sello de juntas de control	ml	2,348.70	104.33	245,039.87
3.07	Accesos de concreto hidráulico de 3000 psi de pavimento a casas (espesor de losa: 10cms)	m2	150.00	871.30	130,695.06
	SUB. TOTAL				7,522,955.07

IV	OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL				
4.01	Trazo y nivelación	glb	1.00	26,352.62	26,352.62
4.02	Canales abiertos a ambos lados con bloque de 6" (0.60m ancho x 0.50m alto)	ml	1,409.22	2,183.94	3,077,657.56
4.03	Losa superior para canales abiertos en cruces de calle (e=0.20m, concreto 3000psi)	m2	74.00	1,820.10	134,687.58
SUB. TOTAL					3,238,697.76
V	OTROS				
5.01	Limpieza durante la construcción	glb	1.00	8,228.79	8,228.79
5.02	Limpieza final	glb	1.00	36,606.48	36,606.48
5.03	Equipos de Protección Personal	glb	1.00	11,290.50	11,290.50
SUB. TOTAL					56,125.77
VI	SEÑALIZACIÓN VERTICALES Y HORIZONTALES				
6.01	Línea Continua Blanca	ml	1,360.33	63.02	85,728.25
6.02	Línea Discontinua Blanca	ml	689.82	63.02	43,472.52
6.03	Señales Reglamentarias	und	7.00	2,403.72	16,826.04
SUB. TOTAL					146,026.81
TOTAL NETO LPS.					L11,112,327.46
COSTO POR METRO CUADRADO DE OBRA LPS.					L2,257.10

Fuente: (Propia, 2023)

5.9.1. FICHAS DE COSTO UNITARIO

A continuación, se muestran las fichas de costo unitario del proyecto del Diseño Geométrico y Estructural de Pavimento y Drenaje Pluvial, a beneficio del barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés.

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: PRELIMINARES						
Actividad:	Instalaciones provisionales (bodega de 3m x 3m con alero de 60cm)					
Fecha:	13/5/2023				Nota: Altura en parte superior: 2.80m, altura inf:2.40m	
Elaboró:	Daniel Quan					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	1.01		Unidad	GLB	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Madera rústica de pino 2"x4"x12' (Perimetrales)	pt	80.00	3%	L. 32.20	L. 2,653.28
1.02	Madera rústica de pino 2"x4"x10' (Centrales)	pt	26.67	3%	L. 29.90	L. 821.25
1.03	Madera rústica de pino 1"x4"x10' (Transversales)	pt	16.67	3%	L. 28.18	L. 483.67
1.04	Lámina aluzinc de 12' cal.26, 8 crestas natural, 0.43mm	pl	139.91	0%	L. 73.19	L. 10,239.45
1.05	Clavo para lámina de 2 1/2"	lbs	6.00	5%	L. 42.55	L. 268.07
					Subtotal Mat	L. 14,465.72
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	2 ayudantes	JDR		3.00	824.12	L. 2,472.37
					Subtotal M.O.	L. 2,472.37
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas menores	%	0.10		L. 2,472.37	L. 247.24
					Subtotal H.E.	L. 247.24
Costo Directo Total						L. 17,185.33
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 22,340.93
Costo Unitario Final, PV						22,340.93

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: PRELIMINARES						
Actividad:	Demolición de pavimento de concreto hidráulico					
Fecha:	11/5/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	1.02		Unidad	m2	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 0.00
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Peón	HR	0.019		51.51	L. 0.98
					Subtotal M.O.	L. 0.98
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Excavadora (320CL CAT)	HRM	0.07		L. 2,000.00	L. 140.00
3.02	Volqueta de 14 m3	HRM	0.05		L. 1,500.00	L. 75.00
					Subtotal H.E.	L. 215.00
Costo Directo Total						L. 215.98
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 280.77
Costo Unitario Final						280.77

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: TERRACERÍA DE CALLES						
Actividad:	Trazado y nivelación					
Fecha:	13/5/2022					
Elaboró:	Daniel Quan					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	2.01		Unidad	GLB	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Madera rústica de pino 2"x2"x8'	pt	73.33	3%	L. 29.90	L. 2,258.45
1.02	Aerosol	und	2.00	5%	L. 126.50	L. 265.65
1.03	Cuerda para albañilería (rollo de 100m)	und	10.00	5%	L. 46.00	L. 483.00
1.04	Clavo común de 1"	lbs	2.00	5%	L. 24.32	L. 51.08
					Subtotal Mat	L. 3,058.17
2.00	Mano de Obra (FHIS pg.64)	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	Topógrafo	JDR	4.00	4.00	3,500.00	L. 14,000.00
2.02	Cadenero	JDR	4.00	4.00	412.06	L. 1,648.25
					Subtotal M.O.	L. 15,648.25
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor	%	0.10		L. 15,648.25	L. 1,564.82
					Subtotal H.E.	L. 1,564.82
Costo Directo Total						L. 20,271.25
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 26,352.62
Costo Unitario Final, PV						26,352.62

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: TERRACERÍA DE CALLES						
Actividad:	Corte de material					
Fecha:	11/5/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	2.02		Unidad	m3	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 0.00
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Capataz	HR	0.0057		116.67	L. 0.67
2.02	Topografo	HR	0.0170		437.50	L. 7.44
2.03	Cadenero	HR	0.0170		51.51	L. 0.88
2.04	Peon	HR	0.0530		51.51	L. 2.73
					Subtotal M.O.	L. 11.71
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Excavadora (320CL CAT)	HRM	0.0120		L. 2,000.00	L. 24.00
3.02	Motoniveladora CAT.140H	HRM	0.0060		L. 2,000.00	L. 12.00
3.03	Vibro Compactador (Rodo Liso)	HRM	0.0040		L. 1,500.00	L. 6.00
3.04	Tanque de Agua 3000 GL	HRM	0.0066		L. 1,800.00	L. 11.88
3.05	Volqueta de 14 m3	HRM	0.0100		L. 1,500.00	L. 15.00
					Subtotal H.E.	L. 68.88
Costo Directo Total						L. 80.59
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 104.76
Costo Unitario Final						L. 104.76

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: TERRACERÍA DE CALLES						
Actividad:	Relleno compactado con material extraído de cortes					
Fecha:	11/5/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	2.03	Unidad	m3	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01						L. 0.00
1.02						L. 0.00
1.03						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 0.00
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Capataz	HR	0.0070		L. 116.67	L. 0.82
2.02	Topografo	HR	0.0300		L. 437.50	L. 13.13
2.03	Cadenero	HR	0.0300		L. 51.51	L. 1.55
2.04	Peon	HR	0.1000		L. 51.51	L. 5.15
					Subtotal M.O.	L. 20.64
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Excavadora(320CL CAT)	HRM	0.0118		L. 2,000.00	L. 23.60
3.02	Motoniveladora CAT.140H	HRM	0.0066		L. 2,000.00	L. 13.20
3.03	Vibro Compactadora(Pata de Cabra)	HRM	0.0040		L. 1,800.00	L. 7.20
3.04	Tanque de Agua 3000 GL	HRM	0.0066		L. 1,800.00	L. 11.88
3.05	Volqueta de 14 m3	HRM	0.0170		L. 1,500.00	L. 25.50
					Subtotal H.E.	L. 81.38
Costo Directo Total						L. 102.02
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 132.62
Costo Unitario Final						L. 132.62

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: TERRACERÍA DE CALLES						
Actividad:	Acarreo de material sobrante					
Fecha:	13/5/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	2.04	Unidad	m3	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01						L. 0.00
1.02						L. 0.00
1.03						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 0.00
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01						L. 0.00
2.02						L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 0.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Volqueta de 14 m3	HRM	0.01		L. 1,500.00	L. 14.10
3.02						L. 0.00
3.03						L. 0.00
					Subtotal H.E.	L. 14.10
Costo Directo Total						L. 14.10
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 18.33
Costo Unitario Final						L. 18.33

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO						
Actividad:	Marcaje topográfico					
Fecha:	17/5/2023					
Elaboró:	Daniel Quan					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	3.01		Unidad	glb	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Madera rústica de pino 2"x2"x8'	pt	73.33	3%	L. 29.90	L. 2,258.45
1.02	Aerosol	und	3.00	5%	L. 126.50	L. 398.48
1.03	Clavo común de 1"	lbs	2.00	5%	L. 24.32	L. 51.08
					Subtotal Mat	L. 2,708.00
2.00	Mano de Obra (FHIS pg.64)	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01	Topógrafo	JDR		21.00	3,500.00	L. 73,500.00
2.02	Cadenero	JDR		21.00	412.06	L. 8,653.31
					Subtotal M.O.	L. 82,153.31
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor	%	0.10		L. 82,153.31	L. 8,215.33
					Subtotal H.E.	L. 8,215.33
Costo Directo Total						L. 93,076.64
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 120,999.63
Costo Unitario Final, PV						120,999.63

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO						
Actividad:	Aplicación de geotextil con tejido integral (Mirafi H2ri o Similar)					
Fecha:	25/5/2023					
Elaboró:	Saymond E.					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	3.02		Unidad	m2	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Geotextil Mirafi H2ri	m2	1.00	0%	L. 297.41	L. 297.41
1.02						L. 0.00
1.03						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 297.41
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Albañil	Hr	0.002		75.00	L. 0.15
2.02	Ayudante	Hr	0.01		51.51	L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 0.15
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	%	5%		L. 0.15	L. 0.01
3.02						L. 0.00
3.03						L. 0.00
					Subtotal H.E.	L. 0.01
Costo Directo Total						L. 297.56
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 386.83
Costo Unitario Final						386.83

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO						
Actividad:	Subbase con material selecto compactado, espesor de 0.10m					
Fecha:	20/5/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	3.03		Unidad	m3	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Material Selecto Importado Granular	m3	1.00	1.30%	L. 287.50	L. 291.24
1.02						L. 0.00
1.03						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 291.24
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Capataz	HR	0.0050		L. 116.67	L. 0.58
2.02	Topografo	HR	0.0100		L. 437.50	L. 4.38
2.03	Cadenero	HR	0.0100		L. 51.51	L. 0.52
2.04	Peon	HR	0.1000		L. 51.51	L. 5.15
					Subtotal M.O.	L. 10.62
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Motoniveladora CAT.140H	HRM	0.0280		L. 2,000.00	L. 56.00
3.02	Tractor de Oruga D6	HRM	0.0280		L. 2,000.00	L. 56.00
3.03	Cargadora Frontal CAT 950	HRM	0.0202		L. 2,200.00	L. 44.44
3.04	Vibro Compactador(Pata de Cabra)	HRM	0.0184		L. 1,800.00	L. 33.12
3.05	Tanque de Agua 3000 GL	HRM	0.0215		L. 1,800.00	L. 38.70
3.06	Volqueta de 14 m3	HRM	0.02		L. 1,500.00	L. 31.50
					Subtotal H.E.	L. 259.76
Costo Directo Total						L. 561.62
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 730.11
Costo Unitario Final						L. 730.11

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO						
Actividad:	Pavimento de concreto hidráulico de 4,000 PSI, espesor de 0.18m. Incluye pasadores.					
Fecha:	27/5/2023					
Elaboró:	Daniel Quan					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	3.04		Unidad	m2	Cantidad	105.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Concreto premezclado de 4000 PSI, con canal y agregado de 3/4"	m3	18.90	2%	L. 4,312.50	L. 83,136.38
1.02	Encofrado con madera rústica de pino de 2"x8"x12" (4 usos)	pt	80.00	1%	L. 34.50	L. 2,787.60
1.03	Varillas 1/2" G40 corrugada para pasadores de 60cm largo @0.60cm	lance	3.67	8%	L. 291.00	L. 1,152.34
1.04	Clavo común de 3"	lbs	3.20	5%	L. 25.00	L. 84.00
1.05	Curador blanco a base de agua Curacreto	dron	0.048	1%	L. 4,130.16	L. 199.09
					Subtotal Mat	L. 87,359.41
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Mano de obra por encofrado, regado de concreto y colocación de pasadores	m2	105.00		70.00	L. 7,350.00
					Subtotal M.O.	L. 7,350.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas y Equipos Menores	%	0.10		L. 7,350.00	L. 735.00
3.02	Vibrador de concreto eléctrico	JDR		1	L. 350.00	L. 350.00
3.04	Generador de 5.5 KVA gasolina	JDR		1	L. 200.00	L. 200.00
					Subtotal H.E.	L. 1,285.00
Costo Directo Total						L. 95,994.41
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 124,792.73
Costo Unitario Final						1,188.50

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO						
Actividad:	Bordillo de concreto hidráulico 15x15cm a ambos lados					
Fecha:	26/5/2023					
Elaboró:	Saymond E.					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	3.05	Unidad	ml	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Clavos de 3"	BLS	0.30	4%	L. 25.00	L. 7.80
1.02	Arena	M3	0.0124	5%	L. 479.55	L. 6.23
1.03	Grava de 3/4"	M3	0.0189	3%	L. 862.50	L. 16.79
1.04	Agua	m3	0.00	3%	L. 201.25	L. 0.79
1.05	Cemento	BLS	0.1853	3%	L. 218.01	L. 41.61
1.06	Madera	PT	0.55	2%	L. 28.18	L. 15.71
					Subtotal Mat	L. 88.93
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Ayudante	HR	0.067		51.51	L. 3.45
2.02	Albañil	HR	0.07		75.00	L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 3.45
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01						L. 0.00
3.02						L. 0.00
3.03	Herramienta Menor	%	5.00%		L. 3.45	L. 0.17
					Subtotal H.E.	L. 0.17
Costo Directo Total						L. 92.56
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 120.32
Costo Unitario Final						120.32

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO						
Actividad:	Corte y sello de juntas de control					
Fecha:	1/6/2023					
Elaboró:	Saymond E.					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	3.06	Unidad	ml	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Megaseal sello de juntas Kit de 33 LBS	UND	0.0097	7%	L. 988.00	L. 10.26
1.02	Agua	M3	0.1700	5%	L. 201.25	L. 35.92
1.03	Disco de concreto 14"	Unidad	0.0013	5%	L. 2,173.99	L. 2.85
					Subtotal Mat	L. 49.04
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Capataz	HR	0.074		116.67	L. 8.58
2.02	Albañil	HR	0.074		75.00	L. 5.51
2.03	Ayudante	HR	0.147		51.51	L. 7.58
					Subtotal M.O.	L. 21.67
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01						L. -
3.02	Aspiradora	HR	0.074	0.00	L. 12.00	L. 0.88
3.03	Cortadora de concreto	HR	0.074	0.00	L. 23.13	L. 1.70
3.04	Escobas	UND	0.074	0.05	L. 80.00	L. 5.88
3.05	Herramienta menor	%	5.00%		L. 21.67	L. 1.08
					Subtotal H.E.	L. 9.55
Costo Directo Total						L. 80.26
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 104.33
Costo Unitario Final						104.33

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE PAVIMENTO RÍGIDO						
Actividad:	Accesos de concreto hidráulico de 3000 psi de pavimento a casas (espesor de losa: 10cms)					
Fecha:	29/7/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	3.07	Unidad	m2	Cantidad	150.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Concreto premezclado de 3000 PSI con agregado de 3/4"	m3	15.00	2%	L. 3,910.00	L. 59,823.00
1.02	Encofrado con madera rústica de pino de 2"x4"x12' (7 usos)	pt	0.00	1%	L. 32.20	L. 0.00
1.03	Ref. long 5 Varillas 3/8" G40 corrugada @0.20m con ref. transv @0.40m	lance	173.33	8%	L. 163.22	L. 30,554.69
1.04	Clavo común de 3"	lbs	0.00	5%	L. 25.00	L. 0.00
1.05	Curador blanco a base de agua Curacreto	dron	0.07	1%	L. 4,130.16	L. 284.42
1.06	Alambre de Amarre	Libra	81.00	5%	L. 17.02	L. 1,447.55
					Subtotal Mat	L. 92,109.66
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Mano de obra por encofrado, armado de hierro, regado y vibrado de concreto	m2	150.000		50.00	L. 7,500.00
2.02						L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 7,500.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor	%	5%		L. 7,500.00	L. 375.00
3.02	Vibrador de concreto eléctrico	JDR		1	L. 350.00	L. 350.00
3.03	Generador de 5.5 KVA gasolina	JDR		1	L. 200.00	L. 200.00
					Subtotal H.E.	L. 925.00
Costo Directo Total						L. 100,534.66
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 130,695.06
Costo Unitario Final						871.30

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL						
Actividad:	Trazo y nivelación					
Fecha:	3/6/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	4.01	Unidad	glb	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Madera rústica de pino 2"x2"x8'	pt	73.33	3%	L. 29.90	L. 2,258.45
1.02	Aerosol	und	2.00	5%	L. 126.50	L. 265.65
1.03	Cuerda para albañilería (rollo de 100m)	und	10.00	5%	L. 46.00	L. 483.00
1.04	Clavo común de 1"	lbs	2.00	5%	L. 24.32	L. 51.08
					Subtotal Mat	L. 3,058.17
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Topógrafo	JDR	4.00	4.00	3,500.00	L. 14,000.00
2.02	Cadenero	JDR	4.00	4.00	412.06	L. 1,648.25
					Subtotal M.O.	L. 15,648.25
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor	%	0.10		L. 15,648.25	L. 1,564.83
					Subtotal H.E.	L. 1,564.83
Costo Directo Total						L. 20,271.25
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 26,352.62
Costo Unitario Final						26,352.62

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL						
Actividad:	Canales abiertos a ambos lados con bloque de 6" (0.60m ancho x 0.50m alto)					
Fecha:	1/6/2023					
Elaboró:	Daniel Quan					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	4.02	Unidad	ml	Cantidad	30.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Arena Fina	m3	1.47	1%	L. 479.55	L. 713.69
1.02	Cemento General GU	bolsa	13.00	1%	L. 218.01	L. 2,862.41
1.03	Agua	m3	0.26	1%	L. 201.25	L. 52.85
1.04	Bloque de concreto de 6"	und	300.00	3%	L. 14.38	L. 4,441.88
1.05	Concreto Premezclado de 3000 PSI	m3	2.70	2%	L. 3,910.00	L. 10,768.14
1.06	Varillas corrugadas G40 de 3/8"	lances	62.00	4%	L. 163.22	L. 10,524.39
1.07	Alambre de Amarre	lbs	9.33	4%	L. 17.02	L. 165.21
1.08	Cuerda para albañilería	rollos	0.60	1%	L. 46.00	L. 27.88
1.09	Madera rústica de 2"x5"x10pies (4 usos)	pt	41.67	1%	L. 29.90	L. 1,258.29
1.10	Madera rústica de 1"x6"x10pies (4 usos)	pt	50.00	1%	L. 28.18	L. 1,422.84
1.11	Madera rústica de 2"x2"x8pies (4 usos)	pt	4.67	2%	L. 29.90	L. 142.32
1.12	Clavo común de 3"	lbs	4.00	3%	L. 25.00	L. 103.00
					Subtotal Mat	L. 32,482.89
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Mano de obra por armado de hierro, encofrado, regado de concreto, pegado de bloque, fundición de soleras	ml	30.00		480.00	L. 14,400.00
2.02	Topógrafo	Hrs		2.00	437.50	L. 875.00
2.03	Cadenero	Hrs		2.00	51.51	L. 103.02
					Subtotal M.O.	L. 15,378.02
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramientas y Equipos Menores	%	0.10		L. 15,378.02	L. 1,537.80
3.02	Mezcladora	JDR		1.00	L. 1,000.00	L. 1,000.00
					Subtotal H.E.	L. 2,537.80
Costo Directo Total						L. 50,398.71
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 65,518.32
Costo Unitario Final						2,183.94

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL						
Actividad:	Losa superior para canales abiertos en cruces de calle (e=0.20m, concreto 3000psi)					
Fecha:	28/7/2023					
Elaboró:	Saymond E.					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	4.03	Unidad	m2	Cantidad	74.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Concreto premezclado de 3000 PSI con agregado de 3/4"	m3	14.80	2%	L. 3,910.00	L. 59,025.36
1.02	Madera rústica de pino de 2"x10"x12' Costillas (8 usos)	pt	134.51	1%	L. 34.50	L. 4,687.10
1.03	Ref. long 5 Varillas 1/2" G40 corrugada @0.20m con ref. transv @0.40m	lance	63.79	8%	L. 291.00	L. 20,048.69
1.04	Alambre de amarre	lbs	24.67	4%	L. 17.02	L. 436.62
1.05	Clavo común de 3"	lbs	14.80	5%	L. 25.00	L. 388.50
1.06	Clavo común de 2"	lbs	5.92	5%	L. 38.73	L. 240.76
1.07	Clavo de acero de 3"	bolsa	1.00	3%	L. 200.00	L. 206.00
1.08	Curador blanco a base de agua Curacreto	dron	0.034	1%	L. 4,130.16	L. 140.31
1.09	Lamina de Plywood 1/2"x4'X8' (8 Usos)	und	4.20	2%	L. 1,083.19	L. 4,644.26
1.10	Madera rústica de pino 2"x4"x10' Puntales @0.70m (8 Usos)	pt	50.43	5%	L. 29.90	L. 1,583.23
					Subtotal Mat	L. 91,400.83
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Mano de obra por encofrado, armado de hierro, regado y vibrado de concreto y desencofrado	m2	74.00		150.00	L. 11,100.00
2.02						L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 11,100.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor	%	5%		L. 11,100.00	L. 555.00
3.02	Vibrador de concreto eléctrico	JDR		1	L. 350.00	L. 350.00
3.03	Generador de 5.5 KVA gasolina	JDR		1	L. 200.00	L. 200.00
					Subtotal H.E.	L. 1,105.00
Costo Directo Total						L. 103,605.83
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 134,687.58
Costo Unitario Final						1,820.10

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OTROS						
Actividad:	Limpieza durante la construcción					
Fecha:	28/7/2023					
Elaboró:	Saymond E.					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	5.01		Unidad	glb	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01						L. 0.00
1.02						L. 0.00
1.03						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 0.00
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Ayudante	Hr	49.323		116.67	L. 5,754.40
2.02						L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 5,754.40
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor	%	0.10		L. 5,754.40	L. 575.44
3.02						L. 0.00
3.03						L. 0.00
					Subtotal H.E.	L. 575.44
Costo Directo Total						L. 6,329.84
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 8,228.79
Costo Unitario Final						8,228.79

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OTROS						
Actividad:	Limpieza durante la construcción					
Fecha:	28/7/2023					
Elaboró:	Daniel Quan					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	5.02		Unidad	glb	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 0.00
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	2 Ayudantes	JDR		3.00	2,472.37	L. 7,417.12
2.02						L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 7,417.12
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta menor	%	10%		L. 7,417.12	L. 741.71
3.02	Retroexcavadora	JDR		1.00	L. 8,000.00	L. 8,000.00
3.03	Volqueta de 14m3 (Desperdicios)	JDR		1.00	L. 12,000.00	L. 12,000.00
					Subtotal H.E.	L. 20,741.71
Costo Directo Total						L. 28,158.83
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 36,606.48
Costo Unitario Final						36,606.48

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: OTROS						
Actividad:	Equipo de Protección Personal					
Fecha:	28/7/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	5.03	Unidad	unidad	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Casco de protección	Und	1.00	0%	L. 120.00	L. 120.00
1.02	Chaleco reflectivo	Und	1.00	0%	L. 58.00	L. 58.00
1.03	Protección auditiva	Und	1.00	0%	L. 25.00	L. 25.00
1.04	Gafas protectoras	Und	1.00	0%	L. 41.00	L. 41.00
1.05	Guantes de protección	Und	1.00	0%	L. 45.50	L. 45.50
					Subtotal Mat	L. 289.50
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Und	Precio/und	Sub Total
2.01					0.00	L. 0.00
					Subtotal M.O.	L. 0.00
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01					L. 0.00	L. 0.00
					Subtotal H.E.	L. 0.00
Costo Directo Total						L. 289.50
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 376.35
Costo Unitario Final, PV						376.35

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL						
Actividad:	Línea Continua Blanca					
Fecha:	28/7/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	6.01	Unidad	ml	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Pintura Reflectiva(Blanco)	Galon	0.0081		L. 1,038.77	L. 8.38
1.02	Microesferas reflectivas(Sobre Lineas Blancas)	Galon	0.05		L. 776.25	L. 36.96
1.03						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 45.34
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Capataz	HR	0.0019		116.67	L. 0.22
2.02	Operador	HR	0.0046		62.50	L. 0.29
					Subtotal M.O.	L. 0.51
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Camion Tipo Canter	HRM	0.0010		L. 1,100.00	L. 1.10
3.02	Franjadora de Pavimento	HRM	0.002		L. 750.00	L. 1.50
3.03	Herramienta menores	HR	0.05		L. 0.51	L. 0.03
					Subtotal H.E.	L. 2.63
Costo Directo Total						L. 48.48
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 63.02
Costo Unitario Final						63.02

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL						
Actividad:	Línea Discontinua Blanca					
Fecha:	28/7/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	6.02		Unidad	ml	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Pintura Reflectiva(Blanco)	Galon	0.0081		L. 1,038.77	L. 8.38
1.02	Microesferas reflectivas(Sobre Lineas Blancas)	Galon	0.0476		L. 776.25	L. 36.96
1.03						L. 0.00
					Subtotal Mat	L. 45.34
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Capataz	HR	0.0019		116.67	L. 0.22
2.02	Operador	HR	0.0046		62.50	L. 0.29
					Subtotal M.O.	L. 0.51
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Camion Tipo Canter	HRM	0.0010		L. 1,100.00	L. 1.10
3.02	Franjadora de Pavimento	HRM	0.002		L. 750.00	L. 1.50
3.03	Herramienta menores	%	0.05		L. 0.51	L. 0.03
					Subtotal H.E.	L. 2.63
Costo Directo Total						L. 48.48
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 63.02
Costo Unitario Final						63.02

Fuente: (Propia, 2023)

PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 2DA CALLE Y 3RA AVENIDA PUEBLO NUEVO, PUERTO CORTÉS						
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE PUERTO CORTÉS						
DESCRIPCIÓN: SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL						
Actividad:	Señales Reglamentarias					
Fecha:	28/7/2023					
Elaboró:	Carlos Gallo					
Aprobó:	Ing.Verónica Reyes					
Item	6.02		Unidad	ml	Cantidad	1.00
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	Materiales					
1.01	Señal Vertical de Reglamentación	Und	1.00		L. 1,840.00	L. 1,840.00
					Subtotal Mat	L. 1,840.00
2.00	Mano de Obra	Unidad	Rendimiento	Total Horas	Precio/und	Sub Total
2.01	Peon	hr	0.17		51.51	L. 8.58
					Subtotal M.O.	L. 8.58
3.00	Herramientas y Equipo	Unidad	Rendimiento	Total/und	Precio/und	Sub Total
3.01	Herramienta Menor	%	0.05		L. 8.58	L. 0.43
					Subtotal H.E.	L. 0.43
Costo Directo Total						L. 1,849.01
% Indirectos						30.00%
Costo Final						L. 2,403.72
Costo Unitario Final						2,403.72

Fuente: (Propia, 2023)

VI. CONCLUSIONES

1) Se obtuvieron 415 puntos del terreno mediante el levantamiento topográfico de la segunda calle y tercera avenida norte en Pueblo Nuevo, Puerto Cortés. Las condiciones topográficas del barrio Pueblo Nuevo presentan un terreno plano con cercanía a la carretera CA-13 y la Laguna de Alvarado. El levantamiento topográfico fue realizado por medio de una estación Trimble C5, bastón y prisma, equipos que ayudaron a tomar datos de 5 puntos a cada 10m a lo largo de la calle y avenida, siendo referenciados canales, orillas de calle y línea central, además de referenciar esquinas de casas, torres de transmisión y pozos. El levantamiento se llevó a cabo en la segunda calle norte desde la estación 0+000 hasta la estación 0+481.65 y en la tercera avenida norte desde la estación 0+000 hasta la 0+222.96, en donde la longitud total resultó con 704.61m. La elevación máxima que se presenta en el terreno es en la estación 0+000 con 8.58 metros sobre el nivel del mar y la elevación mínima del terreno es en la estación 0+434.15 con 6.98 metros sobre el nivel del mar. Se puede observar los bancos de nivel mediante la Tabla 4 y el listado de puntos topográficos desde la Ilustración 111 - Ilustración 126.

2) Se concluye que la tipología de suelo analizada es una arena fina no plástica en base a las tres muestras extraídas mediante pozos de cielo abierto con dimensiones de 0.50mx0.50m con una profundidad de 0.50m – 0.80m realizados en la segunda calle norte y tercera avenida norte en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés. El material es clasificado dentro del grupo A-3 del sistema de clasificación de la AASHTO. Es un suelo de excelente a buena calidad que puede ser empleado como material para la subbase o subrasante de una estructura de pavimento. El valor del CBR del 10% indica que la subrasante tiene una clasificación de media a buena, por lo tanto, el suelo no requiere de un tratamiento especial.

3) El drenaje pluvial de la segunda calle y tercera avenida del barrio Pueblo Nuevo será en función de una red de canales abiertos con paredes de bloque de 6". El análisis de los aportes de agua lluvia se realizaron en base a la delimitación de la cuenca urbana, que se compone de un área total de 4.24 Ha y un perímetro de 1.55 km. Para el cálculo de la intensidad de lluvia, se utilizaron las características de Tela, Atlántida, que presenta condiciones meteorológicas muy similares a las de Puerto Cortés; se planteó un periodo de retorno de 20 años para simular las condiciones más agresivas ante la incerteza del retorno de fenómenos naturales que azotan

a Honduras, que ha sido nombrado en diferentes ocasiones como uno de los países más vulnerables frente al cambio climático en la última década. El caudal total acumulado de aportes de agua lluvia analizado para dos canales de alivio en seis tramos de la segunda calle y tercera avenida norte resultó con un valor de 0.58 m³/s. El caudal obtenido fue requerido para adquirir las características de la sección del canal abierto, el cual tendrá un ancho de 0.60m, altura de 0.50m y un ancho de pared del canal de 0.15m, con una pendiente del 1%, construido con una losa de 90x10cms, dos hiladas de bloque de 6" y una solera de cierre de 15x10cm.

Se especifica un concreto hidráulico con resistencia a la compresión de 3000 PSI con tamaño de agregado grueso de ¾" para la fundición de losas y soleras. El canal tendrá un refuerzo longitudinal con 4 varillas corrugadas G40 de 3/8" @0.25m y refuerzos con bastones en forma de U con un desarrollo de 1.76m. La descarga pluvial de los canales abiertos involucra un tema complejo debido a las casas habitadas en la zona y por tratarse de una aproximación hacia una laguna, consecuentemente el diseño de canales abiertos se define hasta la estación 0+481.65 en la segunda calle norte. La solución final para la evacuación de aguas lluvias de la estación 0+481.65 hasta la Laguna de Alvarado será exclusivamente de la Municipalidad de Puerto Cortés en vista de negociaciones entre propietarios y la Municipalidad para que la descarga pluvial pueda cruzar por esos terrenos.

4) En el diseño geométrico de la segunda calle y tercera avenida norte del barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortes, se presentaron desafíos respecto al uso de pendientes mayores a 0.50% debido a la existencia de casas habitadas a lo largo de calles y avenidas del barrio. El empleo de pendientes mayores a 0.50% en la rasante terminada a partir de los últimos 322 m de la segunda calle conlleva el corte del terreno a 0.83m de profundidad, lo que provocaría que las aguas pluviales no drenen. En la segunda calle se diseñó desde la estación 0+000 – 0+159.88 con pendiente de 0.50% y de la estación 0+159.88-0+481.65 con una pendiente obligada de 0.38%. En la tercera avenida norte se diseñó desde la estación 0+000 – 0+108.77 con pendiente de 0.21%, de la estación 0+108.77 - 0+118.86 se respeta el nivel existente del pavimento de concreto hidráulico de la tercera calle, de la estación 0+118.86 – 0+222.96 se utiliza una pendiente del 0.30%. El diseño de la geometría de la segunda calle y tercera avenida consta de un ancho de calzada de 7.00m sin tomar en cuenta los bordillos. La calzada se compone de

dos carriles en dirección opuesta, con un ancho de 3.50m por carril con un bombeo transversal del 2%.

La estructura de pavimento rígido en función del tráfico de vehículos livianos y camiones tipo C2, comprende de un diseño de losa de pavimento de concreto hidráulico simple para un periodo de 20 años con una resistencia a la compresión de 4000 PSI y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ". Se diseño con un módulo de rotura de 700 PSI, pero en Honduras comercialmente solo se encuentra hasta un MR de 660 PSI. El pavimento no tiene hombros y contiene varillas de transferencia corrugadas de grado 40 diámetro de $\frac{1}{2}$ " espaciadas a cada 0.60m con una longitud de anclaje de 0.60m. El análisis estructural concluye con una losa de concreto hidráulico de 0.18m y una subbase granular de 0.10m. El espesor para la losa de concreto hidráulico en conjunto de la subbase granular cumple con las especificaciones del método PCA-84. Como parte de una recomendación el diseño toma en cuenta la implementación de un geotextil en la ejecución del proyecto con el objetivo de ofrecer un refuerzo y estabilización de subrasante y un control contra los problemas de humedad relativos a los niveles freáticos en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés, sin embargo su consideración en el presupuesto de cantidades de obra será solamente en base a 1/3 de la longitud total del proyecto, siendo esta de 234.87m equivalente a 1,644.09m² de colocación del geotextil ya que se considera que únicamente debe llevar geotextil en el área de la segunda calle con cercanía a la Laguna de Alvarado.

5) El presupuesto en base a cantidades de obra, precios de materiales y mano de obra para la ejecución del proyecto en barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés, respecto a la primera mitad del 2023 representa un monto total de L11,112,327.46, valor calculado por medio de las cantidades de obras y fichas de costo unitarias de cada una de las actividades que conlleva el proyecto las cuales se engloban dentro de los diferentes frentes de trabajo como ser los preliminares de la obra, terracería de calles, obras de pavimento rígido, obras de drenaje pluvial, señalización vertical y horizontal y otros.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Con el objetivo de lograr que las aguas lluvias desagüen con una mayor inclinación y no se estanquen se recomienda a la Municipalidad de Puerto Cortés la demolición de 80m² del pavimento de concreto hidráulico existente (ver Ilustración 62), que forma parte del acceso de la carretera CA-13 a la segunda calle norte del barrio Pueblo Nuevo y levantar la rasante terminada a la elevación 8.51 msnm, elevación donde se ubica la estación 0+000 que inicia la segunda calle norte.
- 2) Se aconseja a futuros ingenieros civiles recolectar más de 2500kg de muestra durante la extracción de suelos y realizar un mapeo de los puntos de interés de los pozos de cielo abierto, con el objetivo de tener la suficiente cantidad de muestra necesaria para realizar los diferentes ensayos de laboratorio. Además, es recomendable la obtención de 3 o más muestras de suelo ya que entre mayor sea la cantidad de muestras, más confiables serán los resultados de análisis respecto a las propiedades del suelo.
- 3) Se sugiere que la red de canales abiertos que formarán parte del desagüe pluvial del barrio Pueblo Nuevo, Puerto Cortés sea de concreto hidráulico con resistencia a la compresión de 3000 PSI. En base a la normativa INVIAS 2013 Numeral 630.4.18, se recomienda que la temperatura del concreto durante la colocación no deberá exceder los 32°C para evitar juntas frías y posibles fisuras. Para el cruce de las aguas lluvias mediante los canales abiertos en las intersecciones con avenidas se recomienda la fundición de una losa de concreto con espesor de 20cm, reforzada longitudinalmente con 5 varillas legítimas corrugadas de diámetro de ½" G40 espaciadas a 20cms y transversalmente varillas legítimas corrugadas de ½" G40 espaciadas a 0.40m para que el agua sea capaz de drenar continuamente. En dado caso de una condición crítica, el remanso es probable que ocurra en los últimos 40 metros del canal abierto en la segunda calle norte por la descarga pluvial, por lo tanto se aconseja a la Municipalidad de Puerto Cortés utilizar la misma sección pero con mayor profundidad de 0.55m de altura con una pendiente del 1% desde la estación 0+441.65 hasta la estación 0+481.65.
- 4) Se recomienda que la construcción del pavimento hidráulico se realice en temporada seca, siendo de febrero a agosto. La temperatura máxima del concreto premezclado no deberá exceder los 32°C. Se sugiere un revenimiento de 6 pulgadas para que la mezcla sea manejable y los obreros no se esfuercen de más durante la fundición de las pastillas. La subbase deberá

ser tratada previo a la fundición con la suficiente cantidad de agua mediante un tanque rociador y la compactación del suelo mediante un vibro compactador. Asimismo, previo a la fundición, se deberá de marcar la ubicación de las juntas en el encofrado para su posterior corte. Finalmente, se recomienda a la Municipalidad de Puerto Cortés la implementación de un geotextil con el fin de controlar los problemas de humedad relativos a los niveles freáticos. El geotextil recomendado es de la marca TenCate Mirafi Geosynthetics con la serie H2Ri o similar, el monto total del costo por aplicación del geotextil es de 1,761,214.97 L. que ofrezca efecto capilar y de drenaje, refuerzo de la subrasante y separación entre capas. Se sugiere que la profundidad del corte de las juntas se sugiere que sea de 5cm, siendo la misma profundidad para el material de sellado de mortero asfáltico. El ancho del corte para la junta será de 0.64cm. Se contempla que las pastillas para las juntas de control y de construcción sean de 3.50m de ancho y 3.00m de largo para prevenir que la losa de pavimento pueda sufrir fisuras.

5) Los precios utilizados como referencia en la ejecución del presupuesto de cantidades de obra de la pavimentación y obras de drenaje pluvial de la segunda calle y tercera avenida en el barrio Pueblo Nuevo en Puerto Cortés son respecto a la primera mitad del 2023. Se recomienda actualizar precios tanto de materiales de construcción como mano de obra y renta de maquinaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Universidad Nacional Autónoma de Honduras. (2022). Perfil Sociodemográfico de Puerto Cortés, Cortés 2022. Tegucigalpa: IIES-UNAH. Límites de Atterberg. Definición, descripción de los ensayos e interpretación. (2018, marzo 16). geotecniafacil.com. <https://geotecniafacil.com/limites-de-atterberg/>
- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2023, de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm
- A6 Diseño de Pavimentos Rígidos.pdf. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2023, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A6%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20R%C3%ADgidos.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Agua destilada: Definición y propiedades. (s. f.). Fundación Aquae. Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-agua-destilada/>
- Alcántara García, D. (2014). Topografía y sus aplicaciones. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/98297>
- alerama. (2018, abril 16). ¿QUÉ ES EL GEOTEXTIL Y CUÁLES SON SUS APLICACIONES PRINCIPALES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN? Ferretería Ferbaq. <https://ferbaq.com/que-es-el-geotextil-y-cuales-son-sus-aplicaciones-principales-en-la-industria-de-la-construccion/>

Aristizábal Murillo, V. M. (2012). Manual de hidrología para obras viales basado en el uso de sistemas de información geográfica. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
<https://elibro.net/es/ereader/unitechn/127953>

ASALE, R., & RAE. (s. f.). Rasante | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 18 de febrero de 2023, de <https://dle.rae.es/rasante>

ASOCRETO. (2022, junio 3). CONSIDERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO. 360 EN CONCRETO.
<https://360enconcreto.com/blog/detalle/consideraciones-para-construccion-de-pavimentos-de-concreto-hidraulico/>

Aspectos Generales. (s. f.). Municipalidad de Puerto Cortés. Recuperado 16 de febrero de 2023, de <https://ampuertocortes.hn/inicio/aspectos-generales/>

Balanzas digitales. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://femto.es/balanza-digital>

Brajovic, F. (2020, noviembre 20). Agitador de tamiz: Cómo elegir el más adecuado. Cromtek.
<https://www.cromtek.cl/2020/11/20/agitador-de-tamiz-como-elegir-el-mas-adecuado/>

BROCHAS : definición de BROCHAS y sinónimos de BROCHAS (español). (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de <http://diccionario.sensagent.com/BROCHAS/es-es/>

Capitulo2.pdf. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2023, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/capitulo2.pdf>

Cápsula de porcelana, un material indispensable para cualquier laboratorio. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://elcrisol.com.mx/blog/post/capsula-de-porcelana-un-material-indispensable-para-cualquier-laboratorio>

Cárdenas Grisales, J. (2019). Diseño geométrico de carreteras (3a. Ed.). Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/126592>

Castellanos, H. E., Collazos, C. A., Farfan, J. C., & Meléndez-Pertuz, F. (2017). Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable. Información tecnológica, 28(6), 103-114. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000600012>

CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS - ÁREAS TRIBUTARIAS. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2023, de <https://1library.co/article/caudal-de-aguas-lluvias-%C3%A1reas-tributarias.zwwe701z>

Cinta Métrica - ¿Qué es, cómo funciona y para qué sirve? . (2019, junio 10). Materiales de Laboratorio. <https://materialeslaboratorio.com/cinta-metrica/>

Coefficiente de escorrentía. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2023, de <https://www.hauraton.es/es/glosario/c/coeficiente-de-escorrentia.php>

Consultoría, 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/>

Cuchara de Casagrande—Construmatica. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de https://www.construmatica.com/construpedia/Cuchara_de_Casagrande

Cuchara para albañil—Paleta Albañil—Construrama Jerez. (s. f.). Materiales Jerez. Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://www.materialesjerez.com.mx/producto/cuchara-para-albanil/>

Definición de clavo—Definicion.de. (s. f.). Definición.de. Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://definicion.de/clavo/>

Definición de estaca—Definicion.de. (s. f.). Definición.de. Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://definicion.de/estaca/>

Definición de trípode—Definicion.de. (s. f.). Definición.de. Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://definicion.de/tripode/>

Definición y etimología de almádana: Qué es, origen, historia y otros aspectos. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://definiciona.com/almadana/>

Definición y significado de Pala—¿Qué es Pala? (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://www.buscapalabra.com/definiciones.html?palabra=pala#resultados>

Densidad de drenaje con de una cuenca arcgis. (2013, noviembre 11). Agua y SIG. <https://aguaysig.com/densidad-de-drenaje-con-de-una-cuenca-arcgis/>

Diccionario RAING. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2023, de <https://diccionario.raing.es/es/lema/tirante-hidr%C3%A1ulico>

Ensayo CBR - Construmatica. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2023, de https://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR

Espátulas de laboratorio | Fisher Scientific. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://www.fishersci.es/es/es/browse/90227061/laboratory-spatulas>

Estaciones Meteorológicas. ¿Qué son y cómo funcionan? (2020, septiembre 15). SensorGO.

<https://sensorgo.mx/estaciones-meteorologicas/>

FAEDIS. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2023, de

http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdblmlcmlhX2NpdmlsL2Rpc2Vub19nZW9tZXRYaWNvX2RlX3ZpYXNMvdW5pZGFkXzMv#slide_3.1

Ferroñan Viera, J. J., & García Ramírez, S. J. (2017). Diseño del pavimento rígido, veredas y drenaje pluvial de la urbanización progresiva la Tina, del sector salida sur este de Lambayeque Dren 2210, distrito de Lambayeque—Provincia Lambayeque—Región Lambayeque. Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/16538>

García Hernández, Y. C., Montoya López, N. J., & Rodríguez Hernández, D. I. (2013). Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de la Concepción-Masaya [Other, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua].

<https://repositorio.unan.edu.ni/5008/>

García Martín, A. (2014). Topografía. Universidad Politécnica de Cartagena.

<https://elibro.net/es/ereader/unitechn/59887>

Granulometría de suelos por tamizado. Como se interpreta el ensayo. (2017, noviembre 14).

geotecniafacil.com. <https://geotecniafacil.com/granulometria-de-suelos-por-tamizado/>

Handy GPS lite—Apps en Google Play. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de https://play.google.com/store/apps/details?id=binaryearth.handygpsfree&hl=es_HN&gl=US

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación (6ta Edición). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernandez, V. (2022, agosto 16). SE PAVIMENTARÁN EN DIFERENTES ZONAS DE LA PENÍNSULA. Municipalidad de Puerto Cortés. <https://ampuertocortes.hn/2022/08/16/se-pavimentaran-en-diferentes-zonas-de-la-peninsula/>

Jalón (topografía). (2021). En Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Jal%C3%B3n_\(topograf%C3%ADa\)&oldid=137902582](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Jal%C3%B3n_(topograf%C3%ADa)&oldid=137902582)

La pendiente de una carretera. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2023, de http://geogebra.es/gauss/materiales_didacticos/eso/actividades/geometria/trigonometria/pendiente_carretera/actividad.html

Ley-de-Transito.pdf. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2023, de <https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Ley-de-Transito.pdf>

Llave (Herramienta)—EcuRed. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de [https://www.ecured.cu/Llave_\(Herramienta\)](https://www.ecured.cu/Llave_(Herramienta))

LONDOÑO, C. (2022, junio 9). CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO. 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/disenio-de-pavimentos-de-concreto/>

Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2011.pdf. (s. f.).

Google Docs. Recuperado 19 de febrero de 2023, de https://drive.google.com/file/d/1xYvuYZ_ZpjEr8eyAW1PG-Bvjj_YMkH3Q/view?usp=embed_facebook

Martínez Ruiz, H. (2012). Metodología de la investigación. Cengage Learning.

<https://elibro.net/es/ereader/unitechn/39957>

MERLIN, L. (2022, agosto 11). ¿Para qué sirve un cepillo metálico abrasivo? LEROY MERLIN.

<https://www.leroymerlin.es/bricopedia/cepillo-metalico-abrasivo>

Mza, I. (2011, junio 12). INSUTEC.MZA: TAMICES DEFINICION. INSUTEC.MZA.

<http://insutecmza.blogspot.com/2011/06/tamices-definicion.html>

Ortiz, Ó. J. R. (2009). Comparación del cálculo de una estructura de pavimento flexible por elementos finitos y cálculo teórico. D - Universidad Militar Nueva Granada.

<https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/6523>

Partes de una carretera: Calzada, carril, mediana... (s. f.). Ferroviario. Recuperado 18 de febrero

de 2023, de <https://www.ferroviario.com/es/recursos/partes-de-una-carretera/>

Pérez Carmona, R. (2013). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje

en carreteras. Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/91520>

Picos y azadas, toda la fuerza en un punto—Todo Ferreteria. (s. f.). Recuperado 20 de febrero

de 2023, de <http://todoferreteria.com.mx/picos-y-azadas-toda-la-fuerza-en-un-punto/>

¿Qué es barreno? Definición, concepto y significado. (2016, enero 5). DiccionarioActual.

<https://diccionarioactual.com/barreno/>

¿Qué es Bolsa? » Su Definición y Significado 2021. (s. f.). Concepto de - Definición de.

Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://conceptodefinicion.de/bolsa/>

Qué es Microsoft PowerPoint. (s. f.). Apen Informática. Recuperado 20 de febrero de 2023, de

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

Que es Microsoft Word. (s. f.). Apen Informática. Recuperado 20 de febrero de 2023, de

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

Qué es Peso Bruto, Tara y Neto? - Centro de Información—Básculas REVUELTA. (s. f.).

Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://www.revuelta.com.mx/basculas-y-soluciones-de-pesaje/centro-de-informacion/peso-bruto,-tara-y-neto>

¿Qué es una calicata y para qué se usa en la construcción? (2022, junio 30).

<https://eigoconstrucciones.com/calicata-que-es/>

¿Qué es una estación total y para qué sirve? (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de

<https://cpe.leica-geosystems.com/es/blog/post/que-es-una-estacion-total-y-para-que-sirve.html>

¿Qué es y para qué sirve AutoCAD Civil 3D? (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de

<https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara->

¿Qué es y para qué sirve el Martillo de Goma?: Definición. (2022, mayo 7). Grupo Casa Lima.

<https://grupocasalima.com/es-ec/blog/que-es-y-para-que-sirve-el-martillo-de-goma-definicion/>

RAE. (s. f.-a). Definición de caudal—Diccionario panhispánico del español jurídico—RAE. Diccionario panhispánico del español jurídico - Real Academia Española. Recuperado 19 de febrero de 2023, de <http://dpej.rae.es/lema/caudal>

RAE. (s. f.-b). Definición de cuenca hidrográfica—Diccionario panhispánico del español jurídico—RAE. Diccionario panhispánico del español jurídico - Real Academia Española. Recuperado 19 de febrero de 2023, de <http://dpej.rae.es/lema/cuenca-hidrogr%C3%A1fica>

Reyes, A. C. B., & Mejía, V. A. D. (2023). Diseño de drenaje pluvial de los barrios Brazos Abiertos, Los Pinos, Capirro, San José y San Pablo del casco urbano, Santa Cruz de Yojoa. Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/10154>

Rojas, P. (2013, julio 25). Descargar Hcanales v3. Ingeciv. <https://ingeciv.com/descargar-hcanales-v3/>

¿Sabes qué son los hornos e incubadoras, y la variedad que existe? (s. f.). Recuperado 20 de febrero de 2023, de https://viresa.com.mx/blog_hornos_incubadoras

SAC-VISA. (s. f.). ¿QUÉ ES EL CONCRETO HIDRÁULICO? – SAC-VISA- Soluciones en Asfalto y Concreto. Recuperado 19 de febrero de 2023, de <https://www.sacvisa.com.mx/que-es-el-concreto-hidraulico/>

Salguero, Á. G., & Marco, M. S. (2014). Manual de topografía en ingeniería. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/57376>

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/construccion-obras-corte-y-relleno>

Secciones transversales. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2023, de

https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/cross-sections

Spray. (s. f.). En The Free Dictionary. Recuperado 20 de febrero de 2023, de

<https://es.thefreedictionary.com/spray>

Tareas básicas en Excel—Soporte técnico de Microsoft. (s. f.). Recuperado 20 de febrero de

2023, de <https://support.microsoft.com/es-es/office/tareas-b%C3%A1sicas-en-excel-dc775dd1-fa52-430f-9c3c-d998d1735fca>

Tomo8_Guia_ambiental_para_proyectos_viales.pdf. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2023,

de

https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/manual_de_carreteras/Tomo8_Guia_ambiental_para_proyectos_viales.pdf

Valdivielso, A. (2020, octubre 1). ¿Qué es un sistema de drenaje pluvial? [Text]. iAgua; iAgua.

<https://www.iagua.es/respuestas/sistema-drenaje-pluvial>

Vilches, C. (s. f.). Biblioguias: Zotero y recursos CEPAL: Zotero. Recuperado 20 de febrero de

2023, de <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=159506&p=1044394>

Volonté, A., Gil, V., & Campo, A. M. (s. f.). Estudio de la vegetación y sus efectos en la dinámica

fluvial en cuencas serranas, Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(2), 366-380.

Zambrano Zambrano, W. (2015). *Diseño estructural de pavimentos*. Machala: Ecuador.

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6744>

Tahuite López, Giovani Francisco. «Diseño de pavimento rígido y drenaje pluvial en calles de zona 4 de Mixco, Guatemala.», 2015

Chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgliclefndmkaj/https://www.ventadeproductosdelimpieza.es/images/fichas/agua-destilada-3-garrafas-de-5-lts.pdf

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgliclefndmkaj/https://www.bioparquet.es/wp-content/uploads/2019/01/BIOPARQUET-FICHA-TECNICA-MADERA-PINO-MARITIMO.pdf

ANEXOS

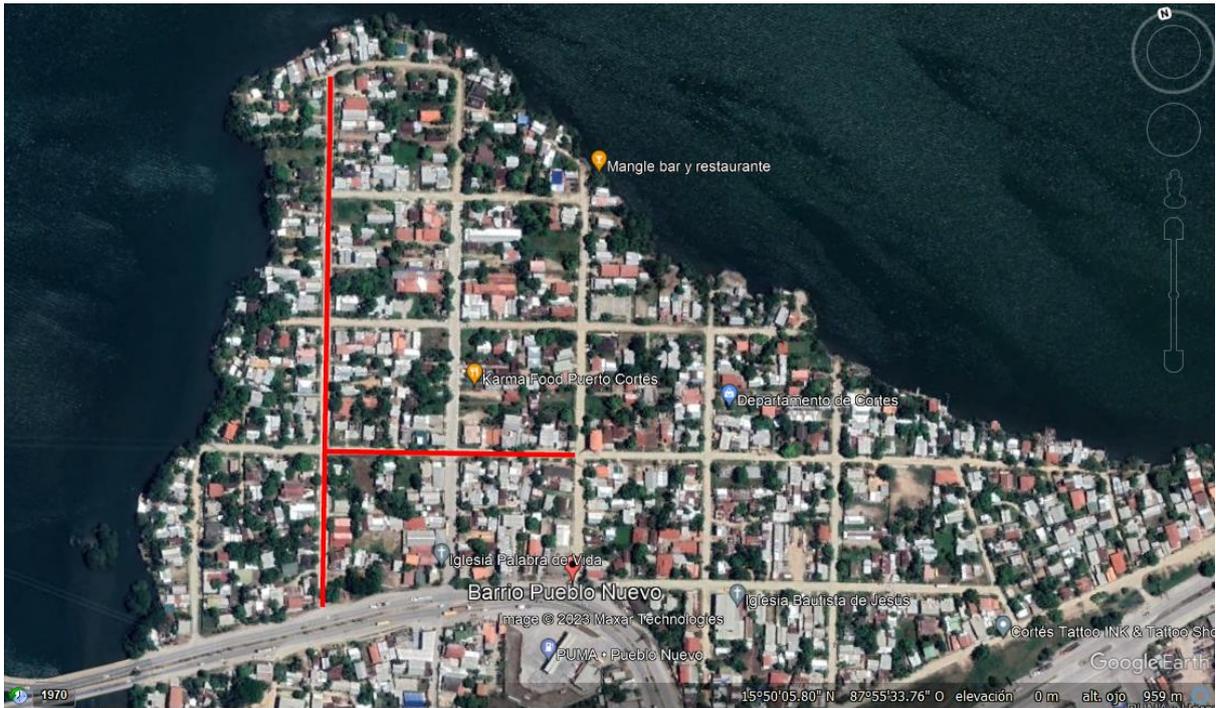


Ilustración 110-Segunda calle norte y tercera avenida, Pueblo Nuevo

Fuente: (Google Earth, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
1	400995.0000m	1750317.0000m	8.000m	cercos verde
2	401020.7020m	1750440.1620m	7.314m	OC
3	400978.7520m	1750299.8390m	8.565m	PAVIMENTO
4	400984.5030m	1750302.3760m	8.474m	PAVIMENTO
5	400986.1250m	1750303.8400m	8.398m	PAVIMENTO
6	400987.0700m	1750306.2140m	8.303m	PAVIMENTO
7	400987.1140m	1750309.2210m	8.158m	PAVIMENTO
8	401005.9390m	1750304.4670m	8.464m	PAVIMENTO
9	400997.0640m	1750304.7840m	8.451m	PAVIMENTO
10	400995.2080m	1750305.7340m	8.404m	PAVIMENTO
11	400994.1650m	1750307.5620m	8.340m	PAVIMENTO
12	400993.8250m	1750309.1090m	8.275m	PAVIMENTO
13	400991.0140m	1750301.7360m	8.585m	PAVIMENTO
14	400990.4250m	1750309.1300m	8.244m	PAVIMENTO
15	400990.3070m	1750304.0470m	8.470m	POZO
16	400986.9500m	1750307.3100m	8.401m	ACERA
17	400985.6170m	1750307.4170m	8.421m	ACERA
18	400985.2900m	1750305.3860m	8.502m	ACERA
19	400986.5630m	1750304.9180m	8.489m	ACERA
20	400983.7860m	1750303.7430m	8.634m	ACERA
21	400984.5240m	1750302.6150m	8.599m	ACERA
22	400994.0890m	1750308.4040m	8.449m	ACERA
23	400995.4160m	1750308.4860m	8.499m	ACERA
24	400996.4030m	1750306.7580m	8.591m	ACERA
25	400995.4990m	1750305.6800m	8.568m	ACERA
26	400997.8000m	1750304.9070m	8.614m	ACERA
27	400998.0080m	1750306.2370m	8.597m	ACERA
28	400982.0130m	1750303.4190m	8.384m	PL

Ilustración 111-Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
28	400982.0130m	1750303.4190m	8.384m	PL
29	400984.2510m	1750304.4110m	8.566m	PL
30	400981.9640m	1750304.4260m	8.262m	MURO BLOQUE
31	400990.4260m	1750309.2220m	8.208m	LC
32	400987.1160m	1750309.3420m	8.088m	OC
33	400993.9150m	1750309.2310m	8.255m	OC
34	400987.3790m	1750318.9220m	7.866m	OC
35	400991.1100m	1750318.8390m	7.981m	LC
36	400994.4250m	1750318.8300m	7.950m	LC
37	400994.9500m	1750327.5240m	7.678m	OC
38	400991.8030m	1750327.4710m	7.831m	LC
39	400987.3620m	1750327.5030m	7.744m	OC
40	400985.3270m	1750324.9190m	7.405m	PL
41	400984.7610m	1750314.5890m	7.771m	CANAL
42	400985.6340m	1750314.7170m	7.785m	CANAL
43	400985.2250m	1750323.6560m	7.681m	CANAL
44	400985.9130m	1750323.6120m	7.653m	CANAL
45	400985.5640m	1750323.7130m	7.434m	INV
46	400986.2570m	1750338.4200m	7.091m	INV
47	400985.8840m	1750338.4740m	7.589m	CANAL
48	400986.5870m	1750338.5100m	7.607m	CANAL
49	400987.3030m	1750338.4430m	7.749m	OC
50	400991.3550m	1750337.8560m	7.717m	LC
51	400994.9990m	1750337.4140m	7.602m	OC
52	400996.9520m	1750337.2190m	7.070m	CANAL
53	400997.3930m	1750346.5750m	6.903m	CANAL
54	400995.9400m	1750346.6060m	7.522m	OC
55	400992.5890m	1750346.6610m	7.603m	LC

Ilustración 112- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
55	400992.5890m	1750346.6610m	7.603m	LC
56	400988.3180m	1750346.6550m	7.711m	OC
57	400986.6780m	1750347.5070m	7.054m	CANAL
58	400987.1680m	1750357.2470m	6.998m	CANAL
59	400988.2690m	1750357.1990m	7.595m	OC
60	400992.9180m	1750356.6500m	7.548m	LC
61	400996.2110m	1750356.4000m	7.474m	OC
62	400997.9080m	1750356.1810m	6.915m	CANAL
63	400998.3750m	1750365.2700m	6.956m	CANAL
64	400996.8570m	1750365.2360m	7.402m	OC
65	400992.9360m	1750365.1020m	7.538m	LC
66	400988.8520m	1750365.2930m	7.535m	OC
67	400987.6440m	1750366.5700m	6.808m	CANAL
68	400988.0590m	1750375.8240m	6.799m	CANAL
69	400989.5790m	1750375.7440m	7.489m	OC
70	400993.3760m	1750375.4750m	7.584m	LC
71	400997.1180m	1750375.1170m	7.454m	OC
72	400998.8430m	1750374.8580m	6.916m	CANAL
73	400999.3640m	1750384.2430m	6.884m	CANAL
74	400997.5110m	1750384.4460m	7.467m	OC
75	400994.0240m	1750384.2230m	7.667m	LC
76	400989.6620m	1750384.5030m	7.558m	OC
77	400988.4450m	1750384.6370m	6.799m	CANAL
78	400986.6630m	1750365.0370m	9.289m	PL
79	400994.0320m	1750387.0200m	7.717m	POZO
80	400999.9360m	1750394.4710m	6.779m	CANAL
81	400998.3940m	1750394.3830m	7.536m	OC
82	400994.4440m	1750394.4950m	7.624m	LC

Ilustración 113- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
82	400994.4440m	1750394.4950m	7.624m	LC
83	400990.6880m	1750394.8100m	7.547m	OC
84	400988.9300m	1750394.8310m	6.790m	CANAL
85	400987.6200m	1750400.4280m	7.718m	PL
86	400991.0250m	1750405.1080m	7.656m	OC
87	400994.8240m	1750404.7220m	7.621m	LC
88	400998.5530m	1750404.4580m	7.501m	OC
89	401000.4080m	1750405.3280m	6.763m	CANAL
90	401000.9380m	1750415.1360m	6.776m	CANAL
91	400998.9070m	1750415.2140m	7.390m	OC
92	400995.8580m	1750415.1890m	7.563m	LC
93	400991.5810m	1750415.4250m	7.570m	OC
94	400990.4420m	1750424.6300m	6.805m	CANAL
95	400991.6340m	1750424.6190m	7.453m	OC
96	400996.1440m	1750424.0680m	7.500m	LC
97	400999.7810m	1750423.7560m	7.466m	OC
98	401000.2730m	1750438.8180m	7.381m	INV
99	400990.2370m	1750427.3530m	7.565m	
100	401001.8860m	1750431.8010m	6.759m	CANAL
101	401000.3820m	1750431.9260m	7.327m	OC
102	400996.8100m	1750432.2140m	7.504m	LC
103	400992.0130m	1750432.2760m	7.487m	OC
104	400990.8060m	1750432.3470m	6.768m	CANAL
105	400991.0820m	1750439.9130m	6.788m	CANAL
106	400990.0710m	1750439.2370m	7.396m	PL
107	400988.5470m	1750438.5090m	7.536m	MURO BLOQUE
108	400983.0580m	1750440.4110m	6.769m	CANAL
109	400983.1530m	1750442.0100m	7.415m	OC

Ilustración 114- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
109	400983.1530m	1750442.0100m	7.415m	OC
110	400983.2480m	1750445.9450m	7.444m	LC
111	400983.3650m	1750449.2560m	7.363m	OC
112	400983.4320m	1750451.8090m	6.775m	CANAL
113	400991.6260m	1750451.3480m	6.840m	CANAL
114	400991.5780m	1750449.4790m	7.360m	OC
115	400991.4240m	1750445.2140m	7.415m	LC
116	400991.0880m	1750441.9590m	7.414m	OC
117	400996.8390m	1750445.3650m	7.469m	POZO
118	401002.4280m	1750444.8250m	7.384m	LC
119	401002.2950m	1750441.0570m	7.320m	OC
120	401002.2610m	1750439.0880m	6.723m	CANAL
121	401002.4730m	1750449.5200m	6.843m	INV
122	401002.2910m	1750447.7940m	7.301m	OC
123	401011.4400m	1750448.9170m	6.837m	CANAL
124	401011.2980m	1750447.1720m	7.304m	OC
125	401011.1890m	1750444.0680m	7.371m	LC
126	401010.8880m	1750440.8700m	7.333m	OC
127	401010.7700m	1750438.9510m	6.604m	CANAL
128	401015.3980m	1750438.0370m	8.087m	TORRE
129	401006.9110m	1750450.7080m	8.170m	TORRE
130	401020.4800m	1750438.7200m	6.619m	CANAL
131	400990.0000m	1750433.0000m	1.000m	
132	401020.7650m	1750443.2930m	7.437m	LC
133	401021.0500m	1750447.2120m	7.352m	OC
134	401021.0270m	1750448.4870m	6.799m	CANAL
135	401030.7940m	1750448.0930m	6.860m	CANAL
136	401030.7030m	1750445.7110m	7.508m	OC

Ilustración 115- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
136	401030.7030m	1750445.7110m	7.508m	OC
137	401030.4690m	1750443.0430m	7.432m	LC
138	401030.1350m	1750439.7830m	7.347m	OC
139	401030.2730m	1750438.4290m	6.699m	CANAL
140	401039.6180m	1750438.3050m	6.727m	CANAL
141	401039.5510m	1750439.7240m	7.360m	OC
142	401039.6090m	1750442.5040m	7.431m	LC
143	401040.0320m	1750445.3610m	7.405m	OC
144	401040.1760m	1750447.4670m	6.782m	CANAL
145	401050.8950m	1750446.9530m	6.721m	CANAL
146	401050.4750m	1750445.5840m	7.325m	OC
147	401050.2750m	1750442.4210m	7.439m	LC
148	401050.2900m	1750439.2630m	7.423m	OC
149	401050.1120m	1750437.4760m	6.827m	CANAL
150	401059.6790m	1750437.2830m	6.999m	CANAL
151	401059.5730m	1750438.7550m	7.404m	OC
152	401059.7310m	1750441.6690m	7.459m	LC
153	401059.7170m	1750444.8910m	7.412m	OC
154	401042.9340m	1750435.6600m	7.614m	PL
155	401068.8540m	1750445.9740m	7.458m	CANAL
156	401068.4770m	1750444.0350m	7.502m	OC
157	401067.7530m	1750440.9620m	7.481m	LC
158	401067.6020m	1750438.0270m	7.422m	OC
159	401067.5940m	1750436.7030m	6.817m	CANAL
160	401077.5880m	1750435.7500m	6.783m	CANAL
161	401077.5710m	1750437.0130m	7.502m	OC
162	401077.8280m	1750439.8450m	7.533m	LC
163	401077.8210m	1750442.5860m	7.621m	OC

Ilustración 116- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
163	401077.8210m	1750442.5860m	7.621m	OC
164	401077.6040m	1750445.6230m	7.042m	CANAL
165	401087.6670m	1750445.0070m	7.175m	CANAL
166	401087.5450m	1750443.0690m	7.499m	OC
167	401087.4190m	1750440.1070m	7.603m	LC
168	401087.4370m	1750436.9050m	7.532m	OC
169	401087.1260m	1750435.0530m	7.151m	CANAL
170	401097.0340m	1750436.1820m	7.625m	OC
171	401097.2330m	1750439.3850m	7.677m	LC
172	401097.4060m	1750441.7920m	7.593m	OC
173	401097.5770m	1750444.1980m	6.907m	CANAL
174	401120.6320m	1750432.8760m	8.591m	TORRE
175	401103.9620m	1750445.6330m	8.949m	TORRE
176	401104.9030m	1750434.2110m	7.144m	INV
177	401104.9450m	1750435.5190m	7.653m	OC
178	401105.1760m	1750438.6670m	7.609m	LC
179	401105.3630m	1750442.2510m	7.611m	OC
180	401105.5180m	1750444.0400m	7.148m	CANAL
181	401106.4920m	1750452.3020m	7.088m	CANAL
182	401107.0280m	1750452.1410m	7.682m	PAVIMENTO
183	401111.9840m	1750451.0980m	7.806m	PAVIMENTO
184	401116.8160m	1750448.0750m	7.703m	PAVIMENTO
185	401117.3100m	1750448.2000m	7.081m	CANAL
186	401117.0170m	1750443.7390m	7.103m	CANAL
187	401106.0430m	1750444.7480m	7.138m	CANAL
188	401106.2020m	1750438.6870m	7.683m	PAVIMENTO
189	401111.1910m	1750438.4870m	7.790m	PAVIMENTO
190	401116.2900m	1750438.2290m	7.747m	PAVIMENTO

Ilustración 117- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
190	401116.2900m	1750438.2290m	7.747m	PAVIMENTO
191	401108.0200m	1750438.8140m	7.729m	POZO
192	401111.0510m	1750438.5310m	7.789m	POZO
193	401110.8690m	1750433.0150m	7.786m	PAVIMENTO
194	401105.2890m	1750433.3460m	7.145m	CANAL
195	401105.8420m	1750433.3390m	7.693m	PAVIMENTO
196	401110.8710m	1750432.9680m	7.791m	POZO
197	401116.0100m	1750432.6330m	7.757m	PAVIMENTO
198	401116.4770m	1750433.8220m	7.131m	CANAL
199	401117.8010m	1750431.2370m	8.025m	PL
200	401117.1000m	1750435.9220m	7.694m	OC
201	401117.2220m	1750438.1700m	7.679m	LC
202	401117.4470m	1750441.8880m	7.686m	OC
203	401127.0770m	1750442.9790m	6.944m	CANAL
204	401126.9710m	1750441.5390m	7.464m	OC
205	401127.2100m	1750438.8690m	7.561m	LC
206	401127.1730m	1750435.5940m	7.533m	OC
207	401127.2690m	1750433.8320m	7.078m	CANAL
208	401134.5790m	1750433.5550m	7.161m	CANAL
209	401134.3200m	1750434.8330m	7.527m	OC
210	401134.6630m	1750437.8980m	7.565m	LC
211	401135.0970m	1750440.8490m	7.578m	OC
212	401135.4410m	1750442.4800m	6.936m	CANAL
213	401145.2740m	1750441.9360m	6.855m	CANAL
214	401144.9860m	1750440.3860m	7.495m	OC
215	401144.7000m	1750437.4890m	7.563m	LC
216	401144.1560m	1750434.4610m	7.497m	OC
217	401143.9410m	1750432.6730m	7.100m	CANAL

Ilustración 118- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
217	401143.9410m	1750432.6730m	7.100m	CANAL
218	401160.0370m	1750432.3170m	7.244m	CANAL
219	401160.2450m	1750433.6680m	7.534m	OC
220	401160.2010m	1750436.7410m	7.560m	LC
221	401160.1610m	1750439.5700m	7.470m	OC
222	401159.5130m	1750441.0720m	7.311m	CANAL
223	401178.1840m	1750437.6240m	7.530m	OC
224	401177.9140m	1750435.3630m	7.545m	LC
225	401177.7090m	1750432.7850m	7.469m	OC
226	401177.6230m	1750431.1370m	6.998m	CANAL
227	401152.3830m	1750431.3040m	8.434m	PL
228	401188.8930m	1750430.4310m	7.143m	CANAL
229	401189.0470m	1750432.0070m	7.434m	OC
230	401189.1080m	1750434.8400m	7.486m	LC
231	401189.3350m	1750437.9800m	7.458m	OC
232	401198.7800m	1750439.0720m	7.326m	CANAL
233	401198.9890m	1750437.2740m	7.430m	OC
234	401198.7770m	1750434.5870m	7.514m	LC
235	401198.5620m	1750431.5270m	7.470m	OC
236	401198.2270m	1750430.2030m	6.913m	CANAL
237	401207.7470m	1750429.4600m	6.790m	CANAL
238	401207.6910m	1750430.9730m	7.414m	OC
239	401207.6350m	1750434.0930m	7.525m	LC
240	401208.0950m	1750437.2060m	7.429m	OC
241	401207.7400m	1750438.6350m	6.784m	CANAL
242	401219.9890m	1750429.3530m	6.965m	CANAL
243	401220.0830m	1750430.7120m	7.566m	OC
244	401220.1070m	1750434.0560m	7.628m	LC

Ilustración 119- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
244	401220.1070m	1750434.0560m	7.628m	LC
245	401220.3010m	1750437.1120m	7.576m	OC
246	401221.1700m	1750439.4690m	6.888m	CANAL
247	401220.6290m	1750428.6680m	6.982m	INV
248	400992.2260m	1750462.7750m	6.767m	CANAL
249	400994.3120m	1750462.6230m	7.412m	OC
250	400997.3910m	1750462.4290m	7.405m	LC
251	401001.2560m	1750462.2130m	7.298m	OC
252	401003.1690m	1750462.0950m	6.748m	CANAL
253	401003.8690m	1750472.7650m	6.731m	CANAL
254	401002.4810m	1750472.8270m	7.262m	OC
255	400998.6920m	1750472.7330m	7.352m	LC
256	400994.6220m	1750473.0810m	7.310m	OC
257	400992.7670m	1750473.0730m	6.751m	CANAL
258	400993.0860m	1750481.5210m	6.749m	CANAL
259	400994.9190m	1750481.5160m	7.277m	OC
260	400999.5760m	1750481.1840m	7.393m	LC
261	401002.9090m	1750480.7760m	7.312m	OC
262	401004.6680m	1750491.8520m	6.789m	CANAL
263	401003.1770m	1750491.8370m	7.279m	OC
264	400999.5100m	1750491.5180m	7.393m	LC
265	400995.1760m	1750491.6700m	7.310m	OC
266	400994.1630m	1750501.4920m	6.782m	CANAL
267	400995.7620m	1750501.3160m	7.240m	OC
268	400999.8140m	1750501.2410m	7.372m	LC
269	401003.4450m	1750500.9840m	7.257m	OC
270	401005.0600m	1750500.9200m	6.753m	CANAL
271	401005.6740m	1750512.3760m	6.739m	CANAL

Ilustración 120- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
271	401005.6740m	1750512.3760m	6.739m	CANAL
272	401004.1530m	1750512.4110m	7.330m	OC
273	401000.6710m	1750512.4790m	7.362m	LC
274	400996.2770m	1750512.7090m	7.237m	OC
275	400994.6900m	1750512.6190m	6.775m	CANAL
276	400995.2590m	1750521.2110m	6.772m	CANAL
277	400996.8890m	1750521.2430m	7.251m	OC
278	401000.5130m	1750520.7640m	7.393m	LC
279	401004.0110m	1750520.5340m	7.391m	OC
280	401006.4500m	1750530.3710m	6.693m	CANAL
281	401003.9710m	1750530.2500m	7.342m	OC
282	401001.1800m	1750530.1220m	7.392m	LC
283	400997.6400m	1750530.1950m	7.296m	OC
284	400995.7110m	1750530.4960m	6.772m	CANAL
285	400996.2110m	1750541.7490m	6.919m	CANAL
286	400998.1350m	1750541.7460m	7.308m	OC
287	401001.6690m	1750541.6780m	7.380m	LC
288	401004.7180m	1750541.4930m	7.269m	OC
289	401007.0520m	1750541.1490m	6.640m	CANAL
290	401007.6140m	1750554.7520m	6.718m	CANAL
291	401005.3350m	1750554.7680m	7.227m	OC
292	401002.0950m	1750554.6760m	7.377m	LC
293	400998.7290m	1750554.9080m	7.305m	OC
294	400996.8390m	1750555.4730m	6.745m	CANAL
295	401002.4930m	1750560.5210m	7.472m	POZO
296	400997.6230m	1750565.9470m	6.744m	CANAL
297	400999.7100m	1750565.6630m	7.304m	OC
298	401003.1810m	1750565.4150m	7.355m	LC

Ilustración 121- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
298	401003.1810m	1750565.4150m	7.355m	LC
299	401005.9210m	1750565.4080m	7.298m	OC
300	401008.0770m	1750565.5670m	6.703m	CANAL
301	401000.2730m	1750438.8180m	7.381m	CP3
302	400996.8810m	1750567.1360m	7.065m	PL
303	400991.7430m	1750475.9280m	8.879m	PL
304	400993.9550m	1750520.5070m	8.788m	PL
305	400997.9200m	1750577.0130m	6.727m	CANAL
306	400999.8520m	1750577.0760m	7.204m	OC
307	401003.2550m	1750576.7460m	7.298m	LC
308	401006.4900m	1750578.2240m	7.259m	OC
309	401008.7230m	1750577.3560m	6.764m	CANAL
310	401009.2840m	1750589.0650m	6.718m	CANAL
311	401006.5000m	1750589.0440m	7.209m	OC
312	401003.3790m	1750589.2760m	7.305m	LC
313	400999.9270m	1750589.5260m	7.205m	OC
314	400998.5790m	1750589.8200m	6.710m	CANAL
315	401000.7850m	1750599.3960m	7.275m	OC
316	401004.2370m	1750598.8920m	7.328m	LC
317	401007.1150m	1750598.8900m	7.201m	OC
318	401009.8290m	1750598.9920m	6.647m	CANAL
320	401010.2020m	1750607.8670m	6.598m	CANAL
321	401008.3760m	1750607.8270m	7.163m	OC
322	401004.7780m	1750607.7520m	7.293m	LC
323	401001.5510m	1750607.7900m	7.216m	OC
324	400999.4590m	1750608.1050m	6.649m	CANAL
325	400999.2130m	1750613.7390m	7.049m	PL
326	401000.0350m	1750619.1140m	6.721m	CANAL

Ilustración 122- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
326	401000.0350m	1750619.1140m	6.721m	CANAL
327	401001.8420m	1750618.7490m	7.152m	OC
328	401005.1370m	1750618.4580m	7.250m	LC
329	401008.5960m	1750618.1940m	7.141m	OC
330	401010.6500m	1750617.8630m	6.547m	CANAL
331	401011.0850m	1750626.9040m	6.730m	CANAL
332	401009.0230m	1750627.0700m	7.236m	OC
333	401005.7870m	1750627.2250m	7.254m	LC
334	401002.1080m	1750627.2910m	7.127m	OC
335	401000.4350m	1750627.4140m	6.706m	CANAL
336	401000.9040m	1750637.3230m	6.757m	CANAL
337	401002.5170m	1750637.3630m	7.100m	OC
338	401005.9160m	1750637.0560m	7.264m	LC
339	401009.5260m	1750636.5190m	7.240m	OC
340	401011.4980m	1750636.3250m	6.698m	CANAL
341	401011.8280m	1750644.9410m	6.676m	CANAL
342	401009.8540m	1750644.8750m	7.185m	OC
343	401006.5830m	1750644.6020m	7.242m	LC
344	401002.8980m	1750644.5890m	7.110m	OC
345	401001.3210m	1750644.8850m	6.654m	CANAL
346	401001.6440m	1750652.0760m	6.658m	CANAL
347	401003.5290m	1750652.3640m	7.088m	OC
348	401005.9280m	1750651.9600m	7.179m	LC
349	401009.5510m	1750652.1500m	7.077m	OC
350	401011.7680m	1750652.5230m	6.589m	CANAL
351	401002.4220m	1750667.2030m	6.659m	CANAL
352	401004.2310m	1750667.0610m	7.067m	OC
353	401007.2210m	1750666.8170m	7.149m	LC

Ilustración 123- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
353	401007.2210m	1750666.8170m	7.149m	LC
354	401009.9020m	1750666.4560m	7.055m	OC
355	401007.9080m	1750675.7590m	7.255m	POZO
356	401002.9940m	1750681.1340m	6.717m	CANAL
357	401004.9420m	1750680.9250m	7.153m	OC
358	401008.0780m	1750680.8920m	7.203m	LC
359	401011.0630m	1750681.0110m	7.123m	OC
360	401013.5140m	1750680.6950m	6.504m	CANAL
361	401013.9500m	1750690.5050m	6.655m	CANAL
362	401012.3880m	1750690.5700m	7.033m	OC
363	401008.9610m	1750690.5970m	7.129m	LC
364	401005.5500m	1750691.1660m	7.053m	OC
367	401004.2500m	1750700.9430m	6.662m	CANAL
368	401003.3510m	1750700.1880m	6.936m	PL
369	401006.2570m	1750701.2810m	7.017m	OC
370	401009.3590m	1750700.9050m	7.090m	LC
371	401012.7480m	1750700.5610m	6.999m	OC
372	401014.3820m	1750700.3270m	6.681m	CANAL
373	401014.8450m	1750710.6570m	6.642m	CANAL
374	401013.0070m	1750710.5630m	7.078m	OC
375	401010.4100m	1750710.6430m	7.073m	LC
376	401007.0640m	1750710.5520m	7.021m	OC
377	401004.6160m	1750710.7120m	6.497m	CANAL
378	401005.5580m	1750722.8130m	6.605m	CANAL
379	401007.4640m	1750722.3940m	6.993m	OC
380	401010.2110m	1750722.0060m	7.052m	LC
381	401013.1420m	1750721.7490m	7.053m	OC
382	401015.3410m	1750721.3020m	6.599m	CANAL

Ilustración 124- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

Número...	Abscisa	Ordenada	Elevación ...	Descripción completa
382	401015.3410m	1750721.3020m	6.599m	CANAL
383	401015.7990m	1750732.0820m	6.591m	CANAL
384	401013.8120m	1750732.1310m	7.049m	OC
385	401010.5350m	1750732.4100m	7.110m	LC
386	401007.1360m	1750732.8580m	6.981m	OC
387	401005.7990m	1750732.9040m	6.526m	CANAL
388	401006.3700m	1750742.7520m	6.571m	CANAL
389	401005.5670m	1750737.8920m	6.954m	PL
390	401007.8760m	1750742.9310m	6.981m	OC
391	401010.9400m	1750742.4750m	7.084m	LC
392	401014.9580m	1750743.5310m	6.998m	OC
393	401016.3430m	1750743.5270m	6.435m	CANAL
394	401016.9550m	1750754.3390m	6.559m	CANAL
395	401015.0100m	1750754.5880m	7.075m	OC
396	401011.8040m	1750755.0050m	7.075m	LC
397	401008.2900m	1750755.3540m	7.013m	OC
398	401007.0870m	1750755.2910m	6.565m	CANAL
399	401007.5420m	1750765.5270m	6.416m	CANAL
400	401008.9560m	1750765.3300m	6.965m	OC
401	401012.5920m	1750765.1510m	7.093m	LC
402	401015.8870m	1750764.9890m	7.094m	OC
403	401017.6780m	1750764.8950m	6.581m	CANAL
404	401015.6680m	1750774.5330m	7.097m	OC
405	401013.0500m	1750774.4110m	7.096m	LC
406	401009.5680m	1750773.8310m	7.012m	OC
407	401007.8700m	1750773.8630m	6.326m	CANAL
408	401008.0410m	1750782.8790m	6.562m	CANAL
409	401010.1870m	1750782.9640m	7.055m	OC

Ilustración 125- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)

⊕	409	401010.1870m	1750782.9640m	7.055m	OC
⊕	410	401013.1790m	1750782.7880m	7.056m	LC
⊕	411	401016.2800m	1750782.7300m	7.115m	OC
⊕	412	401018.3750m	1750782.5240m	6.575m	CANAL
⊕	990	401001.3890m	1750423.8700m	6.763m	CANAL
⊕	1000	400990.2370m	1750427.3530m	7.565m	CP1
⊕	1001	400994.5950m	1750306.9300m	8.514m	CP1

Ilustración 126- Listado de puntos topográficos en orden PENZD

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 127- Banco de nivel CP1

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 128- Banco de nivel CP2

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 129-Banco de nivel CP3

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 130- Banco de nivel CP4

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 131- Levantamiento topográfico mediante Trimble C5

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 132- Levantamiento topográfico mediante bastón y prisma

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 133- Ensayo granulométrico

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 134- Ensayo granulométrico

Fuente: (Propia, 2023)



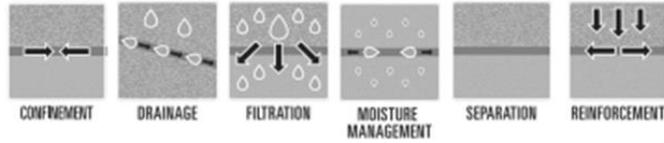
Ilustración 135- Ensayo de Limites de Atterberg

Fuente: (Propia, 2023)



Ilustración 136- Ensayo de Límites de Atterberg

Fuente: (Propia, 2023)



Mirafi® H₂Ri-Series

Mirafi® H₂Ri is a revolutionary geosynthetic created from super high-tenacity polypropylene filaments and patented moisture management filaments formed into an innovative weave to provide superior reinforcement strength and soil interaction integrated with high soil retention and moisture management capabilities.

Geosynthetic directionally draws water via capillary action.

TenCate Geosynthetics Americas Laboratories are accredited Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program ([GAI-LAP](#)).

MECHANICAL PROPERTIES	TEST METHOD	UNIT	MINIMUM AVERAGE ROLL VALUE	
			MD	CD
Wide Width Tensile Strength	ASTM D4595	lbs/ft (kN/m)	5280(77.0)	5280(77.0)
Wide Width Tensile Strength @ 2% strain	ASTM D4595	lbs/ft (kN/m)	480 (7.0)	1080 (15.8)
MAXIMUM OPENING SIZE				
Apparent Opening Size (AOS)	ASTM D4751	U.S. Sieve (mm)	40 (0.425)	
MECHANICAL PROPERTIES	TEST METHOD	UNIT	MINIMUM ROLL VALUE	
Permittivity	ASTM D4491	sec ⁻¹	0.4	
Flow Rate	ASTM D4491	gal/min/ft ² (l/min/m ²)	30 (1222)	
MINIMUM TEST VALUE				
Pore Size (050)	ASTM D6767	microns	85	
Pore Size (095)	ASTM D6767	microns	195	
Wet Front Movement ¹ (24 minutes)	ASTM C1559 ²	inches	6.0 Vertical direction	
Wet Front Movement ¹ (983 minutes) Zero Gradient	ASTM C1559 ²	inches	73.3 Horizontal direction	
PHYSICAL PROPERTIES		UNIT	TYPICAL ROLL VALUE	
Roll Dimensions (width x length)		ft (m)	15 x 300 (4.59 x 91.44)	
Roll Area		yd ² (m ²)	500 (418)	
Label Roll Color			BLUE	

¹ 'STP': Standard Temperature and Pressure

² Modified

Disclaimer: TenCate assumes no liability for the accuracy or completeness of this information or for the ultimate use by the purchaser. TenCate disclaims any and all express, implied, or statutory standards, warranties or guarantees, including without limitation any implied warranty as to merchantability or fitness for a particular purpose or arising from a course of dealing or usage of trade as to any equipment, materials, or information furnished herewith. This document should not be construed as engineering advice. Mirafi® is a registered trademark of Nicolon Corporation. Copyright © 2021 Nicolon Corporation. All Rights Reserved
FGS000731
ETQR8
U.S. Patent 7,874,767 and 8,070,395

365 South Holland Drive Tel +1 706 693 2226
Pendergrass, GA 30567 www.tencategeo.us



Ilustración 137- Ficha Técnica Geotextil H2Ri

Fuente: (TenCate, 2022)

