



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO
DE 900 METROS EN EL COMPLEJO HABITACIONAL AMANDA LÓPEZ
PINEDA Y CALLE DE ACCESO AL BARRIO, EN LA CIUDAD DE JINOTEGA”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Alejandra Denisse Canales Madrigal

Br. Gloria Thaiz Herrera Montenegro

Br. Axell Fabricio Hurtado Nicaragua

Tutor

Msc. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, Abril 2021

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento monográfico está compuesto por 7 capítulos los cuales se detallan a continuación.

Capítulo I: Generalidades

En este capítulo se presentan aspectos básicos del proyecto como introducción, macro y micro localización del sitio en estudio, objetivos, y justificación.

Capítulo II: Estudio de tránsito

Se realizó el aforo vehicular, el cual permite presentar el estudio de tránsito necesario para determinar el número ESAL's, describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento, periodo de diseño, proyección del tránsito, tránsito inicial en el año cero, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril, tránsito en el año n y número de año en el periodo de diseño.

Capítulo III: Estudio de suelo

Se presenta el análisis de los resultados de las muestras levantadas en el lugar de estudio, estas fueron sometidas a ensayos de granulometría, humedad, límites de consistencia, proctor y CBR con el fin de identificar los tipos de suelos existentes en la vía y de esta forma, determinar el posible uso de este. La ejecución de los ensayos del suelo del sitio fue llevada a cabo en el laboratorio GEONIC.

Se muestra también el análisis de los resultados obtenidos en el banco de materiales, estos estudios fueron brindados por la empresa Lacayo – Fiallos.

Capítulo IV: Diseño de estructura de pavimento

Este capítulo comprende el diseño de pavimento articulado, de forma manual, el cual permite el cálculo de los espesores de las capas que conforman la estructura de pavimento propuesta para este diseño. A la vez se detalla el procedimiento para seleccionar los parámetros de diseño necesarios tales como: ejes equivalentes de diseño, confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar y el CBR de diseño de la zona en estudio y del banco de materiales, para determinar el módulo resiliente de la subrasante y el valor de los coeficientes estructurales.

Capítulo V: Levantamiento topográfico

Se muestran los datos levantados en la zona los cuales proporcionan las coordenadas, elevaciones y curvas de nivel para llevar a cabo el diseño de los perfiles longitudinales y transversales del barrio.

Capítulo VI: Diseño geométrico

Se presenta el diseño geométrico del barrio Amanda López Pineda, este se ejecuta haciendo uso del software Civil 3D.

El diseño tiene un total de 895.55 m, cuenta con 5 calles las cuales tienen curvas horizontales y verticales, estas se diseñan conforme a los criterios estipulados en las normativas “A policy on geometric design of highways and streets 2011 (AASHTO)” y “Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2004 (SIECA)”; de igual manera, las secciones transversales son diseñadas según estas normas y tomando en cuenta las restricciones que brindan las calles existentes del barrio.

Capítulo VII: Presupuesto

Este capítulo consiste en el cálculo de los costos de ejecución de este proyecto el cual se basa en los diseños realizados en este documento, se toman en cuenta algunas especificaciones técnicas establecidas en la norma NIC-2019. Esta unidad es desarrollada con el software Microsoft Excel.

Conclusiones y recomendaciones

Se muestran las conclusiones en base a los objetivos de este tema monográfico tomando en cuenta los resultados de los estudios y los diseños que componen este documento, de igual manera, se brindan recomendaciones que pueden ser de utilidad para una mejor ejecución de este proyecto.

Anexos

Consta de esquemas, tablas, fotografías y planos que sirven como complemento para una mejor comprensión sobre el desarrollo de este documento.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Ubicación del proyecto	5
1.5.1. Macro localización	5
1.5.2. Micro localización	6

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1. Introducción	7
2.2. Volumen de tránsito	7
2.2.1. Tránsito promedio diario (TPD).....	8
2.2.1.1. Tránsito promedio diario semanal (TPDS).....	8
2.2.1.2. Tránsito promedio diario mensual (TPDM).....	8
2.2.1.3. Tránsito promedio diario anual (TPDA)	9
2.3. Aforos vehiculares	9
2.3.1. Tipos de estaciones de conteo vehicular	9
2.3.2. Clasificación vehicular	10
2.4. Procesamiento y análisis de la información	11
2.4.1. Determinación del vector de correspondencia.....	12
2.4.2. Selección de estación de corta duración asociada al flujo vehicular que circula por el barrio Amanda López.....	13
2.4.3. Estación de mayor cobertura correspondiente a la ECD- 318.....	14
2.4.4. Factores de ajustes para cuantificar TPDA.....	15
2.4.5. Cálculo del TPDA	15

2.5. Proyección de tráfico futuro.....	17
2.5.1. Crecimiento poblacional	17
2.5.2. Crecimiento vehicular	18
2.5.2.1. Tasa de crecimiento.....	18
2.5.2.2. Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica.....	20
2.5.3. Producto Interno Bruto (PIB)	22
2.6 Tránsito de diseño.....	24
2.6.1. Periodo de diseño.....	24
2.6.2. Factor Direccional (FD).....	24
2.6.3. Factor distribución carril (FC').....	25
2.6.4. Factor de crecimiento (FC).....	26
2.6.5. Tránsito proyectado para el año 2035.....	26
2.6.6. Tránsito de diseño	27
 CAPÍTULO III: ESTUDIOS DE SUELOS	
3.1. Introducción.....	29
3.2. Clasificación de los suelos.....	30
3.2.1. Clasificación AASHTO.....	30
3.2.2. Clasificación SUCS.....	31
3.3. Trabajo de campo.....	31
3.3.1. Sondeos sobre la vía	31
3.4. Trabajo de laboratorio.....	32
3.4.1. Ensayos de compactación.....	36
3.4.2. Ensayo de valor soporte california C.B.R.....	37
3.4.2.1. Ensayo CBR de la línea.....	38
3.5. Sondeos en banco de materiales Maná del Cielo	40
3.5.1. Ensayos de compactación en banco de materiales	42
3.5.1.1. Proctor Modificado.....	42
3.5.2. Resultados de CBR en banco de materiales	42
3.5.3. Estabilización del material de Banco.....	45

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1. Introducción	48
4.2. Elementos estructurales de un pavimento articulado	48
4.2.1. Adoquines	48
4.2.2. Cama de arena	49
4.2.3. Base	49
4.2.4. Sub rasante	49
4.3. Variables a considerar en el método de diseño AASHTO 93.	49
4.3.1. Índice de Serviciabilidad	50
4.3.1.1. Serviciabilidad inicial.....	50
4.3.1.2. Serviciabilidad final.....	50
4.3.2. Perdida de serviciabilidad.....	51
4.3.3. Número estructural asumido	51
4.3.4. Análisis de carga y eje equivalente para el diseño de pavimento	51
4.3.4.1. Diagrama de cargas permisibles para vehículos livianos.....	52
4.3.5. Confiabilidad	55
4.3.6. Desviación estándar normal del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural (Z_R).	56
4.3.7. Desviación estándar (S_o).....	57
4.3.8. Coeficiente de drenaje.....	58
4.3.9. Módulo de resiliencia efectivo de la sub rasante (MR).....	59
4.3.10. Determinación de coeficiente estructural de capas	60
4.3.10.1. Coeficiente estructural de capa de adoquín a_1	60
4.3.10.2. Coeficiente estructural de capa base estabilizada a_2.....	60
4.4. Determinación del número estructural SN.....	61
4.5. Cálculo de espesores.....	62
4.5.1 Cálculo de espesores de capa requeridos para tramo No. 1.....	62
4.5.2. Cálculo de espesores de capa requeridos para tramo No. 2.....	63

CAPÍTULO V: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

5.1. Introducción	65
5.1.1. Planimetría.....	65
5.1.2. Altimetría	65
5.1.3. Curvas de nivel	66
5.1.4. Perfil topográfico	66
5.1.5. BM	66
5.2. Levantamiento topográfico complejo habitacional Amanda López Pineda y calle de acceso.....	66
5.2.1. Equipos utilizados para el levantamiento topográfico.....	67
 CAPÍTULO VI: DISEÑO GEOMÉTRICO	
6.1. Introducción.....	68
6.2. Sistema funcional.....	68
6.3. Elementos de Diseño Geométrico	69
6.3.1. Vehículo de diseño	69
6.3.2. Velocidad de diseño	69
6.3.3. Alineamiento horizontal	70
6.3.3.1. Curvas circulares simple.....	70
6.3.3.2. Radio mínimo.....	72
6.3.3.3. Peralte.....	72
6.3.3.4. Grado de curvatura máximo.....	73
6.3.3.5. Intersecciones	74
6.4. Alineamiento vertical	75
6.4.1. Rasante	75
6.4.3. Curvas verticales	76
6.4.3.1. Curvas en cresta.....	77
6.4.3.2. Curvas en columpio	77
6.5. Sección Transversal.....	80
6.5.1. Ancho de carril.....	80

6.5.2.	Bombeo.....	80
6.5.3.	Drenaje superficial.....	81
6.5.3.1.	Cunetas	81
6.6.	Diseño Geométrico con el software AutoCAD Civil 3D	83
6.6.1.	Importación de puntos	83
6.6.2.	Creación de la superficie	84
6.6.2.1.	Superficie generada con el programa	84
6.6.3.	Diseño geométrico en planta.....	86
6.6.3.1.	Velocidad de diseño considerando radios mínimos	86
6.6.3.2.	Trazo de tangentes y curvas	86
6.6.4.	Diseño geométrico en perfil.....	89
6.6.5.	Secciones transversales	91
6.6.6.	Obra lineal o corredor	93

CAPÍTULO VII: COSTO Y PRESUPUESTO

7.1.	Introducción.....	95
7.2.	Conceptos generales	95
7.3.	Especificaciones técnicas	99
7.4.	Costos unitarios	105
7.5.	Presupuesto	106
7.6.	Cantidad de obra para adoquinado del barrio Amanda López.....	111

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	113
Recomendaciones	115
Bibliografía	116

ANEXOS

CAPÍTULO I: GENERALIDADES



1.1. Introducción

Nicaragua posee las carreteras de mejor calidad en Centroamérica y el quinto lugar con respecto a América Latina. Según el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), hasta el año 2020 el país contaba con una red vial de 27,084 km, siendo 4,830 km carreteras pavimentadas, y se estima que para el 2021 este valor aumente a 5,155 km.

El municipio de Jinotega está ubicado en el departamento de Jinotega, en la zona central de Nicaragua; cuenta con un área territorial de 880.34km^2 , con posición geográfica de Latitud Norte $13^{\circ}05'$ y Longitud Oeste $86^{\circ}00'$, y con una altitud de aproximadamente 1,003.87msnm. Habitualmente, el clima en este municipio varía entre los 16 y 29°C .

En Jinotega, la mayoría de las calles principales se encuentran pavimentadas, siendo los materiales más utilizados el asfalto y el adoquín, no obstante, estas se encuentran en mal estado debido a que no han recibido el mantenimiento adecuado, asimismo, hay algunos barrios que no poseen ningún tipo de revestimiento, entre ellos se incluye el complejo habitacional Amanda López Pineda el cual será el lugar de estudio en este documento.

El complejo habitacional Amanda López Pineda se encuentra ubicado en la parte Suroeste de la ciudad de Jinotega, fue fundado en el año 2011 por el ministerio de educación ya que se creó con el fin de brindar a los profesores de la ciudad una oportunidad para obtener sus casas con facilidad de pago. El barrio cuenta con una calle principal y tres secundarias (primera, segunda y tercera calle) conocidas como avenidas y posee únicamente un acceso (Ver micro localización, pág. 6).

1.2. Antecedentes

El complejo habitacional Amanda López Pineda tiene una longitud de 696.55 metros. En el año 2011, cuando este fue fundado sus calles se encontraban con una mejor calidad de lo que se encuentran actualmente a pesar de que se le han realizado mantenimientos cada 4 años (información brindada por la alcaldía municipal), sin embargo, estos no han incluido pendientes transversales que permitan una libre circulación del agua, provocando así que se formen baches en las calles (Ver en anexos fotografía 1 y 2, página I). Los pobladores han solicitado la reparación de las calles, sin embargo, estos no han tenido éxito en cuanto a su petición. Algunas de las calles del barrio cuentan con bordillo, no obstante, estos se encuentran deteriorados. (Ver en anexos fotografía 4, página II)

El acceso directo al complejo habitacional se da por una de las calles del barrio Centroamérica (Ver en anexos fotografía 5, página III), la cual posee una longitud de 199 metros, esta calle es la única que no se encuentra adoquinada en el barrio anteriormente mencionado y no cuenta con ningún tipo de drenaje superficial; está situada en la parte este del complejo Amanda López Pineda.

1.3. Justificación

Los habitantes del complejo habitacional Amanda López Pineda, mayormente conocido como el barrio de los profesores está compuesto por 124 casas, a pesar de contar con los servicios básicos para vivir, durante años se han presentado problemas sobre la vía vehicular como lo es la acumulación de las aguas pluviales, debido a que estas calles son de macadán desde la fundación del barrio.

Las avenidas y la calle principal no cuentan con una carpeta de rodamiento adecuada, es por esto que en épocas de verano son extremadamente polvosas y en invierno se convierten en vías fangosas, por lo tanto, la población se ha visto obligada a zanjear las calles para evitar que el lodo y el fango se acumulen en un solo lugar.

De este modo, se presentan afectaciones en cuanto al transporte, salubridad e higiene, los habitantes del complejo enfrentan una situación delicada que se considera de gran importancia para la elaboración de este proyecto, el cual incluirá el pavimentado de las calles y su drenaje superficial, que ayudará a mejorar la calidad de vida de las familias.

Para la elaboración de este documento, como se mencionó anteriormente se realizará el diseño de pavimento articulado (adoquinado) de 895.55 metros para este barrio haciendo uso de la AASHTO 93, por ser uno de los métodos más confiables y utilizados. Este trabajo servirá para afianzar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería civil, de igual manera la alcaldía se beneficiará directamente al brindarles datos e información que serán de gran utilidad para una futura ejecución de este proyecto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

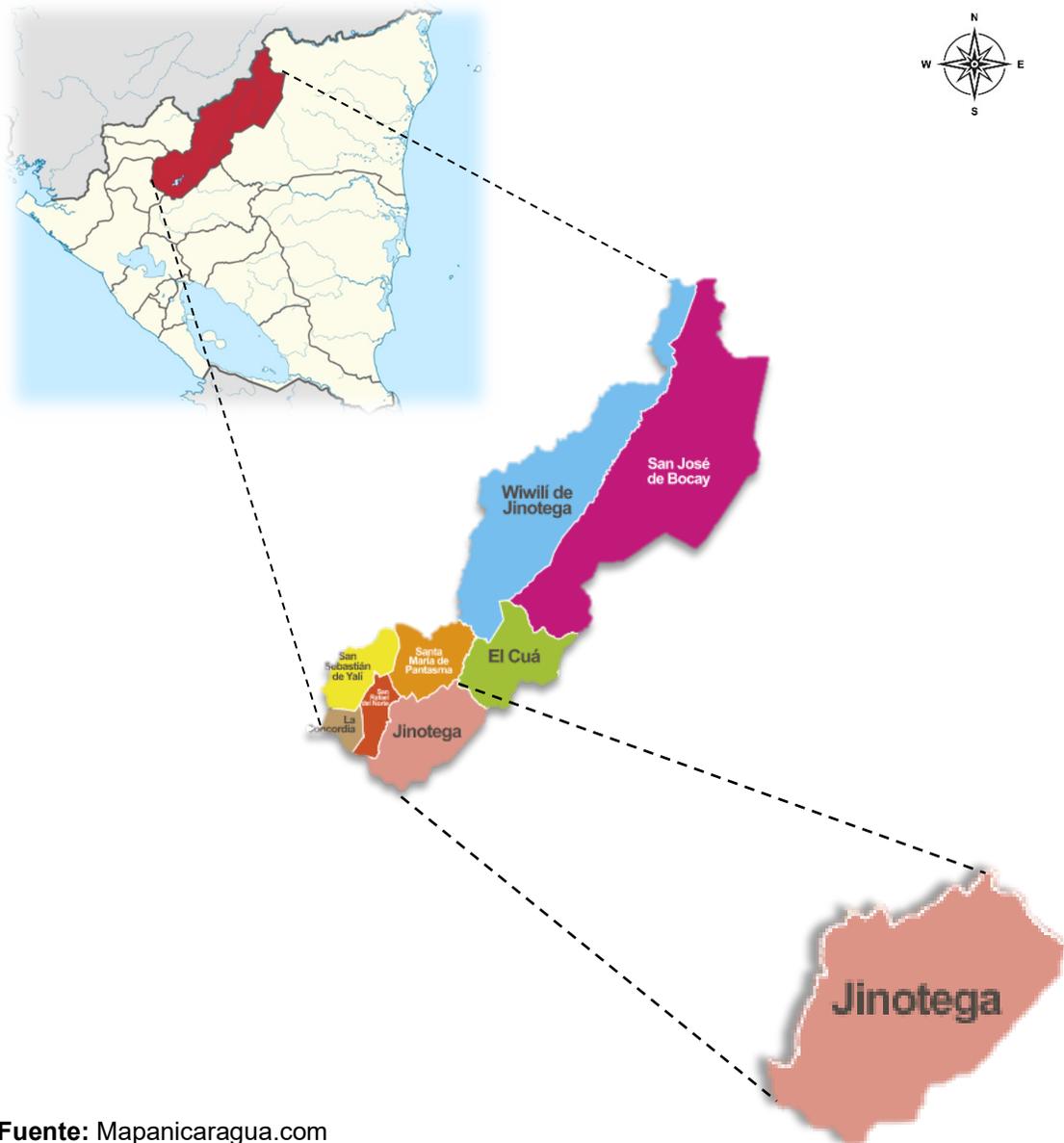
- Desarrollar el proyecto de diseño geométrico y estructura de pavimento de 900 metros de adoquinado para el complejo habitacional Amanda López Pineda incluyendo acceso al barrio en el casco urbano de Jinotega.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de tránsito en el barrio y sus puntos de acceso para determinar las cargas que actuarán en la estructura de pavimento a diseñar.
- Elaborar un estudio de suelos y analizar las propiedades físico-mecánicas obtenidas mediante ensayos de laboratorio tanto en el sitio de estudio como en los bancos de materiales.
- Llevar a cabo el levantamiento topográfico de la zona en estudio para la determinación de una rasante adecuada que permita un diseño ajustable al terreno existente.
- Determinar los espesores para la estructura de pavimento articulado aplicando el método **AASHTO 93**.
- Diseñar geométricamente el tramo aplicando la norma del Manual Centroamericano para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2004) y el manual para el Diseño Geométrico de carreteras y calles (AASHTO 2011).
- Elaborar el take off y presupuesto para determinar el costo total de la obra.

1.5. Ubicación del proyecto

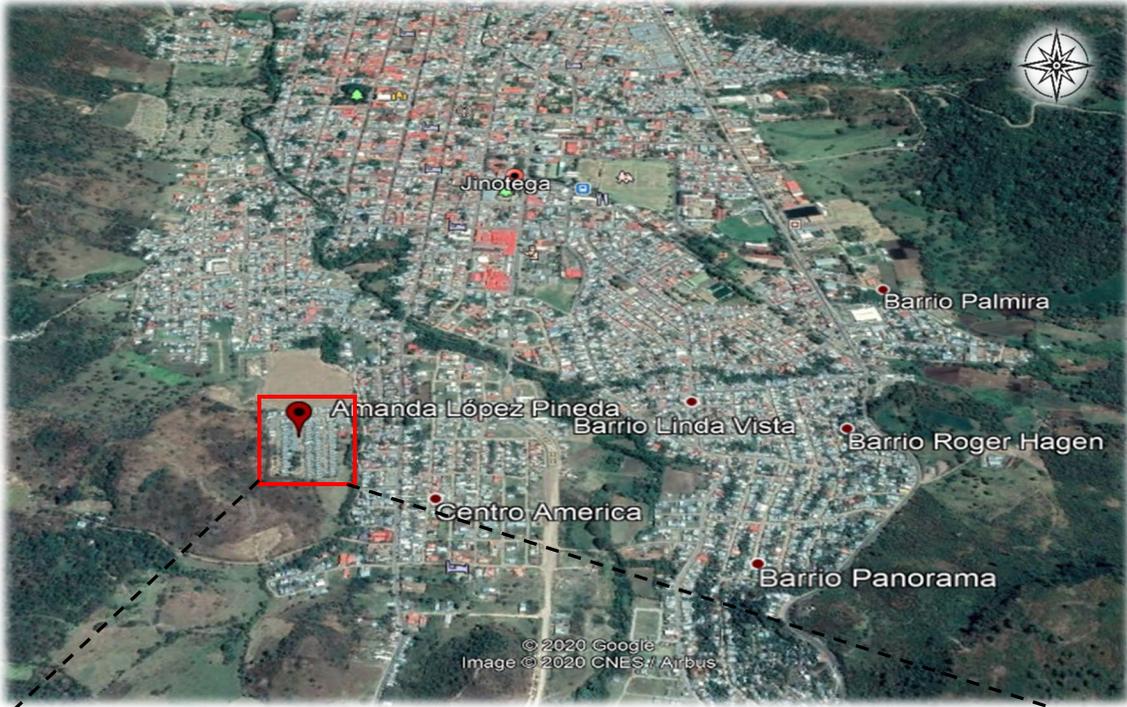
1.5.1. Macro localización



Fuente: Mapanicaragua.com

1.5.2. Micro localización

El barrio Amanda López Pineda está situado en la zona suroeste del municipio de Jinotega.



Fuente: Google Earth

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO



2.1. Introducción

El estudio de tránsito es un parámetro fundamental para el diseño geométrico y la estructura de pavimento, de manera que al realizar el análisis de tránsito permita cuantificar, clasificar y conocer el volumen real de vehículos que se desplazan por la vía, donde se pretende ejecutar la obra, arrojando datos como la intensidad de la carga y la cantidad de ejes equivalentes que harán efecto negativo sobre la estructura de pavimento.

En este capítulo se darán a conocer los datos arrojados del tránsito en el complejo habitacional Amanda López Pineda, con el propósito de ser utilizados para el diseño de pavimento semiflexible y las consideraciones para el cálculo del tránsito de carril de diseño, como se mencionó anteriormente esta información permite calcular el espesor de pavimento a diseñar mediante las cargas producidas por el tránsito, tomando en cuenta a la vez su periodo de diseño.

2.2. Volumen de tránsito

Se define al número determinado de vehículos que circulan por una vía, tramo o punto de acceso bien sea de un carril o una calzada, mediante un periodo determinado. El propósito es obtener los datos reales y actuales de los vehículos que circulan dentro del sistema vial en estudio. Este se puede expresar como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{Ecuación No. 1}$$

Donde:

Q= Vehículos que circulan por unidad de tiempo (Vehículos/ periodo).

N= Número total de vehículos que transitan (vehículos).

T= Periodo definido (unidad de tiempo).

Debido a que el tránsito no es uniforme a través del tiempo ni con respecto al espacio, este puede presentar variaciones de horas, meses e incluso variaciones

en el tránsito que circula por carril, y en dependencia de su duración se puede obtener el volumen total o absoluto:

2.2.1. Tránsito promedio diario (TPD)

Estos volúmenes son utilizados para analizar la capacidad, el diseño geométrico, diseño estructural, y cálculos estimados de recolección de impuesto de los usuarios de viabilidades.

$$TPD = \frac{\text{Acumulado de conteo vehicular por tipo de vehiculo}}{\text{Cantidad de días del aforo}} \quad \text{Ecuación No. 2}$$

Según el número de días se presentan diferentes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día:

2.2.1.1. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad \text{Ecuación No. 3}$$

TS= Tránsito Semanal

2.2.1.2. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad \text{Ecuación No. 4}$$

TM: Tránsito mensual

2.2.1.3. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El Tránsito Promedio Diario Anual, se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de un año, dividido entre los 365 días del mismo.

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad \text{Ecuación No. 5}$$

TA= Tránsito Anual

2.3. Aforos vehiculares

Es el conteo actual de tráfico, que ayuda a determinar las condiciones presentes y predecir el volumen que será atraído en el periodo de diseño seleccionado. Para que tal estudio se puede llevar a cabo se deberá seleccionar el método de conteo, entre los principales están:

- a) Aforo manual o visual.
- b) Aforo automático o mecánico.
- c) Aforo fotográfico o en movimiento.

El más práctico es el conteo manual, este es un método que funciona en obtener los datos del volumen de tránsito a partir del uso de personal de campo conocido popularmente como aforadores de tráfico, permitiendo clasificar los vehículos por tamaño, tipo, numero de ocupantes, entre otras características.

2.3.1. Tipos de estaciones de conteo vehicular

Estación de mayor cobertura (EMC)

En las estaciones de mayor cobertura se realizan conteos clasificados durante 7 días consecutivos cada uno las 24 horas, este tipo de conteo se efectúa únicamente 3 veces al año divididos en tres cuatrimestres ya que presenta un alto costo de ejecución.

Estación de corta duración (ECD)

Se realizan mayormente en tramos de pavimentos flexible y articulado, tiene como principal objetivo conocer las variaciones diarias, semanales, y estacionales de tal manera que permita aplicarse a un grupo de estaciones semejantes.

Estación de conteo sumaria (ECS)

Son realizados con un mínimo de 3 días durante 12 horas diarias (6:00 a.m. – 6:00 p.m.) presentan volúmenes de Tránsito Promedio Diario Anual menores a 300 vehículos.

2.3.2. Clasificación vehicular

Al momento de realizar el conteo vehicular es de vital importancia tomar en cuenta las características de los vehículos que circulan por el camino, ya que presentan diferencias en su tipología, es por ello que el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en su Anuario de Aforo de Trafico presenta una hoja con 17 tipos de vehículos para ser utilizada en campo. (Ver Anexos, Imagen No. 20, Pág. V).

Con el propósito de simplificar el estudio de dicha clasificación se designaron en cuatro categorías principales:

Motocicletas: Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, con o sin transporte, esta categoría incluye scooter, motonetas, motocarros, cuadra ciclos y otros triciclos a motor.

Vehículos livianos: Son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluye, automóviles, jeep, camionetas, y microbuses de uso personal.

Vehículos pesados de pasajeros: Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 5 pasajeros), Microbuses Medianos (de 25 pasajeros), y también buses medianos y grandes.

Vehículos pesados de carga: Son todos aquellos vehículos destinados al transporte pesado de carga mayores o iguales de tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2, 3, 4, 5, y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2), camiones (C3), C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de tipos (T3S2) y (T3S3), y otros vehículos para clasificación especial, como agrícolas y de construcción.

Otros: Incluye remolques o tráileres pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal.

2.4. Procesamiento y análisis de la información

Procesamiento de la información: Indica todo el trabajo de gabinete, donde se aplicarán los métodos necesarios para la obtención de los resultados apropiados al estudio.

Análisis de la información levantada en campo: Se tomará en cuenta todos los criterios que establecen los manuales y reglamentos vigentes en Nicaragua, para lograr alcanzar mejor los resultados obtenidos.

En este conteo vehicular, se ubicaron tres estaciones de conteo (ver anexos, imagen No.19, pág. IV) siendo la estación No. 1 usada para el estudio de tránsito y su proyección futura de diseño, ya que esta presenta el mayor flujo vehicular durante los tres días del aforo (ver tabla No. 2, pág. 12)

A continuación, se presenta el resumen de los datos levantados en campo, ver tabla No. 1, pag.12:

Tabla No. 1 Resultados obtenidos en aforo vehicular a un periodo de 12 horas en el Barrio Amanda López Pineda.

RESUMEN DE AFORO VEHICULAR DE 12 HRS COMPRENDIDO DEL 21 AL 23 DE JULIO DEL 2020										
Día	Motos	Vehículos de pasajeros					Vehículos de carga			Total de vehículos diurnos
		Autos	Jeep	Camionetas	Mc.Bus < 15 p	BUS > 30 P	C2 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	
Estación No. 1										
Martes	295	146	8	46	1	0	13	2	0	511
Miércoles	252	110	16	34	2	0	6	0	0	420
Jueves	237	107	8	22	2	0	3	0	2	381
Estación No. 2										
Martes	260	79	5	33	0	2	4	0	0	383
Miércoles	251	68	2	29	1	0	6	3	0	360
Jueves	234	71	2	29	0	0	3	1	1	341
Estación No. 3										
Martes	134	104	10	20	1	0	8	0	2	279
Miércoles	165	82	13	23	1	0	5	1	0	290
Jueves	146	92	3	22	1	0	6	0	1	271

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 2 Aforo vehicular de la estación No. 1 de 12 horas

TRANSITO PROMEDIO DIURNO DE 12 HRS (TPDi)									
Día	VEHÍCULOS DE PASAJEROS					VEHÍCULOS DE CARGA			Total
	Moto	Automóviles	Jeeps	Camionetas	Microbús < 15 Personas	C2 (2-5 Ton)	C2 (> 5 Ton)	C3	
Martes	295	146	8	46	1	13	2	0	511
Miércoles	252	110	16	34	2	6	0	0	420
Jueves	237	107	8	22	2	3	0	2	381
Total	784	363	32	102	5	22	2	2	1312
TPDi _{12 HRS}	261	121	11	34	2	7	1	1	438
% Vehicular	97.95					2.05			100

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1. Determinación del vector de correspondencia

Se utiliza el anuario de aforos de tráfico año 2018 debido a que este es el más actualizado hasta el momento, este presenta vectores de correspondencia que se clasifican según las características del tráfico, y según la zona en estudio. Para este caso, se hará uso de la tabla del vector geográfico de correspondencia,

clasificando al departamento de Jinotega en la región Central Norte, con vector R3, ver tabla No. 3:

Tabla No. 3 Vector Geográfico de Correspondencia

Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, <u>Jinotega</u> , Matagalpa, Boaco, Chontales
R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de Trafico 2018. MTI, pág. 16 PDF.

2.4.2. Selección de estación de corta duración asociada al flujo vehicular que circula por el barrio Amanda López

Se considera la estación de corta duración “Jinotega – Llano de la Cruz”, con número de estación 318, ya que a pesar de que se cuenta con otras estaciones que se asemejan más al flujo vehicular de la vía en estudio, estas no se encuentran dentro del departamento de Jinotega.

La estación escogida cuenta con un flujo vehicular que sobrepasa los 300 vehículos por día, esta se muestra en la imagen No. 1, pág. 14:

Imagen No. 1 Estación de corta duración asociada al tráfico que circula por la zona en estudio



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS
TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO
AÑO 2018

Nº	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Depart.	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA	
38	NIC-3	318	ECD	Jinotega - Llano La Cruz	Jinotega	2018	2978	631	477	2398	100	53	226	388	249	89		28			1	7	1	7,880	
						2012	2047	664	389	2115	45	35	234	353	428	66		20			1	1	18	6,412	
						2010	1075	352	239	1281	32	38	194	202	184	15		10				1	8	3,609	
						2008	581	288	187	878	22	45	225	170	242	18		4					4	2,640	
						2005	296	200	169	665	20	50	181	114	163	25		5			0	3	47	1,939	
						2002	245	98	184	691	15	117	190	81	164	28	5	2				2	3	1,805	
						2000	183	133	175	825	5	33	189	103	178	22		5			2		4	1,858	
EMC: 401																									
Tasa Crecimiento:						4.20%	2018	3234	1011	518	2802	109	58	245	397	270	75		28			1	8	1	8,556

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2018. MTI pág. 116 PDF.

2.4.3. Estación de mayor cobertura correspondiente a la ECD- 318

Entre las 11 estaciones de mayor cobertura existentes en Nicaragua, la estación a utilizar en este caso es la del tramo “Masaya – Granada”, la cual brindará los factores de ajustes diarios, semanales y de expansión correspondientes para la cuantificación del TPDA, dicha estación está compuesta por 28 estaciones de corta duración, siendo para este caso la ECD utilizada “Jinotega- Llano de la Cruz”.

Tabla No. 4 Dependencia de estaciones (Estación Masaya- Granada)

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
401 Masaya - Granada →	NIC-1	136	ECD	Portezuelo - El Dancing
	NIC-1	137	ECD	El Dancing - La Subasta
	NIC-1	138	ECD	La Subasta - Aeropuerto
	NIC-1	101A	ECD	Aeropuerto - Zona Franca
	NIC-2	201	ECD	Semáforo 7 Sur - Emp. Nejapa
	NIC-2	214	ECD	Emp. Nejapa - Km. 10 1/2 Carretera Sur (Regreso)
	NIC-3	318	ECD	Jinotega - Llano La Cruz
	NIC-4	423	ECD	Rotonda Centroamérica - Rotonda Jean Poul Genie
	NIC-4	424	ECD	Rotonda Jean Poul Genie - 1ra. Ent. Las Colinas
	NIC-4	425	ECD	1ra. Ent. Las Colinas - Ent. a la UNICA

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico 2018. MTI pág. 54 PDF.

2.4.4. Factores de ajustes para cuantificar TPDA

Los factores seleccionados en la estación de mayor cobertura, fueron los correspondientes al segundo cuatrimestre, comprendidos entre los meses de Mayo – Agosto del año 2018, esto debido a que el aforo realizado para la zona de estudio se efectuó del 21 al 23 de Julio del año 2020.

Imagen No. 2 Factores 2do cuatrimestre del año 2018 (EMC-401) Masaya – Granada



Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.27	1.29	1.20	1.25	1.35	1.25	1.26	1.21	1.27	1.32	1.00	1.49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50
Factor Semana	0.97	1.01	1.02	0.97	0.90	0.94	0.99	0.88	0.87	0.89	1.00	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	1.08
Factor Fin de Semana	1.09	0.98	0.95	1.09	1.37	1.20	1.03	1.52	1.60	1.46	1.00	2.10	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85
Factor Expansión a TPDA	1.10	1.21	1.35	1.21	1.24	1.31	1.24	1.11	1.09	1.15	1.00	1.08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.29

Fuente: Anuario de Trafico 2018. MTI pág. 317 PDF

2.4.5. Cálculo del TPDA

Para cuantificar el tránsito promedio diario anual es necesario hacer uso de los factores de ajustes proporcionados por la EMC - 401 Masaya-Granada, que de tal manera proporcione un TPDA al Barrio Amanda López. Este puede ser calculado mediante la ecuación No. 6

$$TPDA = TPDi_{12H} * FD * FS * FE \quad \text{Ecuación No. 6}$$

Donde:

TPDi_{12H}: Trafico Promedio Diurno 12 horas

FD: Factor Dia

FS: Factor Semana

FE: Factor Expansión (Expansión a TPDA)

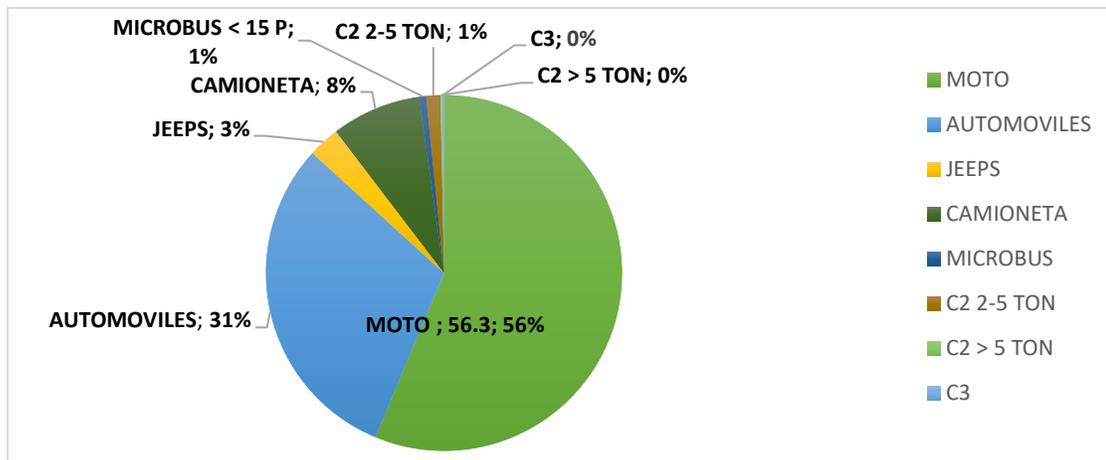
Tabla No. 5 Cálculo del TPDA, aplicando los factores de ajustes de la EMC-401 Masaya- Granada.

TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA 2020)									
Descripción	Barrio: Amanda López Pineda		Periodo: MA, MI, J		Días: 3	Horas: 12	Mes/Año: junio 2020		Longitud: 895.5 m
	Motos	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga			Total
		Autos	Jeep	Camionetas	Micro Bus < 15 p	C2 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	
TPD (12hrs)	261	121	11	34	2	7	1	1	438
Factor Dia	1.27	1.29	1.2	1.25	1.35	1.21	1.27	1.32	-
TPD (24hrs)	331	156	13	43	3	8	1	1	556
Factor Semana	0.97	1.01	1.02	0.97	0.9	0.88	0.87	0.89	-
TPDA Semanal	321	158	13	42	3	7	1	1	546
Factor Expansión TPDA	1.1	1.21	1.35	1.21	1.24	1.11	1.09	1.15	-
TPDA	353	191	18	51	4	8	1	1	627
% TPDA	56.3	30.46	2.87	8.13	0.64	1.28	0.16	0.16	-
% Vehicular	98.41				1.59			100	

Fuente: Elaboración propia.

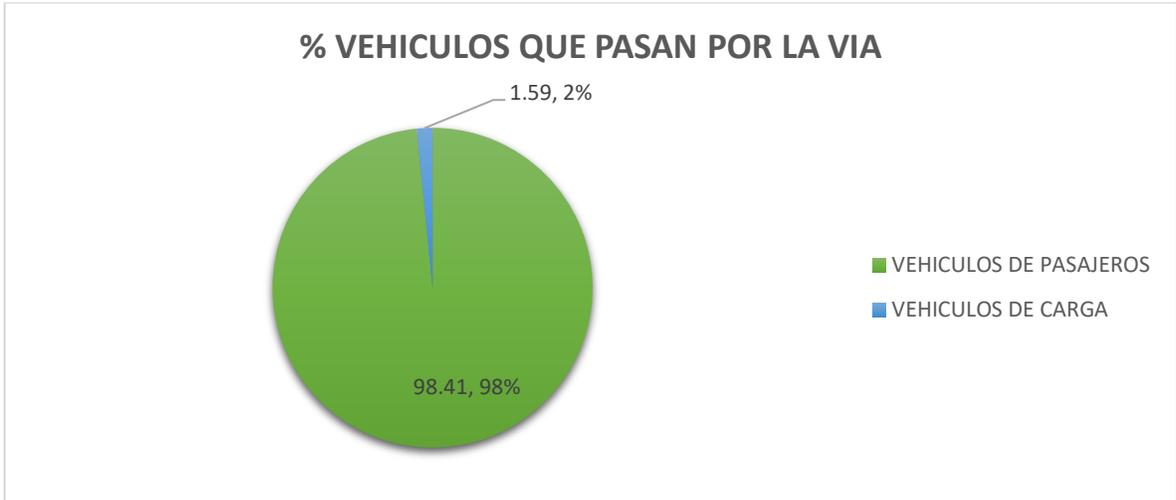
El TPDA calculado para el barrio es de 627 veh./día una vez conocido el TPDA del sitio en estudio, se determina el porcentaje de vehículos de pasajeros, y vehículos de carga que circulan por él, como se puede observar en el grafico No. 1 y No. 2 mostrados a continuación, los vehículos de pasajeros están compuestos por automóviles, jeep, camionetas, y microbús < 15 pasajeros el cual le corresponde un **98.41 %**, en el caso de los vehículos de carga están constituido por C2 de 2-5 ton y C2 > 5 ton y C3 con un **1.59%**, dando como resultado un 100%.

Gráfico No. 1 Porcentaje que circula por el barrio Amanda López Pineda según tipología vehicular



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico No. 2 Porcentaje destinado para vehículos de pasajeros y vehículos de carga que circulan sobre la vía



Fuente: Elaboración propia

2.5. Proyección de tráfico futuro

Es necesario conocer cómo se comportará el tráfico futuro, para esto conviene tomar los registros históricos del TPDA de la zona en estudio considerando la tasa vehicular a lo largo de los años, el producto interno bruto y la tasa de crecimiento poblacional, analizando cuales tasas de crecimiento son ajustables a la zona.

2.5.1. Crecimiento poblacional

El instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) analizó datos de tasas de crecimiento correspondiente a cada municipio del departamento de Jinotega comprendido de 1971 al 2005, tomándose como base el censo poblacional del año 2005, el cual fue proyectado al 30 de junio de cada año hasta llegar al año 2020, con el fin de obtener la tasa de crecimiento (TC) del departamento de Jinotega, siendo de gran utilidad para correlacionarlo con el crecimiento vehicular y el Producto Interno Bruto (PIB).

Tabla No. 6 Proyección de población en el municipio de Jinotega según INIDE

Proyecciones de población al 30 de junio por año calendario, sexo y tasa de crecimiento. Periodo 2005-2020			
Tasa de crecimiento por municipio y año	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
Jinotega			
2005	108,116	55,319	52,797
2006	110,230	56,330	53,900
2007	112,370	57,348	55,022
2008	114,530	58,371	56,159
2009	116,918	59,507	57,411
2010	119,109	60,541	58,568
2011	121,320	61,591	59,729
2012	123,548	62,647	60,901
2013	125,773	63,705	62,068
2014	127,994	64,764	63,230
2015	130,213	65,819	64,394
2016	132,442	66,921	65,521
2017	134,657	68,026	66,631
2018	136,873	69,145	67,728
2019	139,038	70,223	68,815
2020	141,349	71,311	70,038
Tasa de crecimiento			
2005-2010	1.9	1.8	2.1
2010-2015	1.4	1.3	1.5
2015-2020	1.6	1.6	1.7

Fuente: Jinotega en cifras. INIDE, Proyección de población municipal 2005-2020 revisión 2007. Cap. V. Pág. 103-118.

Según el instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), se obtuvo una tasa de crecimiento poblacional de **1.6%** correspondiente al periodo 2015-2020 para el municipio de Jinotega.

2.5.2. Crecimiento vehicular

2.5.2.1. Tasa de crecimiento

Una forma de proyectar el tráfico es con la ecuación No. 7 mostrada en la pág. 19, para hacer uso de esta ecuación, es necesario conocer previamente el TPDA de la zona.

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100 \quad \text{Ecuación. 7}$$

Donde:

TC= Tasa de crecimiento

TPDA_i= Trafico promedio diario actual.

TPDA_o= Trafico promedio diario del año base.

n= Diferencia de años.

La estación de corta duración, No. 318 Jinotega - Llano de la Cruz adecuada a la zona sirve para ver el comportamiento vehicular con respecto a los años, ver imagen No. 3 y tabla No. 7, para visualizar datos históricos:

Imagen No. 3 Datos históricos de TPDA tramo Jinotega-Llano de la Cruz.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA



DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION

DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL

OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO

AÑO 2018

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Depart.	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	MoBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton.	C2 5 + Ton.	C3	Tx-Sx <= 4s	Tx-Sx >= 5s	Cx-Rx <= 4s	Cx-Rx >= 5s	V.A	V.C	Otros	TPDA					
38	NIC-3	318	ECD	Jinotega - Llano La Cruz	Jinotega	2016	2978	931	477	2398	100	53	226	388	249	69		26			1	7	1	7,880					
						2012	2047	684	389	2115	45	35	234	353	426	66		20			1	1	16	6,412					
						2010	1075	352	239	1261	32	36	194	202	194	15		10					8	3,609					
						2008	581	288	167	876	22	45	225	170	242	18		4					4	2,540					
						2005	296	200	169	665	20	50	181	114	183	25		5			0	3	47	1,939					
						2002	245	98	164	691	15	117	190	81	164	28		5	2			2	3	1,805					
						2000	183	133	175	825	5	33	189	103	178	22		5			2		4	1,858					
						EMC: 401																							
						Tasa Crecimiento:						4.20%	2018	3234	1011	518	2902	109	58	245	397	270	75		26	1	8	1	8,556

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2018. MTI pág. 116 PDF.

Para la determinación de la tasa de crecimiento vehicular se excluyó el dato histórico del año 2000 debido al decrecimiento vehicular entre el 2000-2002 provocado por el desfavorable entorno económico que comenzó a afectar al país desde finales del 2001 que incluía crisis cafetalera, quiebras bancarias y una macroeconomía frágil, lo cual no permitió un crecimiento vehicular real en el país que al ser considerado afectaría significativamente la tasa de crecimiento vehicular final de este diseño.

Tabla No. 7 Datos históricos TPDA tramo “Jinotega-Llano de la Cruz”

DATOS HISTÓRICOS DEL TPDA TRAMO LLANO DE LA CRUZ - JINOTEGA								
ECD NIC-3 Llano de La Cruz - Jinotega								
AÑO	2002	2005	2008	2010	2012	2016	2018	TC
TPDA	1805	1939	2640	3609	6412	7880	8556	4.20

Fuente: Anuario de aforos de tráfico, año 2018.

Aplicando la ecuación No. 7 para comprobar la tasa de crecimiento vehicular del 2016 al 2018, se puede observar que en este periodo de 2 años se obtiene una tasa de crecimiento de 4.20% siendo esta la tasa actual como se logra apreciar en los datos históricos del año 2018.

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

$$TC = \left[\left(\frac{8,556}{7,880} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] * 100$$

$$TC = 4.20\%$$

2.5.2.2. Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica.

Con el fin de ponderar el resultado final se hará uso de la media geométrica considerando todos los TPDA históricos escogidos de la estación de corta duración **No. 318, código: NIC-3, tramo “Jinotega-Llano de la Cruz”**, se calculan las diferentes TC con la ecuación No. 7:

Cálculo de TC para el periodo comprendido de 2002-2005:

$$TC_n = \left[\left(\frac{1,939}{1,805} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right] * 100 = 2.42\%$$

La tasa de crecimiento obtenida entre el periodo 2002-2005 es de TC= 2.42%, de esta manera se calculará para cada uno de los periodos mostrados en la tabla No.8, pág. 21.

Tabla No. 8 Tasa de crecimiento a diferentes periodos de ECD tramo Jinotega-Llano de la Cruz.

Periodo	Tc %
2002-2005	2.42
2005-2008	10.83
2008-2010	16.92
2010-2012	33.29
2012-2016	5.29
2016-2018	4.20

Fuente: Elaboración propia

Teniendo todas las Tasas de crecimiento para cada una de los periodos, se calcula la tasa de crecimiento final aplicando la media geométrica mediante la ecuación No. 8:

$$Tf = [(TC_1 * TC_2 * TC_3 * ... * TC_n)]^{1/n} - 1 \quad \text{Ecuación No. 8}$$

Donde:

Tf: Tasa de crecimiento final.

TCn: Diversas tasas de crecimiento obtenidas de la serie histórica.

n: Cantidad de tasas de crecimiento.

$$Tf = [(2.42 * 10.83 * 16.82 * 33.29 * 5.29 * 4.20)]^{1/6} - 1 = 7.30\%$$

Obteniéndose una tasa final de 7.30%, entre el periodo comprendido del 2002-2018.

2.5.3. Producto Interno Bruto (PIB)

Son todos los bienes y servicios finales generados dentro de un país en un determinado periodo. El PIB en congruencia al poder adquisitivo (PPA) de una nación es la suma de valor de todos los bienes y servicios producidos en un país. Se utiliza como un indicador de la riqueza generada, ya sea durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo.

Partiendo de la información brindada por el Banco Central, (ver anexo, imagen No. 21, pág. No. VI), donde se aprecia el comportamiento histórico del PIB, desde el año 2006 al 2018, dichos datos están expresados en millones de córdobas.

De acuerdo a los anuarios históricos del Banco Central de Nicaragua (BCN) desde el año 2006 al 2018 el crecimiento promedio del PIB, es de 3.53% correspondiente a los datos analizados. Los datos del Producto Interno Bruto se pueden observar en anexos, imagen No. 22, pág. No. VII.

El promedio de las tasas de crecimiento del PIB entre los años 2006 al 2018, como se mencionó anteriormente es de 3.53%. ver tabla No. 9:

Tabla No. 9 PIB en millones de córdobas y su TC por año periodo comprendido del 2006-2018

AÑO	PIB EN MILLONES DE CÓRDOBAS	TC PIB %
2006	118,837.10	0
2007	124,870.30	5.1
2008	129,160.50	3.4
2009	124,907.70	-3.3
2010	130,416.30	4.4
2011	138,654.20	6.3
2012	147,661.40	6.5
2013	154,936.80	4.9
2014	162,351.30	4.8
2015	170,131.70	4.8
2016	177,894.60	4.6
2017	186,212.40	4.7
2018	179.107	-3.8
Promedio del PIB del periodo 2006 al 2018		
Tc promedio	3.53	%

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas 2018, Banco Central de Nicaragua. Pág. 6

Teniendo el porcentaje de todas las tasas de crecimiento se logra verificar que la tasa de crecimiento poblacional del municipio de Jinotega según INIDE para el periodo del año 2015 al 2020 corresponde al 1.6%, para el PIB es de 3.53% y la tasa de crecimiento vehicular escogida mediante la estación de corta duración tramo Jinotega – Llano de la Cruz No. 318 la cual da una tasa entre el periodo 2016-2018 de 4.20%, cabe mencionar que para esta última variable se calculó también aplicando el método de media geométrica con los mismos datos históricos de la ECD para ver el comportamiento más detallado de las diversas tasas a través de los años, resultando una tasa de crecimiento final de 7.30%, siendo este un porcentaje demasiado alto en comparación a las demás variables. Por lo tanto, se propone una tasa de crecimiento vehicular para la proyección de tráfico futuro de la zona promediando la Tc poblacional y la del PIB siendo la tasa de crecimiento a utilizar de **2.57%** (Ver tabla No. 10), debido a que el barrio limita con propiedades privadas y cerros aledaños, por lo tanto, el barrio no se puede expandir.

Tabla No. 10 Resumen de las diferentes tasas de crecimiento consideradas

Tasas de Crecimiento	
VARIABLES A ANALIZAR	Tasa de Crecimiento %
Crecimiento Poblacional Jinotega Periodo 2015-2020 según INIDE	1.6
Crecimiento Vehicular ECD Jinotega - Llano de La Cruz según Anuario de Afros de Trafico, Año 2018	TC período 2016 - 2018 = 4.20%
	TC aplicando la media geométrica al TPDA histórico ECD Jinotega – Llano de La Cruz= 7.30%
Promedio del PIB según el Banco Central de Nicaragua	3.53
Tasa de crecimiento vehicular final promedio de PIB y tasa poblacional	2.57

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Tránsito de diseño

2.6.1. Periodo de diseño

El periodo de análisis de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento, tomando en cuenta las variaciones del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones de este se empiecen a alterar manera significativa.

En la guía para designar la estructura de pavimento, AASHTO 93 presenta periodos recomendados en dependencia de la vía actual:

Tabla No. 11 Periodo de diseño para pavimentos según AASHTO

Condición de la vía	Periodo de diseño en años
Alto volumen de transito urbano	30 - 50
Alto volumen de transito rural	20 - 50
Bajo volumen pavimentado	15 - 25
Bajo volumen de tráfico con superficie de agregado	10 - 20

Fuente: AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993. Design Requirements. Pág. 97 PDF.

La tabla No. 11 indica que la condición de una vía de bajo volumen de tráfico con superficies de agregado, comprende un periodo de diseño entre 10 a 20 años, en este caso se considera que el pavimento del barrio sea diseñado para 15 años.

2.6.2. Factor Direccional (FD)

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que pertenece a la cantidad de vehículos que circulan en una dirección o sentido de tráfico, generalmente este corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones. Ver tabla No. 12, pág. 25

Tabla No. 12 Factor de distribución direccional

No. de carriles en ambas direcciones	FD (%)
2	50 = 0.5
4	45 = 0.45
6 o Mas	40 = 0.4

Fuente: AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993. Design Requirements.

Pág. 97 PDF.

2.6.3. Factor distribución carril (FC')

Este factor es representado como una relación, correspondiente al carril que recibe el mayor número de ESAL'S. es decir, se selecciona el número de carriles por sentido para los cuales se está diseñando, el factor carril a utilizar en este diseño será del 100% ya que, en un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño.

Tabla No. 13 Factor de distribución por carril

Número de carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (FC', %)
1	100 = 1
2	80-100 = 0.80-1
3	60-80 = 0.60-0.80
4 o mas	50-75 = 0.50-0.75

Fuente: AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993. Design Requirements. Pag. 97 PDF.

2.6.4. Factor de crecimiento (FC)

Este factor estará en dependencia de los años que será proyectado el tránsito, y su tasa de aumento anual vehicular, de igual manera indicará el aumento del flujo vehicular en el periodo de diseño.

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} * 365 \quad \text{Ecuación No. 9}$$

Donde:

FC: Factor de crecimiento

i: Tasa de crecimiento del tránsito

n: Periodo de diseño (años)

365: Días del año

El Barrio Amanda López Pineda tendrá una proyección de 15 años y una tasa vehicular de 2.57%, dando un factor de crecimiento de:

$$FC = \frac{(1 + 0.0257)^{15} - 1}{0.0257} * 365$$

$$FC = 6,578.599$$

$$FC = 6,579$$

2.6.5. Tránsito proyectado para el año 2035

Para el tránsito proyectado a 15 años, se usa la ecuación No. 10, la cual toma en cuenta el tránsito actual del 2020, su tasa de crecimiento de 2.57% y el periodo de diseño.

$$T_n = T_o * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación No. 10}$$

Donde:

T_n: Tránsito proyectado al año n

T_o: Tránsito inicial en el año n

i: Tasa de crecimiento anual en %

n: Número de años en el periodo de diseño

Sustituyendo a manera de ejemplo en la ecuación No. 10, se obtiene:

$$T_n = 353 * (1 + 0.0257)^{15}$$

$$T_n = 517 \text{ veh/días}$$

Tabla No. 14 Proyección del tráfico al año 2035

Proyección del tráfico al año 2035				
Tipo de vehículo	TPDA ₂₀₂₀ (veh/días)	TC	n	TPDA Proyectado 2035 (veh/días)
Moto	353	0.0257	15	517
Automóviles	191	0.0257	15	280
Jeeps	18	0.0257	15	27
Camionetas	51	0.0257	15	75
Microbús	4	0.0257	15	6
C2 2-5 Ton	8	0.0257	15	12
C2 > 5 Ton	1	0.0257	15	2
C3	1	0.0257	15	2
Total	627			921

Fuente: Elaboración propia.

2.6.6. Tránsito de diseño

El factor direccional es de 50% equivalente a 0.5, debido a que la vía a diseñar será de 2 carriles, en el caso del factor carril este será escogido de 100%, ya que solo habrá un carril destinado por cada dirección.

$$TD = TPDA_0 * FC * FD * FC' \quad \text{Ecuación No. 11}$$

Donde:

TPDA₀= Tránsito Promedio Diario Anual del año cero.

FC= Factor de crecimiento

FD= Factor direccional

FC'= Factor carril

Sustituyendo a manera de ejemplo en la ecuación No. 11, se obtiene:

$$TD = 353 * 6,579 * 0.5 * 1$$

$$TD = 1,161,194 \text{ veh}$$

En la tabla No. 15 se muestra el tránsito de diseño por tipo de vehículo aplicando la ecuación No. 11 antes mostrada:

Tabla No. 15 Tránsito de diseño por tipología vehicular

Tránsito de diseño					
Tipo de vehículo	TPDA₂₀₂₀ (veh/día)	FC	FD	FC'	TD (veh)
Moto	353	6,579	0.5	1	1,161,194
Automóviles	191	6,579	0.5	1	628,295
Jeeps	18	6,579	0.5	1	59,211
Camionetas	51	6,579	0.5	1	167,765
Microbús	4	6,579	0.5	1	13,158
C2 2-5 Ton	8	6,579	0.5	1	26,316
C2 > 5 Ton	1	6,579	0.5	1	3,290
C3	1	6,579	0.5	1	3,290
Total					2,062,519

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: ESTUDIOS DE SUELOS



3.1. Introducción

Conocer el tipo de suelo es un parámetro indispensable para el diseño de una estructura de pavimento de calidad, ante esto es necesario realizar un estudio de suelos que haga posible determinar las características físico-mecánicas del terreno en donde se construirá la vía de comunicación terrestre.

Debido a que es común encontrar suelos que no son completamente adecuados, esto por no presentar las características deseadas para el diseño de la estructura de pavimento, es necesario localizar los bancos de materiales más cercanos a la zona del proyecto, y, por lo tanto, hacer los estudios correspondientes para determinar cuál puede adaptarse mejor al suelo existente en el tramo, logrando de tal manera modificar sus propiedades para que sea capaz de cumplir con los requerimientos esperados.

En este capítulo se presentan los resultados del estudio de suelo realizado en el tramo vial “Complejo Habitacional Amanda López Pineda”, el cual se efectuó mediante pruebas de laboratorio realizadas a las muestras sustraídas por medio de sondeos manuales, de igual manera, se presentan los resultados de los estudios del banco de materiales considerado como posible fuente de préstamo, dicho informe fue proporcionado por la empresa Lacayo-Fiallos.

Tabla No. 16 Ensayos realizados para el barrio y banco de materiales

Ensayo	Designación ASTM	Designación AASHTO
Análisis granulométrico	D 422	T-88
Contenido de humedad	D 2216	T-265
Límite líquido	D 4318	T-89
Límite Plástico	D 4318	T-90
Clasificación de suelos	D 3282	M-145
C.B. R	D 1883	T- 193
Proctor estándar	D 698	T-99
Proctor modificado	D-422	T-180
Desgaste de los ángeles (Solo en banco de materiales)	C-131	T-96

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

3.2. Clasificación de los suelos

La clasificación de los suelos se basa en los resultados del ensayo de laboratorio prescrito para la determinación de las características granulométricas y de plasticidad. Aquellos que tienen propiedades similares pueden clasificarse en el grupo al que mejor encajen según los sistemas de clasificación de suelos, entre los más comunes se tienen: Sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y SUCS (Soil Unified Classification System).

3.2.1. Clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Actualmente es muy utilizado en obras viales de la ingeniería, su objetivo es juzgar la aceptabilidad de un suelo para ser utilizado como material de subbase y base en un pavimento, esto por medio de la medición numérica de la calidad de suelo luego de determinar el índice de grupo (IG).

Según este sistema el suelo está dividido en siete grupos principales los cuales van de A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz No 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz No 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 los cuales son principalmente limo y arcilla. En la página XI de anexos, imagen No. 24 se muestra una tabla donde se detalla la clasificación de suelos AASHTO.

Básicamente, el sistema AASHTO dice que:

- Grava: Pasa el tamiz de 3" (75mm) y es retenida por el tamiz número 10 (2mm)
- Arena gruesa: Pasa el tamiz número 10 (2mm) y es retenida en el tamiz número 200 (0.075mm)
- Limo y arcilla: Pasa por el tamiz número 200.

3.2.2. Clasificación SUCS

El sistema SUCS es comúnmente utilizado para cimentaciones, puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y clasifica suelos con tamaños menores de tres (3) pulgadas y los clasifica en dos grandes categorías:

- Suelos de grano grueso: grava y arena con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava, y S para la arena o suelo arenoso.
- Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

3.3. Trabajo de campo

3.3.1. Sondeos sobre la vía

Se realizaron 8 sondeos manuales a lo largo de todo el tramo en estudio de los cuales se adquirieron un total de 19 muestras, estos se hicieron en puntos de intersecciones de las calles y al centro de estas. Las dimensiones de los sondeos son entre 0.15-0.20 m de diámetro y una profundidad de 1.5 m, sin embargo, esta última varió según la dureza del terreno. A cada una de las muestras tomadas se le hizo clasificación visual y al tacto (Norma ASTM D2488) y luego se le colocó una tarjeta de identificación a cada bolsa plástica en donde se almacenó cada una, también se incluyó una submuestra de cada una de ellas para la obtención del contenido de humedad, finalmente estas fueron trasladadas al laboratorio GEONIC para la ejecución de sus respectivos ensayos.

La ubicación topográfica de cada sondeo manual se presenta en la tabla No. 17, página No. 32.

Tabla No.17 Ubicación topográfica de sondeos

Ubicación topográfica de los sondeos				
Estación	Calle	Norte	Este	Descripción
0+000	Acceso	1446482	608209	SM-1
0+100	Acceso	1446385	608234	SM-2
0+090	Principal	1446343	608203	SM-3
0+020	Tercera calle	1446323	608093	SM-4
0+090	Tercera calle	1446219	608086	SM-5
0+190	Tercera calle	1446168	608149	SM-6
0+040	Segunda calle	1446247	608145	SM-7
0+100	Primera calle	1446268	608187	SM-8

Fuente: Elaboración propia

Ver plano de ubicación de sondeos manuales en anexos, imagen 23 pág. VIII.

3.4. Trabajo de laboratorio

A las muestras enviadas al laboratorio se les realizaron los ensayos necesarios para determinar las características de los suelos existentes en la calzada del tramo en estudio y de esta manera, poder obtener una clasificación de estos.

Los resultados de cada ensayo antes mencionado y las columnas estratigráficas para las muestras de la línea se detallan en la tabla No. 18 e imagen No. 4 mostrados a continuación:

Tabla No.18 Resumen de ensayos de laboratorio

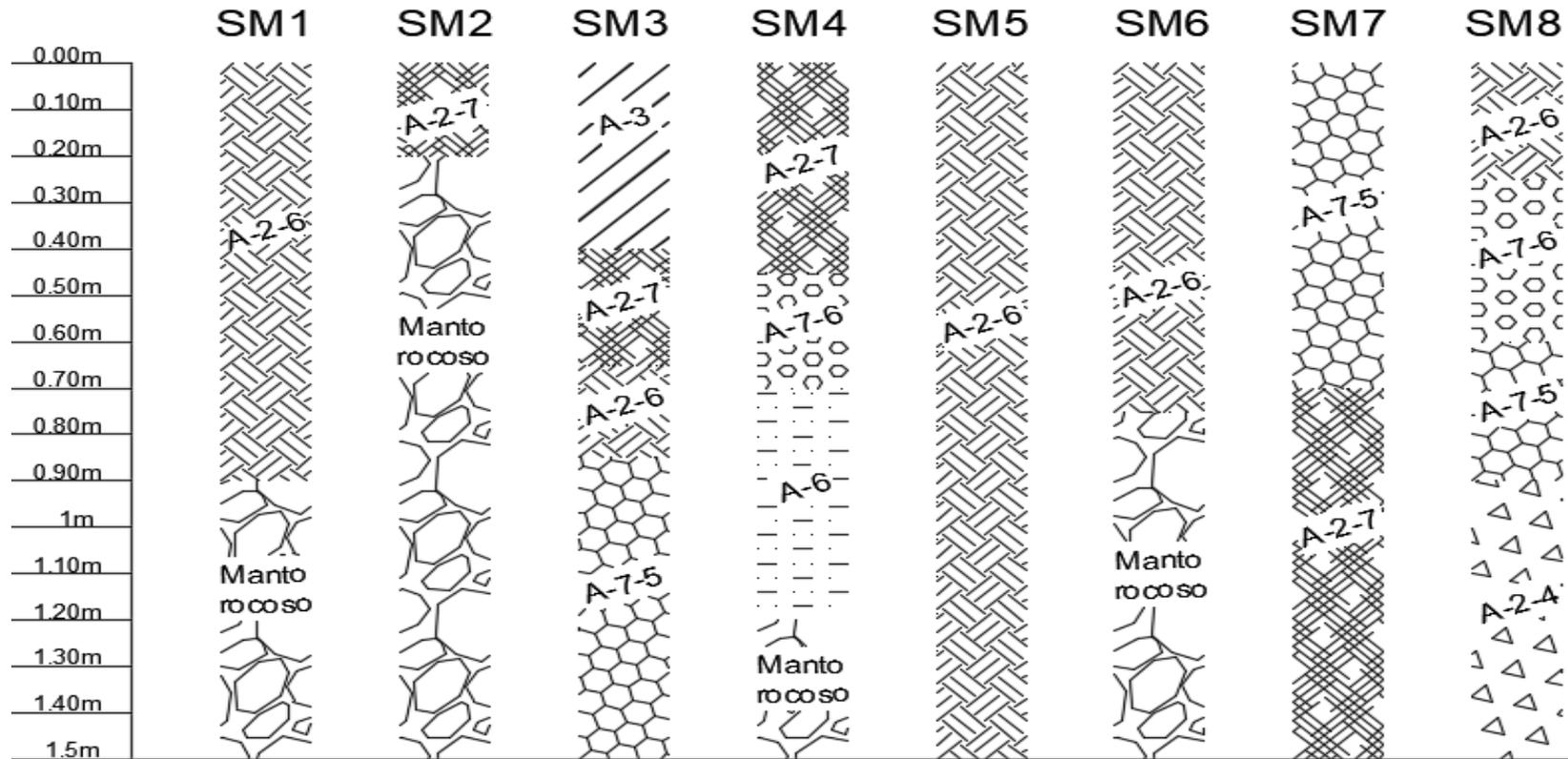
RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS																					
Sondeo	Prof. en cm	N.º muestra	% Que pasa por tamiz										L.L %	L.P %	I.P %	Clasif. AASHTO	% G	% A	% F	Humedad (%)	Descripción
			2"	1 1/2 "	1 "	3/4"	1/2"	3/8"	N.º 4	N.º 10	Nº40	Nº200									
1	0.00-0.75	1	100	97	83	76	63	54	41	33	24	19	40	29	11	A-2-6	59	22	19	6.60%	Grava Arcillosa Y Arena. Ig: 3 (De Excelente A Buena)
	0.75-0.90	2	-	100	78	72	64	59	52	47	29	13	40	29	11	A-2-6	48	39	13	8.13%	Índice De Grupo: 0
2	0.00-0.20	3	81	66	56	49	39	34	25	21	17	15	43	25	18	A-2-7	75	10	15	7.44%	Grava Limosa O Arcillosa Con Arena Ig: 0 (De Exc. A Buena)
3	0.00-0.40	4	-	-	-	100	91	80	66	55	30	19	N.P			A-3	34	47	19	11.07%	No Plástico (I.G:0)
	0.40-0.65	5	-	-	-	100	68	60	41	32	21	17	44	29	15	A-2-7	59	24	17	9.01%	Grava Limo Arcillosa Con Arena Ig:0
	0.65-0.85	6	-	-	-	-	-	-	100	78	48	34	40	24	16	A-2-6	0	66	34	15.06%	Grava Limosa O Arcillosa Y Arena Ig: 1 (De Exc. A Buena)
	0.85-1.50	7	-	-	-	-	-	-	100	95	84	78	58	33	25	A-7-5	0	22	78	20.30%	Arcilloso Ig:22 (De Reg. A Pobre)

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS																					
Sondeo	Prof. en cm	N.º muestra	% Que pasa por tamiz										L.L %	L.P %	I.P %	Clasif. AASHTO	% G	% A	% F	Humedad (%)	Descripción
			2"	1 1/2 "	1 "	3/4"	1/2"	3/8"	N.º 4	N.º 10	Nº40	Nº200									
4	0.00-0.45	8	-	-	100	89	79	65	37	33	26	22	46	31	15	A-2-7	63	15	22	15.30%	Grava Limosa O Arcillosa /Arena Ig:0
	0.45-0.70	9	-	-	-	-	-	-	100	83	70	61	43	24	19	A-7-6	0	39	61	13.40%	Arcilloso Ig: 10 (De Reg. A Pobre)
	0.70-1.20	10	-	-	-	-	-	-	-	100	84	54	44	38	25	13	A-6	0	56	44	15.20%
5	0.00-1.5	11	-	100	93	85	76	69	54	46	29	17	38	23	15	A-2-6	46	37	17	7.70%	Grava Limosa O Arcillosa Con Poca Arena I.G: 0 (De Exc. A Buena)
6	0.00-0.20	12	84	74	65	59	43	37	26	21	15	13	37	25	12	A-2-6	74	13	13	8.60%	Grava Limosa O Arcillosa Con Poca Arena I.G: 0 (De Exc. A Buena)
	0.20-0.75	13	-	-	-	100	93	89	76	68	40	23	40	29	11	A-2-6	24	53	23	12.10%	Grava Limosa O Arcillosa Con Poca Arena I.G:0 (De Exc. A Buena)
7	0.00-0.70	14	-	-	-	-	-	-	100	89	71	62	49	32	17	A-7-5	0	38	62	12.50%	Suelo Arcilloso Ig: 10 (De Reg. A Pobre)
	0.70-1.5	15	-	-	-	-	100	90	70	59	43	35	43	28	15	A-2-7	30	35	35	3.60%	Grava Limosa O Arcillosa Con Poca Arena I.G:1 (De Exc. A Buena)
8	0.00-0.25	16	-	-	100	82	69	61	47	36	24	18	33	21	12	A-2-6	53	29	18	13.10%	Grava Limosa O Arcillosa Con Poca Arena I.G: 0 (De Exc. A Buena)
	0.25-0.60	17	-	-	-	-	-	-	100	95	83	79	53	25	28	A-7-6	-	21	79	9.80%	Suelo Arcilloso I.G: 23 (De Reg. A Pobre)
	0.60-0.90	18	-	-	-	-	-	-	100	96	89	84	67	43	24	A-7-5	0	16	84	12.80%	Suelo Arcilloso Ig:26 (De Reg. A Pobre)
	0.90-1.5	19	-	100	87	80	74	67	45	38	33	30	38	30	8	A-2-4	55	15	30	12.70%	Grava Limosa Y Arcillosa Con Arena Ig: 0 (De Exc. A Buena)

Fuente: Elaboración propia

Imagen No.4 Columnas estratigráficas del sitio en estudio



Fuente: Elaboración propia. AutoCAD

No es posible trazar la subrasante con respecto a las columnas estratigráficas ya que los sondeos corresponden a distintas calles, para visualizar cada sondeo con respecto al terreno natural y la rasante, ver del plano 02 al plano 07 en anexos.

3.4.1. Ensayos de compactación

Es el proceso de aplicación de carga sobre una mezcla de suelo con su consecuente reducción de volumen y aumento de densidad, con esto se reduce su compresibilidad, incrementa su resistencia al esfuerzo cortante y es más impermeable. Con los ensayos se pretende determinar cuál es la humedad que se requiere para conseguir la densidad seca máxima que puede tener el suelo con una energía de compactación.

Según la clasificación AASHTO obtenida para cada muestra, se agruparon aquellas que poseen características similares con el objetivo de simplificar la cantidad de estas, se obtuvieron un total de 3 nuevas muestras, a estas se les realizó las pruebas de proctor estándar, proctor modificado y prueba de C.B.R.

Los grupos o nuevas muestras quedaron conformados de la siguiente manera:

- **Grupo No. 1:** A-2-6, el cual está presente en las muestras 1,2 (SM1), 6 (SM3),11 (SM5),12, 13(SM6) y 16 (SM8).
- **Grupo No. 2:** A-2-7, el cual estaba presente en las muestras 3 (SM2),5 (SM3), 8 (SM4) y 15 (SM7).
- **Grupo No. 3:** En este grupo se colocaron las muestras con clasificación A-7-5 y A-7-6 ya que estas poseen características similares, las muestras que poseen esta clasificación son: 7 (SM3), 9 (SM4), 14 (SM7), 17 y 18 (SM8).

La prueba de proctor modificado consiste en dejar caer un peso (pistón) de 5 kg a una altura de aproximadamente 45 centímetros, compactando la tierra en 5 camadas con 56 golpes y el proctor estándar consiste en dejar caer un peso (pistón) de 2.5 kg a una altura de aproximadamente 30 centímetros, compactando la tierra en 3 camadas con 25 golpes.

De los grupos antes mencionados, al grupo No. 1 se le realizó prueba de proctor modificado y a los grupos No.2 y No.3 proctor estándar; se muestran los

resultados de dichos ensayos en anexos, de la tabla No. 55 a la tabla No. 57, pág. XII-XIV.

Tabla No. 19: Resultados finales de ensayos de compactación

Proctor modificado		
Muestra No. 1	Humedad óptima	21%
	Densidad máxima	1,704 kg/m ³
Proctor estándar		
Muestra No. 2	Humedad óptima	21%
	Densidad máxima	1,723 kg/m ³
Muestra No. 3	Humedad óptima	17%
	Densidad máxima	1,591kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Ensayo de valor soporte california C.B.R

El índice de California es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad controladas, su objetivo es simular las condiciones de saturación a las cuales van a estar sometidos los suelos como la subrasante de una carretera, obteniendo de esta forma las condiciones más críticas a las que va a estar sometido el suelo por acción de cargas vehiculares.

Este ensayo es una variable de suma importancia para la cuantificación de los espesores de pavimento, por ello se realizó el ensayo de C.B.R a los 3 grupos que se obtuvieron de las muestras de la línea vial luego de haber realizado los ensayos de clasificación de suelos.

Para la realización de este ensayo las muestras fueron compactadas y saturadas por un periodo de 96 horas, seguido de esto se hicieron las lecturas de penetración para encontrar los respectivos valores de CBR a una penetración de 0.1" y 0.2".

El CBR está dado por la siguiente ecuación:

$$C.B.R = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100 \quad (\text{Ecuación No. 12})$$

Donde los valores de carga unitaria patrón se muestran en la tabla No. 20:

Tabla No. 20 Carga unitaria patrón

Penetración			Carga unitaria patrón		
Milímetros (mm)	Centímetros (cm)	Pulgadas (pulg.)	kg/cm ²	MPa	PSI
2.5	0.25	0.1	70.31	6.9	1,000
5	0.5	0.2	105.46	10.3	1,500
7.5	0.75	0.3	133.58	13	1,900
10	0.1	0.4	161.71	16	2,300
12.7	1.27	0.5	182.8	18	2,600

Fuente: Guía de laboratorio de Mecánica de Suelos I, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción, Pág. 104.

3.4.2.1. Ensaye CBR de la línea

Para cada muestra se trabajaron 3 moldes con distinta energía de compactación (10, 25 y 56 golpes respectivamente) a excepción de la última que se trabajó con 2 moldes ya que no se contaba con material suficiente (25 y 56 golpes).

Ya que los valores de CBR son mayores a una penetración de 0.1", estos fueron los utilizados para la elaboración de las gráficas Densidad vs CBR, de esta forma se encontraron los valores de CBR correspondientes al 95% de densidad seca máxima del proctor para cada una de las muestras, estas densidades fueron establecidas anteriormente en los ensayos de proctor estándar y modificado.

En las tablas No. 58 a la 60 de la página XV a la XVII de anexos, se muestran los resultados detallados de los ensayos de soporte de California para el barrio.

Los valores finales de CBR para cada grupo se detallan en la tabla No. 21:

Tabla No. 21 Resumen de CBR por grupo

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Proctor máxima densidad seca (kg/m ³)	1704	1723	1591
95% Proctor máxima densidad seca (kg/m ³)	1618.7	1636.85	1511.45
% CBR	22.2	5.85	0.9

Fuente: Elaboración propia.

A como se puede observar en la tabla anterior, el CBR del grupo 3 es muy bajo, se forma por suelos del grupo A-7-5 y A-7-6 los cuales corresponden a suelos arcillosos, estos se encuentran presentes en la segunda y primera calle con profundidades de 0.70 m y 0.90 m respectivamente, de igual manera, en el SM4 ubicado al inicio de la tercera calle se tiene presente suelo A-7-6 y A-6 desde una profundidad de 0.45 m hasta 1.20 m, por lo que se recomienda remover el suelo hasta la profundidad indicada en tabla No. 90, pág. No. LXXVI en anexos y ser sustituido con material de préstamo, para que estos no afecten la estructura de pavimento.

En el grupo número 2 se tiene tipo de suelo A-2-7, según los sondeos manuales realizados este se encuentra a pequeñas profundidades y en algunas situaciones, como en el SM2 y SM4 este se encuentra en el primer estrato por debajo del terreno natural, por lo cual deberá ser removido para colocar la nueva estructura de pavimento, es por este motivo que no se considera ni el grupo No. 2 y No. 3 para el C.B.R de diseño, ya que este afectaría significativamente el C.B.R del grupo número 1, la cual predomina en la mayoría de los sondeos realizados, por lo tanto, el C.B.R de diseño será de 22.2% clasificándose como material bueno para subrasante (Ver tabla No. 61, No. XVII en anexos)

Por las razones antes mencionadas se dividirá el barrio en dos tramos, indicando el tramo No. 1 que estará conformado por el suelo natural del barrio, y el tramo No. 2 que corresponderá a la zona inestable donde se deberá sustituir el material del barrio con material de banco, el cual actuará como nueva subrasante en dicho tramo.

Tabla No. 22 División de tramos por calle

Descripción	Tramo No. 1		Tramo No. 2	
	Est. Inicial	Est. Final	Est. Inicial	Est. Final
Calle de acceso	0+000	0+198.91	-	-
Calle Principal	0+000	0+100	0+100	0+140
Primera calle	0+140	0+178.15	0+000	0+140
Segunda calle	0+000	0+010	0+010	0+116
Tercera calle	0+050	0+260	0+000	0+050

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Sondeos en banco de materiales Maná del Cielo

Según el informe geotécnico brindado por la empresa Lacayo Fiallos la ubicación más próxima para la extracción de material a la vía en estudio está situada sobre la carretera Jinotega - San Rafael del Norte, aproximadamente a unos 300 m antes de llegar al empalme Las Lomas. La fuente de material tiene como nombre Mana del Cielo, contiene un volumen de 15,000 m³ y se encuentra en fase de explotación.

Para la realización del muestreo in situ, primeramente, se determinó con ayuda de un navegador manual de excelente precisión 3 calicatas, a una profundidad máxima de 3 m con ayuda de una retroexcavadora y en otras se realizaron sondeos manuales, cabe destacar que no fue posible cumplir con dicha profundidad en algunos sondeos, debido a la alta dureza de material rocoso subyacente.

Una vez localizadas las calicatas se procedió a tomar las muestras correspondientes del material en cada una de ellas, con el fin de determinar las características físico-mecánicas. En la tabla No. 23 mostrada a continuación se presenta un resumen de los resultados de granulometría y plasticidad.

Tabla No. 23 Resultados de ensayo en banco de materiales

RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS BANCO "MANA DEL CIELO"																							
Calicata	Prof. (m)	Muestra N.º	% Que pasa por tamiz												L.L %	L.P %	I.P %	Clasif. AASHTO	% G	% A	% F	Humedad %	Descripción
			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200									
1	0.00-2.00	1	93	93	66	47	30	20	17	14	11	8	6	6	37	20	17	A-2-6 (0)	89	5	6	4.1	Grava con arcilla de baja compresibilidad color gris amarillento
2	0.00-1.60	1	84	72	67	57	40	33	27	24	18	13	10	9	44	25	19	A-2-7 (0)	82	9	9	9.5	Grava con arcilla color café con pintas gris claro y amarillento
2	1.60-3.00	2	100	100	81	73	57	36	23	16	12	9	7	6	38	25	13	A-2-6 (0)	88	6	6	9.9	Grava con limo arcilloso de baja compresibilidad color café con pintas gris claro y amarillento
3	0.00-3.00	1	100	100	78	65	47	38	28	23	15	9	9	8	43	29	14	A-2-7 (0)	85	7	8	6.7	Grava con limo arcilloso color gris amarillento

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

3.5.1. Ensayos de compactación en banco de materiales

3.5.1.1. Proctor Modificado

A todas las muestras sustraídas se les realizó ensayos de compactación proctor modificado, los resultados obtenidos en las calicatas No. 1 y No. 2 muestra No. 1 arrojaron características semejantes, por lo tanto, se presentará un solo resultado para estas, de igual manera para la calicata No. 2, muestra No. 2 y calicata No. 3, muestra No. 1.

Ver resultados de los ensayos de compactación en tablas No. 62 - 63 en anexos, pág. XVIII-XIX:

Tabla No. 24 Resultados finales de ensayos de compactación

Calicata No. 1 – calicata No.2, muestra No. 1 respectivamente	
Humedad optima (%):	18.9
Densidad máxima (kg/m ³):	1,874
Calicata No. 2 muestra No, 2 - Calicata No. 3, muestra No. 1	
Humedad optima (%):	18.1
Densidad máxima (kg/m ³):	1,800

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Resultado final de desgaste de los ángeles

El propósito de esta prueba es determinar la resistencia a la abrasión y trituración de los agregados gruesos mediante la máquina de los Ángeles.

Este ensayo se realizó únicamente a las calicatas No. 1 y calicata No. 3, muestra No. 1 respectivamente, dando como resultado un porcentaje de desgaste definitivo de 17.8. Para ver tabla de resultados completos de este ensayo ir, tabla No. 64 pág. XX, en anexos.

3.5.2. Resultados de CBR en banco de materiales

Una vez clasificado el suelo en cada una de las calicatas para identificar los tipos de suelos existentes se agruparon por sus características semejantes, para posteriormente determinar su Valor Soporte California el cual permite evaluar y

medir la calidad del suelo. Las muestras fueron compactadas al 90, 95 y 100% del Proctor Modificado, sometiéndolas a 96 horas de saturación, ver tablas No. 65-68 pág. XX-XXII, en anexos.

Los valores obtenidos del CBR en el banco fueron utilizados para la penetración de 0.2” en el caso de la calicata No. 1 y No. 2, muestra No.1 respectivamente, debido a que en los ensayos realizados dieron mayor que 0.1”. En cuanto a la calicata No. 2, muestra No. 2 y calicata No. 3, muestra No. 1 los valores para 0.1” dieron mayores que 0.2” dejando los valores para 0.1” como lo indica la norma ASTM D-1883. Ver valores en la tabla No. 25:

Tabla No. 25 CBR para densidad seca máxima encontrada en proctor modificado

	Calicata. No. 1 y 2, muestra No. 1	Calicata No. 2, muestra No. 2 y calicata No. 3, muestra No. 1
Proctor máxima densidad seca (kg/m³)	1,874	1,800
95% Proctor máxima densidad seca(kg/m³)	1,780.3	1,710
% C.B.R.	59	50

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Para determinar el CBR de diseño del banco, se realiza a través del promedio aritmético, el cual consiste en agrupar cada uno de los valores de CBR obtenidos y dividir entre el total de datos agrupados, con el objetivo de obtener un número promedio de todos los CBR, y de esta manera encontrar el CBR de diseño a utilizar, cabe mencionar que a manera de comprobación se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación, ya que está sujeto a diferentes rangos de precisión para determinar si el promedio aritmético presenta valores de confianza para ser utilizado.

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - X)^2}{N - 1}} \quad (Ec. 13)$$

Donde:

σ = Desviación estándar.

$\sum(Xi - X)^2$ = Suma de los valores iniciales menos el valor medio.

N-1 = Numero total de datos menos 1.

Coefficiente de variación:

$$\emptyset(\%) = \frac{\sigma}{CBR_{diseño}} * 100 \quad (Ec. 14)$$

Donde:

$\emptyset(\%)$ = Coeficiente de variación en porcentaje.

σ = Desviación estándar.

$CBR_{diseño}$ = relación soporte california (CBR, siglas en ingles) de diseño.

Rangos de precisión del coeficiente de variación:

- Hasta 10% = Bueno
- De 11% a 20% = Aceptable
- Más de 20% = No confiable

Tablas No. 26 CBR de diseño banco

Numero de intervalos	CBR (%)	Promedio aritmético
1	59	54
2	50	
Total		109

Fuente: Elaboración propia

		Xi-X	(Xi-X)²
No. de datos	2	4	18.06
valor medio	54	-4	18.06
Total			36.13
Desviación estándar			6.01
coeficiente de variación (%)			11.08

Fuente: Elaboración propia.

El CBR de diseño para el banco calculado mediante el promedio aritmético es de 54%, promedio comprobado mediante el coeficiente de variación el cual alcanzo un porcentaje de 11, indicando que está en un rango aceptable.

3.5.3. Estabilización del material de Banco

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de los ensayos realizados al banco de materiales, el material en estado natural únicamente es recomendado para ser utilizado como material de relleno, sub rasante o terracería, por lo tanto, se recomienda hacer estabilización con cemento para disminuir el índice de plasticidad de los suelos encontrados, y que este pueda tener una mejor funcionalidad como capa base en la estructura de pavimento.

La norma NIC-2019 establece parámetros que se deben cumplir para estabilizar materiales con cemento (Ver imagen No. 25, pág. XXII, en anexos), por lo que se muestra una tabla comparativa de las propiedades físico-mecánicas naturales del banco con lo indicado en la norma. Ver tabla No. 27 a continuación:

Tabla No. 27 Datos comparativos de requisitos establecidos por NIC-2019 para base estabilizada con cemento y material natural del banco

Requisitos según NIC-2019 para base estabilizada con cemento			
	NIC-2019		Material de banco en estado natural
Tamaño máximo (AASHTO T-27)	40 mm		Cumple
% Que pasa el tamiz de 0.075 mm (AASHTO T-27 y T11):	Contenido mínimo:	2	Cumple
	Contenido máximo:	35	Cumple
Contenido de materia orgánica (AASHTO T-267):	2 % máx.		Cumple
Límite Líquido (AASHTO T-89):	30 % máx.		37-43%
Índice de Plasticidad (AASHTO T-90):	15% máx.		14-17%
Desgaste Los Ángeles (AASHTO-96):	50 % máx.		17.80%
CBR a 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	30 % mín.		54%

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla No. 27 se cumplen con la mayoría de los requisitos establecidos por la norma para realizar una estabilización con cemento al material de banco, por lo que se procedió a determinar el porcentaje necesario a estabilizar realizando probetas con 4%, 6% y 8% de cemento Pórtland (basados en el peso seco de dicho material), las cuales fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión simple a los 7 días de edad, de igual manera se verificó la plasticidad del material a los diferentes porcentajes de cemento antes mencionado.

Tabla No. 28 Dosificación de suelo cemento del banco Mana del Cielo

% de Cemento	4%	6%	8%
Espécimen No.	1	2	3
Fecha de fabricación	23/5/2019	23/5/2019	23/5/2019
Fecha de ensayo	30/5/2019	30/5/2019	30/5/2019
Edad (Días)	7	7	7
Resistencia a la compresión Simple (kg/cm ²)	16	24	27
% Límite Líquido	35	35	34
Índice de plasticidad	12	9	4

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de dosificación se recomienda estabilizar el suelo al 8% de cemento (equivalente a 3.24 bolsas de cemento/m³) después del tratamiento el material, este cumple con los parámetros estipulados por la NIC-2019 mostrados a continuación:

Tabla No. 29 Datos comparativos de requisitos establecidos por NIC-2019 luego de estabilizar el suelo y material de banco al 8% de cemento

Requisitos NIC-2019 para base luego de ser tratada con cemento		
	NIC-2019	Material de banco al 8% de cemento
Resistencia a la compresión simple luego de haber cumplido los 7 días de curado:	21 kg/cm ² (mín.)	27 kg/cm ²
Índice de plasticidad:	≤ 6	4

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO



4.1. Introducción

Este capítulo está destinado para el diseño de pavimento articulado mediante el método desarrollado por la American Association of State Highway (AASHTO, 1993), el cual permite establecer los parámetros necesarios para el cálculo de los espesores de cada una de las capas que conforman la superficie de rodamiento. Es importante mencionar que para determinar los espesores se debe tomar en consideración datos reales de la zona, como el estudio de tránsito y las propiedades físico-mecánicas del suelo.

Se utiliza el método antes mencionado debido a que en Nicaragua no existe un método específico para diseñar estructuras de pavimento, y además por ser uno de los más recomendados para utilizarse en diseño de pavimento articulado, ya que presenta comportamientos similares al pavimento flexible.

4.2. Elementos estructurales de un pavimento articulado

El pavimento articulado es aquel donde la capa superior del pavimento está compuesta por elementos prefabricados, conocidos comúnmente con el nombre de adoquín, que siguiendo algún patrón modular empalman entre sí, sin hacer uso de algún material cementante para fijar su colocación.

Su estructura está compuesta por las capas granulares de base o sub base (si este lo requiere), la capa de rodadura compuesta de adoquines y su capa de arena, utilizada para el sellado.

4.2.1. Adoquines

Son elementos macizos, prefabricados de espesor uniforme e iguales entre sí, con forma de prisma recto tal que al colocarlos sobre una superficie encajen unos con los otros de manera que solamente queden juntas entre ellos. Los adoquines tipo cruz de tráfico liviano deben cumplir con una resistencia a la comprensión de 34.3Mpa a los 28 días.

4.2.2. Cama de arena

Es la capa de arena limpia donde descansan los adoquines, esta se encuentra ubicada sobre la capa base, generalmente se coloca una capa de 3 a 5 cm de espesor, esta capa está compuesta por partículas resistentes a la degradación con una granulometría uniforme, tiene como finalidad servir de filtro para el agua que se pueda penetrar por las juntas, ayudar a que los adoquines se amarren entre sí y finalmente que sirva como amortiguador al pavimento.

4.2.3. Base

Es la principal capa que conforma la estructura del pavimento, se coloca por debajo de la cama de arena proporcionando estabilidad estructural, y generando un apoyo uniforme, estable y permanente al pavimento. El espesor a colocar en esta capa base estará en dependencia de la demanda del tránsito y la calidad del suelo presente en la zona además los materiales a utilizar para dicha capa puede ser material granular, suelo estabilizado o concreto pobre.

La NIC-2019 especifica en el tomo II, subdivisión 1000, pág. No. 810, que los materiales granulares deben cumplir con un CBR mínimo de 80% a los 4 días de saturación y al 95% de Proctor modificado (AASHTO T-180) para ser empleados como base.

4.2.4. Sub rasante

Es la capa de terreno que soporta la estructura de pavimento, esta se extiende a una determinada profundidad donde no se vea afecta por la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

4.3. Variables a considerar en el método de diseño AASHTO 93.

Se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros para poder realizar el diseño de estructura de pavimento articulado:

4.3.1. Índice de Serviciabilidad

El índice de serviciabilidad se refiere a la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado, dentro de este existen dos, la serviciabilidad inicial (ρ_0) que se escoge según la función del diseño de pavimento y su calidad de construcción y la serviciabilidad final (ρ_t), la cual se clasifica según la función del camino adaptada a los criterios de diseño del proyectista.

4.3.1.1. Serviciabilidad inicial

La AASHTO 93 recomienda los siguientes valores de serviciabilidad inicial clasificados según el tipo de pavimento ya sea para pavimento flexible o rígido, para el caso de este diseño se toman los valores para pavimento flexible ya que estos presentan un comportamiento similar al pavimento articulado, siendo este de 4.2. Ver tabla No. 30.

Tabla No. 30 Valores de serviciabilidad inicial recomendados por AASHTO Road Test:

Valores de serviciabilidad inicial	
Pavimento rígido	Po = 4.5
Pavimento flexible	Po = 4.2

Fuente: Diseño de pavimento (AASHTO,93) cap. 8.

4.3.1.2. Serviciabilidad final

Para el caso de este diseño se toma una serviciabilidad final igual a 2.0 debido a que es una zona que presenta bajos volúmenes de tránsito. Ver tabla No. 31.

Tabla No. 31 Valores de serviciabilidad final recomendados por AASHTO Road Test:

Valores de serviciabilidad final	
Para caminos muy importantes	Pt = 2.5
Para caminos de menor tránsito	Pt = 2.0

Fuente: Diseño de pavimento (AASHTO,93) cap. 8.

4.3.2. Pérdida de serviciabilidad

La pérdida de serviciabilidad es la diferencia que existe entre la final y la inicial:

$$\Delta PSI = \rho_0 - \rho_t \quad \text{Ecuación No. 15}$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

4.3.3. Número estructural asumido

Es el número que expresa la resistencia de pavimento en términos del valor soporte del suelo, es un valor importante que sirve para determinar el ESAL's de diseño. Para poder establecer el número estructural deseado se debe hacer un proceso iterativo por lo que se recomienda asumir un número estructural sin antes conocer los espesores de la estructura de pavimento a diseñar, para poder estimar las cargas de diseño ya que los factores equivalentes de carga son en función de las variables mencionadas a lo largo del capítulo de las cuales dependen determinar el número estructural.

La guía AASHTO-93 proporciona valores de SN comprendidos de 1 a 6 para determinar los factores equivalentes de carga, donde al elegir cualquiera de estos no afectará significativamente el ESAL's de diseño. Para este caso se asume un SN=5.

4.3.4. Análisis de carga y eje equivalente para el diseño de pavimento

El ESAL conocido como "Carga de Eje Equivalente Simple" o "Equivalent Single Axle Load" por sus siglas en inglés, es el tránsito compuesto por vehículos de diferentes pesos y número de ejes, que se transforman a un número de ejes equivalentes igual a 18,000 libras.

Producto a que los pavimentos presentan diferentes respuestas a la deformación, las fallas presentes en ellos serán distintas según la intensidad de carga y las características presentes en el pavimento, esto se debe a los distintos espesores

y materiales que actúan de manera diferente ante una determinada carga aplicada sobre el mismo.

Es por ello que se tiene que tomar en cuenta esa diferencia por lo que el tránsito es reducido a un número equivalente de ejes de una determinada carga que generaran el mismo daño que toda composición del tránsito. Esta carga es equivalente a 80 KN, 18 kips o 18,000 libras como se mencionó anteriormente, para hacer posible esta conversión se logra mediante los factores equivalentes de cargas, conocido como LEF por sus siglas en ingles “Load Equivalent Factor”.

Los ejes equivalentes (ESAL) se obtienen conociendo el tránsito de diseño y factores de equivalencia de carga (LEF) mediante la ecuación No. 16:

$$ESAL \text{ o } W18 = TD * LEF \quad \text{Ecuación No. 16}$$

Para poder llevar a cabo el cálculo del ESAL de diseño se debe conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por la vía durante el periodo de diseño y su factor equivalencia de carga, para esto, se tiene que definir una serviciabilidad final y un número estructural asumido, siendo estos de 2.0 y 5 respectivamente.

Además de ser considerado lo antes mencionado, se debe hacer uso de la tabla de pesos máximos permisibles por tipo de vehículo proporcionado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (ver anexos, imagen No. 26, pág. XXIII) en la cual se logra identificar los valores de cargas por eje según su clasificación vehicular y la tabla de factores equivalentes de carga de ejes sencillos, y tándem (ver anexos, imagen No. 27- 28, pág. No. XXIV-XXV) obtenidos a través de la AASHTO-93.

4.3.4.1. Diagrama de cargas permisibles para vehículos livianos

Según resultados obtenidos de estudios en el tráfico, estudios geotécnicos, y cálculos relacionados para diseño de estructuras de pavimento se demostró que los vehículos livianos al circular por vías pavimentadas generan daños mínimos en comparación a las cargas ejercidas por el tránsito pesado, por esta razón el

Ministerio de Transporte e Infraestructura en la tabla que proporciona de pesos permisibles según la tipología vehicular no los considera pero por efectos de estimación de carga, control de tráfico y diseño, se recomienda utilizar los pesos por ejes mostrados en la siguiente tabla, adaptados a los tipos de vehículos que circulan en este diseño.

Tabla No. 32 Diagrama de cargas permisibles para vehículos livianos

Tipo de vehículo	Peso por eje (Ton)	Peso por eje (Lbs)	Peso por eje (Kips)
Automóvil	1/1	2,200/2,200	2.2/2.2
JEEP	1/1	2,200/2,200	2.2/2.2
CAMIONETA	1/2	2,200/4,400	2.2/4.4
MICROBUS < 15 P	2/4	4,400/8,800	4.4/8.8
C2 (2-5 TON)	4/8	8,800/17,600	8.8/17.6
C2 (> 5 TON)	5/10	11,000/22,000	11/22

Fuente: MTI, Dirección general de vialidad, departamento de pesos y dimensiones.

Para obtener los valores de equivalencia de carga (LEF), se realizan algunas interpolaciones.

En la tabla anterior de cargas permisibles por tipo de vehículo, para el caso del vehículo tipo Jeep, se puede apreciar que presenta los mismos valores tanto para el eje delantero como para el eje trasero del vehículo. 1^{er} eje= 2.2 kips, 2^{do} eje = 2.2 kips.

Factor equivalente de carga para pavimento flexible de ejes simples y tándem, se tiene, Pt= 2.0, y SN= 5.

A continuación, se muestra el cálculo de LEF para un vehículo tipo Jeep:

KIPS	SN = 5
2	0.0002
2.2	X
4	0.002
Siendo un valor obtenido mediante interpolación de 0.00038 para 2.2 Kips	

Para el cálculo del ESAL's se hace mediante la ecuación No. 16:

$$ESAL \text{ o } W18 = TD * LEF$$

$$ESAL_{JEEP} = 59,211 * 0.00038$$

$$ESAL_{JEEP} = 22.50$$

En las siguientes tablas se muestran todas las interpolaciones necesarias para los vehículos presentes en este diseño de pavimento y su respectivo cálculo de ESAL recurriendo a los datos del tránsito de diseño calculo en la unidad de tránsito.

Tablas No. 33 Interpolaciones para el

INTERPOLACIONES PARA EJES SIMPLES	
P _t = 2.0; SN = 5	
Cargas por ejes (kips)	LEF
2	0.0002
2.2	0.00038
4	0.002
4	0.002
4.4	0.0034
6	0.009
8	0.031
8.8	0.0502
10	0.079
10	0.079
11	0.1265
12	0.174
16	0.603
17.6	0.9206
18	1

Fuente: Elaboración propia.

INTERPOLACIONES PARA EJES TANDEM	
P _t = 2.0; SN = 5	
Cargas por ejes (kips)	LEF
36	1.38
36.4	1.45
38	1.73

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculado todos los valores de LEF, se procede a determinar cada valor de ESAL por tipo de vehículo. ver tabla No. 34, pág. 54:

Tabla No. 34 Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips, estimando un periodo de diseño de 15 años, $P_t=2.0$, y $SN=5$

Tipo de vehículo	Tipo de eje	Peso por eje	TD	LEF	ESAL diseño
Automóviles	Simple	2.2	628,294	0.00038	238.75
	Simple	2.2		0.00038	238.75
Jeeps	Simple	2.2	59,211	0.00038	22.50
	Simple	2.2		0.00038	22.50
Camionetas	Simple	2.2	167,765	0.00038	63.75
	Simple	4.4		0.0034	570.40
Microbús < 15 P	Simple	4.4	13,158	0.0034	44.74
	Simple	8.8		0.0502	660.53
C2 2-5 Ton	Simple	8.8	26,316	0.0502	1,321.06
	Simple	17.6		0.9206	24,226.51
C2 > 5 Ton	Simple	11	3,290	0.1265	416.19
	Simple	22		2.35	7,731.5
C3	Simple	11	3,290	0.1265	416.19
	Tándem	36.4		1.45	4,770.5
∑ ESAL por tipo de vehículo=					40,744

Fuente: Elaboración propia

Al estimar el ESAL de diseño tomando en cuenta la tipología vehicular proyectada en el cálculo del tránsito de diseño, se obtuvo un ESAL de 40,744 ejes equivalentes de 18 Kips para el carril de diseño.

4.3.5. Confiabilidad

Se refiere al grado de incertidumbre en el que un diseño puede llegar al fin de su periodo de análisis en buenas condiciones. Este factor toma en cuenta variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la variación del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza donde los tramos de pavimentos sobrevivirán al periodo para el cual fueron diseñados.

Esto se logra escogiendo niveles mayores de confiabilidad (ver tabla No. 35, pág. 56) que presenta niveles de confiabilidad recomendables para las diferentes clasificaciones funcionales, donde se puede apreciar que las vías de mayor uso muestran niveles más elevados que las menos transitables.

Tabla No. 35 Niveles de confiabilidad sugerido para caminos según su clasificación funcional.

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas y carreteras importantes	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99.9	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures 1993. pag.ii9

Se estima un nivel de confiabilidad (R) igual a 70%, un rango intermedio de los niveles de confiabilidad dentro la clasificación local-urbana, ya que se toma en consideración el tráfico que circula sobre la vía, la condición y ubicación de la zona.

4.3.6. Desviación estándar normal del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural (Z_R).

Es el indicador encargado de mostrar el área bajo la curva de distribución normal para una confiabilidad R, en la tabla No. 36, se presentan los valores de Z_r en función de la confiabilidad según la AASHTO 1993:

Tabla No.36 Equivalencia entre confiabilidad (%R) y comportamiento estructural (Z_r)

CONFIABILIDAD R (%)	Z_r
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
95	-1.645

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures 1993. Pág. I-62.

Al tomar un nivel de confiabilidad de 70% su Z_r correspondiente es de -0.524.

4.3.7. Desviación estándar (S_0)

Es un factor que representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura.

Esta considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como lo es la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento, es un valor representativo de las condiciones locales particulares, este parámetro está ligado directamente y depende del nivel de confiabilidad (R) seleccionado.

La guía AASHTO 93 recomienda adoptar valores de S_0 comprendidos dentro de los siguientes intervalos, ver tabla No. 37.

Tabla No. 37 valores de desviación estándar considerando pavimento rígido y flexible.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE	
Condiciones de Diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin error en el tránsito	0.34 Pavimento Rígido
	0.44 Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con error en el tránsito	0.39 Pavimento Rígido
	0.49 Pavimento Flexible

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures 1993. pag.135

En el presente estudio se utiliza un valor de desviación estándar de 0.44 correspondiente a pavimentos flexibles sin error en el tránsito debido a que realizó un estudio en periodos continuos durante 3 días de 12 horas, estimando que no hubo errores al momento de realizar el conteo.

4.3.8. Coeficiente de drenaje

El coeficiente de drenaje depende de dos parámetros, la capacidad del drenaje la cual se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada de la estructura de pavimento y el porcentaje de tiempo que está expuesto a niveles de humedad, próximos a la saturación durante el año.

El drenaje a pesar de ser un factor importante a considerar en el diseño de carreteras, la AASHTO no define un diseño de drenaje en específico, pero indica que el diseñador debe determinar las condiciones de drenaje a alcanzar bajo varios criterios.

Debido a que los ensayos de laboratorio se realizaron con el CBR en condiciones de saturación con el propósito de alcanzar las condiciones más críticas en las que el suelo puede llegarse a encontrar, y tomando en cuenta que las bases estabilizadas por sus características físico-mecánicas no son afectadas por la influencia del agua, se decidió tomar el valor del coeficiente de drenaje igual a 1, valor tomado de la tabla de coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles brindada por la AASHTO 93. Ver tabla No. 38.

Tabla No. 38 Coeficiente de drenaje para pavimentos flexible

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1-5 %	5-25 %	> 25 %
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.05	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures 1993, II-25.

4.3.9. Módulo de resiliencia efectivo de la sub rasante (MR)

El módulo resiliente (M_R) está dado por el ensayo AASHTO T-274, este permite conocer la propiedad de los materiales que conforman la sub rasante, sirve de apoyo para la estructura de pavimento, pero dicho ensayo no es ejecutado en Nicaragua por lo que no se cuenta aún con los equipos necesarios para ser realizado, por tal razón, se recurre a la propuesta de la guía AASHTO para calcular el M_R , por medio de pruebas que hacen relación al ensayo de “California Bearing Ratio” (CBR).

En cuanto al caso del módulo resiliente se realizan dos cálculos con CBR de 22.20% para el tramo No. 1 correspondiente a la subrasante del sitio y 54% para el tramo No.2 obtenido del banco de materiales Maná del Cielo, ya que en este tramo se sustituirá el suelo existente no apto para la estructura de pavimento por material de préstamo el cual actuará como la nueva subrasante. Para ver la profundidad del suelo a retirar ir a anexos, pág. LXXVI, tabla No. 90.

Ecuaciones para el cálculo del Módulo resiliente (M_R):

$$M_R = 1,500 * CBR \quad CBR < 10 \quad \text{Ecuación No. 17}$$

$$M_R = 4,326 * Ln(CBR) + 241 \quad CBR > 10 \quad \text{Ecuación No. 18}$$

Cálculo para determinar el módulo de resiliencia del tramo No. 1 para un CBR de 22.2 % en la sub rasante haciendo uso de la ecuación No. 18:

$$M_R = 4,326 * Ln(22.2) + 241$$

$$M_R = 13,651.999 \text{ PSI}$$

$$M_R = 13,652 \text{ PSI}$$

Cálculo para determinar el módulo de resiliencia del tramo No. 2 para un CBR de 54% en la sub rasante:

$$M_R = 4,326 * Ln(54) + 241$$

$$M_R = 17,497.345 \text{ PSI}$$

$$M_R = 17,497 \text{ PSI}$$

4.3.10. Determinación de coeficiente estructural de capas

Los coeficientes estructurales toman en cuenta las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, con la función de actuar como componente estructural del pavimento. Estos coeficientes son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, permitiendo convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento.

4.3.10.1. Coeficiente estructural de capa de adoquín a_1

Este coeficiente fue tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos en su capítulo 7, página 107, el cual considera un coeficiente igual 0.45 para adoquines de concreto.

4.3.10.2. Coeficiente estructural de capa base estabilizada a_2

En base al estudio de suelo realizado al banco de materiales se determinó que este material debe ser tratado con cemento para ser utilizado como base, dando como resultado una resistencia a la compresión a los 7 días de 27 kg/cm² (384.03 PSI) utilizando un porcentaje de cemento del 8%, con este valor de resistencia obtenido se determina el coeficiente estructural a_2 igual 0.15 obtenido del nomograma para base estabilizada. (ver anexo, imagen No. 29 Pág. XXVI)

4.4. Determinación del número estructural SN

La determinación del número estructural se puede calcular de dos maneras, haciendo uso de la ecuación de la AASHTO o bien a través del ábaco, este último es la forma gráfica de la ecuación antes mencionada, con la diferencia que para hacer uso del ábaco, se conocen los datos de confiabilidad, desviación estándar, ejes equivalentes de ESAL, modulo resiliente y los índices de serviciabilidad, deseando encontrar el valor de SN, mientras que la ecuación, se convierte en un proceso iterativo, asumiendo números estructurales, y deteniendo las iteraciones hasta encontrar que el SN sea igual a $\text{Log}_{10}W_{18}$.

Para este caso, se recurre a la ecuación debido a que el ESAL de diseño es de 40,744 quedando por debajo de los 50,000, rango mínimo que indica la gráfica del ábaco para ser utilizado, por tal razón, se determina el SN mediante iteraciones con la ecuación sustituyendo todos parámetros mencionados a lo largo de este capítulo.

Ecuación de diseño mediante el AASHTO 1993:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \text{ LOG}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\frac{\log \Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Ecuación No. 19

Tabla No. 39 Iteraciones realizadas para encontrar SN del tramo No. 1

Log ₁₀ (W ₁₈ o ESAL)	Valores aproximados usando la ecuación de diseño	Intervalos de SN asumidos
4.6100	3.9078	1
	4.3842	1.25
	4.4729	1.3
	4.5596	1.35
	4.6108	1.38

Fuente: Elaboración propia

Según las iteraciones realizadas el valor próximo a $\text{Log}_{10}W_{18}= 4.6100$, es con $\text{SN}=1.38$ obteniendo un margen de error de 0.0008.

Tabla No. 40 Iteraciones realizadas para encontrar SN del tramo No. 2

$\text{Log}_{10}(W_{18} \text{ o ESAL})$	Valores aproximados usando la ecuación de diseño	Intervalos de SN asumidos
4.6100	4.1578	1
	4.6162	1.24
	4.6342	1.25
	4.7229	1.3
	4.8096	1.35

Fuente: Elaboración propia

Según las iteraciones realizadas el valor próximo a $\text{Log}_{10}W_{18}= 4.6100$, es con $\text{SN}=1.24$ obteniendo un margen de error de 0.0062.

4.5. Cálculo de espesores

4.5.1 Cálculo de espesores de capa requeridos para tramo No. 1

El método de diseño utiliza la siguiente ecuación para determinar los espesores de las capas que conformaran la estructura de pavimento:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 \quad \text{Ecuación No. 20}$$

Donde:

a₁ y **a₂**: coeficientes de capa representativos de carpeta y base respectivamente.

D₁ y **D₂**: Espesor de la carpeta y base respectivamente, en pulgadas.

SN: Numero estructural requerido; $\text{SN}= 1.38$

a₁: Coeficiente estructural de adoquín; $a_1= 0.45$

a₂: Coeficiente estructural de base suelo-cemento; $a_2= 0.15$

D₁: Espesor de adoquín (10 cm); $D_1= 4$ pulg.

D₂: Espesor de la base.

Sustituyendo los valores del tramo No. 1 en la ecuación No. 20 se obtiene lo siguiente:

$$1.38 = (0.45 * 4) + (0.15 * D_2)$$

$$D_2 = \frac{1.38-1.80}{0.15}$$

$$D_2 = -\frac{0.42}{0.15}$$

$$D_2 = -2.80 \text{ pulg.}$$

4.5.2. Cálculo de espesores de capa requeridos para tramo No. 2

Para determinar el espesor de capa del tramo dos se muestran a continuación los valores a sustituir:

$$SN= 1.24$$

$$a_1= 0.45$$

$$a_2= 0.15$$

$$D_1= 4 \text{ pulg.}$$

Sustituyendo los valores del tramo No. 2 en la ecuación No. 20 se obtiene lo siguiente:

$$1.24 = (0.45 * 4) + (0.15 * D_2)$$

$$D_2 = \frac{1.24-1.80}{0.15}$$

$$D_2 = -\frac{0.56}{0.15}$$

$$D_2 = -3.73 \text{ pulg.}$$

Nota: Al obtener valores del cálculo de espesores de capa base se logró determinar que para ambos tramos no se requieren dicha capa ya que arrojan como resultado valores negativos, pero la guía de diseño AASHTO sugiere espesores mínimos para base según los valores de ESAL, ver pág. 64, tabla No. 41:

Tabla No. 41 Espesores mínimos para base según ESAL's

Número de ESAL's	Capas asfálticas (pulg)	Base Granular (pulg)
menos de 50,000	1	4
50,001-150,000	2	4
150,001-500,000	2.5	4
500,001-2,000,000	3	6
2,000,001-7,000,000	3.5	6
más 7,000,000	4	6

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures 1993, II-35.

Siendo el valor de ESAL calculado de 40,744 ejes equivalentes por carril de diseño, quedando por debajo de los 50,000 por lo tanto se establece una base de 4 pulgadas mínimo, así como lo indica la AASHTO. Obteniendo como resultado el resumen de espesores para ambos tramos:

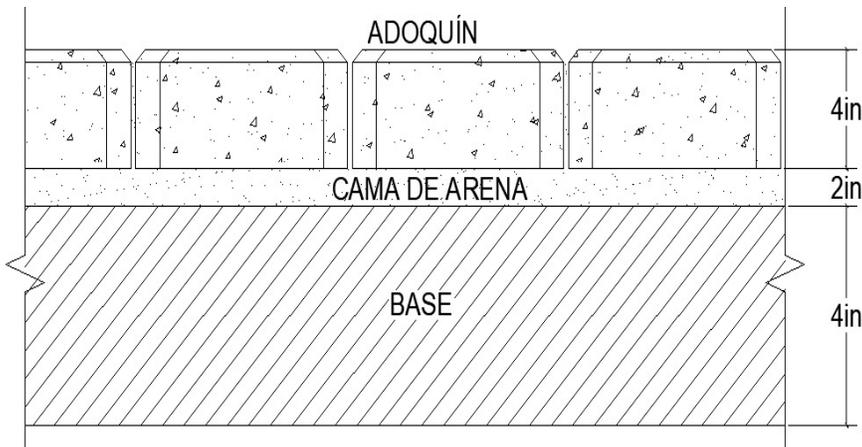
Tabla No. 42 Espesores de pavimento articulado.

Capa	Espesor (pulgadas)
Adoquín (capa de rodamiento)	4
Cama de arena para adoquín	2
Base estabilizada con suelo cemento	4
Espesor total de la estructura	10

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la imagen donde se aprecian los espesores de pavimentos finales:

Imagen No. 5 Estructura final de pavimento articulado



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



5.1. Introducción

En toda obra de construcción civil es indispensable la aplicación de la topografía, debido a que es una herramienta que permite obtener una representación detallada del terreno actual, brindando información que será de gran interés para poder elaborar el diseño geométrico de la vía en estudio de una manera óptima y que este se adapte lo mejor posible al terreno natural existente.

El estudio topográfico permite trazar puntos del área que se desea analizar, mostrando una serie de etapas básicas que ayudan a señalar e identificar el terreno a utilizar, como lo es el levantamiento de planos planimétricos y altimétricos que son de utilidad para el diseño y proyección de la rasante.

En este capítulo se muestran datos que representan la topografía del terreno del área en estudio, con los datos planimétricos se puede conocer las distintas alturas que componen el terreno, lo cual permite generar curvas de nivel y con esto, realizar un diseño transversal y longitudinal, el cual se detalla en el capítulo siguiente.

Algunos conceptos básicos para comprender en que consiste esta unidad se presentan a continuación:

5.1.1. Planimetría

Este método es el más utilizado en los levantamientos topográficos estudia los procedimientos para realizar los detalles del terreno que se encuentran en una superficie plana de forma horizontal destacando su relieve como los planos de curvas de nivel, perfiles y altitud.

5.1.2. Altimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para establecer y representar la altura o cota, de cada uno de los puntos, respecto al plano de referencia.

5.1.3. Curvas de nivel

Son las encargadas de dar la idea del relieve en el mapa topográfico, estas unen los puntos de igual altura en relación al nivel del mar.

5.1.4. Perfil topográfico

Se define como la forma gráfica de una sección vertical del relieve obtenidas al cortar transversalmente las líneas de un mapa de curvas de nivel, o mapa topográfico. Cada una de estas curvas puede definirse como líneas cerradas que unen puntos del relieve situado a una misma altura sobre el nivel del mar. Son de gran importancia en obras de gran longitud y poca anchura como lo son las carreteras, oleoductos y alcantarillado.

5.1.5. BM

Punto de referencia de carácter más o menos permanente, del cual se conoce su localización y su elevación. Su cota que ha sido determinada previamente por una nivelación de precisión adoptada de manera arbitraria, sirve de base para efectuar la nivelación.

5.2. Levantamiento topográfico complejo habitacional Amanda López

Pineda y calle de acceso.

Se realizó una visita previa al sitio con el fin de estacionar la vía, ubicando todos los puntos de referencias posibles como postes de luz, postes telefónicos, alcantarillas, cunetas, y bordillos, todo esto se realiza para recolectar la información necesaria del lugar, facilitando el levantamiento.

Al momento de realizar el levantamiento topográfico, se utilizó una estación total marca Spectra Precision modelo Focus 2 (5"), extrayendo las coordenadas iniciales UTM mediante un GPS y amarrándose al norte magnético, se definieron dos puntos de referencia iniciales fijos denominados como BM-1 y BM-2 respectivamente, para obtener la altura inicial en la estación 0+000 km ubicados en la calle de acceso al barrio lado izquierdo. De igual manera se fue estacionando

a lo largo de la vía, para obtener la planimetría y altimetría completa del sitio obteniendo así al final un total de 6 BM's. Para ver la referenciación de estos ir a planos 01, 02, 03 y 06 en Anexos.

Para el procesamiento y descarga de los datos recogidos en el levantamiento, se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D. Al importar los puntos se procedió a generar el plano del levantamiento (Ver No.01 plano en anexos), las curvas de nivel del terreno (Ver imagen 12, pág. 85), y a realizar el diseño geométrico de la vía el cual se detalla en el siguiente capítulo.

La información levantada en campo de la línea central a lo largo de la calle de acceso y las calles que conforman el barrio Amanda López Pineda se muestran en anexos, tablas No. 69, pág. XXVII-XXIX.

5.2.1. Equipos utilizados para el levantamiento topográfico

- Estación total marca Spectra Precision Focus 2 (5")
- Trípode de metal marca Sokkia
- 2 prismas Apex
- 2 bastones para prisma
- Brújula
- GPS
- Chapas
- Pintura en spray

CAPÍTULO VI: DISEÑO GEOMÉTRICO



6.1. Introducción

El diseño geométrico es una de las partes más importantes en los proyectos de construcción de carreteras y calles, su propósito consiste en juntar los elementos que conformarán la vía, tomando en cuenta las condiciones del terreno en estudio, los vehículos que transitaran por la misma y los elementos físicos que la conforman, con el fin de ser considerados al momento de rediseñar la vía de tal manera que el trazo se adapte lo más posible a las características y condiciones actuales del territorio y así, esta sea funcional para los habitantes de la zona que serán los principales beneficiados.

La geometría de una carretera está conformada por tres elementos bidimensionales, estos son el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y el diseño transversal, al unirlos se obtiene un elemento tridimensional que corresponde a la vía en estudio. Un buen diseño está basado en que la combinación de los alineamientos ofrezca la máxima seguridad, capacidad, velocidad, facilidad y uniformidad en la operación.

En este capítulo se presenta el diseño geométrico del barrio Amanda López Pineda el cual se realizó utilizando el software AutoCAD Civil 3D, los criterios aplicados para dicho diseño son los establecidos en las normas “A policy on geometric design of highways and streets 2011 (AASHTO)” y “Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras 2004 (SIECA)”.

6.2. Sistema funcional

Según la AASHTO 2011, la vía en estudio es clasificada como calle urbana local, dentro de esta clasificación generalmente algunas calles son únicamente funcionales para dar acceso a los domicilios aledaños ya que estas se encuentran con un derecho de vía muy limitado.

6.3. Elementos de Diseño Geométrico

6.3.1. Vehículo de diseño

Los vehículos de diseño son aquellos que tienen una exigencia mayor para maniobrar por la vía, tomando estos como la condición más crítica para la que debe estar diseñada la ruta. Los vehículos de diseño tienen dimensiones, pesos y radios de giro mayores a los demás automóviles que circularán en la vía, que al tipificar dichas características se le brindan al diseñador para que este pueda establecer los criterios de diseño adecuados.

Entre los vehículos de diseño que pueden tomarse están:

- Vehículos livianos: Carros, jeeps, camionetas, vehículos deportivos, vans y minivans
- Buses: Buses de hasta 84 pasajeros
- Camiones: Camiones desde 2 ejes hasta cabezales con remolque
- Recreacionales: Camionetas con remolques, casas rodantes, etc.

En esta vía, el vehículo de diseño es el C2 por ser el vehículo de carga pesada con mayor presencia según los resultados del estudio de tránsito realizado.

6.3.2. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño o velocidad directriz es la máxima velocidad segura a la que pueden correr los vehículos sobre una calzada, esta es seleccionada para el diseño de la vía, a partir de la cual se determinan varias características geométricas de la carretera. El rango de velocidad de diseño para calles urbanas locales es de 30 a 50 km/h, esto puede variar por factores como el derecho de pase disponible, la topografía, la presencia de peatones, entre otros.

Para este proyecto se tomó una velocidad de diseño de **20 km/h**.

1. Tangente (T): Es la distancia entre el PI y el PC o PT, estas distancias son iguales.

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ecuación No. 21}$$

2. Radio de la curva (R): Es el radio de la circunferencia

$$R = \frac{T}{\tan\frac{\Delta}{2}} \quad \text{Ecuación No. 22}$$

3. Grado de curvatura (G): Es el ángulo sustentado en el centro de un círculo por un arco de 20m en la curva, expresado en grados.

$$G = \frac{1145.92}{R} \quad \text{Ecuación No. 23}$$

4. Punto medio de la curva (M): Es la mediana a la curva desde el centro de la cuerda máxima.

$$M = R * \left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ecuación No. 24}$$

5. Externa (E): Es la distancia entre el PI y el punto medio de la curva.

$$E = \left(\frac{R}{\cos\frac{\Delta}{2}} - R\right) \quad \text{Ecuación No. 25}$$

6. Longitud de la curva (L): Es la longitud del arco entre el PC y el PT.

$$L = \frac{\pi * R * \Delta}{180^\circ} \quad \text{Ecuación No. 26}$$

$$L = \frac{20 * \Delta}{G} \quad \text{Ecuación No. 27}$$

7. Cuerda larga (CL): Es la cuerda máxima, es decir, el segmento recto que une al PC con el PT:

$$CL = 2 * R * \text{Sen} \frac{\Delta}{2} \quad \text{Ecuación No. 28}$$

6.3.3.2. Radio mínimo

El radio mínimo son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño.

Para la velocidad establecida en este diseño el radio mínimo correspondiente es 8m. (Ver tabla No. 43 mostrada a continuación).

Tabla No. 43 Radio mínimo según velocidad

Metric					
Design Speed (km/h)	Maxim e (%)	Maxim f	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280

Fuente: AASHTO 2011, a policy on Geometric Design of Highways and Streets. Pág. 178 PDF.

6.3.3.3. Peralte

El peralte es la inclinación transversal de la corona hacia el centro de la curva que actúa en conjunto con la fuerza de fricción con el fin de impedir el deslizamiento transversal de los vehículos.

El peralte a usar en una curva varía por varios factores como condiciones climáticas de la zona, condiciones del terreno (plano o montañoso), tipo de zona (Rural o urbana) y frecuencia de vehículos que viajan lento cuya operación puede ser afectada por peraltes altos y su valor depende del radio y velocidad de diseño,

está dado en rangos de los cuales 8% es conocido como valor máximo razonable, sin embargo, si la zona lo requiere, este puede ser de hasta 12%.

El uso de peralte puede depender de factores como la velocidad de marcha, la condición del pavimento y el estado de los neumáticos del vehículo, según la AASHTO 2011, en las calles locales de áreas residenciales y comerciales puede ser poco práctico o indeseable por motivos de proximidad de desarrollo adyacente, el control de la pendiente transversal, perfil de drenaje, la frecuencia de calles transversales, entre otras características; por lo que en este diseño no se considera necesario debido a que la velocidad directriz es de solo 20 km/h.

En caso de que se vaya a utilizar peralte, las curvas de las calles deben diseñarse para una tasa máxima de 4%, y cuando la curva sea lo suficientemente larga como para proporcionar una transición de peralte adecuada puede usarse peralte de 6%.

6.3.3.4. Grado de curvatura máximo

Es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño y se define con la siguiente expresión:

$$G_{max} = \frac{145,692.26(e_{max} + f)}{V^2} \quad \text{Ecuación No.29}$$

Donde:

$e_{m\acute{a}x}$ = Peralte máximo en decimales

f = Coeficiente de fricción lateral correspondiente a la velocidad de diseño

V =Velocidad de diseño

Para este diseño el grado de curvatura máximo es:

$$G_{max} = \frac{145,692.26(0 + 0.35)}{(20)^2}$$
$$G_{max} = 127.48^\circ$$

Nota: e_{max} . es igual a 0 ya que no se considera peralte en las curvas de este diseño.

6.3.3.5. Intersecciones

Es el área general donde dos o más carreteras se unen o cruzan, incluyendo la calzada y las instalaciones al borde de la carretera para el movimiento del tráfico dentro del área. Las más comunes son las intersecciones de 4, siendo este el número máximo de vías recomendadas en una intersección.

Entre los tipos básicos de intersecciones se tienen Tipo T, Tipo Y, de cuatro tramos, de varios tramos y rotondas; el tipo de intersección presente en este diseño geométrico es de tipo T.

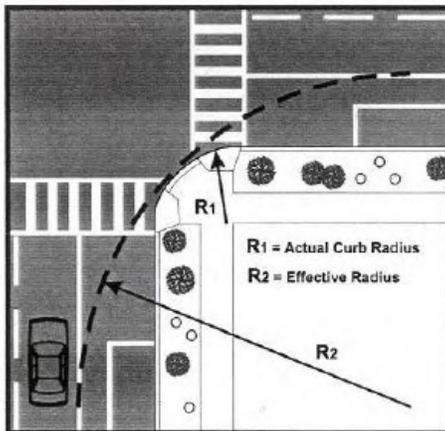
La intersección en T es un cruce de tres ramales, donde la carretera secundaria accede perpendicularmente a la vía principal, o cuando el ángulo mínimo entre dos ramales sea superior a 60° .

6.3.3.5.1. Radio de giro mínimo en intersecciones

En las intersecciones de calle hay dos radios que deben de considerarse, el radio de giro efectivo del vehículo y el radio de retorno de la acera. El radio de giro efectivo es el radio mínimo apropiado para girar desde el carril derecho de la calle de acceso hacia el carril de la calle receptora, está dado en dependencia del vehículo de diseño. Es deseable que este radio sea de al menos 7.5m.

Por otro lado, el radio de retorno debe de ser al menos de 1.5m y en calles industriales, no menor a 10m.

Imagen No. 7: Radio de giro efectivo (R_2) y radio de retorno (R_1) de la acera para giros derechos en intersecciones



Fuente: AASHTO 2011. Pg. 446

Para este caso, se consideraron intersecciones con radio de retorno de 5m para la intersección del acceso al barrio y 3m para las demás intersecciones presentes. (Ver detalle de intersecciones en plano No. 21 en la sección de anexos)

6.4. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical de una vía es la proyección del eje de esta sobre una superficie vertical paralela al mismo, depende de la topografía del lugar donde se encuentre la calle o carretera, de tal forma que se muestre la longitud del terreno natural a lo largo del eje utilizado para diseñar la rasante propuesta en el diseño de la vía; debe garantizar comodidad y seguridad para el usuario, así como también economía en cuanto a movimientos de tierra, de igual forma debe ser agradable a la vista del conductor y permitir el adecuado drenaje del agua, esto cumpliendo con la pendiente mínima estipulada.

6.4.1. Rasante

La rasante es la posición final de la estructura de pavimento diseñada con pendientes adecuadas, que se incluye en el perfil longitudinal con el propósito de suavizar o corregir excesos de pendiente que se encuentran en el terreno natural antes de ser conformado.

Dicha rasante está compuesta por tangentes y curvas en el plano vertical, las cuales son representadas generalmente en porcentajes, e identificadas con pendientes ascendentes con signos positivos y descendentes con signos negativos.

6.4.2. Pendientes

Es la inclinación que hay de una superficie con respecto a la horizontal, suele medirse como ángulo o como un porcentaje.

La norma indica que las pendientes no deben ser mayores a 15% en calles de residencias locales y en calles de zonas comerciales e industriales se debe tomar pendientes máximas de 8%, también estipula una pendiente mínima de 0.3% con el propósito de considerar un drenaje apropiado, en caso que no se logre cumplir la pendiente mínima establecida, es permitido un 0.20%.

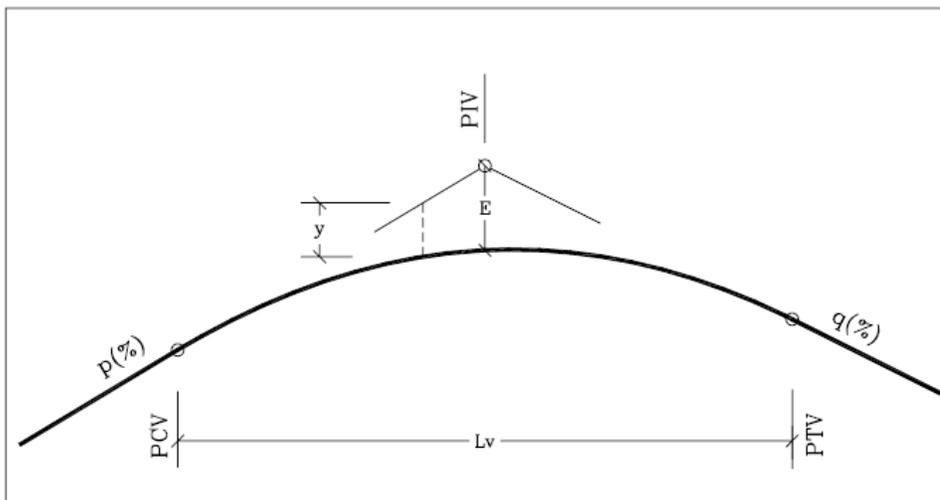
6.4.3. Curvas verticales

Son utilizadas con el objetivo de suavizar los cambios en dirección vertical, debido a que se encargan de enlazar dos tangentes consecutivas en el alineamiento vertical para que en su longitud se logre el paso gradual de la pendiente entre la tangente de entrada a la tangente de salida, facilitando una trayectoria vehicular segura, y que a la vez permita un drenaje adecuado.

Para realizar una curva vertical debe existir una pendiente mínima entre 0.35 a 0.5% debido a que en casos inferiores a este rango el terreno suele perderse durante la construcción al ser un cambio tan despreciable.

Las curvas verticales se pueden clasificar en cresta o convexas (cóncavas hacia abajo) y columpio o vaguada (cóncavas hacia arriba), y estas a su vez se subclasifican en curvas simétricas y asimétricas por la diferencia de longitud existente entre sus ramas.

Imagen No. 8 elementos de una curva vertical



Fuente: Diseño Geométrico de Vías, Ing. John Jairo Ospina.

PVC: Principio de curva vertical

PIV: Punto de intersección vertical

PTV: Principio de tangente vertical. Final de la curva vertical

E: Externa. Distancia vertical entre el PIV y la curva

Lv: Longitud de curva vertical

p (%): Pendiente inicial, expresada en %.

q (%): Pendiente final o de salida, expresada en %.

y: Corrección vertical

A: Diferencia algebraica de pendiente = q-p

6.4.3.1. Curvas en cresta

Las curvas en cresta también conocidas como divisorias son aquellas que al intersectar sus tangentes forman una especie de colina, para su diseño es recomendable considerar distancia visual de adelantamiento si las condiciones del terreno y la zona lo permiten, en caso contrario, se debe diseñar con distancia visual de parada.

Para el control de diseño de la distancia visual de parada o adelantamiento, se puede realizar mediante los parámetros de K, siendo esta la relación existente de la distancia horizontal que permite realizar un cambio de pendiente equivalente a 1%.

$$K = \frac{L}{A} \quad (\text{Ecuación No. 30})$$

Donde:

K: parámetro de curvatura.

L: longitud de la curva vertical.

A: valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

6.4.3.2. Curvas en columpio

Las curvas en columpio o vaguada, son aquellas donde las tangentes forman una inclinación hacia abajo, para este tipo de curvas solo se considera la distancia visual de parada, por lo que se debe tomar en cuenta la distancia adecuada para

iluminar los faros del vehículo del diseño. De igual manera que las curvas en cresta se considera valores de K para el diseño de distancia visual de parada.

Estos valores de K pueden ser calculados con la ecuación No. 30 o bien, puede ser seleccionada según la velocidad directriz escogida para el tramo en estudio de manera directa en las tablas asignadas por la AASHTO 2011.

De la tabla No. 44 a la No. 46 mostradas a continuación se aprecian los valores de K para distancia visual de parada y distancia visual de adelantamiento correspondiente a cada velocidad.

- **Para curvas en cresta:**

Tabla No. 44: Control de diseño de curvas verticales en cresta basados en la distancia visual de parada

Metric				U.S. Customary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	0.6	1	15	80	3.0	3
30	35	1.9	2	20	115	6.1	7
40	50	3.8	4	25	155	11.1	12
50	65	6.4	7	30	200	18.5	19
60	85	11.0	11	35	250	29.0	29
70	105	16.8	17	40	305	43.1	44
80	130	25.7	26	45	360	60.1	61
90	160	38.9	39	50	425	83.7	84
100	185	52.0	52	55	495	113.5	114
110	220	73.6	74	60	570	150.6	151
120	250	95.0	95	65	645	192.8	193
130	285	123.4	124	70	730	246.9	247
				75	820	311.6	312
				80	910	383.7	384

Fuente: AASHTO 2011, a policy on Geometric Design of Highways and Streets, pág. 301.

Tabla No. 45: Control de diseño de curvas verticales en cresta basados en distancia de adelantamiento

Metric			U.S. Customary		
Design Speed (km/h)	Passing Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^o Design	Design Speed (mph)	Passing Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^o Design
30	120	17	20	400	57
40	140	23	25	450	72
50	160	30	30	500	89
60	180	38	35	550	108
70	210	51	40	600	129
80	245	69	45	700	175
90	280	91	50	800	229
100	320	119	55	900	289
110	355	146	60	1000	357
120	395	181	65	1100	432
130	440	224	70	1200	514
			75	1300	604
			80	1400	700

Fuente: AASHTO 2011, a policy on Geometric Design of Highways and Streets, pag. 303

- Para curvas en columpio

Tabla No. 46 control de diseño de curvas verticales en columpio basados en la distancia visual de parada

Metric				U.S. Customary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^o		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^o	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	2.1	3	15	80	9.4	10
30	35	5.1	6	20	115	16.5	17
40	50	8.5	9	25	155	25.5	26
50	65	12.2	13	30	200	36.4	37
60	85	17.3	18	35	250	49.0	49
70	105	22.6	23	40	305	63.4	64
80	130	29.4	30	45	360	78.1	79
90	160	37.6	38	50	425	95.7	96
100	185	44.6	45	55	495	114.9	115
110	220	54.4	55	60	570	135.7	136
120	250	62.8	63	65	645	156.5	157
130	285	72.7	73	70	730	180.3	181

Fuente: AASHTO 2011, a policy on Geometric Design of Highways and Streets, Pág. 307 PDF.

Para una velocidad de diseño de 20km/h, los valores mínimos de K son los mostrados en la tabla, sin embargo, en el caso de la curva en cresta, se diseña solamente para distancia visual de parada ya que la tabla no indica valor de K de adelantamiento para dicha velocidad.

6.5. Sección Transversal

La sección transversal de una carretera o calle urbana, es un corte vertical que se realiza perpendicular al eje longitudinal, permitiendo definir la disposición y dimensiones de los elementos que la conforman, dicha sección normalmente está compuesta por ancho de calzada, bombeo, drenaje superficial, hombros, entre otros.

6.5.1. Ancho de carril

Es el ancho comprendido entre los bordes interiores de los cordones laterales, permitido para que los vehículos puedan circular de manera libre sobre la vía.

Según lo establecido en la norma AASHTO 2011, los carriles de calles deben ser entre 3 a 3.3m y en zonas industriales de 3.6m, en caso de que el derecho de pase imponga severas limitaciones se pueden usar carriles de 2.7m en zonas residenciales y 3.3m en zonas industriales, o bien ajustarse al ancho disponible del lugar.

En la zona en estudio se tiene una calle con carriles de 2.7m (calle de acceso), y para el resto se consideraron carriles de 2.5m debido a que se tuvo que ajustar al ancho existente dado que las casas colindantes a la vía no permiten una ampliación.

6.5.2. Bombeo

El bombeo normal es la pendiente que se establece a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal con el fin de generar un fácil escurrimiento del agua que cae sobre las carreteras drenando hacia los hombros.

Según la AASHTO 2011, se debe proporcionar bombeos que permitan un drenaje adecuado, normalmente este va de 1.5 a 2% en superficies pavimentadas y de 2 a 6% en superficies sin pavimentar donde hay hombros al ras. En lugares donde haya bordillo, estos valores mencionados anteriormente pueden aumentar de 0.5 a 1%. Para este diseño se elige un bombeo de 3% para que esta permita un buen drenaje de las aguas provenientes de las zonas montañosas adyacentes a la parte norte y este del barrio.

6.5.3. Drenaje superficial

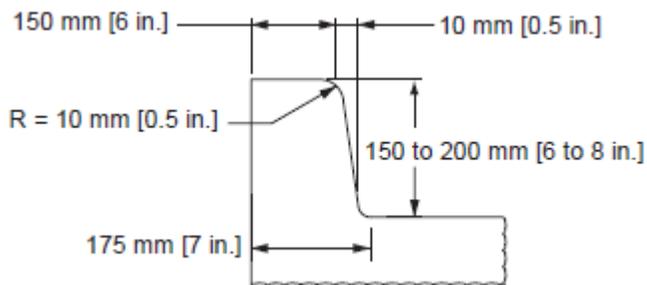
El drenaje superficial debe de ser muy efectivo para evacuar las aguas del pavimento, de tal manera que exista poca humedad sobre la calzada, debido a que en las peores condiciones climáticas una vía sin drenaje superficial adecuado puede generar problemas mayores sobre las propiedades mecánicas de los materiales que conformarán la estructura de pavimento, provocando que el tiempo de vida útil de la estructura sea menor que lo que esta fue proyectada.

6.5.3.1. Cunetas

Son canales que se construyen a ambos lados de la calzada con el objetivo de drenar el agua que cae sobre los taludes y posteriormente a la carretera.

Las cunetas urbanas usualmente están compuestas por bordillo y caite, a continuación, en la imagen No. 9 se muestra la sección típica brindada por la norma AASHTO 2011.

Imagen No. 9: Dimensiones típicas de bordillo para cunetas

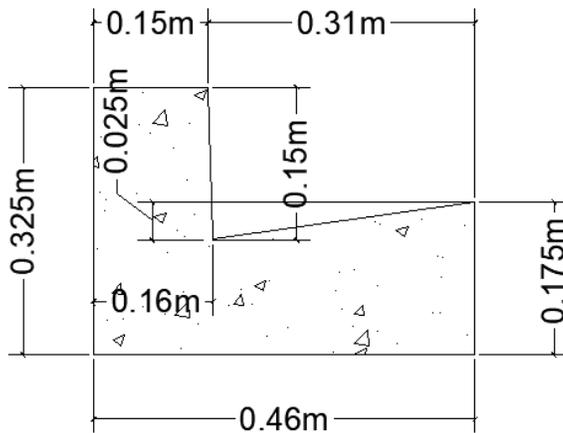


Fuente: AASHTO 2011. Pág. 347

En cuanto al caite, las dimensiones normalmente usadas en Nicaragua son de 30 a 45 cm. La inclinación de este, según las normas de diseño, habitualmente se le asigna la misma del bombeo.

Las dimensiones de la cuneta elegidas para este diseño son las que mejor se acoplan al espacio disponible, estas se muestran en la imagen No.10

Imagen No. 10: Dimensiones de cuneta



Fuente: Elaboración propia. AutoCAD.

Según todos los criterios de la norma mencionados del acápite 6.3.1 al 6.5.3.1, los considerados en este proyecto se presentan en la tabla resumen No. 47

Tabla No. 47 Elementos de la norma consideradas en este diseño

Criterio	Calle de acceso	Calles del barrio
Clasificación de la vía	Calles urbanas locales	
Tipo de terreno	Plano	
Derecho de vía	6.8m - 10.5m	6.5m - 8m
Ancho de calzada	6.32 m	5.92 m
Ancho de carril	2.7 m	2.5 m
Velocidad de proyecto	20 km/h	
VCH de diseño	20 km/h	
R. mín	8 m	
Bombeo	3%	
e. máx.	No considerado	
G. máx.	127.48°	
Dist. Visual de parada	20 m	
Pendiente mín.	0.20%	
Pendiente máx.	15%	

Fuente: Elaboración propia

6.6. Diseño Geométrico con el software AutoCAD Civil 3D

El diseño geométrico del barrio se ejecuta con el programa Civil 3D, considerando los parámetros que brindan las normas y que fueron presentadas en los acápites anteriores. Se adaptó lo más posible al terreno y condiciones que proporciona la vía para obtener un diseño seguro y eficiente desde el punto de vista vial.

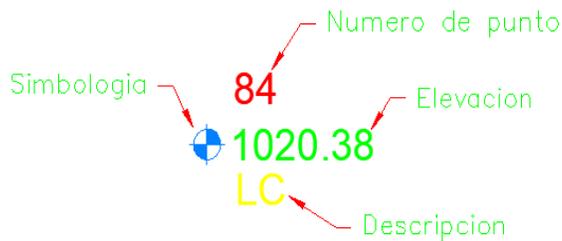
El diseño consta del trazado de 5 calles de las cuales 4 se encuentran dentro del barrio Amanda López Pineda y una permite el acceso a este (Ver plano No.1, en anexos). El barrio contiene bordillo en ciertas calles, sin embargo, este se encuentra en malas condiciones, por lo que se recomienda demoler y reemplazarlo con cunetas. La sección disponible para el adoquinado y cuneta es bastante limitada por lo que no se puede cumplir completamente con las condiciones de las normas.

6.6.1. Importación de puntos

Para llevar a cabo el diseño geométrico en civil 3D es importante hacer una correcta importación de puntos en el programa, por lo que se recomienda hacer una revisión previa del archivo que contenga los puntos ya que este debe estar ordenado en columnas separadas por comas o espacios, de igual forma se debe revisar el orden de datos por columnas, debido a que este puede variar según el orden asignado al momento del levantamiento topográfico. En este caso las columnas están ordenadas en punto, norte, este, elevación y descripción (PNEZD) separados por comas.

Una vez revisado el archivo de los puntos se procede a configurar las coordenadas de la zona donde se realizará el proyecto, en el caso de Nicaragua la mayoría de los departamentos están ubicados en las coordenadas UTM-WGS 1984 datum zona 16 Norte, sin embargo, una parte del caribe se encuentra en la categoría UTM-WGS 1984 datum, zona 17 Norte. Para el caso de Jinotega, este se ubica en la Zona 16N.

Imagen No. 11 descripción de un punto



Fuente: AutoCAD Civil3D

6.6.2. Creación de la superficie

Una superficie representa la geometría tridimensional de un terreno, las superficies se componen por contornos y triángulos que el programa Civil 3D crea al conectar los puntos del levantamiento topográfico, gracias a esto luego se puede generar el perfil y así, diseñar una rasante que se adapte lo más posible al terreno del lugar y así evitar excesos de cortes y rellenos, la superficie también es usada para generar el corredor y, por ende, las secciones transversales de la obra.

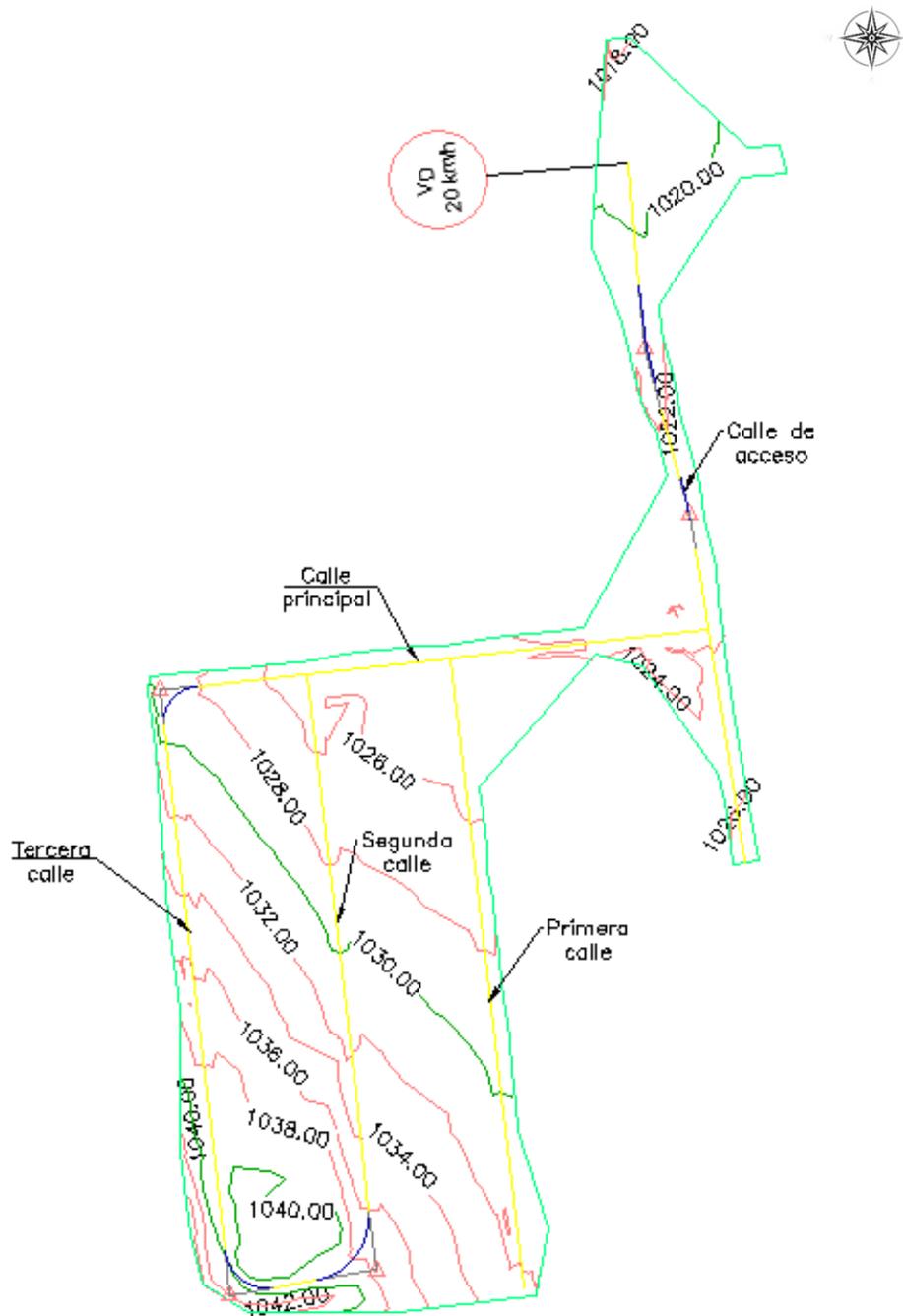
6.6.2.1. Superficie generada con el programa

A como se menciona anteriormente, los puntos son la herramienta principal para generar la superficie, con estos datos se generan los contornos y los triángulos, esto se hace insertando como dato base todos los puntos que fueron tomados en el levantamiento topográfico.

Para que la superficie quede lo más adaptada a la realidad y no se generen huecos que luego puedan arrojar datos no reales de movimiento de tierra, se deben agregar líneas de rotura que permitan una mejor triangulación y de igual forma, se debe de dar una longitud máxima a los triángulos de la superficie para que estos queden lo más equiláteros posibles.

A continuación, se muestra en la imagen No. 12, pág. No. 85 las curvas de nivel del barrio Amanda López Pineda, generadas en el programa Civil 3D:

Imagen No. 12: Superficie del barrio Amanda López Pineda



Fuente: AutoCAD Civil 3D - Elaboración propia

6.6.3. Diseño geométrico en planta

El trazado del alineamiento horizontal cuenta con una distancia total de aproximadamente 895.55 metros que se encuentran divididos a lo largo de las 5 calles mostradas en el plano de conjunto en anexos, el eje existente sirve para realizar un trazado más ajustado en donde dentro del mismo se podrán observar las curvas horizontales a diseñar.

6.6.3.1. Velocidad de diseño considerando radios mínimos

Para este diseño se tomó una velocidad de diseño de 20 km/h puesto que, al trazar las curvas horizontales con las velocidades recomendadas para calles urbanas locales, las curvas dentro del barrio no cumplen con los radios mínimos dados. (Ver tabla No. 43, pág.72)

6.6.3.2. Trazo de tangentes y curvas

El trazado del eje existente ayuda como base para definir bien las tangentes y los puntos PI de las curvas encontradas, se recomienda trazar las tangentes con polilíneas y el comando Fillet para proyectar mejor el PI, una vez teniendo definidas todas las calles se procede a utilizar el comando “Alignment Creation Tools”, este comando permite introducir todos los parámetros de diseño a tomar en cuenta.

Al trazar las tangentes se encontraron dos curvas en la calle de acceso al barrio y tres en la tercera calle (Ver plano No.1 en anexos), se debe corroborar si estas cumplen con el radio mínimo de 8m para la velocidad de diseño escogida.

En la página a continuación, se muestran las tablas No. 48- No. 49 con los datos presentes en cada una de las curvas, extraídos del Software Civil 3D:

Tabla No. 48 Datos de curvas circulares en calle de acceso

CALLE DE ACCESO					
CODIGO	RADIO	LONGITUD	RUMBO	COORDENADAS INICIO	COORDENADAS FINAL
L1		34.17	S4° 48' 56.06"E	E:608208.16 N:1446481.18	E:608211.03 N:1446447.13
C1	200.00	35.93	S9° 57' 43.95"E	E:608211.03 N:1446447.13	E:608217.24 N:1446411.79
L2		19.51	S15° 06' 31.84"E	E:608217.24 N:1446411.79	E:608222.33 N:1446392.95
C2	200.00	20.74	S12° 08' 19.30"E	E:608222.33 N:1446392.95	E:608226.68 N:1446372.69
L3		88.56	S9° 10' 06.76"E	E:608226.68 N:1446372.69	E:608240.80 N:1446285.26

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD civil 3D.

Tabla No. 49 Datos de curvas circulares en tercera calle

TERCERA CALLE					
CODIGO	RADIO	LONGITUD	RUMBO	COORDENADAS INICIO	COORDENADAS FINAL
L4		4.48	S83° 47' 30.23"W	E:608091.11 N:1446335.19	E:608086.66 N:1446334.71
C3	10.00	15.77	S38° 37' 11.50"W	E:608086.66 N:1446334.71	E:608077.81 N:1446323.62
L5		148.28	S6° 33' 07.24"E	E:608077.81 N:1446323.62	E:608094.73 N:1446176.32
C4	12.00	19.56	S53° 15' 26.43"E	E:608094.73 N:1446176.32	E:608108.73 N:1446165.87
L6		11.81	N80° 02' 14.37"E	E:608108.73 N:1446165.87	E:608120.36 N:1446167.91
C5	18.00	27.15	N36° 49' 15.32"E	E:608120.36 N:1446167.91	E:608135.13 N:1446187.64
L7		32.95	N6° 23' 43.72"W	E:608135.13 N:1446187.64	E:608131.46 N:1446220.39

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD civil 3D.

6.6.3.2.1. Cálculo de elementos geométricos de curva número uno (C1) en calle de acceso.

Para efectos de demostración se presentan los cálculos haciendo uso de las ecuaciones No. 21 a la No. 28 antes expuesta en el inciso 6.3.3.1, pág. No. 71-72:

- **Grado de curvatura:**

$$G = \frac{1145.92}{200 \text{ m}} = 5^{\circ}43'46.56''$$

- **Tangente:**

$$T = 200 * \tan\left(\frac{10.29}{2}\right) = 18.01 \text{ m}$$

- **Externa:**

$$E = \left(\frac{200}{\cos\frac{10.29}{2}} - 200 \right) = 0.81 \text{ m}$$

- **Ordenada media:**

$$M = 200 * \left(1 - \cos\frac{10.29}{2} \right) = 0.81 \text{ m}$$

- **Longitud de curva circular:**

$$L = \frac{\pi * 200 * 10.29}{180^{\circ}} = 35.93 \text{ m}$$

- **Cuerda larga:**

$$CL = 2 * 200 * \text{Sen}\frac{10.29}{2} = 35.88 \text{ m}$$

A continuación, se muestra la tabla No. 50 con los elementos geométricos de todas las curvas horizontales que conforman este diseño, los cuales fueron brindados por el programa Civil 3D y comprobados por los sustentantes.

Tabla No. 50 Elementos geométricos de curvas horizontales

Curva	Alineamiento	PC	PI	PT	Tangente (m)	Radio (m)	Longitud (m)	Ángulo de deflexión (°)	Grado de curvatura (°)	Cuerda larga (m)	Externa (m)	Mediana (m)
C1	Calle acceso	0+034.173	0+052.19	0+070.103	18.01	200	35.93	10.29	5.73	35.88	0.81	0.81
C2	Calle acceso	0+089.616	0+099.99	0+110.351	10.38	200	20.74	5.94	5.73	20.73	0.27	0.27
C3	Tercera calle	0+004.476	0+014.54	0+020.244	10.06	10	15.77	90.34	114.59	14.18	4.18	2.95
C4	Tercera calle	0+168.519	0+181.26	0+188.083	12.74	12	19.56	93.41	95.49	17.47	5.5	3.77
C5	Tercera calle	0+199.893	0+199.89	0+227.047	16.91	18	27.15	86.43	63.66	24.65	6.7	4.88

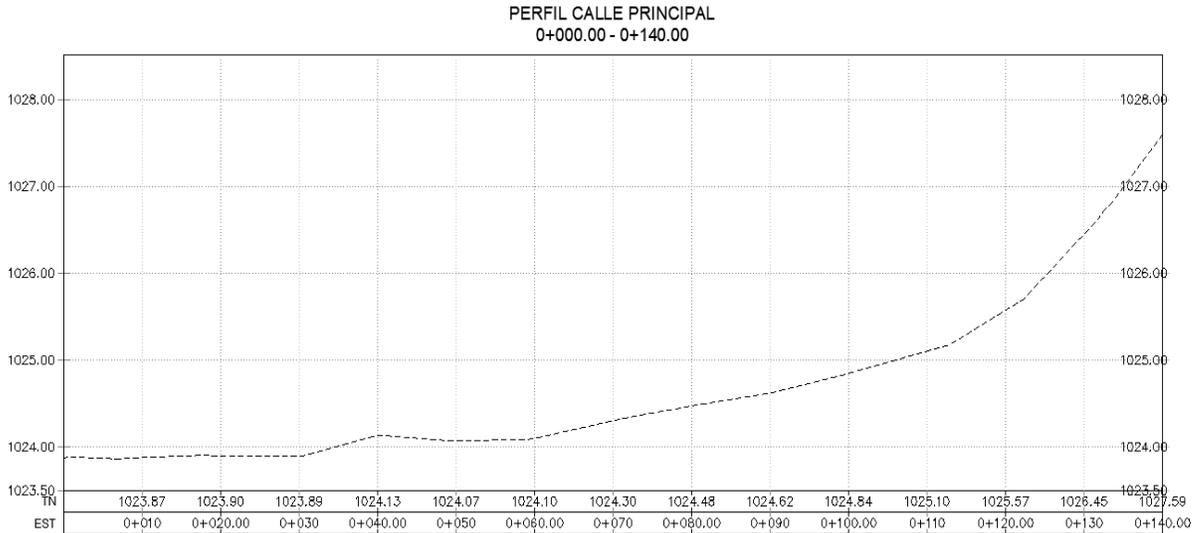
Fuente: Elaboración propia. AutoCAD Civil 3D.

6.6.4. Diseño geométrico en perfil

El perfil del terreno de la vía se generó a partir de la superficie y de los 5 alineamientos correspondientes a cada una de las calles del diseño horizontal, de los cuales se generaron 5 perfiles individuales.

A continuación, se muestra el comportamiento del terreno natural de una de las calles del barrio, para visualizar los perfiles de las demás calles revisar del plano No. 2 al plano No. 7 en Anexos.

Imagen No. 13: Perfil longitudinal del terreno natural de la calle principal de barrio.



Fuente: AutoCAD civil 3D – Elaboración propia

La imagen muestra en el eje horizontal las estaciones del alineamiento y en el eje vertical las elevaciones a lo largo de la vía.

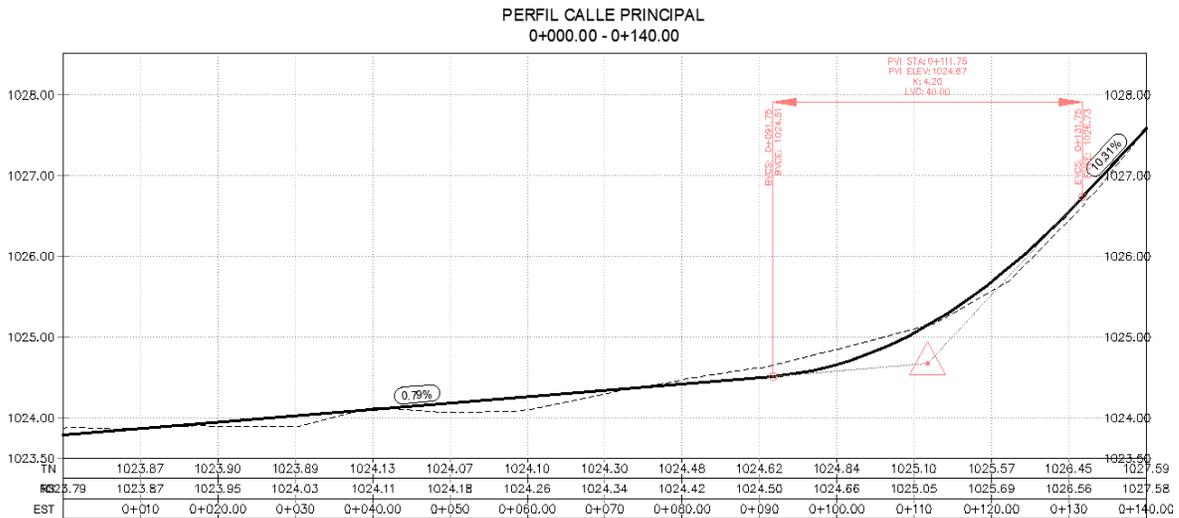
Luego de generar el perfil del terreno natural, se procede a dibujar tangentes con polilíneas que se ajusten al terreno creando así los posibles PVI, estas sirven como guías para trazar la rasante como entidad de Civil 3D.

Una vez creadas las tangentes, se procede a revisar las pendientes de la rasante para asegurar que estas cumplan con la norma. (Ver acápite 6.4.2, pág.75).

Ya revisadas dichas pendientes, se insertan las curvas verticales en los lugares requeridos, para esto, se debe de cumplir con los valores de K dictados por la norma. (Ver de tabla No. 44 - 46, pág. 78-79)

A continuación, en la imagen No. 14 se muestra el perfil longitudinal de la rasante y el terreno natural para una de las calles de este diseño, para visualizar mejor los perfiles de cada alineamiento ver del plano No. 2 al plano No. 7 añadidos en anexos.

Imagen No. 14 Perfil de calle principal



Fuente: Elaboración propia

La imagen muestra el terreno natural (línea punteada) y la rasante propuesta (línea continua), dentro de esta se encuentra una curva en columpio la cual a como se observa, cumple con el valor mínimo de K requerido. La parte de la rasante que se encuentra sobre la línea punteada es en relleno y lo que está por debajo de esta se encuentra en corte.

El diseño cuenta con cinco curvas verticales en columpio y tres en cresta, las cuales cumplieron con K para distancia visual mínima de parada.

6.6.5. Secciones transversales

En civil 3D, las secciones transversales están formadas por ensamblajes que representa la línea central de la vía y, sub- ensamblajes que son los componentes que la conforman (carril, cunetas, aceras, áreas verdes, etc). Las secciones típicas de este diseño están conformadas por carril, espesores de pavimentos y cuneta.

Se realizaron dos tipos de secciones transversales, esto varía en dependencia de las condiciones de cada calle que compone este diseño. Para la calle de acceso al barrio se utilizó un ancho de carril de 2.7m, el mínimo estipulado en la norma AASHTO 2011.

En el caso de la calle principal, primera, segunda y tercera calle, estas tienen un espacio más reducido, por lo tanto, no fue posible utilizar el mínimo de carril dictado en la norma, por lo cual se propuso un ancho de carril de 2.5m. (Ver acápite 6.5.1, pág. 80)

Luego de haber insertado los datos de ancho de carril, se ingresan el bombeo y los espesores de las capas a utilizar en la estructura de pavimento las cuales fueron definidas en el capítulo de diseño de estructura de pavimento de este documento. En la imagen No.15 mostrada a continuación, se aprecia la ventana de inserción de datos para la sección transversal de la calle de acceso, carril derecho.

Imagen No. 15 Parámetros de sección transversal, calle de acceso- carril derecho

Propiedades de subensamblaje - CARRIL DERECHO ACCESO

Información	Parámetros	Códigos
Valores de entrada:		
Nombre de valor	Valor de entrada por defecto	
Lado	Derecha	
Anchura	2.700m	
Talud por defecto	-3.00%	
Profundidad de pavimento1	0.100m	
Profundidad de pavimento2	0.050m	
Profundidad base	0.100m	
Profundidad de sub-base	0.000m	
Utilizar peralte	Ninguno	
Orientación de talud	Fuera del bombeo	

Fuente: Autodesk Civil 3D

A continuación, se agrega el sub ensamblaje de la cuneta. En la tabla No.51 mostrada a continuación, se presentan las dimensiones consideradas en este diseño:

Tabla No. 51 Dimensiones de cuneta ingresadas en el programa

Descripción	Dimensión (m)	Esquema
A	0.175	<p>Base de cuneta estabilizada con cemento al 6%</p>
B	0.3	
C	0.025	
D	0.15	
E	0.16	
F	0.15	
G	0.325	

Fuente: Elaboración propia, Civil 3D

Posteriormente, se definieron condiciones de talud que sirven para determinar el movimiento de tierra del barrio, las cuales fueron consideradas según el tipo de suelo de la zona (Ver tablas No. 70 y 71 en anexos, pág. XXX). Se muestra en la tabla No. 52 un resumen de la clasificación de los suelos del banco con respecto a las tablas antes mencionadas, incluyendo sus pendientes y alturas recomendadas.

Tabla No. 52 Condiciones de talud en corte y relleno

CONDICIONES DE TALUD PARA TERCERA CALLE		
Altura	Talud en corte para arena con grava	Talud en relleno para arena o grava de buena calidad
h= 10 m	1.5:1	2.0:1
h= 5-10 m	1.20:1	1.80:1
h= 0-5m	1:1	1.5:1
CONDICIONES DE TALUD PARA CALLE DE ACCESO Y OTRAS		
Altura	Talud en corte para suelos cohesivos con masas de roca	Talud en relleno para arena o grava de buena calidad
h= 5m	1.50:1	2.0:1
h= 1-5m	1.2:1	1.80:1
h= 0-1m	1:1	1.5:1

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se procede a generar las secciones transversales de todo el alineamiento, en las imágenes No. 16 y No. 17 se aprecian los dos tipos de secciones transversales presentes en este diseño:

Imagen No. 16 Sección transversal calle de acceso estación 0+055

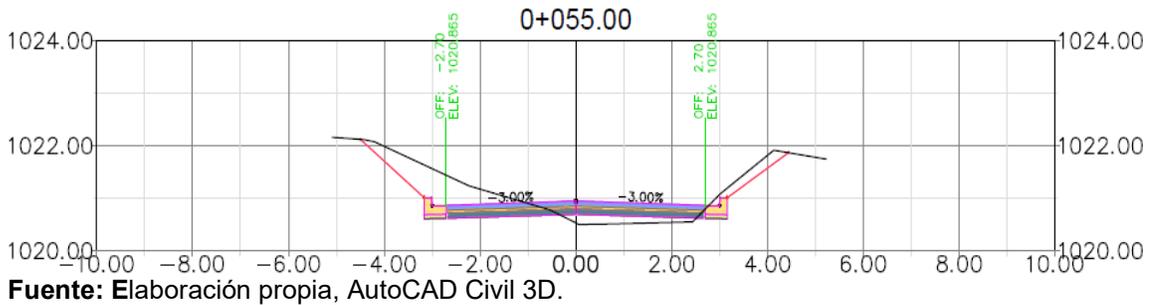
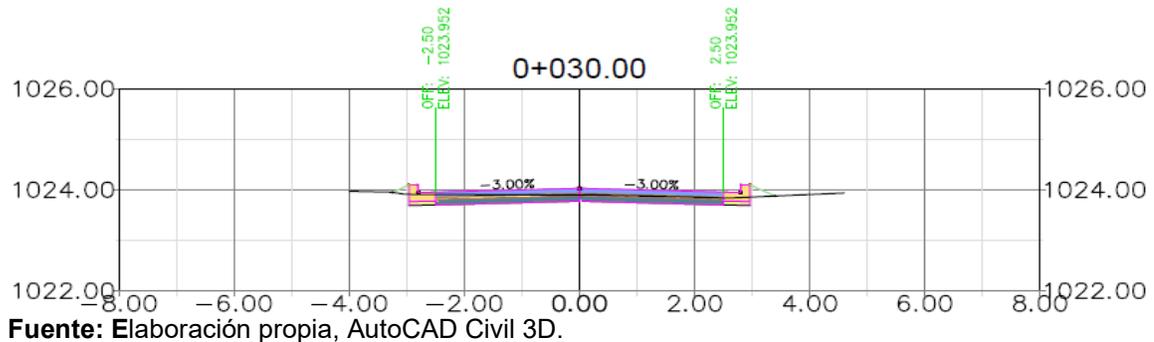


Imagen No. 17 Sección transversal calle principal estación 0+030



6.6.6. Obra lineal o corredor

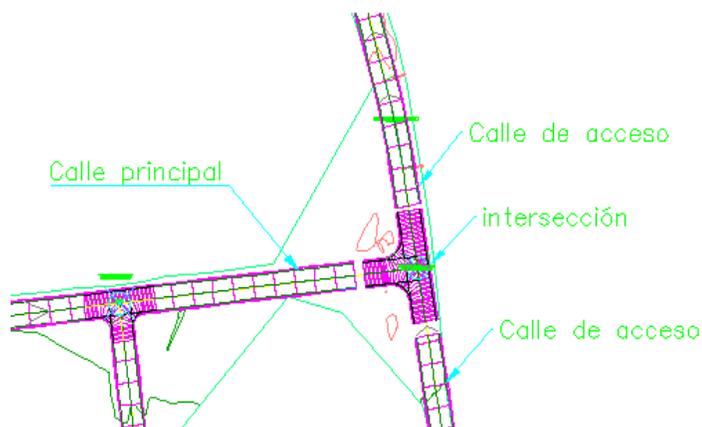
AutoCAD Civil 3D dispone del módulo “Modelado de obra lineal” para la generación de modelos tridimensionales de obras lineales como carreteras convencionales. Para la creación del corredor se debe tener definida la superficie del terreno, el diseño del alineamiento horizontal, vertical y sus secciones típicas generadas para completar el modelo tridimensional de los tramos creados para el barrio Amanda López Pineda.

Luego de haber generado el corredor que contiene los alineamientos de cada una de las calles con su respectiva sección transversal, se procede a realizar las intersecciones correspondientes a cada calle, ya que al ser un diseño que entra en la clasificación de calle urbana local estas se deben de tomar en cuenta, para

este caso las calles conectan entre si formando intersecciones de 90°, es decir, tipo T, donde los radios de giro son considerados de 5 metros para la intersección de la calle de acceso – calle principal y 3 metros para el resto, cumpliendo con el radio mínimo estipulado por la norma (ver punto 6.3.3.5.1, pág.74); posteriormente se procedió a la configuración de los códigos, con el fin de dar una mejor visualización al diseño del barrio.

En la imagen No. 18 mostrada a continuación se aprecia la intersección calle principal- calle de acceso al barrio.

Imagen No. 18 Intersección de calle principal y calle de acceso al barrio.



Fuente: Elaboración propia, AutoCAD civil 3D

Ver plano No. 1 en anexos para visualizar el corredor completo con todas las intersecciones de las calles creadas.

CAPÍTULO VII: COSTO Y PRESUPUESTO



7.1. Introducción

La estimación del costo y presupuesto de una obra permite evaluar las etapas y subetapas que se contemplan en la ejecución de un proyecto, consiste en calcular los volúmenes de obra y precios unitarios de dichas etapas para así determinar el precio total aproximado de este.

El costo está compuesto por materiales, mano de obra y gastos de operación, dentro de los primeros dos elementos se considera la materia prima a utilizar en cada una de las actividades y el esfuerzo realizado por un conjunto de personas, mientras que los gastos de operación incluyen gastos como salarios, prestaciones sociales, gastos administrativos, seguros, imprevistos, alquileres, entre otros.

En esta unidad se incluyen algunos conceptos básicos referentes al presupuesto de este proyecto como el cálculo del take-off (cantidades de obra), el cálculo de los costos unitarios de cada actividad, rendimiento de la maquinaria, precios de materiales y mano de obra, de igual manera se incluyen comentarios que ayudarán a interpretar de mejor manera los cálculos realizados.

7.2. Conceptos generales

7.2.1. Cantidad de obra

Es la cuantificación de los materiales que involucran la ejecución de una actividad para luego determinar el costo de esta, también ayuda a tener un mejor orden y una mayor precisión de las etapas y subetapas del proyecto. Estas cantidades de materiales están medidas en unidades como m³, m², m, libras, kg, globales, entre otras.

7.2.2. Costo Directo

Es el costo de los recursos e insumos que se utilizan directamente en la ejecución de la obra, para su cálculo es indispensable tener las cantidades de obras de las etapas y subetapas. Se incluyen en los costos directos las maquinaria o equipos, los materiales y la mano de obra.

7.2.3. Maquinaria, equipos y herramientas

En el costo de la maquinaria y equipo se debe de considerar todas las maquinarias que serán utilizadas para desarrollar de forma eficiente el proyecto, dentro de estas se encuentran volquetes, cargadores frontales, excavadoras, retroexcavadoras, compactadoras, mezcladoras de concreto, entre otras, dependiendo de la actividad a ejecutar.

Se debe considerar el costo horario del alquiler de los equipos para poder presupuestar el costo real de operación estos, por lo cual es indispensable contar con los datos de rendimientos de cada uno, esto se refiere a la cantidad de trabajo que realiza por jornada, de esta forma se puede tener un aproximado de cuánto tiempo se utilizarán en cada actividad. El costo de renta de cada equipo se obtiene de la multiplicación del costo horario y el tiempo que será utilizado, de donde el tiempo se obtendrá de la división de la cantidad de obra y el rendimiento de dicho equipo para realizar la actividad correspondiente.

7.2.4. Herramientas

En el caso de las herramientas, en caso de que la empresa constructora cuente con estos el monto calculado sería una reserva para la reposición del desgaste de las herramientas, por lo general es calculado como un porcentaje de la mano de obra que puede variar entre el 4 y 15%, dependiendo de la obra; si la empresa constructora no cuenta con estas herramientas, el costo de ellas sería el costo previsto por el tipo y cantidad de herramientas que deben ser utilizadas para la ejecución de las actividades.

7.2.5. Materiales

Los materiales son recursos necesarios para la ejecución de una obra, cada uno cuenta con especificaciones técnicas diferentes definiendo su calidad, procedencia, marca u otra característica necesaria para la identificación del mismo.

7.2.6. Costos de los materiales

Se refiere a la cotización cuidadosa de los materiales a usar en una actividad, incluye el costo de adquisición, traslado y la cantidad de materiales que deben ser incorporados en una actividad, tomando en cuenta la calidad del material eligiendo al proveedor más conveniente. El costo considerado será reflejado en la obra sin I.V.A, este costo incluye un porcentaje de rupturas, de pérdidas en la obra, de material defectuoso no utilizable y sin posibilidad de compensar su costo.

7.2.7. Rendimiento de los materiales

Uno de los aspectos más importantes a la hora de preparar el costo y presupuesto de una obra son los rendimientos que tienen los materiales, es decir la cantidad de material a utilizar en una determinada actividad donde se adiciona un factor de desperdicio para cada uno de ellos, considerando pérdidas durante el transporte y manejo de este.

7.2.8. Mano de obra

Es el recurso más determinante en la preparación de los costos unitarios. Se componen de diferentes categorías de personal tales como: capataces, albañiles, mano de obra especializado, peones y demás personal que afecta directamente al costo de la obra.

7.2.9. Costo de mano de obra

Otro de los factores determinantes para la preparación de los costos unitarios, la mano de obra, está basada en la cantidad de horas trabajadas por días y el número de días por semana. La tasa salarial horaria debe contemplar prestaciones sociales, vacaciones, salario básico, feriados y todos los beneficios legales que el país otorgue.

7.2.10. Rendimiento de mano de obra

Es la cantidad de obra que es ejecutada por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano,

normalmente expresado como um/hH (unidad de medida de la actividad por horas hombres).

Luego de tener definidas las cantidades de obras y los precios de las subetapas se procede a calcular el precio unitario de cada uno de los elementos que componen la subetapa, esto se obtiene dividiendo el costo del elemento de la actividad entre la cantidad de obra de esta, luego de haber realizado este proceso en cada elemento finalmente se podrá obtener el costo unitario total de la actividad, este será reflejado en el resumen de la oferta final.

7.2.11. Prestaciones sociales

Estas se encuentran establecidas en el convenio colectivo y se calculan como un porcentaje de salario cuyo valor actualmente es de 65.52%.

7.2.12. Viáticos

Es el pago de gasto de alimentación que se le da al personal que reside fuera de la zona del proyecto lo cual incluye desayuno, almuerzo y cena, en el caso de los trabajadores que pueden dormir en la localidad de origen solo se les paga almuerzo.

7.2.13. Costos indirectos

Son todos aquellos gastos que no fueron considerados dentro de los costos directos de la obra, estos principalmente pertenecen a la parte administrativa, dentro de estos se incluyen costos administrativos, seguros, documentos legales, fianzas, depreciación de vehículo, construcción de instalaciones generales e imprevistos, entre otros.

7.2.14. Movimiento de tierra

El movimiento de tierra es el conjunto de acciones a realizarse en un terreno ya sea de forma manual o mecánica, con el propósito de preparar y mejorar el terreno si es necesario debido a que al momento de diseñar un proyecto se debe cumplir

con una serie de niveles o rasantes del terreno, por lo tanto, el terreno natural deberá tomar los niveles deseados mediante las actividades de corte y relleno, ajustándose de tal manera a las necesidades de la obra.

Es necesario mencionar que las actividades que contempla el movimiento de tierra, generalmente el suelo se presenta como material suelto ya que se genera una separación de sus partículas, esto se debe al realizar actividades de corte en las zonas del proyecto o extraer material en bancos de préstamos, es por ello que el suelo se ve afectado por el abudamiento del mismo, y se debe considerar un factor abudamiento que va en dependencia del tipo del suelo que predomine en la zona de excavación, dicho factor se expresa en unidades de porcentajes.

7.3. Especificaciones técnicas

010- Preliminares

010-1- Trazo y nivelación

Consiste en la realización del replanteo topográfico de toda la vía con los datos de altimetría y planimetría establecidos en los planos del diseño geométrico, para esto el topógrafo se debe guiar con los BM que fueron utilizados para el levantamiento topográfico, de haber sido removidos se deben corregirse con el nivel del BM más cercano.

Las obras que se construyan deben quedar finalmente con los niveles que se muestran en los planos constructivos con un máximo de error permisible de 2 mm.

010-2- Demoliciones

Las demoliciones se refieren a todas las infraestructuras que se deben remover indicadas en las especificaciones de los planos.

020- Movilización y desmovilización

020-1 Movilización y desmovilización de equipos

Consiste en el traslado de los equipos de construcción que se utilizan en la etapa de movimiento de tierra, esto incluye la puesta de los equipos en el sitio del proyecto y el traslado a su sitio original luego de haber finalizado las actividades.

030- Movimiento de tierra

030-1- Corte y desalojo

Consiste en la remoción del material existente en el terreno hasta llegar al nivel de subrasante que fue previamente definido por el diseñador, esta actividad será ejecutada con equipos especializados como tractores y excavadoras, de igual manera se debe ir desalojando el material cortado con ayuda de los volquetes contratados para lo cual se debe definir un sitio para depositar dicho material. Finalmente, el topógrafo tiene chequear que los niveles de corte realizados coincidan con los especificados en los planos.

030-2- Zona inestable

En esta actividad se remueve el material inestable que se encuentra en los estudios de suelos, estos son de tipo A-7-5 y A-7-6 que corresponden a suelos de tipo arcilloso, este debe ser sustituido por material del banco maná del cielo, compactado en capas de 15 cm al 95% proctor modificado.

030-3- Relleno.

El material de relleno debe de llevarse hasta su humedad optima y sus capas tienen que ser compactadas a un espesor máximo de 15 cm.

030-4- Conformación y compactación

Una vez concluidos los cortes, se procede a escarificar la superficie del camino mediante el uso de motoniveladora y tractor en zonas de difícil acceso, a una profundidad mínima de 15 cm, posteriormente el material será extendido, regado y mezclado haciendo un proceso repetitivo y alternativo de un camión cisterna.

Luego se pasará el rodillo vibratorio donde su compactación se realizará desde los bordes hacia el centro de la vía.

030-5- Explotación de banco

Para la realización de esta etapa se debe eliminar toda la capa vegetal, una vez finalizado el proyecto o corte de material el banco deberá dejarse limpio y sellado de igual manera deberá hacerse un arreglo necesario con los dueños de los predios donde se encuentren ubicados los bancos de materiales y adquirir los derechos de explotación del mismo.

La explotación del banco debe limitarse a los volúmenes indicados en los cálculos.

030-6- Estabilización de base con suelo cemento

Se preparará la superficie sobre la cual se realizará el mejoramiento de los suelos, no se deberá comenzar las operaciones de colocación de las capas de agregados tratados con cemento si la superficie o capa subyacente esta lodosa, de igual manera no se recomienda hacer la estabilización del suelo en temporada lluviosa.

El mezclado de los agregados con cemento se ejecutará aplicando el método de revoltura (mezclado) en plataforma, especificado por la norma NIC-2019, este consiste en revolver los componentes de la capa hasta su profundidad total usando motoniveladora hasta que la mezcla sea completamente uniforme y se logre el contenido de humedad adecuado para lograr obtener la densidad especificada, para esto se deberá agregar agua en cantidades necesarias durante la revoltura.

Al momento de colocar el material por ningún motivo se deberá dejar sin compactar por más de media hora, el procedimiento de compactación y acabado deberá ser realizado en un periodo de una hora aproximadamente. La superficie compactada debe quedar lisa, densa y libre de planos de compactación, crestas o material suelto.

La dosificación por volumen de cemento a añadir al suelo natural para este caso es de 3.24 bolsas/m³, luego de haber especificado las bolsas de cemento necesarias por metro cubico, se procede a determinar el espaciado de los sacos de cemento en líneas paralelas a lo largo de la calzada previamente escarificada con el fin de definir el área en metros cuadrados que debe cubrir cada saco. Una vez colocado los sacos, se procederá a romper la envoltura de los mismos y a vertir manualmente el contenido, posteriormente se realizará el mezclado con la motoniveladora. Para garantizar un correcto mezclado del suelo, es recomendable acordonar el material al menos dos veces.

Luego se procede a dar un baño con agua, conociendo la humedad higroscópica del material procurando no exceder más del 5% de la humedad óptima, una vez humedecido el material se acordonará con el fin de unificar la humedad, se deberá verificar que la mezcla suelo, cemento y agua se presente en estado homogéneo, para proceder a conformar el terreno con motoniveladora.

El material que quede suelto deberá ser esparcido con un espesor adecuado para que al momento de ser compactado no queden espesores inferiores a los estipulados en el diseño.

Finalmente se deben realizar pruebas de densidad del material mezclado con cemento compactado con la prueba de cono de arena o decímetro nuclear, cabe mencionar que cada prueba deberá abarcar un área representativa no mayor a 1,250 metros cuadrados con el espesor de diseño para la base.

040-Drenaje

040-1- Trazo y nivelación de drenaje menor

Se debe realizar la excavación de la zanja para cuneta con medios manuales. Se debe ir retirando el material excavado del sitio con el fin de evitar accidentes por derrumbes.

Al terminar la excavación se debe compactar el área con apisonadora manual e ir verificando los niveles con ayuda de la topografía-

040-2- Formaletas

Una vez concluida la excavación y compactación de la zanja para cuneta se procederá a armar las formaletas de estas, para esto se deberá de revisar que la madera no tenga imperfecciones como fisuras u ondulaciones, se colocarán reglas en diagonal a cada 0.20m que servirán como soporte para evitar que las tablas se muevan o se separen al hacer la llena de concreto; de igual manera a medida que se vayan colocando el topógrafo deberá ir corroborando que las coordenadas de estas concuerden con las de los planos.

040-3- Cunetas

El adoquinado estará confinado en sus laterales por cunetas de concreto con el objetivo de proteger y respaldar la estructura de pavimento. Antes del llenado de cunetas se ejecutarán trabajos de excavación o conformación para llegar a las dimensiones de las mismas y permita una correcta colocación del concreto, la resistencia del concreto deberá ser de 2,500 PSI con una proporción de 1:2:4.

050- Carpeta de rodamiento

050-1- Excavación a mano

Este trabajo consistirá en la excavación o relleno para la conformación de cunetas y vigas de remate transversal que servirán para recoger y evacuar las aguas superficiales.

Esta actividad de excavación a mano comprenderá todas las cunetas laterales del diseño propuesto en este documento y sus respectivas vigas de remate transversal las cuales serán construidas de acuerdo al alineamiento, pendientes y secciones transversales señalados en los planos.

Las excavaciones de estas se realizarán de manera manual como se mencionó anteriormente, el material extraído de dichas excavaciones ya sea material en exceso o inadecuado serán desalojados a los sitios de depósitos.

050-2- Viga transversal

Se construirán vigas de remate transversal que tendrán una dimensión de 0.1 metros de ancho por 0.35 metros de profundidad, deberán cumplir con una resistencia a la compresión de 2,500 PSI, con proporción 1:2:4.

050-3- Cama de arena

Para el caso de la cama de arena se deberá colocar una capa de 5 cm de espesor una vez terminado el proceso de las actividades de cortes, rellenos y compactación. Esta arena deberá pasar el 100% por la malla No. 4, tendrá que estar libre de terrones de arcilla, basura o cualquier otro material inadecuado que altere las propiedades de la arena a colocar.

La cama de arena les permitirá a los adoquines descansar sobre una superficie bien preparada de acuerdo a las especificaciones y de conformidad razonable con las líneas, rasantes y secciones transversales mostradas en los planos.

050-4- Adoquinado

La estructura de pavimento con adoquín deberá estar compuesto por adoquines tipo 2 de tráfico liviano cumpliendo con la resistencia a la compresión de 34.3 Mpa, sin rajaduras ni defectos en las aristas, sin orificios y de buena contextura, el tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas, después de ser colocadas.

Se procederá a colocar las unidades de adoquín haciéndolo según se indica en los planos y de acuerdo a la geométrica de los adoquines y cuchilladas de adoquines. El supervisor verificara dicho trabajo y vigilara que la junta entre unidades sea entre 1 cm y 2.5 cm. Posteriormente los espacios entre adoquines

y entre adoquines y cuchillas se rellenaran con arena que pase a través del tamiz No. 4.

Después de colocada toda la estructura de pavimento se humedecerá la superficie adoquinada y se compactará hasta obtener una debida trabazón entre adoquines. La superficie adoquinada además deberá cumplir con el 3% de bombeo lateral para permitir el drenaje del agua adecuado.

050-5- Junta de mortero

Para el caso de la separación entre los adoquines y la cuneta se colocará mortero de 3,000 PSI con proporción 1:4, la dimensión aproximada de la junta es de 0.015 metros de ancho por 0.1 metros de profundidad

060- Limpieza y entrega

060-1- Limpieza final

Una vez acabada la colocación de la estructura de pavimento y realizada todas las actividades correspondientes al proyecto, es fundamental la limpieza final de la obra para eliminar restos de colocación y suciedad generadas por las diversas actividades que se realizaron, es por ello que el área del proyecto debe ser entregada completamente limpia, incluyendo toda la basura provocada por la limpieza final.

7.4. Costos unitarios

Para el cálculo de costos unitarios de este proyecto se aplicó un 20% para costos indirectos sobre el costo directo total y una utilidad del 10% a la suma de costos directos e indirectos, estos se consideraron basándose en presupuestos de proyectos similares.

El procedimiento para el cálculo de costos unitarios se muestra de manera detallada de la página LXX a la página CIV en anexos.

7.5. Presupuesto

Se aplicará al total un porcentaje del 15% correspondiente al IVA, 1% al impuesto municipal, y 2% de impuesto sobre la renta.

Tabla No. 53 Presupuesto de la obra.

No. (ÍTEM)	ETAPAS SUB - ETAPAS ACTIVIDAD	ALCANCES DE OBRA		COSTO UNITARIO		COSTO TOTAL	
		U/M	CANTIDAD	CS \$		CS \$	
	Adoquinado Amanda López						
010 -	PRELIMINARES					C\$	27,455.86
1-	Trazo y nivelación	ml	895.55	C\$	22.66	C\$	20,293.16
	Trazo y nivelación de calles	ml	895.55	C\$	22.66	C\$	20,293.16
2-	Demolición	ml	873.50	C\$	8.20	C\$	7,162.70
	Demolición de bordillos	ml	873.50	C\$	2.30	C\$	2,009.05
	Acarreo de desperdicio	ml	873.50	C\$	5.90	C\$	5,153.65
020 -	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN					C\$	89,131.19
1-	Movilización y desmovilización de equipos	Glb	1.00	C\$	89,131.19	C\$	89,131.19

Fuente: Elaboración propia.

No. (ÍTEM)	ETAPAS SUB - ETAPAS ACTIVIDAD	ALCANCES DE OBRA		COSTO UNITARIO		COSTO TOTAL	
		U/M	CANTIDAD	CS \$		CS \$	
030 -	MOVIMIENTO DE TIERRA					C\$	3,239,064.23
1-	Corte y desalojo para estructura de pavimento	m ³	2474.38	C\$	340.69	C\$	842,996.52
	Corte y/o excavación con equipo	m ³	2474.38	C\$	66.33	C\$	164,125.63
	Acarreo de material sobrante de excavación	m ³	2474.38	C\$	274.36	C\$	678,870.90
2-	Zona inestable	m ³	774.54	C\$	378.33	C\$	293,031.72
	Corte y/o excavación de suelos inadecuados	m ³	774.54	C\$	61.78	C\$	47,851.08
	Desalojo de material inadecuado	m ³	774.54	C\$	316.56	C\$	245,188.38
3-	Relleno	m ³	804.15	C\$	616.44	C\$	495,710.23
	Relleno de zona inestable con material de banco	m ³	774.54	C\$	616.44	C\$	477,457.44
	Relleno hasta nivel de subrasante	m ³	29.61	C\$	616.44	C\$	18,252.79
4-	Conformación y compactación	m ³	1105.54	C\$	197.88	C\$	218,764.26
	Conformación y compactación de subrasante	m ³	1105.54	C\$	197.88	C\$	218,764.26
5-	Explotación de banco	m ³	624.43	C\$	474.88	C\$	296,528.84
	Explotación de banco para base con excavadora Case CX210	m ³	624.43	C\$	80.79	C\$	50,447.62
	Acarreo de material	m ³	624.43	C\$	196.22	C\$	122,525.46
	Conformación y compactación de capa base	m ³	624.43	C\$	197.88	C\$	123,562.01
6-	Estabilización de base con suelo cemento	m ³	624.43	C\$	1,748.85	C\$	1,092,032.66
	Estabilización con cemento Pórtland al 8%	m ³	624.43	C\$	1,748.85	C\$	1,092,032.66

Fuente: Elaboración propia.

No. (ÍTEM)	ETAPAS SUB - ETAPAS ACTIVIDAD	ALCANCES DE OBRA		COSTO UNITARIO		COSTO TOTAL	
		U/M	CANTIDAD	CS \$		CS \$	
	Adoquinado Amanda López						
040 -	DRENAJE MENOR					C\$	1,794,736.87
1-	Trazo y nivelación de drenaje menor	m ³	22.90	C\$	333.62	C\$	7,639.90
	Excavación a mano para cunetas	m ³	22.90	C\$	62.43	C\$	1,429.65
	Acarreo de material sobrante de excavación	m ³	22.90	C\$	271.19	C\$	6,210.25
2-	Formaleta	ml	1991.25	C\$	102.51	C\$	204,123.04
	Suministro y colocación de formaletas para cunetas	ml	1991.25	C\$	102.51	C\$	204,123.04
3-	Cunetas de concreto	m ³	204.74	C\$	7,731.63	C\$	1,582,973.93
	Cuneta de caite de concreto de 2,500 PSI	m ³	204.74	C\$	7,731.63	C\$	1,582,973.93

Fuente: Elaboración propia.

No. (ÍTEM)	ETAPAS SUB - ETAPAS ACTIVIDAD	ALCANCES DE OBRA		COSTO UNITARIO		COSTO TOTAL	
		U/M	CANTIDAD	CS \$		CS \$	
050 -	CARPETA DE RODAMIENTO					C\$	4,460,431.94
1-	Excavación a mano	m ³	2.73	C\$	332.93	C\$	908.90
	Excavación a mano de vigas transversales de 0.15x0.20m	m ³	2.73	C\$	62.43	C\$	170.43
	Acarreo de material sobrante de excavación	m ³	2.73	C\$	270.51	C\$	738.49
2-	Viga de remate transversal	m ³	4.81	C\$	7,667.05	C\$	36,878.51
	Concreto para viga de remate transversal de 0.15x0.35m	m ³	4.81	C\$	7,667.05	C\$	36,878.51
3-	Cama de arena	m ³	312.21	C\$	1,486.12	C\$	463,978.55
	Colchón de arena de 5 cm	m ³	312.21	C\$	1,486.12	C\$	463,978.55
4-	Adoquinado	m ²	4803.30	C\$	818.93	C\$	3,933,580.27
	Adoquinado tipo tráfico liviano de 34.3 Mpa	m ²	4803.30	C\$	729.97	C\$	3,506,259.17
	Colocación de sello de arena	m ²	4803.30	C\$	67.34	C\$	323,466.07
	Compactación de carpeta de rodamiento	m ²	4803.30	C\$	21.62	C\$	103,855.03
5-	Junta de mortero	m ³	2.99	C\$	8,389.87	C\$	25,085.71
	Junta de mortero entre adoquín y cuneta	m ³	2.99	C\$	8,389.87	C\$	25,085.71

Fuente: Elaboración propia.

No. (ÍTEM)	ETAPAS SUB - ETAPAS ACTIVIDAD	ALCANCES DE OBRA		COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		U/M	CANTIDAD	CS \$	CS \$
Adoquinado Amanda López					
060	LIMPIEZA Y ENTREGA	Glb	1.00	C\$ 22,881.65	C\$ 22,881.65
1-	Limpieza final	Glb	1.00	C\$ 22,881.65	C\$ 22,881.65
COSTO TOTAL ADOQUINADO AMANDA LÓPEZ SIN IMPUESTOS=					C\$ 9,633,701.74
IMPUESTO MUNICIPAL (1%) =					C\$ 96,337.02
IMPUESTO SOBRE RENTA IR (2%)					C\$ 192,674.03
COSTO TOTAL ADOQUINADO AMANDA LÓPEZ CON IMPUESTOS (15%) =					C\$ 1,445,055.26
COSTO TOTAL ADOQUINADO AMANDA LÓPEZ C/ IMPUESTO DEL PROYECTO=					C\$ 11,367,768.05

Fuente: Elaboración propia.

7.6. Cantidad de obra para adoquinado del barrio Amanda López

En la tabla No. 54 se muestra un resumen de la cantidad de obra necesaria para determinar los costos unitarios y el costo total de la obra.

Tabla No. 54 Cantidades de obra

Cantidades de obra			
Concepto	Cantidad	Unidad	
Longitud total de calle del proyecto	895.55	m	
Longitud total de calle a adoquinar	895.55	m	
Ancho de sección transversal para calle de acceso	6.3	m	
Ancho de sección transversal para calles del barrio	5.9	m	
Ancho de carril para calle de acceso	5.4	m	
Ancho de carril para calles del barrio	5	m	
MI de cunetas	1,991.25	m	
Demolición de bordillo	873.5	m	
Área a adoquinar	4,803.2	m ²	
Adoquines de 10 cm de 34.3MPa	100,870	unidades	
Volumen de corte hasta subrasante	2,474.38	m ³	
Volumen de corte para zona inestable	774.54	m ³	
Volumen de relleno para zona inestable (Mat. de banco)	774.54	m ³	
Volumen de relleno hasta subrasante (Mat. de banco)	29.61	m ³	
Volumen de base	480.33	m ³	
Volumen de cama de arena	312.21	m ³	
Volumen de arena para junta de adoquines	219	m ³	
Volumen de mortero para junta de adoquines	2.99	m ³	
	Cemento	27	m ³
	Arena	5	m ³
	Agua	243	galones
Volumen de concreto para cunetas	204.74	m ³	
	Cemento	1443	bolsas
	Arena	102	m ³
	Grava	180	m ³
	Agua	14,526.45	galones
Volumen de excavación para cuneta	22.9	m ³	

Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Cantidad	Unidad
Volumen de subbase para cunetas	69.29	m ³
Volumen de excavación para vigas de remate	2.73	m ³
Volumen de concreto para vigas de remate	4.81	m ³
Cemento	34	bolsas
Arena	3	m ³
Grava	5	m ³
Agua	342	galones
Volumen de conformación y compactación de subrasante	850.41	m ³
Cemento para estabilización de capa base	2,029	bolsas
Tablas de 1"x14"x5vrs	115	unidades
Listones de 1"x6"x5vrs	115	unidades
Listones de 1"x8"x5vrs	115	unidades
Reglas de 1"x2"x6vrs	350	unidades
Reglas de 1"x3"x6vrs	27	unidades
Reglas de 1"x3"x3vrs	1	unidades
Clavos	423	libras

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Conclusiones

Basado en los aspectos aparcados en esta investigación y en los objetivos planteados se concluye que:

- El flujo vehicular está compuesto por un 98.41% de vehículos pasajeros y 1.59% de vehículos de carga.
- Se obtiene como resultado una tasa de crecimiento de 2.57%.
- Se determina un TPDA de 627 veh/día, el cual se proyecta a un periodo comprendido del 2020 hasta el año 2035 obteniendo un TPDA acumulado al final de 921 veh/día.
- Según los valores obtenidos de los suelos del tramo en interés, el grupo No. 3, correspondiente a suelo arcilloso obtuvo un CBR de 0.9%, al presentar tal característica este no fue considerado en el cálculo de C.B.R de diseño del tramo.
- El suelo del grupo No. 2, a pesar de ser clasificado como bueno obtuvo un CBR de 5.85% por lo que es descartado al presentarse en estratos que serán removidos al hacer el corte del sitio, por tal razón se decide tomar únicamente el C.B.R de 22.2% correspondiente al grupo No.1, clasificándose como suelo útil para subrasante.
- En el banco de materiales propuesto se obtuvo un CBR de 54% lo cual lo clasifica como un suelo bueno, sin embargo este se encuentra en condiciones no plasticas por lo que es necesario una estabilización con cemento al 8% para que cumpla con la resistencia mínima de 21 kg/cm² a los 7 días de curado requeridos en la norma NIC-2019, para poder ser utilizado como base.

- De acuerdo a los datos calculados se cuenta con un material de excelente calidad en la subrasante, tomando en cuenta la estabilización para base y su alta resistencia con respecto al ESAL'S de 40,744 obtenido del tránsito de diseño, se determina que el adoquín podrá descansar directamente sobre la subrasante sin necesidad de una capa base en ambos tramos, sin embargo, se establece una base con espesor de 4 pulgadas cumpliendo con el mínimo establecido en la norma AASHTO-93.
- Los espesores finales de la estructura de pavimento por lo tanto son:
Pavimento de adoquín: 4 pulgadas
Cama de arena: 2 pulgadas
Base: 4 pulgadas
- Se consideran las normativas SIECA 2004 y AASHTO 2011, de las cuales se cumplen con la mayoría de las especificaciones estipuladas a excepción de la velocidad de diseño debido a que no se cumplía con algunos radios mínimos, por tal motivo se utilizó una velocidad de diseño de 20km/h.
- En el trazado de la rasante la pendiente mínima fue de 0.47% y la máxima de 10.57% encontrándose dentro del rango estipulado en la AASHTO 2011 (15%). En cuanto a las curvas verticales presentes en este alineamiento, se cumplieron los valores de K tanto en cresta como en columpio.
- Una vez calculadas las cantidades y los costos unitarios para cada una de las actividades, se procedió a determinar el presupuesto de la obra obteniendo un monto de C\$9,633,701.74 de costos directos e indirectos, a este monto se le aplicaron los porcentajes de impuesto municipal, IR e IVA, llegando así a un costo total de la obra de C\$11,367,768.05.

Recomendaciones

- Si se desea tener una información más acertada sobre la configuración estratigráfica del sitio en estudio, se sugiere realizar sondeos cada 50 m a profundidades de 1.5m.
- Al colocar la estructura de pavimento se deberá retirar el material existente hasta llegar a la subrasante indicada en los planos del perfil longitudinal y sustituirlo con el material recomendado, este deberá ser compactado al 95% de su densidad seca máxima.
- Ejecutar pruebas de resistencia a la compresión a una muestra de 10 adoquines por cada 20,000 para comprobar que estos cumplen con la resistencia mínima de 34.3MPa.
- Elaborar un estudio hidrológico para dimensionar las obras de drenaje mayor de la vía que permita la libre circulación del agua con el fin de disminuir los efectos negativos que esta pueda ocasionar al diseño.
- Colocar la señalización vertical y horizontal necesaria a lo largo de la vía.
- Se deberá hacer una correcta supervisión durante la construcción, principalmente en la estabilización de los materiales y en el cumplimiento de los espesores de diseño de las capas estructurales, las dimensiones de las estructuras de drenaje menor y el ancho de vía especificado en los planos.
- Considerar que al incorporar nuevas actividades como señalización y estructuras de drenaje mayor que no fueron tomados en cuenta en este estudio monográfico se incrementará la cantidad de materiales a utilizar, la mano de obra, maquinaria y, por lo tanto, contribuirá al aumento del costo total de esta obra.

Bibliografía

- American Association Of State Highway And Transportation Officials. (1993). *Diseño De Pavimento (AASHTO-93)*. Washington D. C, Estados Unidos.
- American Association Of State Highway And Transportation Officials. (2011). *Política Sobre Diseño Geométrico De Caminos y Calles 6th Edition Libro Verde (AASHTO)*. Washington D. C, Estados Unidos.
- Castillo, I. R. (2018). *Anuario De Aforos de Tráfico - MTI*. Managua .
- Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras* . Bogotá, D.C.
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras 2da edición* . Colombia.
- Iturbide, I. J. (2002). *Manual Centro Americano Para Diseño de Pavimentos* . Guatemala .
- John, J. R. (2011). *Protección y estabilización de taludes para evitar deslizamientos* . Valdivia, Chile .
- Leclair, R. (2004). *Normas Para El Diseño Geométrico De Las Carreteras Regionales (SIECA)*. Guatemala.
- Ministerio De Transporte e Infraestructura (MTI). (2019). *Especificaciones Generales Para La Construcción De Caminos, Calles y Puentes (NIC)*. Managua, Nicaragua.
- Nicaragua, B. C. (2018). *Anurio de Estadísticas Macroeconómicas* . Managua, Nicaragua.
- Ospina, J. J. (2002). *Diseño Geométrico De Vías*. Medellín, Colombia.
- Universidad Nacional de Ingeniería . (2019). *Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelo*. Managua.
- Villalaz, I. C. (2004). *Mécanica de Suelos y Cimentaciones* . México.

ANEXOS



Fotografías 1 y 2: Baches en la zona de estudio (Entrada al barrio y segunda calle)



Fuente: Tomada en el sitio por los sustentantes.



Fuente: tomada en el sitio por los sustentantes

Fotografía 3: Baches rellenados por los habitantes (Tercera calle)



Fuente: Tomada en el sitio por los sustentantes.

Fotografía 4: Bordillos existentes (Calle principal)



Fuente: Tomada en el sitio por los sustentantes.

Fotografía 5: Calle de acceso al barrio



Fuente: tomada en el sitio por los sustentantes

Imagen No.19: Ubicación de estaciones de conteo vehicular en Barrio Amanda López Pineda



Fuente: Google Earth.

Imagen No. 20 Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico de la Oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y fuentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadriciclos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico año 2018. Pág. 34

Imagen No. 21 Producto Interno Bruto expresados en millones de córdobas, periodo comprendido del 2006-2018

Cuadro - Table I-1

Producto interno bruto: enfoque de la producción - Gross domestic product: production approach

(millones de córdobas constantes - millions of 2006 cordobas)

Conceptos - Concepts	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 ^{p/}	2017 ^{p/}	2018 ^{n/}
Producto interno bruto - Gross domestic product	118,837.7	124,870.3	129,160.5	124,907.7	130,416.3	138,654.2	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,131.6	177,894.9	186,212.4	179,107.0
Más - Plus: Impuestos netos a los productos - Net taxes on products	11,248.0	12,069.1	12,352.6	12,049.3	12,186.8	13,385.7	14,561.4	14,973.4	15,643.0	16,986.3	17,884.3	18,725.2	17,053.3
Total industrias - All industries													
Agricultura - Agriculture	9,495.3	10,693.4	10,068.2	10,481.3	10,754.8	11,580.4	11,852.9	11,534.4	11,495.9	11,518.9	12,486.6	13,267.3	13,703.3
Pecuario - Livestock	7,067.9	7,932.3	8,787.6	8,403.2	8,610.0	8,897.6	8,207.6	8,022.7	8,322.8	8,241.9	8,412.9	9,473.7	8,962.5
Silvicultura y extracción de madera - Forestry	1,440.4	1,485.6	1,518.1	1,504.0	1,513.9	1,602.6	1,632.8	1,643.5	1,658.8	1,659.6	1,619.4	1,640.5	1,570.8
Pesca y acuicultura - Fishing	891.2	1,008.6	1,178.3	1,344.0	1,415.8	1,358.6	1,523.5	1,601.7	1,883.6	1,752.3	1,711.8	1,901.5	2,180.8
Explotación de minas y canteras - Mining and quarrying	1,089.1	1,048.9	1,013.0	978.7	1,483.5	1,864.6	2,068.4	2,531.6	2,541.1	2,533.8	2,740.8	2,492.4	2,535.2
Industrias manufactureras - Manufacturing	16,153.7	16,758.0	16,988.3	16,057.3	17,486.2	19,207.7	21,170.6	22,554.0	24,260.9	24,863.2	25,774.9	27,079.0	27,365.5
Construcción - Construction	5,791.7	5,304.6	4,486.4	3,179.2	2,632.6	2,917.0	3,706.2	4,113.2	4,186.6	5,251.2	5,179.0	5,242.2	4,419.5
Electricidad - Electricity	1,223.2	1,183.4	1,662.1	1,699.1	1,765.9	1,715.7	2,076.1	2,566.7	2,890.3	2,943.9	2,971.7	2,885.4	3,010.7
Agua - Water supply	550.9	542.4	587.5	667.9	683.0	936.6	984.5	973.6	983.6	1,011.1	1,067.2	1,085.4	1,124.4
Comercio - Trade	12,803.2	13,314.5	14,137.4	13,545.9	14,597.8	16,073.6	17,218.0	17,724.0	18,402.8	19,548.4	20,485.9	21,318.6	18,881.0
Hoteles y restaurantes - Hotels and restaurants	3,446.9	3,727.3	3,606.3	3,600.6	3,801.8	3,986.8	4,283.1	4,537.1	4,655.0	4,835.8	5,139.8	6,054.7	4,831.6
Transporte y comunicaciones - Transport and communication	7,128.1	8,326.7	8,836.0	8,764.5	10,299.5	11,601.0	12,294.2	12,962.8	13,517.6	14,560.0	15,586.6	15,861.3	15,313.9
Intermediación financiera y servicios conexos - Financial intermediation	5,796.7	5,467.7	5,807.5	4,985.1	4,613.3	4,425.1	4,612.9	5,011.4	5,592.8	5,981.0	6,490.3	6,932.3	6,559.7
Propiedad de vivienda - Housing	9,881.6	10,042.5	10,149.3	10,325.0	10,234.2	10,379.0	10,527.1	10,853.7	11,129.6	11,479.8	11,850.6	12,188.6	12,041.2
Administración pública y defensa - Public administration and defense	6,081.4	6,332.7	6,974.9	7,329.6	7,671.6	8,052.7	8,392.4	8,867.5	9,250.9	9,560.3	10,189.3	10,765.3	10,756.5
Enseñanza - Education	5,329.9	5,458.9	5,706.9	5,730.4	5,744.8	5,916.0	6,105.0	6,197.6	6,327.7	6,557.3	6,792.5	7,042.8	7,250.4
Salud - Health	2,817.5	2,980.7	3,078.4	2,972.3	2,981.4	2,999.7	3,154.2	3,571.7	3,642.2	3,859.3	4,045.1	4,184.0	4,295.4
Otros servicios - Other services	10,600.8	11,193.1	12,567.9	12,621.0	13,787.0	13,497.9	14,353.1	15,105.5	16,610.8	17,349.2	18,209.6	18,968.8	18,563.4

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas 2018, Banco Central de Nicaragua. Pág. 5

Imagen No. 22 Tasa de crecimiento del PIB, periodo 2007-2018

Cuadro - Table I-2

Producto interno bruto: enfoque de la producción - Gross domestic product: production approach

(tasas de crecimiento - Growth rate)

Conceptos - Concepts	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 ^{pl}	2017 ^{pl}	2018 ^{pl}
Producto interno bruto - Gross domestic product	5.1	3.4	(3.3)	4.4	6.3	6.5	4.9	4.8	4.8	4.6	4.7	(3.8)
Más - Plus: Impuestos netos a los productos - Net taxes on products	7.3	2.3	(2.5)	1.1	9.8	8.8	2.8	4.5	8.6	5.3	4.7	(8.9)
Total industrias - All industries												
Agricultura - Agriculture	12.6	(5.8)	4.1	2.6	7.7	2.4	(2.7)	(0.3)	0.2	8.4	6.3	3.3
Pecuario - Livestock	12.2	10.8	(4.4)	2.5	3.3	(7.8)	(2.3)	3.7	(1.0)	2.1	12.6	(5.4)
Silvicultura y extracción de madera - Forestry	3.1	2.2	(0.9)	0.7	5.9	1.9	0.7	0.9	0.0	(2.4)	1.3	(4.2)
Pesca y acuicultura - Fishing	13.2	16.8	14.1	5.3	(4.0)	12.1	5.1	17.6	(7.0)	(2.3)	11.1	14.7
Explotación de minas y canteras - Mining and quarrying	(3.7)	(3.4)	(3.4)	51.6	25.7	10.9	22.4	0.4	(0.3)	8.2	(9.1)	1.7
Industrias manufactureras - Manufacturing	3.7	1.4	(5.5)	8.9	9.8	10.2	6.5	7.6	2.5	3.7	5.1	1.1
Construcción - Construction	(8.4)	(15.4)	(29.1)	(17.2)	10.8	27.1	11.0	1.8	25.4	(1.4)	1.2	(15.7)
Electricidad - Electricity	(3.3)	40.5	2.2	3.9	(2.8)	21.0	23.6	12.6	1.9	0.9	(2.9)	4.3
Agua - Water supply	(1.5)	8.3	13.7	2.3	37.1	5.1	(1.1)	1.0	2.8	5.5	1.7	3.6
Comercio - Trade	4.0	6.2	(4.2)	7.8	10.1	7.1	2.9	3.8	6.2	4.8	4.1	(11.4)
Hoteles y restaurantes - Hotels and restaurants	8.1	(3.2)	(0.2)	5.6	4.9	7.4	5.9	2.6	3.9	6.3	17.8	(20.2)
Transporte y comunicaciones - Transport and communication	16.8	6.1	(0.8)	17.5	12.6	6.0	5.4	4.3	7.7	7.1	1.8	(3.5)
Intermediación financiera y servicios conexos - Financial intermediation	(5.7)	6.2	(14.2)	(7.5)	(4.1)	4.2	8.6	11.6	6.9	8.5	6.8	(5.4)
Propiedad de vivienda - Housing	1.6	1.1	1.7	(0.9)	1.4	1.4	3.1	2.5	3.1	3.2	2.9	(1.2)
Administración pública y defensa - Public administration and defense	4.1	10.1	5.1	4.7	5.0	4.2	5.7	4.3	3.3	6.6	5.7	(0.1)
Enseñanza - Education	2.4	4.5	0.4	0.3	3.0	3.2	1.5	2.1	3.6	3.6	3.7	2.9
Salud - Health	5.8	3.3	(3.4)	0.3	0.6	5.2	13.2	2.0	6.0	4.8	3.4	2.7
Otros servicios - Other services	5.6	12.3	0.4	9.2	(2.1)	6.3	5.2	10.0	4.4	5.0	4.2	(2.1)

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas 2018, Banco Central de Nicaragua. Pág. 6

Imagen 23: Ubicación de sondeos manuales en Barrio Amanda López Pineda



Fuente: Google Earth.

**Fotografía No. 6 Muestras obtenidas en los sondeos realizados en el barrio
Amanda López pineda**



Fuente: tomada por sustentantes

Fotografía No. 7 ensayo de CBR



Fuente: tomada por sustentantes

Fotografía No. 8 Ensayo de Proctor Modificado



Fuente: tomada por sustentantes.

Imagen No. 24 Clasificación de materiales de carreteras subrasante

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
Grupo de clasificación		A-4		A-5		A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10							
Núm. 40							
Núm. 200		36 mín.		36 mín.		36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido		40 máx.		41 mín.		40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad		10 máx.		10 máx.		11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes				Suelos limosos			Suelos arcillosos
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo						

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$

†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Fuente: Braja M.Das (2015) *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (pg. 79)

Tabla No. 55 Resultados de ensaye de compactación del grupo No.1- Relación densidad-humedad. (Proctor modificado)

Compactación					
Ensaye N°	1	2	3	4	5
Volumen del cilindro (m³)	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929
Peso material + molde (kg)	5.695	5.805	5.915	5.935	5.955
Peso del molde (kg)	4	4	4	4	4
Peso del material (kg)	1.695	1.805	1.915	1.935	1.955
Densidad húmeda (kg/m³)	1824.54	1942.95	2061.36	2082.88	2104.41
Densidad seca (kg/m³)	1619.46	1664.17	1703.94	1674.03	1644.89
Contenido de humedad de la muestra compactada					
Tara N°	V-284	X-Y223	W-170	PQ-63	HD-85
Peso de la tara + mat. húmedo (gr)	112.1	114.3	116.5	118.7	120.9
Peso de la tara + mat. Seco (gr)	99.5	97.9	96.3	95.4	94.5
Peso del agua (gr)	12.6	16.4	20.2	23.3	26.4
% de humedad	12.7	16.8	21.0	24.4	27.9

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico No. 3 Densidad seca máxima vs humedad óptima



Tabla No. 56 Resultados de ensaye de compactación del grupo No.2- Relación densidad-humedad (Proctor estándar)

Compactación					
Ensaye N°	1	2	3	4	5
Volumen del cilindro (m ³)	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929
Peso material + molde (kg)	5.72	5.83	5.94	5.925	5.91
Peso del molde (kg)	4	4	4	4	4
Peso del material (kg)	1.72	1.83	1.94	1.925	1.91
Densidad húmeda (kg/m ³)	1851.45	1969.86	2088.27	2072.12	2055.97
Densidad seca (kg/m ³)	1588.75	1644.65	1722.82	1656.82	1598.93
Contenido de humedad de la muestra compactada					
Tara N°	A-106	D-222	Z-16	P-11	A-05
Peso de la tara + mat. Húmedo (gr)	133.2	137.5	140	142.2	144.4
Peso de la tara + mat. Seco (gr)	114.3	114.8	115.5	113.7	112.3
Peso del agua (gr)	18.9	22.7	24.5	28.5	32.1
% de humedad	16.5	19.8	21.2	25.1	28.6

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico No. 4 Densidad seca máxima vs humedad óptima



Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 57 Resultados de ensaye de compactación del grupo No.3- Relación densidad-humedad (Proctor estándar)

Compactación					
Ensaye N°	1	2	3	4	5
Volumen del cilindro (m ³)	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929
Peso material + molde (kg)	5.509	5.619	5.729	5.749	5.769
Peso del molde (kg)	4	4	4	4	4
Peso del material (kg)	1.509	1.619	1.729	1.749	1.769
Densidad húmeda (kg/m ³)	1624.33	1742.73	1861.14	1882.67	1904.20
Densidad seca (kg/m ³)	1481.40	1544.86	1590.83	1558.12	1525.99
Contenido de humedad de la muestra compactada					
Tara N°	MK-37	D-118	HK-88	W-26	W-39
Peso de la tara+mat. Húmedo (gr)	121.6	123.3	126	128.2	130.4
Peso de la tara + mat. Seco (gr)	110.9	109.3	107.7	106.1	104.5
Peso del agua (gr)	10.7	14	18.3	22.1	25.9
% de humedad	9.6	12.8	17.0	20.8	24.8

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 5 Densidad seca máxima vs humedad óptima



Fuente: Elaboración propia.

Tablas No. 58 Resultados de ensayo de C.B.R de muestra No.1 (A-2-6)

Compactación C.B. R			
Molde	11	2	9
Densidad húmeda (kg/m³)	1,814	1,970	2,091
Densidad seca (kg/m³)	1,538	1,662	1,735
Compactación reproducida %	90	97	101
Cont. De humedad (%)	17.9	18.5	20.5
% hinchamiento	1.89	0.39	0.24

Ensayo de penetración						
Anillo	10 golpes		25 golpes		56 golpes	
	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)
0"	0	0	0	0	0	0
0.025"	18	40.94	42	95.53	50	113.73
0.05"	32	72.79	77	175.14	89	202.44
0.075"	45	102.36	98	222.91	112	254.76
0.1"	58	131.93	117	266.13	132	386.68
0.15"	71	161.50	148	336.64	170	363.94
0.2"	84	191.07	173	393.51	200	454.92
0.3"	107	243.38	212	482.22	230	523.16

C.B.R (%)			
	10 golpes	25 golpes	56 golpes
0.1"	13	27	30
0.2"	13	26	30

Fuente: Elaboración propia.

Tablas No. 59 Resultados de ensayo de C.B.R de muestra No. 2 (A-2-7)

Compactación C.B.R			
Molde	0-6	0-8	0-1
Densidad húmeda (kg/m ³)	1,806	1,922	2,039
Densidad seca (kg/m ³)	1,566	1,622	1,716
Compactación reproducida %	90	95	100
Cont. De humedad (%)	15.3	18.5	18.8
% hinchamiento	1.02	0.79	0.63

Ensayo de penetración						
Anillo	10 golpes		25 golpes		56 golpes	
	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)
0	0	0	0	0	0	0
0.025"	5	11.37	8	18.2	24	54.59
0.05"	10	22.75	14	31.84	35	79.61
0.075"	13	29.57	18	40.94	46	104.63
0.1"	14	31.84	21	47.77	55	125.10
0.15"	18	40.94	25	56.87	68	154.67
0.2"	20	45.49	29	65.96	78	177.42
0.3"	26	59.14	34	77.34	93	211.54

C.B. R			
	10 golpes	25 golpes	56 golpes
0.1"	3	5	13
0.2"	3	4	12

Fuente: Elaboración propia.

Tablas No. 60 Resultados de ensayo C.B.R de muestra No. 3 (A-7-5 y A-7-6)

Compactación C.B. R		
Molde	5	12
Densidad húmeda (kg/m³)	1,797	2,056
Densidad seca (kg/m³)	1,517	1,735
Compactación reproducida %	95	109
Cont. De humedad (%)	18.5	18.5
% hinchamiento	2.4	2.2

Ensayo de penetración				
Anillo	25 golpes		56 golpes	
	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)
0.025"	1	2.27	2	4.55
0.05"	2	4.55	3	6.82
0.075"	3	6.82	4	9.10
0.1"	4	9.10	5	11.37
0.15"	5	11.37	7	15.92
0.2"	6	13.65	9	20.47
0.3"	8	18.20	11	25.02

C.B. R		
	25 golpes	56 golpes
0.1"	0.9	1.1
0.2"	0.91	1.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 61. Uso de los suelos según el valor de C.B.R

CBR	Clasificación
0-5	Subrasante muy mala
5-10	Subrasante mala
10-20	Subrasante regular a buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Sub-base buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

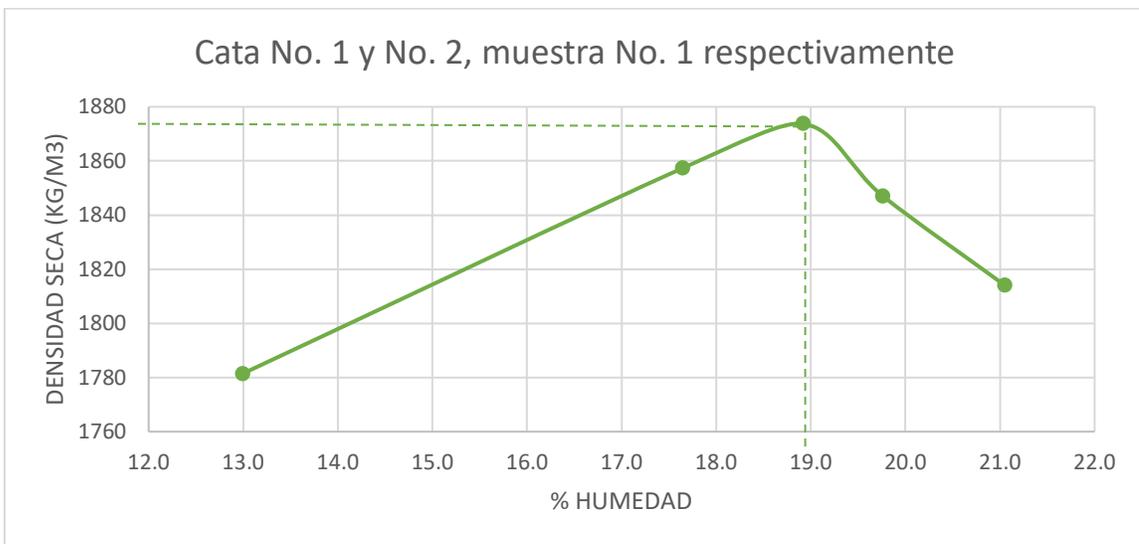
Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones, 5ta edición. Crespo Villalaz.

Tabla No. 62 Resultados de ensaye de compactación de Calicata No. 1, muestra No. 1 y Calicata No. 2, muestra 1 respectivamente

Compactación					
Ensaye No.	1	2	3	4	5
Volumen del cilindro (m³)	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929	0.000929
Peso del material + molde (kg)	5.500	5.660	5.700	5.685	5.670
Peso del molde (kg)	3.630	3.630	3.630	3.630	3.630
Peso del material (kg)	1.870	2.030	2.070	2.055	2.040
Densidad húmeda (kg/m³)	2012.92	2185.15	2228.20	2212.06	2195.91
Densidad seca (kg/m³)	1781.43	1857.37	1873.72	1847.07	1814.01
Contenido de humedad de la muestra					
Tara No.	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14
Peso de tara + material húmedo (gr)	200	200	220	200	230
Peso de tara + material seco (gr)	177	170	185	167	190
Peso de agua (gr)	23	30	35	33	40
% humedad	13.0	17.6	18.9	19.8	21.1

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Gráfico No. 6 Curva densidad seca máxima vs humedad optima



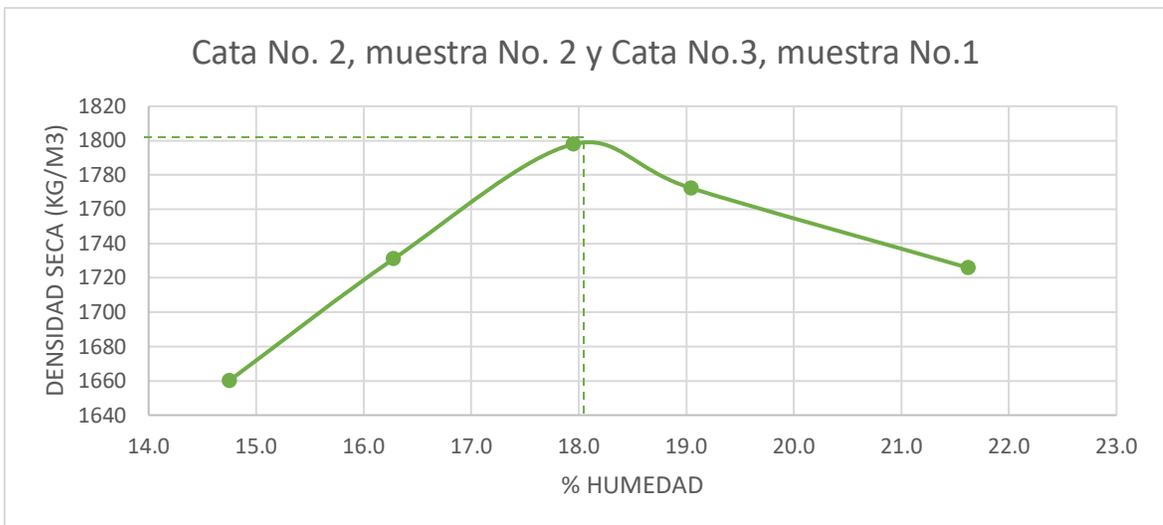
Fuente: Laboratorio GEONIC - Ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Tabla No. 63 Resultados de ensaye de compactación de Calicata No. 2, muestra No. 2 y Calicata No. 3, muestra No. 1

Compactación					
Ensaye No.	1	2	3	4	5
Volumen del cilindro (m3)	0.00092	0.000929	0.000929	0.00092	0.00092
	9			9	9
Peso del material + molde (kg)	5.400	5.500	5.600	5.590	5.580
Peso del molde (kg)	3.630	3.630	3.630	3.630	3.630
Peso del material (kg)	1.770	1.870	1.970	1.960	1.950
Densidad húmeda (kg/m3)	1905.27	2012.92	2120.56	2109.80	2099.03
Densidad seca (kg/m3)	1660.31	1731.11	1797.87	1772.23	1725.87
Contenido de humedad de la muestra					
Tara No.	W-37	W-38	W-39	W-40	W-41
Peso de tara + material húmedo (gr)	210	200	230	200	225
Peso de tara + material seco (gr)	183	172	195	168	185
Peso de agua (gr)	27	28	35	32	40
% humedad	14.8	16.3	17.9	19.0	21.6

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Gráfico No. 7 Densidad seca máxima vs humedad óptima



Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Tabla No. 64 Resultados de Desgaste de los Ángeles para calicata No. 1 y calicata No. 3, muestra No. 1.

DESGASTE DE LOS ÁNGELES	
CALICATA No. 1 MUESTRA No. 1; CALICATA No. 3 MUESTRA No. 1	
Determinación No.	1
Peso de la muestra original, lavada y secada al horno	5,000
Peso del material seco retenido en malla No. 12	4,170
Diferencia	830
Peso de material seco que pasa en malla No. 12	809
% Aproximado de desgaste	16.6
Peso de material lavado y secado al horno, retenido malla No. 12	4,110
% Definitivo de desgaste	17.8
resultado de intemperismo	1.21

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Tablas No. 65 Resultados de ensayo CBR de Calicata No. 1, y Calicata No. 2, muestra No. 1 respectivamente.

Compactación C.B. R			
Molde	10	11	12
Densidad humedad (kg/m3)	2,002	2,127	2,237
Densidad seca (kg/m3)	1,682	1,783	1,881
Compactación reproducida %	89.75	95.14	100.38
Cont. De humedad %	19.05	19.27	18.9
% hinchamiento	0.47	0.39	0.24

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Ensayo de penetración						
Anillo	10 golpes		25 golpes		56 golpes	
	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)
0"	0	0	0	0	0	0
0.025"	13	29	20	46	30	68
0.05"	43	98	70	159	110	250
0.075"	90	183	150	341	190	432
0.1"	150	341	220	500	270	614
0.15"	200	455	300	683	360	819
0.2"	260	592	370	841	440	1001
0.3"	310	705	440	1001	540	1228

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Al elaborar los graficos de esfuerzo vs penetracion, se observo que las curvas eran concavas hacia arriba cerca del punto de origen, por lo que se procedio a realizar las respectivas correcciones permitiendo obtener nuevos esfuerzos para 0.1" y 0.2" de penetracion, los resultados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla No. 66 Corrección de CBR para Calicata. No. 1 y No. 2, muestra No. 1 respectivamente

Penetración	10 golpes		25 golpes		56 golpes	
	Esfuerzo (PSI)	CBR	Esfuerzo (PSI)	CBR	Esfuerzo (PSI)	CBR
0.1"	485	49	560	56	685	69
0.2"	690	46	878	59	1048	70

Fuente: Laboratorio GEONIC – ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Tablas No.67 Resultados de ensayo CBR de Calicata No. 2, muestra No. 2 y Calicata No. 3, muestra No.1

Compactación C.B. R			
Molde	1	3	5
Densidad humedad (kg/m ³)	1,903	2,005	2,122
Densidad seca (kg/m ³)	1,613	1,705	1,804
Compactación reproducida %	89.62	94.74	100.2
Cont. De humedad %	17.95	17.56	17.65
% hinchamiento	0.71	0.63	0.55

Fuente: Laboratorio GEONIC – ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Ensayo de penetración						
Anillo	10 golpes		25 golpes		56 golpes	
	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)	Dial	Esfuerzo (PSI)
0"	0	0	0	0	0	0
0.025"	16	37	20	46	24	54
0.05"	47	107	80	182	110	250
0.075"	80	182	110	250	150	341
0.1"	130	295	170	387	200	455
0.15"	200	455	250	569	290	660
0.2"	230	523	290	660	330	750
0.3"	280	637	350	796	410	933

Fuente: Laboratorio GEONIC - ingenieros consultores. Oscar J. Boza.

Tabla No.68 Corrección de CBR para Calicata No. 2, muestra No. 2 y Calicata No. 3, muestra No.1

Penetración	10 golpes		25 golpes		56 golpes	
	Esfuerzo (PSI)	CBR	Esfuerzo (PSI)	CBR	Esfuerzo (PSI)	CBR
0.1"	360	36	500	50	538	54
0.2"	540	36	710	47	783	52

Fuente: Elaboracion propia

Imagen No. 25 Requisitos para base estabilizada con cemento.

1003.21.4 Materiales Naturales para Base Estabilizada con Cemento

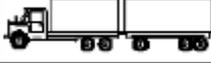
Los materiales a ser tratados deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- (1) Tamaño máximo, AASHTO T-27 40 mm
- (2) % que pasa el tamiz de 0.075 mm, AASHTO T-27 y T 11
 - a. Contenido mínimo 2 mín
 - b. Contenido máximo 35 máx
- (3) Contenido de materia orgánica, AASHTO T-267 2,0% máx.
- (4) Límite Líquido, AASHTO T 89 30 máx.
- (5) Índice de Plasticidad, AASHTO T 90..... 15 máx.
- (6) Desgaste Los Ángeles, AASHTO T 96 50% máx.
- (7) CBR a 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación. .. mín. 30%

Después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión de, por lo menos, 2100 kN/m², medida después de 7 días de curado y 7 días de saturación en el sitio, con mezcla compactada al 95% de AASHTO Modificada (AASHTO T 180) y el material tratado deberá tener un Índice de Plasticidad menor de 6.

Fuente: NIC-2019, pág. 829 PDF.

Imagen No. 26 Pesos máximos permisibles por tipo de vehículos

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, DGP-DAV.

Imagen No. 27 Factores equivalentes de carga para eje simple, Pt=2.0

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

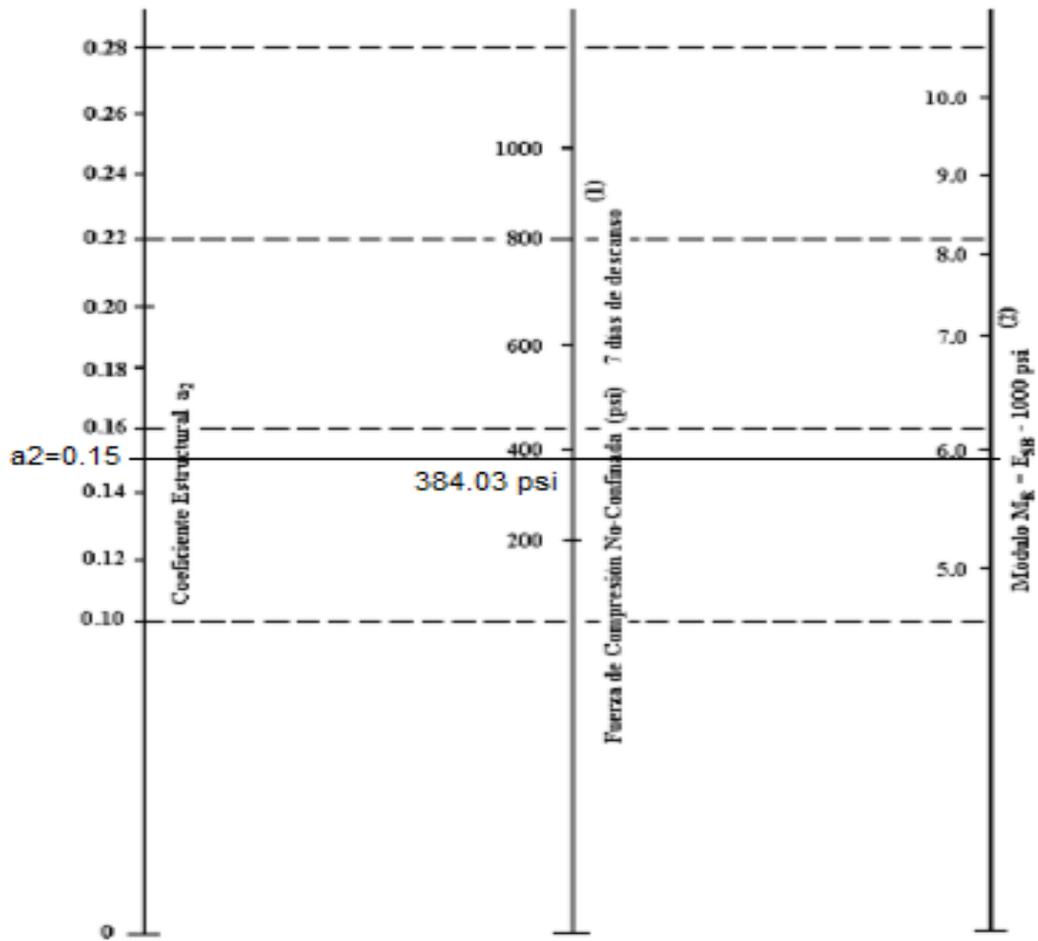
Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de estructuras de pavimento 1993.

Imagen No. 28 Factores equivalentes de carga para eje tándem, Pt=2.0

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.008	0.008
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.028	0.024	0.023
16	0.041	0.046	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.068	0.077	0.081	0.075	0.069	0.068
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.230	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.466	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.640	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.820	0.810
34	1.08	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.78	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.68	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.58	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.58	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.80	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.8
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.0	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.8	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.6	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.0	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	58.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de estructuras de pavimento 1993.

Imagen No. 29 Nomograma de coeficiente estructural a_2 para Base estabilizada



Fuente: AASHTO, Guía para el diseño de estructuras de pavimento 1993.

Fotografía No.9 Estación total utilizada para el levantamiento topográfico



Fuente: Tomada por sustentantes

Tablas No. 69 información de coordenadas de alineamiento central por calle

Número de punto	Este	Norte	Elevación de punto	Descripción de punto	
672	608208.164	1446481.183	1019.062	LC	CALLE DE ACCESO
70	608208.956	1446472.069	1019.516	LC	
71	608209.640	1446461.877	1019.999	LC	
78	608210.566	1446451.091	1020.407	LC	
79	608211.363	1446440.929	1020.832	LC	
84	608213.136	1446429.233	1020.376	LC	
85	608215.664	1446418.809	1020.853	LC	
114	608220.116	1446402.741	1022.356	LC	
117	608221.759	1446392.589	1022.675	LC	
120	608224.568	1446382.954	1022.855	LC	
123	608226.661	1446372.308	1022.967	LC	
126	608228.206	1446361.884	1023.348	LC	
129	608229.017	1446355.970	1023.634	LC	
132	608229.657	1446350.330	1023.888	LC	
134	608231.583	1446340.242	1024.134	LC	
137	608233.078	1446329.438	1024.614	LC	
138	608234.740	1446319.198	1025.143	LC	
143	608236.887	1446307.406	1025.722	LC	
144	608239.296	1446296.726	1026.153	LC	
149	608240.795	1446285.264	1026.512	LC	

Fuente: Civil 3D

Número de punto	Este	Norte	Elevación de punto	Descripción de punto	
132	608229.657	1446350.330	1023.888	LC	CALLE PRINCIPAL
208	608223.803	1446349.607	1023.862	LC	
209	608211.540	1446348.407	1023.906	LC	
214	608200.009	1446347.176	1023.899	LC	
215	608189.815	1446346.289	1024.148	LC	
220	608180.938	1446345.205	1024.080	LC	
221	608170.739	1446344.168	1024.090	LC	
226	608156.028	1446342.140	1024.391	LC	
245	608150.921	1446341.350	1024.476	LC	
248	608140.597	1446340.378	1024.623	LC	
251	608130.541	1446339.538	1024.853	LC	
254	608118.203	1446338.006	1025.171	LC	
257	608108.762	1446336.929	1025.697	LC	
260	608098.508	1446335.783	1026.705	LC	
263	608088.894	1446334.738	1027.863	LC	
527	608083.891	1446333.938	1028.408	LC	

Fuente: Civil 3D

Número de punto	Este	Norte	Elevación de punto	Descripción de punto	
226	608156.028	1446342.140	1024.391	LC	PRIMERA CALLE
289	608158.158	1446337.223	1024.426	LC	
292	608159.792	1446326.885	1024.676	LC	
295	608161.408	1446316.080	1025.142	LC	
298	608162.642	1446306.387	1025.451	LC	
301	608163.804	1446296.335	1025.982	LC	
304	608165.183	1446282.238	1026.859	LC	
307	608166.557	1446271.069	1027.449	LC	
325	608166.530	1446269.760	1027.515	LC	
326	608167.637	1446260.304	1028.000	LC	
332	608168.698	1446248.899	1028.564	LC	
333	608170.098	1446239.543	1029.045	LC	
338	608171.373	1446229.505	1029.550	LC	
339	608172.392	1446220.277	1030.019	LC	
344	608173.507	1446209.552	1030.517	LC	
345	608174.688	1446200.746	1030.910	LC	
350	608175.237	1446190.661	1031.339	LC	
374	608177.070	1446178.273	1031.695	LC	
375	608178.735	1446165.526	1032.245	LC	

Fuente: Civil 3D

Número de punto	Este	Norte	Elevación de punto	Descripción de punto	
254	608118.203	1446338.006	1025.171	LC	SEGUNDA CALLE
403	608119.01	1446330.856	1025.269	LC	
406	608119.936	1446320.778	1025.699	LC	
407	608120.989	1446310.865	1026.331	LC	
412	608122.504	1446300.272	1026.904	LC	
413	608123.462	1446290.057	1027.552	LC	
418	608124.65	1446279.724	1028.325	LC	
419	608125.753	1446269.791	1029.128	LC	
424	608127.134	1446260.511	1029.946	LC	
425	608128.279	1446251.126	1030.635	LC	
430	608130.087	1446238.357	1031.526	LC	
431	608131.199	1446228.445	1032.273	LC	
436	608132.219	1446217.747	1033.18	LC	
437	608133.183	1446207.915	1033.98	LC	
442	608133.997	1446197.676	1035.014	LC	
443	608134.936	1446188.535	1035.91	LC	
517	608133.724	1446176.615	1037.452	LC	
520	608126.942	1446170.342	1038.733	LC	

Fuente: Civil 3D

Número de punto	Este	Norte	Elevación de punto	Descripción de punto	
527	608083.891	1446333.938	1028.408	LC	TERCERA CALLE
530	608079.985	1446330.991	1028.795	LC	
533	608078.871	1446324.938	1029.331	LC	
536	608079.128	1446314.410	1030.360	LC	
537	608080.016	1446304.809	1031.238	LC	
542	608081.312	1446295.013	1032.344	LC	
543	608082.639	1446283.720	1033.380	LC	
548	608083.980	1446273.074	1034.231	LC	
549	608084.880	1446263.612	1034.982	LC	
577	608087.138	1446243.534	1036.702	LC	
580	608088.084	1446232.530	1037.615	LC	
581	608089.456	1446222.120	1038.418	LC	
585	608090.609	1446212.032	1038.968	LC	
586	608091.490	1446202.446	1039.348	LC	
591	608092.821	1446192.092	1039.690	LC	
592	608094.007	1446182.613	1039.854	LC	
597	608096.155	1446172.051	1040.003	LC	
635	608096.757	1446170.452	1039.977	LC	

Fuente: Civil 3D

Tabla No. 70 Pendientes típicas para taludes en corte

Material	Propiedades	Altura del corte (mt)	Pendiente Sugerida
Roca dura			0.3 H:1V a 0.8H:1V
Roca blanda			0.5H:1V a 1.2H:1V
Arena	Poco densa		1.5H:1V a 2H:1V
Suelo arenoso	Denso	Menos de 5	0.8H:1V a 1H:1V
		5 a 10	1H:1V a 1.2H:1V
	Poco denso	Menos de 5	1H:1V a 1.2H:1V
		5 a 10	1.2H:1V a 1.5H:1V
Mezcla de arena con grava o masas de roca	Densa	Menos de 10	0.8H:1V a 1H:1V
		10 a 15	1H:1V a 1.2H:1V
	Poco densa	Menos de 10	1H:1V a 1.2H:1V
		10 a 15	1.2H:1V a 1.5H:1V
Suelos cohesivos		0 a 10	0.8H:1V a 1.2H:1V
Suelos cohesivos mezclados con masas de roca o bloques		Menos de 5	1H:1V a 1.2H:1V
		5 a 10	1.2H:1V a 1.5H:1V

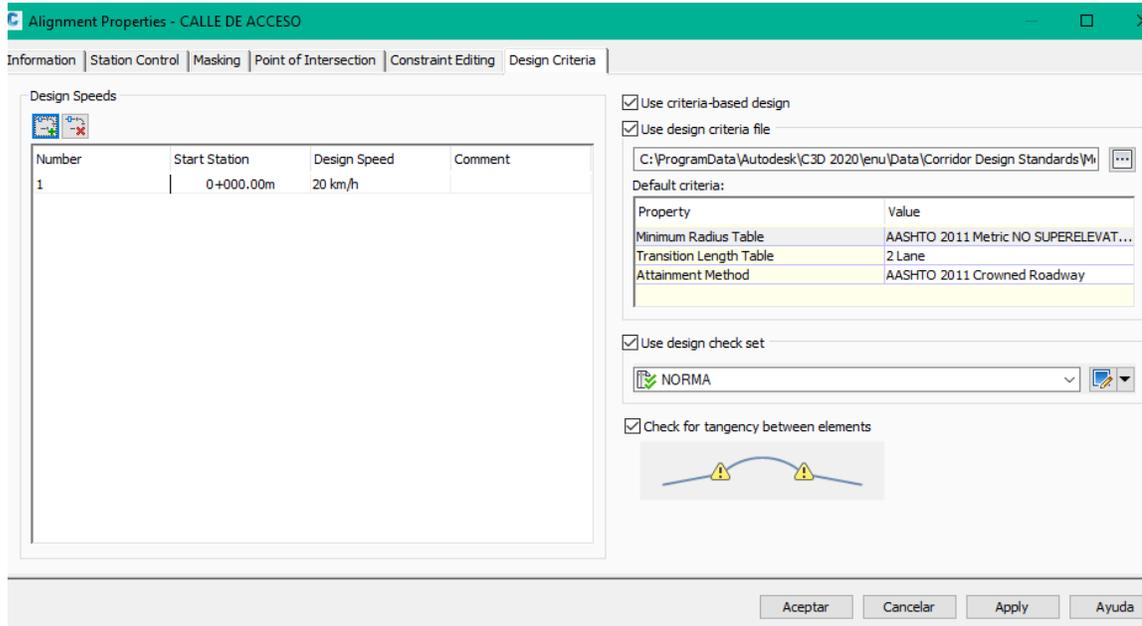
Fuente: Josept John. *Protección y estabilización de taludes para evitar deslizamientos. (Ingeniero constructor)* Valdivia-Chile. Universidad Austral de Chile, 2011. (Pg. 37)

Tabla No. 71 Pendientes típicas para taludes en relleno

Material de relleno	Altura de relleno (mt)	Pendiente
Arena o grava de buena calidad SW, GM, GC, GW, GP	Menos de 5	1.5H:1V a 1.8H:1V
	5 a 15	1.8H:1V a 2H:1V
Arena de mala calidad SP	Menos de 10	1.8H:1V a 2H:1V
Material rocoso	Menos de 10	1.5H:1V a 1.8H:1V
	10 a 20	1.8H:1V a 2H:1V
Suelos arenos arcillosos de buena calidad	Menos de 5	1.5H:1V a 1.8H:1V
	5 a 10	1.8H:1V a 2H:1V
Suelos arcillosos blandos	Menos de 5	1.8H:1V a 2H:1V

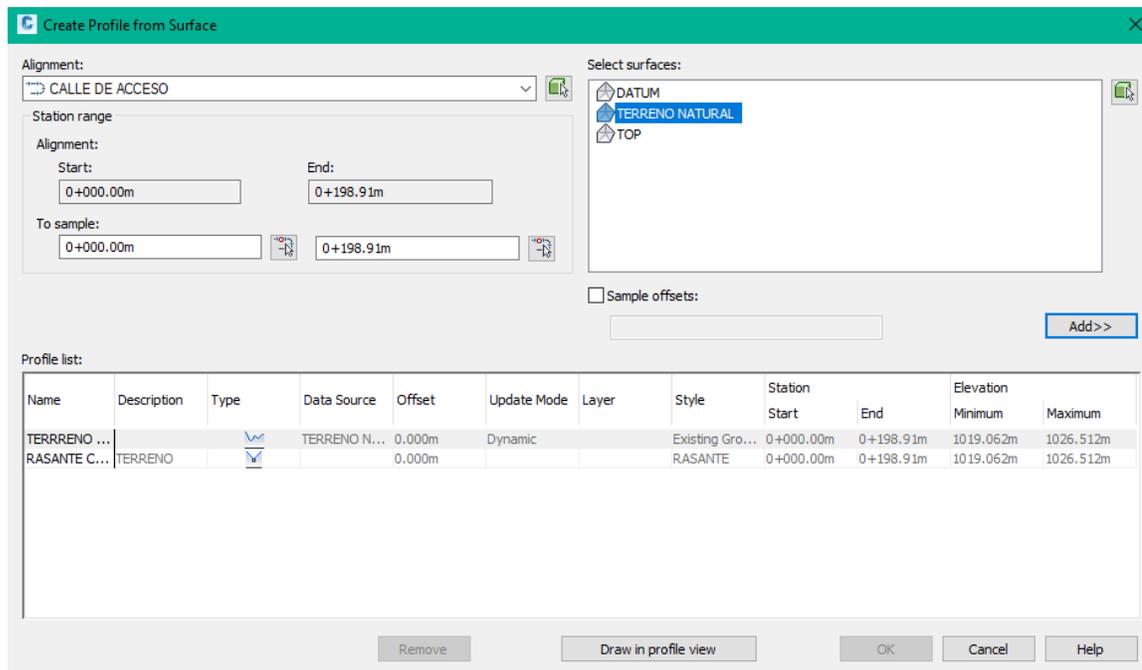
Fuente: Josept John. *Protección y estabilización de taludes para evitar deslizamientos. (Ingeniero constructor)* Valdivia-Chile. Universidad Austral de Chile, 2011. (Pg. 43)

Imagen No. 30 Información de alineamiento de eje de calle de acceso



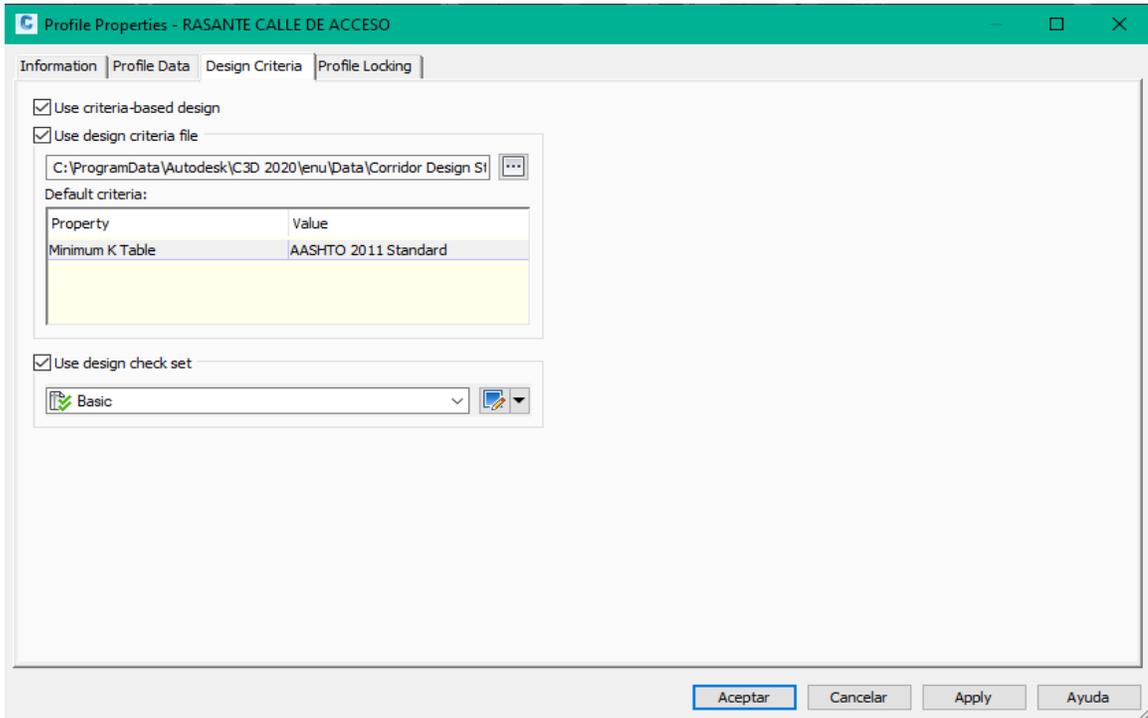
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 31 Información de perfil longitudinal calle de acceso



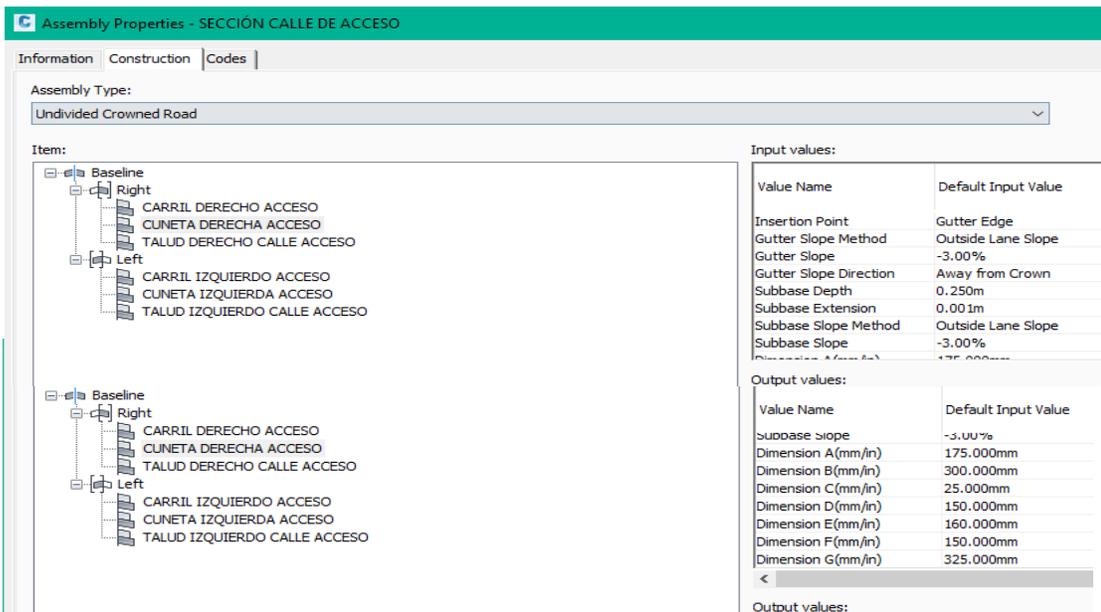
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D

Imagen No. 32 Información de rasante calle de acceso



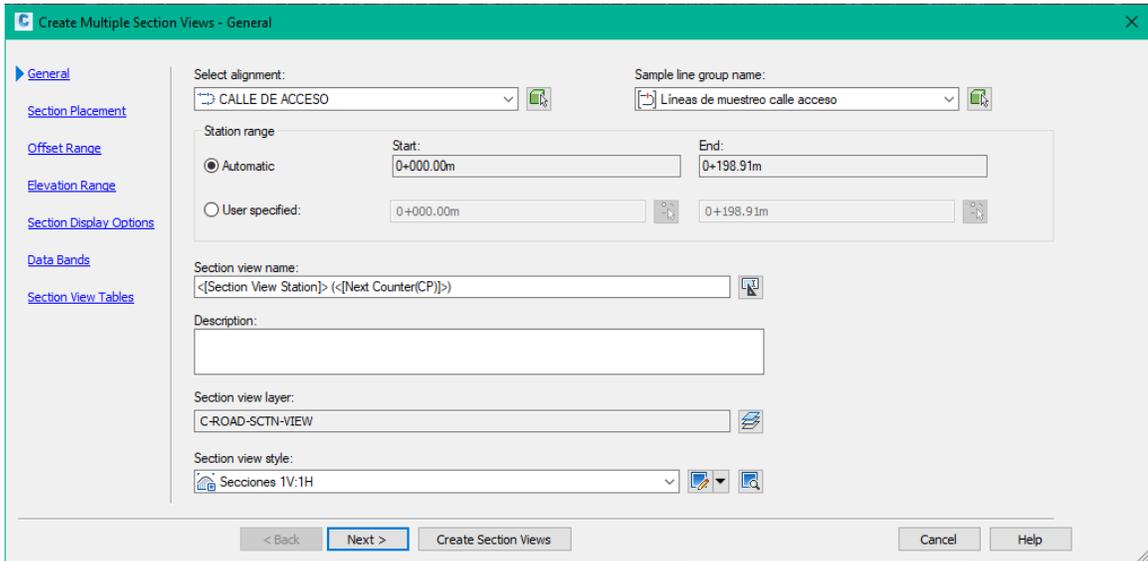
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 33 Información de cuenta calle de acceso



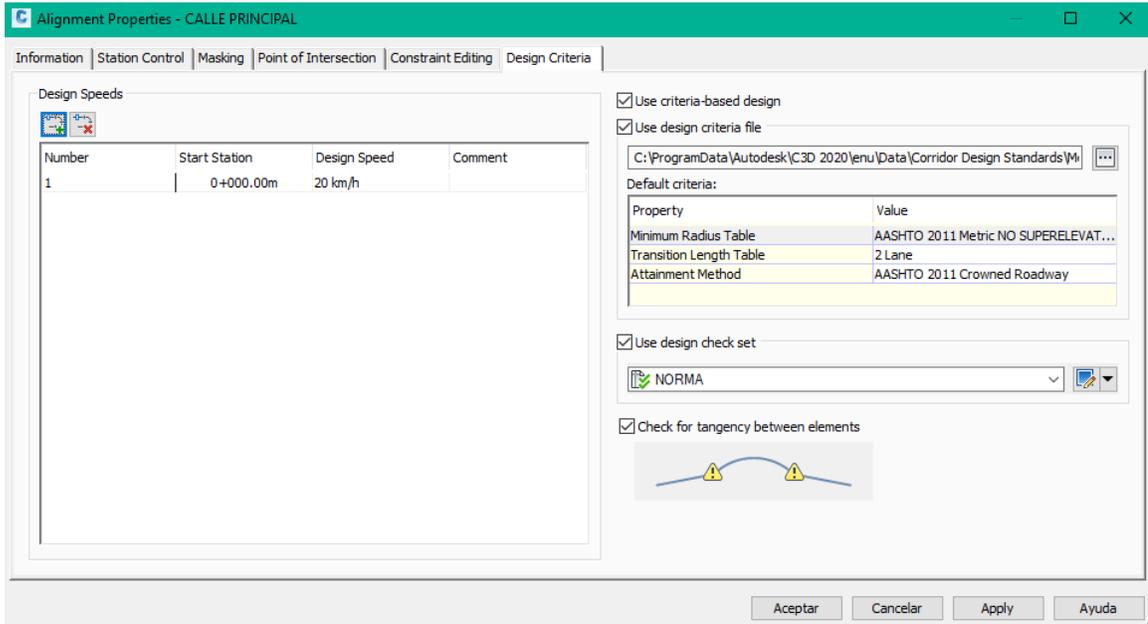
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 34 Creación de secciones transversales calle de acceso.



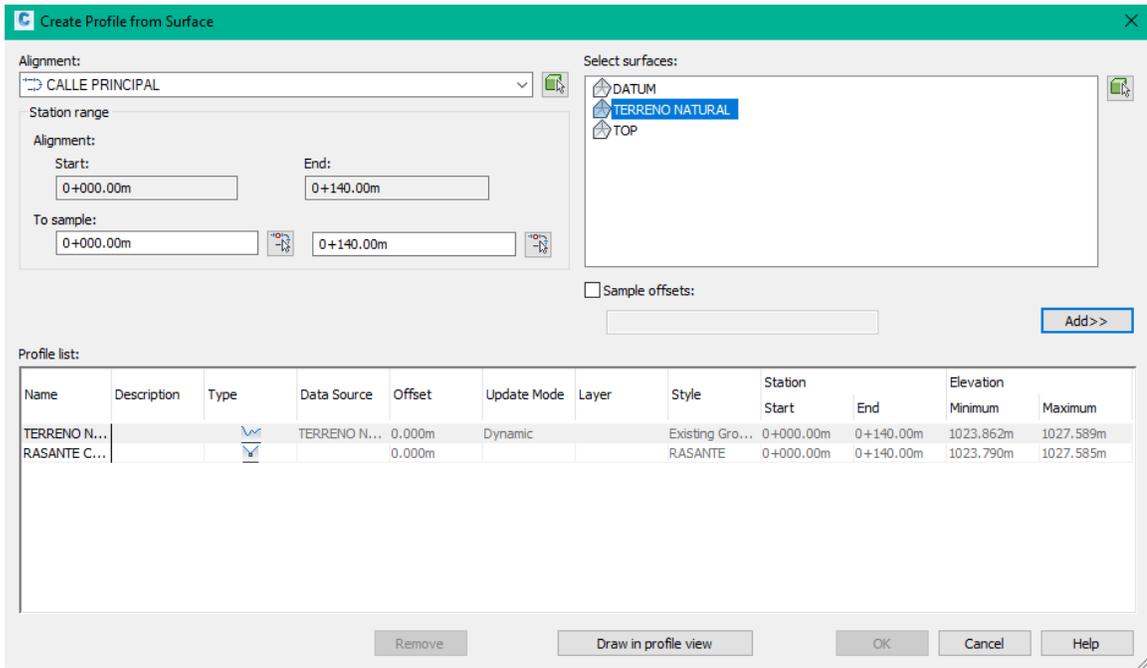
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 35 Información de alineamiento de eje calle principal



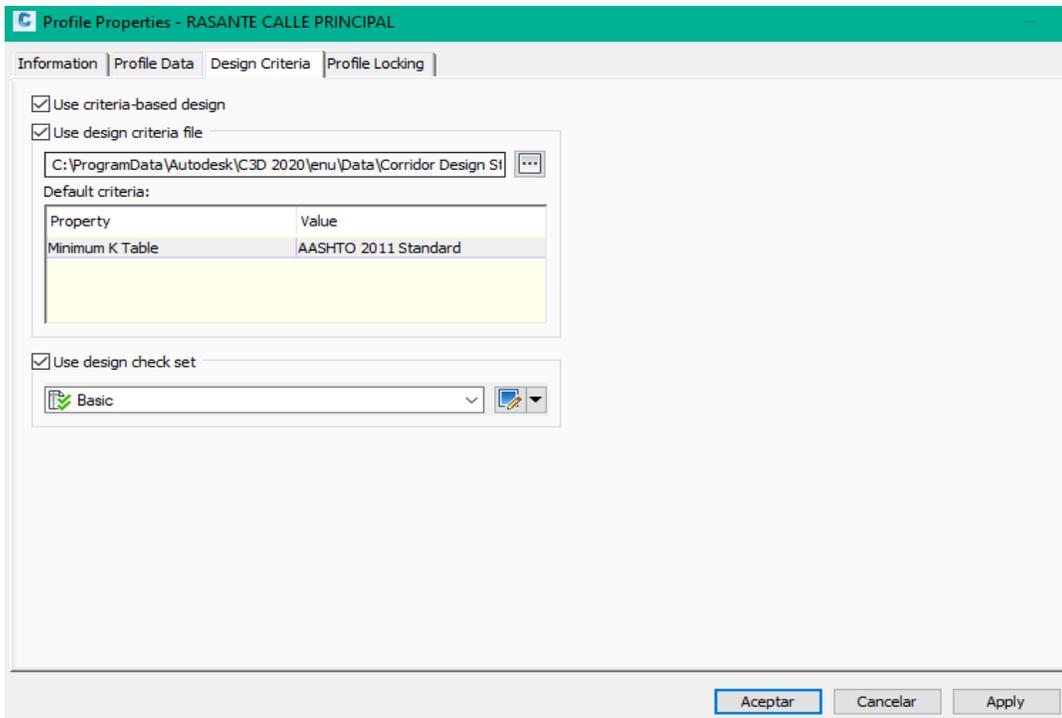
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 36 Información de perfil longitudinal calle principal



Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 37 Información de rasante calle principal



Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 38 Información de cuneta calle principal

Assembly Properties - SECCIÓN CALLE PRINCIPAL

Information Construction Codes

Assembly Type:
Undivided Crowned Road

Item:

- Baseline
 - Right
 - CARRIL DERECHO CALLE PRINCIPAL
 - CUNETA DERECHA CALLE PRINCIPAL
 - TALUD CALLE PRINCIPAL DERECHO
 - Left
 - CARRIL IZQUIERDO CALLE PRINCIPAL
 - CUNETA IZQUIERDA CALLE PRINCIPAL
 - TALUD CALLE PRINCIPAL IZQUIERDO
- Baseline
 - Right
 - CARRIL DERECHO CALLE PRINCIPAL
 - CUNETA DERECHA CALLE PRINCIPAL
 - TALUD CALLE PRINCIPAL DERECHO
 - Left
 - CARRIL IZQUIERDO CALLE PRINCIPAL
 - CUNETA IZQUIERDA CALLE PRINCIPAL
 - TALUD CALLE PRINCIPAL IZQUIERDO

Input values:

Value Name	Default Input Value
Side	Right
Insertion Point	Gutter Edge
Gutter Slope Method	Outside Lane Slope
Gutter Slope	-3.00%
Gutter Slope Direction	Away from Crown
Subbase Depth	0.250m
Subbase Extension	0.001m
Subbase Slope Method	Outside Lane Slope
Subbase Slope	-3.00%

Value Name	Default Input Value
Dimension A(mm/in)	175.000mm
Dimension B(mm/in)	300.000mm
Dimension C(mm/in)	25.000mm
Dimension D(mm/in)	150.000mm
Dimension E(mm/in)	160.000mm
Dimension F(mm/in)	150.000mm
Dimension G(mm/in)	325.000mm

Output values:

Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 39 Creación de secciones transversales calle principal

Create Multiple Section Views - General

General

Section Placement

Offset Range

Elevation Range

Section Display Options

Data Bands

Section View Tables

Select alignment:
CALLE PRINCIPAL

Sample line group name:
LM - CALLE PRINCIPAL

Station range

Automatic Start: 0+000.00m End: 0+140.00m

User specified Start: 0+000.00m End: 0+140.00m

Section view name:
<[Section View Station]> <[Next Counter(CP)]>

Description:

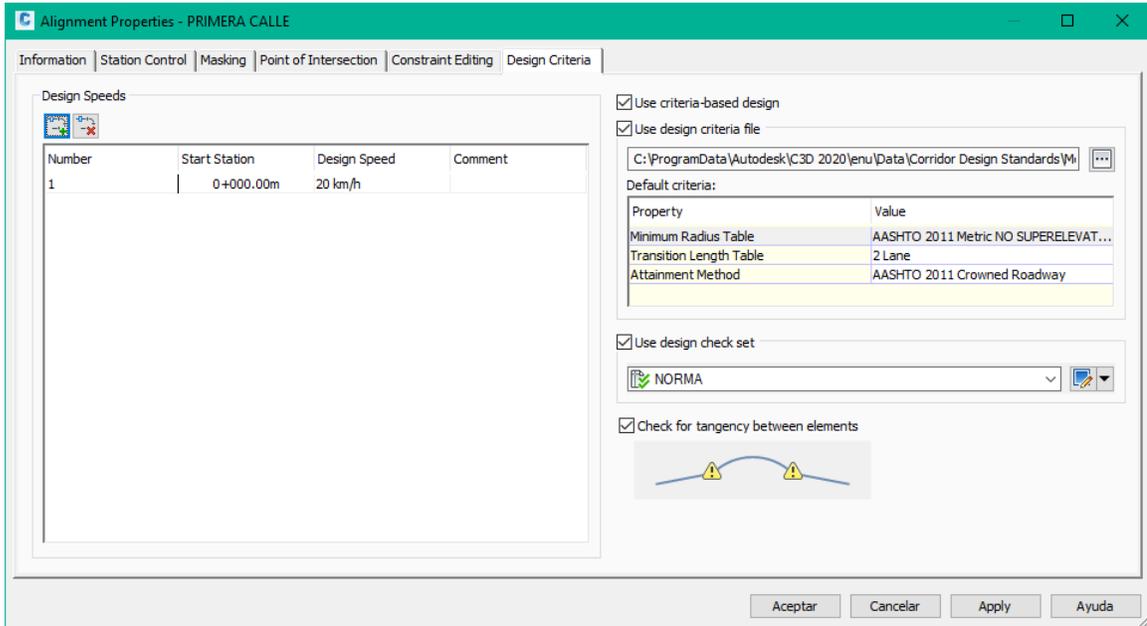
Section view layer:
C-ROAD-SCTN-VIEW

Section view style:
Secciones 1V:1H

< Back Next > Create Section Views Cancel Help

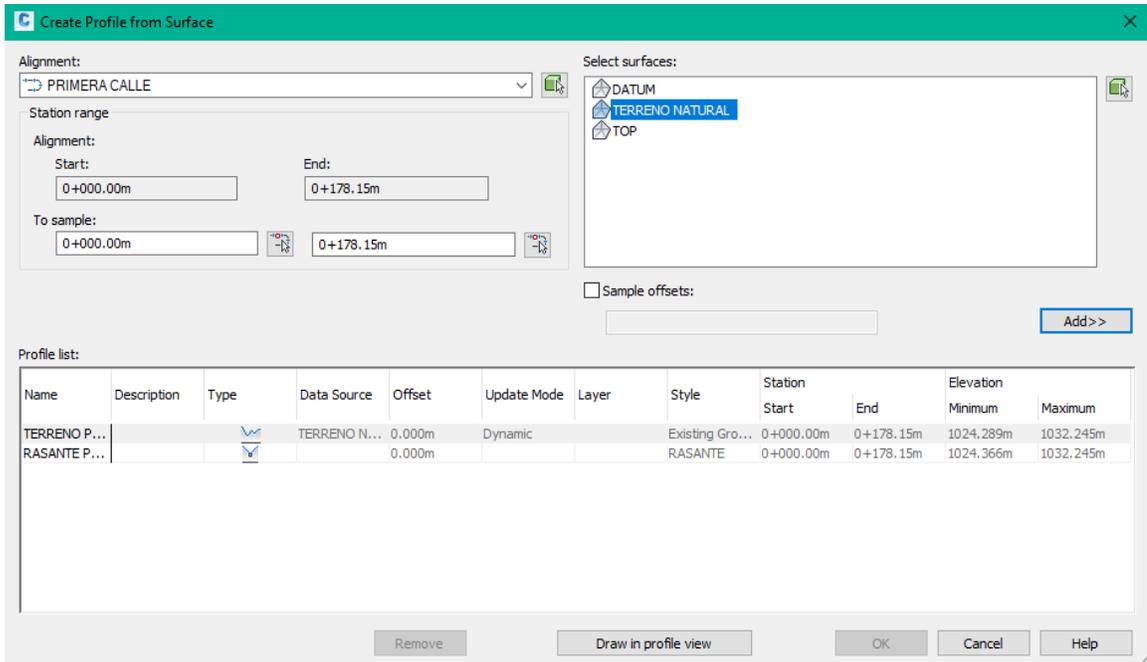
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 40 Información de alineamiento de eje primera calle



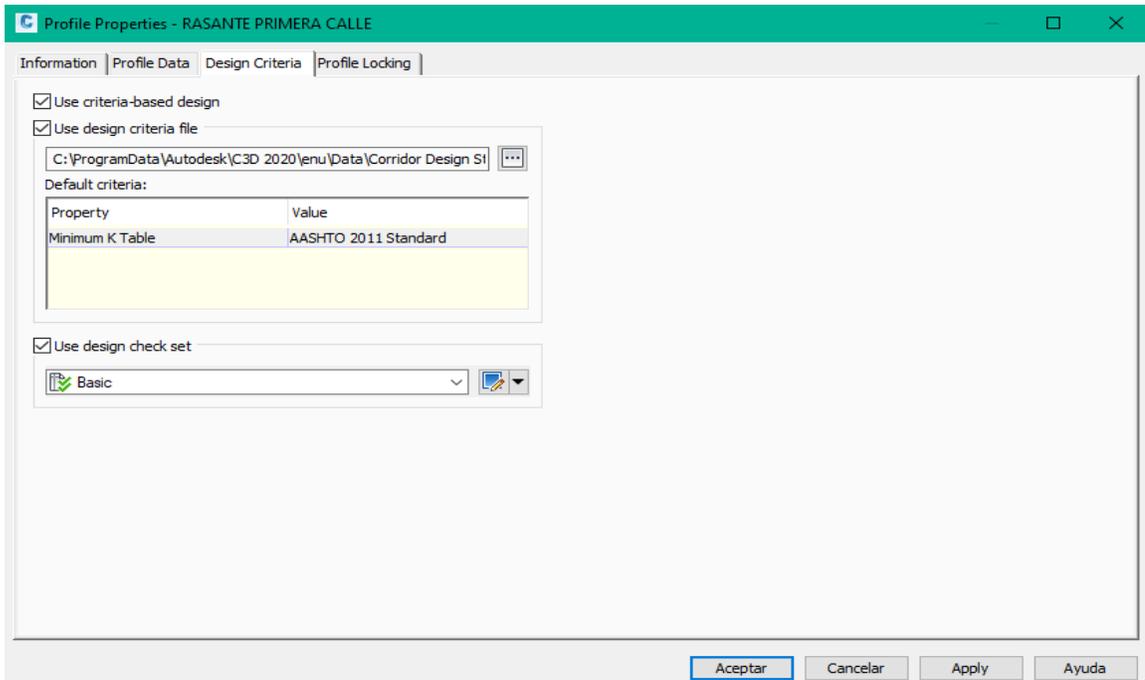
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 41 Información de perfil longitudinal primera calle



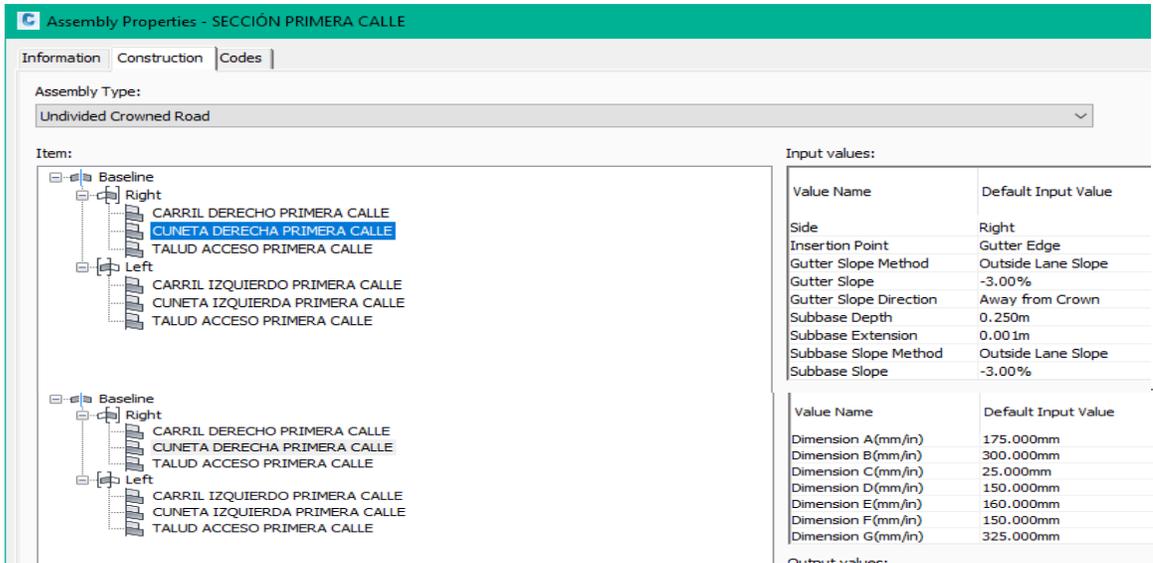
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 42 Información de rasante primera calle



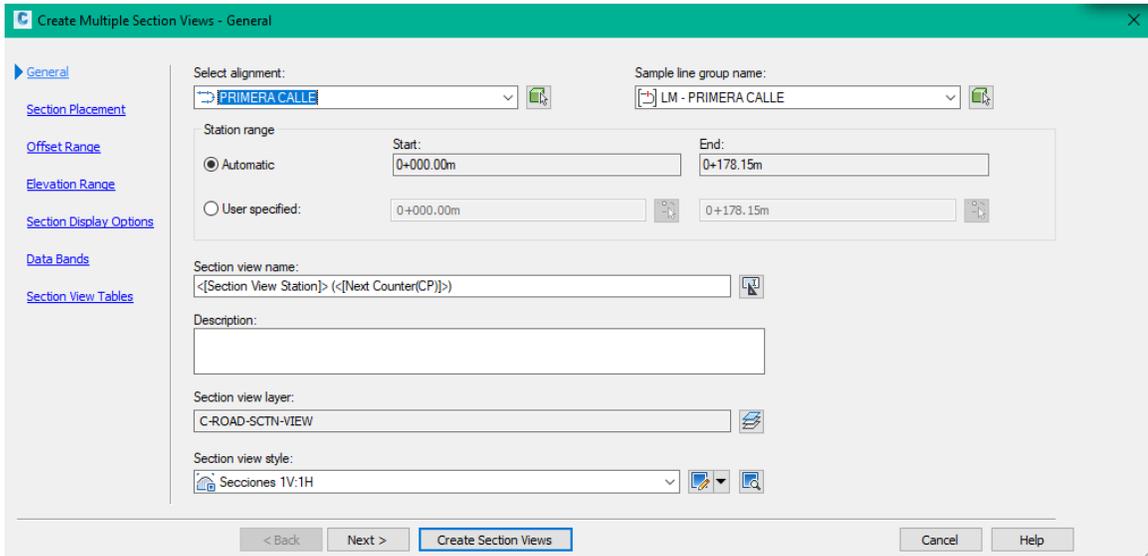
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 43 Información de cuneta primera calle



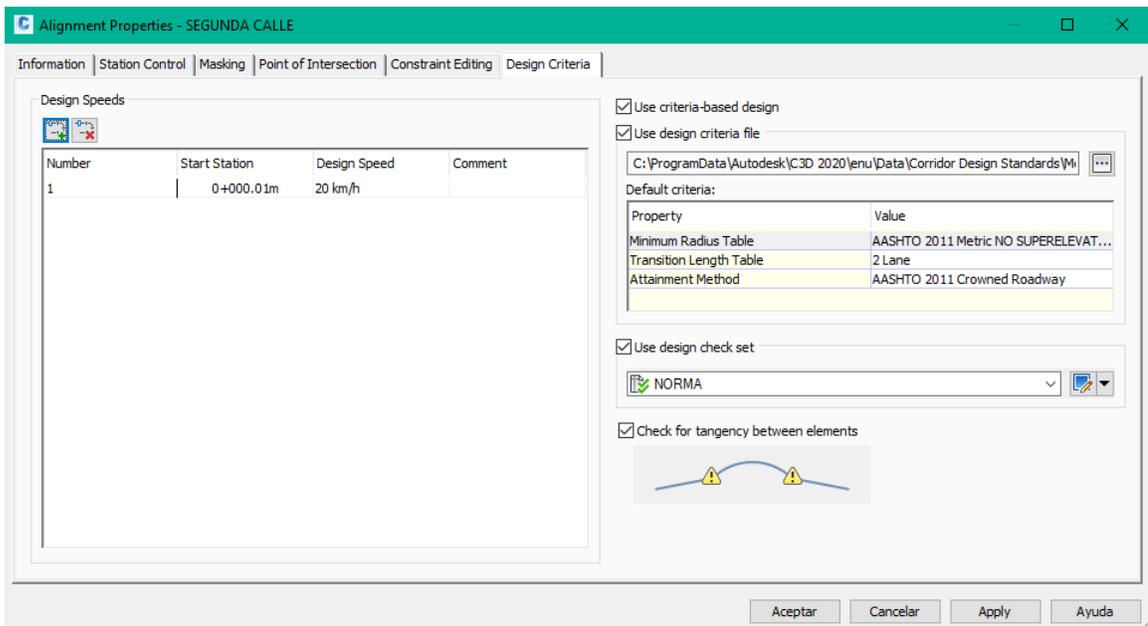
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 44 Creación de secciones transversales primera calle



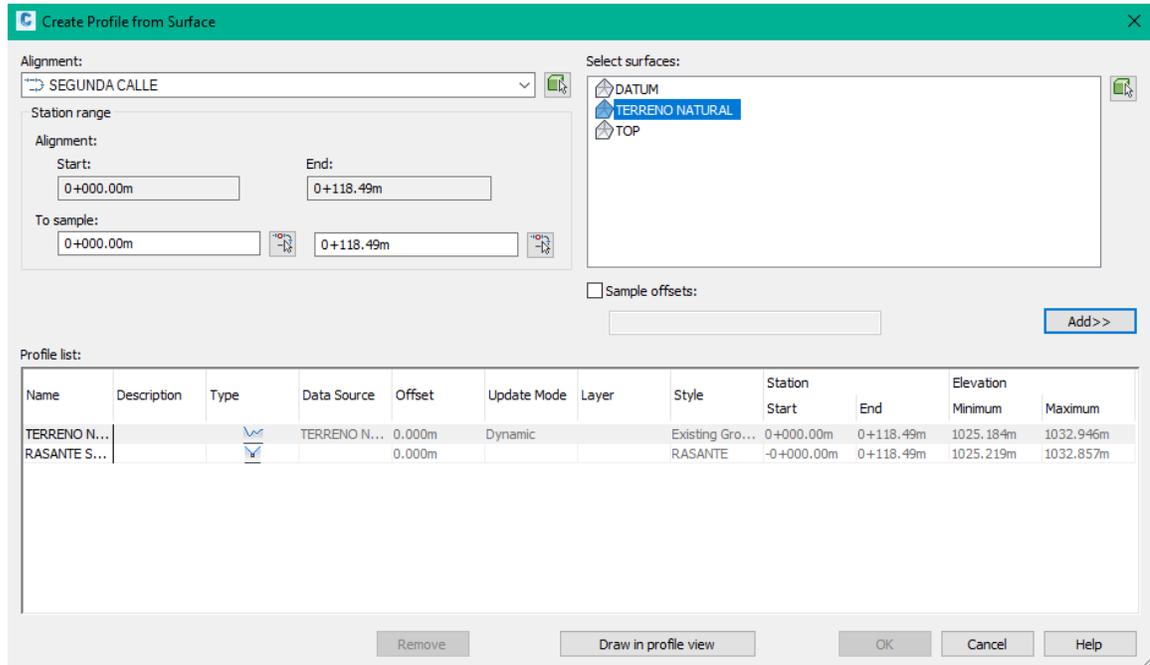
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 45 Información de alineamiento de eje segunda calle



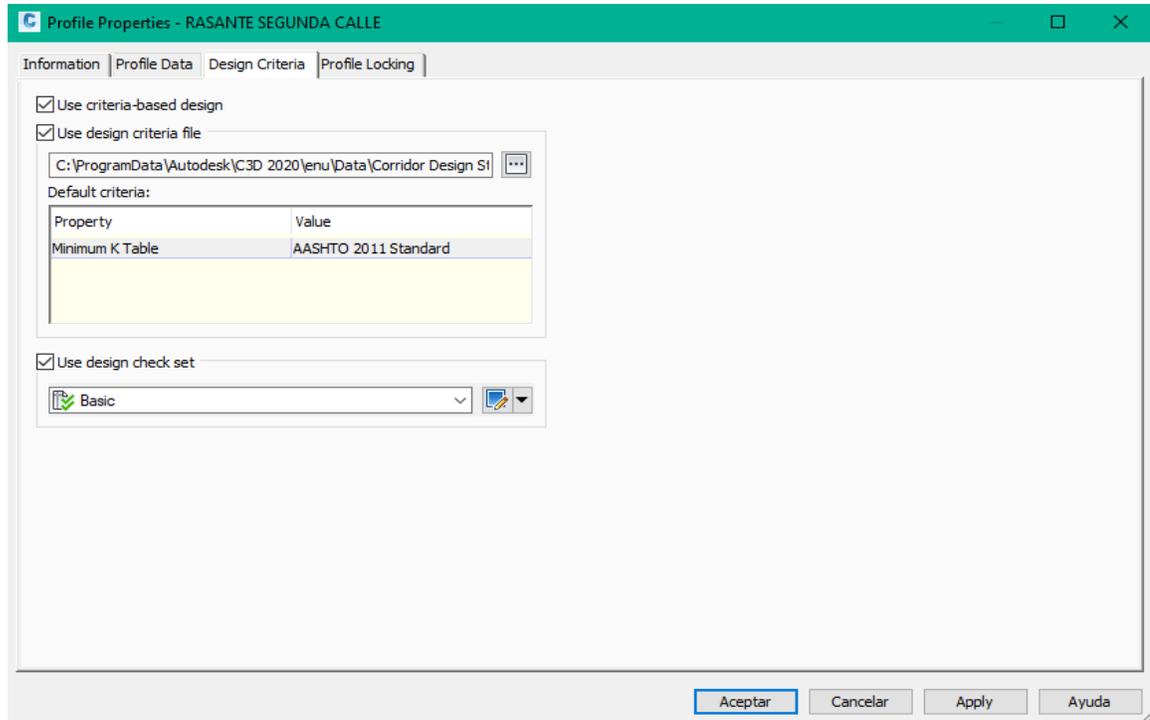
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 46 Información de perfil longitudinal segunda calle



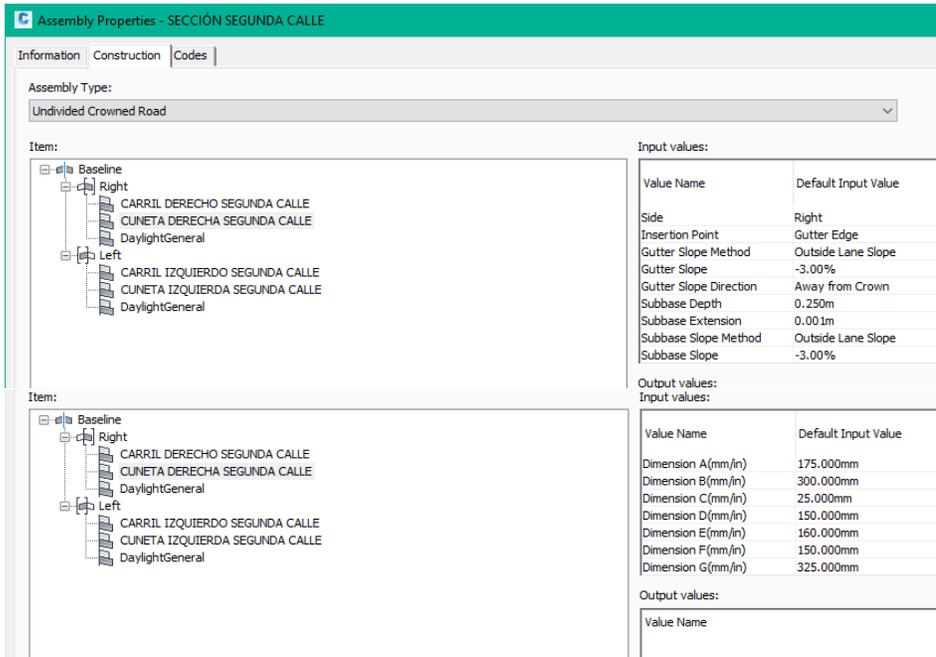
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 47 Información de rasante segunda calle



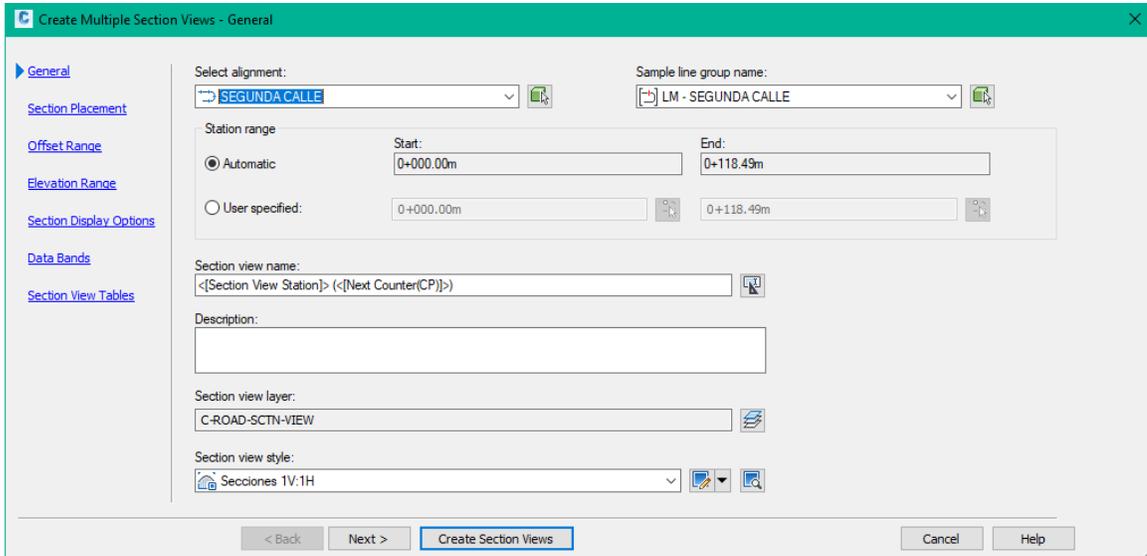
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 48 Información de cuneta segunda calle



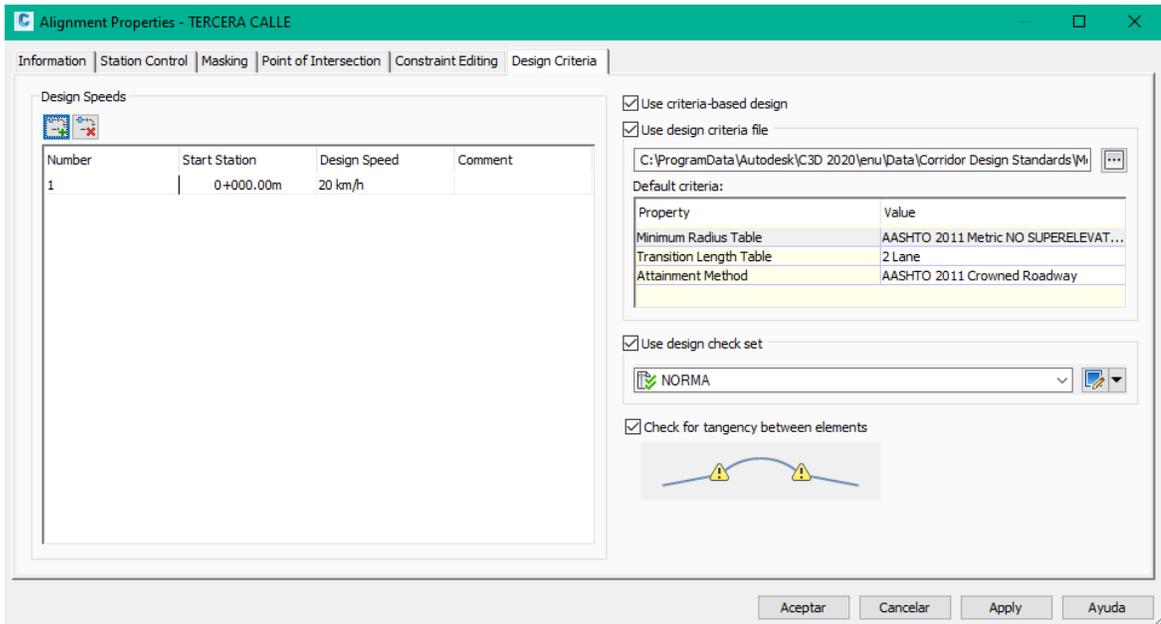
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 49 Creación de secciones transversales segunda calle



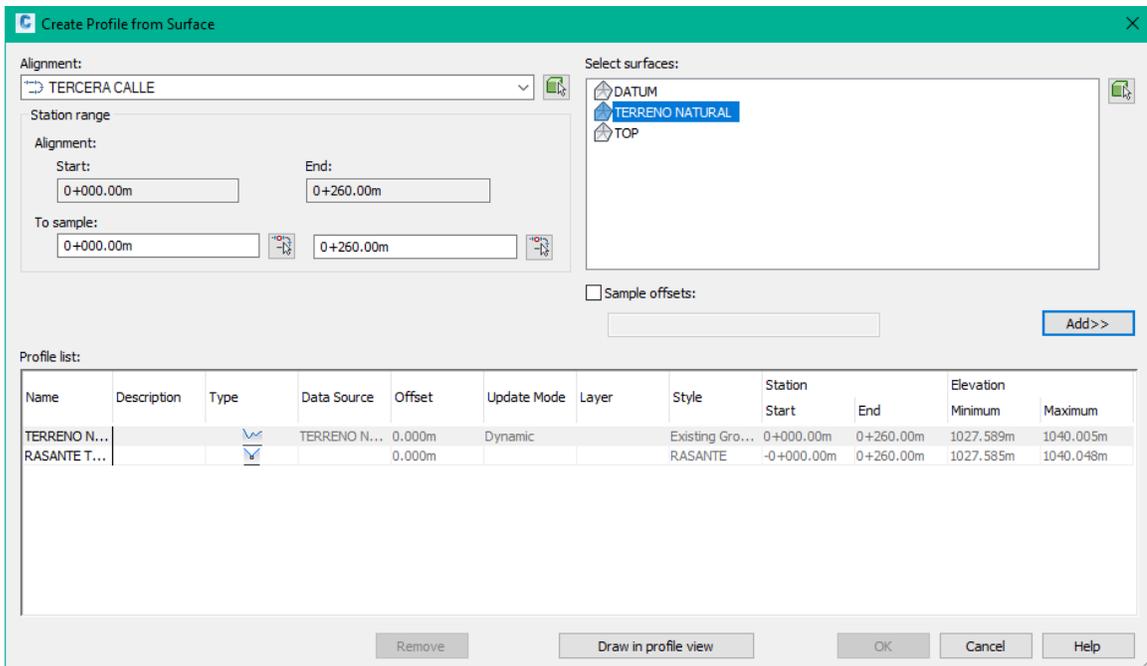
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 50 Información de alineamiento de eje tercera calle



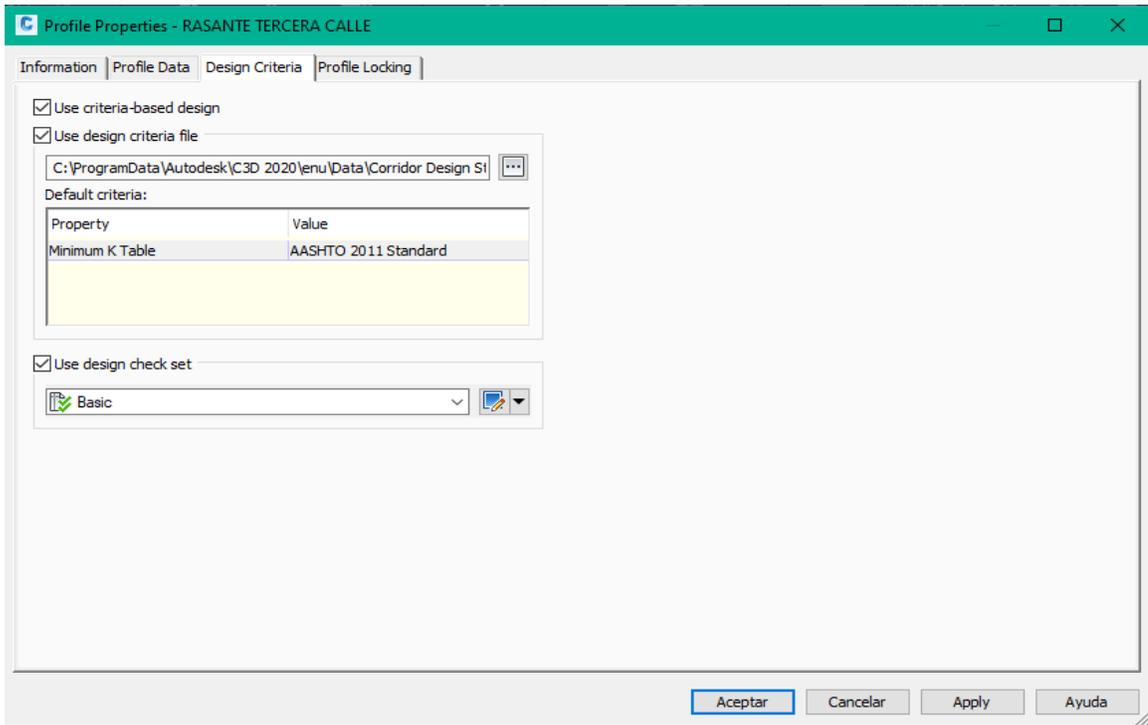
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 51 Información de perfil longitudinal tercera calle



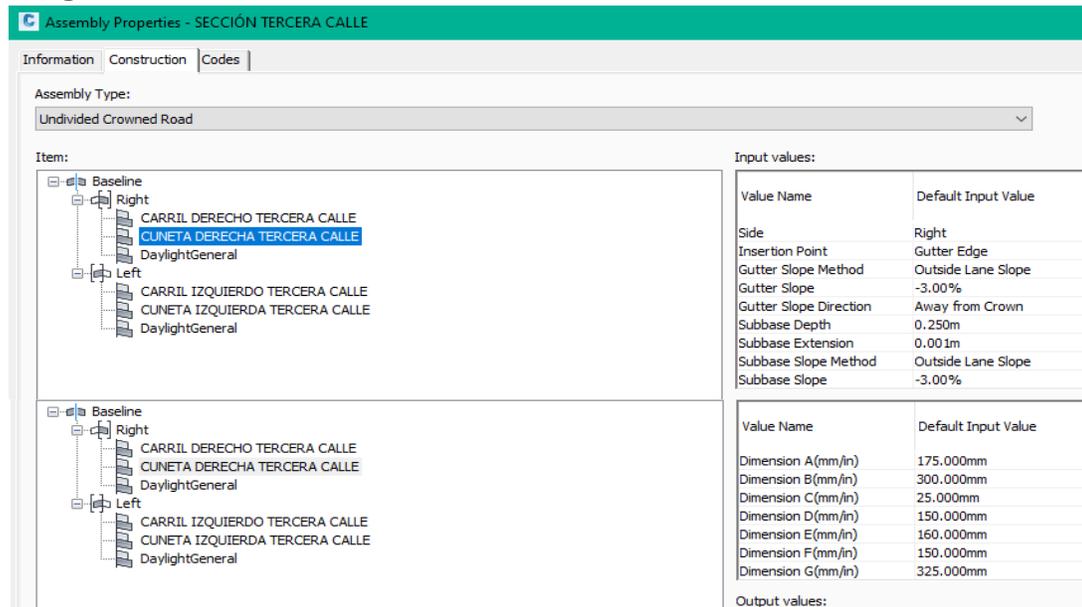
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 52 Información de rasante tercera calle



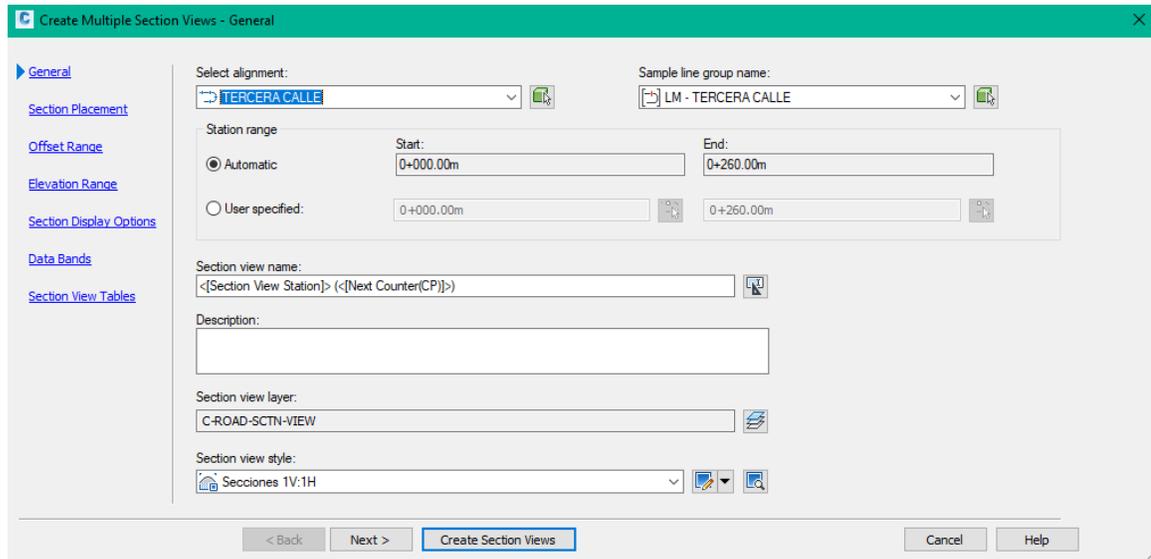
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 53 Información de cuneta tercera calle



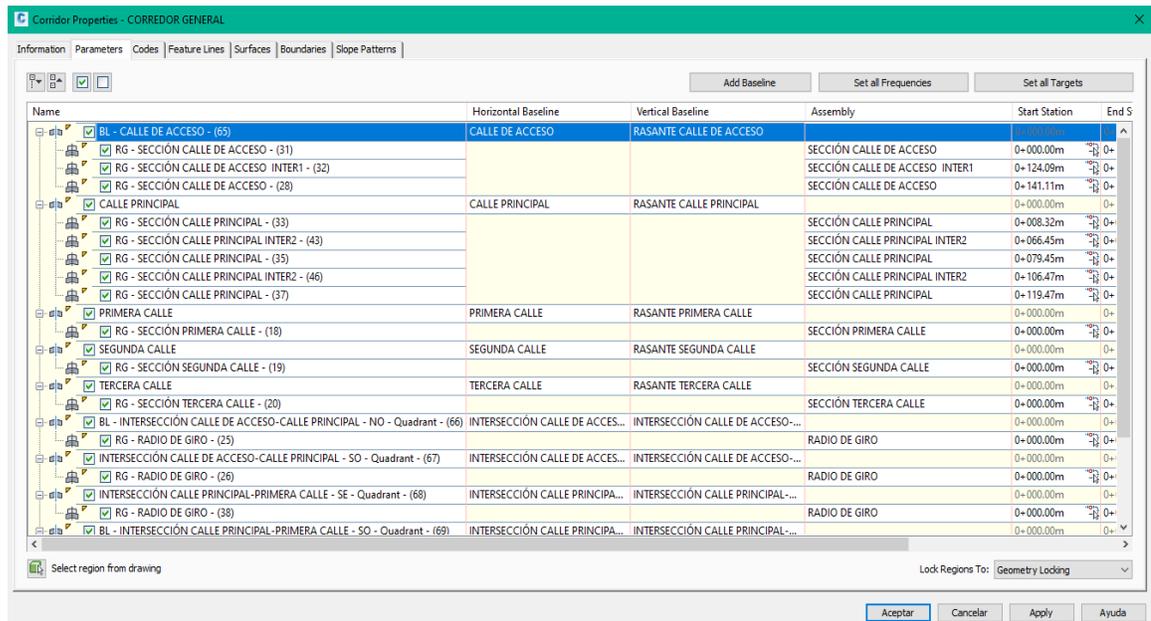
Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 54 Creación de secciones transversales tercera calle



Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D.

Imagen No. 55 Información de corredor general



Fuente: Elaboración propia, AutoCAD Civil 3D

Tablas No. 72 Coordenadas y rumbos de alineamiento del eje central

EJE CENTRAL - CALLE DE ACCESO						
P.K.	Ordenada	Abscisa	Dist.	Rumbo	Observ.	
0+000.00	1,446,481.1831m	608,208.1639m	34.17m	S4°48'56"E	Tangente	
0+010.00	1,446,471.2184m	608,209.0034m				
0+020.00	1,446,461.2537m	608,209.8429m				
0+030.00	1,446,451.2890m	608,210.6824m				
0+034.17(PC)	1,446,447.1337m	608,211.0324m				
			5m	S6°14'50"E	Curva 1	
0+039.17	1,446,442.1571m	608,211.5143m	0.83m	S6°29'06"E		
0+040.00	1,446,441.3322m	608,211.6064m	4.17m	S7°40'46"E		
0+044.17	1,446,437.1941m	608,212.1205m	5m	S9°06'43"E		
0+049.17	1,446,432.2478m	608,212.8505m	0.83m	S9°20'59"E		
0+050.00	1,446,431.4286m	608,212.9836m	2.19m	S9°58'37"E		
0+052.19(PI)	1,446,429.2697m	608,213.3513m	1.98m	S10°32'39"E		
0+054.17	1,446,427.3214m	608,213.7039m	5m	S11°58'36"E		
0+059.17	1,446,422.4177m	608,214.6803m	0.83m	S12°12'52"E		
0+060.00	1,446,421.6062m	608,214.8542m	4.17m	S13°24'33"E		
0+064.17	1,446,417.5401m	608,215.7789m	5m	S14°50'29"E		
0+069.17	1,446,412.6914m	608,216.9991m	0.83m	S15°04'45"E		
0+070.00	1,446,411.8895m	608,217.2133m	0.10m	S15°06'28"E		
0+070.10(PT)	1,446,411.7929m	608,217.2394m	9.9m	S15°06'32"E		
0+080.00	1,446,402.2352m	608,219.8198m	9.62m	S15°06'32"E		Tangente
0+089.62(PC)	1,446,392.9518m	608,222.3262m	0.38m	S14°59'56"E		Curva2
0+090.00	1,446,392.5807m	608,222.4260m	4.62	S13°40'31"E		
0+094.62	1,446,388.1047m	608,223.5700m	5m	S12°14'34"E		
0+099.62	1,446,383.2322m	608,224.6912m	0.37m	S12°08'13"E		
0+099.99(PI)	1,446,382.8705m	608,224.7694m	0.01m	S12°08'02"E		
0+100.00	1,446,382.8608m	608,224.7715m	4.62	S10°48'38"E		
0+104.62	1,446,378.3332m	608,225.6903m	5m	S9° 22' 41"E		
0+109.62	1,446,373.4107m	608,226.5667m	0.38m	S9° 16' 09"E		

EJE CENTRAL - CALLE DE ACCESO					
P.K.	Ordenada	Abscisa	Dist.	Rumbo	Observ.
0+110.00	1,446,373.0357m	608,226.6282m			Curva 2
			0.35m	S9° 10' 08"E	
0+110.35(PT)	1,446,372.6902m	608,226.6843m			Tangente
			9.65m	S9° 10' 07"E	
0+120.00	1,446,363.1635m	608,228.2219m	78.91m	S9° 10' 07"E	
0+130.00	1,446,353.2913m	608,229.8153m			
0+140.00	1,446,343.4190m	608,231.4087m			
0+150.00	1,446,333.5468m	608,233.0021m			
0+160.00	1,446,323.6746m	608,234.5955m			
0+180.00	1,446,303.9301m	608,237.7823m			
0+190.00	1,446,294.0578m	608,239.3757m			
0+198.91	1,446,285.2640m	608,240.7950m			

Fuente: AutoCAD Civil 3D

EJE CENTRAL - CALLE PRINCIPAL				
P.K.	Ordenada	Abscisa	Distancia	Rumbo
0+000.00	1,446,350.3296m	608,230.2933m	140m	S83° 47' 30"O
0+010.00	1,446,349.2482m	608,220.3520m		
0+020.00	1,446,348.1668m	608,210.4106m		
0+030.00	1,446,347.0853m	608,200.4693m		
0+040.00	1,446,346.0039m	608,190.5279m		
0+050.00	1,446,344.9225m	608,180.5866m		
0+060.00	1,446,343.8410m	608,170.6452m		
0+080.00	1,446,341.6782m	608,150.7625m		
0+090.00	1,446,340.5968m	608,140.8211m		
0+100.00	1,446,339.5153m	608,130.8798m		
0+110.00	1,446,338.4339m	608,120.9384m		
0+120.00	1,446,337.3525m	608,110.9971m		
0+130.00	1,446,336.2710m	608,101.0557m		
0+140.00	1,446,335.1896m	608,091.1144m		

Fuente: AutoCAD Civil 3D

EJE CENTRAL - PRIMERA CALLE				
P.K.	Ordenada	Abscisa	Distancia	Rumbo
0+000.00	1,446,165.5260m	608,178.7350m	178.15m	N6° 46' 26"O
0+010.00	1,446,175.4562m	608,177.5555m		
0+020.00	1,446,185.3864m	608,176.3760m		
0+040.00	1,446,205.2468m	608,174.0169m		
0+050.00	1,446,215.1770m	608,172.8374m		
0+060.00	1,446,225.1072m	608,171.6579m		
0+070.00	1,446,235.0373m	608,170.4783m		
0+080.00	1,446,244.9675m	608,169.2988m		
0+100.00	1,446,264.8279m	608,166.9398m		
0+110.00	1,446,274.7581m	608,165.7602m		
0+120.00	1,446,284.6883m	608,164.5807m		
0+140.00	1,446,304.5487m	608,162.2217m		
0+150.00	1,446,314.4789m	608,161.0421m		
0+160.00	1,446,324.4091m	608,159.8626m		
0+170.00	1,446,334.3393m	608,158.6831m		
0+178.15	1,446,342.4324m	608,157.7218m		

Fuente: AutoCAD Civil 3D

EJE CENTRAL - SEGUNDA CALLE				
P.K.	Ordenada	Abscisa	Distancia	Rumbo
0+000.00	1,446,220.3906m	608,131.4633m	118.49m	N6° 32' 44"O
0+010.00	1,446,230.3254m	608,130.3234m		
0+020.00	1,446,240.2603m	608,129.1835m		
0+030.00	1,446,250.1951m	608,128.0435m		
0+040.00	1,446,260.1299m	608,126.9036m		
0+050.00	1,446,270.0647m	608,125.7636m		
0+060.00	1,446,279.9995m	608,124.6237m		
0+070.00	1,446,289.9343m	608,123.4837m		
0+080.00	1,446,299.8691m	608,122.3438m		
0+090.00	1,446,309.8040m	608,121.2039m		
0+100.00	1,446,319.7388m	608,120.0639m		
0+110.00	1,446,329.6736m	608,118.9240m		
0+118.49	1,446,338.1082m	608,117.9562m		

Fuente: AutoCAD Civil 3D

EJE CENTRAL - TERCERA CALLE					
P.K.	Ordenada	Abscisa	Distancia	Rumbo	Observ.
0+000.00	1,446,335.1896m	608,091.1144m			Tangente
			4.48m	S83°47'30"W	
0+004.48(PC)	1,446,334.7056m	608,086.6645m			Curva 3
			5m	S83°47'30"W	
0+009.48	1,446,332.9679m	608,082.0276m			
			0.52m	S55°07'18"W	
0+010.00	1,446,332.6596m	608,081.6089m			
			4.48m	S26°28'25"W	
0+014.48	1,446,329.2221m	608,078.7945m			
0+014.54(PI)	1,446,329.1683m	608,078.7680m			
			4.94m	S26°07'48"W	
0+019.48	1,446,324.3848m	608,077.7531m			
			0.52m	S2° 10' 27"E	
0+020.00	1,446,323.8659m	608,077.7864m			
			0.24m	S5° 09' 13"E	
0+020.24(PT)	1,446,323.6272m	608,077.8108m			
			9.76m	S6° 31' 43"E	Tangente
0+030.00	1,446,313.9309m	608,078.9244m	110m	S6° 33' 07"E	Tangente
0+040.00	1,446,303.9963m	608,080.0655m		S6° 33' 07"E	
0+050.00	1,446,294.0616m	608,081.2065m		S6° 33' 07"E	
0+060.00	1,446,284.1269m	608,082.3476m		S6° 33' 07"E	
0+070.00	1,446,274.1922m	608,083.4886m		S6° 33' 07"E	
0+080.00	1,446,264.2575m	608,084.6297m		S6° 33' 07"E	
0+090.00	1,446,254.3228m	608,085.7708m		S6° 33' 07"E	
0+100.00	1,446,244.3881m	608,086.9118m		S6° 33' 07"E	
0+110.00	1,446,234.4535m	608,088.0529m		S6° 33' 07"E	
0+120.00	1,446,224.5188m	608,089.1939m		S6° 33' 07"E	
0+130.00	1,446,214.5841m	608,090.3350m		S6° 33' 07"E	
0+140.00	1,446,204.6494m	608,091.4760m		S6° 33' 07"E	

EJE CENTRAL - TERCERA CALLE					
P.K.	Ordenada	Abscisa	Distancia	Rumbo	Observ.
0+150.00	1,446,194.7147m	608,092.6171m	18.52m	S6° 33' 07"E	Tangente
0+160.00	1,446,184.7800m	608,093.7581m		S6° 33' 07"E	
0+168.52(PC)	1,446,176.3165m	608,094.7302m			
			1.48m	S6° 33' 07"E	Curva 4
0+170.00	1,446,174.8595m	608,094.9894m			
			3.52m	S13°37' 21"E	
0+173.52	1,446,171.6081m	608,096.3048m			
			5m	S30°25' 46"E	
0+178.52	1,446,167.9405m	608,099.6498m			
			1.48m	S54°18' 09"E	
0+180.00	1,446,167.1531m	608,100.9018m			
			1.26m	S61°22' 09"E	
0+181.26(PI)	1,446,166.6085m	608,102.0374m			
			2.26m	S67°23' 06"E	
0+183.52	1,446,165.9404m	608,104.1929m			
			4.56m	S78°10' 33"E	
0+188.08(PT)	1,446,165.8662m	608,108.7249m			
			1.92m	N80°03'06"E	Tangente
0+190.00	1,446,166.1984m	608,110.6160m			
			9.89m	N80°02' 14"E	
0+199.89(PC)	1,446,167.9094m	608,120.3568m			Curva 5
			0.11m	N80°02'14"E	
0+200.00	1,446,167.9288m	608,120.4651m			
			4.89m	N79°41' 51"E	
0+204.89	1,446,169.4421m	608,125.0992m			
			5m	N64°07'56"E	
0+209.89	1,446,172.2165m	608,129.2396m			
			0.11m	N48°13'00"E	
0+210.00	1,446,172.2900m	608,129.3214m			
			4.89m	N47°52' 00"E	
0+214.89	1,446,176.0199m	608,132.4604m			
			1.92m	N32°18'04"E	
0+216.81(PI)	1,446,177.6944m	608,133.3980m			
			3.08m	N26°11'23"E	
0+219.89	1,446,180.5607m	608,134.5148m			
			1.11m	N16°23'08"E	
0+220.00	1,446,180.6663m	608,134.5455m			
			4.89m	N16°02'08"E	
0+224.89	1,446,185.4908m	608,135.2453m			
			2.16m	N0° 28' 13"E	
0+227.05(PT)	1,446,187.6436m	608,135.1339m			
			2.95m	N6°23' 44"W	Tangente
0+230.00	1,446,190.5783m	608,134.8049m			
0+240.00	1,446,200.5161m	608,133.6910m	30m	N6° 23' 44"O	
0+250.00	1,446,210.4538m	608,132.5771m			
0+260.00	1,446,220.3906m	608,131.4633m			

Fuente: AutoCAD Civil 3D

Tabla No. 73 Rendimientos de equipos

Descripción	Cantidad	Marca	Capacidad	Rendimiento
Camión Volquete	3	Mack	10 m ³	
Camión Cisterna de Agua	1	FREIGHTLINER	4500 Gln	150m ² /hr 90m ² /hr
Tractor sobre orugas	1	CATERPILLAR		90 m ³ /hr
Motoniveladora	1	KOMATSU		60 m ³ /hr
Vibrocompactadora 12 Ton	1	CATERPILLAR		40 m ³ /hr
Retroexcavadora	1	CATERPILLAR		45 m ³ /hr
Excavadora	1	CASE		90 m ³ /hr

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 74 Costo horario de equipos de construcción

COSTO DE RENTA DE EQUIPOS			
Máquina	Unidad	Costo DLS	Costo C\$
Retroexcavadora CAT 416F2	Hora	50	1755.00
Volquete de 10 m ³	Hora	35	1228.50
Tractor de oruga D6	Hora	80	2808.00
Motoniveladora Komatsu GD670	Hora	80.00	2808.00
Vibro compactadora CAT CS563C de 12 Ton	Hora	70.00	2457.00
Cisterna de 4500 galones	Hora	18.75	658.13
Excavadora Case CX210	Hora	80	2808.00
Trompo concretero	Hora	2.5	87.75
Cabezal con rastra	Hora	58	2035.80
Movilización del equipo (ida y vuelta)	Viaje	360	12636.00
Rastra pequeña	Hora	57.68	2024.57

Fuente: Elaboración propia

Imagen 56: Cotización maquinaria de construcción

RENTA DE EQUIPOS DE CONSTRUCCION "SAN ROQUE"

Propietario: William José Herrera Montenegro
Dirección: Barrio San Cristóbal, 2da calle, casa No. 602.
Telefax: 27823389
Jinotega – Nicaragua
RUC: 2412611750012A

OFERTA ECONOMICA

Cliente: Axel Hurtado Nicaragua

Renta de maquinaria

Costos por hora:

Excavadora Case CX210	US\$80.00 + IVA
Camión volquete de 10 Mts3	US\$35.00 + IVA
Tractor de oruga D6	US\$80.00 + IVA
Motoniveladora Komatsu GD670	US\$80.00 + IVA
Vibrocompactadora CAT CS563C de 12 Ton.	US\$70.00 + IVA
Retroexcavadora CAT 416F2	US\$50.00 + IVA
Cisterna de 4,500 glns para agua	US\$150.00 el día + IVA

Costo de movilización en lowboy por cada máquina (ida y regreso) + IVA US\$360.00

NOTAS:

- ** Precio INCLUYE COMBUSTIBLE Y OPERADOR.
- ** 3 horas mínimas diarias por cada máquina.

Jinotega, 10 de Diciembre 2020.


William José Herrera Montenegro



Tabla No. 75 Salarios del personal directo

SALARIOS DEL PERSONAL	
Descripción	Total C\$/Hora
Ayudante	41.38
Maestro de obra	124.31
Pegadores de adoquín	416.99
Albañil	69.69
Cuadrilla de topografía	4,563.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 76 Coeficientes de abundamiento y enjuntamiento para diferentes tipos de suelos

SUELO	COEFICIENTES			
	ABUNDAMIENTO		ENJUNTAMIENTO	
Arena, Grava	1,07	1,17	0,93	0,87
Capa Vegetal	1,11	1,2	0,9	0,84
Marga	1,15	1,6	0,85	0,65
Arcilla blanda	1,35	1,65	0,75	0,65
Arcilla dura	1,4	1,7	0,75	0,6
Roca muy partida	1,4	1,85	0,7	0,55
Roca mal partida	1,5	2	0,85	0,65

Fuente: Método y equipo de construcción, Apuntes Ing. Ernesto Cuadra, Pág. 53

Tabla No. 77 Porcentajes de desperdicio

Concepto	%de desperdicio
Cemento para materiales	5
Cemento para estabilización de suelo	15
Arena	30
Grava	15
Agua	30
Madera	20
Clavos	30
Adoquín	5

Fuente: Normas y costos de construcción. (Alfredo Plazola Cisneros)

Tablas No. 78 Movimiento de tierra por calles

MOVIMIENTO DE TIERRA CALLE DE ACCESO (m ³)							
Estación	A. relleno	A.corte	V.relleno	V.corte	V.A.relleno	V.A.corte	V.neto
0+000.00	0	2.14	0	0	0	0	0
0+010.00	0	2.6	0.01	23.74	0.01	23.74	23.74
0+020.00	0	2.57	0	25.87	0.01	49.61	49.6
0+030.00	0	2.72	0	26.43	0.01	76.03	76.03
0+035.00	0	2.76	0	13.7	0.01	89.73	89.73
0+040.00	0	2.74	0	13.76	0.01	103.49	103.48
0+045.00	0	1.8	0	11.31	0.01	114.8	114.79
0+050.00	0.38	1.19	0.96	7.41	0.97	122.21	121.24
0+055.00	0.44	2.07	2.06	8.07	3.03	130.28	127.25
0+060.00	0.21	3.28	1.61	13.29	4.64	143.57	138.93
0+065.00	0.15	2.32	0.91	13.91	5.55	157.48	151.93
0+070.00	0	2.78	0.39	12.67	5.94	170.15	164.21
0+080.00	0	2.03	0	24.08	5.94	194.23	188.29
0+090.00	0.05	1.32	0.24	16.77	6.18	210.99	204.81
0+095.00	0.04	1.33	0.22	6.61	6.4	217.6	211.2
0+100.00	0.02	1.42	0.16	6.87	6.57	224.47	217.91
0+105.00	0.03	1.3	0.13	6.81	6.7	231.28	224.58
0+110.00	0.05	1.14	0.18	6.1	6.88	237.38	230.5
0+120.00	0	1.84	0.23	14.89	7.11	252.27	245.16
0+130.00	0	4.94	0	33.89	7.11	286.16	279.05
0+140.00	0.01	1.79	0.04	33.63	7.15	319.8	312.64
0+150.00	0.07	1.53	0.4	16.59	7.55	336.39	328.84
0+160.00	0.02	2.03	0.45	17.83	8	354.22	346.22
0+170.00	0.01	2.63	0.12	23.32	8.12	377.53	369.42
0+180.00	0	2.56	0.03	25.94	8.14	403.47	395.33
0+190.00	0	2.36	0	24.59	8.14	428.06	419.92
0+198.91	0.02	1.86	0.1	18.8	8.24	446.86	438.62

Fuente: AutoCAD Civil 3D

MOVIMIENTO DE TIERRA CALLE PRINCIPAL (m ³)							
Estación	A.relleno	A.corte	V.relleno	V.corte	V.A.relleno	V.A.corte	V.neto
0+000.00	0	3.95	0	0	0	0	0
0+010.00	0.01	1.84	0.03	28.93	0.03	28.93	28.9
0+020.00	0.02	1.21	0.15	15.25	0.18	44.17	43.99
0+030.00	0.08	0.9	0.52	10.56	0.7	54.74	54.04
0+040.00	0.08	1.19	0.77	10.43	1.47	65.17	63.7
0+050.00	0.09	0.84	0.85	10.14	2.31	75.31	73
0+060.00	0.04	1	0.65	9.23	2.97	84.54	81.57
0+070.00	0.02	1.59	0.28	12.98	3.24	97.52	94.28
0+080.00	0.01	1.91	0.15	17.48	3.4	115	111.61
0+090.00	0	2.25	0.06	20.78	3.46	135.78	132.32
0+100.00	0	2.99	0	26.2	3.46	161.98	158.52
0+110.00	0.2	3.44	0.99	32.16	4.45	194.14	189.69
0+120.00	0.04	1.54	1.17	24.92	5.62	219.06	213.44
0+130.00	0.01	2.2	0.22	18.72	5.84	237.78	231.94
0+140.00	0	2.48	0.05	23.38	5.89	261.16	255.28

Fuente: AutoCAD Civil 3D

MOVIMIENTO DE TIERRA PRIMERA CALLE (m ³)							
Estación	A.relleno	A.corte	V.relleno	V.corte	V.A.relleno	V.A.corte	V.neto
0+000.00	0.08	1.91	0	0	0	0	0
0+010.00	0	2.01	0.4	19.6	0.4	19.6	19.2
0+020.00	0	3.81	0.02	29.09	0.42	48.69	48.28
0+030.00	0	3.52	0	36.66	0.42	85.35	84.94
0+040.00	0	3.8	0	36.63	0.42	121.98	121.56
0+050.00	0	4.04	0	39.21	0.42	161.19	160.78
0+060.00	0	4.02	0	40.3	0.42	201.49	201.07
0+070.00	0	4.09	0	40.55	0.42	242.03	241.62
0+080.00	0	3.93	0	40.11	0.42	282.14	281.73
0+090.00	0	3.65	0	37.93	0.42	320.07	319.66
0+100.00	0	3.48	0	35.68	0.42	355.76	355.34
0+110.00	0	3.84	0	36.62	0.42	392.37	391.96
0+120.00	0	3.05	0	34.44	0.42	426.82	426.4
0+130.00	0	2.19	0	26.19	0.42	453.01	452.6
0+140.00	0.06	1.38	0.29	17.87	0.71	470.88	470.17
0+150.00	0.08	0.84	0.7	11.12	1.41	482	480.59
0+160.00	0.14	0.37	1.13	6.06	2.54	488.06	485.52
0+170.00	0.14	0.54	1.4	4.55	3.94	492.61	488.67
0+178.15	0	3	0.55	14.42	4.5	507.03	502.53

Fuente: AutoCAD Civil 3D.

MOVIMIENTO DE TIERRA SEGUNDA CALLE (m ³)							
Estación	A.relleno	A.corte	V.relleno	V.corte	V.A.relleno	V.A.corte	V.neto
0+000.00	0	3.19	0	0	0	0	0
0+010.00	0	4.14	0	36.62	0	36.62	36.62
0+020.00	0	1.93	0	30.35	0	66.97	66.97
0+030.00	0	2.8	0	23.66	0	90.63	90.63
0+040.00	0	2.57	0	26.87	0	117.5	117.5
0+050.00	0	2.52	0	25.44	0	142.94	142.94
0+060.00	0	2.16	0	23.35	0	166.3	166.29
0+070.00	0	1.59	0	18.73	0	185.02	185.02
0+080.00	0	2.01	0	17.99	0	203.02	203.01
0+090.00	0	2.55	0	22.77	0	225.78	225.78
0+100.00	0	2.54	0	25.43	0	251.21	251.21
0+110.00	0	2.29	0	24.17	0	275.38	275.38
0+118.49	0.07	3.22	0.3	23.42	0.3	298.8	298.5

Fuente: AutoCAD Civil 3D

MOVIMIENTO DE TIERRA TERCERA CALLE							
Estación	A.relleno	A.corte	V.relleno	V.corte	V.A.relleno	V.A.corte	V.neto
0+000.00	0	2.48	0	0	0	0	0
0+005.00	0	3.14	0.01	13.84	0.01	13.84	13.83
0+010.00	0.04	2.92	0.06	13.9	0.07	27.74	27.67
0+015.00	0	3.06	0.06	14.01	0.13	41.75	41.63
0+020.00	0	3.76	0	16.37	0.13	58.13	58
0+030.00	0	3.49	0	36.29	0.13	94.42	94.29
0+040.00	0	3.86	0.01	36.76	0.14	131.18	131.04
0+050.00	0	4.74	0.01	43	0.15	174.18	174.02
0+060.00	0	5.71	0	52.25	0.15	226.42	226.27
0+070.00	0	4.67	0	51.9	0.15	278.32	278.17
0+080.00	0	4.62	0	46.47	0.15	324.8	324.64
0+090.00	0	6.14	0	53.83	0.15	378.63	378.48
0+100.00	0	5.54	0	58.41	0.15	437.04	436.89
0+110.00	0	3.62	0	45.8	0.15	482.84	482.69
0+120.00	0	3.86	0	37.4	0.15	520.24	520.09
0+130.00	0	1.82	0.02	28.39	0.17	548.63	548.46
0+140.00	0.01	1.21	0.07	15.13	0.24	563.76	563.52
0+150.00	0.11	1.25	0.62	12.28	0.86	576.04	575.18
0+160.00	0.07	1.13	0.92	11.91	1.78	587.95	586.16
0+170.00	0.03	2.38	0.47	17.7	2.25	605.64	603.39
0+175.00	0	2.97	0.05	13.55	2.3	619.2	616.9
0+180.00	0	3.92	0	16.63	2.3	635.83	633.53
0+185.00	0	4.26	0	19.57	2.3	655.4	653.1
0+190.00	0	5.43	0	23.63	2.3	679.03	676.72
0+200.00	0.14	6.11	0.71	57.7	3.01	736.72	733.72
0+205.00	0.09	5.52	0.35	29.22	3.36	765.95	762.58
0+210.00	0.01	5.83	0.14	27.78	3.5	793.72	790.22
0+215.00	0	3.25	0.02	21.39	3.52	815.11	811.59
0+220.00	0.11	2.66	0.26	12.41	3.78	827.51	823.73
0+225.00	0.71	1.28	1.76	7.2	5.54	834.71	829.17
0+230.00	0.44	2.34	2.71	7.75	8.25	842.47	834.21
0+240.00	0.02	4.39	2.32	33.65	10.57	876.12	865.54
0+250.00	0	4.02	0.1	42.04	10.67	918.16	907.49
0+260.00	0	4.46	0.01	42.37	10.68	960.53	949.85

Fuente: AutoCAD Civil 3D

Tablas No. 79 Volumen de cama de arena por calle

CAMA DE ARENA CALLE DE ACCESO (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.27	0	0
0+010.00	0.27	2.7	2.7
0+020.00	0.27	2.7	5.4
0+030.00	0.27	2.7	8.1
0+035.00	0.27	1.35	9.45
0+040.00	0.27	1.35	10.8
0+045.00	0.27	1.35	12.15
0+050.00	0.27	1.35	13.5
0+055.00	0.27	1.35	14.85
0+060.00	0.27	1.35	16.2
0+065.00	0.27	1.35	17.55
0+070.00	0.27	1.35	18.9
0+080.00	0.27	2.7	21.6
0+090.00	0.27	2.7	24.3
0+095.00	0.27	1.35	25.65
0+100.00	0.27	1.35	27
0+105.00	0.27	1.35	28.35
0+110.00	0.27	1.35	29.7
0+120.00	0.27	2.7	32.4
0+130.00	0.49	3.82	36.22
0+140.00	0.27	3.82	40.04
0+150.00	0.27	2.7	42.74
0+160.00	0.27	2.7	45.44
0+170.00	0.27	2.7	48.14
0+180.00	0.27	2.7	50.84
0+190.00	0.27	2.7	53.54
0+198.91	0.27	2.41	55.95

Fuente: AutoCAD Civil 3D

CAMA DE ARENA CALLE PRINCIPAL (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.8	0	0
0+010.00	0.25	5.25	5.25
0+020.00	0.25	2.5	7.75
0+030.00	0.25	2.5	10.25
0+040.00	0.25	2.5	12.75
0+050.00	0.25	2.5	15.25
0+060.00	0.25	2.5	17.75
0+070.00	0.33	2.88	20.63
0+080.00	0.25	2.88	23.5
0+090.00	0.25	2.5	26
0+100.00	0.25	2.5	28.5
0+110.00	0.32	2.87	31.37
0+120.00	0.25	2.87	34.23
0+130.00	0.25	2.5	36.73
0+140.00	0.25	2.5	39.23

Fuente: AutoCAD Civil 3D

CAMA DE ARENA PRIMERA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.25	0	0
0+010.00	0.25	2.5	2.5
0+020.00	0.25	2.5	5
0+030.00	0.25	2.5	7.5
0+040.00	0.25	2.5	10
0+050.00	0.25	2.5	12.5
0+060.00	0.25	2.5	15
0+070.00	0.25	2.5	17.5
0+080.00	0.25	2.5	20
0+090.00	0.25	2.5	22.5
0+100.00	0.25	2.5	25
0+110.00	0.25	2.5	27.5
0+120.00	0.25	2.5	30
0+130.00	0.25	2.5	32.5
0+140.00	0.25	2.5	35
0+150.00	0.25	2.5	37.5
0+160.00	0.25	2.5	40
0+170.00	0.25	2.5	42.5
0+178.15	0.8	4.28	46.78

Fuente: AutoCAD Civil 3D

CAMA DE ARENA SEGUNDA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.37	0	0
0+010.00	0.25	3.12	3.12
0+020.00	0.25	2.5	5.62
0+030.00	0.25	2.5	8.12
0+040.00	0.25	2.5	10.62
0+050.00	0.25	2.5	13.12
0+060.00	0.25	2.5	15.62
0+070.00	0.25	2.5	18.12
0+080.00	0.25	2.5	20.62
0+090.00	0.25	2.5	23.12
0+100.00	0.25	2.5	25.62
0+110.00	0.25	2.5	28.12
0+118.49	0.8	4.46	32.58

Fuente: AutoCAD Civil 3D

CAMA DE ARENA TERCERA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.25	0	0
0+005.00	0.25	1.25	1.25
0+010.00	0.25	1.25	2.5
0+015.00	0.25	1.25	3.75
0+020.00	0.25	1.25	5
0+030.00	0.25	2.5	7.5
0+040.00	0.25	2.5	10
0+050.00	0.25	2.5	12.5
0+060.00	0.25	2.5	15
0+070.00	0.25	2.5	17.5
0+080.00	0.25	2.5	20
0+090.00	0.25	2.5	22.5
0+100.00	0.25	2.5	25
0+110.00	0.25	2.5	27.5
0+120.00	0.25	2.5	30
0+130.00	0.25	2.5	32.5
0+140.00	0.25	2.5	35
0+150.00	0.25	2.5	37.5
0+160.00	0.25	2.5	40
0+170.00	0.25	2.5	42.5
0+175.00	0.25	1.25	43.75
0+180.00	0.25	1.25	45
0+185.00	0.25	1.25	46.25
0+190.00	0.25	1.25	47.5
0+200.00	0.25	2.5	50
0+205.00	0.25	1.25	51.25
0+210.00	0.25	1.25	52.5
0+215.00	0.25	1.25	53.75
0+220.00	0.25	1.25	55
0+225.00	0.25	1.25	56.25
0+230.00	0.25	1.25	57.5
0+240.00	0.25	2.5	60
0+250.00	0.25	2.5	62.5
0+260.00	0.38	3.12	65.62

Fuente: AutoCAD Civil 3D.

Tablas No. 80 Volumen de concreto para cuneta por calle

CUNETAS CALLE DE ACCESO (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.21	0	0
0+010.00	0.21	2.07	2.07
0+020.00	0.21	2.07	4.13
0+030.00	0.21	2.07	6.2
0+035.00	0.21	1.03	7.23
0+040.00	0.21	1.03	8.26
0+045.00	0.21	1.03	9.29
0+050.00	0.21	1.03	10.33
0+055.00	0.21	1.03	11.36
0+060.00	0.21	1.03	12.39
0+065.00	0.21	1.03	13.43
0+070.00	0.21	1.03	14.46
0+080.00	0.21	2.07	16.52
0+090.00	0.21	2.07	18.59
0+095.00	0.21	1.03	19.62
0+100.00	0.21	1.03	20.65
0+105.00	0.21	1.03	21.69
0+110.00	0.21	1.03	22.72
0+120.00	0.21	2.07	24.78
0+130.00	0.6	4.01	28.8
0+140.00	0.21	4.01	32.81
0+150.00	0.21	2.06	34.87
0+160.00	0.21	2.07	36.94
0+170.00	0.21	2.07	39
0+180.00	0.21	2.07	41.07
0+190.00	0.21	2.07	43.13
0+198.91	0.21	1.84	44.97

Fuente: AutoCAD Civil 3D

CUNETA CALLE PRINCIPAL (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0	0	0
0+010.00	0.21	1.03	1.03
0+020.00	0.21	2.06	3.09
0+030.00	0.21	2.06	5.15
0+040.00	0.21	2.06	7.21
0+050.00	0.21	2.06	9.27
0+060.00	0.21	2.06	11.33
0+070.00	1.3	7.54	18.88
0+080.00	0.21	7.54	26.42
0+090.00	0.21	2.06	28.48
0+100.00	0.21	2.06	30.54
0+110.00	0.87	5.4	35.94
0+120.00	0.21	5.4	41.35
0+130.00	0.21	2.06	43.41
0+140.00	0.21	2.09	45.49

Fuente: AutoCAD Civil 3D

CUNETA PRIMERA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.21	0	0
0+010.00	0.21	2.06	2.06
0+020.00	0.21	2.06	4.12
0+030.00	0.21	2.06	6.18
0+040.00	0.21	2.06	8.24
0+050.00	0.21	2.06	10.3
0+060.00	0.21	2.06	12.36
0+070.00	0.21	2.06	14.42
0+080.00	0.21	2.06	16.48
0+090.00	0.21	2.06	18.55
0+100.00	0.21	2.06	20.61
0+110.00	0.21	2.06	22.67
0+120.00	0.21	2.06	24.73
0+130.00	0.21	2.06	26.79
0+140.00	0.21	2.06	28.85
0+150.00	0.21	2.06	30.91
0+160.00	0.21	2.06	32.97
0+170.00	0.21	2.06	35.03
0+178.15	0	0.84	35.87

Fuente: AutoCAD Civil3D

CUNETA SEGUNDA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.31	0	0
0+010.00	0.21	2.58	2.58
0+020.00	0.21	2.06	4.64
0+030.00	0.21	2.06	6.7
0+040.00	0.21	2.06	8.76
0+050.00	0.21	2.06	10.82
0+060.00	0.21	2.06	12.88
0+070.00	0.21	2.06	14.94
0+080.00	0.21	2.06	17
0+090.00	0.21	2.06	19.06
0+100.00	0.21	2.06	21.12
0+110.00	0.21	2.06	23.18
0+118.49	0	0.87	24.06

Fuente: AutoCAD Civil 3D

CUNETA TERCERA CALLE (m³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.21	0	0
0+005.00	0.21	1.05	1.05
0+010.00	0.21	1.04	2.09
0+015.00	0.21	1.04	3.13
0+020.00	0.21	1.04	4.17
0+030.00	0.21	2.07	6.24
0+040.00	0.21	2.07	8.31
0+050.00	0.21	2.07	10.37
0+060.00	0.21	2.07	12.44
0+070.00	0.21	2.07	14.51
0+080.00	0.21	2.07	16.57
0+090.00	0.21	2.07	18.64
0+100.00	0.21	2.07	20.7
0+110.00	0.21	2.07	22.77
0+120.00	0.21	2.07	24.83
0+130.00	0.21	2.07	26.9
0+140.00	0.21	2.07	28.96
0+150.00	0.21	2.07	31.03
0+160.00	0.21	2.07	33.1
0+170.00	0.21	2.07	35.17
0+175.00	0.21	1.04	36.21
0+180.00	0.21	1.04	37.25
0+185.00	0.21	1.04	38.29
0+190.00	0.21	1.04	39.33
0+200.00	0.21	2.07	41.4
0+205.00	0.21	1.04	42.44
0+210.00	0.21	1.04	43.48
0+215.00	0.21	1.04	44.52
0+220.00	0.21	1.04	45.56
0+225.00	0.21	1.04	46.6
0+230.00	0.21	1.04	47.64
0+240.00	0.21	2.07	49.71
0+250.00	0.21	2.07	51.77
0+260.00	0.31	2.58	54.35

Fuente: Elaboración propia

Tablas No. 81 Volumen de base por calle

BASE CALLE DE ACCESO (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.54	0	0
0+010.00	0.54	5.4	5.4
0+020.00	0.54	5.4	10.8
0+030.00	0.54	5.4	16.2
0+035.00	0.54	2.7	18.9
0+040.00	0.54	2.7	21.6
0+045.00	0.54	2.7	24.3
0+050.00	0.54	2.7	27
0+055.00	0.54	2.7	29.7
0+060.00	0.54	2.7	32.4
0+065.00	0.54	2.7	35.1
0+070.00	0.54	2.7	37.8
0+080.00	0.54	5.4	43.2
0+090.00	0.54	5.4	48.6
0+095.00	0.54	2.7	51.3
0+100.00	0.54	2.7	54
0+105.00	0.54	2.7	56.7
0+110.00	0.54	2.7	59.4
0+120.00	0.54	5.4	64.8
0+130.00	0.99	7.64	72.44
0+140.00	0.54	7.64	80.08
0+150.00	0.54	5.4	85.48
0+160.00	0.54	5.4	90.88
0+170.00	0.54	5.4	96.28
0+180.00	0.54	5.4	101.68
0+190.00	0.54	5.4	107.08
0+198.91	0.54	4.81	111.89

Fuente: AutoCAD Civil 3D

BASE CALLE PRINCIPAL (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	1.6	0	0
0+010.00	0.5	10.5	10.5
0+020.00	0.5	5	15.5
0+030.00	0.5	5	20.5
0+040.00	0.5	5	25.5
0+050.00	0.5	5	30.5
0+060.00	0.5	5	35.5
0+070.00	0.65	5.75	41.25
0+080.00	0.5	5.75	47
0+090.00	0.5	5	52
0+100.00	0.5	5	57
0+110.00	0.65	5.73	62.73
0+120.00	0.5	5.73	68.47
0+130.00	0.5	5	73.47
0+140.00	0.5	5	78.47

Fuente: AutoCAD Civil 3D.

BASE PRIMERA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.5	0	0
0+010.00	0.5	5	5
0+020.00	0.5	5	10
0+030.00	0.5	5	15
0+040.00	0.5	5	20
0+050.00	0.5	5	25
0+060.00	0.5	5	30
0+070.00	0.5	5	35
0+080.00	0.5	5	40
0+090.00	0.5	5	45
0+100.00	0.5	5	50
0+110.00	0.5	5	55
0+120.00	0.5	5	60
0+130.00	0.5	5	65
0+140.00	0.5	5	70
0+150.00	0.5	5	75
0+160.00	0.5	5	80
0+170.00	0.5	5	85
0+178.15	1.6	8.56	93.56

Fuente: AutoCAD Civil 3D

BASE SEGUNDA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.75	0	0
0+010.00	0.5	6.25	6.25
0+020.00	0.5	5	11.25
0+030.00	0.5	5	16.25
0+040.00	0.5	5	21.25
0+050.00	0.5	5	26.25
0+060.00	0.5	5	31.25
0+070.00	0.5	5	36.25
0+080.00	0.5	5	41.25
0+090.00	0.5	5	46.25
0+100.00	0.5	5	51.25
0+110.00	0.5	5	56.25
0+118.49	1.6	8.91	65.16

Fuente: AutoCAD Civil 3D

BASE TERCERA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.5	0	0
0+005.00	0.5	2.5	2.5
0+010.00	0.5	2.5	5
0+015.00	0.5	2.5	7.5
0+020.00	0.5	2.5	10
0+030.00	0.5	5	15
0+040.00	0.5	5	20
0+050.00	0.5	5	25
0+060.00	0.5	5	30
0+070.00	0.5	5	35
0+080.00	0.5	5	40
0+090.00	0.5	5	45
0+100.00	0.5	5	50
0+110.00	0.5	5	55
0+120.00	0.5	5	60
0+130.00	0.5	5	65
0+140.00	0.5	5	70
0+150.00	0.5	5	75
0+160.00	0.5	5	80
0+170.00	0.5	5	85
0+175.00	0.5	2.5	87.5
0+180.00	0.5	2.5	90
0+185.00	0.5	2.5	92.5
0+190.00	0.5	2.5	95
0+200.00	0.5	5	100
0+205.00	0.5	2.5	102.5
0+210.00	0.5	2.5	105
0+215.00	0.5	2.5	107.5
0+220.00	0.5	2.5	110
0+225.00	0.5	2.5	112.5
0+230.00	0.5	2.5	115
0+240.00	0.5	5	120
0+250.00	0.5	5	125
0+260.00	0.75	6.25	131.25

Fuente: AutoCAD Civil 3D

Tablas No. 82 Volumen de subbase para cuneta por calle

BASE DE CUNETA CALLE DE ACCESO (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.07	0	0
0+010.00	0.07	0.71	0.71
0+020.00	0.07	0.71	1.41
0+030.00	0.07	0.71	2.12
0+035.00	0.07	0.35	2.47
0+040.00	0.07	0.35	2.83
0+045.00	0.07	0.35	3.18
0+050.00	0.07	0.35	3.53
0+055.00	0.07	0.35	3.88
0+060.00	0.07	0.35	4.24
0+065.00	0.07	0.35	4.59
0+070.00	0.07	0.35	4.94
0+080.00	0.07	0.71	5.65
0+090.00	0.07	0.71	6.36
0+095.00	0.07	0.35	6.71
0+100.00	0.07	0.35	7.06
0+105.00	0.07	0.35	7.42
0+110.00	0.07	0.35	7.77
0+120.00	0.07	0.71	8.48
0+130.00	0.25	1.6	10.07
0+140.00	0.07	1.6	11.67
0+150.00	0.07	0.71	12.38
0+160.00	0.07	0.71	13.08
0+170.00	0.07	0.71	13.79
0+180.00	0.07	0.71	14.5
0+190.00	0.07	0.71	15.2
0+198.91	0.07	0.63	15.83

Fuente: AutoCAD Civil 3D

BASE DE CUNETA CALLE PRINCIPAL (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0	0	0
0+010.00	0.07	0.36	0.36
0+020.00	0.07	0.71	1.07
0+030.00	0.07	0.71	1.78
0+040.00	0.07	0.71	2.5
0+050.00	0.07	0.71	3.21
0+060.00	0.07	0.71	3.93
0+070.00	0.35	2.11	6.04
0+080.00	0.07	2.11	8.15
0+090.00	0.07	0.71	8.87
0+100.00	0.07	0.71	9.58
0+110.00	0.26	1.66	11.24
0+120.00	0.07	1.66	12.9
0+130.00	0.07	0.71	13.62
0+140.00	0.08	0.73	14.35

Fuente: AutoCAD Civil 3D

BASE DE CUNETA PRIMERA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.07	0	0
0+010.00	0.07	0.71	0.71
0+020.00	0.07	0.71	1.43
0+030.00	0.07	0.71	2.14
0+040.00	0.07	0.71	2.85
0+050.00	0.07	0.71	3.57
0+060.00	0.07	0.71	4.28
0+070.00	0.07	0.71	5
0+080.00	0.07	0.71	5.71
0+090.00	0.07	0.71	6.42
0+100.00	0.07	0.71	7.14
0+110.00	0.07	0.71	7.85
0+120.00	0.07	0.71	8.56
0+130.00	0.07	0.71	9.28
0+140.00	0.07	0.71	9.99
0+150.00	0.07	0.71	10.71
0+160.00	0.07	0.71	11.42
0+170.00	0.07	0.71	12.13
0+178.15	0	0.29	12.42

Fuente: AutoCAD Civil 3D

BASE DE CUNETTA SEGUNDA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.11	0	0
0+010.00	0.07	0.89	0.89
0+020.00	0.07	0.71	1.6
0+030.00	0.07	0.71	2.32
0+040.00	0.07	0.71	3.03
0+050.00	0.07	0.71	3.74
0+060.00	0.07	0.71	4.46
0+070.00	0.07	0.71	5.17
0+080.00	0.07	0.71	5.89
0+090.00	0.07	0.71	6.6
0+100.00	0.07	0.71	7.31
0+110.00	0.07	0.71	8.03
0+118.49	0	0.3	8.33

Fuente: AutoCAD Civil 3D

BASE DE CUNETETA TERCERA CALLE (m ³)			
Estación	Área	Volumen	Vol. acumulado
0+000.00	0.08	0	0
0+005.00	0.07	0.36	0.36
0+010.00	0.07	0.34	0.7
0+015.00	0.07	0.34	1.05
0+020.00	0.07	0.34	1.39
0+030.00	0.07	0.69	2.08
0+040.00	0.07	0.7	2.78
0+050.00	0.07	0.71	3.49
0+060.00	0.07	0.71	4.19
0+070.00	0.07	0.71	4.9
0+080.00	0.07	0.71	5.61
0+090.00	0.07	0.71	6.31
0+100.00	0.07	0.71	7.02
0+110.00	0.07	0.71	7.73
0+120.00	0.07	0.71	8.43
0+130.00	0.07	0.71	9.14
0+140.00	0.07	0.71	9.85
0+150.00	0.07	0.71	10.55
0+160.00	0.07	0.7	11.25
0+170.00	0.07	0.69	11.94
0+175.00	0.07	0.34	12.29
0+180.00	0.07	0.34	12.63
0+185.00	0.07	0.34	12.97
0+190.00	0.07	0.34	13.32
0+200.00	0.07	0.69	14.01
0+205.00	0.07	0.34	14.35
0+210.00	0.07	0.34	14.7
0+215.00	0.07	0.34	15.04
0+220.00	0.07	0.34	15.38
0+225.00	0.07	0.34	15.73
0+230.00	0.07	0.35	16.07
0+240.00	0.07	0.7	16.77
0+250.00	0.07	0.7	17.47
0+260.00	0.11	0.88	18.36

Fuente: AutoCAD Civil 3D

Procedimiento detallado de costos unitarios

Etapa:	010-	Preliminares
---------------	-------------	---------------------

Subetapa:	010-1	Trazo y nivelación
Actividad:	Trazo y nivelación de calles	

1. Nivelación de terracería

Se colocarán estacas a cada 20m en línea central y orillas de calle

Long. de la calle: 895.55 m

Total de piezas: 138

Equivale a 27 reglas de 1"x3"x6vrs y 1 regla de 1"x3"x3vrs

Tabla No. 83 Costo unitario para trazo y nivelación

Transporte				
Descripción	Cantidad equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Transporte de madera	1.00		210.60	210.60
Monto total costo directo equipo C\$				210.60
Costo directo unitario de equipo C\$				0.24

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cantidad Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1.00	16.00	124.31	1,988.96
Ayudantes	2.00	16.00	41.38	1,324.16
Monto total costo directo mano de obra C\$				3,313.12
Costo directo unitario de mano de obra C\$				3.70

Fuente: Elaboración propia.

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Reglas de 1"x3"x6vrs	27	unidades	98.28	2,653.56
Regla de 1"x3"x3vrs	1	unidades	70.2	70.2
Costo directo total de materiales C\$				2,723.76
Costo directo unitario de materiales C\$				3.04

Fuente: Elaboración propia.

Otros costos directos				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario US\$	Total C\$
Cuadrilla de Topografía	2.00	Días	4,563.00	9,126.00
Costo directo otros costos C\$				9126.00
Costo directo unitario otros costos C\$				10.19

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	15,373.48
Sumatoria costo directo unitario C\$	17.17
Indirectos de campo C\$	3.43
Utilidad C\$	2.06
Precio unitario de venta C\$	22.66

Fuente: Elaboración propia.

Etapa:	010-	Preliminares
---------------	-------------	---------------------

Subetapa:	010-2-	Demolición
Actividad:		Demolición de bordillos

Se deberá demoler el bordillo existente ya que este se encuentra deteriorado, este tiene una longitud de 873.5 m y se ubica en las estaciones mostradas en la tabla No.84 a continuación:

Tabla No. 84 demolición de bordillos por estaciones

Tramos de calles con bordillos a demoler				
Ubicación	Est. inicial	Est. final	Observación	Longitud (m)
Calle principal	0+040	0+062	ambos lados	44
	0+080	0+106	ambos lados	52
	0+120	0+140	ambos lados	40
primera calle	0+000	0+170	ambos lados	340
segunda calle	0+000	0+110	ambos lados	220
tercera calle	0+006	0+020	-	14
	0+030	0+163	-	133
	0+230.50	0+260	-	30.5
				Longitud total= 873.5 metros

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 85 Costo unitario para demolición de bordillos

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Retroexcavadora CAT 416F2	1	0.73	1,755.00	1,277.49
Monto total costo directo equipo C\$				1,277.49
Costo directo unitario de equipo C\$				1.46

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1	0.73	124.31	90.49
Ayudantes	5	0.73	41.38	150.61
Monto total costo directo mano de obra C\$				241.09
Costo directo unitario de mano de obra C\$				0.28

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	1,518.58
Sumatoria costo directo unitario C\$	1.74
Indirectos de campo C\$	0.35
Utilidad C\$	0.21
Precio unitario de venta C\$	2.30

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa:	010-2-	Demolición
Actividad:	Acarreo de desperdicio	

Tabla No. 86 Costo unitario para acarreo de desperdicio

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Camión Volquete de 10 m³	2	1.59	1,288.50	3,899.36
Monto total costo directo equipo C\$				3,899.36
Costo directo unitario de equipo C\$				4.46

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	3,899.36
Sumatoria costo directo unitario C\$	4.46
Indirectos de campo C\$	0.89
Utilidad C\$	0.54
Precio unitario de venta C\$	5.89

Fuente: Elaboración propia.

Etapa:	020-	Movilización y desmovilización
Subetapa:	020-1-	Movilización y desmovilización de equipos

Tabla No. 87 Costo unitario para movilización y desmovilización de equipos

Movilización de Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Cantidad de traslados	Costo C\$	Total C\$
Traslados Camiones volquete	3	1.00	1,228.50	3,685.50
Traslados Camión Cisterna 4,500 Galones	1	1.00	658.13	658.13
Traslado de Motoniveladora	1	1.00	12,636.00	12,636.00
Traslados Retroexcavadora	1	1.00	12,636.00	12,636.00
Traslado Vibro compactadora	1	1.00	12,636.00	12,636.00
Excavadora	1	1.00	12,636.00	12,636.00
Tractor	1	1.00	12,636.00	12,636.00
Monto total costo directo equipo C\$				67,523.63
Costo directo unitario de equipo C\$				67,523.63

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	67,523.63
Sumatoria costo directo unitario C\$	67,523.63
Indirectos de campo C\$	13,504.73
Utilidad C\$	8,102.84
Precio unitario de venta C\$	89,131.19

Fuente: Elaboración propia.

Etapa:	030-	Movimiento de tierra
---------------	-------------	-----------------------------

Subetapa:	030-1-	Corte y desalojo para estructura de pavimento
Actividad:		Corte y/o excavación con equipo

Según los datos de movimiento de tierra obtenidos del programa Civil3D, el volumen total de corte es de 2,474.38m³ hasta el nivel de subrasante.

Vol. abundado (30%) = 3216.69 m³

Nota: se utilizó el mismo factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales ya que ambos son suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 88 Costo unitario para corte y/o excavación con equipos

Maquinaria de construcción				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Motoniveladora	1	41.24	2,808.00	115,800.98
Monto total costo directo equipo C\$				115,800.98
Costo directo unitario de equipo C\$				46.80

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1	41.24	124.31	5,126.50
Ayudantes (Motoniv)	2	41.24	41.38	3,412.99
Monto total costo directo mano de obra C\$				8,539.49
Costo directo unitario de mano de obra C\$				3.45

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	124,340.47
Sumatoria costo directo unitario C\$	50.25
Indirectos de campo C\$	10.05
Utilidad C\$	6.03
Precio unitario de venta C\$	66.33

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa:	030-1-	Corte y desalojo para estructura de pavimento
Actividad:	Acarreo de material sobrante de excavación	

El botadero queda ubicado a 4.5km del barrio Amanda López, donde se tiene un tiempo de ciclo de 0.969 hr.

Tabla No. 89 Costo unitario para acarreo de material sobrante de excavación

Maquinaria de construcción				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Retroexcavadora	1	71.48	1,755.00	125,451.07
Camiones Volquete	2	155.85	1,228.50	382,923.45
Monto total costo directo equipo C\$				508,374.52
Costo directo unitario de equipo C\$				205.46

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Ayudantes (Retro)	2	71.48	41.38	5,915.86
Monto total costo directo mano de obra C\$				5,915.86
Costo directo unitario de mano de obra C\$				2.39

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	514,290.38
Sumatoria costo directo unitario C\$	207.85
Indirectos de campo C\$	41.57
Utilidad C\$	24.94
Precio unitario de venta C\$	274.36

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa:	030 - 2-	Zona inestable
Actividad:	Corte y/o excavación de suelos inadecuados	

Ya que en algunas calles del barrio existen suelos de tipo A-7-5 y A-7-6 será necesario removerlo para evitar que la carpeta de rodamiento sufra daños por levantamiento de los adoquines, el volumen total a remover se obtuvo con ayuda del programa civil 3D donde se tomaron los volúmenes de cama de arena y se dividieron entre el grosor de esta (0.05cm) para obtener el área de cada calle, luego se multiplicaron por la profundidad de suelo inadecuado de cada una de las calles, esto se detalla en la tabla siguiente, este material deberá ser sustituido por material de banco y luego compactado al 95% Proctor modificado.

Tabla No. 90 Suelo a remover en zona inestable

Excavación de suelos inadecuados						
Nombre de calle	De estación	A estación	Longitud (m)	Área (m²)	Profundidad (m)	Volumen (m³)
Principal	0+100	0+140	40	214.8	0.5	107.4
Tercera calle	0+000	0+050	50	250	0.5	125
Segunda Calle	0+010	0+118.49	106	589.20	0.45	263.14
Primera calle	0+000	0+140	140	700	0.4	280
Volumen total a retirar						774.54

Nota: Las profundidades mostradas en la tabla son desde el nivel de subrasante.

$$\text{Vol. abundado (1.5)} = 1046.78 \text{ m}^3$$

El factor de abundamiento se obtuvo del promedio de los factores de abundamientos recomendados para suelos arcillosos mostrados en la tabla 76, pág. L en esta sección de anexos.

Tabla No. 91 Costo unitario para zona inestable

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Tractor de oruga D6	1	12.91	2,808.00	36,248.47
Monto total costo directo equipo C\$				36,248.47
Costo directo unitario de equipo C\$				46.80

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	36,248.47
Sumatoria costo directo unitario C\$	46.80
Indirectos de campo C\$	9.36
Utilidad C\$	5.62
Precio unitario de venta C\$	61.87

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa:	030 - 2-	Zona inestable
Actividad:	Desalojo de material inadecuado	

El botadero queda ubicado a 4.5km del barrio Amanda López, donde se tiene un tiempo de ciclo de 0.969 hr.

Tabla No. 92 Costo unitario para desalojo de material inadecuado

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Camiones Volquete de 10m ³	2	56.29	1,228.50	138,304.53
Retroexcavadora	1	25.82	1,755.00	45,310.59
Monto total costo directo equipo C\$				183,615.12
Costo directo unitario de equipo C\$				237.06

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cantidad personas	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Ayudantes	2	25.82	41.38	2,136.7
Monto total costo directo mano de obra C\$				2,136.7
Costo directo unitario de mano de obra C\$				2.76

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	185,751.82
Sumatoria costo directo unitario C\$	239.82
Indirectos de campo C\$	47.96
Utilidad C\$	28.78
Precio unitario de venta C\$	316.56

Fuente: Elaboración propia.

Sub Etapa:	030-3-	Relleno
Actividad:	Relleno de zona inestable con material de banco	

Volumen de relleno se extrajo del Software de diseño AutoCAD Civil 3D: 774.54 m³

Volumen de relleno se multiplico por su factor abundamiento correspondiente de 1.30: 1,006.90 m³

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales de suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 93 Costo unitario para relleno de zona inestable

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Motoniveladora	1	29.69	2,808.00	83,369.52
Vibrocompactadora	1	19.36	2,457.00	47,567.52
Camión Cisterna de agua	1	19.79	658.13	13,024.29
Camión volquete	3	40.61	1,228.50	149,668.16
Excavadora	1	11.19	2,808.00	31,415.28
Monto total costo directo equipo C\$				325,044.77
Costo directo unitario de equipo C\$				419

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1	29.69	124.31	3,690.76
Ayudantes de cisterna	1	19.79	41.38	818.91
Ayudantes Motoniv.	2	29.69	41.38	2,457.14
Monto total costo directo mano de obra C\$				6,966.81
Costo directo unitario de mano de obra C\$				9

Fuente: Elaboración propia.

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Material selecto	1,006.90	M3	30.00	30,207.00
Costo directo total de materiales C\$				30,207.00
Costo directo unitario de materiales C\$				39.00

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	362,218.58
Sumatoria costo directo unitario C\$	467.00
Indirectos de campo C\$	93.40
Utilidad C\$	56.04
Precio unitario de venta C\$	616.44

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa:	030 - 3-	Zona inestable
Actividad:	Relleno hasta nivel de subrasante	

Volumen de relleno se extrajo del Software de diseño AutoCAD Civil 3D: 29.61 m³

Volumen de relleno se multiplico por su factor abundamiento correspondiente de 1.30: 38.49 m³

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales de suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 94 Costo unitario para relleno hasta nivel de subrasante

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Motoniveladora	1	1.14	2,808.00	3,201.12
Vibrocompactadora	1	0.74	2,457.00	1,818.18
Camión Cisterna de agua	1	0.76	658.13	500.18
Camión volquete	3	1.55	1,228.50	5,712.53
Excavadora	1	0.43	2,808.00	1,200.89
Monto total costo directo equipo C\$				12,432.90
Costo directo unitario de equipo C\$				419

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1.00	1.14	124.31	141.71
Ayudantes de cisterna	1.00	0.76	41.38	31.45
Ayudantes Motoniv.	2.00	1.14	41.38	94.35
Monto total costo directo mano de obra C\$				267.51
Costo directo unitario de mano de obra C\$				9.00

Fuente: Elaboración propia.

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Material selecto	38.49	M3	30.00	1,154.70
Costo directo total de materiales C\$				1,154.70
Costo directo unitario de materiales C\$				39.00

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	13,855.11
Sumatoria costo directo unitario C\$	467.00
Indirectos de campo C\$	93.40
Utilidad C\$	56.04
Precio unitario de venta C\$	616.44

Fuente: Elaboración propia.

Sub Etapa:	030-4-	Conformación y compactación
Actividad:	Conformación y compactación de subrasante	

Mediante Civil 3D se obtuvo el área de 5669.43m²
a conformar y compactar luego se multiplicó por
0.15 m de profundidad recomendado por NIC-
2019 para así obtener el volumen:

850.41 m3

1,105.54 m3

El volumen obtenido deberá ser multiplicado por el factor abundamiento de 1.30

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales ya que ambos presentan suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 95 Costo unitario para conformación y compactación subrasante

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Motoniveladora	1.00	32.60	2,808.00	91,540.80
Vibrocompactadora	1.00	21.26	2,457.00	52,235.82
Cisterna de agua	1.00	21.73	658.13	14,301.06
Monto total costo directo equipo C\$				158,077.68
Costo directo unitario de equipo C\$				142.99

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1.00	32.60	124.31	4,052.51
Ayudantes Motoniv.	2.00	32.60	41.38	2,697.98
Ayudantes Cisterna	1.00	21.73	41.38	899.19
Monto total costo directo mano de obra C\$				7,649.68
Costo directo unitario de mano de obra C\$				6.92

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	165,727.36
Sumatoria costo directo unitario C\$	149.91
Indirectos de campo C\$	29.98
Utilidad C\$	17.99
Precio unitario de venta C\$	197.88

Fuente: Elaboración propia.

Sub Etapa:	030-5-	Explotación de banco
Actividad:	Explotación de banco para capa base	

Para el diseño de la capa base se obtuvo el volumen mediante el programa AutoCAD Civil 3D: 480.33 m³

Este volumen fue multiplicado por el factor abundamiento de 1.3: 624.43 m³

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales de suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 96 Costo unitario para explotación de banco para capa base

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Excavadora	1	6.94	2,808.00	19,482.18
Monto total costo directo equipo C\$				19,482.18
Costo directo unitario de equipo C\$				31.20

Fuente: Elaboración propia

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Material de base	624.43	M3	30.00	18,732.87
Costo directo total de materiales C\$				18,732.87
Costo directo unitario de materiales C\$				30.00

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	38,215.05
Sumatoria costo directo unitario C\$	61.20
Indirectos de campo C\$	12.24
Utilidad C\$	7.34
Precio unitario de venta C\$	80.79

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa:	030 - 5-	Explotación de banco
Actividad:	Acarreo de material	

El volumen de acarreo de material de la capa base se obtuvo mediante el programa AutoCAD Civil 3D: 480.33 m³

Este volumen fue multiplicado por el factor abundamiento de 1.3: 624.43 m³

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales de suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 97 Costo unitario para acarreo de material para capa base

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Camión volquete	3	25.19	1,228.50	92,820.43
Monto total costo directo equipo C\$				92,820.43
Costo directo unitario de equipo C\$				148.65

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	92,820.43
Sumatoria costo directo unitario C\$	148.65
Indirectos de campo C\$	29.73
Utilidad C\$	17.84
Precio unitario de venta C\$	196.22

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa:	030 - 5-	Explotación de banco
Actividad:	Conformación y compactación de capa base	

Para la conformación y compactación de la capa base se obtuvo el volumen mediante el programa AutoCAD Civil 3D: 480.33 m³

Este volumen fue multiplicado por el factor abundamiento de 1.3: 624.43 m³

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales ya que ambos presentan suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 98 Costo unitario para la conformación y compactación de capa base

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Motoniveladora	1	18.41	2,808.00	51,695.28
Vibrocompactadora	1	12.01	2,457.00	29,508.57
Camión Cisterna 4,500 gls	1	12.28	658.13	8,081.78
Monto total costo directo equipo C\$				89,285.63
Costo directo unitario de equipo C\$				142.99

Fuente: Elaboración propia

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1.00	18.41	124.31	2,288.55
Ayudantes Motoniv	2.00	18.41	41.38	1,523.61
Ayudantes Cisterna	1.00	12.28	41.38	508.15
Monto total costo directo mano de obra C\$				4,320.31
Costo directo unitario de mano de obra C\$				6.92

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	93,605.94
Sumatoria costo directo unitario C\$	149.91
Indirectos de campo C\$	29.98
Utilidad C\$	17.99
Precio unitario de venta C\$	197.88

Fuente: Elaboración propia

Sub Etapa:	030-6-	Estabilización de base con suelo cemento
Actividad:		Estabilización con cemento pórtland al 8%

1. Volumen de capa base extraído del software de diseño Civil 3D: 480.33m³
2. El volumen dado será considera con un factor abundamiento 1.3: 624.43m³
3. Presentada la dosificación de laboratorio de 3.24 bolsas de cemento por metro cúbico de suelo se obtiene la cantidad de 2,029.00 Bolsas
bolsas de cemento incluyendo el factor desperdicio de 15% (ver tabla No. 77 de factores de desperdicio, página L, en anexos):

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales ya que ambos presentan suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 99 Costo unitario para estabilización de base con cemento portland

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Motoniveladora	1.00	18.41	2,808.00	51,695.28
Vibrocompactadora	1.00	12.01	2,457.00	29,508.57
Camión Cisterna	1.00	12.28	658.13	8,081.78
Cabezal con rastra	1.00	28.41	2,035.80	57,837.08
Monto total costo directo equipo C\$				147,122.71
Costo directo unitario de equipo C\$				235.61

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cantidad Personal	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1	18.41	124.31	2,288.55
Ayudantes Motoniv.	1	18.41	41.38	761.81
Ayudantes de Cisterna	1	12.28	41.38	508.15
Ayudantes descarga	6	28.41	41.38	7,053.63
Monto total costo directo mano de obra C\$				10,612.14
Costo directo unitario de mano de obra C\$				16.99

Fuente: Elaboración propia

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Cemento	2,029.00	Bolsas	330.00	669,570.00
Costo directo total de materiales C\$				669,570.00
Costo directo unitario de materiales C\$				1,072.29

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	827,304.85
Sumatoria costo directo unitario C\$	1,324.89
Indirectos de campo C\$	264.98
Utilidad C\$	158.99
Precio unitario de venta C\$	1,748.85

Fuente: Elaboración propia

Etapa	0-40	Drenaje menor
--------------	-------------	----------------------

Sub Etapa	040-1-	Trazo y nivelación de drenaje menor
Actividad	Excavación a mano para cunetas	

Volumen a excavar para cunetas: 22.90 m3

El volumen obtenido deberá ser multiplicado por el factor abundamiento de 1.30 29.77 m3

Nota: Se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales ya que ambos presentan suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No.100 Costo unitario de excavación a mano para cunetas

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Ayudantes	4	6.54	41.38	1,082.50
Monto total costo directo mano de obra C\$				1,082.50
Costo directo unitario de mano de obra C\$				47.27

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	1,082.50
Sumatoria costo directo unitario C\$	47.27
Indirectos de campo C\$	9.45
Utilidad C\$	5.67
Precio unitario de venta C\$	62.39

Fuente: Elaboración propia.

Sub Etapa	040-1-	Trazo y nivelación de drenaje menor
Actividad	Acarreo de material sobrante de excavación	

Volumen de material sobrante de excavación es de: 22.90 m³

El volumen deberá ser multiplicado por un factor abundamiento de 1.30 29.77 m³

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales ya que ambos presentan suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 101 Costo unitario para acarreo de material sobrante de excavación

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Volquete	2	1.44	1,288.50	3,543.87
Retroexcavadora	1	0.66	1,755.00	1,161.03
Monto total costo directo equipo C\$				4,704.90
Costo directo unitario de equipo C\$				205.45

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	4,704.90
Sumatoria costo directo unitario C\$	205.45
Indirectos de campo C\$	41.09
Utilidad C\$	24.65
Precio unitario de venta C\$	271.19

Fuente: Elaboración propia.

Subetapa	040-2	Formaletas
Actividad	Suministro y colocación de formaletas para cunetas	

1. Suministro y colocación de formaleta para cunetas:

Longitud total de cunetas: 1991.25 m

Nota: No se recomienda utilizar las formaletas más de 5 veces o cuando estas se encuentren en mal estado para reutilizar la madera.

Considerando en los cálculos 400 metros de formaletas

Factor desperdicio: 1.2 formaleta
1.3 clavos

(ver tabla No. 77 de factores de desperdicio, página L, en anexos)

1 lb de clavos de 2" tiene: 245 unidades

Se utilizarán 8 clavos a cada: 0.2 m

Total de clavos a utilizar: 423 lbs

Formaletas para espalda de cunetas:	115 tablas de pino 1"x14"x5 vrs
Formaletas para pecho de cunetas:	115 listones de pino 1"x6"x5 vrs
Formaletas para parte baja del pecho de cunetas:	115 listones de pino 1"x8"x5 vrs
Sujetador de formaleta para espalda de cunetas:	120 reglas de pino 1"x2"x6 vrs
Sujetador de formaletas del pecho y espalda de cunetas:	115 reglas de pino 1"x2"x6 vrs
Sujetador de formaleta para pecho de cunetas:	115 reglas de pino 1"x2"x6 vrs

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 102 Costo unitario para formaletas de cunetas

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Transporte de Madera	1.00	7.00	2,024.57	14,171.98
Monto total costo directo equipo C\$				14,171.98
Costo directo unitario de equipo C\$				7.12

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cantidad Personas	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras Armado	1	39.83	124.31	4,951.27
Ayudantes	6	39.83	41.38	9,888.99
Monto total costo directo mano de obra C\$				14,840.26
Costo directo unitario de mano de obra C\$				7.45

Fuente: Elaboración propia.

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Tablas de 1"x14"x5vrs	115.00	Unidad	365.04	41,979.60
Listones de 1"x6"x5vrs	115.00	Unidad	170.00	19,550.00
Listones de 1"x8"x6vrs	115.00	Unidad	220.00	25,300.00
Reglas de 1"x2"x6vrs	350.00	Unidad	68.45	23,955.75
Clavos	423.00	Lbs	35.10	14,847.30
Costo directo total de materiales C\$				125,632.65
Costo directo unitario de materiales C\$				63.09

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	154,644.89
Sumatoria costo directo unitario C\$	77.66
Indirectos de campo C\$,	15.53
Utilidad C\$	9.32
Precio unitario de venta C\$	102.51

Fuente: Elaboración propia.

Sub Etapa	040-3-	Trazo y nivelación de drenaje menor
Actividad	Cunetas de concreto	

El volumen de concreto fue calculado con el programa AutoCAD Civil 3D el cual dio 204.74 m³:

1. Factor de desperdicio:

- Factor desperdicio para cemento: **5**
- Factor desperdicio para arena: **30**
- Factor desperdicio para grava: **15**
- Factor desperdicio para agua: **30**

Nota: ver tabla No. 77 de factores de desperdicio, página L, en anexos.

2. Cantidad de material para 1 m³ de concreto:

- Cemento: 8 bolsas
- Arena: 0.5
- Grava: 0.88
- Agua: 29.311

3. Cantidad de material para 204.74 m³ de concreto:

- Cemento 1443 bolsas
- Arena 102 m³
- Grava 180 m³
- Agua 14527 m³

Tabla No. 103 Costo unitario para cunetas de concreto

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Mezcladora de concreto	1	157.49	87.75	13,819.95
Cabezal con rastra	1	20.2	2,035.80	41,127.23
Volquete para arena	1	71.4	1,228.50	87,714.90
Volquete para grava	1	126	1,228.50	154,791.00
Monto total costo directo equipo C\$				297,453.08
Costo directo unitario de equipo C\$				1,452.83

Fuente: Elaboración propia

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Hrs. laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Maestro de Obras	1	157.49	124.31	19,577.87
Operador de mezcladora	1	157.49	45.63	7,186.37
Albañiles	4	157.49	69.69	43,902.56
Ayudantes	6	157.49	41.38	39,102.19
Monto total costo directo mano de obra C\$				109,768.99
Costo directo unitario de mano de obra C\$				536.14

Fuente: Elaboración propia

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Cemento	1443	bolsa	330	476,190
Arena	102	m3	220	22,440
Grava	180	m3	500	90,000
Agua	14526.45	gln	14	203,370.30
Costo directo total de materiales C\$				792,000.30
Costo directo unitario de materiales C\$				3,868.32

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	1,199,22.37
Sumatoria costo directo unitario C\$	5,857.29
Indirectos de campo C\$	1,171.46
Utilidad C\$	702.88
Precio unitario de venta C\$	7,731.63

Fuente: Elaboración propia

Etapa	050	Carpeta de rodamiento
--------------	------------	------------------------------

Subetapa	050-1	Excavación a mano
Actividad		Excavación a mano de vigas transversal de 0.15x0.20 m

- **Excavación a mano para cunetas y vigas de remate**

1. Ancho de calzada por calle

Ancho calle de acceso: 5.4024 m

Ancho resto de calles: 5.0022 m

El ancho de calzada utilizado considerando la pendiente de bombeo del 3%

Factor abundamiento: 1.30

2. Numero vigas por calle:

Vigas de remate calle de acceso: 2

Vigas de remate resto de calles: 16

Total de vigas: 18

3. Volumen de excavación de vigas sin abundamiento:

Vol. exc. Calle de acceso: 0.3241 m³

Vol. exc. Resto de calles: 2.4 m³

Vol. total de exc. Vigas: 2.73 m³

Ubicación de vigas remate a cada 20 metros en pendientes mayores a 8% y al inicio y/o final de cada calle.

Las dimensiones de las vigas transversales son de 0.15x0.35m, considerando el espesor de la cama de arena y el adoquín la excavación será de 0.15x0.20m

4. Volumen de excavación de vigas con abundamiento:

Vol. exc. Calle de acceso:	0.42	m ³
Vol. exc. Resto de calles:	3.12	m ³
Vol. total excavación con abundamiento:	3.54	m ³

Nota: se utilizó el factor de abundamiento brindado por el laboratorio para el banco de materiales ya que ambos presentan suelos A-2-6 y A-2-7.

Tabla No. 104 Costo unitario para excavación a mano de vigas transversal

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Personas	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Ayudantes	4.00	0.78	41.38	129.11
Monto total costo directo mano de obra C\$				129.11
Costo directo unitario de mano de obra C\$				47.29

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	129.11
Sumatoria costo directo unitario C\$	47.29
Indirectos de campo C\$	9.46
Utilidad C\$	5.68
Precio unitario de venta C\$	62.43

Fuente: Elaboración propia

Subetapa	050-1	Excavación a mano
Actividad	Acarreo de material sobrante de excavación	

Tabla No. 105 Costo unitario para acarreo de material sobrante

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Volquete	2.00	0.17	1,228.50	421.41
Retroexcavadora	1.00	0.08	1,755.00	138.06
Monto total costo directo equipo C\$				559.47
Costo directo unitario de equipo C\$				204.93

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	559.47
Sumatoria costo directo unitario C\$	204.93
Indirectos de campo C\$	40.99
Utilidad C\$	24.59
Precio unitario de venta C\$	270.51

Fuente: Elaboración propia

Subetapa	050-2	Viga transversal de remate
Actividad	Concreto para viga de remate transversal de 0.15x0.35m	

• **Cálculo de concreto para viga de remate transversal:**

1. Dimensiones de vigas de remate:

Alto: 0.35 m
ancho: 0.15 m

Numero de vigas:

2 unidades calle acceso
16 unidades resto de calles

2. Volumen de concreto:

- Volumen de concreto para calle de acceso: 0.6 m³
- Volumen de concreto para resto de calles: 4.21 m³
- Volumen total de concreto sin desperdicio: 4.81 m³

3. Características del concreto a utilizar:

- Resistencia del concreto: 2500 PSI
- Dosificación: 1:2:4
- Rendimiento del concreto (%): 75

4. Factores de desperdicio:

- Factor desperdicio para cemento: 5
- Factor desperdicio para arena: 30
- Factor desperdicio para grava: 15
- Factor desperdicio para agua: 30

5. Cantidad de material para dosificación 1:2:4 incluyendo factor desperdicio:

- Cemento: 7.047 bolsas
- Arena: 0.49 m³
- Grava: 0.88 m³

6. Cantidad de material 4.81 para m3 con dosificación 1:2:4:

- Cemento: 34 bolsas
- Arena: 3 m³
- Grava: 5 m³

7. Proporción de agua para resistencia de concreto de 2,500 Psi:

- Resistencia de concreto: 175.767 kg/cm²
- Agua: 29.311 Lts/bolsas cemento

- Cantidad agua para 58 bolsas: 996.574 Lts
- Cantidad Agua para 58 bolsas con desperdicio: 342 Galones

Tabla No. 106 Costo unitario para concreto para viga transversal de remate

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Mezcladora de concreto	1.00	3.70	87.75	324.68
Volquete para arena	1.00	2.10	1,228.50	2,579.85
Volquete para grava	1.00	3.50	1,228.50	4,299.75
Monto total costo directo equipo C\$				7,204.28
Costo directo unitario de equipo C\$				1,497.77

Fuente: Elaboración propia

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Hrs laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Operador de mezcladora	1.00	3.70	45.63	168.83
Albañil	1.00	3.70	69.69	257.85
Ayudantes	3.00	3.70	41.38	459.32
Monto total costo directo mano de obra C\$				886.00
Costo directo unitario de mano de obra C\$				184.20

Fuente: Elaboración propia

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Cemento	34	Bolsas	350	11,900.00
Arena	3	M3	220	660
Grava	5	M3	500	2,500.00
agua	342	gls	14	4,788.00
Costo directo total de materiales C\$				19,848.00
Costo directo unitario de materiales C\$				4,126.40

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	27,938.28
Sumatoria costo directo unitario C\$	5,808.37
Indirectos de campo C\$	1,161.67
Utilidad C\$	697
Precio unitario de venta C\$	7,667.05

Fuente: Elaboración propia

Subetapa	050-3	Cama de arena
Actividad	Colchón de arena de 5 cm	

1. Cama de arena 5 cm de espesor

Según los datos de materiales para carpeta de rodamiento obtenido mediante el Software AutoCAD Civil 3D el volumen para cama de arena es de 240.16 m³

- Factor desperdicio para arena (%): 1.3
- Volumen para cama de arena incluyendo factor desperdicio: 312.21

Nota: ver tabla No. 77 de factores de desperdicio, página L en anexos.

Tabla No. 107 Costo unitario para cama de arena

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cant. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Retroexcavador	1.00	6.94	1,755.00	12,176.11
Camión transportador de arena	3.00	72.85	1,228.50	268,483.27
Monto total costo directo equipo C\$				280,659.38
Costo directo unitario de equipo C\$				898.95

Fuente: Elaboración propia

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Horas laborales	C.H (C\$)	Total C\$
Ayudantes	5.00	10.41	41.38	2,153.19
Monto total costo directo mano de obra C\$				2,153.19
Costo directo unitario de mano de obra C\$				6.90

Fuente: Elaboración propia

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Arena de Motastepe	312.21	M3	220	68,685.76
Costo directo total de materiales C\$				68,685.76
Costo directo unitario de materiales C\$				220

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	351,498.33
Sumatoria costo directo unitario C\$	1,125.85
Indirectos de campo C\$	225.17
Utilidad C\$	135.10
Precio unitario de venta C\$	1,486.12

Fuente: Elaboración propia

Subetapa	050-4	Adoquinado
Actividad	Adoquinado tipo tráfico liviano de 34.3 Mpa	

1. Pavimento con adoquín de 10 cm de espesor

- | | | |
|--|---------|--------------------|
| | 34.3 | MPa |
| • Resistencia a la compresión del adoquín: | 4,974.8 | Psi |
| | 350 | Kg/cm ² |

- | | | |
|-------------------------|------------------|--|
| • Adoquín tipo tráfico: | liviano (tipo 2) | |
|-------------------------|------------------|--|
- | | | |
|--------------------------|-------|---|
| • Junta de adoquín máx.: | 0.015 | m |
|--------------------------|-------|---|
- | | | |
|--------------------------------|-------|---|
| • Junta de adoquín a utilizar: | 0.005 | m |
|--------------------------------|-------|---|
- | | | |
|-----------------------------|---------|----------------|
| • Área total de adoquinado: | 4,803.3 | m ² |
|-----------------------------|---------|----------------|

- | | | |
|---|----|------------------------|
| • Cantidad Adoquines por m ² : | 20 | adoquín/m ² |
|---|----|------------------------|
- | | | |
|----------------------------------|---------|----------|
| • Cantidad Adoquines a utilizar: | 100,870 | unidades |
|----------------------------------|---------|----------|

Tabla No. 108 Costo unitario para adoquines

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad equipos	Horas	C.H (C\$)	Total C\$
Tráiler transporte adoquines	1.00	448.31	2,035.80	912,671.76
Monto total costo directo equipo C\$				912,671.76
Costo directo unitario de equipo C\$				190.01

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cantidad Personas	Horas laborales	C.H (C\$)	Total C\$
Maestro de obra	1.00	44.48	124.31	5,528.69
Pegadores de adoquines	12.00	44.48	416.99	222,546.50
Ayudantes	15.00	44.48	41.38	27,605.63
Monto total costo directo mano de obra C\$				255,680.82
Costo directo unitario de mano de obra C\$				53.23

Fuente: Elaboración propia

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Señales prevención durante construcción	4,803.30	Global	5.27	25,289.37
Adoquines de 10 cm	100,870.00	Unidades	14.50	1,462,615.00
Costo directo total de materiales C\$				1,487,904.37
Costo directo unitario de materiales C\$				309.37

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	2,656,256.95
Sumatoria costo directo unitario C\$	553.01
Indirectos de campo C\$	110.60
Utilidad C\$	66.36
Precio unitario de venta C\$	729.97

Fuente: Elaboración propia

Subetapa	050-4	Adoquinado
Actividad	Colocación de sello de arena	

1. Cálculo del sello de arena:

- Factor para sello en m³ arena/m²: 0.035

Factor para sello de arena recomendado NIC-2019 en la sección 504.2.5
pág. 397

- Factor desperdicio arena (%): 30
- Sellado de arena para adoquines: 168.1 m³
- Sellado de arena para adoquines con desperdicio: 219 m³

Nota: ver tabla No. 77 de factores de desperdicio, página L, en anexos.

Tabla No. 109 Costo unitario para adoquines

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad equipos	Horas	C.H (C\$)	Total C\$
Retro excavadora	1	4.87	1,755.00	8,541.00
Volquetes transportando arena	3	51.1	1,228.50	188,329.05
Monto total costo directo equipo C\$				196,870.05
Costo directo unitario de equipo C\$				40.99

Fuente: Elaboración propia.

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Arena para sello	219.00	M³	220.00	48,180.00
Costo directo total de materiales C\$				48,180.00
Costo directo unitario de materiales C\$				10.03

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	245,050.05
Sumatoria costo directo unitario C\$	51.02
Indirectos de campo C\$	10.20
Utilidad C\$	6.12
Precio unitario de venta C\$	67.34

Fuente: Elaboración propia

Subetapa	050-4	Adoquinado
Actividad	Compactación de carpeta de rodamiento	

Tabla No. 110 Costo unitario para adoquines

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad equipos	Horas	C.H (C\$)	Total C\$
Vibrocompactadora	1.00	32.02	2,457.00	78,678.05
Monto total costo directo equipo C\$				78,678.05
Costo directo unitario de equipo C\$				16.38

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	78,678.05
Sumatoria costo directo unitario C\$	16.38
Indirectos de campo C\$	3.28
Utilidad C\$	1.97
Precio unitario de venta C\$	21.62

Fuente: Elaboración propia

Nota: El cemento para esta actividad se comprará en el departamento de Jinotega, cabe mencionar que el costo del cemento incluye transporte de este material.

Tabla No. 111 Costo unitario para mortero entre cuneta y adoquín

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad. equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Mezcladora de concreto	1	2.3	87.75	201.83
Volquete para arena	1	3.5	1,228.50	4,299.75
Monto total costo directo equipo C\$				4,501.58
Costo directo unitario de equipo C\$				1,505.54

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cant. Pers.	Hrs laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Operador de mezcladora	1	2.3	45.63	104.95
Albañil	1	2.3	69.69	160.29
Ayudantes	3	2.3	41.38	285.52
Monto total costo directo mano de obra C\$				550.76
Costo directo unitario de mano de obra C\$				184.2

Fuente: Elaboración propia.

Materiales				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario C\$	Total C\$
Cemento	27	Bolsas	350	9,450.00
Arena	5	M3	220	1,100.00
agua	243	gls	14	3,402.00
Costo directo total de materiales C\$				13,952.00
Costo directo unitario de materiales C\$				4,666.22

Fuente: Elaboración propia.

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	19,004.33
Sumatoria costo directo unitario C\$	6,355.96
Indirectos de campo C\$	1,271.19
Utilidad C\$	762.72
Precio unitario de venta C\$	8,389.87

Fuente: Elaboración propia.

Etapa:	060-	Limpieza y entrega
Subetapa:	060-1-	Limpieza final

Esta etapa se consideró de manera global para todo el proyecto.

Tabla No. 112 Costo unitario para limpieza

Maquinaria de construcción:				
Descripción	Cantidad equipos	Horas	Costo C\$	Total C\$
Camión volquete	1	5.00	1,228.50	6,142.50
Retroexcavadora	1	6.00	1,755.00	10,530.00
Monto total costo directo mano de obra C\$				16,672.50
Costo directo unitario de mano de obra C\$				16,672.50

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra de operación:				
Descripción	Cantidad Personal	Horas laboradas	Costo horario C\$	Total C\$
Ayudantes	2	8.00	41.38	662.08
Monto total costo directo mano de obra C\$				662.08
Costo directo unitario de mano de obra C\$				662.08

Fuente: Elaboración propia

Resumen	
Sumatoria costo directo total C\$	17,334.58
Sumatoria costo directo unitario C\$	17,334.58
Indirectos de campo C\$	3,466.92
Utilidad C\$	2,080.15
Precio unitario de venta C\$	22,881.65

Fuente: Elaboración propia