UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción.

Monografía.

"DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 569 METROS LINEALES DEL BARRIO PAULA ÚBEDA UBICADO EN EL CASCO URBANO DE ESTELÍ, POR MEDIO DEL MÉTODO DE LA AASHTO 93."

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Carlos Ariel Gámez González.

Br. Royman José Rugama Rayo.

Tutor

MSc.Ing. Jimmy Sierra Mercado

Managua, octubre de 2019.

CARTA DE APROBACION DEL TUTOR

CARTA DE APROBACION DE MONOGRAFIA

DEDICATORIA.

A Dios todo poderoso por darme la vida, darme sabiduría y entendimiento para culminar mis estudios universitarios.

A mis padres, Miriam González y Marvin Antonio Gámez Lumbi por darme todo su amor, todo su apoyo incondicional, porque sin ellos este sueño de ser un profesional no se hubiera hecho realidad.

A todas aquellas personas que se vieron involucradas de una u otra manera en la elaboración de este trabajo.

Carlos Ariel Gámez González.

AGRADECIMIENTO.

Agradecemos a Dios por sobre todas las cosas por brindarnos la oportunidad de concluir nuestros estudios universitarios al llenarnos de fortaleza para permitirnos luchar y superar los obstáculos que se presentaron día a día.

Expresamos sincero agradecimiento a nuestro tutor MSc. Ing. Jimmy Sierra Mercado por su eficacia orientación y continuos aportes que contribuyeron a la calidad de este documento.

A mis padres madres y familiares por habernos brindado apoyo espiritual y económico durante este transcurso de nuestras vidas. Por su amor, esfuerzo y confianza, que nos ha permitido abrir nuestro propio camino, porque siempre dieron de todo aun no teniendo nada.

A nuestros amigos, por habernos dado animo en los momentos de tristeza y apoyo en momentos de necesidad.

A cada uno de los docentes que han contribuido en mi educación desde mis primeros pasos, les doy las gracias porque sin ellos no hubiese logrado solidificar y expandir mis conocimientos para convertirme en un profesional.

Carlos Ariel Gámez González.

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes e logrado llegar hasta aquí .Ha sido un orgullo y un privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mi hermana por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindo a lo largo de esta etapa de vida.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Royman José Rugama Rayo

Agradecimiento

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: José Pablo Rugama Blandón y Yamileth del Rosario Rayo Acuña, por ser los principales promotores de mi sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al MSc.Ing. Jimmy Sierra Mercado tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Royman José Rugama Rayo

RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo de Este tema monográfico se tomaron todas las referencias o estudios técnicos necesarios para la realización, titulado: **“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 569 METROS LINEALES DEL BARRIO PAULA ÚBEDA UBICADO EN EL CASCO URBANO DE ESTELÍ, POR MEDIO DEL MÉTODO DE LA AASHTO 93.”**

I: CAPÍTULO GENERALIDADES.

En este capítulo se trata de las generalidades del proyecto como donde estará ubicado, una breve introducción, antecedentes, justificación del tema del diseño de 569 mts de pavimento articulado y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁFICO.

En este estudio de tránsito lo primero que se hará es establecer la estación de conteo para la recopilación de información, según datos obtenidos se realizará la clasificación y tabulación del mismo, donde se adjuntarán cuadros indicando los volúmenes y los tipos de vehículos, se obtendrá de este análisis el TPDA se determinarán los factores día y semana basado en los anuarios estadísticos del MTI del 2017.

El aforo vehicular se realizó durante 7 días sobre la vía durante 12 horas diurnas, con la finalidad de obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Además, se estimó una tasa de crecimiento tomando en cuenta los datos históricos del TPDA de la estación de conteo vehicular más cercana a la vía (Estación 107), se realizaron las correlaciones del TPDA-PIB y del TPDA- Población.

Se proyectó el tráfico actual, considerando un periodo de diseño de 20 años en dependencia de la clasificación funcional de la vía, y por último se obtuvo el ESAL's o número equivalente de repeticiones

CAPÍTULO III: ESTUDIO SUELO.

Análisis y comprobación de los estudios de suelo realizados y proporcionados por la alcaldía para determinar los diferentes tipos de suelo predominantes en el terreno en estudio, para obtener las características físico mecánicas del suelo de forma que los resultados obtenidos nos brinden los criterios necesarios a la hora de diseñar las diferentes capas de la estructura del pavimento articulado.

Se escogió el banco de materiales **Nº2 (las Pintadas),** los datos de laboratorio de los bancos de materiales fueron facilitados por la Alcaldía de Estelí y realizados por la empresa Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE ESPESORES.

Teniendo en cuenta los datos necesarios para realizar el diseño de la estructura de pavimento, tales como: ESALS, periodo de diseño y características de los suelos se determinarán los espesores de la estructura de pavimento con el método AASHTO 93. Acorde a los parámetros de referencia del método y el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA) donde se determinarán los valores de índice de serviciabilidad, confiabilidad, desviación estándar y valores de los coeficientes estructurales se determinarán los espesores de la estructura de pavimento articulado propuesta para el tramo de diseño de la construcción de pavimento de adoquinado del Barrio Paula Úbeda, ubicados en el casco urbano del municipio de Estelí.

Contenido

Indice de tablas

Índice de Gráficos

Capítulo I Generalidades

1.1 Introducción

El municipio de Estelí está ubicado en la región central-norte de Nicaragua y es uno de los seis municipios del departamento del mismo nombre, a la vez que es su cabecera departamental. Es el principal centro de comercio y servicios de la región segoviana, su posición, la potencializa como principal centro de prestaciones de servicios y de desarrollo de actividades comerciales del norte del país.

El proyecto se encuentra ubicado en el Barrio Paula Úbeda, el cual localiza en la parte oeste del casco urbano del municipio de Estelí, entre la zona del estadio Independencia y el estadio Noel Gámez (ver anexo pág. I) por lo que es necesario una vía en buen estado en todo tiempo.

El proyecto que a continuación se presenta tiene como objetivo el diseño de 569 mts de adoquinado, Este proyecto es de mucha importancia para el desarrollo social y económico, ya que mejorará la accesibilidad, incrementará la calidad de dicho barrio y servirá como vía alterna para descongestionamiento vehicular y población en general.

En el desarrollo de nuestra tesis se pretende identificar las características principales del subsuelo, así como el criterio de ESAL´S en base al TPDA por tipo de vehículo, finalmente se realizará el diseño de los espesores de cada una de las capas del pavimento a través del método AASHTO 93.

Todo esto incluye estudios básicos de ingeniería (estudio de tránsito, estudio de suelos) y criterios de diseño para determinar la capacidad portante del suelo, según su naturaleza geotécnica sobre el cual se va a construir, hasta determinar el correcto diseño de espesores garantizando que la vía ofrezca una mayor funcionalidad y nivel de servicio adecuado.

1.2 Antecedentes

El municipio de Estelí fue fundado en el año 1891, conocido como la “Vía de San Antonio de Padua de Estelí” o simplemente Estelí, con una extensión territorial de 795.7 km2 (protocolos, 2017, Anexo, pág. 1).

Conforme han pasado los años, el municipio ha ido creciendo en las zonas aledañas de una manera geométrica, abriendo la necesidad de mayor infraestructura vial, como; (puentes y caminos), que permita el paso de un sector a otro, ya que la inversión en este ámbito hace posible la comunicación vía terrestre tanto nacional como internacional, obteniendo mayor beneficio para la población, permitiendo un mejor acceso a los lugares en que habitan.

El proyecto en estudio describe el diseño de la construcción de pavimento de adoquinado 569 metros lineales del Barrio Paula Úbeda, ubicado en el casco urbano del municipio de Estelí, departamento de Estelí. Este tramo se encuentra en mal estado por lo que los pobladores han demandado desde hace 20 años la mejora del mismo, debido a que en el pasado solamente se ha revestido la vía con macadán y se ve afectado en el invierno por las lluvias.

Cabe señalar que en la zona donde se propondrá el diseño de obra vial, se encuentra ubicada el Estadio Independencia y el Estadio Noel Gámez, los cuales en temporadas de juegos saturan las principales vías obligando a desviar el tráfico a las calles alternas como lo es la zona en estudio.

El Barrio Paula Úbeda, es una zona que está experimentando un gran avance económico debido al asentamiento de negocios que se dedican al comercio de artículos de carácter agrícolas como vehiculares, siendo esta la principal fuente de empleo para los habitantes del sector.

1.3 Justificación

El tramo en estudio es una de las calles donde une al Barrio Paula Úbeda con el Barrio Rene Barrantes, por lo que es indispensable el diseño de la construcción de pavimento de adoquinado de 569 metros lineales del barrio, para su municipio que está en crecimiento poblacional.

Debido a la sobrepoblación en la ciudad de Estelí es necesario la elaboración de un diseño vial, que sea funcionales y al mismo tiempo durabilidad, para proporcionarle a la población un mejor acceso a los puntos más concurridos de la ciudad, abriendo espacios precisos para vehículos y peatones entre un barrio y otro donde la geografía lo amerite.

Debido a que estas calles ejercen la función de conectarse con otros barrios de la parte central de la ciudad y por medio de ella circulan vehículos livianos donde estos sufren deterioro por el mal estado de las mismas.

Desde el punto de vista académico la formulación del proyecto, diseño de la construcción de pavimento de adoquinado de 569 metros lineales del Barrio Paula Úbeda, ubicados en el casco urbano del municipio de Estelí, departamento de Estelí nos permitirá aplicar conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera, y a su vez obtener nuevos conocimientos y destrezas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseño la estructura de pavimento articulado de 569 metros del Barrio Paula Úbeda ubicado en el casco urbano de Estelí, por medio del método de la AASHTO 93.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un conteo vehicular, para calcular el TPDA y determinar las cargas equivalentes sobre el tramo del proyecto.
- Analizar el estudio de suelo suministrado por la municipalidad en la zona de influencia del proyecto y de los posibles bancos de materiales para determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos.
- Determinar los espesores de cada una de las capas del pavimento a través del método AASHTO 93.

CAPITULO II Estudio Transito

2.1 Generalidades:

El estudio de tránsito constituye un insumo fundamental para el desarrollo general del proyecto, el cual comprende cuatro etapas principales: recolección y análisis de la información, modelación situación actual y con proyecto, pronósticos del tránsito y evaluación de alternativas.

2.2 Recopilación de Datos

Se realizó por medio de conteo vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un periodo de tiempo equivalente a 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó durante 7 días, desde el 15 hasta 21 de octubre del 2018, de 06:00 horas y las 18:00 horas, a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basándonos para esto en la tipología y descripción vehicular que brinda la revista anuario de tráfico ministerio de transporte 2017. Para realizar el aforo, se utilizó el formato mostrado en el anexo Tabla 42.pag VI.

Los datos de tráfico promedio diario anual, (TPDiA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, fueron obtenidos de los datos de campo y de los calculados de gabinete. La estación de conteo vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el cien por ciento de los vehículos en ambos sentidos de la vía. Los resultados del conteo y clasificación por día (12.0 horas) del tramo en estudio se muestran en la Tabla 1 pág. 10

2.2.1 Tipos de vehículos.

Para el levantamiento de la información de campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías**.**

2.2.1.1 Motocicletas.

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, en esta categoría incluyen scooter, motonetas, motonetas y otros triciclos a motor.

2.2.1.2 Vehículos Livianos.

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Jeep.

2.2.1.3 Vehículos Pesados de Pasajeros.

Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

2.2.1.4 Vehículos Pesados de Carga.

Son vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2), los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos especiales que presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

2.2.2 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño, trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. Ver anexo Tabla 50, Pág. XIV.

2.3 Procesamiento de Información.

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual procesamos toda la información obtenida de los conteos mediante el Software Microsoft Excel, esto con el fin de obtener los mejores resultados, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2017.

2.4 Análisis de la Información obtenida.

En este proceso se usaron los criterios para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

2.5 Ubicación de Conteo Vehicular.

Se escogió la ubicación de la estación de control, a fin de ejecutar los conteos de volumen de tráfico vehicular, con la finalidad de determinar el volumen vehicular en un punto específico de la vía La estación de Conteo se ubicó en un lugar estratégico, que permitieron captar el 100% del tráfico en el tramo en estudio.

Ilustración 1Ubicación de conteo vehicular en el Barrio Paula Ubeda

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un aforo de 7 días de duración, comenzando la actividad a partir del día Lunes 15 de octubre, y concluyendo esta actividad el día Domingo 21 de octubre año 2018, realizando un conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas diurnas.

2.6 Procesamiento de datos.

La tabulación de la información corresponde directamente al trabajo de gabinete, luego de haberse realizado el trabajo de campo, siendo esta procesada en el Software Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo. De la información recogida de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico en el tramo de la Calle del Barrio Paula Úbeda, por día y tipo de vehículo.

En la Tabla 1, se muestran los Conteos de Tráfico Diarios, Composición Vehicular; así como el promedio del período de evaluación en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio. Los datos levantados de campo se encuentran en el anexo de la Tabla 43 a la Tabla 49 Pag VI a la VIII.

Tabla 1 Tráfico promedio diurno semanal (TPDiS)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 **FECHA:** Del Lunes 15/06/2017 al Domingo 21/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos **CONTADOR:** Royman-Carlos

Hora	Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros													Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Diurno (12 horas)
		Autos	Jeep	Camioneta PicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S 2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
LUNES	432	127	25	174	7	16	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	793
MARTES	573	336	51	306	27	6	0	39	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1349
MIÉRCOLES	575	529	56	605	29	22	3	42	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1876
JUEVES	448	165	5	184	9	3	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	824
VIERNES	369	140	22	172	7	4	0	12	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	739
SABADO	432	127	25	174	7	16	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	793
DOMINGO	195	15	34	144	0	1	8	22	19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	442
Volumen (12 horas diurnas)	3024	1439	218	1759	86	68	11	143	64	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6820
Trafico Promedio diurno Semanal (TPDS)	432	206	31	251	12	10	2	20	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	974

Fuente: Elaboración por sustentantes

2.6.1 Resumen del aforo vehicular.

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circula en ambas direcciones de la estación de conteo.

Para obtener el Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDiS) fue necesario aplicar la **ecuación 1**:

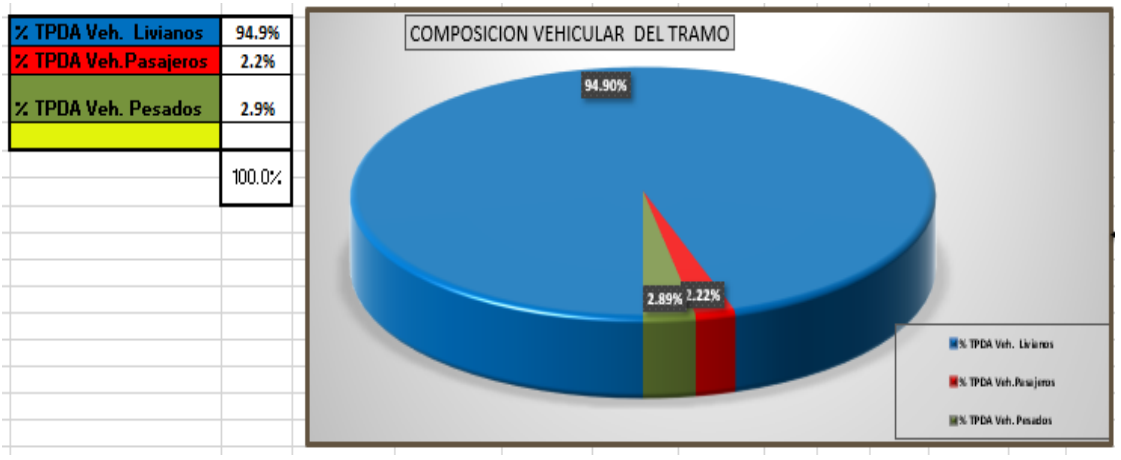
$$TPDiS = \frac{Total\ \text{Diurno Semanal}}{7dias}$$

$$TPDiS = \frac{3024}{7} = 432$$

Como se apreció en la **Tabla-1,** una vez que se obtuvo el consolidado del conteo vehicular, se procedió a determinar el Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS) correspondiente al tramo en estudio, que resulto de **974** vehículos y un total Diurno Semanal de **6820** vehículos.

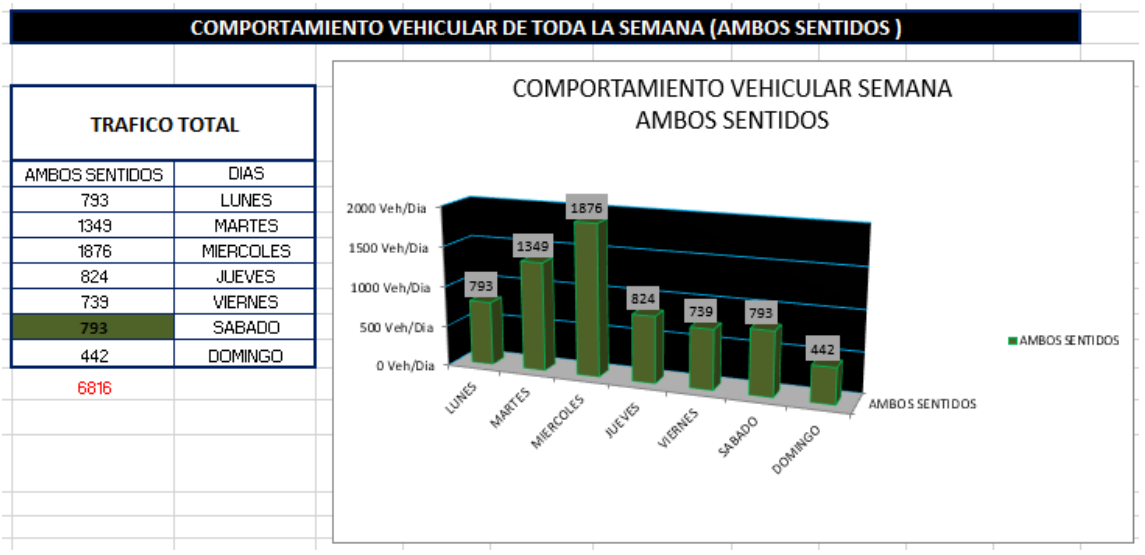
Posteriormente se realizaron dos gráficos para ver el comportamiento del tránsito diurno semanal, así como su composición vehicular. **(Ver a continuación)**

Gráficos 1 Composición Vehicular del tramo



Fuente: elaboración propia

Gráfico 2: Comportamiento de Tránsito Diurno Semanal



Fuente: elaboración propia

En el **Gráfico-2** se muestra el comportamiento del tránsito vehicular donde se aprecia que los días de mayor demanda son los martes y miércoles, manteniendo un flujo vehicular similar, luego tenemos días de menor demanda, son los Domingos. El resto de días mantienen un tránsito bastante estable de vehículos.

Para obtener el TPDiA fue necesario usar factores de ajustes diarios, obtenidos del anuario estadístico del MTI del año 2017, publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura –DAV, Para expandir (TPDS a TPDA), se identificó que la estación más cercana es la Estación de Corta Duración N°142 (empalme San Nicolas Esteli) la cual no posee registros continuos, por lo cual se utilizó la estación 107(Sébaco – Empalme San Isidro), que es la Estación de Mayor Cobertura, permanente más cercana al tramo de estudio.

La expansión de Tránsito Promedio Diurno de 12.0 horas (TPDiS), se realizó multiplicando el factor día de las Estación Nº 107 (Sébaco – Empalme San Isidro), luego se multiplicó por el factor expansión, para pasar de un tránsito promedio diario, a Tránsito promedio diario anual (TPDA).

Tabla 2 Factores de Ajuste Utilizados (Estacion N°107)

Los Factores de Tránsito Promedio Diurno Semanal calculados en la Tabla anterior se afectaron con los siguientes factores de ajustes.

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

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	1.19	1.25	1.25	1.25	1.27	1.22	1.19	1.31	1.43	1.38	1.00	1.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.23
Factor Semana	1.02	1.02	1.02	0.95	0.98	1.14	0.97	0.88	0.88	0.89	0.86	0.95	1.00	1.00	0.78	1.00	0.90
Factor Fin de Semana	0.96	0.96	0.96	1.17	1.05	0.76	1.09	1.50	1.51	1.43	1.71	1.17	1.00	1.00	3.38	1.00	1.36
Factor Expansión a TPDA	1.47	1.08	1.06	1.07	1.05	1.05	1.07	1.02	1.08	1.11	0.86	1.08	1.00	1.00	0.98	2.27	1.27

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2017).

Cabe mencionar que para la proyección del TPDiS a TPDA los factores de ajustes utilizados son factor día (Fd) y factor expansión (Ft), encontrado en el (anuario de tráfico 2017) existen otros factores como factor semana (Fs) y factor fin de semana, sin embargo, estos no se utilizan ya que el conteo vehicular es de 7 días, 12 horas. Para.22 calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación 2**:

$$\mathbf{TPDA = TPDi_{12H} * Fd * Ft}$$

Ec.2.

$$TPDA = 432 * 1.19 * 1.47 = 756$$

Donde

TPDAi=Transito Promedio Diario Anual Invierno

Fd=Factor Dia

Ft=Factor Expansion

Tabla 3 Transito Promedio Diario Anual 2018 Barrio paula Úbeda, Aplicando Factores de Ajuste

Estación: B° PAULA UBEDA (0+000)												
Factor / Tipo de Vehículo	***Moto***	***Veh. Livianos***			***Veh. de Pasajeros***			***Veh. Pesados de Carga***				
		Autos	***Jeep***	***CamionetaPick UPs***	***Mbus***	***MB >15 P***	***Bus***	***C2 Liv***	***C2 > 5 ton***	***C3***	***C2R2***	
TPDS	432	206	31	251	12	10	2	20	9	1	0	**974**
FACTOR DIA	**1.19**	**1.25**	**1.25**	**1.25**	**1.27**	**1.22**	**1.19**	**1.31**	**1.43**	**1.38**	**1.00**	
FACTOR EXPANSION	**1.47**	**1.08**	**1.06**	**1.07**	**1.05**	**1.05**	**1.07**	**1.02**	**1.08**	**1.11**	**0.86**	
TPDA INVIERNO	756	279	42	336	17	13	3	27	14	2	0	
% TPDA	**50.8 %**	**18.7 %**	**2.8 %**	**22.6%**	**1.1%**	**0.9%**	**0.2 %**	**1.8%**	**0.9%**	**0.1%**	**0.0%**	**100.0 %**
TPDA TOTAL	**1489**											
	% TPDA Veh. Livianos				% TPDA Veh.Pasajeros			% TPDA Veh. Pesados de Carga				
100.0%	**94.9%**				**2.2%**			**2.9%**				

Fuente: *Elaboración Propio*

El cálculo para el Tránsito promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo de estudio resulta de **1489** vehículos por día.

Los valores que están en la tabla anterior fueron obtenidos de la tabla resumen que está en la página 10 tabla 1

2.7 Composición Vehicular.

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra la cual está conformada de la siguiente manera: vehículos livianos 94.9%, vehículos pesados 2.9%, de vehículos de pasajeros 2.2%.

2.7.1 Tasas de crecimiento.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio. Para el Barrio Paula Úbeda se ha comparado los datos históricos del tránsito promedio diario anual "TPDA" de la Estación 142 (Empalme San Nicolás – Estelí), por ser la más cercana al tramo y la Estación 107 Sébaco empalme San Isidro, por ser la de mayor cobertura.

Considerando los registros históricos del tráfico vehicular de ambas estaciones, se puede apreciar que los mismos han experimentado crecimientos importantes durante los últimos años. Al inicio de período se cuentan con crecimientos moderados, hasta llegar al año 2017 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, elevando su tasa de crecimiento promedio en un 6.9 % para la Estación 142 y una tasa de crecimiento promedio para la Estación 107 de 8.2 %. ***(Ver Tabla 4 y Tabla 5 en la pág. 60 y 61).***

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro para el Barrio Paula Úbeda se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual "TPDA" y el producto interno bruto "PIB", así como con la población, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos.

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del Producto interno Bruto (PIB) de los últimos 11 años, donde se aprecia el comportamiento histórico del PIB, desde el año 2007 al año 2017.

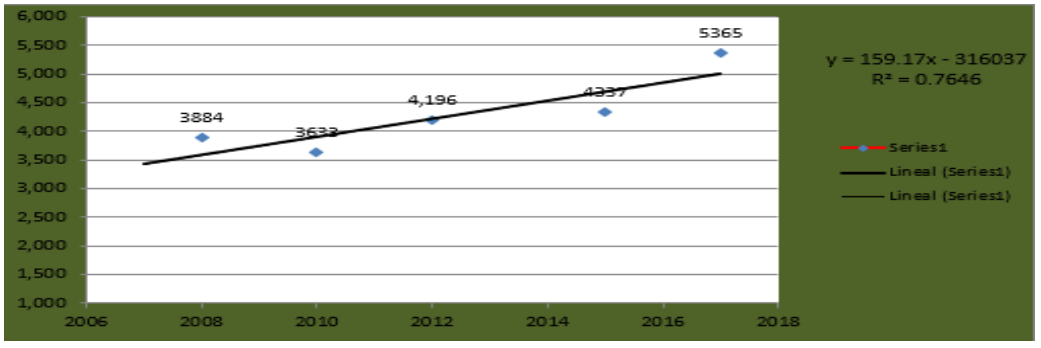
Tabla 4 Evolución TPDA de la Estación 142 Estelí San Nicolas

DATOS ESTACION /MAS CERCANA.		
AÑO	TPDA	TCA
2007		
2008	3884	
2009		-6.46
2010	3633	
2011		
2012	4,196	
2013		3.36
2014		
2015	4337	
2016		23.70
2017	5365	
Promedio	4,283	6.9
Revista Anuario 2017		

Fuente: *Revista Anuario de Aforo 2017, MTI– DAV).*

La Estación 142 (**Estelí–San Nicolás**), no existen registros suficientes y continuos, lo cual indica que no existe una buena correlación de las variables, el valor R^2 en este caso resulta de **0.7646** si bien el valor es mayor a 0.75, se considera como una estación poco confiable. A continuación, ver gráfico:

Gráficos 3 Comportamiento del TPDA en la Estación 142 desde el año (2007 AL 2017) 10 AÑOS



Fuente: *Elaboración Propia.*

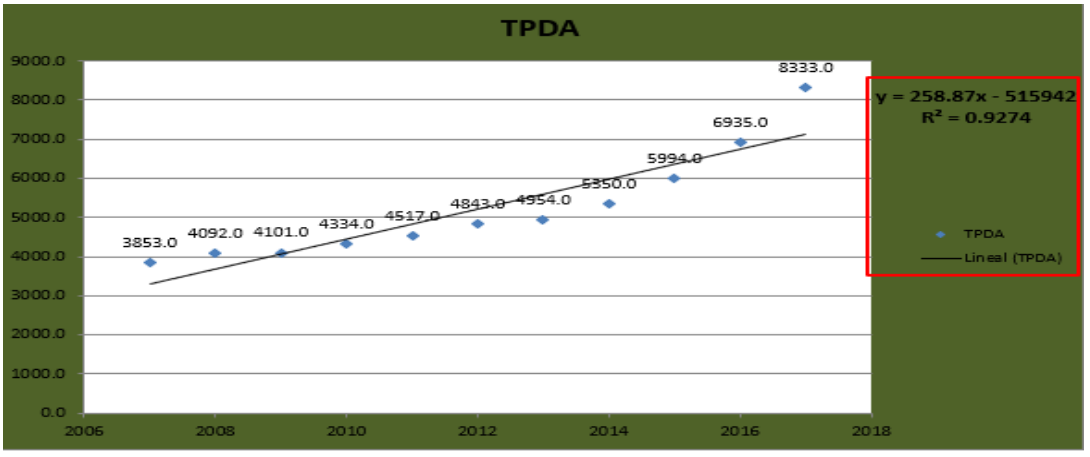
Tabla 5 Evolución TPDA de la Estación 107 Sébaco –Empalme san Isidro.

AÑO	TPDA	T.C
2007	3853.0	
2008	4092.0	6.20
2009	4101.0	0.22
2010	4334.0	5.68
2011	4517.0	4.22
2012	4843.0	7.22
2013	4954.0	2.29
2014	5350.0	7.99
2015	5994.0	12.04
2016	6935.0	15.70
2017	8333.0	20.16
Promedio	5209.6	8.2
Revista Anuario 2017		

Fuente: *Revista Anuario de Aforo 2017, MTI– DAV)*

La Estación **107(Sébaco-San Isidro),** al inicio de período se cuentan con crecimientos moderados, hasta llegar al año 2017 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, lo cual indica que existe una buena correlación de las variables, el valor R^2 en este caso es de **0.9274** mayor a 0.75, lo que se considera como una estación confiable ya que hay continuidad de datos. A continuación, ver gráfico:

Gráficos 4 Comportamiento del TPDA en la Estación 107(Sébaco- San Isidro) desde el año (2007 al 2017) 10 años.



Fuente: *Elaboración Propia.*

2.7.2 Análisis del Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB (Producto Interno Bruto) de los últimos 10 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2007 al año 2017. El PIB promedio es de 10,530.2 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 6.7%. **Ver siguiente tabla (6):**

Tabla 6 Datos Históricos del PIB.

DATOS REALES PRODUCTO INTERNO BRUTO (2017)		
Datos Históricos PIB		
Año	PIB(miles Us$)	Crecimiento (%)
2007	7458.1	9.90%
2008	8491.4	13.85%
2009	8380.7	-1.30%
2010	8741.3	4.30%
2011	9755.6	11.60%
2012	10532.5	7.96%
2013	10983.0	4.28%
2014	11880.4	8.17%
2015	12611.1	6.15%
2016	13184.3	4.55%
2017	13814.2	4.78%
PIB Promedio (2007-2017)		10530.2
Tasa Crecimiento Promedio		6.7%

Fuente: *Banco Central –Indicadores Económicos 2017*

2.7.3 Análisis de Población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del POB (Población) de los últimos 10 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2007 al año 2017. El POB promedio es de 6,058.6 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.2%. A continuación, se muestra en la **Tabla 7.**

Tabla 7 Datos Históricos del POB

DATOS REALES DE POBLACION (2017)		
Datos Históricos POB		
Año	POB(miles)	Crecimiento (%)
2007	5707.9	1.2398%
2008	5778.8	1.24%
2009	5850.5	1.24%
2010	5923.1	1.24%
2011	5996.6	1.24%
2012	6071.0	1.24%
2013	6134.3	1.04%
2014	6198.2	1.04%
2015	6262.7	1.04%
2016	6327.9	1.04%
2017	6393.8	1.04%
POB Promedio (2007-2017)		6058.6
Promedio		1.2%

Fuente: *Banco Central –Indicadores Económicos 2017.*

2.7.4 Proyección de tráfico.

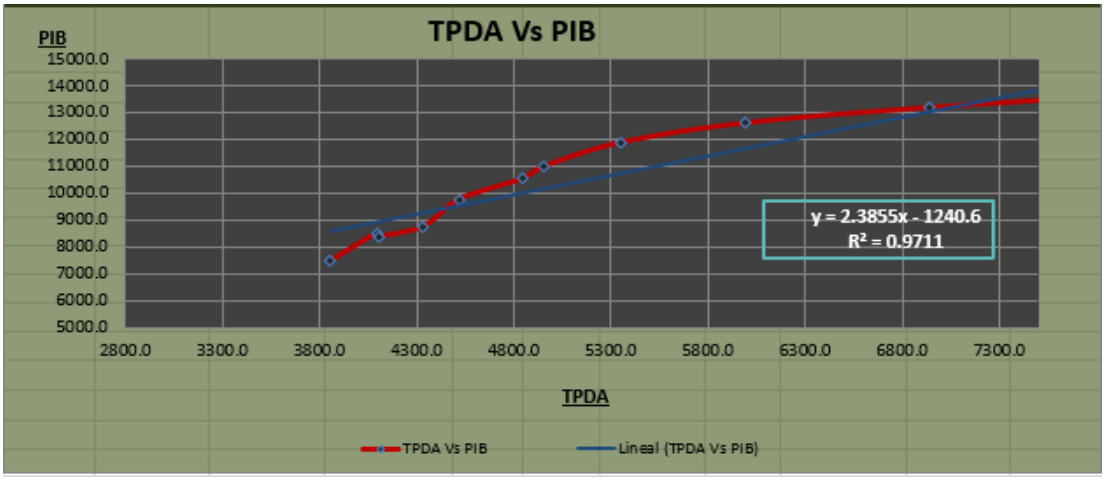
En la **Tabla-8** se presenta el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB), de los últimos 10 años (período 2007 – 2017), y posterior se muestra la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA de la Estación Nº107 (Sébaco –Empalme san Isidro), con el Producto Interno Bruto, una vez que se realizó la correlación se procede a realizar una segunda aplicando logaritmo natural.

Tabla 8 Correlación TPDA Vs PIB.

DATOS TPDA Y PIB A CORRELACIONAR		
AÑO	TPDA	PIB (Miles $)
2007	3853.0	7458.1
2008	4092.0	8491.4
2009	4101.0	8380.7
2010	4334.0	8741.3
2011	4517.0	9755.6
2012	4843.0	10532.5
2013	4954.0	10983.0
2014	5350.0	11880.4
2015	5994.0	12611.1
2016	6935.0	13184.3
2017	8333.0	13814.2
Promedio	5209.6	10530.2
Datos obtenidos de el BCN 2017 y Revista Anuario 2017		

Fuente: Datos obtenidos de el BCN 2017 y Revista Anuario 2017

Gráficos 5 Correlación de TPDA Vs PIB



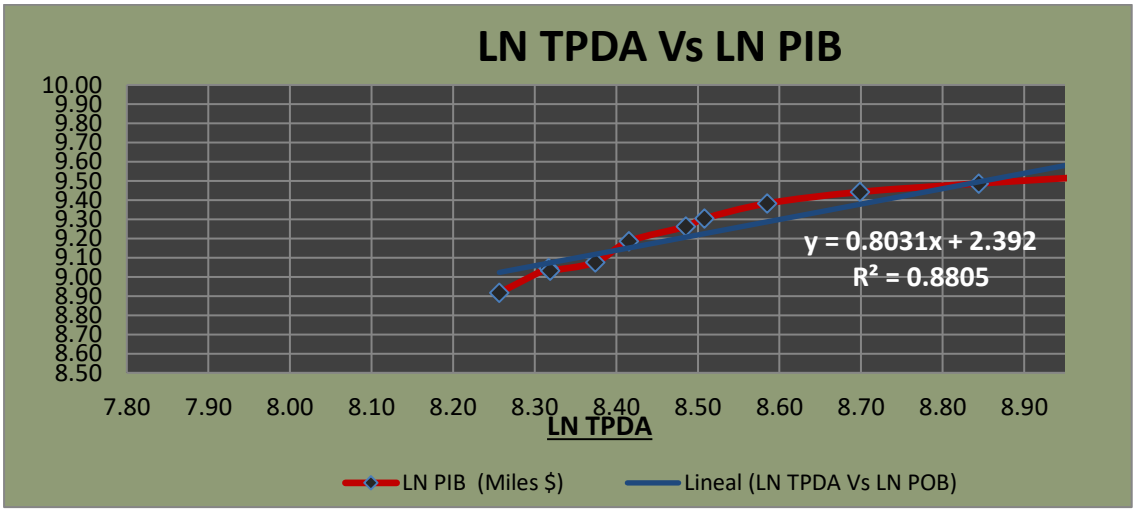
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9 Correlación LnTPDA Vs LnPIB

DATOS LNTPDA Y LNPIB A CORRELACIONAR		
AÑO	LN TPDA	LN PIB (Miles $)
2007	8.26	8.92
2008	8.32	9.05
2009	8.32	9.03
2010	8.37	9.08
2011	8.42	9.19
2012	8.49	9.26
2013	8.51	9.30
2014	8.58	9.38
2015	8.70	9.44
2016	8.84	9.49
2017	9.03	9.53
Promedio	8.5	9.2
Datos obtenidos de el BCN 2017 y Revista Anuario 2017		

Fuente: Datos obtenidos de el BCN 2017 y Revista Anuario 2017

Gráficos 6 Correlación de LN TPDA Vs LN PIB



Fuente: *Elaboración Propia.*

La correlación de las variables TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.9711** y la correlación de las variables LN TPDA Vs LN PIB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8805.** Se

decidió utilizar el primero por tener un valor más alto y confiable, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos de transportes que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

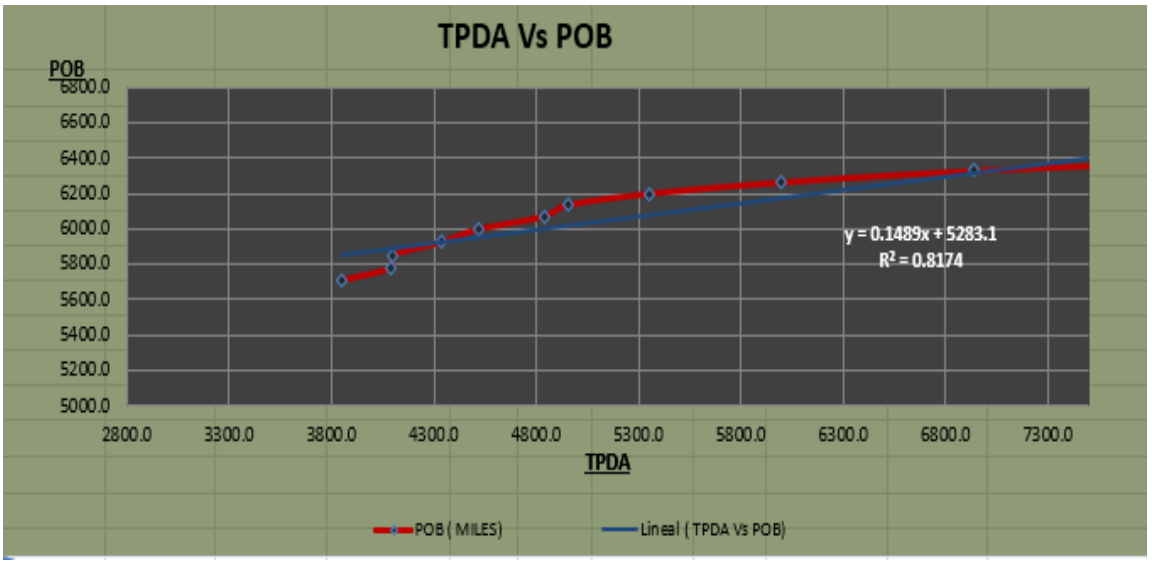
El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del TPDA – Población, en el período 2007 – 2017 y la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA vs POB de la Estación N.º 107 (Sébaco –Empalme san Isidro). **Ver tabla (10):**

Tabla 10 Correlación TPDA Vs POB

DATOS TPDA Y POB A CORRELACIONAR		
AÑO	TPDA	POB (Miles)
2007	3853.0	5707.9
2008	4092.0	5778.8
2009	4101.0	5850.5
2010	4334.0	5923.1
2011	4517.0	5996.6
2012	4843.0	6071.0
2013	4954.0	6134.3
2014	5350.0	6198.2
2015	5994.0	6262.7
2016	6935.0	6327.9
2017	8333.0	6393.8
Promedio	5209.6	6058.6

Fuente: Datos obtenidos del BCN 2017 y Revista Anuario 2017

Gráficos 7 Correlación TPDA Vs POB.



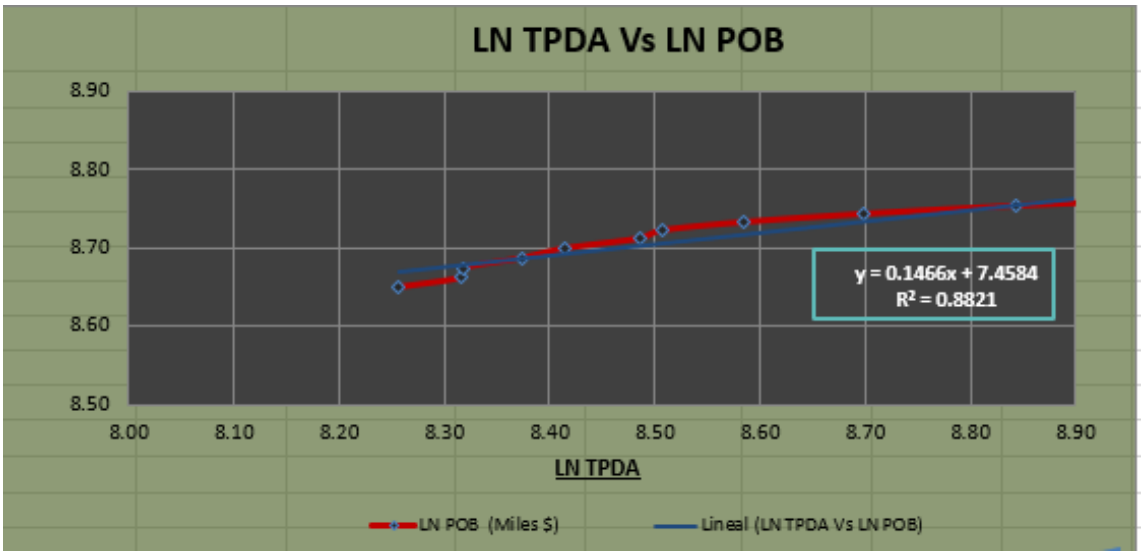
Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 11 Correlación LnTPDA Vs LnPOB

DATOS LNTPDA Y LNPOB A CORRELACIONAR		
AÑO	LN TPDA	LN POB (Miles $)
2007	8.26	8.65
2008	8.32	8.66
2009	8.32	8.67
2010	8.37	8.69
2011	8.42	8.70
2012	8.49	8.71
2013	8.51	8.72
2014	8.58	8.73
2015	8.70	8.74
2016	8.84	8.75
2017	9.03	8.76
Promedio	8.5	8.7

fuente: *Datos obtenidos del BCN 2017 y Revista Anuario 2017*

Gráficos 8 Correlación LN TPDA Vs LN POB.



fuente: *Elaboración Propia.*

La correlación de las variables TPDA Vs POB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.8174 y la correlación de las variables Logaritmo Natural TPDA Vs Logaritmo Natural POB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8821**. En este caso utilizaremos el valor (R^2) igual a **0.8821**el cual fue mejorado con (LN), ya que poseen un coeficiente (R^2), mayor a 0.8174.

Se escoge el segundo dato por tener un valor más alto y confiable, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de Pasajeros, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos.

2.7.5 Cálculo de Proyección de tráfico.

Las tasas de crecimiento para PIB y POB serán afectados por las elasticidades de las correlaciones realizadas anteriormente elasticidades que se tomaron en base a los (R^2), de mayor confiabilidad. Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando los datos históricos de TPDA, PIB, POB, para cada uno de ellos.

Tabla 12 Elasticidades Resultantes de las Correlaciones.

Gráficos	Correlación	Elasticidad	Gráficos	Correlación	Elasticidad
Gráfico 5	**TPDA Vs PIB**	**0.9711**	**Gráfico 6**	**LN TPDA-PIB**	**0.8805**
Gráfico 7	**TPDA Vs POB**	**0.8174**	**Gráfico 8**	**LNTPDA-POB**	**0.8821**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).

DATOS TPDA Y PIB A CORRELACIONAR			
AÑO	TPDA	PIB (Miles $	Pob (miles)
2007	3853.0	7458.1	5707.9
2008	4092.0	8491.4	5778.8
2009	4101.0	8380.7	5850.5
2010	4334.0	8741.3	5923.1
2011	4517.0	9755.6	5996.6
2012	4843.0	10532.5	6071.0
2013	4954.0	10983.0	6134.3
2014	5350.0	11880.4	6198.2
2015	5994.0	12611.1	6262.7
2016	6935.0	13184.3	6327.9
2017	8333.0	13814.2	6393.8

Fuente: *Elaboración Propia.*

A partir de estas series históricas, se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la siguiente expresión matemática**:**

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o}\right)^{1/n} - 1\right] * 100$$ **Ec.4**

$$Tc_{TPDA} = \left(\left[\left(\frac{8333.0}{3853.0}\right)^{\frac{1}{11}} - 1\right] * 100\right) = 7.26\%$$

$$Tc_{POB} = \left(\left[\left(\frac{6393.8}{5707.9}\right)^{\frac{1}{11}} - 1\right] * 100\right) * (0.8821) = 0.91\%$$

$$Tc_{PIB} = \left(\left[\left(\frac{13814.2}{7458.1}\right)^{\frac{1}{11}} - 1\right] * 100\right) * (0.9711) = 5.60\%$$

$$Tc\ Promedio\ a\ utilizar = \frac{(7.26 * 0.91 * 5.60)}{3} = 4.6\ \%$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

TPDA1: Trafico Promedio Diario Actual.

TPDA0: Trafico Promedio Diario Actual del Año Base.

N= La diferencia de años

2.8 Análisis de la información obtenida.

Una vez que se calcularon las tasas de crecimiento para (**PIB**, **POB**) deben de ser afectadas por las elasticidades seleccionadas anteriormente**. (Ver Tabla-13 en la página 28)**

(PIB) Producto Interno Bruto: para conocer el valor de tasa de crecimiento promedio para el producto interno bruto se obtiene mediante la **ecuación 4,** luego se multiplico por su elasticidad resultando una tasa de 5.60 %.

Esta tasa obtenida es la que se utilizara según los estudios, pero se encuentra fuera del rango permisible por ello se llegó a promediar las tasas de crecimiento.

Haciendo un análisis de las tasas de crecimiento de población, TPDA y PIB y POB se procede a elegir la tasa que se utilizara para la proyectar nuestro tráfico para los diez años posteriores como se puede observar en las siguientes tablas.

Tabla 14 Tasa de Crecimiento

Ecuación	TPDA	PIB (Miles $)	Pob (miles)
Dato final/Dato Inicial	2.16	1.85	1.12
(Dato final/Dato Inicial) 1/n	1.07	1.06	1.01
((Dato final/Dato Inicial) 1/n)-1)*100	7.26%	5.76%	1.04%

ELASTICIDAD	
PIB (Veh. Pesados)	0.9711
POB (Veh. Pasajeros)	0.8821

TC afectada por la Elasticidad	TPDA	PIB	POB
	7.26%	5.60%	0.91%

TC POB	0.91%	Muy Baja
TC PIB	5.60%	Tasa aceptable
TC TPDA	7.26%	Muy alta
TC PROMEDIADA	4.6%	Tasa a Utilizar

Fuente: elaboración propia

2.9 Tráfico de diseño.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc). Se calcula mediante la siguiente **Ecuación 5:**

$$\mathbf{TD} = \boldsymbol{TPDA} * \boldsymbol{FC} * \boldsymbol{FD} * \boldsymbol{fc} * \mathbf{365}$$

Ec.5.

$$\boldsymbol{TD_{Autos}} = \mathbf{279} * \mathbf{31.68} * \mathbf{1} * \mathbf{0.50} * \mathbf{365} = \mathbf{1,613,066.00}$$

TPDA=Trafico Promedio Diario Anual

FC=Factor Crecimiento

FD=Factor Dirección

Fc=Factor Carril

2.9.1 Factor de Crecimiento.

(FC): Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente **Ecuación 6:**

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$\boldsymbol{Fc} = \frac{[(\mathbf{1} + \mathbf{4.60})^{\mathbf{20}} - \mathbf{1}]}{\mathbf{4.60}} = \mathbf{31.68}$$

i=tasa de crecimiento

2.9.2 Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de Calle. De acuerdo a las características geométricas de la vía y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos 20 años para el período de diseño, ya que tenemos un TPDA de **1489 Vehículos/día.** (Navarr0, 2015)

Tabla 15 Periodo de Diseño.

Tipo de Calle	Período de Diseño
Gran volumen de Tránsito Urbano	30 – 50 años
Gran volumen de Tránsito Rural	20-50 años
Bajo volumen pavimentado	**15– 25 años**

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO-93

2.9.3 Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se pude deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos, aunque hay casos en que puede ser mayor en una dirección que en otra. ***(Ver Tabla 14)***

Tabla 16 Factor de Distribución por Dirección.

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

Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño de Calles regionales, SIECA,2011.

Como podemos ver el factor de distribución por dirección a usarse para nuestro diseño es **0.50.**

2.9.4 Factor Distribución Por Carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). **En la Tabla 15** que se presenta a continuación podemos observar el factor carril.

Tabla 17 Factor de Distribución por Carril.

Número de carriles en una sola dirección	LC11
1	1
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño de Calles regionales, SIECA,2011.

El factor de distribución por carril a usarse es **1.00**.

2.9.5 El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos articulado fue de **4.2** según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA) Capitulo 3 Pág. 4.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del Subtramo de Calle Estelí comunidad San Roque se trabajó con un valor de **Po=4.2.**

2.9.6 El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de **pt = 1.8–2.0** según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA Capitulo 3 Pág. 4. En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0.**

2.9.7 Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI).

Es la diferencia que existe entre la Serviciabilidad inicial y la Serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **Ecuación–7:**

ΔPSI= Po – Pt **Ec.7.**

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo Empalme los Jobos hasta comunidad Estanzuela se trabajó con un valor de:

ΔPSI= 4.2 – 2.0

ΔPSI = 2.2

2.9.8 Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5.**

2.9.9 Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO– 93 apéndice D, para ejes Sencillos y Dobles respectivamente. Conociendo la Serviciabilidad final (Pt=2.0), el número estructural asumido (SN=5) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips), se obtienen los factores de equivalencia Si los factores de equivalencia de cargas en los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores.

2.10 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

Este se obtiene conociendo El Tránsito de Diseño (TD) y los factores de equivalencia (ESAL). Se calcula utilizando la siguiente expresión:

ESAL o W18= TD*FESAL **Ec.8.**

$$ESAL\ o\ W18 = 449{,}966$$

El Tráfico pesado es el que mayor daño produce a la estructura de pavimento por lo que deberá de estimarse con la mayor precisión posible.

En base a los datos anteriormente definidos con apoyo del software Excel se procedió a la determinación del tránsito de diseño para cada eje y tipo de vehículos, tal como se muestra en la **Tabla 16.**

Tabla 18 Transito de Diseño

CALCULO DE CARGAS DE DISEÑO QUE PASARAN EN EL PAVIMENTO EN UN PERIODO DE 20 AÑOS							
Tipo de vehiculos	Transito Actual (2017)	F.C.	Dias del año	Transito de diseño	Factor por carril(Fc)	Factor de Dirección (Fs)	Transito para el carril de diseño
Autos	279.00	31.68	365	3,226,132.80	0.50	1.00	1,613,066.00
Jeep	42.00	31.68	365	485,654.40	0.50	1.00	242,827.00
Camionetas	336.00	31.68	365	3,885,235.20	0.50	1.00	1,942,618.00
McBus<15 pas	17.00	31.68	365	196,574.40	0.50	1.00	98,287.00
MnBus 15-30 pas	13.00	31.68	365	150,321.60	0.50	1.00	75,161.00
Bus	3.00	31.68	365	34,689.60	0.50	1.00	17,345.00
C2 liv	27.00	31.68	365	312,206.40	0.50	1.00	156,103.00
C2 5 +ton	14.00	31.68	365	161,884.80	0.50	1.00	80,942.00
C3	2.00	31.68	365	23,126.40	0.50	1.00	11,563.00
C2R2	0.00	31.68	365	0.00	0.50	1.00	0.00
Total							4,237,912

Fuente: *Elaboración Propia.*

Una vez conocido el Tránsito de Diseño, se procede a realizar el cálculo ESAL´S del Carril de Diseño, como en algunos casos el peso por eje Kips no está dado en la tabla factores Equivalentes de Cargas Ejes Simples, y Ejes tándem.

Se deberá interpolar el valor exacto utilizando la siguiente:

Ec. 9.

$$yx = y_0 + \frac{x - x_0}{x^1 - x_0}\,(y^1 - y^0)$$

YX=$0.0002 + \frac{2.20-2}{4-2}(0.002 - 0.0002)$

Conocido los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), se procede a aplicar la **Ecuación 8** para el cálculo de ESAL´S.

Tabla 19 Calculo ESAL´S de Carril de Diseño

Calculo ESAL´S del carril de diseño Asumimos un número estructural (SN=5), Pt=2.0 1 ton = 2.2 kips								
Tipo de vehiculos	Peso X eje(Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	To. 2017	TD	TD corregido	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	279.00	1,613,066.00	1,613,066	0.00038	613
	1.00	2.20	Simple				0.00038	613
Jeep	1.00	2.20	Simple	42.00	242,827.00	242,827	0.00038	92
	1.00	2.20	Simple				0.00038	92
Camionetas	1.00	2.20	Simple	336.00	1,942,618.00	1,942,618	0.00038	738
	2.00	4.40	Simple				0.0034	6605
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	17.00	98,287.00	98,287	0.0034	334
	4.00	8.80	Simple				0.0502	4934
MnBus 15-30 pas	4.00	8.80	Simple	13.00	75,161.00	75,161	0.0502	3773
	8.00	17.60	Simple				0.9206	69193
Bus	5.00	11.00	Simple	3.00	17,345.00	17,345	0.1265	2194
	10.00	22.00	Simple				2.35	40761
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	27.00	156,103.00	156,103	0.0502	7836
	8.00	17.60	Simple				0.9206	143708
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	14.00	80,942.00	80,942	0.1265	10239
	10.00	22.00	Simple				2.3500	190214
C3	5.00	11.00	Simple	2.00	11,563.00	11,563	0.1265	1463
	16.50	36.30	Doble				1.4325	16564
C2R2	4.50	9.90	Simple	0.00	0.00	0	0.0766	0
	9.00	19.80	Simple				1.513	0
	4.00	8.80	Simple				0.0502	0
	4.00	8.80	Simple				0.0502	0
TOTAL ESAL´S DE DISEÑO (W18)								499,966.00 5.00E+05

Fuente: *Elaboración Propia.*

Nuestro ESAL¨**S W18** resulta de ***499,966.00*** Ejes por carril de diseño. Que se refiere al Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN o 18 kips acumuladas en un periodo de diseño **de 20 años,** con un SN=5 y una Serviciabilidad final =2.0.

CAPITULO III ESTUDIO DE SUELO

3.1 Metodología.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo a lo largo del tramo en estudio, con el propósito de evaluar y analizar las características físicas, mecánicas y condiciones de soporte del suelo, y así poder contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores a colocar a lo largo de la vía.

Cabe señalar que el estudio de suelo fue facilitado por la Alcaldía Municipal de Estelí, el cual fue realizado por la empresa consultora CONSULTRANS, S.A.

Todos los ensayos se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, entre ellas: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite líquido e índice plástico) y Densidad (Proctor), los cuales son los siguientes:

Tabla 20 Tipos de Ensayos para Estudio de Suelos

Ensayo	Especificación ASTM	Especificación AASHTO
Granulometría	D – 422	T – 2788
Límite Líquido	D – 423	T –8990 y 9087
Índice de Plasticidad	D – 424	T – 9097
Ensayo Proctor Modificado	D – 1557 – 91	T – 180 – 90
Ensayo CBR.	D – 1883 – 73	T – 193 – 81

Fuente: AASHTO, Tercero Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

3.2 Ensayos de Suelos en Línea.

Según los estudios de suelos se tomaron muestras representativas alternadas a uno y otro lado de la vía, a una distancia de 100 metros. Con una profundidad de hasta 1.50 metros, dicho procedimiento se inició en la estación 2+000 hasta la estación 3+000.

El material extraído fue colocado secuencialmente, de acuerdo a cada cambio de estratos observado en el lugar, a orillas de la excavación y posteriormente introducido en bolsas plásticas las cuales fueron identificadas con una ficha que detalló el nombre del proyecto, el número de sondeo, la estación progresiva, el número de la muestra, la profundidad a que fue tomada y el peso estimado.

La agrupación de todas las bolsas que contienen los materiales extraídos, es decir, las muestras tomadas, constituyen la “radiografía” inicial del sitio en estudio.

3.2.1 Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.

A continuación, se muestra el tipo de suelo que predomina en cada uno de los tramos en estudio, según los resultados de clasificación obtenidos en Los sondeos manuales realizados para cada caso.

El primer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 15 y 130cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe un tipo de material bien definido en este primer estrato el cuales **A – 2 – 7**. Este tipo de material encontrado, presentan un mejor comportamiento en cuanto a sus características físicas y mecánicas. El Límite Líquido determinado se ubica entre 45 y 52, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 15 y 21. Los suelos del tipo **A – 2 – 7** presentan valores de CBR que varían entre 18 y 39.

El segundo estrato cuenta con una profundidad que varía entre 40 cm y 110 cm, en la composición del material predominan los suelos con clasificación **A – 2 – 7**, **A – 2 – 4**. Estos materiales se encuentran por debajo de la actual carpeta de rodamiento.

El tercer estrato cuenta con una profundidad que varía entre 30 cm y 150 cm, en la composición del material predominan los suelos con clasificación **A–7–5**, **A–7–6, A–2–4.** Este estrato también se encuentra por debajo de la actual carpeta de rodamiento.

Los suelos del tipo **A – 2 – 7** presentan valores de CBR que varían entre 14.1 y 18, para su uso como subrasante está categorizada como de regular a buena calidad El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 34 y 45, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 10 y 16.

Los suelos del tipo **A – 2 – 4** presentan valores de CBR que varían entre 21 y 63, para su uso como subrasante está categorizada como de regular a buena calidad El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 34 y 46, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 10 y 14.

Los suelos del tipo **A – 2 – 6** presentan valores de CBR que varían entre 14 y 52, para su uso como subrasante esta categorizada como de regular a buena calidad. El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 36 y 36, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 13 y 14.

Los suelos del tipo **A – 7 – 6** presentan valores de CBR que varían entre 1.5 y 2.5, para su uso como subrasante esta categorizada como de muy mala calidad. El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 43 y 46, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 14 y 15.

Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se realizó la secuencia estratigráfica del sitio en estudio.

3.3 Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales.

En base a los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio se analizaron dos (2) Bancos de Préstamo identificados a lo largo de la vía en estudio; para así poder conocer la función que puede desempeñar estos, al ser usado ya sea como material base o sub-base. Los cuales se presentan a continuación:

Tabla 21 Banco de Materiales

N° banco	*Dueño*	*Nombre*	*Ubicación*	*Dimenciones en metros*	*Volumen Aproximados*	*Uso Recomendado*
N°1	***Luis Rodriguez***	***La Union***	***P0576265-1438180***	***60x10x30***	***18,000***	***Material selecto para capa subbase***
N°2	***Serapio Castillo***	***Las Pintadas***	***P0566575-1446039***	***75x12x28***	***25,200***	***Material selecto para capa base***

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Características de los Bancos de Materiales

No. Del Banco	% que pasa por tamiz									L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIF. AASHTO	CBR al 95%
	2"	1½"	1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#200				
Nº 1	100	99	91	84	77	71	62	43	31	37	9	A-2-4 (o)	58
Nº 2			100	84	70	48	14	7	2	--	NP	A-1-a (o)	84

Observaciones: L.L= Limite Liquido, I.P= Índice de Plasticidad

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Consideraciones para elección del banco a utilizar.

3.3.1.1 Consideraciones para la Sub-Base.

Esta se puede definir como aquella capa que se coloca por debajo de la capa base y está alejada de las cargas que resiste directamente la capa de rodamiento, no se requieren materiales de gran resistencia como los de la capa base, por lo que su módulo de elasticidad es menor. Debe de cumplir las especificaciones de la tabla siguiente.

Tabla 23 Especificaciones de los Materiales para la Sub-Base.

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite Plástico	6% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	40% Mín.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

3.3.1.2 Consideraciones para la Base.

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas se requiere materiales de gran calidad y resistencia. Por lo tanto, deben de cumplir las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 24 Especificación de los Materiales Empleados en una base granular.

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite plástico	6% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	80% Mín.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: *Especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (b)*

3.4 Banco de materiales propuesto para la capa Base.

De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos, se considerará utilizar como fuente de materiales para capa de base granular el Banco Las Pintadas (**Banco Nº 2**), debido a que su granulometría y resistencia (CBR) se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo-1003.23 de la NIC-2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado.

Tabla 25 Requisitos Graduación de Agregados.

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N.º 2 Las Pintadas	Valoración
75	100	100	**Cumple**
4.75	30-70	48	**Cumple**
0.075	0-15	2	**Cumple**

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

El Banco de Materiales Las Pintadas (**Banco Nº 2**), está conformado por materiales granulares de clasificación **(A-1-a)**, con índice de grupo 0. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza por ser bueno para ser utilizado como material de base y subbase en estructuras de pavimento.

El ensaye de CBR para el banco de materiales Las Pintadas (**Banco Nº 2**), con suelo (A-1-a) al 95% es de 84%**,** el cual cumple las Especificaciones Generales de la NIC–2000, ya que su CBR se ajusta a los requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como base, el cual después de colocado y compactado debe tener como mínimo un CBR de 80% al 95% de compactación. Los resultados de los requerimientos que debe cumplir el banco Nº 2 se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 26 Requisitos Graduación de Agregados.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC- 2000	Banco Nº 2 Las Pintadas	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	**Cumple**
Desgaste	Máx. 50%	-	**-**
Índice de plasticidad	Máx. 10%	N.P.	**Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	84%	**Cumple**

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

3.5 Banco de materiales propuesto para la capa Sub-Base.

Se consideró utilizar como fuente de materiales para capa de Sub-base granular el Banco La Unión (**Banco Nº 1**), debido a que su granulometría y resistencia (CBR), no se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo-1003.23 de la NIC-2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado.

Tabla 27 Requisitos Graduación de Agregados.

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco Nº 1 La Unión	Valoración
75	100	100	**Cumple**
4.75	30-70	71	**No Cumple**
0.075	0-15	31	**No Cumple**

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

El Banco de Materiales La Unión (**Banco Nº 1**), está conformado por materiales gravas y limos de clasificación (A-2-4) con índice de grupo 0. Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, este material se considera como bueno para ser utilizado como material de sub-base en estructuras de pavimento.

El ensaye de CBR para el banco de materiales La Unión (**Banco Nº 1**), con suelo (A-2-4) al 95% es de 58%**,** el cual no cumple las Especificaciones Generales de la NIC–2000, ya que su CBR se ajusta a los requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como base.

Pero si cumple con requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como sub-base, el cual después de colocado y compactado debe tener como mínimo un CBR de 40% al 95% de compactación. Los resultados de los requerimientos que debe cumplir el banco **La Unión** se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 28 Requisitos Graduación de Agregados.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco Nº 1 La Unión	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	**Cumple**
Desgaste	Máx. 50%	-	**-**
Índice de plasticidad	Máx. 10%	9	**Cumple**
CBR al 95% AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80% para Base	58%	**No Cumple**
CBR al 95% AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40% para Sub-Base	58%	**Cumple**

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

3.6 Determinación del CBR de Diseño.

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de Relación de Soporte de California, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para sub rasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASHTO T-193. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

La Metodología para la determinación del CBR de Diseño consiste en:

1) Identificar los Valores utilizar en el diseño del CBR, los cuales son todos los valores que se encuentran debajo de la línea de la Sub-rasante.

2) Ordenar los Valores de Menor a Mayor, se determina la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.

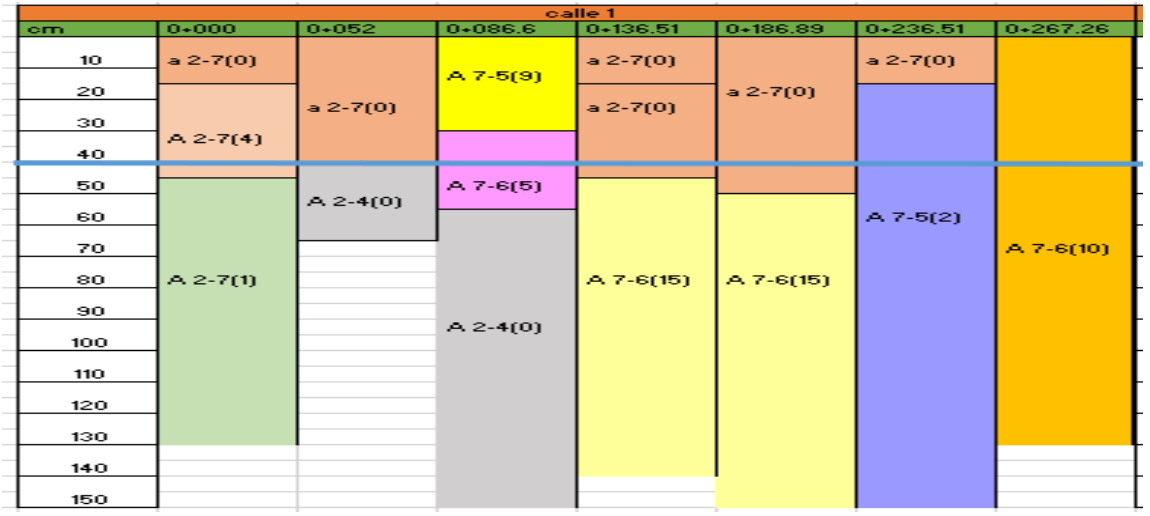
3) Se dibuja un gráfico que represente los valores de CBR contra los porcentajes calculados y con la curva que se obtenga, se determina el CBR con el percentil

que corresponda, dependiendo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño.

3.6.1 Identificación de la Sub-rasante.

La Sub-rasante es la capa de una Calle que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Se puede apreciar en los perfiles estratigráfico de este tramo donde se analizó los tipos de suelo que se encuentran por debajo de la sub rasante a nivel de 40 cm, tomando en cuenta dicho nivel debido a la variedad de suelos existentes por debajo de la sub rasante como se puede observar en uno de los perfiles de la calle en estudio ver figura siguiente:



Fuente= Elaboración por sustentantes

En este diseño se tomaron todos los valores de CBR que están por debajo de los 40 cm del nivel de terreno natural, donde este material será reemplazado por el material de banco para la base y sub base hasta llegar a nuestro nivel de la capa de rodamiento o nivel de las cunetas existentes. (ver tabla completa En anexo XVIII,XIX,XX)

En la siguiente tabla se presentan las especificaciones para subrasante.

Tabla 29 Especificaciones para Terraplenes y Materiales para Subrasante.

No.	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla Nº 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Limite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-89
3	Índice Plástico	15 % máx.	10 % máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10 % Min.	20 % Min.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % máx. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado. (AASHTO-99)	95 % máx. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba proctor modificado. (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/o T-238(in situ)

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

El método más difundido para calcular el CBR de diseño es el propuesto por el instituto de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total que el 60%, el 75% o el 87.5% de los valores individuales obtenidos que sea iguales o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento.

Tomando en cuenta que el ESAL's es **449,966.00 por** tanto para nuestro diseño utilizaremos un percentil de **75%**, tal y como se indica en la tabla Nº30.

Tabla 30 Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño.

Cargas Equivalentes Totales (ESAL´s)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL´s	60
Entre 10,000 y 1,000,000 de ESAL´s	**75**
> de 1,000,000 ESAL´s	87.5

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

En la siguiente tabla se muestra la acumulación de los valores de CBR de diseño y el tipo de suelo al que corresponde a el material existente del Estrato más cercano a la Capa de Rodamiento, de la subrasante a una profundidad de 30cm como se puede apreciar en los perfiles estratigráficos en el anexo en la pág. XVIII a la pág. XX.

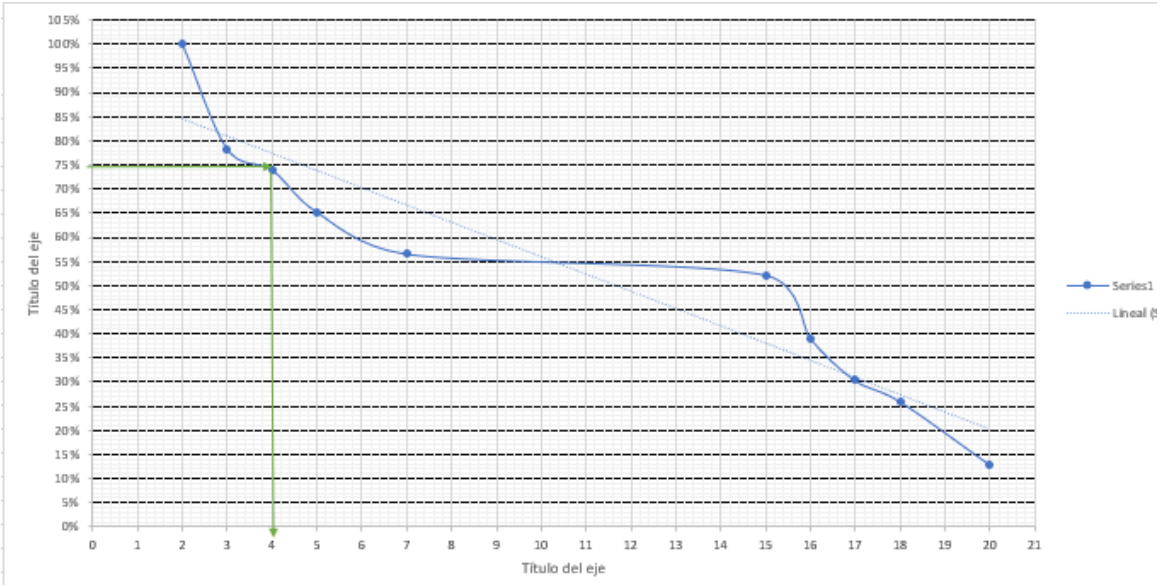
Tabla 31 Selección de CBR de Diseño para la Subrasante.

Tipo de Suelo	CBR	Frecuencia	Cantidad de Valores Iguales o Mayores	%
A-7-6(10)	2	5	23	100%
A-7-5(2)	3	1	18	78%
A-7-6(5)	4	2	17	74%
A-7-6(15)	5	2	15	65%
A-7-5(9)	7	1	13	57%
A-2-7(o)	15	3	12	52%
A-2-7(1)	16	2	9	39%
A-2-7(4)	17	1	7	30%
A-2-6(o)	18	3	6	26%
A-2-4(o)	20	3	3	13%
sumatoria de frecuencia		23		

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al tránsito que se espera que circule en la vía, determinado en el estudio de tránsito de este proyecto, y sabiendo que éste será de **449,966.00** según la Tabla 30 se tomó un valor percentil para el diseño de subrasante del 75% de los valores mayores o iguales, el cual se interceptó con la curva de los valores de CBR como se aprecia en el gráfico 10, para encontrar el CBR de diseño de la subrasante.

Gráfico 10. Selección del CBR de Diseño.



Fuente: Elaboración Propia.

Con los valores CBR y porcentaje de valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para subrasante.

Al **gráfico 10,** el valor de CBR de diseño resultante es de 4%, el cual de acuerdo a la clasificación de CBR de la Tabla 32, clasifica a la subrasante existente como Sub-rasante muy mala, es por eso que en este caso no se propone reemplazar o mejorar esta capa, ya que esta presenta características aceptables para material de subrasante. Tal y como se muestra a continuación:

Tabla 32 Clasificación del CBR.

Rango de CBR	Valoracion
0-5	Sub-rasante muy mala
5-10	Sub-rasante mala
10-20	Sub-rasante regular a buena
20-30	Sub-rasante muy buena
30-50	Sub-base buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Crespo Villalaz, C. (2008).

Capitulo IV Diseño de Espesores

4.1 Generalidades

El método de Diseño de Espesores de pavimento de la AASHTO 1993, es el más usado y cuenta con técnicas de diseño para estructuras de pavimentos rígidos, semi-rígidos, flexibles y articulados. Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos introduce el concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO, y criterios de diseño ajustados a la Buena Práctica en Ingeniería (BPI).

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de Calles: macadam, asfáltica, de concreto hidráulico y adoquinado. Debido a su fácil manejo y otras características en este estudio se eligió adoquines, en todo caso resulta una alternativa económica y de fácil mantenimiento.

4.2 Consideraciones del Diseño AASHTO 93.

4.2.1 Carga de Ejes Equivalentes.

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño F=1.

Al realizar el estudio de tráfico, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada

vehículo clasificado se denomina ESAL de diseño. En el tramo en estudio, el ESAL de diseño es **449,966.00**

4.2.2 Confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad de que el sistema de pavimento durante todo el período de diseño se comporte de manera satisfactoria bajo las condiciones de carga.

Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tráfico y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Guía para el Diseño de Pavimentos AASHTO93 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%,** que corresponde a un valor recomendado para una Calle Colectora suburbana lo cual se muestra en la tabla 32. Esta confiabilidad seleccionada de acuerdo al grado funcional del tipo de la Calle presenta una desviación **Zr** de **-0.841**, lo cual se muestra en la tabla 33.

Tabla 33 Niveles de confiabilidad R en función del tipo de Calle

tipo de Calle	Niveles de Confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-95	75-95
Colectoras	50-80	50-80

Fuente: Guía para el Diseño de Pavimentos AASHTO93 página 137

Tabla 34 Valores de Zr en función de la confiabilidad R

confiabilidad r (%)	Desviación normal estandar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Fuente: Guía para el diseño de Pavimento AASHTO 93 página 196

4.2.3 Desviación estándar.

La desviación estándar Aplicada en este modelo, se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo. Para la estimación de la deviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito.

Tabla 35 Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Guía para el diseño de Pavimento AASHTO 93 pág. (136)

4.2.4 Serviciabilidad

La Serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Para su determinación se realizan estudios de calidad en dependencia del tipo de carpeta de rodamiento a evaluar.

La forma más sencilla para determinar la pérdida de Serviciabilidad se muestra en el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Tabla 36 factores de Serviciabilidad

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
Po= 4.5 para pavimentos rígidos	Pt= 2.5 o más para caminos principales
Po= 4.2 para pavimentos flexibles	Pt= 2.0 para caminos de Tránsito menor

Fuente: Guía para el diseño de Pavimento AASHTO 93 pág. (138)

4.2.5 Coeficiente de drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante a considerar en el diseño de las Calles. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

La AASHTO 93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de los miembros de los paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se demuestra en la tabla 38.

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de **mi = 1.00.**

Tabla 37 Capacidad del Drenaje para remover la humedad

Capacidad del drenaje para remover la humedad		
Calidad del drenaje	Aguas removidas en:	
	50% de saturación	85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	**2 a 5 horas**
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Malo	No drena	Mayor de 15 horas

Fuente: Guía para el diseño de Pavimento AASHTO 93 pág. (148)

Tabla 38 Porcentajes del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la saturación.

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: Guía para el diseño de Pavimento AASHTO 93 pág. (149)

4.2.6 Cálculo del CBR de diseño.

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de 6%. Este se obtuvo con un percentil de 75%. debido a que no cumple con las condiciones de subrasante se tomara el CBR de diseño del Banco No.2 la Unión con un CBR del 84% para la base y para la sub-base se utilizara el banco N° 1 con un CBR del 58%.

4.2.7 Módulo de Resiliencia (MR).

La base para la caracterización de los materiales de la subrasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición.

Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub rasante.

Tabla 39 Correlación entre CBR y Modulo de Resiliente para sub rasante

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	Mr= 1500 * CBR EC. 11
CBR > 10%	Mr= 4326* Ln(CBR) + 241 EC. 12

Fuente: Guía para el diseño de Pavimento AASHTO 93 pág. (138)

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante es de 6 %, utilizaremos el primer criterio para calcular el Módulo Resiliente para la subrasante aplicando la ecuación 11, por tanto:

Mr=1500*CBR **Ec.11.**

Mr=1500*(4%)

Mr= 6,000 psi

4.2.8 Coeficientes de capas

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (an), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN. Estos están representados con la siguiente simbología:

a1Para la carpeta de rodamiento **(adoquín).**
a2Para la base granular **(Banco N° 2)**
a3Para la sub-base **(banco N°1)**

4.2.8.1 Coeficiente de estructura a1

La Capa de rodamiento estará conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que, debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de **a_1= 0.45**, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

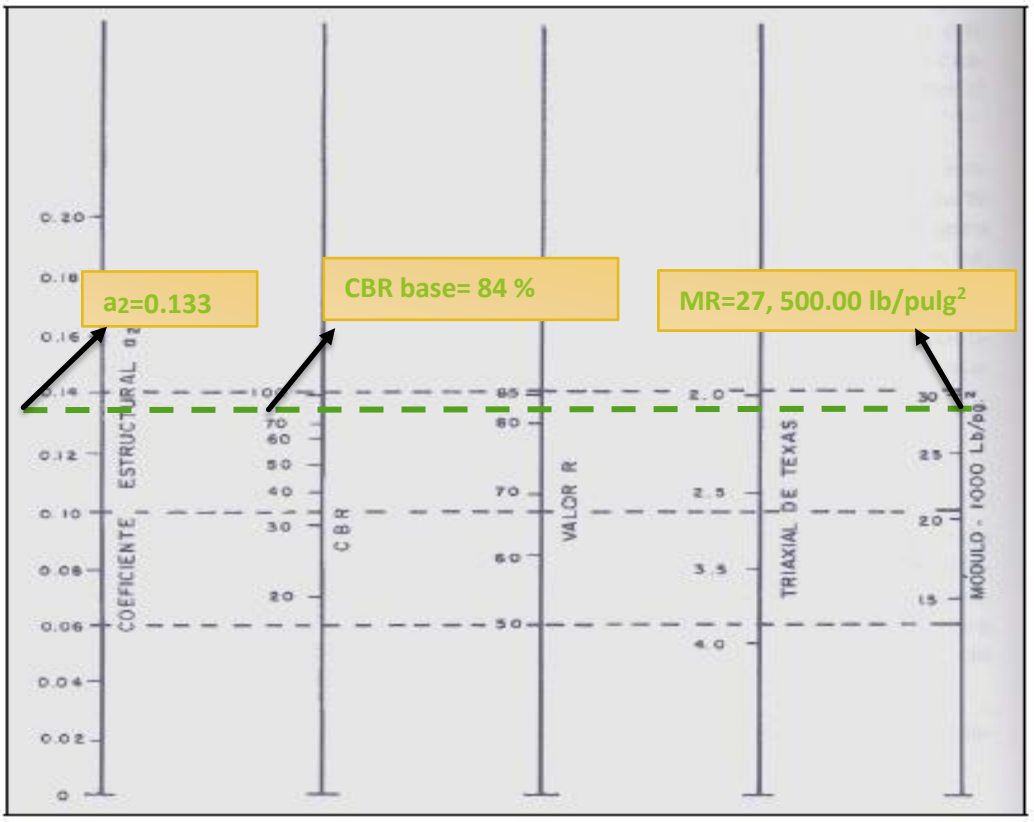
El adoquín a utilizarse será tipo tráfico cuya resistencia será de 4500 PSI, como el que se muestra en la Imagen 1**.**

Imagen 1 adoquín típico

Fuente: Guía para el diseño de Pavimento AASHTO 93

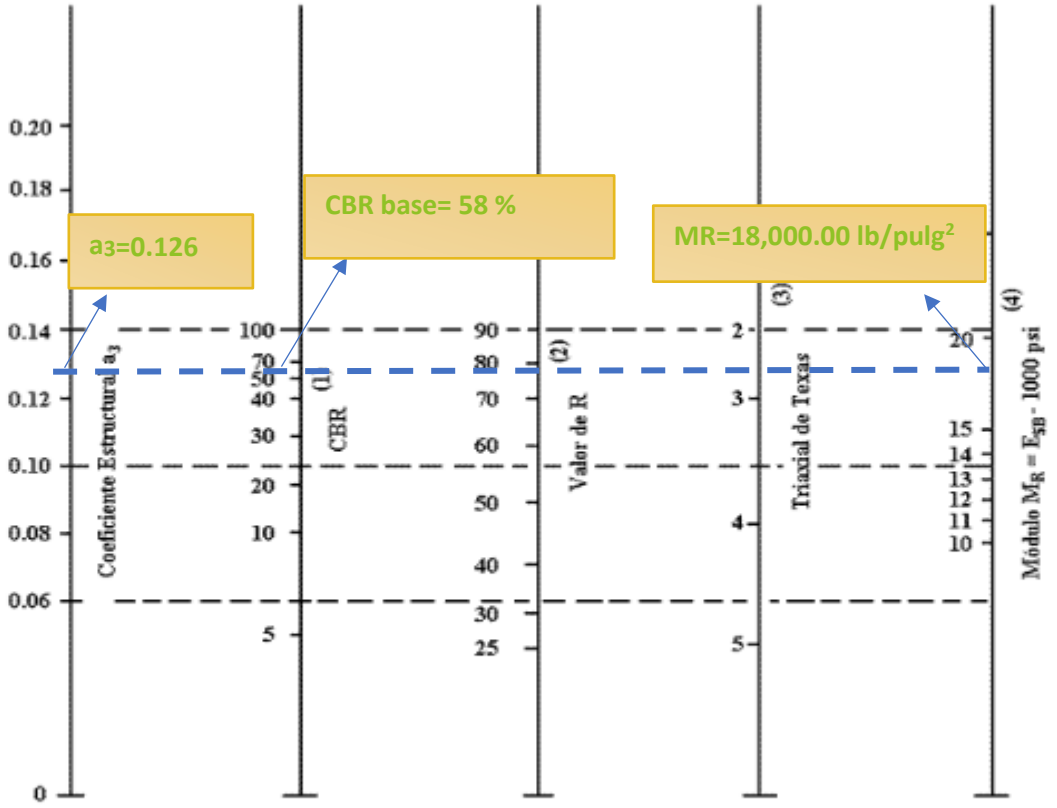
4.2.8.2 Coeficiente estructural a2

La determinación del coeficiente estructural a_2 se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993).El valor de CBR usado para el cálculo de la Base es igual a **84 %** que corresponde al Banco de Préstamo #2 (**las Pintadas**), de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de **a_2 = 0.133** y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de **Mr = 27,500.00 PSI.**



Fuente: Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993)

coeficiente estructural a3



Fuente= Elaboración por sustentantes

4.2.9 Número estructural

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número

estructural y viceversa. El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

4.3 Cálculo de Espesores.

El espesor D1 para nuestro caso está definido, debido que utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto, **D1=** 4 pulgadas.

Se calcula el número correspondiente a la capa de la siguiente forma:

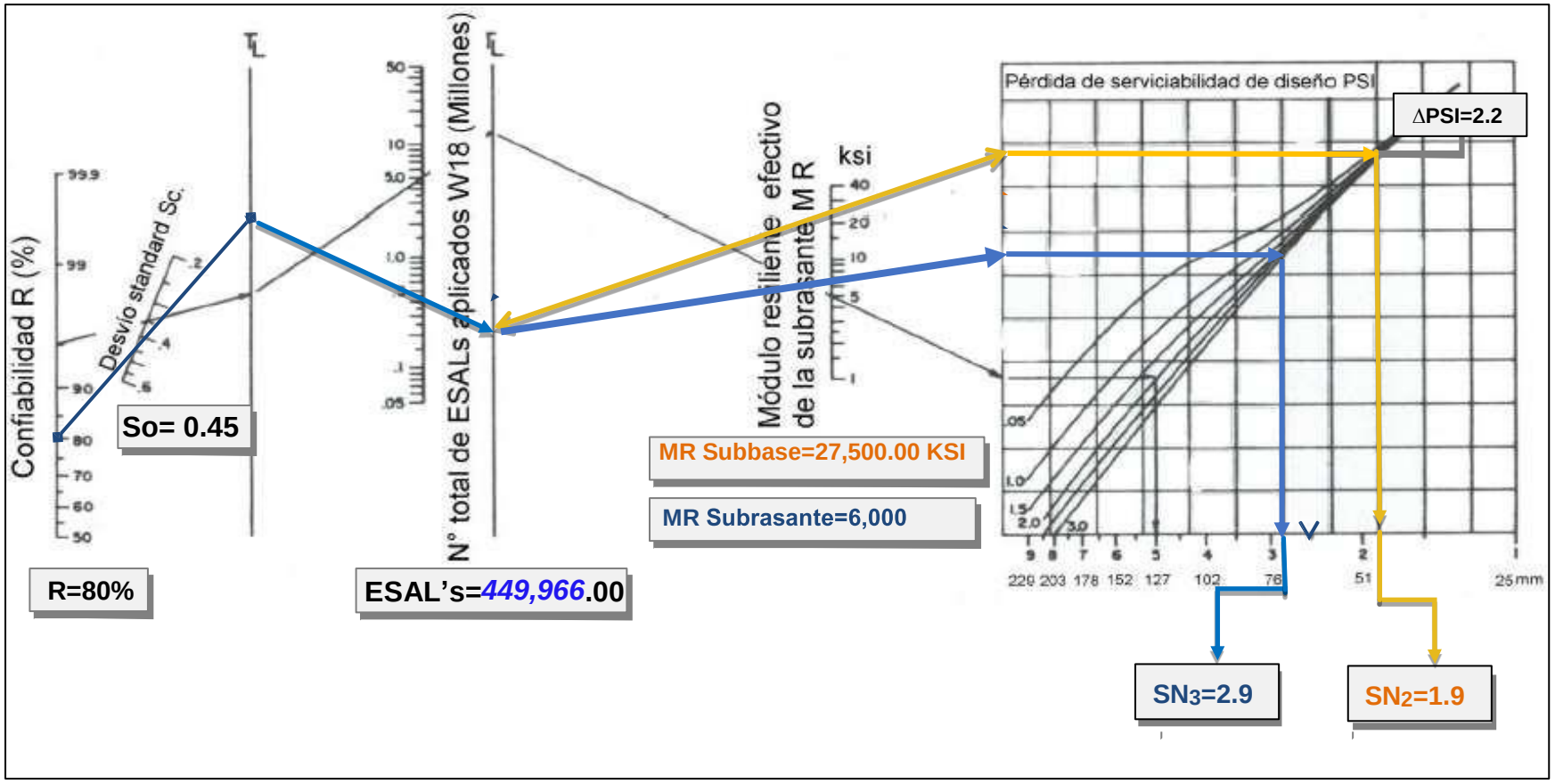
$SN_1 = a_1 * D_1$ **Ec.14.**

$SN_1 = (0.45) * (4.00)$

$SN_1 = 1.8$

Para el cálculo de **SN_2 y SN_3 ($SN_{requerido}$),** se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un **SN_2** de **1.9** y un **SN_3** de **2.9.**

figura 1 Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993)



Fuente: la Guía para diseño de estructura de pavimento AASHTO 93 pág. (174).

4.3 Cálculo del espesor de la base (D2) y Sub-base (D3).

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN1, entonces el valor del coeficiente estructural de la base se obtiene de la siguiente manera:

Para la base (D2):

D_2= (SN_2-SN_1) / (a_2*m_2) **Ec.15.**

D_2= (1.9-1.8) / (0.133*1.00)

D_2= 0.75 pulgadas

El espesor calculado que se requiere para que **D2** (Base) será de 0.75 pulgadas, este resistirá los esfuerzos que le trasmitirá la carpeta de adoquín, comprobando este espesor de acuerdo a la tabla 40, de espesores mínimos resulta que para el Esal´s de diseño de ***449,966*** el espesor mínimo de la base granular es de **4.00 pulgadas** (15 centímetros).

Tabla 40 Espesores Mínimos de Bases

Numero de ESAL´s	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 – 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Guía para el Diseño de Pavimentos AASHTO 93 pág. (175)

Se corrige el número estructural:

$SN_2 = a_2*D_2*m_2$ **Ec.16.**

$SN_2 = (0.133)*(4.00)*(1.00)$

$SN_2 = 0.532$ pulgadas

Para la Sub-base (D_3):

$D_3= SN_3 - (SN_2+SN_1) / (a_3*m_3)$ **Ec.17.**

$D_3= 2.9- (0.532+1.8) / (0.126*1.00)$

$D_3= 4.51$ pulgadas

$SN_3 = D_3*a_3$

$SN_3 = 4.51*0.126= 0.568$

Comprobación:

$SN_1+ SN_2+SN_3 \geq 2.90$ **Ec.18.**

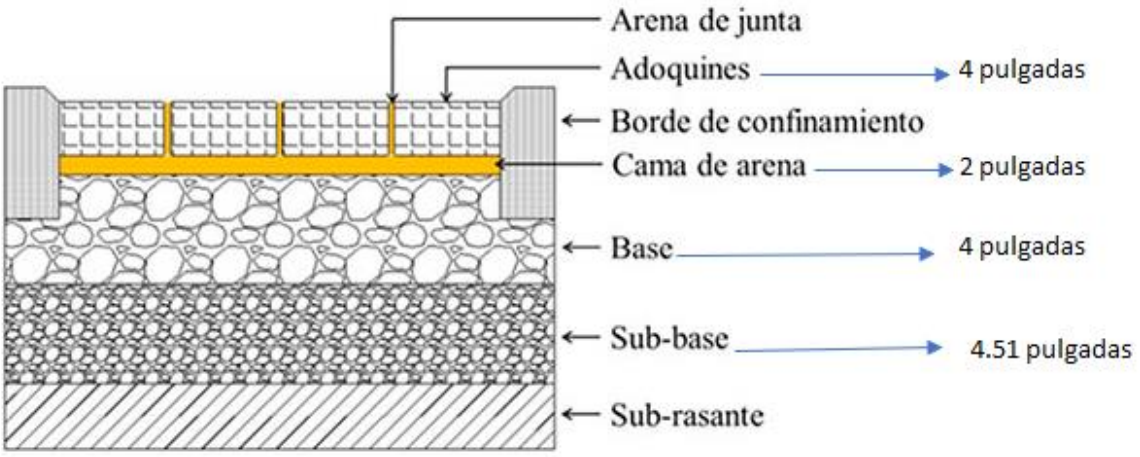
$1.8+0.532+0.568 \geq 2.90$

$2.90 \geq 2.90$ O.K

4.3.1 Espesores finales de diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la carpeta de rodamiento del proyecto en estudio (569 metros), será de **4 pulgadas,** en este caso se utilizará adoquín y la base granular será de **4 pulgadas,** con una sub-base de **4.51 pulgadas**, los espesores detallados son los siguientes:

figura 2 Detalle de Espesores Finales



***Fuente**: elaborado por sustentantes*

Tabla 41 Espesores propuestos

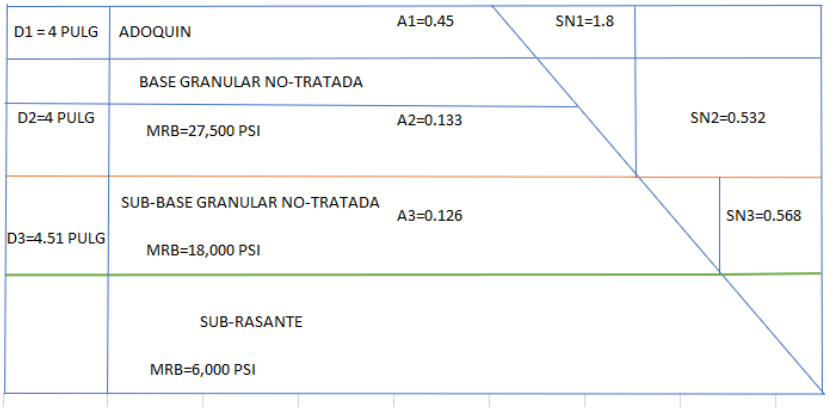
Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento (Adoquín)	4	10
Capa de arena	2	5
Base granular	4	10
Sub-Base Granular	4.51	11.28
Espesor Total Requerido	**10.51**	**36.28**

Fuente: elaborado por sustentantes

A como se observa en la tabla anterior, al utilizar el adoquín como carpeta de rodamiento, el espesor de 5 centímetros de la capa de arena no es tomado en cuenta en la suma total del espesor requerido, dado que se considera que el lecho de arena no tiene ningún aporte estructural. Tal y como se muestra en la Imagen 3 la estructura total es de **14.51 pulgadas**.

En resumen, se ha obtenido como resultado la siguiente estructura de pavimento donde se muestran los valores de SN1 y SN2, además de los espesores D1 y D2.

Imagen 1. Estructura de pavimento.



Fuente: *Elaboración por sustentantes.*

Conclusiones

El presente trabajo tiene como objetivo principal el diseño de pavimento articulado de 569 ml, en el barrio Paula Úbeda de la ciudad de Estelí, de los cuales resulta lo siguiente. Para demostrar que lo propuesto este dentro del método según la norma AASHTO 93 se analizó cada componente, demostrándose que cumplen dichos requisitos, para esto iniciamos con la evaluación del tráfico vehicular, dando como resultado una cantidad de vehículos anual o TPDA de 1489, con este cálculo habría una tasa de crecimiento (proyección de tráfico) del 4.6 % y un ESAL de diseño de ***449,699.00***

Seguidamente al Analizar el suelo con los datos que fueron suministrado por la Alcaldía de Estelí , donde todos los ensayos se realizaron de conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, entre ellas: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite líquido e índice plástico) y Densidad (Proctor) , La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado específicamente con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de 4 % este se obtuvo con un percentil de 75%, debido a que no cumple con las condiciones de subrasante tomamos el CBR de diseño del Banco No.2 las Pintadas con un CBR del 84% para la base y para sub-base se tomara el Banco No.1 La Unión con un CBR de 58%.

En el diseño de espesores se evalúan 4 aspectos básicos, como son: la elección del tipo de rodamiento que se va a implementar en el tramo, que es adoquín, donde usando la norma AASHTO 1993 da 4 pulg,el segundo aspecto es la cama y que resulta de 2 pulg; la base que se determina a través del cálculo de espesores y números estructurales que resulta de 15 cm de espesor. como un último aspecto es Sub-base que es de 11.28 cm

Recomendaciones

Se recomienda la implementación de la topografía que este caso no se ocupó ya que en este trabajo no se implementó como objetivo para el diseño geométrico vial, pero en sintaxis fue que las calles ya existían solo que carecían de una carpeta de rodamiento adecuada

otra recomendación puede ser extender los estudios realizados e implementar estudios de hidrología para analizar el comportamiento de los afluentes en las cunetas.

Realizar un análisis de costo unitario para determinar la recuperación de la inversión. AASHTO. (2006). *Diseño de pavimento.* la paz: escuela de caminos de montaña, Facultad de Ingenieria de la uni. de san juan.

Bibliografía

Carciente, J. (s.f.). *Carreteras Estudio de Proyectos.* Ediciones Vega S.R.L.

Consultor, I. J. (2002). *Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos.* Guatemala .

Consultor, R. L. (2004). *Normas para el diseño geometrico de las carreteras.* convenio N°. 596-0184.20, PROALCA II, SIECA.

Diseño de Paavimentos (AASHTO-93). (s.f.).

Infraestructura, M. d. (1980). *Espesificaciones Generales parla Construccion de Caminos, Calles y Puentes .* Managua: MTI.

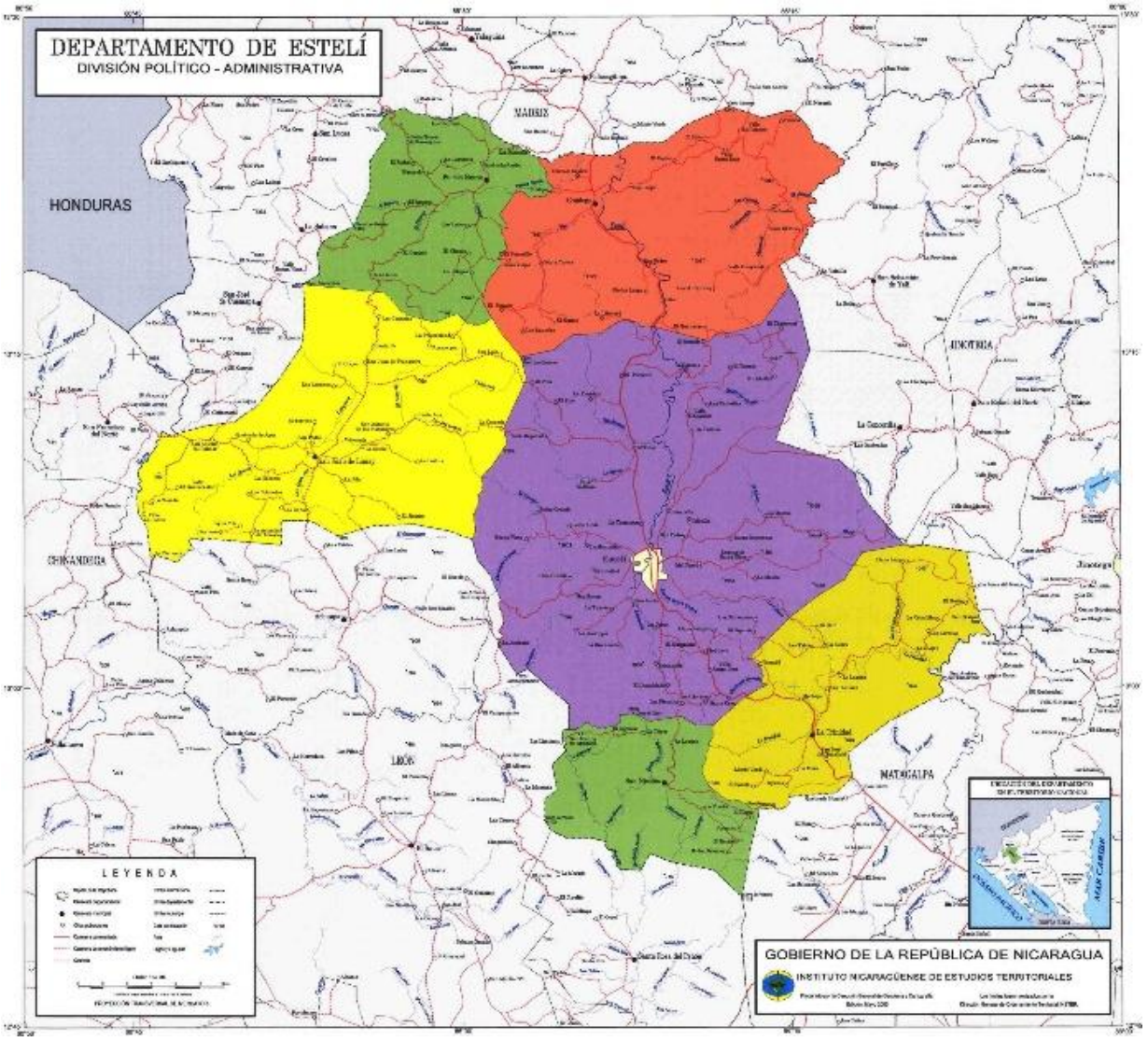
Navarr0, m. S. (2015). *Ingenieria de Transito.* esteli: Universidad Nacional de Ingenieria .

Potes, G. D. (2002). *Mecanica de Suelos .* Universidad Nacional de Colombia.

Rodriguez, J. B. (2005). *Mecanica de Suelos./ fundamentos de la mecanica de suelos. tomo 1.* Limusa Noriega Editores.

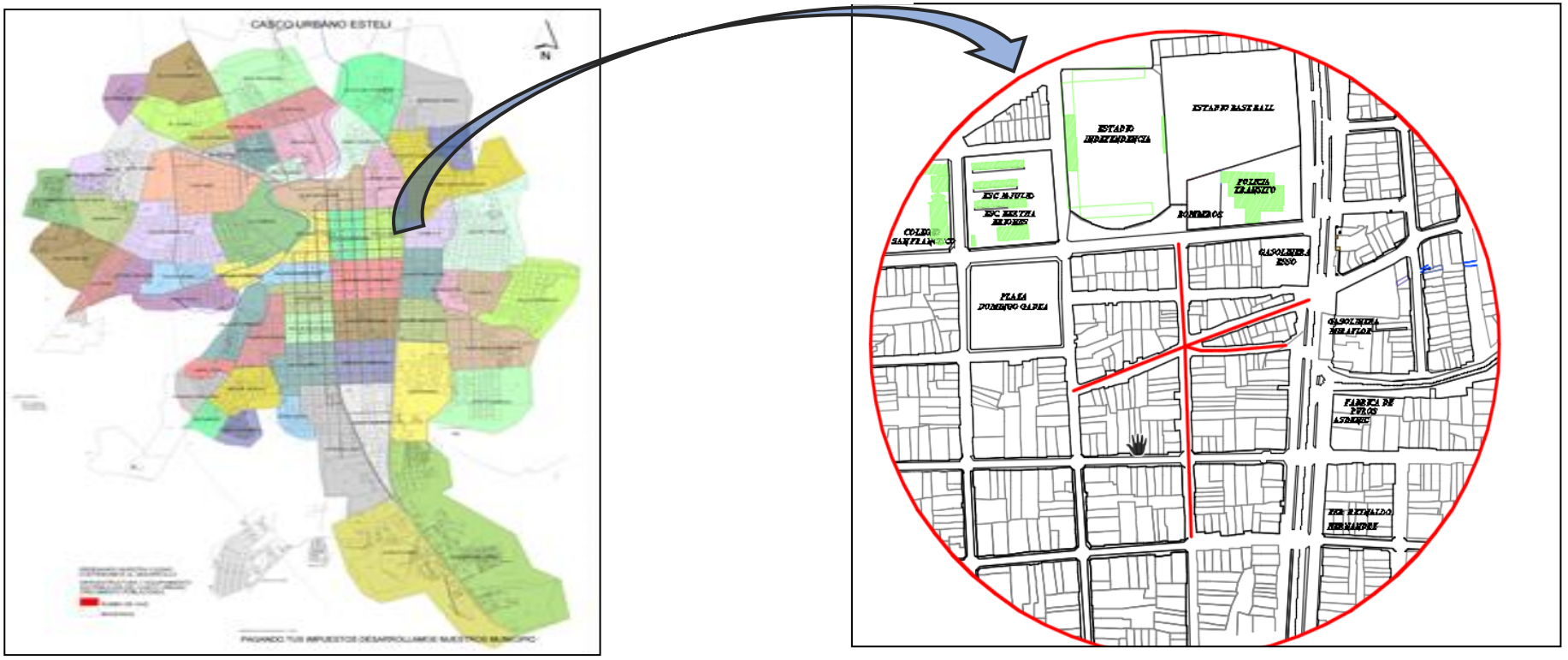
Anexo

Ilustración 2: Macro localización, Departamento de Estelí



Fuente (Google, s.f.)

Ilustración 3: Micro localización, Municipio de Estelí



Fuente: Google imágenes

Ilustración 4: Salida noreste, cabe mencionar que a 15mts esta el estadio independencia y estadio Noel Gámez ya 20mts la gasolinera puma.

Fuente: Levantamiento por sustentantes.

Ilustración 5: empalme de múltiples calles en la cual se puede apreciar la falta de cunetas que permitan el correcto desalojo de las aguas en temporada de invierno.

Fuente: Levantamiento por sustentantes

Ilustración 6 Salida suroeste, Se ilustra el mal diseño de las cunetas, lo cual deteriora la calzada de la calle.

Fuente: Levantamiento por sustentante.

Tabla 42 Clasificación de Suelos, según AASHTO.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del35% que pasa el tamiz Nº 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					Regular a Deficiente					

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93

Tabla 43 Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA:Jueves

15/06/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos **CONTADOR:**

Hora		Moto	eh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados									Veh. Pesados			Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPicKUPs	M bus	M B	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6	7 am																					
7	8 am																					
8	9 am																					
9	10 am																					
10	11 am																					
11	12 md																					
12	1 pm																					
1	2 pm																					
2	3 pm																					
3	4 pm																					
4	5 pm																					
5	6 pm																					
Volumen (12 horas diurnas)																						

Facilitador: Msc Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44 Conteo Volumétrico de Trafico día Lunes

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA: Lunes 15/10/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos

CONTADOR Royman-Carlos

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	Camionet aPicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C 3	C 4	C2R 2	C2R 3	Ts Sx <=4e	T3 S2	T3 S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agric		
6 am	7 am	43	15	2	21	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
7 am	8 am	29	9	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
8 am	9 am	20	10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
9 am	10 am	34	17	1	19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
10 am	11 am	38	8	3	8	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
11 am	12 md	36	10	5	14	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
12 md	1 pm	67	12	4	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103
1 pm	2 pm	37	10	4	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
2 pm	3 pm	32	9	1	13	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
3 pm	4 pm	37	10	1	17	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
4 pm	5 pm	21	6	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
5 pm	6 pm	38	11	2	23	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
Volumen (12 horas diurnas)		432	127	25	174	7	16	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	793

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 45 Conteo Volumétrico de Trafico día Martes

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA: Martes 16/10/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos

CONTADOR Royman-Carlos

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga											Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	Camionetas PickUPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	T3 S2	T3 S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agric		
6 am	7 am	52	29	4	32	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
7 am	8 am	36	22	1	21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	82
8 am	9 am	51	22	5	28	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112
9 am	10 am	44	17	6	27	1	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103
10 am	11 am	53	23	5	20	2	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
11 am	12 md	64	30	5	28	6	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	145
12 md	1 pm	64	32	7	39	7	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154
1 pm	2 pm	54	25	4	20	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
2 pm	3 pm	59	29	2	29	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122
3 pm	4 pm	21	54	8	19	2	1	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
4 pm	5 pm	24	18	0	15	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
5 pm	6 pm	51	35	4	28	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122
Volumen (12 horas diurnas)		573	336	51	306	27	6	0	39	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1351

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 46 Conteo Volumétrico de Trafico día Miércoles

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA: Miercoles 17/10/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos

CONTADOR Royman-Carlos

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	Camionet aPicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C 3	C 4	C2R 2	C2R 3	Ts Sx<=4e	T3 S2	T3 S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agric		
6 am	7 am	56	41	4	62	2	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171
7 am	8 am	32	29	0	45	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112
8 am	9 am	43	35	6	49	7	4	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147
9 am	10 am	57	45	0	40	1	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148
10 am	11 am	48	61	3	44	0	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162
11 am	12 md	44	57	5	53	1	1	2	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	176
12 md	1 pm	51	42	7	49	4	4	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162
1 pm	2 pm	62	51	17	43	2	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	181
2 pm	3 pm	58	57	8	60	1	1	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192
3 pm	4 pm	44	46	6	63	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165
4 pm	5 pm	15	23	0	36	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
5 pm	6 pm	65	42	0	61	2	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	179
Volumen (12 horas diurnas)		575	529	56	605	29	22	3	42	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1876

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 47 Conteo Volumétrico de Trafico día Jueves

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA: Jueves 18/10/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos

CONTADOF Royman-Carlos

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	Camionet aPicK UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C 3	C 4	C2R 2	C2R 3	Ts Sx< =4e	T3 S2	T3 S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agric		
6 am	7 am	45	12	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
7 am	8 am	22	11	0	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
8 am	9 am	26	18	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
9 am	10 am	37	14	1	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
10 am	11 am	35	6	0	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
11 am	12 md	29	14	0	13	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
12 md	1 pm	62	18	1	15	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102
1 pm	2 pm	52	19	1	21	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97
2 pm	3 pm	35	14	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
3 pm	4 pm	33	15	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
4 pm	5 pm	31	13	1	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
5 pm	6 pm	41	11	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
Volumen (12 horas diurnas)		448	165	5	184	9	3	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	824

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 48 Conteo Volumétrico de Trafico día Viernes

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA: Viernes 19/10/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos

CONTADOR: Royman-Carlos

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	Camionetas Pick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	T3 S2	T3 S3		Otros	Veh. Const	Veh. Agric		
6 am	7 am	32	16	1	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
7 am	8 am	22	14	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
8 am	9 am	19	14	6	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
9 am	10 am	31	7	1	14	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
10 am	11 am	28	9	0	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
11 am	12 md	39	20	2	20	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
12 md	1 pm	47	18	2	14	1	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
1 pm	2 pm	35	10	1	23	4	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
2 pm	3 pm	34	7	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
3 pm	4 pm	25	8	3	17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
4 pm	5 pm	26	12	2	13	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
5 pm	6 pm	31	5	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Volumen (12 horas diurnas)		369	140	22	172	7	4	0	12	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	739

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 49 Conteo Volumétrico de Trafico día Sabado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA: Sabado 20/10/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos

CONTADOR Royman-Carlos

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	Camionetas PickUPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	T3 S<=4e	T3 S2	T3 S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agric		
6 am	7 am	43	15	2	21	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
7 am	8 am	29	9	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
8 am	9 am	20	10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
9 am	10 am	34	17	1	19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
10 am	11 am	38	8	3	8	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
11 am	12 md	36	10	5	14	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
12 md	1 pm	67	12	4	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103
1 pm	2 pm	37	10	4	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
2 pm	3 pm	32	9	1	13	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
3 pm	4 pm	37	10	1	17	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
4 pm	5 pm	21	6	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
5 pm	6 pm	38	11	2	23	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
Volumen (12 horas diurnas)		432	127	25	174	7	16	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	793

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 50 Conteo Volumétrico de Trafico día Domingo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000

FECHA: Domingo 21/10/2018

SENTIDO: Ambos Sentidos

CONTADOF Royman -Carlos

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	Camionetas PickUPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C 3	C 4	C2R2	C2R3	T3 S1=4e	T3 S2	T3 S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agric		
6 am	7 am	7	0	0	8	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
7 am	8 am	14	2	1	14	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
8 am	9 am	31	2	1	6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
9 am	10 am	27	1	1	11	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	45
10 am	11 am	11	0	3	9	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
11 am	12 md	12	0	0	21	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
12 md	1 pm	7	4	2	22	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	42
1 pm	2 pm	28	0	3	14	0	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
2 pm	3 pm	18	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
3 pm	4 pm	14	3	3	9	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
4 pm	5 pm	9	1	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
5 pm	6 pm	17	2	9	12	0	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
Volumen (12 horas diurnas)		195	15	34	144	0	1	8	22	19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	444

Fuente: elaborado por sustentantes

Tabla 51 Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

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, Cuadraciclos,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 pasejeros 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. Tambien se incluyen las fugonetas 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, tambien se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017.Pag. 32

Tabla 52 Factores de Expansión EMC 107.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

ESTACION DE MAYOR COBERTURA 107
SEBACO - EMPALME SAN ISIDRO
FACTORES - 2017

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

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	1.28	1.30	1.34	1.28	1.32	1.33	1.19	1.33	1.51	1.41	1.00	1.51	1.00	1.00	1.09	1.00	1.17
Factor Semana	1.02	1.03	1.02	0.99	0.98	1.50	1.00	0.87	0.89	0.88	0.86	0.91	1.00	1.00	0.93	1.00	0.95
Factor Fin de Semana	0.96	0.92	0.94	1.02	1.05	0.55	1.00	1.57	1.42	1.55	1.71	1.35	1.00	1.00	1.24	1.00	1.16
Factor Expansión a TPDA	1.48	1.09	1.11	1.00	1.03	1.00	1.05	1.02	1.01	1.05	0.86	0.92	1.00	1.00	0.89	0.81	0.99

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	1.23	1.30	1.32	1.29	1.36	1.30	1.17	1.30	1.40	1.32	1.00	1.57	1.00	1.00	1.13	2.00	1.19
Factor Semana	0.96	1.00	1.02	0.96	0.94	0.98	0.95	0.88	0.86	0.86	1.00	0.91	1.00	1.00	0.86	1.00	0.92
Factor Fin de Semana	1.11	0.99	0.95	1.13	1.18	1.06	1.15	1.53	1.66	1.74	1.00	1.35	1.00	1.00	1.71	1.00	1.30
Factor Expansión a TPDA	0.61	0.87	0.87	0.94	0.93	0.95	0.90	0.96	0.92	0.87	1.48	1.02	1.00	1.00	1.16	0.76	0.83

actores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

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
actor Día	1.19	1.25	1.25	1.25	1.27	1.22	1.19	1.31	1.43	1.38	1.00	1.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.23
actor Semana	1.02	1.02	1.02	0.95	0.98	1.14	0.97	0.88	0.88	0.89	0.86	0.95	1.00	1.00	0.78	1.00	0.90
actor Fin de Semana	0.96	0.96	0.96	1.17	1.05	0.76	1.09	1.50	1.51	1.43	1.71	1.17	1.00	1.00	3.38	1.00	1.36
actor Expansión a TPDA	1.47	1.08	1.06	1.07	1.05	1.05	1.07	1.02	1.08	1.11	0.86	1.08	1.00	1.00	0.98	2.27	1.27

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017Pag..

Tabla 53 Listado Histórico TPDA Estación 107.

2016	989	1436	390	2190	153	11	239	446	507	113		424			14	1	22	6,935
2015	786	1,094	381	1,945	123	19	237	395	446	88	1	444		1	12		22	5,994
2014	654	947	374	1,760	77	14	234	419	412	57	1	377			8	1	15	5,350
2013	539	949	325	1,551	100	10	231	408	393	65		356			10	1	16	4,954
2012	435	916	353	1,581	57	14	237	435	358	56	8	374			6	1	12	4,843
2011	355	870	353	1,503	49	9	226	400	329	53	1	352			6	1	10	4,517
2010	306	871	356	1,492	43	8	228	353	288	44		327			8		10	4,334
2009	293	812	337	1,389	40	8	216	332	287	48		321			7	1	10	4,101
2008	222	705	356	1,394	44	13	229	335	351	47		380			8		9	4,092
2007	139	676	341	1,344	36	12	266	337	299	41		343			7		12	3,853
2006	123	687	349	1,362	39	13	269	317	298	44	1	326			7		14	3,849
2005	88	540	335	1,208	34	10	243	270	277	37	4	348			5		5	3,405
2004	104	594	359	1,267	38	13	228	284	309	37	1	369	1		9		9	3,622
2003	103	550	362	1,239	36	10	221	270	296	34	1	291	1		6	1	7	3,428
2002	135	468	360	1,300	35	5	207	244	295	38	2	161		0	14	0	7	3,272
2001	107	361	320	1,295	35	6	203	229	322	46		170			19		9	3,122
2000	108	287	325	1,230	26	5	190	204	309	31	1	171		0	11	0	7	2,905
1999	117	293	361	1,241	19	6	165	193	350	40	2	148	0	0	16	0	10	2,960
1998	91	305	292	1,073	23	4	121	97	269	23	1	102		1	9		11	2,422
1997	112	263	260	1,079	13	2	120	140	249	32	1	84		1	19		15	2,390
1996	99	254	254	967	12	28	113	114	300	38	1	85	1	1	25	1	12	2,305

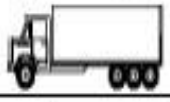
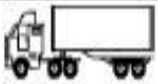
Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017.Pag. 110.

Tabla 54 Cargas Permisibles por tipo de Vehículo. (Vehículos Liviano y Pasajeros)

Tipo de Vehiculo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Tabla 55 Diagrama de Cargas Permisibles por tipo de Vehículo. (Vehículos Pesados)

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
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: Ministerio de Transporte e Infraestructura vial (MTI)

Tabla 56 Sondeos de Suelos

CONSULTRANS, S. A.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS

FECHA : _____

PROYECTO : ADOQUINAMIENTO DE 569M DE CALLES EN LA CIUDAD DE Estelí

PROCEDENCIA : SONDEOS DE LÍNEA

Calle 1

ESTACION	DESVIACION METROS	PROFUNDIDAD EN CM	MUESTRA No	% QUE PASA POR TAMIZ											CLASIFIC H.R.B.	CBR		
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	L.L.	I.P.		90%	95%	100%
Calle 1 Sondeo # 1																		
0+000		0.0-15	1	74	64	52	44	28	19	17	13	9	45	16	A-2-7(o)	18	15	39
0+000		0.15-0.45	2			85	75	52	34	30	23	17	52	21	A-2-7(4)	18	17	39
0+000		0.45-1.30	3			93	90	70	52	48	38	27	47	15	A-2-7(1)	18	16	39
Sondeo # 2																		
0+052		0.0-0.40	4	89	67	46	39	28	21	18	15	12	42	14	A-2-7(o)	18	15	39
0+052		0.40-1.10	5		79	65	48	36	25	21	17	14	36	11	A-2-4(o)	35	20	98
Sondeo # 3																		
0+086.66		0.0-0.30	6						100	99	92	63	45	16	A-7-5(9)	3	7	6
0+086.66		0.30-0.80	7							99	94	50	46	14	A-7-6(5)	1.5	4	2.5
0+086.66		0.80-1.50	8					95	89	83	48	21	34	10	A-2-4(o)	35	20	98
Sondeo # 4																		
0+136.51		0.00-0.20	9	89	67	46	39	28	21	18	15	12	42	14	A-2-7(o)	18	15	39
0+136.51		0.20-0.45	10			95	88	61	43	39	30	21	45	16	A-2-7(o)	18	15	39
0+136.51		0.45-1.45	11				97	85	71	70	61	46	47	15	A-7-6(15)	1.5	5	2.5
Sondeo # 5																		
0+186.89		0.0-0.50	12	89	67	46	39	28	21	18	15	12	42	14	A-2-7(o)	18	15	39
0+186.89		0.50-1.50	13						100	99	93	80	52	21	A-7-6(15)	1.5	5	2.5
Sondeo # 6																		
0+236.51		0.0-0.15	14	89	67	46	39	28	21	18	15	12	42	14	A-2-7(o)	18	15	39
0+236.51		0.15-1.50	15			97	95	78	66	62	54	39	44	14	A-7-5(2)	3	3	6
Sondeo # 7																		
0+267.26		0.0-1.35	16						100	92	82	71	46	14	A-7-6(10)	1.5	2	2.5
Calle 2 Sondeo # 8																		
0+000		0.0-0.35	17		84	69	57	32	20	16	13	11	42	14	A-2-7(o)	18	15	39
0+000		0.35-0.80	18		77	61	52	39	30	25	19	14	36	13	A-2-6(o)	14	18	52
0+000		0.80-1.45	19						100	92	82	71	46	14	A-7-6(10)	1.5	2	2.5
Sondeo # 9																		
0+060		0.0-0.40	20		87	75	64	42	26	22	19	16	52	21	A-2-7(o)	18	15	39
Sondeo # 10																		
0+095.33		0.0-1.50	21						100	92	82	71	46	14	A-7-6(10)	1.5	2	2.5
Sondeo # 11																		
0+109.09		0.0-0.35	22	91	85	70	60	34	14	11	7	6	34	10	A-2-4(o)	35	20	98
0+109.09		0.35-1.30	23		86	72	61	42	30	25	20	14	42	14	A-2-7(o)	18	15	39
Sondeo # 12																		
0+142.79		0.0-0.35	24	91	85	70	60	34	14	11	7	6	34	10	A-2-4(o)	35	20	98
0+142.79		0.35-1.30	25	94	84	78	72	56	44	35	27	22	43	15	A-2-7(1)	18	16	39
Sondeo # 13																		
0+185.75		0.0-1.50	70		85	53	46	34	27	23	18	13	36	13	A-2-6(o)	14	18	52
calle 3 Sondeo # 14																		
0+000		0.0-0.30	6						100	99	92	63	45	16	A-7-5(9)	3	7	6
0+000		0.30-0.80	7							99	94	50	46	14	A-7-6(5)	1.5	4	2.5
0+000		0.80-1.50	8					95	89	83	48	21	34	10	A-2-4(o)	35	20	98
Sondeo # 15																		
0+056.63		0.0-0.35	27	94	84	78	72	56	44	35	27	22	43	15	A-2-7(1)	18	16	39
0+056.63		0.35-1.30	28						100	92	82	71	46	14	A-7-6(10)	1.5	2	2.5
Sondeo # 16																		
0+116.06		0.0-0.10	29	91	85	70	60	34	14	11	7	6	34	10	A-2-4(o)	35	20	98
0+116.06		0.10-0.30	30		93	82	71	53	41	34	27	19	40	13	A-2-6(o)	14	18	52
0+116.06		0.30-1.39	31						100	92	87	71	46	14	A-7-6(10)	1.5	2	2.5

Estratigrafía del suelo 1 Calle 1

calle 1							
cm	0+000	0+052	0+086.6	0+136.51	0+186.89	0+236.51	0+267.26
10	a 2-7(0)	a 2-7(0)	A 7-5(9)	a 2-7(0)	a 2-7(0)	a 2-7(0)	A 7-6(10)
20	A 2-7(4)			a 2-7(0)		A 7-5(2)	
30							
40			A 7-6(5)				
50	A 2-7(1)	A 2-4(0)		A 7-6(15)	A 7-6(15)		
60			A 2-4(0)				
70							
80							
90							
100							
110							
120							
130							
140							
150							

Fuente: elaborado por sustentantes

Estratigrafía del suelo 2 Calle 2

calle 2						
cm	0+000	0+060	0+095.33	0+109.09	0+142.79	0+185.75
10	a 2-7(0)	a 2-7(0)	A 7-6(10)	A 2-4(0)	A 2-4(0)	A 2-6(0)
20						
30						
40	A 2-6(0)			a 2-7(0)	A 2-7(1)	
50						
60						
70	A 7-6(10)					
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						

Fuente: elaborado por sustentantes

Estratigrafía del suelo 3 Calle 3

calle 3			
cm	0+000	0+056.63	0+116.06
10	A 7-5(9)	A 2-7(1)	A 2-4(0)
20			A 2-6(0)
30			
40	A 7-6(5)	A 7-6(10)	
50			
60			A 7-6(10)
70	A 2-4(0)		
80			
90			
100			
110			
120			
130			
140			
150			

Fuente: elaborado por sustentantes.