

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARGAUA
RECINTO UNIVERCITARIO “RUBEN DARIO”
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN



ESTUDIO DE INGENIERIA Y PROPUESTA DE DISEÑO DE 1,464.07 ML DE
PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COMARCA MANUEL LANDEZ, UBICADA EN EL
MUNICIPIO DE TICUANTEPE DEPARTAMENTO DE MANAGUA,
AGOSTO 2013 A OCTUBRE 2013

TRABAJO MONOGRAFICO

AUTORES:

Br. Ricardo Antonio Padilla Navarro

Br. Ervin Iván Rodríguez Medrano

TUTOR:

Ing. Wilber Javier Pérez Flores

ASESORES:

Ing. Francisco Ernesto Cuadra Chevez

Ing. Osvaldo Ramón Balmaceda

MANAGUA NICARAGUA 02 SEPTIEMBRE 2013.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Managua 02 Septiembre del 2013

Doctor

Víctor Rogelio Tirado Picado

Director Departamento de Construcción

Facultad de ciencias e ingenierías

UNAN-MANAGUA

Su Despacho

Estimado Dr. Tirado:

Por medio de la presente tenga a bien comunicarle que la Bachilleres: **RICARDO ANTONIO PADILLA NAVARRO Y ERVIN IVÁN RODRÍGUEZ MEDRANO**, han concluido de manera satisfactoria el trabajo de tesis monográfica denominado **“Estudio de Ingeniería y Propuesta de Diseño de 1,464 ml de Pavimento Rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el Municipio de Ticuantepe Departamento de Managua Agosto 2013 a Octubre 2013”**.

No omito manifestarle que han trabajado con alto grado de independencia y creatividad en el desarrollo de la actual Tesis Monográfica.

El presente trabajo cumple con los requisitos y estándares establecidos por la universidad (UNAN-Managua) para que los Bachilleres opten al Título de Ingeniero Civil.

Sin más a que referirme, me despido de Usted

Atentamente

ING. WILBER JAVIER PÉREZ FLORES

Tutor

Facultad de Ciencias e Ingenierías

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias en todo a Dios porque esta es la voluntad para con nosotros en Cristo Jesús. Y bien aventurado el hombre a quien Jehová no culpa de iniquidad, y en cuyo espíritu no hay engaño. No olvidando que el ser humano necesita siempre del conocimiento y dirección de nuestro creador.

A nuestros padres:

Jorge Padilla López y Lilliam Navarro Prado.
José Rodríguez y Celia Medrano.

Por el sacrificio y amor sin límite mostrado durante todo el tiempo. Gracias a ellos ahora hemos subido un peldaño más en nuestra lucha por alcanzar el éxito. Sabemos que nunca podríamos recompensar por todo lo recibido, pero la felicidad de vernos culminar nuestra carrera profesional, es todo lo que necesitan para sentir que hemos valorado su esfuerzo con amor.

A nuestro tutor Ing. Wilber Javier Pérez Flores por dedicar su tiempo para la realización del trabajo monográfico.

A nuestros asesores Ingeniero Ernesto Cuadra y el Ingeniero Osvaldo Balmaceda, también a todos los docentes que con mucho empeño transmitieron sus conocimientos para formarnos como profesionales.

A su vez queremos agradecer a todas las personas involucradas en nuestras vidas, que con su invaluable apoyo de una u otra manera nos ayudaron a salir a adelante.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en especial a Dios por ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida, quien me ha guiado por buenos caminos.

A mi Padres: Jorge Padilla y Lilliam Navarro, quienes me dieron la vida y amor.

A mis dos hermanos: Aldair Padilla y William Padilla, quienes son mi inspiración.

A todos mis tíos, tías y primos, con quienes he compartido incontables momentos.

En especial a mis tías, Martha Navarro y Melba Navarro por su apoyo incondicional, quienes me han enseñado a tener coraje para alcanzar mis objetivos y poder trazarme nuevas metas.

Sin olvidar a todas aquellas personas que me apoyaron y creen en mí.

Por todos ellos “soy lo que soy”

Infinitas gracias.

Ricardo Antonio Padilla Navarro.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis padres, José Rodríguez y Celia Medrano, gracias por su apoyo, la orientación que me han brindado, por iluminar mi camino y darme la pauta para poder realizarme en mis estudios y vida. Agradezco los consejos sabios que en el momento exacto han sabido darme para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, gracias por su paciencia y esas palabras sabias que siempre tienen para mis enojos, mis tristezas y mis momentos felices, por ayudarme a tomar las decisiones que me ayuden a balancear mi vida, gracias por ayudarme a cumplir mis sueños y sobre todo gracias por el amor tan grande que me dan, los quiero mucho.

Mis hermanos, Rudy Antonio (QEPD), a pesar de haberlo perdido a muy temprana edad, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo), **Bayron Enrique (QEPD)**, gracias por todo lamentablemente no te tengo aquí pero sé que me cuidas desde el cielo, **Rosa Irene, Janny Israel** gracias por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar .

Luis Gámez (QEPD), gracias maestro por haber hecho posible la escuela de ingeniería en esta universidad, gracias a tu lucha muchos hemos logrado salir profesionales de esta institución prestigiosa

Pedro Valle (QEPD), gracias amigo por tu apoyo incondicional hacia mí y mi familia en aquellos momentos difíciles.

Tomas Delgado, Manuel Delgado, gracias amigos por su paciencia y la comprensión que tuvieron conmigo durante mi estadía con ustedes.

Dios no te hubiera dado la capacidad de soñar sin darte también la posibilidad de convertir tus sueños en realidad. "Hector Tassinari"

Erwin Ivan Rodríguez Medrano.

SIGLAS

AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials.
BG:	Base granular.
BEC:	Base estabilizadora de cemento.
BM:	Banco Maestro
CBR:	Soporte de California del suelo (valor relativo de soporte del suelo.)
CIGEO:	Centro de Investigaciones Geocientificas
D:	Dobela
EALS:	Ejes equivalentes definidos por procedimiento (Equivalent Axels Load System.
EIA:	Evaluacion Impacto Ambiental.
FUNDENIC:	Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Sostenible
HRB:	Higway Research Board
INIDE:	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
INTUR:	Intituto Nicaraguense de Turismo
INETER:	Intituto Nicaraguense de Estudios Territoriales.
SIECA:	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SUCS:	Unified Soil Clasification System.
SN:	Suelo natural o subrasante.
VHMA:	Volume Horario Maximo Anual.
VHMD:	Volume Horario Maximo Demanda.
FHMD:	Factor de Hora de Maxima Demanda.
MR:	Módulo de Resilencia del concreto.
MTI:	Ministerio de Transporte e Ifraestructura
G_{max} :	Grado Maximo de Curvatura
E_{max} :	Peralte Maximo
TP:	Trafico Promedio
TC:	Tiempo de Concentracion
TD:	Transito de Diseño
TPDA:	Transito Promedio Diario Anual
PCA:	Asociación Americana del Cemento Portland

INDICE

Contenido	Pagina
INTRODUCCIÓN	10
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	12
I CAPITULO ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	13
1.1-MARCO TEÓRICO	13
1.2- DISEÑO METODOLÓGICO	16
1.3-GENERALIDADES DEL MUNICIPIO	18
II CAPITULO ANALISIS AMBIENTAL (EIA)	25
2.1-ANALISIS DEL IMPACTO AL MEDIO AMBIENTAL.....	25
III CAPITULO ESTUDIO DE INGENIERIA PREVIOS	30
3.1-ESTUDIO TOPOGRÁFICO	30
3.2-ESTUDIO GEOTÉCNICO	34
3.3.-ESTUDIO DE TRANSITO	42
3.4-ESTUDIO HIDROLÓGICO	53
IV CAPITULO PROPUESTA DE DISEÑO DE CARPETA DE RODAMIENTO ..	64
4.1- DISEÑO GEOMÉTRICO	64
4.2-DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	90
4.3-DISEÑO HIDRÁULICO	94
V CAPITULO DOCUMENTOS DE OBRA	103
5.1-PRESUPUESTO DETALLADO	103
5.2- CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA.	130
5.3-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	132
CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES	148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
ANEXOS	150

ANEXOS

Contenido	Página
Clasificación de los terrenos -----Tablas A-II.1.1	157
Ensaye de proctor compactación de suelo-----Tablas A-II.2.1	157
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s1m1) ¹ -----Tabla A-II.2.2	158
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s1m2) -----Tabla A-II.2.3	158
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s1m3) -----Tabla A-II.2.4	159
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s1m4) -----Tabla A-II.2.5	159
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s2m1) -----Tabla A-II.2.6	160
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s2m2) -----Tabla A-II.2.7	160
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s2m3) -----Tabla A-II.2.8	161
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s2m4) -----Tabla A-II.2.9	161
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s2m5) -----Tabla A-II.2.10	162
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s2m6) -----Tabla A-II.2.11	162
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s3m1) -----Tabla A-II.2.12	163
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s3m2) -----Tabla A-II.2.13	163
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s3m3) -----Tabla A-II.2.14	164
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s4m1) -----Tabla A-II.2.15	164
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s4m2) -----Tabla A-II.2.16	165
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s4m3) -----Tabla A-II.2.17	165
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s4m4) -----Tabla A-II.2.18	166
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s5m1) -----Tabla A-II.2.19	166
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s5m2) -----Tabla A-II.2.20	167
Ensayes/granulometría y Limites (muestra s5m3) -----Tabla A-II.2.21	167
Ensaye de granulometría D422-----Tabla A-II.2.2.1	168
Ensaye de plasticidad-----Tabla A-II.2.2.2	168
Ensaye de gravedad específica-----Tabla A-II.2.2.3	169
Nivel de servicio v/c, para carreteras de dos carriles----Tabla A-III.3.1	170
Factores de ajuste por distribución direccional-----Tabla A-III.3.2	171
Categorías de tránsito para la selección de espesores---Tabla A-II.3.1	172
Las siglas tienen significado -----Tabla A-II.2.1	172
Clasificación de la subrasante -----Tabla A-III.3.2	172
Denominación del sistema de transferencia de carga---Tabla A-III.2.3	173
Clasificación de los materiales de soporte-----Tabla A-III.2.4	173

¹S1m1: significa sondeo #1 , muestra #1

Valores de resistencia a la flexotracción-----Tabla A.III.2.5	173
Factores por efecto combinado de carriles angostos.____ Tabla	174
Automóviles equivalentes por camiones y autobuses en función del tipo de terreno. Carretera de dos carriles----- Tabla A-II.3.4:	174

FOTOS

Sondeos manuales-----A-II.2.1	175
Ensayes laboratorios realizados en el CIGEO-----A-II.2.2	175
Inicio del tramo de camino -----A.II.3.1	176
Final del tramo de camino -----A.II.3.2	176
Transito C-2 circulando por la vía-----A.II.3.3	177
Transito circulando por la vía----- A.II.3.4	177

PLANOS

Figura GVA Diagrama de duración en tiempo óptimo para la ejecución del proyecto	
Figura GV - 0. Plano de localización del sitio del proyecto	
Figura GV-1. Sección típica, localización del banco de materiales.	
Figura GV- 2_6 Planta perfil y volúmenes de tierra.	
Figura GV-7_16. Conjunto de secciones transversales.	
Figura GV-17 Detalles de badén trapezoidales y triangular.	
Figura GV-18 Sección de las curvas del camino.	

INTRODUCCIÓN

La favorable posición geográfica de Ticuantepe, ubicada a tan solo 18 kilómetros de la capital Managua, facilita el desarrollo de los principales rubros económicos, tales como turismo, comercio, agricultura etc. siendo de suma importancia la habilitación de nuevas vías de carreteras. Por tal razón la alcaldía de Ticuantepe, dentro de su plan de inversión municipal contempla desarrollar el proyecto “Construcción con concreto hidráulico de un tramo de camino Ticuantepe-Manuel Landez”, cuyo estudio y diseño será el objetivo principal del presente trabajo monográfico.

EL Transporte en TICUANTEPE es público y privado. La línea de buses que cubre la ruta Managua - TICUANTEPE funciona de manera organizada a través de la única cooperativa de buses llamada "TICONSAN". El recorrido que realiza el transporte es solamente en la vía principal de acceso al municipio, la que atraviesa los barrios Medardo Andino, Repto. Juan Ramón Padilla, Comunidad Sandino, Eduardo Contreras, La Borgoña y Humberto Ruiz. La población rural ubicada al noroeste del municipio, utiliza el transporte colectivo de la ruta Concepción- Managua y TICUANTEPE-Masaya. Dicho proyecto se ubica específicamente donde fue la terminal de buses del municipio de Ticuantepe (costado oeste de la iglesia católica) y avanza en dirección suroeste hasta llegar al kilómetro 19 de la carretera a Masaya.

La elaboración del diseño del proyecto requerirá la realización de diversos estudios tales como: Estudio topográfico, de suelo, tránsito, hidrológico etc., fundamentando cada criterio de diseño en la normas Nic-2000, AASHTO, SIECA y haciendo uso del método de la ASSHTO y manuales de diseño de concreto para bajos medios y altos volúmenes de tránsito utilizados en Colombia.

Se ha decidido hacer uso del concreto hidráulico por razones de durabilidad y mantenimiento, ya que está comprobado que este tipo de estructura se proyecta con una vida útil comprendida entre 20 y 40 años, el mantenimiento preventivo se le realiza con una frecuencia de cada 10 años aproximadamente.²

² Fuente: Arquitectura & Construcción de edición 49 de la CEMEX México

JUSTIFICACIÓN

La comunicación terrestre es parte fundamental en el desarrollo económico y social de un país. Los productores agrícolas y ganaderos de Nicaragua demandan todos los años la apertura, habilitación y reparación de nuevas vías de carretera para sacar sus productos a lo interno y fuera del país. El gobierno busca como solucionar el problema e invierte millones de dólares en infraestructura vial para reducir al mínimo las pérdidas económicas generadas por el problema de comunicación, sobre todo en la época lluviosa.

Con el diseño y ejecución de la estructuras de rodamiento, más las obras de drenaje superficial que se estime conveniente realizar en esta vía del municipio de Ticuantepe, se pretende en lo general brindar una mejor calidad de vida para sus habitantes y pobladores aledaños a dicho sector. La alcaldía de Ticuantepe lograría de esta manera dar respuesta a aproximadamente a 400 familias que demandan dicho proyecto. Con respecto a los pobladores adjuntos al proyecto utilizan el transporté privado en este caso caponeras o moto-taxis para llegar a la terminal de buses.

De forma indirecta el proyecto de 1.464 km contribuirá significativamente al incremento de la red de infraestructura vial y desarrollo del municipio, pero más importante aún, será el logro de articular directamente el municipio con la carretera panamericana, obteniéndose una ruta alterna de menor longitud y mayor seguridad al tramo existente en este momento.

Entre los principales logros directos que percibiría la población de Ticuantepe, se encuentran los siguientes:

- Disminución de los brotes epidémicos causados por el polvo, charcos etc., durante las diferentes épocas climáticas del año.
- Mayor facilidad para los agricultores en sacar sus productos a los departamentos sobre todo en épocas de invierno.
- Aumento de plusvalía en los terrenos aledaños al tramo que se pretende construir.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un estudio de Ingeniería y propuesta de Diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, Departamento de Managua.

Objetivos Específicos

1. Análisis el impacto, al medio ambiente que generaría la obra de construcción, durante y después que se ejecute el proyecto.
2. Efectuar los estudios de ingeniería que conllevaría dicha obra: (Estudio topográfico, Geotécnico, Transito, Hidrológico.)
3. Propuesta de la estructura de pavimento rígido, a lo largo del tramo de camino a fin de garantizar la durabilidad de la estructura, con un diseño hidráulico y geométrico que cumpla con las normas de seguridad mínima y de menor costo posible.
4. Determinar el costo total estimado del proyecto “Construcción de pavimento rígido del tramo de camino Ticuantepe-Manuel Landez, de 1,464.07 metros lineales de carretera”.

I CAPITULO ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1-MARCO TEÓRICO

Para la realización de estudio de ingeniería del proyecto Ticuantepe Manuel Landez, específicamente del diseño del pavimento rígido es indispensable: el levantamiento topográfico, los estudios de suelo, tránsito, hidrológico, así como análisis ambiental que conlleva el proyecto.

- A. El análisis Impacto Ambiental. (E.I.A.): Se realizara un diagnóstico de la situación ambiental actual del área de influencia directa e indirecta afectada por el proyecto, y luego se determinaran los efectos ambientales causados durante la etapa de construcción y operación de la obra; de tal forma que se realice una tabla de impacto, ya sean positivos o negativos, estos últimos son causados generalmente al medio ambiente. A los impactos negativos se les propone una medida de mitigación y luego se comparan con los impactos positivos para neutralizar, es decir obtener el punto de equilibrio más cercano entre los dos.

Decreto presidencial 76-2006

Tiene por objeto, establecer las disposiciones que regulan el sistema de evaluación ambiental de Nicaragua; es aplicable a:

Planes y Programas de Inversión Sectoriales y Nacionales, de conformidad con el artículo 28 de la Ley No. 290 (Ley de Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo).

Actividades, Proyectos, Obras e Industrias sujetos a realizar estudios de Impacto ambiental descritos en el capítulo IV del decreto presidencial en mención. El estudio impacto ambiental se especifican las normas a cumplir durante el proceso de construcción del tramo de calle en estudio.

- B. Estudio de Tránsito: El adecuado diseño de la estructura de pavimento depende de la determinación del flujo vehicular los tipos de vehículo que circulan. Cabe señalar que el aspecto más relevante, en la estructura de pavimento, corresponde a la resistencia de las capas, las cuales deben de ser adecuadas para atenuar los esfuerzos de expansión y compresión generados por el tránsito, el agua y la intemperie.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

El estudio de tránsito debe realizarse a partir de la información siguiente:

Tránsito promedio diario anual (TPDA).

Tipos de vehículos que transitan.

Tasa anual de crecimiento vehicular.

El conteo vehicular se ejecutará durante una semana continua en un período de doce horas comenzando a las 06:00 am y finalizando a las 16:00 pm, clasificando los vehículos por categoría. Con estos resultados se calculará el tránsito promedio anual (TPDA) tomando en cuenta los valores del producto interno bruto (PIB), tasa de crecimiento poblacional y tasa de crecimiento vehicular (i).

El tránsito de diseño (TD), se calcula no sin antes conocer el factor de crecimiento que se obtiene con la siguiente fórmula: i (tasa de crecimiento) n (número de años).

$$F_c = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365$$

Para realizar una proyección del tránsito se calculará el tránsito de diseño (TD).

$$TD = T_n * F_c * F_d * F_c'$$

T_n = TPDA (tránsito promedio anual)

F_c = factor de crecimiento.

F_d = factor direccional.

F_c' = factor carril.

C. El Estudio de Suelo tiene la finalidad de conocer las características geotécnicas del sub-suelo.

El estudio de suelos comprenderá de las siguientes actividades:

- Realización de varios sondeos manuales en el sitio del proyecto.
- Extracción de muestras de cada estrato y su clasificación visual In Situ.
- Extracción de muestras de bancos de materiales.
- Ensayos de laboratorio.

Los sondeos manuales consisten en la perforación de huecos a una profundidad máxima de 1.50 m para la extracción de muestras, las cuales posteriormente serán analizadas a través de los ensayos siguientes:

- Análisis granulométrico de suelos
- Limite líquido de suelos
- Índice de plasticidad de suelos
- Ensayos proctor modificado.
- Ensayo CBR.

Los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos para diseño de pavimentos de carreteras son: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System (S.U.C.S). La etapa final de este proyecto será el diseño de pavimento rígido, que consiste en la determinación del espesor adecuado de la carpeta de rodamiento, la cual se diseñaran tomando en cuenta los estudios de tránsito y suelo para obtener los siguientes parámetros de diseño según especificaciones y nomogramas:

- Esal: cálculo de los ejes equivalentes partiendo del tránsito de diseño.
- R: confiabilidad.
- Zr: desviación estándar
- Mr.: módulo de Resilencia de la subrasante.
- m: coeficientes de drenaje.
- a: coeficientes de las capas de pavimento rígido.
- D: espesores de capas de pavimento
- SN: número estructural.

D. Para la determinación de Estructura de Pavimento se manejara con un manual Colombiano regido por los métodos de diseño recomendado por la AASHTO (asociación americana de autoridades estatales de carretera y transporte) así como los de la PCA (Asociación Americana del Cemento Portland) se calcula con las siguientes formulas:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 * m_3} \quad D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2}$$

1.2- DISEÑO METODOLÓGICO

Los objetivos propuestos se obtendrán a través de la definición de variables de interés, recopilación de información en todas las fuentes de información existentes, medición de las variables de interés en campo así como el procesamiento y el análisis de los datos obtenidos.

El estudio de tránsito se realizará con el propósito de conocer el tráfico vehicular del sitio del proyecto que es un factor incidente en el diseño de la estructura de pavimento.

- Se procederá a realizar un aforo de tránsito o conteo vehicular en el sitio del proyecto donde se requiere conocer la demanda vehicular. Seguidamente se analizará toda la información recopilada en el sitio.
- Con la información recabada se obtendrá el volumen de tránsito y se clasificarán los vehículos por categoría.
- Se procesarán todos los datos de campo y se proyectará el tránsito a un periodo de diseño estimado.
- El diseño lo obtendremos correlacionando el tránsito de diseño calculado con los pesos de los ejes de cada tipo de vehículo.

Es necesario conocer las características del suelo en el sitio del proyecto a través de un estudio geotécnico que se realizaron en el laboratorio de materiales, en el CIGEO de la unan-Managua haciendo énfasis de la utilización de los posibles bancos de préstamos existentes en la zona, los cuales se requerirán para el diseño.

Se procederá a realizar varios sondeos manuales en el sitio del proyecto para extraer muestras de suelos las cuales serán llevadas al laboratorio de suelos para sus respectivos análisis y ensayos.

Una vez diagnosticado el tipo de suelo en el que se construirá la estructura de pavimento, se analizará si requiere o no un mejoramiento de la capa de sub-rasante, esto estará en dependencia de los resultados de laboratorio obtenidos.

Actualizada y recopilada toda la información de los estudios realizados, tales como suelo, tránsito se procederá a elaborar un diseño económico de la estructura de pavimento rígido planteada en este protocolo de investigación.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Para la definición de los espesores de las capas de pavimento, se utilizará el método. Diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984. Ambos métodos tienen características distintas y los espesores calculados con ellos, para condiciones similares, pueden ser diferentes, pese a lo anterior, se siguieron las recomendaciones de los dos métodos: para la elaboración de las cartas de diseño que se proponen en el catálogo de estructuras.

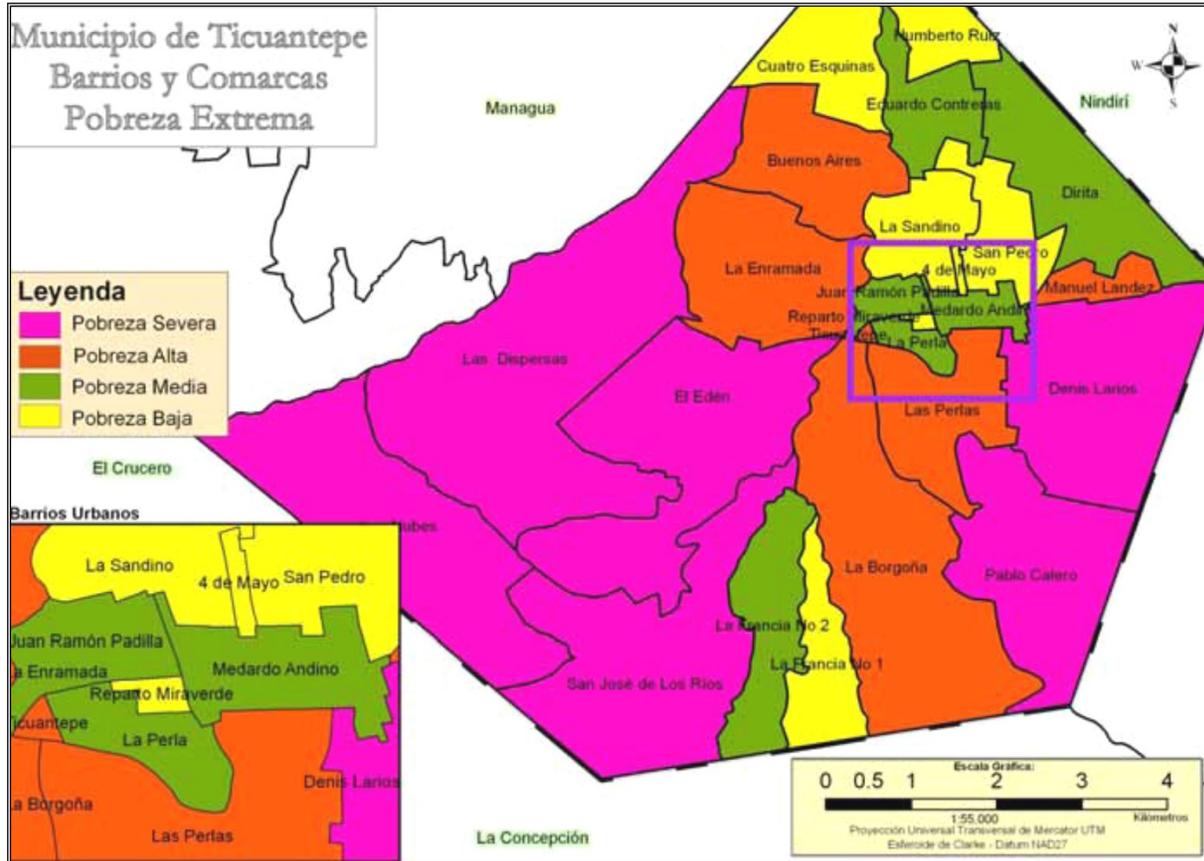
Se procederá al cálculo de los ejes equivalentes partiendo del tránsito de diseño y la determinación de los parámetros de diseño como confiabilidad, desviación estándar, módulo de resistencia, índice de servicio viabilidad inicial y final.

Una vez realizado todos estos estudios, se revisara el documento y se harán las respectivas recomendaciones y conclusiones para su entrega final.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Categoría del índice de pobreza de municipio.

Según datos del INIDE en la referencia de Mapa de Pobreza se caracteriza al Municipio como Categoría Pobreza Baja.



Mapa de pobreza INIDE. (Instituto Nacional de Información de Desarrollo.)⁴

Haciendo un análisis más detallado tenemos.

La Borgoña	Pobreza Alta	La Perla	Pobreza Media
Las Perlas		Juan Ramón Padilla	
La Enramada		Medardo Andino	
Ticuantepe		La Francia No 2	
Buenos Aires		Dirita	
Manuel Landez		Eduardo Contreras	

⁴ Mapa de pobreza INIDE. Población oficial de los derroteros Municipales de Nicaragua.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Las nubes	Pobreza severa	La Sandino	Pobreza Baja
San José de los Rizo		San Pedro	
La Dispersa		La Francia 1	
El Edén		Humberto Ruiz	
Denis Larios		Cuatro Esquinas	
Pablo Calero		4 de Mayo	
		Reparto Medardo	

⁵Ticuantepe en cifras INIDE

La tasa de crecimiento anual INIDE 1995-2005 Según datos del censo de población y vivienda INIDE. El crecimiento del municipio es de 1.3 % anual. Para el INIDE 2005-2020 se tiene una Proyección de 2.8 % la tasa de crecimiento poblacional.

Reseñas histórica.

Según algunas historias que cuentan los habitantes del municipio, los primeros pobladores fueron indígenas pertenecientes a las tribus de los Niquiranos que se establecieron en el valle de Ticuantepe, por las ventajas que estas ofrecían en la agricultura, la caza y el abastecimiento de agua. Se cree que se establecieron en las áreas rurales del municipio; en comunidades conocidas hoy día como: La Borgoña, La Francia, San José de los Ríos y otras, debido a que en estas comunidades se han encontrado vasijas de barro, algunos instrumentos utilizados en esa época.

Recientemente, se conoce que Ticuantepe se inicia como caserío en el año 1890, se cree que su formación se debió a un desplazamiento de la población de Nindirí, Cofradía, Veracruz y otras poblaciones aledañas al Volcán Santiago, afectadas por la lava del mismo volcán. Entre las primeras familias que se establecieron en el municipio se mencionan: Los Murillo, Ruíz, Flores, Martínez, Ortiz, Gutiérrez, Saballos, Ramírez, Mendoza entre otros.

También se menciona que en el mismo año, 1890, se construyó una presa de agua potable que dio origen a un caserío de unas 12 viviendas, llamadas en ese entonces "Las Pajas", posiblemente las familias mencionadas habitaron este caserío. Estas viviendas se fueron expandiendo en el territorio, llegando otras a establecerse y que

⁵ Ficha municipal INIDE

Nota: Los datos de pobreza no han sido actualizados por el INIDE.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

provenían de otros sitios. Este grupo de familias fueron creando sus propios servicios comunitarios, mejorándolos cuantitativa y cualitativamente al paso de los años.

En 1984 a partir de la regionalización, TICUANTEPE pasa a formar parte política y administrativamente de la Región III. En Octubre de 1989 y Abril de 1990, según la Ley de División Política Administrativa publicada en esas fechas, el municipio de TICUANTEPE, pasa a pertenecer al Departamento de Managua.

Aspectos precolombinos

TICUANTEPE tiende a destacarse por más de treinta sitios arqueológicos, con variedad de características, que permiten establecer los distintos periodos de ocupación humana para el área y las relaciones socioculturales que se produjeron en la época precolombina. En cuanto a este aspecto se realizan estudios en la zona por Historiadores y estudiantes de la Universidad Autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA.

Aspectos tradicionales y cultura

Tradicionalmente TICUANTEPE celebra las fiestas patronales del día de la Cruz, en el mes de Mayo. Estas fiestas se inician el 3 de Mayo y culminan el 13 del mismo mes. Durante las festividades se realizan desfiles hípicas, concursos de belleza, bailes, juegos mecánicos y se instalan temporalmente bares a la orilla de la "barrera", lugar donde se realizan las montadas de toros.

Algunos de los músicos y grupos de danza más representativos del municipio, los cuales han sido parte de eventos culturales promovidos por el Instituto Nicaragüense de Turismo INTUR, en las festividades patronales se pueden destacar:

- a) Grupos de Danza Xochipillin.
- b) Los Winner
- c) Estrellas del Futuro
- d) Grupo Getzamani.

En las distintas comunidades se celebran procesiones como las de la Virgen de Fátima y las celebraciones de Semana Santa. En el mes de Diciembre se celebra la procesión del "Niño Dios" y las misas de despedida del año viejo.

Suelos del municipio

Según estudios e historia de los suelos de Ticuantepe prevalecen los suelos Francos arenosos Vertisoles: De acuerdo a su fisiografía, formando parte de la provincia

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Volcánica del pacifico, que pretende la sub providencia de las cordilleras de los Maribios. Su relieve es de plano a ondulado en el sector central que corresponde las partes más bajas comprendidas entre 300 y 400 msnm hasta llegar a las partes más altas ubicadas en los extremos suroriental y suroccidental en alturas comprendidas entre los 400 y 600 msnm, el relieve es quebradizo e escarpado esta forma brinda por el suelo es propicia para la dedicación al cultivo de la piña (sector Norte) y cultivo de café (sector Suroeste).

Los suelos identificados como series y asociaciones de series (Serie Zambrano), que se caracterizan por originarse a partir de cenizas volcánicas y contienen en muchos casos, una capa endurecida en el perfil del suelo conocida con el nombre de talpetate. Los suelos son generalmente profundos, bien drenados, de texturas francas y franco arenosas de buena fertilidad. En el municipio predomina la clase de capacidad de uso VII con el 40% del área total, destinados para cultivos perennes, o para el desarrollo de bosques de producción de maderas preciosas o energéticas, esto debido al relieve irregular en donde las pendientes del terreno oscilan entre el 30 y el 50%, por lo tanto los suelos deben de permanecer con una cobertura forestal permanente para evitar el deterioro de los mismos a causa de la erosión hídrica principalmente.

Clima del municipio

El municipio de Ticuantepe en la actualidad todavía conserva condiciones climáticas privilegiadas (entre 22°C y 28°C) propias para el desarrollo agropecuario y forestal permitiendo al suelo realizar 2 siembra al año en postrera y primera. Las precipitaciones son bastante regulares, observándose solamente un 15% de variación (esto sucede principalmente en los eventos extremos de Niño y Niña) de la cantidad precipitada anual con respecto a la norma historia.

Los escenarios de cambio de precipitaciones no muestran incidencias graves para el desarrollo de la agricultura y ganadería, ya que las precipitaciones se mueven de un rango de 1300 a 1500 mm anuales a un rango de 1200 a 1400 mm anuales en el horizonte del tiempo al 2040, lo cual permite aun el buen desarrollo de la agricultura. Los escenarios de cambio de temperatura, muestran afectaciones importantes en las potencialidades del cultivo del café y el frijol en el municipio. Esto podrá traer consecuencias en la economía y en la seguridad alimentaria de la población.

Flora

La vegetación varía de acuerdo a los sectores según la altura y concentración de humedad una de las principales características en las coberturas boscosas que aún persisten en el municipio la cual cubre aproximada mente el 15% del territorio en las partes planas la vegetación es característica por ser un bosque alto de 20 a 40 m y cerrado con árboles maduros de especies latifoliado de follajes siendo las especies más frecuentes como el guajabón, ojoche, lechecuabo, guayabillo níspero, anona, chirimoya, huevo de burro, tempisque, higuierón, chilamate, mata palo, guarumo, limoncillo talalate, hule, cativo, uva de montaña, ceiba, burrillo, melero, lagartillo, quebracho, chaperón.

El 60% de la cobertura vegetativa está dominada por helechos, herbácea y bejucos. En el sector de la reserva el Chocoyero – El brujo, el bosque se caracteriza por ser de tipo tropical semi deciduos, de bajuras que es una asociación de guayabo, chirimoya y guabillo.

En los lugares húmedos y sombríos se encuentran begonias, palmeras, malangas y muchas plantas trepadoras conocidas como lianas. La biodiversidad vegetal de la reserva haciende a unas 138 especies correspondiente a 108 géneros y 68 familias siendo la familia Fabáceas, Meliáceas, Mimosácea Maraceae las más numerosas y los géneros más numerosos Ficus, trichilia e Ipomea (FUNDENIC 1996). En los bordes y laderas de los acantilados se nota un borde abierto (15 a 20 metros de altura) con síntomas de afectaciones por frecuentes derrumbes del paredón y por efectos de los gases del volcán Masaya en las partes abiertas sin vegetación arbóreas se encuentran muchos bejucos como convolvuláceas: batatillo y campanita azul (genero Ipomea) también se encuentra vegetación herbácea y arbustiva como piperáceas, zorrillos, chichicaste; quequisque de monte y pitahaya. El bosque de la reserva Montibelli tiene las características del bosque tropical seco, presentando en las partes altas, rasgos de un bosque de altura, propiciando una mayor variedad de especies de vida silvestre, tanto de animales como las plantas.

Fauna.

La destrucción de los bosques, que posee Ticuantepe ha provocado la disminución de fauna silvestre. Algunas especies han encontrado refugio en reservas naturales protegidas, mientras que otras merodean los alrededores según el plan de manejo de la reserva. El Chocoyero- el brujo las especies encontradas en la reserva existen; 23 especies de mamíferos, 50 especies de aves, 2 especies de reptiles, 1 especie de anfibios. La fauna existente consiste en venados, monos, pequeños felinos, urracas,

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

zopilotes, gavilanes, chichiltotes, conejos, ardillas, guatusas, gatos de monte, chocoyos, guardatinajas, garrobos, ranitas verdes de ojos rojos, zorros, boas, cascabeles, etc.

Manejo agroforestal.

El 0.8% posee tierras con relieve ondulado a ligeramente escarpado con pendientes de 15 a 30%, propias para cultivos anuales, semi-perennes y perennes con manejo silbo-pastoril, El 11.7% deberán destinarse para la producción de bosque de para producir madera preciosa. El 7.2% están en zonas cuya altitud es superior a los 500 metros sobre el nivel del mar, condiciones propicias para el establecimiento del cafetales.

Recursos Hídricos del municipio: Acuíferos. (Agua subterránea).

En el municipio de Ticuantepe se identificaron un total de 14 micro-cuencas, de las cuales 10 micro-cuencas se corresponden con la sub-cuenca III y 4 forman parte de la sub-cuenca IV. Las áreas de las sub-cuencas III y IV, en el municipio de Ticuantepe son de 50.45 y 13.94 km², para 78.4% y 21.6 %, respectivamente. Se determinó que además de las condiciones naturales del patrón de drenaje, se presenta una importante influencia de la intervención antrópica, reflejado principalmente a lo largo de la carretera a Masaya, así como algunos caminos, camino-cauces y desarrollos urbanos. De donde determinaron coeficientes de escorrentía promedios de 0.30 a 0.38. Por otro lado, las intensidades de lluvia varían de 74 a 180 mm/hora (10 años) y se incrementan del 12 al 15 % por cada período de retorno de 25, 50 y 100 años. Los caudales totales que influyen en el municipio de Ticuantepe, son los asociados a los 14 micros cuenca.

Desde el punto de vista de la calidad natural y del grado de agresividad de las aguas, predominan aguas incrustantes sin anomalías (por metales pesados, arsénico o termalismo) y en un pequeño sector en los alrededores del km. 14.5 carretera a Masaya, se encuentran aguas agresivas con efecto corrosivo sin anomalías. Las aguas de dichas zonas requieren mayores costos de inversión respecto a las zonas de aguas incrustantes. A fin de evitar el ataque corrosivo del ademe se requiere de cambio de material a base de acero inoxidable o PVC.

II CAPITULO ANALISIS AMBIENTAL (EIA)

2.1-ANALISIS DEL IMPACTO AL MEDIO AMBIENTAL.

En este capítulo abordaremos el análisis de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) el cual se concentra en los problemas, conflictos o restricciones que podrían afectar el éxito de un proyecto y como puede verse afectada la población en la etapa de construcción del proyecto. La evaluación de impacto ambiental de este proyecto tiene como ejes de estudio el estado actual de los recursos naturales, la calidad del medio ambiente y la estrecha relación que con estos mantienen los sectores poblacionales y productores de la zona, y además de la incidencia que sobre esos factores podría tener el proyecto. El mecanismo técnico que conducen a la evaluación directa o indirecta. Identifica, evalúa y cuantifica los impactos que podrían ocurrir por tanto determina las medidas de mitigación y define un plan de gestión ambiental para su implementación. De la misma manera, se analizan los aspectos positivos y los posibles negativos que tendrá el proyecto en el área de influencia en el medio ambiente.

El daño provocado en el medio es un daño reversible, porque se recuperaría en el tiempo ya sea corto, mediano o largo plazo, no necesariamente restablecida en la base original.

Se debe tener claro que las construcciones horizontales (camino, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, oleoductos, etc.), en mayor o menor grado, afectan negativamente al medio ambiente al extenderse sobre terrenos de variadas características y condiciones, alterando ecosistemas y recursos naturales. Estos efectos se producen de varias maneras, entre ellas podemos citar:

- a) Alteración de los patrones de drenaje de la zona de emplazamiento.
- b) Concentración de escorrentía, erosión de suelos y sedimentación.
- c) Perturbación del hábitat de la flora y la fauna.
- d) Reubicación de asentamientos humanos y/o irrupción en la vida de las comunidades aledañas.
- e) Contaminación del aire, el suelo, el agua (ríos, lagos, agua freática, mares, etc.).

Para contrarrestar los efectos negativos de la construcción de la vía sobre su entorno natural es requerido por ley que quien planifica y financia las obras realice previamente una evaluación de impacto ambiental.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

De este último resultan obligaciones para el emprendedor de la obra a fin de evitar daños mayores en el entorno del proyecto y obras de mitigación de los impactos negativos inevitables.

La mitigación se hace de tres maneras:

- 1.- Ejecutar las obras viales atendiendo las normas a seguir en las operaciones constructivas.
- 2.- Construcción de obras de protección previstas en los planos.
- 3.- Construcción de obras provisionales y toma de medidas eventuales que permiten una ejecución de las obras viales evitando que fenómenos naturales como la lluvia, el viento, el fuego, afecten al medio ambiente y los recursos naturales.

MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO⁶

Matriz Causa Efecto											
FACTORES DEL MEDIO		ETAPA DE CONSTRUCCION									
		PRELIMINARES	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	MOVIMIENTO DE TIERRA	CARPETA DE RODAMIENTO	CUNETAS ANDENES Y BORDILLOS	OBRA DE DRENAJE	SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL	MEDIDA DE MITIGACION Y PREVENCIÓN	CERCOS EN EL DERECHO DE VÍA	LIMPIEZA Y ENTREGA
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
CALIDAD DEL AIRE	M1		x	x	x	x			x		
RUIDO	M2	x	x	x	x	x	x		x	x	x
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3			x			x				
SUELO Y AGUAS SUPERFICIALES	M4			x			x		x		
VEGETACION	M5	x		x			x			x	x
FAUNA	M6		x	x			x		x		
PAISAJE	M7			x			x			x	
RELACIONES ECOLOGICAS	M8			x			x			x	
POBLACION	M9	x		x			x		x		x
SALUD E HIGIENE	M10	x		x	x	x	x		x		x
ECONOMIA	M11			x	x	x	x		x		x

Estos factores y códigos de etapa de construcción serán evaluados en la siguiente tabla.

⁶ FUENTE: Elaboración propia.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

VALORACION DE IMPACTO EN ETAPA DE CONSTRUCCION.⁷

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO TICUANTEPE MANUEL LANDEZ														
												M001		
												M0001		
												ETAPA: CONSTRUCCIÓN		
												ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO		
FACTORES DEL MEDIO	N	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Valor de la Alteración	Máximo valor alteración	Grado de Alteración
CALIDAD DEL AIRE	M1		-20	-40	-27	-40			-27			-154	500	-31
RUIDO	M2	-31	-33	-34	-25	-35	-21		-21	-27	-17	-244	800	-31
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3			-31			-33					-64	300	-21
SUELO Y AGUAS SUPERFICIALES	M4			-50			-50		-33			-133	400	-33
VEGETACION	M5	-30		-24			-24			-21	-37	-136	400	-34
FAUNA	M6		-27	-28			-28		-23			-106	500	-21
PAISAJE	M7			-16			-16	-11		-33		-76	300	-25
RELACIONES ECOLOGICAS	M8			-23			-23			-14		-60	300	-20
POBLACION	M9	-22		-40			-40		-40		28	-114	500	-23
SALUD E HIGIENE	M10	-18		-35	-33	-18	-35		-35		20	-154	700	-22
ECONOMIA	M11			-18	-23	-27	-22		-18		31	-77	600	-13
Valor Medio de Importancia		-25												
Dispersión Típica		15												
Rango de Discriminación		-40									-10			
Valor de la Alteración		-101	-80	-339	-108	-120	-292	-11	-197	-95	25	-1318		
Máximo Valor de Alteración		500	800	300	400	400	500	300	300	500	700		5300	
Grado de Alteración		-20	-10	-113	-27	-30	-58	-4	-66	-19	4			-25

Impactos en caso negativos

Valor por encima del rango de -60 a -100



IMPACTOS CRITICOS

Valor dentro del rango de -40 a -60



IMPACTOS MODERADOS

Valor por debajo del rango de 0 a -40



IMPACTOS IRRELEVANTES

EL DAÑO PROVOCCADO AL MEDIO DONDE SE PRESENTA EL PROYECTO, ES BAJO O IRRELEVANTE, SE RECUPERARA A CORTO TIEMPO.

Dentro de las medidas de mitigación se tomaran en cuenta todos los valores mayores o iguales a -25 para la etapa mitigación y riesgo.

⁷ FUENTE: Elaboración propia

2.1.3 PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES⁸

Tabla- 2.1.3 Medidas de mitigación contra los impactos ambientales negativos durante la etapa de construcción y operación.

Etapa del proyecto	Factor del medio	Acciones impactantes	Medida de mitigación
Construcción	Calidad del aire	Generación de polvo debido a los trabajos de movimiento de tierra.	Humedecer la tierra a través del uso de cisterna de riego.
	Agua superficial	Producción de excretas humanas.	Construcción de letrinas temporales.
	Transporte	Causa atrasos e incomodidad al transporte a causa de los trabajos propios de la construcción.	Exigir al contratista el desvío necesario para no interrumpir el tráfico durante la ejecución del proyecto.
Operación	Hidrología superficial	Aumento del caudal natural del agua de lluvia y aguas servidas que circulan debido al incremento del coeficiente de escorrentía superficial.	Aplicación de la reglamentación de la disposición final de aguas servidas a las calles, educación pública.
	Suelo	Erosión e infertilidad del suelo en la zona aledaña al boulevard.	Reforestar con especies gramíneas en la zona de la mediana del boulevard.
	Vegetación	Pérdida de la cubierta vegetal.	Reforestar y proteger la zona de mayor deterioro de la cubierta vegetal.

FUENTE: Elaboración Propia⁸

En las medidas de mitigación se debe tener en cuenta que no se puede perjudicar a la población en el desempeño de sus actividades económicas, procurando que las operaciones de construcción no obstruyan el acceso de las viviendas, la infraestructura social o el sitio de trabajo de la comunidad. Cuando esto no se pueda evitar, el contratista deberá proveer accesos equivalentes o alternativos a los que existían.

En la etapa de construcción se deben crear accesos alternativos a comunidades, reubicación de pequeños negocios próximos a la vía, reubicación de actividades en áreas aledañas. La alteración de la calidad del aire por las emisiones de los motores del equipo de construcción debe ser controlada mediante el buen funcionamiento mecánico de dichos motores.

La alteración causada por el polvo se controlará mediante la aplicación de riegos de agua o de productos aprobados. Para que los dispositivos de seguridad del tránsito prevengan efectivamente los accidentes, será indispensable advertir a los conductores y pobladores por medio de diversas señales preventivas y obligatorias que permitan disminuir al máximo los posibles accidentes tanto peatonales como vehiculares.

El Contratista tomará las siguientes provisiones que garanticen la seguridad del tráfico vehicular y peatonal:

- Colocar señales preventivas que alerten a los pobladores y conductores sobre el riesgo existente al acercarse al área de construcción.
- Establecer límites de velocidad en las cercanías de áreas habitadas.
- Colocar señales de desvío en los tramos donde estén trabajando las maquinas.

Controlar el tráfico mediante señales, marcas y delineadores en la vía. Estos dispositivos serán adecuados a las características de cada tramo de trabajo.

III CAPITULO ESTUDIO DE INGENIERIA PREVIOS

3.1-ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico es el conjunto de diversas operaciones realizadas con instrumentos especiales (teodolito o estación total), cuya finalidad es la determinación de la posición relativa de los puntos relevantes localizados sobre la superficie de la tierra o a poca altura sobre ella. El resultado de dichas operaciones es la medición de distancias y ángulos horizontales y verticales, así como la ubicación de puntos sobre el terreno; todo ello representado gráficamente a través de un mapa topográfico. En el campo de la ingeniería civil, el conocimiento de las características topográficas del terreno es prácticamente indispensable. El diseño de vías de carreteras, vías férreas, puentes y terracerías etc. requiere de un riguroso estudio topográfico que permita formular correctamente un determinado proyecto. Específicamente en el diseño vías de carreteras, el topógrafo debe de proporcionar al ingeniero o arquitecto toda la información topográfica siguiente:

- 1) En primer lugar, se requiere definir la forma dimensional del terreno, lo cual se logra levantando una poligonal abierta a lo largo del eje central de la carretera.
- 2) Se debe describir el relieve del terreno, para su configuración se efectúa una nivelación, generalmente en los puntos más relevantes y a ambos lados del eje central.
- 3) Se debe brindar la localización topográfica o detalles de interés tales como: Tendido eléctrico, tendido telefónico, drenaje de aguas servidas y pluviales, red de agua potable, pozos de visita o manjoles y tragantes de aguas pluviales existentes, localización de derecho de vía, mojones (BM), arboles de gran tamaño, arroyos o cauces, vías de acceso, construcciones existentes.
- 4) La manera que se acostumbra para presentar los datos topográficos es plasmándolos en un plano denominado de conjunto y dibujado a la escala solicitada, para esto se utilizan hojas de dimensiones estandarizadas.

3.1.1 Metodología empleada

El levantamiento fue realizado con taquímetro electrónico. El método de registro de datos fue por radiación, se construyó una poligonal auxiliar en la que se chequean las precisiones lineales, angulares y verticales. De los PI de las poligonales auxiliares se toman los datos y objetivos encontrados en la trayectoria del levantamiento.

El desarrollo de este estudio comprendió las siguientes actividades:

Amojonamientos y Referencias.

Se colocaron mojones los que servirán de base para el replanteo o restablecimiento tanto de manera vertical como horizontal de la línea central de la vía. Los mojones son a su vez referidos a árboles u objetos inmóviles y están colocados en las laderas de la vía, en lugares accesibles para definición angular en un replanteo futuro.

Altimetría: Nivelación

Todos los puntos levantados están referidos a una elevación geodésica establecida por INETER (ver croquis de localización).

Planimetría y Levantamientos de detalles

Con el objetivo de registrar los datos del terreno en una franja de 16 a 20 metros de ancho aproximadamente, por la longitud de la vía, se procedió a los levantamientos de los detalles y resto de puntos, los cuales fueron recopilados bajo el sistema de radiación. Colocados desde un PI (Punto de Intersección) o vértice de la poligonal auxiliar, se procedió a tomar información de los restos de puntos, los cuales son representativos del terreno.

Georeferenciación

La Georeferenciación del Proyecto fue establecida con equipos GPS mono frecuencia (L1) modelo Trimble PRO XR, precisión sub-métrica precisión del GPS. En las observaciones satelitales se tomó como referencia el punto de la Red Secundaria Geodésica Nacional. Las coordenadas del proyecto se establecieron en Sistema NAD 27, proyección UTM. Se observó los puntos o postes de interés en el área de estudio con empleo de equipo receptor GPS Trimble modelo PRO XR, con precisión mejor que 1/100 metros.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez
ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Tabla 3.1.1- Datos calculados (azimut y rumbos) del levantamiento del eje preliminar del camino.

PROYECTO :			TICUANTEPE-MANUEL LANDEZ										GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		
X1=	2,208.539		Y1=	1,722.236								AZ 1-2 =	318	51	47		
ESTACION			ANGULOS MEDIDOS			DESCRIPCION	DISTANCIAS	AZIMUTH			PROYECCIONES				COORDENADAS		
BS	PI	FS	GRA	MIN	SEG	ELEVACION	(mts)	GRA	MIN	SEG	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	X	Y	
00	01	02	0	0	0	118.234	39.44	318	51	47	112.971			98.679	2,109.860	1,835.207	
01	02	03	176	21	10	117.932	117.58	315	12	57	57.775			57.341	2,052.519	1,892.982	
02	03	04	164	32	12	116.434	54.41	299	44	57	30.655			53.638	1,998.881	1,923.637	
03	04	05	181	46	20	117.078	108.57	301	31	17	59.042			96.267	1,902.614	1,982.679	
04	05	06	182	43	20	118.548	22.20	304	14	37	86.658			127.305	1,775.309	2,069.337	
05	06	07	179	8	50	118.228	23.76	303	23	27	81.451			123.571	1,651.738	2,150.788	
06	07	08	176	33	40	116.886	16.35	299	57	7	40.940			71.048	1,580.690	2,191.728	
07	08	09	171	55	50	115.085	16.68	291	52	57	32.943			82.022	1,498.668	2,224.671	
08	09	10	174	12	03	110.676	64.23	286	4	57	26.317			91.282	1,407.386	2,250.988	
09	10	11	169	26	20	109.766	33.75	275	31	17	2.539			26.268	1,381.118	2,253.527	
10	11	12	265	1	30	109.586	105.43		32	47	49.998		0.477		1,381.595	2,303.525	
11	12	13	258	22	30	109.450	111.40	78	55	17	15.757		80.472		1,462.067	2,319.282	
12	13	14	183	9	20	109.235	105.48	82	4	37	12.406		89.141		1,551.208	2,331.688	
13	14	15	179	3	10	109.605	112.85	81	7	47	9.468		60.666		1,611.874	2,341.156	
14	15	16	183	21	30	109.114	44.66	84	29	17	3.024		31.334		1,643.208	2,344.180	
15	16	17	174	12	09	108.965	70.74	78	41	17	10.180		50.892		1,694.100	2,354.360	
16	17	18	167	15	20	109.285	34.87	65	41	37	6.421		14.217		1,708.317	2,360.781	
17	18	19	151	12	20	109.441	64.21	36	53	57	14.714		11.048		1,719.365	2,375.495	
18	19	20	169	37	11	109.711	83.20	26	30	57	30.960		15.447		1,734.812	2,406.455	
19	20	21	207	38	30	110.290	96.66	54	9	27	16.864		23.346		1,758.158	2,423.319	

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Los siguientes puntos o coordenadas que se muestran en la siguiente tabla son los que servirán para establecer previamente el eje central del camino, dichos puntos han sido salvados con extensión txt, para ser introducidos al programa de Land desktop Civil 2D. con ayuda de este software se dibujara la poligonal abierta que representa el eje preliminar de camino Ticuantepe-Manuel Landez, para posteriormente trazar el eje definitivo. Tabla 3.1.2- Datos de las coordenadas de los puntos del eje preliminar.⁹

DATOS PARA EL COGOPC				
PTO	Y	X	Z	D ACUM
01	1722.236	2208.539	118.234	39.440
02	1835.207	2109.860	117.932	157.020
03	1892.982	2052.519	116.434	211.430
04	1923.637	1998.881	117.078	320.000
05	1982.679	1902.614	118.548	342.200
06	2069.337	1775.309	118.228	365.960
07	2150.788	1651.738	116.886	382.310
08	2191.728	1580.690	115.085	398.990
09	2224.671	1498.668	110.676	536.59
10	2250.988	1407.386	109.766	600.820
11	2253.527	1381.118	109.586	634.570
12	2303.525	1381.595	109.450	740.000
13	2319.282	1462.067	109.235	851.400
14	2331.688	1551.208	109.605	956.880
15	2341.156	1611.874	109.114	1069.730
16	2344.180	1643.208	108.965	1114.390
17	2354.360	1694.100	109.285	1185.130
18	2360.781	1708.317	109.441	1220.000
19	2375.495	1719.365	109.711	1284.210
20	2406.455	1734.812	110.290	1367.410
21	2423.319	1758.158	0	1464.070

⁹ Fuente Alcaldía Municipal de Ticuantepe.

3.2-ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para realizar el diseño del pavimento en una obra horizontal se requiere del conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos de cimentación y material selecto para obras complementarias de relleno. Por lo tanto es necesario realizar un plan de exploración y muestreo en el área donde se construirá la obra. La exploración deberá consistir en la investigación del subsuelo, para extraer muestras de material y realizar ensayos básicos tales como: Granulometría, estados de consistencias, gravedad específica, CBR etc., con el objetivo de obtener ciertas propiedades. Por lo tanto presentamos en este capítulo los resultados obtenidos del análisis de laboratorio realizado en el CIGEO de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua las muestras alteradas extraídas a lo largo del tramo de camino Ticuantepe–Manuel Landez, son suficientes para determinar las principales características del sub-suelo del tramo en estudio, donde se requiere realizar el diseño de estructuras de pavimento.

3.2.1 Tipos de Ensayes para obras horizontales

Análisis granulométrico (Método): El análisis granulométrico tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituye un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distintos tamaños que el mismo contiene.

Estados de Consistencia de Alterberg: Este ensaye consiste en la determinación de los estados de consistencia. Los Límites de Consistencia principales son: Límite de contracción (LC), Límite Plástico (LP) y Límite Líquido (LL). Estos se utilizan para saber cuándo un suelo está por pasar de un estado a otro con respecto al porcentaje de humedad

Otra propiedad que debe ser analizada en el estudio de suelos es el Índice de Plasticidad (IP) el cual consiste en la diferencia algebraica entre el LL (Límite Líquido) y el LP (Límite Plástico). Desde el punto de vista ingenieril es el parámetro más importante en lo que se refiere a consistencia de los suelos.

Clasificación De Los Suelos: Consiste en agrupar a los suelos que presentan casi la misma característica de granulometría y consistencia. Los dos principales

métodos de clasificación de suelos son: Método HRB (AASHTO) y el Método SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos).

El primero tiene su principal aplicación en los suelos que se van a clasificar para ser utilizados en obras horizontales, mientras que el segundo se utiliza para clasificar suelos que serán utilizados en obras verticales.

Cabe señalar que en este trabajo se utilizara los dos métodos de clasificación (HRB, y SUCS). Para la clasificación de suelos se necesita de la siguiente información: Tabla de clasificación de suelos (ASSHTO y HRB); Porcentaje que pasa la malla #200, #40 y #10; Límite líquido y límite plástico (LL, LP); Índice de plasticidad $IP = LL - LP$; Índice de Grupo. $IG = 0.2a + 0.05ac + 0.01bd$.

El método del HRB plantea que si el 35% del material pasa por la malla #200 es de tipo fino, de lo contrario se considera de tipo grueso. Tomando en cuenta este criterio de granulometría y plasticidad.

Tabla 3.2.0 clasificación HRB.¹⁰

a =	%QP#200 – 35	b =	%QP#200 – 15
$a_{mín} =$	0	$b_{mín} =$	0
$a_{máx} =$	40	$b_{máx} =$	40
c =	LL – 40	d =	IP – 10
$c_{mín} =$	0	$d_{mín} =$	0
$c_{máx} =$	20	$d_{máx} =$	20

Compactación de suelos: Al proceso mecánico de comprimir el suelo para reducir los vacíos, aumentar la capacidad soporte, impermeabilizar el suelo, reducir su volumen y aumentar la densidad se le llama compactación de los suelos.

Factores que afectan la compactación

Contenido de humedad: Se trata la cantidad de agua existente en el suelo, este tiene gran importancia en el momento de la compactación. Se ha demostrado que para casi cualquier tipo de suelo corresponde un cierto contenido de agua, denominado grado óptimo de humedad, con el que es posible obtener de la densidad máxima con una fuerza determinada de compactación.

¹⁰ FUENTE:AASHTO 1983.

Energía De Compactación: Se refiere al método que se utiliza con una máquina de compactación a fin de aplicar energía mecánica en el suelo. Los compactadores se diseñan para utilizar una o varias de las formas siguientes de energía de compactación: Peso estático, acción de amasamiento, percusión y vibración.

Tipo de suelo: Los suelos se clasifican en tres grandes grupos:

1. Arenas y gravas: Suelos granulares no plásticos.
2. Limos: Suelos que presenta plasticidad moderada-madia.
3. Arcillas: Suelos muy cohesivos y plásticos.

3.2.2 Propiedades básicas del suelo

La densidad: Es la cantidad en masa de materia sólida presente por unidad de volumen.

Fricción interna: Suele expresarse geométricamente como un ángulo de fricción interna (ϕ). Este valor está comprendido según el Ing. Karl Terzaghi, entre 0 y 50 grados; tiende a aumentar con la densidad, la angulosidad y la geometría de las partículas. Disminuye cuando el suelo tiene mica. Es relativamente indiferente a la velocidad de carga y tamaño.

Cohesión: Es la máxima resistencia del suelo a tensión. Sólo existe una verdadera cohesión y se presenta en las arcillas; esta característica ocurre cuando hay contacto entre sus partículas. Los suelos no plásticos de grano fino pueden exhibir una cohesión aparente cuando están en condiciones de saturación parcial.

Compresibilidad: Esta propiedad define las características de esfuerzo-deformación del suelo. La aplicación de esfuerzos agregados a una masa de suelo origina cambios de volumen y desplazamiento. Los desplazamientos cuando ocurren a nivel de cimentación; provocan asentamientos con ella. La limitación de los asentamientos a ciertos valores permisibles suele regir el diseño de las cimentaciones, sobre todo cuando son suelos granulares.

Permeabilidad: Es la capacidad de una masa de suelo para permitir el flujo de líquido a través de un gradiente hidráulico. En el diseño de cimentaciones, lo único que es necesario conocer es la permeabilidad en condiciones de saturación.

CBR (Valor relativo soporte) Se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada. CBR para:

- Base: 80% ó más.
- Sub-base: 25% - 80%
- Sub-rasante No menor del 10%.

El CBR de diseño depende del tránsito:

Tabla 3.2.1: CBR de diseño según tipo de tránsito.¹¹

Tránsito.	Nº de ejes Equivalentes de 1800lb	CBR en Percentil.
Liviano	$< 10^4$	60%
Medio	$10^4 - 10^6$.	75%
Pesado	$>10^6$	87%

3.2.3 Procedimiento y resultados obtenidos

Sondeos manuales: El trabajo de campo consistió básicamente en la realización de 5 sondeos manuales, a lo largo de la vía de tramo en estudio, con una separación de 300 metros. De dichos sondeos se obtuvieron un total de 20 muestras alteradas, que fueron trasladadas posteriormente al laboratorio de suelo de Unan Managua (CIGEO) para sus respectivos ensayos de laboratorio. La profundidad de cada sondeo fue de 1.50 metros, suficiente para obtener muestras de los componentes y estratigrafía del camino.

3.2.4 Fuente de materiales y pruebas de CBR del banco¹² “concreto total”

Con el objetivo de hacer una caracterización completa de los componentes estructurales de las capas de la vía y evaluar su calidad como material selecto, se procedió a realizar muestras para CBR de la siguiente manera: En total se prepararon 2 grupos de muestras para ser ejecutados los ensayos de CBR. Se compactaron las muestras con la energía aplicada para las capas superficiales de acuerdo a la norma AASHTO T-180.

¹¹ FUENTE:AASHTO 1993.

¹² FUENTE:TET:CONCRETO TOTAL VERACRUZ

Las muestras tomadas de este banco, acusan un material clasificado A-1-a (0), y resultados de CBR de 55 %, 70 % y 78 % para un proctor Modificado de 90%, 95% y 100% respectivamente datos financiados por administración de concreto total.

Resultados del estudio geotécnico

Tabla 3.2.2: Ensayes de laboratorio realizado en el CIGEO de Unan- Mangua¹³

No.	Tipo de Ensaye	Cantidad	Norma
1	Granulometría	20	ASTM D-422
2	Límites Líquido	2	ASTM D-423
3	Límite Plástico e índice plasticidad	3	ASTM D-424
	Clasificación	10	H.R.B.;SUSC
4	Gravedad Especifica	1	AASHTO T 93-86
5	proctor modificado	3	AASHTO T 180-90
6	CBR	3	AASHTO T-180 y T-99
	Total	42	

Las tablas siguientes contiene la clasificación del suelo, determinado a partir de los ensayes de granulometría y estados de consistencia. Véase las tablas anexas que contienen los datos de cada uno de las muestras ensayadas a través del método de la ASSHTO.

NOTA: las características de suelos o capa sub rasante a utilizarse en la construcción de vías deben de ser capaz de suelos granulares (suelos bien compactados) los cuales cuentan con una alta resistencia, se recomienda una escarificación de 15cm para luego compactar y obtener un mayor resistencia en la rasante antes de colocar el material selecto.

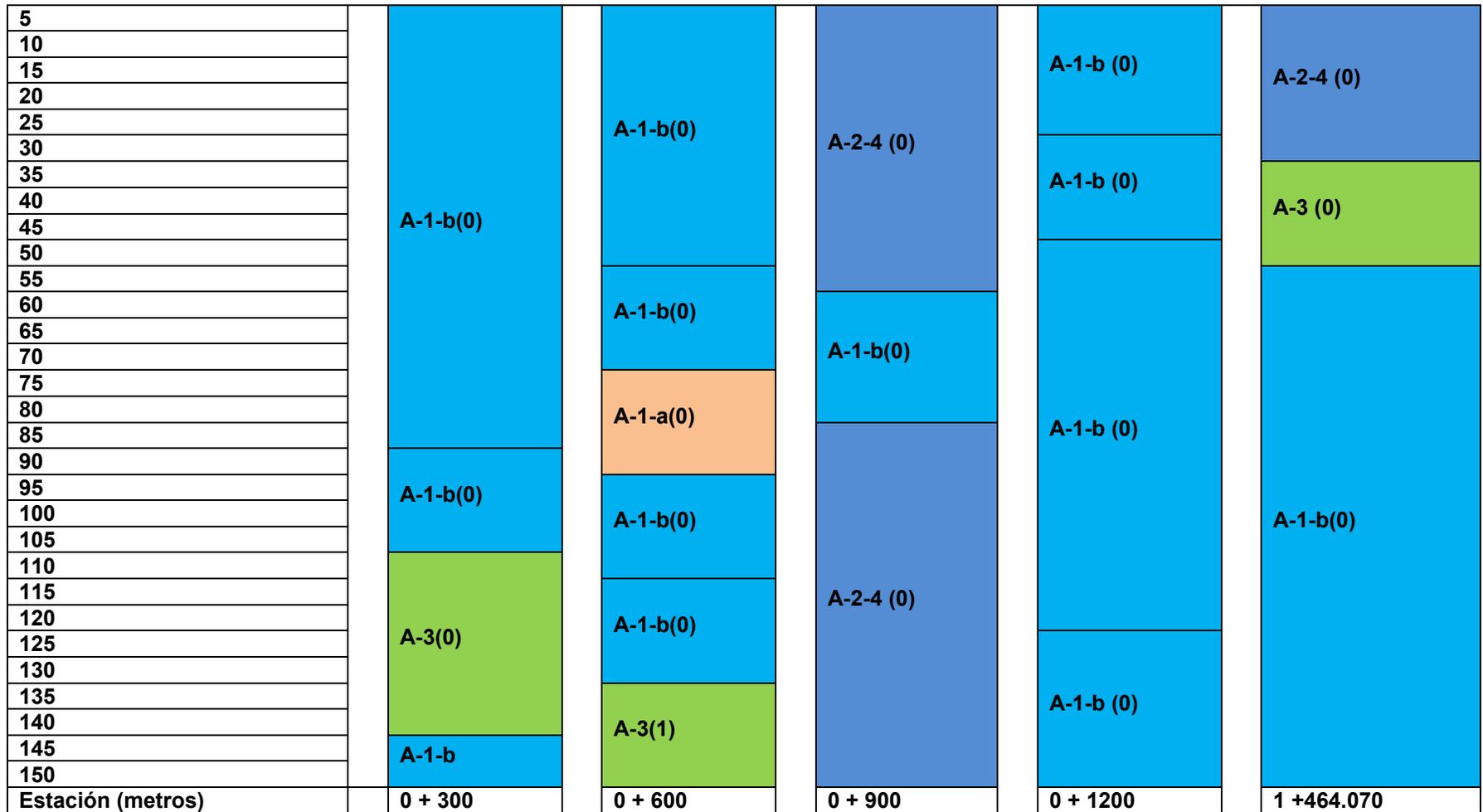
¹³ FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3.2.3-Clasificación del suelo por el método HRB y SUCS¹⁴

Estac.	Sondeo Nº	Muestra Nº	Prof (cm)	L.Liq (%)	L.Plást (%)	I P (%)	Clasificación HRB	G(%)	S(%)	F(%)
0+300	1	1	000-085	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	14	75	11
0+300	1	2	085-105	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	16	71	13
0+300	1	3	105-140	0.0	0.0	0.0	A-3 (1)	13	79	8
0+300	1	4	140-150	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	9	76	15
0+600	2	1	000-050	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	12	80	8
0+600	2	2	050-070	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	15	77	8
0+600	2	3	070-090	0.0	0.0	0.0	A-1-a(0)	22	71	7
0+600	2	4	090-110	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	10	77	13
0+600	2	5	110-130	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	8	87	5
0+600	2	6	130-150	0.0	0.0	0.0	A-3(1)	4	91	15
0+900	3	1	000-055	0.0	0.0	0.0	A-2-4(0)	4	78	18
0+900	3	2	055-080	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	9	82	9
0+900	3	3	080-150	0.0	0.0	0.0	A-2-4(0)	2	87	11
1+200	4	1	000-025	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	4	90	6
1+200	4	2	025-045	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	6	80	14
1+200	4	3	045-120	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	9	81	10
1+200	4	4	120-150	0.0	0.0	0.0	A-1-a(0)	11	74	15
1+1464.07	5	1	000-030	0.0	0.0	0.0	A-2-4(0)	4	75	21
1+1464.07	5	2	030-050	0.0	0.0	0.0	A-3(0)	12	82	6
1+1464.07	5	3	050-150	0.0	0.0	0.0	A-1-b(0)	6	81	13

¹⁴ Elaboración propia CAMINO MANUEL LANDEZ

Figura 3.2.1.-Estratigrafía de muestras alteradas encontradas en la subrasante¹⁵



¹⁵ Elaboración propia laboratorio CIGEO-UNAN.

Según los colores mostrados en la estratigrafía mostrada anteriormente es fácil identificar el suelo predominante en el tramo de camino Ticuantepe Manuel Landez, donde el tipo de suelo A-1-b (0). También se encontró en igual cantidad de muestras los suelos del tipo A-2-4(0) y A-3(1). A continuación presentamos los resultados obtenidos de ensaye de CBR practicado al grupo de muestras de la subrasante.

Tabla 3.2.4.-Resultados del CBR correspondiente a la subrasante¹⁶

Ensaye de Clegg				% Compactación
Golpes	Nº	Lecturas	CBR	
10	1	15.9	18	84
25	2	21.6	31	89
65	3	30.6	56	96

Tabla 3.2.5.-Valores referenciales de CBR, usos y suelos¹⁷

Valores referenciales de CBR, Usos y Suelos				
CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy Pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A-5, A-6, A-7
3 - 7	Muy Pobre a Regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A-4, A-5, A-6, A-7
7 - 20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A-2, A-4, A-6, A-7
20 - 50	Bueno	Sub base y Base	GM, GC, GW, SM, SP, GP	A-1-b, A-2-5, A-3, A-2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A-1-a, A-2-4, A-3

De acuerdo a los resultados obtenidos de CBR, y haciendo uso de la tabla de la AASHTO para su clasificación y posterior recomendación para su uso en la estructura de pavimento se puede determinar que este tipo de suelo puede ser utilizado tanto para sub-base como para base, es decir que tanto las propiedades físicas como mecánicas cumplen con los criterios de diseño para que este suelo sea utilizado. Sin embargo no es prudente recomendar su uso para base ya que dichos % de compactación carecen de la energía necesaria para tal fin.

¹⁶ FUENTE: Elaboración propia.

¹⁷ FUENTE: AASHTO 1993.

3.3.-ESTUDIO DE TRANSITO

Al proyectar una carretera o calle la selección del tipo de vía, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circula durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición.

Los estudios de volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de la calidad de servicio prestado a los usuarios. También, en algunos casos solo es necesario contar vehículos únicamente durante periodos cortos de una hora o menos, otras veces el periodo puede ser de un día, una semana un mes o inclusive un año.

Definiciones: La medición básica más importante son los conteos o aforos, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de: volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad. Estos cuatro parámetros se relacionan entre sí y se expresan en las mismas unidades o similares, sin embargo no significan lo mismo.

Volumen de Tránsito: Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado

de tiempo. Matemáticamente se expresa: $Q = \frac{N}{T}$

Donde: Q Vehículos que pasan por unidad de tiempo.

N Número total de vehículos que pasan (Vehículos)

T Periodo determinado (Unidad de tiempo)

Tránsito promedio diario (TPD): Se define el Volumen de Tránsito promedio Diario (TPD) como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De manera general se expresa como:

$$TPDA = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}}$$

Donde N representa el número de vehículos que pasan durante T días. De acuerdo al número de días del periodo se presentan los siguientes los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día:

Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) = $TA/365$

Trafico Promedio Diario Mensual (TPDM) = $TM/30$

Trafico Promedio Diario Semanal (TPDS) = $TS/7$

Volúmenes horarios: Se utilizan para proyectar detalles geométricos de la vía, efectuar análisis de circulación y regular el tránsito. Con base a la hora seleccionada se definen los siguientes volúmenes de tránsito horario, dado en vehículos por hora:

Volumen Horario Máximo Anual (VHMA): Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año

Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD): Es el máximo número de vehículos que pasan en un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos.

Factor de la hora de máxima demanda (FHMD): Es un indicador de las características del flujo de Tránsito en periodos máximos. Indica cómo se dividen los flujos máximos en una hora.

En general se considera que cuando el $FHMD^{18}$, es menor que 0.85 las condiciones operativas de la carretera variarán sustancialmente.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4q_{m\acute{a}x}}$$

Dónde: $VMHD$ Volumen horario de máxima demanda.
 $q_{m\acute{a}x}$ Flujo máximo

Distribución direccional de las corrientes de tránsito: La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación

¹⁸ FUENTE: Manual Centro Americano de Diseño Geométrico. Cap. 2 Pag.9.

Composición del Tránsito: Depende del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular influenciando el diseño geométrico de las carreteras y espesores de pavimentos.

Las proyecciones de la demanda del tránsito: En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de 20 años como la base para el diseño, aunque se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se puede reducir dicho horizonte a un máximo de 10 años.

3.3.1 Tipos de estaciones de conteo vehicular

Estaciones permanentes: Se realizan aforos dos veces al año durante 24 horas, de esta forma se conoce la intensidad del tráfico durante los periodos de verano e invierno.

Estaciones sumarias: Se realiza como mínima un aforo anual durante doce horas diarias (de 6:00am a 6:00 pm) en periodos de tres días (mates, miércoles y jueves) generalmente en todo el transcurso del año, y se efectúa en época de verano o invierno. Se realiza aforos en caminos que aún no han sido pavimentados, pero que tienen afluencia de vehículos moderado.

Estaciones de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales para establecer leyes que pueden aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Trafico promedio de 12 horas consecutivas de aforo vehicular durante tres días, registrados a intervalos de 15 minutos.

Tabla 3.3.1.a-Trafico promedio a intervalos 15 minutos registrados durante la mañana ¹⁹

Mañana											
Intervalo de tiempo		Vehículos de Pasajeros							Vehículos de carga		
De :	A:	Moto cicletas	Auto móvil	Jeep	Camioneta	bus	Mini bus	Micro bus	Liviano de carga	de Camión c-2	Veh Mixtos
6:00	6:15	23	1	0	3	0	0	0	1	0	28
6:15	6:30	13	0	0	2	1	0	0	0	0	16
6:30	6:45	12	1	1	2	0	1	1	0	0	18
6:45	7:00	10	0	1	4	0	0	0	1	0	16
7:00	7:15	3	0	1	4	0	0	0	1	0	9
7:15	7:30	15	1	0	0	0	0	1	0	0	17
7:30	7:45	11	2	0	1	0	0	1	0	0	15
7:45	8:00	7	3	3	5	0	0	0	0	0	18
8:00	8:15	18	0	0	1	0	0	0	3	1	23
8:15	8:30	10	1	1	2	0	0	0	1	2	17
8:30	8:45	12	0	1	1	0	0	0	1	0	15
8:45	9:00	13	0	1	1	0	0	0	1	2	18
9:00	9:15	8	1	1	3	0	0	0	0	0	13
9:15	9:30	12	0	0	1	0	0	0	2	0	15
9:30	9:45	13	1	0	1	0	0	0	0	2	17
9:45	10:00	16	1	0	2	0	0	0	1	2	22
10:00	10:15	13	2	2	4	0	0	0	2	0	23
10:15	10:30	18	0	0	2	0	0	0	1	0	21
10:30	10:45	13	0	0	1	0	0	0	1	0	15
10:45	11:00	13	0	0	0	0	0	0	2	0	15
11:00	11:15	19	3	0	0	0	0	0	0	0	22
11:15	11:30	15	2	0	0	0	0	0	0	0	17
11:30	11:45	12	3	0	0	0	0	0	0	0	15
11:45	12:00	22	1	0	0	0	0	0	0	0	23
SUB-TOTAL		321	23	12	40	1	1	3	18	9	428

¹⁹ Elaboración propia; camino Manuel Landez.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Trafico promedio de 12 horas consecutivas de aforo vehicular durante tres días, registrados a intervalos de 15 minutos.

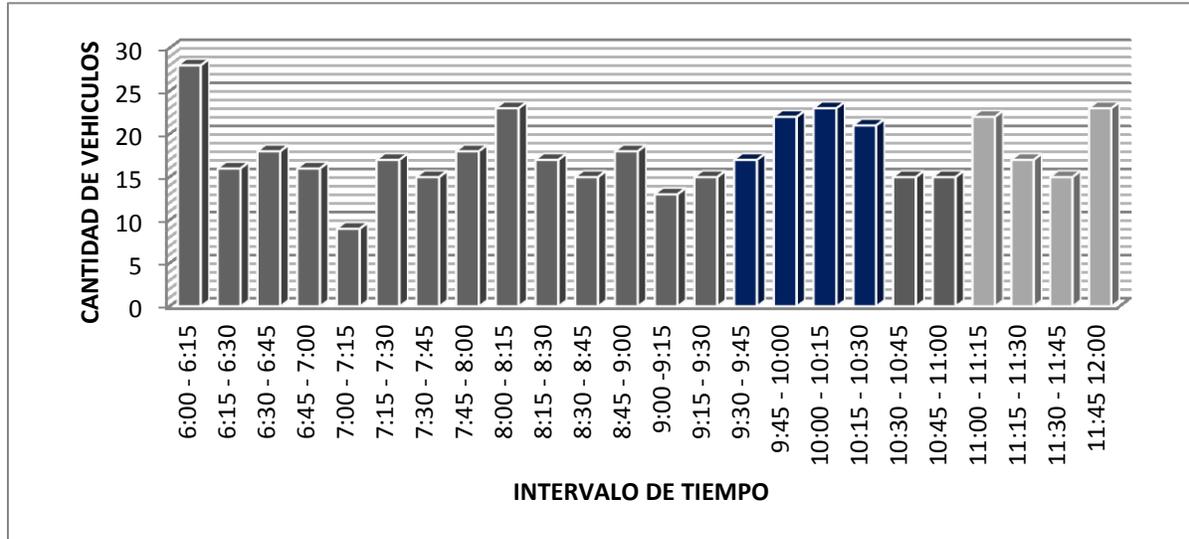
Tabla 3.3.1.b- Trafico promedio intervalos 15 minutos registrados durante la tarde²⁰

Tarde											
Intervalo de tiempo		Vehículos de Pasajeros							Vehículos de carga		
De :	A:	Moto cicletas	Auto móvil	Jeep	Camioneta	bus	Mini bus	Micro bus	Liviano de carga	Camión c-2	Veh Mixtos
12:00	12:15	16	1	0	0	0	0	0	1	1	19
12:15	12:30	13	1	1	0	0	0	0	0	1	16
12:30	12:45	13	1	0	0	0	0	0	0	1	15
12:45	13:00	13	1	1	2	0	0	0	0	1	18
13:00	13:15	20	0	1	1	0	0	0	1	0	23
13:15	13:30	16	1	1	1	0	0	0	1	0	20
13:30	13:45	11	1	0	1	0	0	0	1	0	14
13:45	14:00	11	0	0	0	0	0	0	2	0	13
14:00	14:15	10	1	0	2	0	0	1	1	1	16
14:15	14:30	11	1	1	1	0	0	0	1	1	16
14:30	14:45	16	1	0	1	0	0	0	2	1	21
14:45	15:00	14	0	0	2	0	0	0	1	0	17
15:00	15:15	10	1	0	1	0	0	1	0	0	13
15:15	15:30	12	0	2	0	0	0	0	0	0	14
15:30	15:45	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
15:45	16:00	9	3	1	2	0	0	0	1	0	16
16:00	16:15	9	2	0	1	0	0	0	0	0	12
16:15	16:30	13	1	0	2	0	0	0	0	0	16
16:30	16:45	22	3	2	3	0	0	0	0	0	30
16:45	17:00	12	1	1	2	0	0	0	0	0	16
17:00	17:15	10	2	0	1	0	0	0	0	0	13
17:15	17:30	20	3	2	2	0	0	0	0	0	27
17:30	17:45	25	3	1	3	0	0	0	1	0	33
17:45	18:00	31	4	2	4	1	0	0	0	0	42
SUB-TOTAL		345	32	16	32	1	0	2	13	7	448

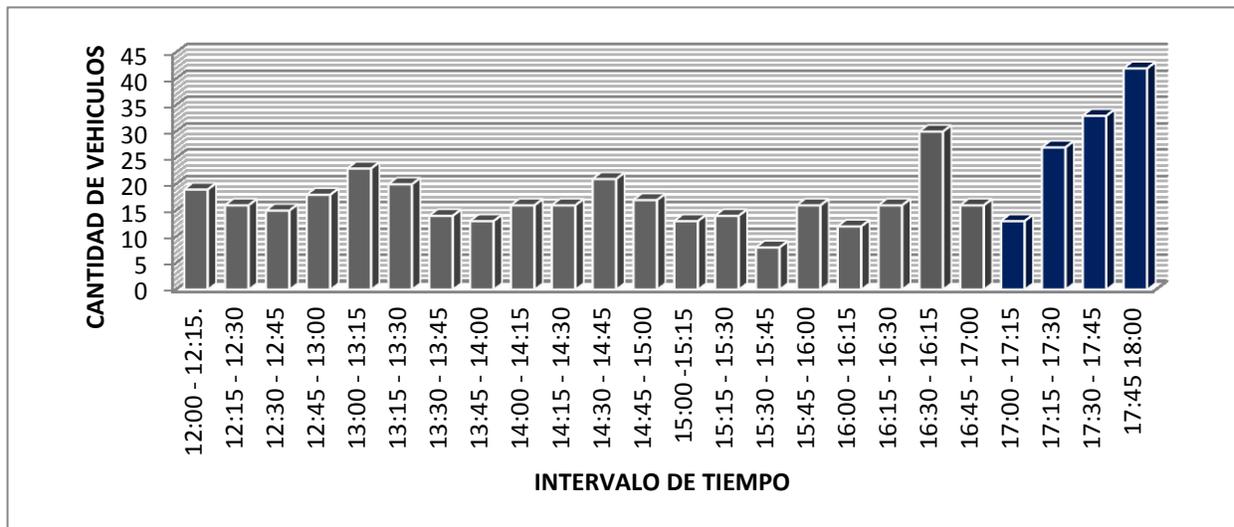
²⁰ Elaboración propia; camino Manuel Landez.

La siguiente grafica de determina a partir del análisis de la tabla 3.3.1a ^ 3.3.1b,

En el cual se puede observar el lapso de tiempo donde se presenta el máximo volumen del tránsito mixto (parte sombreada).



Grafica 3.3.1.a- máximo flujo vehicular durante la tarde (9:30-10:30)²¹



Grafica 3.3.1.b- máximo flujo vehicular durante la tarde (17:00-18:00)²²

Después de haber obtenido las gráficas flujo vehicular vrs tiempos, se puede afirmar que el mayor volumen de vehículos mixtos durante el día ocurre entre las 17:00 y las 18:00 horas de la tarde.

²¹ Elaboración propia; camino Manuel Landez.

²² Elaboración propia; camino Manuel Landez.

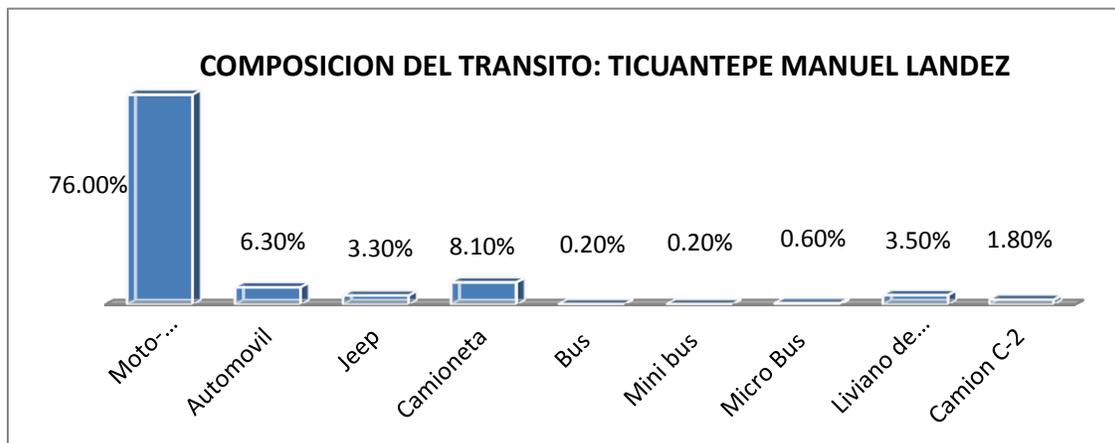
Por lo tanto el volumen horario de máxima demanda (VHMD) para el estudio realizado es: **VHMD** = 13+27+33+42= 115 Veh Mixto/hora con un qmax de 42

FHMD = VHMD/4qmax = 115/4*42 = 0.7 < 0.85 cumple según el SIECA. Este valor indica hay mayor concentración de vehículos en el día, por lo cual se puede considerarse como un valor crítico con respecto al flujo vehicular.

EL trafico promedio por el factor de distribución resulta el tráfico por sentido de circulación.

Tabla 3.3.2-Determinación del TP (Trafico Promedio) por sentido de circulación ²³

Vehículos totales por sentido de circulación										
	Vehículos de Pasajeros							Vehículos de carga		Veh. Mixtos
	Moto cicletas	Auto móvil	Jeep	Camioneta	bus	Mini bus	Micro bus	Liviano de carga	Camión c-2	
Trafico promedio total	666	55	28	72	2	1	5	31	16	876
Factor de distribución direccional ²⁴	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Trafico X sentido de circulación	373	31	16	40	1	1	3	17	9	491



Grafica 3.3.2- Composición direccional del tránsito ²⁵

²³ Elaboración propia; camino Manuel Landez.

²⁴ FUENTE: Manual Centro Americano de Diseño Geométrico. Cap. 2 Pag.10.

²⁵ Elaboración propia; camino Manuel Landez.

Determinación del TPDA para el tramo de camino Ticuantepe Manuel Landez

Tabla.3.3.3- Determinación del TPDA (Trafico Promedio Diario Anual)²⁶

Tramo: Ticuantepe-Manuel Landez; Días Aforados: 3; Mes: Septiembre de 2012										
GRUPO	Vehículo de pasajero							Vehículo de carga y otros		Total
	Motocicletas	Auto móvil	Jeep	Camioneta	Bus	Mini Bus	Micro Bus	Liviano Carga	Camión C-2	
TP(D)	373	31	16	40	1	1	3	17	9	491
Factor día	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Factor semana	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Factor temporada	1.13	1.05	1.04	1.07	1.00	0.92	1.16	1.05	1.13	
TPD Invierno	422	33	17	43	1	1	4	18	11	550
% TPDA	76.73	6	3.09	7.82	0.18	0.18	0.73	3.27	2	100%
	Vehículos Livianos= 94.73 %							Vehículos Pesados= 5.27%		100%

Los factores para expandir el transito promedio diario de 12 horas a un día, semana y temporada; fueron tomados del estudio de transito realizado por el MTI en el 2009, sin embargo el factor día, semana fue tomado de datos que alcaldía de Ticuantepe toma como referencia para el crecimiento vehicular del municipio (en el camino Ticuantepe-la concha-Jinotepe-san marco) Asumiendo un comportamiento vehicular similar al tramo Ticuantepe Manuel Landez se procedió a fijar los factores de expansión reflejados en la tabla para el cálculo del TPDA es cual se estimó en 550 vehículos mixtos/día el cual contiene información de la estación permanente # 400 (Entrada a Esquipula-Ticuantepe),

²⁶ FUENTE: Elaboración propia: camino Manuel Landez.

3.3.2 Calculo de la tasa de crecimiento vehicular

Formula: $Tc = \left[\left\{ \frac{TPDA_1}{TPDA_2} \right\}^{1/n} - 1 \right]$

Tc= Tasa de crecimiento Vehicular

TPDA₁= Trafico promedio diario actual

TPDA₂= Trafico promedio diario inicial del año base

n = Diferencias de años

Tabla 3.3.4- TPDA del tramo Ticuantepe Manuel Landez.²⁷

Trafico Promedio Diario(TPDA) de los últimos 12 años		
Año (alcaldía municipal)	2000	2012
TPDA	110	550

La tasa de crecimiento Vehicular entre (2000-2012) se calcula Tc = 0.14%

Proyección del tráfico promedio diario anual, a 20 años, considerando la vida útil para este tipo de estructura vial (pavimento rígido)

El nivel de servicio futuro $FS_n = FS (1 + i)^n$

$FS_{20} = 550(1+0.14)^{20} = 7559$ Veh/dia. Serian 315 Veh/h.

Flujo de máxima demanda actual

$FS = VHMD/FHMD * fc$ (factor promedio de distribución direccional)

$FS = 115/0.7 *(0.56) = 92$ Veh/h

Nivel de servicio proyectado a 20 años (Tasa de crecimiento veh. i= 0.14)

$FS_n = FS (1 + i)^n$

$FS_{20} = 92(1+0.14)^{20} = 1265$ Veh/h

Nivel de servicio de la calle.

Características de la vía:

Velocidad de Proyecto	70 KPH
Terreno	Plano
Long de rebase restringida	40%

²⁷ FUENTE: Alcaldía de Ticuantepe.

Distribución direccional	56/44
Ancho de carril	2.70

Características del tráfico:

VHMD	115 veh/h
FHMD	0.70

Composición del tráfico:

86 livianos	94.73%
4 camiones (PT)	5,27%
Buses (PB)	1.1%

Se utilizarán las tablas, A-I.3.1, A-I.3.2, A-I.3.3 y A-I.3.4 de anexos para calcular:

1. Determinación de la relación volumen/capacidad (v/c). (Ver tabla A-I.3.1)

$$(v/c)_A = 0.07 \quad (v/c)_C = 0.34 \quad (v/c)_E = 1.00$$
$$(v/c)_B = 0.19 \quad (v/c)_D = 0.59$$

2. Factor de distribución direccional (f_d) (Ver tabla A-I.3.2)

$$f_{d(56/44)} = 0.98 \quad \text{valor interpolado}$$

3. Factor de ajuste por ancho de carril (f_w) (Ver tabla A-I.3.3)

Se trabajó con los valores más próximos a 2.80 m es decir con los valores correspondientes al ancho de carril de 2.75 m. Por tanto:

$$f_{wA-D} = 0.49$$

$$f_{wE} = 0.66$$

4. Factor de vehículos pesados (f_{hv}) (Ver tabla A-I.3.4)

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PB(EB - 1) + PR(ER - 1)}$$

$$\text{Porcentaje de camiones:} \quad PT = 0.0527$$

$$\text{Porcentaje de auto buses:} \quad PB = 0.011$$

$$\text{Porcentaje de vehículos recreativos:} \quad PR = 0$$

Por tanto la ecuación se reduce a: $f_{hv} = \frac{1}{1+PT(ET-1)+PB(EB-1)}$

$$ET_A = 2.00 \quad EB_A = 1.80$$

$$ET_{B-C} = 2.20 \quad EB_{B-C} = 2.00$$

$$ET_{D-E} = 2.00 \quad EB_{D-E} = 1.60$$

Utilizando la ecuación modificada para f_{hv} se obtienen:

$$f_{hv}(A) = 0.942$$

$$f_{hv}(B-C) = 0.931$$

$$f_{hv}(D-E) = 0.944$$

5. Nivel de Servicio (SF)

El flujo de servicio (SF) para Terreno plano está dado por:

$$SF = 2800(v/c)(f_d)(f_w)(f_{hv})$$

$$SF_A = 2800 (0.07)(0.98)(0.49)(0.942) = 89 \text{ Veh/h}$$

$$SF_B = 2800 (0.19)(0.98)(0.49)(0.931) = 238 \text{ Veh/h}$$

$$SF_C = 2800 (0.34)(0.98)(0.49)(0.931) = 426 \text{ Veh/h}$$

$$SF_D = 2800 (0.59)(0.98)(0.49)(0.944) = 749 \text{ Veh/h}$$

$$SF_E = 2800 (1.00) (0.98) (0.66) (0.944) = 1710 \text{ Veh/h}$$

Se verifica por comparación que: 1265 veh/h < 1710 veh/h lo cual indica que dentro de 20 años, al final de su vida útil, el tramo Ticuantepe -Manuel Landez estará operando en el nivel de servicio D.

3.4-ESTUDIO HIDROLÓGICO

El objetivo del estudio hidrológico, es determinar el caudal, que debe evacuar cada elemento, del desagüe superficial, ya sea longitudinal o transversal. Este caudal se debe determinar para cada una de las cuencas cruzadas por la traza (desagüe transversal), así como para cada uno de los recintos hidrológicos que vierten al sistema de desagüe longitudinal (procede del desagüe de la plataforma y de la afluencia de aguas hacia ellas desde los desmontes).

Concepto de Cuenca: Se define como cuenca hidrológica a la zona del terreno en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto en común. La medición de la cuenca se determina con planos topográficos o preferiblemente planos geodésicos está delimitada por una línea imaginaria llamada parte aguas, que es el lugar geométrico de todos los puntos de mayor nivel topográfico que divide el escurrimiento entre cuencas adyacentes.

3.4.1 Características físicas de una cuenca

Área: Se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por el parte agua y se puede medir directamente del mapa topográfico o geodésico.

Perímetro: Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de la cuenca.

Elevaciones máximas y mínimas: La influencia de la respuesta hidrológica de la cuenca es importante, puesto que a mayores pendientes corresponden mayores velocidades del agua en las corrientes y menor será el tiempo de concentración de la cuenca.

Longitud del cauce principal: Es la longitud del canal natural o superficial más largo dentro de la cuenca.

Criterios para el trazo del parte aguas:

- 1.-Seleccionar los puntos más elevados del entorno físico de la cuenca.
- 2.-Definición del sistema de drenaje superficial y del cauce más largo.
- 3.-Determinación del punto de interés.
- 4.- La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.

5.- Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta las curvas de nivel por su parte convexa.

6.- Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta las curvas de nivel por su parte cóncava.

7.- Como comprobación la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arrollo o vaguada, excepto en el punto en el que se quiere obtener su divisoria o punto de interés.

Métodos para la estimación de la escorrentía superficial a través de datos de precipitaciones pluviales.

Caudal: Es la cantidad de agua que circula por un curso de modo natural o no natural con respecto al tiempo. Los métodos que se utilizan para el cálculo del caudal son:

- Método Probabilística.
- Hidrograma Unitario
- Método racional
- Envolvente
- Método empírico

Se considera que la ecuación del método racional para cuencas pequeñas, menores de 3Km². Según el libro del escritor Francisco Javier Aparicio Mijares²⁸ Para cuencas de aportación mayores se recomienda el uso del método del Hidrograma Unitario.

Definiciones: Es conveniente definir ciertos conceptos para tener una mejor comprensión de los datos y cálculos requeridos para la realización del estudio hidrológico.

Duración de la lluvia: Es el tiempo que tarda esta en precipitarse sobre la superficie terrestre. La mayor parte de las precipitaciones fluye por encima de la superficie a lo cual se le denomina “escurrimiento superficial”, y se desplaza en la forma de una delgada lámina hasta que llega a las corrientes o a los canales.

²⁸ Fuente: FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIES, (Francisco Javier Aparicio Mijares).

Intensidad: Es la mayor o menor cantidad de agua que cae en un lapso de tiempo determinado. Generalmente la duración se expresa en minutos o en horas y la intensidad en milímetros, centímetros o pulgadas por hora.

Frecuencia: Un dato indispensable para el diseño del drenaje superficial es la frecuencia, que es la mayor o menor ocurrencia con que una lluvia de determinada intensidad puede precipitarse. En el diseño de frecuencia de recurrencia de lluvias de magnitud específica recibe el nombre de periodo de retorno.

Coeficiente de escorrentía (C): El escurrimiento superficial viene a ser el caudal o exceso de precipitación y se expresa como un porcentaje de precipitación. El coeficiente fraccionario por el cual se multiplica el aporte total de lluvia para obtener el escurrimiento se denomina “coeficiente de escorrentía y está afectado por las condiciones mismas del área de recogimiento para una cuenca de área conocida.

Intensidad de diseño (I): La intensidad de la lluvia está en función de la frecuencia con que se presenta el evento para el cual se diseña y del tiempo de concentración.

Periodo de diseño: El periodo de diseño depende del valor de las obras a implementar y de la calidad del servicio que se desee prestar. Los factores que intervienen en la selección del periodo de diseño son:

- 1.- Vida útil de las estructuras y equipo tomando en cuenta obsolescencia, desgaste y daños.
- 2.- Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- 3.- Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- 4.- Comportamiento hidráulico de las obras cuando éstas no estén funcionando a su plena capacidad.

Tiempo de concentración (TC): Es el tiempo transcurrido desde el final de la lluvia neta hasta el final de la escorrentía superficial provocada en la cuenca. Este tiempo está formado por dos componentes, el tiempo de entrada o sea el tiempo requerido para que el escurrimiento llegue a la alcantarilla y el tiempo recorrido dentro de las alcantarillas.

3.4.2 Enunciado del Método Racional

En un aguacero ideal, de duración indefinida, con intensidad de lluvia neta (I) constante, el caudal (Q) en el punto de desagüe de la cuenca, que al principio sólo acusará la presencia del agua caída en sus proximidades, irá creciendo hasta alcanzarse una situación de equilibrio :

$$Q = C \cdot I \cdot A / 3.6$$

Siendo:

C: El coeficiente de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.

I: Intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

A: Área de la cuenca o superficie drenada, salvo que ésta presente aportaciones o pérdidas importantes, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse convenientemente.

K: Coeficiente cuyo valor depende de las unidades en las que se midan Q, I y A. Habitualmente: Q (m³/s); I (mm / h); A (Km²).

Por lo que, en este caso, K = 3.6 adimensional

3.4.3 Calculo del caudal de diseño a través del método racional

Este método que la literatura inglesa atribuye a Lloyd-George en 1906, si bien los principios del mismo fueron establecidos por Mulvaney en 1850. Permite determinar el caudal máximo que discurrirá por una determinada sección de la red de alcantarillado, bajo el supuesto que este acontecerá para una lluvia de intensidad media máxima constante correspondiente a una duración D, igual al tiempo de concentración de la sección.

El caudal de agua de lluvia se calcula por el Método Racional, la fórmula utilizada es la siguiente: **Q = C * I * A / 3.6**

En donde:

Q =	Caudal en m ³ /seg.
C =	Coeficiente de escorrentía medio ponderado de la cuenca. El coeficiente de escorrentía que se utilizó es de 0.42, de acuerdo a la naturaleza del área drenada. (El valor de C, el cual esta ponderado entre el tipo de vegetación) ²⁹
I =	Intensidad de lluvia media máxima en mm/Hora. Para una duración igual al tiempo de concentración T _c , de la sección de cálculo. La intensidad de lluvia se toma en base a los registros Pluviográficos y Curvas IDF de la Estación Pluviométrica de Ticuantepe, con período de 1971 a 2010, tomando una intensidad máxima para un período de retorno de 10 años para alcantarillas y cunetas. ³⁰
A =	Área Tributaria en Kilómetros El área de la cuenca, una vez limitada e identificada en plano geodésico, se determinó su valor en metros con apoyo del programa de Auto CAD donde es posible superponer el registro de la imagen (Scanner) del plano geodésico y la poligonal que delimita la cuenca con la ampliación visual suficiente y a la escala correspondiente.

Fuente: Fundamentos de hidrología de superficies³¹

Estimación del Coeficiente "C"

El Coeficiente de escurrimiento "C" se definió en función del tipo de suelo de la cuenca, su tipo de cobertura vegetal, tipo de pendientes y periodo de retorno ello se evaluó el "C" conforme al procedimiento expuesto por Applied Hydrology, Ven Te Chow, David R Maidment y Larry WMays en el siguiente Cuadro: Coeficiente de Escorrentía (C)*

Determinación de la Intensidad de Lluvia "I"

La Intensidad de Lluvia "I" se determinó como función del tiempo de concentración t_c (en minutos) y el período de retorno T_r, a partir de los datos de Intensidad, Duración de la estación de meteorológica de Ticuantepe. Para el tiempo de

²⁹ Fuente: Hidráulica de canales (Ven Te Show)

³⁰ Fuente: Manual de carretera del MOP (Apuntes de Dr. Néstor Lanza Mejía).

³¹ Fuente: Francisco Javier Aparicio Mijares.

retorno de 10 años, los parámetros de ajuste para las ecuaciones de la forma

$$I = \frac{A}{(t+d)^b} \text{ son los siguientes:}$$

Tabla 3.4.1- Estimación del coeficiente de escorrentía superficial³²

Tipo de superficie	Periodo de retorno en años		
	2	15	25
Tierra cultivada			
Plana 0-2%	0.31	0.38	0.40
Promedio 2-7%	0.35	0.43	0.44
Pronunciada mayor 7%	0.39	0.46	0.48
Pasto / matorrales			
Plana 0-2%	0.25	0.32	0.34
Promedio 2-7%	0.33	0.40	0.42
Pronunciada mayor 7%	0.37	0.44	0.46
Bosque			
Plana 0-2%	0.22	0.30	0.31
Promedio 2-7%	0.31	0.38	0.40
Pronunciada mayor 7%	0.35	0.43	0.45
Pantano			
General.	0.9	0.9	0.9

Para nuestro proyecto el valor de C se estima en: C= 0.42 el cual esta ponderado entre el tipo de vegetación la cual teniendo C=0.40, y C=0.43, pastos y tierra cultivada.

Tiempo de concentración "Tc"

El tiempo de concentración se calculó utilizando la fórmula establecida por el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$T_c = 0.0041 * (3.28 * L / \sqrt{Sc})^{0.77}$$

Dónde:

Tc = Tiempo de concentración de la lluvia en minutos

L = Longitud máxima de recorrido en metros

Sc = Pendiente media del terreno en m/m

Tc= tiempo de concentración será igual o mayor que la duración de la lluvia.

³² FUENTE:

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Una vez calculado el tiempo de retorno podemos encontrar directamente la intensidad de lluvia haciendo uso de la siguiente grafica suministrada por INETER (curvas IDF).

Con los siguientes parámetros de ajuste de la estación de Ticuantepe se logró crear las curvas. Las cuales utilizaremos para calcular las intensidades de lluvia en la zona de Ticuantepe. Para nuestros cálculos haremos únicamente uso de los parámetros de ajuste para un periodo de retorno de 10 años para las cunetas y vados del camino proyectado en Ticuantepe Manuel Landez

Parámetros de ajuste para la ecuación de la forma: $I = \frac{A}{(t+d)^b}$

Datos estación Ticuantepe

T(años)	R	A	b	d	I = A/(T+d)^b
1.5	-0.09978	2715.093	16	1.008	1.108E-03
2	-0.09983	8388.43	30	1.047	2.556E-11
5	-0.09989	3064.418	18	0.970	3.302E-11
10	-0.09998	2150.861	14	0.915	6.314E-12
15	-0.09996	3269.357	19	0.969	4.489E-20
25	-0.09984	4069.531	21	0.970	8.047E-27
50	-0.09982	4502.393	22	0.991	1.226E-34
100	-0.09982	5779.707	25	1.035	4.468E-47

Figura 3.4.1- parámetros de ajuste de la estación Ticuantepe³³

Estación:	TICUANTEPE (FCA PALMIRA) /	Código:	690124
Departamento:		Municipio:	TICUANTEPE (FCA PALMIRA)
Latitud:	12°01'30"	Longitud:	86°12'24"
Años:	1950-2012	Elevación:	280 msnm
Parámetro:	Precipitación (mm)	Tipo:	PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
Suma	141.9	107.6	107.4	432.6	4,767.3	4,494.3	3,075.3	3,471.5	5,891.6	5,703.3	1,558.2	231.3	29,982.3
Media	6.2	4.7	4.7	18.0	190.7	179.8	128.1	144.6	245.5	237.6	64.9	10.1	1,153.2
Max	34.5	65.9	53.4	70.6	646.1	352.6	320.0	338.7	553.7	692.0	214.1	61.5	1,861.4
Min	0.6	0.8	0.5	0.5	8.2	2.0	20.1	29.1	66.0	63.6	7.9	1.5	2.0

A continuación presentamos las intensidades obtenidas del ajuste de la estación Ticuantepe.

³³ Fuente: INETER.

INTENCIDAD EN (mm/mes) OBTENIDA DEL ESTACIO TICUANTEPE.

Figura 3.4.2- Intensidades por año de la estación Ticuantepe ³⁴

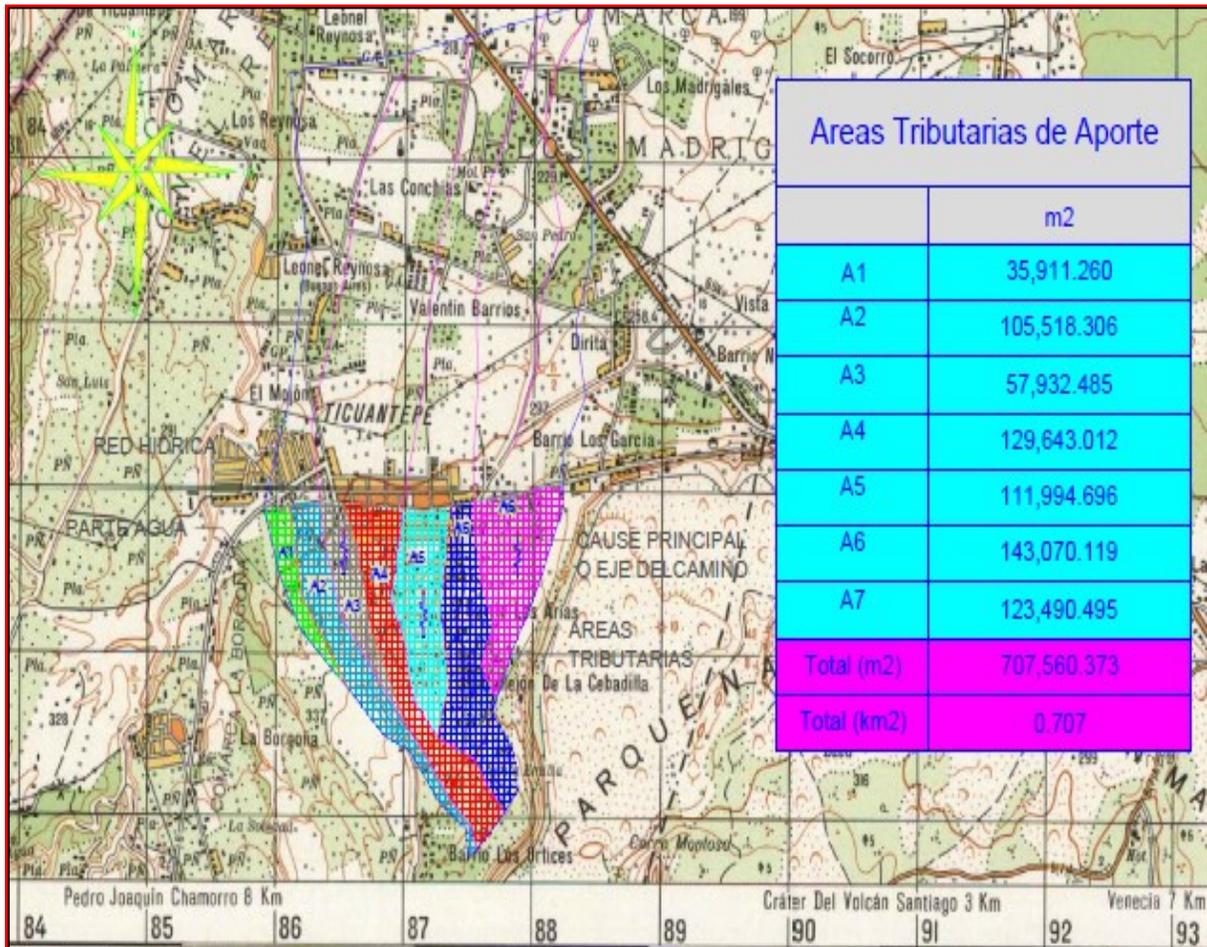
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971					30.5								30.5
1980						2.0							2.0
1984				9.1	63.3	292.2	146.1	114.6	553.7	88.5	7.9	1.5	1,274.9
1985	6.3	3.1	0.6	20.6	138.4	80.0	80.6	110.3	96.7	237.5	82.1	17.6	853.8
1986	0.0	2.3	1.6	0.0	302.7	195.1	80.9	45.0	137.6	63.6	0.0	9.4	838.2
1987	6.4	0.0	0.5	0.0	100.8	129.0	302.1	189.0	189.2	217.3	11.2	61.5	1,207.1
1988	5.4	2.0	0.0	1.1	189.6	283.9	214.7	327.4	283.3	504.5	69.5		1,861.4
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	203.1	77.6	56.6	198.1	99.1	20.8	11.0	703.5
1993	34.5	0.0	0.0	39.8	567.9	214.1	88.5	222.5	367.5	92.2	63.8	6.0	1,696.8
1994	13.5	1.5	0.5	30.3	204.6	100.7	20.1	37.0	178.4	200.0	110.5	5.5	902.6
1995	0.0	0.0	53.4	53.6	8.2	304.2	143.4	338.7	240.5	196.6	27.7	25.7	1,392.0
1996	10.8	0.0	0.0	0.5	253.7	156.5	320.0	255.0	251.4	381.9	214.1	2.4	1,826.1
1997	13.6	1.4	1.2	18.6	0.0	277.1	40.7	74.1	128.0	264.1	135.8	0.3	954.9
1998	0.0	5.9	0.0	0.0	144.3	81.8	186.1	183.2	248.5	692.0	109.8	17.8	1,669.4
1999	4.9	65.9	2.5	1.3	158.7	135.3	157.9	115.7	426.6	285.2	41.7	3.2	1,398.9
2000	0.8	0.8	1.3	8.4	76.9	224.4	41.2	60.2	344.7	222.3	36.6	4.9	1,022.3
2001	1.7	6.5	0.0	0.0	125.7	98.3	89.1	202.9	332.9	130.3	47.1	3.2	1,037.7
2002	7.1	3.7	0.1	0.0	646.1	173.0	116.2	61.5	221.1	138.8	41.6	4.8	1,414.0
2003	0.2	3.7	14.0	0.6	305.2	325.9	117.1	38.9	91.6	174.0	63.7	12.0	1,146.9
2004	6.9	1.5	4.9	49.5	223.5	144.2	190.1	69.9	204.3	254.6	38.9	0.2	1,186.5
2005	0.0	0.0	21.0	46.0	315.9	352.6	111.6	151.3	232.4	338.6	48.3	7.0	1,624.7
2006	17.2	7.2	2.0	0.0	164.1	121.4	79.0	29.1	172.3	181.6	14.8	3.0	791.7
2007	0.0	0.0	0.0	17.5	197.0	167.8	74.1	263.8	279.1	208.3	144.8	10.5	1,362.9
2008	5.8	0.0	1.3	64.5	196.8	61.0	167.8	134.2	255.9	501.4	48.8	5.7	1,441.2
2009	7.2	0.0	0.0	0.6	179.6	150.7	46.7	70.1	66.0	185.8	138.3	18.1	863.1
2010	0.0	2.1	2.5	70.6	156.5	220.0	203.7	320.5	391.8	67.1	44.4	0.0	1,479.2

³⁴ Fuente: INETER.

3.4.4 Definición de la superficie de drenaje o cuenca

La orientación del drenaje en esta localidad en general es con dirección oeste-este, pero con tres desagües naturales que recolectan el drenaje longitudinal del camino, una de ellas al lado oeste del camino (Estación/0+0260.00), otra al lado este del camino (Estación 0+600.82) y finalmente una al lado (Estación 1+114.39). Por medio de estas vaguadas se drena el camino hacia sus lados laterales. La cuenca hidrológica delimitada la área aproximada de 707,560.373 m² (0.707,560 Km²). Mapa geodésico 14, 2952-2

Figura 3.4.3 – ³⁵Delimitación de la cuenca sobre planos geodésicos haciendo uso del programa de Auto- Cad 2010.



³⁵ Elaboración propia:

Figura 3.4.4- Superficies de drenaje pluvial en tramos proyectados.³⁶

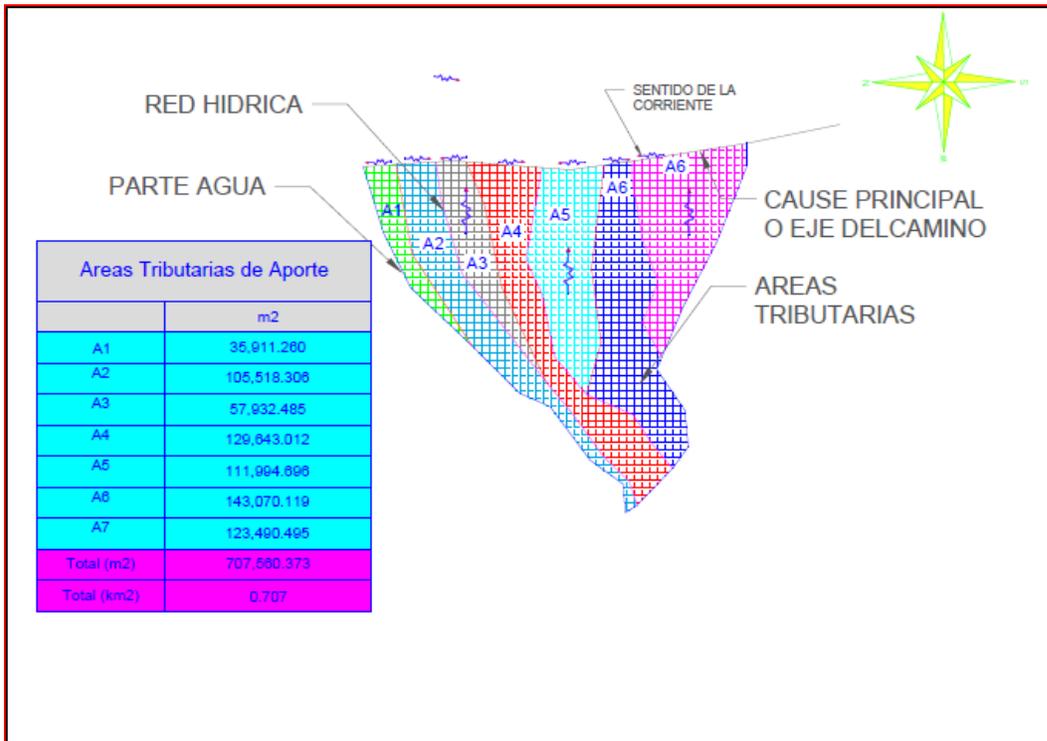


Tabla 3.4.2-Áreas de aporte, longitud y alturas calculadas en los tramos proyectados³⁷.

Nº	Estación		Área		L m	Hmáx m	Hmin. M
			m2	Km2			
1	0+000.00	0+100.00	35,911.260	0.036	100.0	117.661	119.356
2	0+100.00	0+260.00	105,518.106	0.106	160.00	119.356	115.514
3	0+260.00	0+352.90	57,932.485	0.059	92.90	119.078	115.514
4	0+352.90	0+600.82	129,643.012	0.130	247.92	119.078	109.266
5	0+600.82	0+960.00	111,994.696	0.112	359.18	109.984	109.266
6	0+960.00	1+114.39	143,070.119	0.143	154.39	109.984	108.965
7	1+114.39	1+464.07	123,490.495	0.124	349.68	111.767	108.965
Total					1464.07		

³⁶ FUENTE: Elaboración propia.

³⁷ FUENTE: Elaboración propia.

Una vez calculadas las áreas de aporte sobre los tramos, y definidos los puntos de concentración del flujo, procedemos a efectuar los cálculos hidráulicos

Tabla II.4.3- Calculos hidraulicos para los tramos proyectados sobre el camino Ticuantepe – Manuel Landez.³⁸

N°	Estación		Áreas		L (m)	Hmax (m)	Hmin (m)	Sc(m/m)	Tc (min)	I (mm/h)	C	Caudales (m3/seg)	
	De	a	m2	Km2								tramo	Acom S/vados
1	0+000.00	0+100.00	35,911.260	0.036	100.00	119.356	117.661	0.01690	1.71	196.79	0.38	0.897	0.897
2	0+100.00	0+260.00	105,518.106	0.106	160.00	119.356	115.514	0.02400	2.14	193.25	0.38	2.595	4.10
3	0+260.00	0+352.90	57,932.485	0.059	92.90	119.078	115.514	0.03840	1.18	201.36	0.38	1.505	1.505
4	0+352.90	0+600.82	129,643.012	0.130	247.92	119.078	109.266	0.03960	2.48	190.53	0.38	3.137	5.177
5	0+600.82	0+960.00	111,994.696	0.112	359.18	109.984	109.266	0.00200	10.39	143.77	0.38	2.040	2.040
6	0+960.00	1+114.39	143,070.119	0.143	154.39	109.984	108.965	0.00066	8.31	153.65	0.38	2.783	5.399
7	1+114.39	1+464.07	123,490.495	0.124	349.68	111.767	108.965	0.00800	5.97	166.57	0.38	2.616	2.616

³⁸FUENTE: Elaboración propia.

IV CAPITULO PROPUESTA DE DISEÑO DE CARPETA DE RODAMIENTO

4.1- DISEÑO GEOMÉTRICO

El proceso de correlacionar los elementos físicos de la carretera con las características de operación de los vehículos, es lo que se le conoce como diseño geométrico, y la razón es que esos elementos físicos se representan por su geometría, como sucede con las alineaciones, visibilidades, anchuras, pendientes, taludes, secciones transversales etc. Básicamente Comprende el diseño óptimo de la línea definitiva, la cual estará sujeta a las alineaciones vertical, horizontal y al derecho de vía, además del criterio del ingeniero diseñador y de las especificaciones establecidas para la misma.

4.1.1 Aspectos relevantes para el diseño

Para obtener las condiciones adecuada en el diseño a realizar se tomará en consideración los siguientes aspectos:

- a. Tipo de área: urbano
- b. Condiciones de terreno: Plano
- c. Volumen de tránsito³⁹ : Liviano
- d. Condiciones ambientales
- e. Consistencias en el diseño de carreteras similares

La velocidad máxima permitida para los vehículos que circulan en calles urbanas es de 45 km/h⁴⁰, sin embargo para elaborar el diseño del tramo Ticuantepe - Manuel Landez se seleccionó una velocidad de diseño de 70 KPH, por la siguiente razón:

Es un solo tramo de carretera y según las normas SIECA, su velocidad debe estar en función del tipo de terreno y el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA), tal y como lo muestra la siguiente tabla:

³⁹ Véase el capítulo / Estudio de transito

⁴⁰ Complemento de ley 431, página 125.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Tabla 4.1.1: Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno ⁴¹

Tipo de terreno	Volúmenes de Tipo de ejes de tránsito Diario o TPDA, en vpd			
	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3000-500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Por la razón de que ya existe un camino con sus edificaciones a lo largo del tramo de carretera, nuestro diseño consistirá básicamente en replantear o redefinir geométricamente el alineamiento tanto vertical como horizontal que más se adapte al camino existente. Los criterios básicos a considerarse en el diseño de la vía son: Los anchos y el número de carriles requeridos, el diseño de ambos depende del tipo y tamaño de los vehículos (composición vehicular), volúmenes de tránsito, velocidad de diseño y niveles de servicio requeridos. La determinación del ancho del derecho de vía de una carretera y por consiguiente la determinación del ancho óptimo de los componentes de la sección transversal típica es para un *período de diseño de 20 años*.

Ancho de Carril: La escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Por las condiciones del derecho de vial de propiedades tengo un ancho variable donde propondremos un derecho de vía de 5.4 m más las obras de drenaje.

De acuerdo al estudio de tránsito realizado en el tramo de carretera Ticuantepe - Manuel Landez, el porcentaje de vehículos pesados es apenas del 5.27 % del total de vehículos que circulan sobre la vía por sentido de circulación, aun así se ha considerado tomar como vehículo de diseño el tipo C-2. Por lo tanto se ha determinado un ancho de carril mínimo de 2.7 m.

Distancia de visibilidad: Es la longitud máxima de la carretera que puede un conductor ver continuamente delante de él cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables; por lo tanto la carretera ha de tener en todos sus puntos, tanto en la alineación de trazado, como en las curvas verticales de la

⁴¹ Fuente: Normas SIECA.

rasante, las condiciones de visibilidad precisas para que el conductor pueda tomar a tiempo las pertinentes durante su recorrido. Las tres consideraciones más importantes en la distancia de visibilidad para el diseño de vías son: distancia de visibilidad de parada; distancia de visibilidad de rebase; distancia de visibilidad en intersecciones.

Distancia de visibilidad de parada: Es la distancia de visibilidad mínima que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera, necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de proyecto o cerca de ella, pueda ver un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él.

La distancia de visibilidad de rebase se aplica a carreteras de dos carriles, en carreteras de cuatro o más carriles, la maniobra de rebase se efectúa en carriles con la misma dirección de tránsito, por lo que no hay peligro de interferir con el tránsito de sentido opuesto.

Distancia de visibilidad de adelantamiento o de rebase⁴²: Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de velocidad de rebase, cuando la distancia de visibilidad en ese momento es suficiente para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.

Niveles de Servicio: Los diseñadores deben seleccionar el nivel de servicio que mejor se adecue a la realidad del proyecto que se propone desarrollar y no suponer irrealidades absurdas que más bien conllevan a errores.

La selección de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. Como criterio de análisis se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño, debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño.

⁴² Ver anexos / adelantamiento o rebase/

La AASHTO ha determinado una manera para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de su tipología y las características del terreno.

Tipo de Carretera	Tipo de área y nivel de servicio			
	Rural	Rural	Rural	Urbano-
Autopista Especiales	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

Tabla 4.1.2: Nivel de servicio para diseño según el tipo de carretera⁴³

4.1.2 Trazado en planta o Alineamiento horizontal

Alineamiento horizontal: Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la sub-corona de la carretera. Los elementos que conforman el alineamiento horizontal son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición

Rasante: Es el término usado para designar la posición vertical de la superficie del camino en relación a la superficie del terreno. La localización final de la rasante está afectada por la topografía, así, en terrenos planos la mayor consideración para el establecimiento de la rasante es usualmente el drenaje.

Bombeo: Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre la carretera.

Peralte o sobre elevación: Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales. Para contrarrestar dichas fuerzas centrífugas es costumbre inclinar la superficie de la carretera hacia adentro, de forma que se produce un ligero efecto de peralte, con el que se ejercen automáticamente fuerzas de gravedad neutralizadoras.

Existen valores de la sobreelevación que se consideran como valores máximos, los cuales dependen del tipo de tránsito y de las condiciones climáticas. A continuación la tabla de la SIECA:

⁴³ Fuente: Normas AASHTO

Y apuntes de clase ing. Adolfo Cordero Catedrático UNAN-MANAGUA.

PERALTE MÁXIMO (E_{MAX})	CUANDO USARLO
12 %	Cuando no existan heladas ni nevadas y la cantidad de vehículos pesados en la corriente del tránsito es mínimo.
10 %	No hay nieve o hielo, pero con un gran porcentaje de vehículos pesados
8 %	En zonas donde las heladas o nevadas son frecuentes
6 %	En zonas urbanas

Tabla 4.1.3: fuente: SIECA Peralte Máximo ⁴⁴

El peralte máximo de diseño para este proyecto es del 12%, ya que se está trabajando con calles rurales donde la cantidad de vehículos pesados es mínima (6 % aproximadamente de acuerdo al estudio de tránsito realizado en el tramo de carretera Ticuantepe- Manuel Landez).

Curvas horizontales continuas: Dos curvas horizontales continuas pueden presentarse de la siguiente manera: En curvas inversas y Lomo roto. La primera está compuesta por dos curvas en sentido contrario contiguas y con tangente común en el punto de unión. La distancia mínima entre ambas curvas debe ser igual a la suma de las transiciones de ambas curvas. El segundo caso es cuando dos curvas consecutivas giran en el mismo sentido, pero que deben estar separadas por al menos una tangente de 500m.

En el diseño geométrico de nuestro proyecto, no se presentó ninguno de estos casos de curva continuas, solamente se diseñaron curvas simples.

4.1.3 Elementos geométricos de una curva horizontal.

Puntos notables.

PI: Es el punto donde se interceptan las dos tangentes horizontales.

PC: Es el punto de tangencia entre la tangente horizontal y la curva al comienzo de esta.

PT: Es el punto de tangencia entre la tangente y la curva al final de esta.

PM: Punto medio de la curva horizontal.

PSC: Indica un punto sobre la curva.

⁴⁴ SIECA, pág. 4-36

Puntos geométricos.

R: Es el radio de la circunferencia en la que la curva es un segmento de esta, de ahí que la curva horizontal es una curva circular.

T: Tangente de la curva, es el segmento de recta que existe entre el PI y el PC y también entre PI y PT.

CM: Cuerda Máxima, es el segmento de recta que une al PC con el PT.

LC: Longitud del arco comprendido entre PC y el PT. Se conoce también como desarrollo (D).

M: Ordenada a la curva desde el centro de la cuerda máxima.

E: Distancia desde el centro de la curva al punto de Inflexión.

Δ : Ángulo de inflexión o de deflexión formado por las tangentes al Interceptarse en el PI.

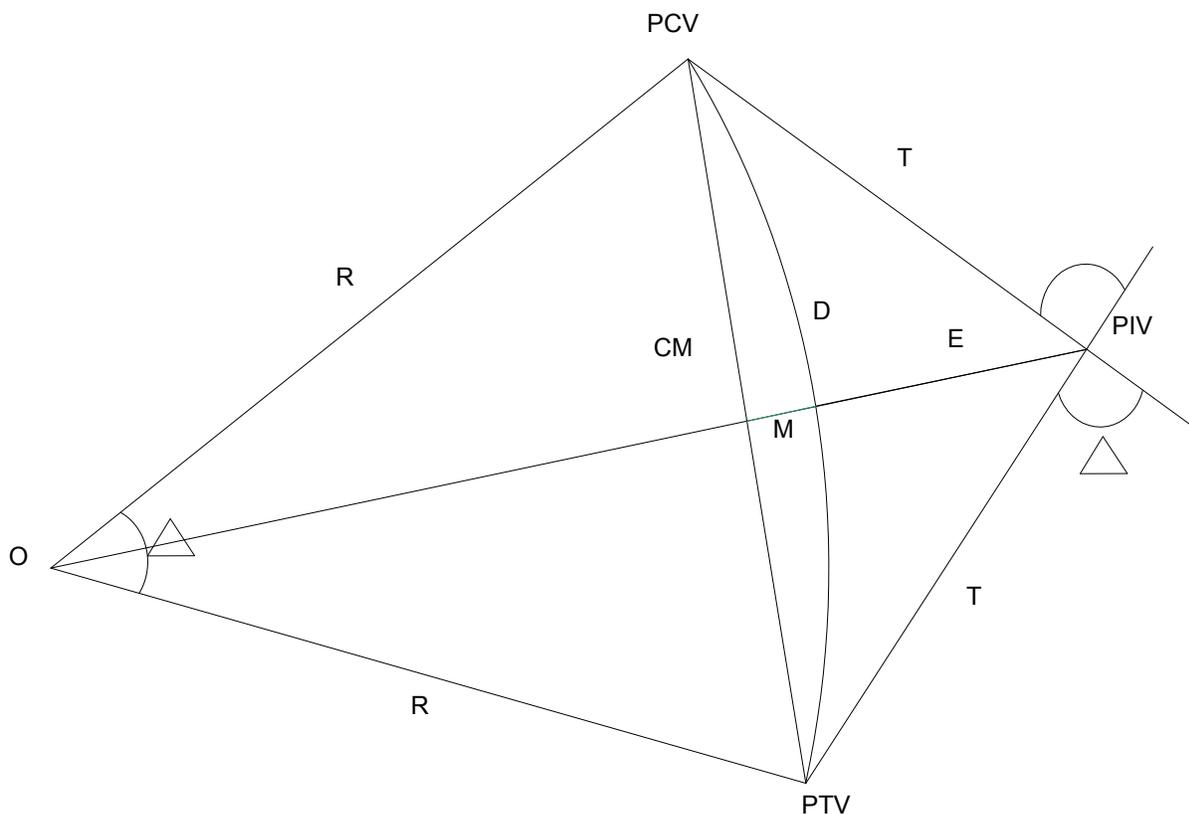


Figura 4.1.1: Elementos geométricos de una curva horizontal

Ecuaciones:

Cálculo de los elementos geométricos de la curva horizontal.

Radio: Está determinado según los datos que se tengan y la aplicación de las Ecuaciones del resto de los elementos geométricos.

Tangente $T_c = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$ (2. 1)

Cuerda Máxima $CM = 2R \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$ (2. 2)

Externa $E_c = R \left\{ \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right\}$ (2. 3)

Mediana $M = R \left\{ 1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right\}$ (2. 4)

Desarrollo $D_C = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ}$ (2. 5)

Antes de calcular el radio de la curva circular simple, debe establecerse primero un valor mínimo con el que el diseñador se guía, este valor consiste en el radio mínimo que evita el deslizamiento del vehículo viajando a la velocidad de diseño.

Este valor está dado por: $R_{min} = \frac{V^2}{127.14(e_{max}+f)}$ (2. 6)

Una vez definido el radio mínimo se puede calcular el radio de la curva circular y verificar que: $R_{min} \leq R$; Los valores de f varían según la velocidad, las condiciones de los neumáticos y el estado de la superficie de rodamiento de la carretera. La AASHTO recomienda los siguientes valores para f .

Tabla 4.1.4: Valores de f (coeficiente lateral de fricción) en función de la Velocidad de diseño.

V (KPH)	50	65	80	110	115
f	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12

Criterios para proyectar curvas circulares en el campo

Existen dos maneras de proyectar las curvas horizontales:

- Consiste en trazar la curva que mejor se adapte al terreno y posteriormente se calcula el grado de curvatura con su radio respectivo.
- Consiste en emplear curvas de determinados grados y calcular los demás elementos de ellos, siendo este último uno de los más

recomendados, debido a la facilidad de cálculos y al cómodo trazado en el terreno.

La experiencia ha demostrado, que existen otras formas adecuadas para trazar una curva circular en el terreno. Algunas veces estarán en función de la externa y otras en función de la tangente, que es el caso que se presenta en este trabajo. En general, se deberá trazar las curvas con el mayor radio posible para lograr mejor visibilidad y reducir la longitud del trazado de la vía.

Grado máximo de curvatura (G_{max}): Es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño y se define según la siguiente expresión:

$$G_{max} = \frac{145692.26 (e_{max}-f)}{V^2} \quad (2. 7)$$

Dónde:

e_{max} : Es el peralte máximo en decimal.

f : Representa el coeficiente de fricción lateral

V : Es la velocidad de diseño

Grado de curvatura (G): La longitud de una circunferencia es $2\pi R$, para un ángulo central de 360° , si el arco es de 20m, el ángulo central es el valor que adopta G , en otras palabras el grado de curvatura es el ángulo que subtiende un arco de 20m en la curva circular.

Relaciones fundamentales del grado de curvatura

Relación $G - R$ $G = \frac{1145.92}{R} \quad (2. 8)$

Relación $G - D_c$ $G = \frac{20 * \Delta}{D_c} \quad (2. 9)$

Condiciones que debe cumplir G

$G \leq G_{max} \rightarrow G = \frac{20 * \Delta}{D_c}$ Para $\Delta > 5^\circ$, "Dc" se calcula mediante la ecuación (2.5), si

$\Delta \leq 5^\circ$, el valor "Dc" se toma de la tabla siguiente.

Tabla 4.1.5: Valores de DC con respecto a Δ

Δ	5	4	3	2	1
Dc	150	180	210	240	270

4.1.4 Tipos de curvas horizontales

Las curvas horizontales suelen presentarse en tres casos diferentes, aunque aquí sólo se mencionará en detalle el caso que se presenta en este proyecto. Como ejemplo podemos citar una curva que debe pasar por un punto obligado, en el otro el PI es inaccesible, hay casos en el que se debe trazar una curva compuesta. Todos estos casos tienen su mecanismo de trazado y se basa en el caso más sencillo que se puede presentar, una curva horizontal simple.

Curvas de transición

Se utilizan para pasar de manera gradual, de un tramo en tangente a otro en la curva circular. De tal modo que el cambio de curvatura sea suave y que el peralte en todos los casos esté de acuerdo con el grado de curvatura. Un parámetro que determina el diseño de curvas de transición es el radio y la velocidad de diseño, ya que cuanto menor sea el radio de la curva circular y mayor la velocidad de diseño, mayor es la necesidad de hacer uso de estas.

Por otro lado, si el radio supera los 1,464m, no es necesario diseñar curvas de transición tampoco son necesarias en calles urbanas, esto se debe a las distancias cortas, a la cantidad de intersecciones y al derecho de vía, sin embargo en este diseño se han utilizado con la única finalidad de proporcionar el cambio del bombeo al peralte.

ELEMENTOS DE UNA CURVA EN TRANSICION⁴⁵			
PI	Punto de intersección entre las tangentes	T	Distancia total de la tangente
TS	Punto donde termina la tangente y empieza la espiral.	Tc	Tangente de la curva circular.
CS	Punto donde termina la curva circular e inicia la espiral	Tp	Proyección de la ordenada
SC	Punto donde termina la espiral	M	Abscisa del PC desplazado, referido al TS.
ST	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente	P	Ordenada desde la tangente inicial al PC del círculo

⁴⁵SIECA 4-45

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

			desplazado
PM	Punto medio de la curva.	D	Desarrollo o longitud de la curva.
Δ	Punto de deflexión de la tangente	Dc	Desarrollo de la curva circular.
R	Radio de la Curva circular.	E	Externa o distancia sobre la bisectriz del ángulo central del PI al PM
L_T	De transición. Longitud de la curva	Ec	Externa de la curva circular.
LC	Longitud de la curva circular	Ep	Proyección del desplazamiento de la curva circular sobre la externa

Diseño de la curva de transición: Dentro del diseño de la curva de transición se incluyen la sobre elevación (peralte) y el sobre ancho.

Sobre ancho: Es el ancho que se adiciona en el extremo interior de la calzada en una curva horizontal, la cual facilita a los conductores mantenerse dentro de su vía. Una de las razones por la cual se hace necesario diseñar el sobre ancho, es que las ruedas traseras de un vehículo describe una trayectoria más corta que las delanteras cuando se recorre una curva.

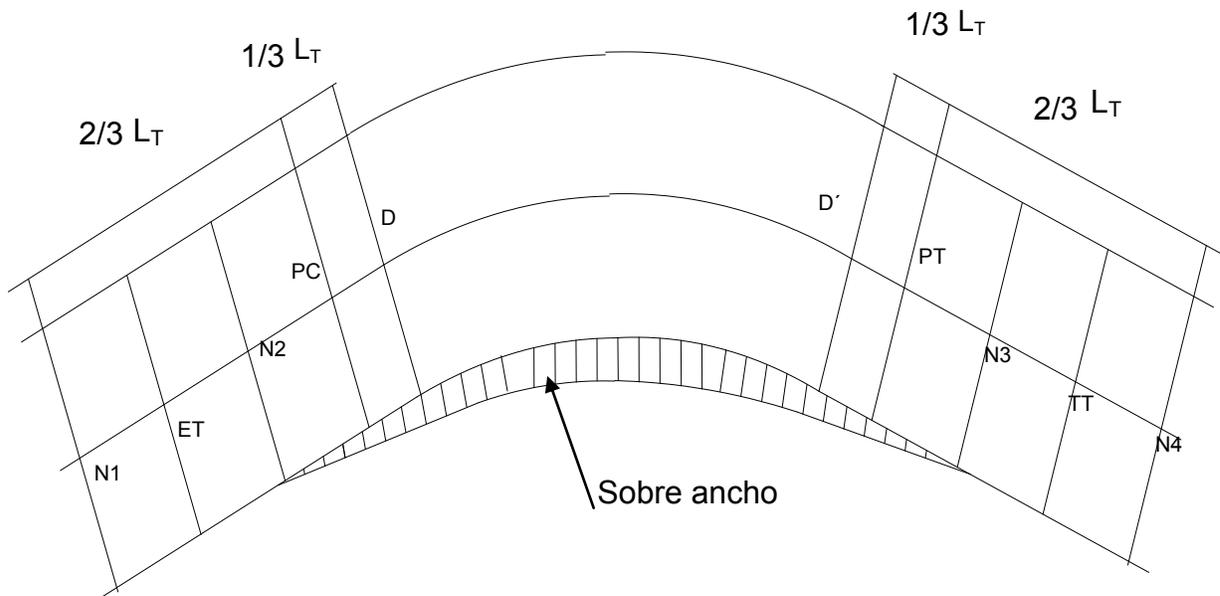


Figura 4.1.2: Elementos geométricos de una curva con sobre ancho.

Cálculo del sobre ancho de diseño.

Para calcular el sobre ancho se utilizará la siguiente fórmula general:

$$S_a = n(R - \sqrt{R^2 - Lc^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (2. 10)$$

Dónde:

n Números de carriles.

R Radio de la curva.

Ld Distancia entre los ejes más distantes del vehículo de diseño (C3)

V Velocidad de diseño (KPH)

Para fines de diseño no se consideran los sobre anchos que resultasen menores de 60 cm⁴⁶, si el sobre ancho resulta mayor deberá redondearse al decímetro superior. No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.60m ó más, o cuando el radio de la curva sea mayor de 300m.

Transición del bombeo a la sobre elevación: Es el procedimiento de cambio de la pendiente de la corona desde el bombeo hasta la sobre elevación, al pasar de una tangente horizontal a una curva, este cambio se hace gradualmente desde antes de entrar a la curva. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de las curvas hasta en un 50%, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede en sobre elevación completa. Aunque existen tres procedimientos para realizar la transición del bombeo al peralte, aquí sólo se menciona el que se utilizará en el diseño.

Desarrollo del peralte por el borde interior: Es el segundo método más usado sobre todo en los cortes, en los que se facilita el drenaje al mantener el borde interior una pendiente longitudinal uniforme; también disminuye el Volumen de excavación por elevarse el resto de la calzada con respecto al borde interior. El borde interior es la línea base alrededor de la cual va girando la sección transversal de la calzada, o parte de ella hasta alcanzar la inclinación necesaria (peralte). El peralte, puede desarrollarse en $\frac{2}{3}$ sobre la tangente y $\frac{1}{3}$ dentro de la curva, manteniéndose en su mayor valor hasta reducirse nuevamente.⁴⁷

Peralte de diseño

⁴⁶ SIECA pág. 4-50

⁴⁷ SIECA pág. 4 - 53

Este está dado por la siguiente expresión:

$$e = \frac{e_{\max}}{G^2_{\max}} (2G_{\max} - G)G \quad (2.11)$$

Para calcular el *Desarrollo del peralte* en cualquier punto X de la transición se

tiene:
$$e_x = \frac{e}{L_T} \{\text{Est. X} - \text{Est. ET}\} \quad (2.12)$$

Para calcular el *Desarrollo del sobre ancho* en cualquier punto X se tiene:

$$Sa_x = \frac{S_a}{L_T} \{\text{Est. X} - \text{Est. ET}\} \quad (2.13)$$

Dónde:

e_{\max} Peralte máximo.

G_{\max} Grado de curvatura máxima.

G Grado de curvatura.

Sa Sobre ancho de diseño.

L_T Longitud de la curva de transición.

Est.X Estación de un punto X ubicado en el tramo comprendido entre los puntos ET y D.

$$\text{Est.ET} = \text{Est. PC} - \frac{2}{3} L_T \quad (2.14)$$

Transición del bombeo (Valor "N")

Normas nicaragüenses
$$N = \frac{L_T \times b}{e} \quad (2.15)$$

Normas mexicanas (ASSHTO)
$$N = a \times b \times m \quad (2.16)$$

Dónde:

b Es el valor en decimal del bombeo

a Es el semiancho de la calzada

m Se calcula mediante la ecuación (2.18).

Longitud mínima de la curva de transición: Según la AASHTO la longitud mínima de una curva de transición⁴⁸ debe ir acorde con el aspecto estético, su método consiste en igualar la longitud de la espiral a la longitud necesaria para dar la sobre elevación correspondiente a la curva circular. En base a lo anterior la AASHTO determinó la siguiente ecuación:

$$L_T \text{ min} = m * a * e \quad (2.17)$$

⁴⁸ Véase anexos/ Longitud de transición mínima/ tabla

Dónde:

L_T min. Es la longitud de la curva de transición

$$m \quad \text{Está dado por:} \quad m = 1.5625V + 75 \quad (2.18)$$

a Es el semiancho de la calzada en tangente.

e Es el peralte de la curva circular en decimales.

Para la longitud de diseño (L_T) de la curva de transición se deberá redondear a un número mayor múltiplo de 20m.

Calculo de los elementos de la curva de transición

$$\text{Tangente} \quad T = T_p + T_c + m_t \quad (2.19)$$

Dónde:

T_c : Es la tangente de la curva circular simple.

$$T_p = p \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.20)$$

$$p = \frac{LT^2}{24R} \left(1 - \frac{LT^2}{112R^2} + \frac{LT^4}{21120R^4}\right) \quad (2.21)$$

$$m_t = \frac{LT}{2} \left(1 - \frac{LT^2}{120R^2} + \frac{LT^4}{17280R^4}\right) \quad (2.22)$$

$$\text{Desarrollo} \quad D = D_c + LT. \quad (2.23)$$

Dónde:

D_c : Es el desarrollo de la curva circular simple.

L_T : Es la longitud de la curva de transición.

$$\text{Externa} \quad E = E_c + E_p \quad (2.24)$$

Dónde:

E_c : Es la externa de la curva circular.

$$E_p = p \times \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.25)$$

Replanteo de curvas horizontales

Al replantear una curva circular la distancia a medir tiene que hacerse sobre la curva (desarrollo), técnicamente no es posible realizar la medición sobre ésta; es por ello que en vez de medir segmentos de arco, se miden *segmentos de cuerda*. Al medir sobre la curva existe una diferencia de longitud entre el arco y la cuerda que lo subtiende, lo que implica una diferencia entre la longitud calculada de la curva y la longitud del trazo de la curva, ésta diferencia puede disminuirse, haciendo que la longitud de la cuerda sea sensiblemente igual a la longitud del arco, esto se logra ejecutando la *operación corte de cadena*.

Longitud de la cuerda para el replanteo: La longitud necesaria para replantear una curva horizontal está en dependencia del radio y del grado de curvatura.

Aunque ya hay valores establecidos para determinados grados de curvatura⁴⁹, se utilizará la ecuación siguiente:

$$C = 2R \operatorname{sen} \left[\frac{G}{2} \right] \quad (2.26)$$

Dónde:

R Radio de la curva en metros

G Grado de curvatura de la curva.

Ángulos de deflexión: La localización de las curvas circulares en el terreno se hace generalmente por medio de ángulos de deflexión y cuerdas, dichos ángulos son los que forman con la tangente cada una de las cuerdas que salen del PC a los diversos puntos donde se van a colocar estacas, que son puntos de abscisas múltiplos de 20m. Tales ángulos se representan por el símbolo δ :

$$\delta = \frac{1.5 * G_c * d}{60} \quad (2.27)$$

Dónde:

δ Es el ángulo de deflexión.

G_c Grado de curvatura.

d Longitud de arco de la sub-cuerda.

El valor de cada ángulo de deflexión es la mitad del ángulo central que intercepta el mismo arco, puesto que es un ángulo de los llamados semi-inscritos en Geometría. El ángulo de deflexión total para la curva será:

$$\delta = \frac{\Delta}{2} = 18^{\circ}06'10.00'' \quad (2.28)$$

4.1.5 Trazado en perfil o alineamiento vertical

Son las que se utilizan para servir de acuerdo entre la rasante de distintas pendientes, en los ferrocarriles, carreteras y otros caminos. Tiene como objetivo suavizar el cambio en el movimiento vertical, es decir, que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Casi siempre se usan arcos parabólicos, en vez de arcos circulares como en las curvas horizontales. Cuando la diferencia algebraica entre las pendientes a unir sea menor de 0.5%, las curvas verticales no son necesarias,

⁴⁹ Ver anexo/ Cuerda máxima a utilizar en el replanteo/ Tabla

ya que el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción. Numéricamente se representa así: $\|P_2 - P_1\| \leq 0.5\%$ La longitud de una curva vertical es su proyección horizontal. Se caracterizan por proporcionar un camino seguro, confortable y por permitir el drenaje adecuado a la vía.

Longitud crítica de una tangente vertical: Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Alineamiento Vertical: Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub corona. Al trazado en perfil del eje de la sub corona se le llama línea sub rasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son: las tangentes y las curvas.

Tangente vertical: Se caracterizan por su longitud y sus pendientes. Se miden horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente vertical es la relación entre el desnivel o la distancia entre dos puntos de la misma.

Pendiente: La pendiente influye sobre el costo del transporte, por ejemplo en una curva vertical muy inclinada los usuarios tienen mayores dificultades en su recorrido y además disminuye la capacidad de la vía y más aún cuando hay un alto porcentaje de camiones. Al disminuir las pendientes, aumentan los volúmenes de excavación y por ende también los costos de construcción.

Pendiente máxima: Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y está en dependencia del volumen y la composición del tránsito, las características del terreno y la velocidad del diseño.

Pendiente mínima: Es la menor pendiente que se permite en el proyecto, para que el agua pueda correr por las cunetas, la línea de fondo de éstas deberá tener como mínimo una pendiente de 0.5%⁵⁰, la línea de fondo de las cunetas deberá tener la misma pendiente que la sub rasante de la vía.

Pendiente gobernadora: Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea sub rasante para dominar un desnivel determinado, en función de la

⁵⁰ Nic 2000, pág 644.

característica del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

4.1.6 Tipos de curvas verticales.

Pueden ser cóncavas hacia abajo, las cuales se denominan Curvas en columpio, o cóncavas hacia arriba, a las que se les llama Curvas en Cresta. Para determinar si una curva vertical está en columpio o en cresta se calcula la diferencia algebraica de las pendientes, este resultado se representa con la letra A.

$$A = P_a - P_r \quad (2. 29)$$

Si $A < 0$ se trata de una curva en cresta

Si $A > 0$ se trata de una curva en columpio

Desde otro punto de vista, las curvas verticales pueden ser simétricas o asimétricas, las primeras son las que se proyectan simétricamente con respecto al punto de intersección de las pendientes, es decir, las proyecciones horizontales son iguales. Las curvas verticales asimétricas disponen de proyecciones horizontales distintas, tal es el caso presentado en este proyecto.

Longitud de curvas verticales: Al elegir la longitud de las curvas verticales, la diferencia algebraica entre sus pendientes interviene en los cálculos de diseño.

En el diseño de carreteras los criterios determinantes son la visibilidad⁵¹ y el grado de cambio de pendiente (comodidad y aspecto). Una curva larga tiene un aspecto más agradable que una corta, es preferible una línea con pendiente suave en cambios graduales, a otra con numerosos cambios de pendientes y longitudes de rampas cortas. Aún con todo esto, la longitud de la curva vertical está en dependencia íntima con la velocidad de diseño y el grado de inclinación de la misma, teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de parada, la cual se mencionó anteriormente. En base a los resultados de diversos estudios se ha determinado una fórmula que proporciona la distancia de parada que puede ser utilizada para el diseño de curvas verticales, esta ecuación es:

$$Dp = 0.278 V * t + \frac{V^2}{254 (f_t - P_m)} \quad (2. 30)$$

⁵¹ Véase: Nic 2000, pág. 124; 125

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Dónde:

D_p : Distancia de parada o frenado.

V : Velocidad de diseño

t : Tiempo de reacción (2.5seg)

f_l : Coeficiente de fricción longitudinal.

P_m : Representa la pendiente de mayor inclinación en valor absoluto.

Aunque existen otros criterios para el cálculo de la longitud de una curva vertical, aquí se utilizará solamente el *criterio de seguridad*, este criterio exige que la longitud de la curva deba ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

Si la curva está en columpio:
$$L = \frac{A * Dp^2}{120+3.5Dp} \quad (2.31)$$

O bien, si la curva está en cresta:
$$L = \frac{A * Dp^2}{425} \quad (2.32)$$

Dónde:

L: Longitud de la curva vertical

A: Diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento

D_p : Distancia de parada.

La AASHTO para satisfacer las necesidades mínimas de parada, comodidad y aspecto, recomienda un valor de L no menor de $K*A$, donde A es la diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento y los valores de K, para obtener L en metros, son los siguientes:

Velocidad (KPH)		50	65	80	95	110
Valor mínimo de K para curvas verticales	Curvas en cresta	9	15	24	46	73
	Curvas en columpio	11	15	21	43	30

Tabla 4.1.6: Valores de K para el cálculo de L⁵²

Según lo anterior la longitud mínima de una curva vertical que cumpla con el criterio de seguridad está dado por:
$$L = K * A \quad (2.33)$$

⁵²Fuente: Normas AASHTO.

4.1.7 ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL.

PCV: Punto de comienzo de la curva vertical

PTV: Punto de terminación de la curva vertical

PIV: Punto de intercesión vertical de las tangentes

P_i, P_d : Pendientes de las tangentes de entrada y salida respectivamente

L_i, L_d : Longitudes de la rama izquierda y derecha respectivamente.

L : Longitud total de la curva vertical ($L_i + L_d$)

V : Ordenada a un punto P de la curva vertical.

Y : Ordenada vertical desde la prolongación de la tangente a un punto P de la curva.

e : Ordenada vertical desde el vértice a la curva.

x : Distancia del PV a un punto P de la curva.

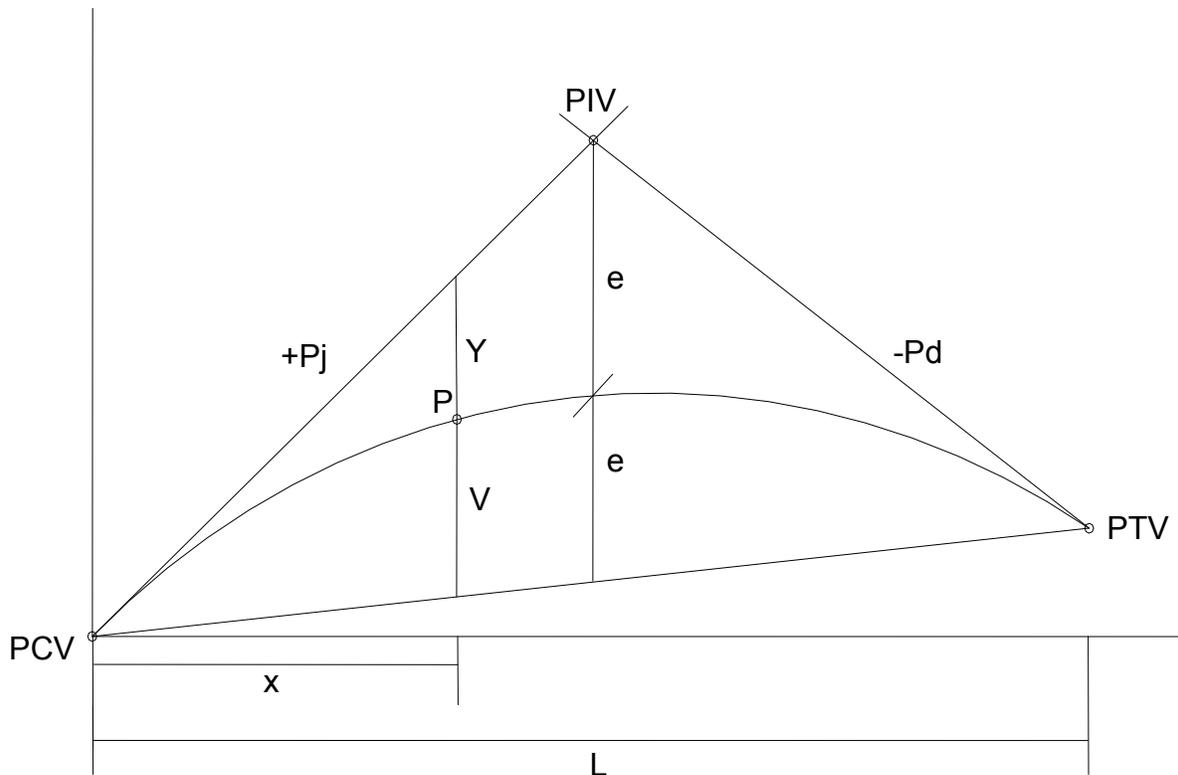


Figura 4.1.A: Elementos de una curva vertical

Ecuaciones

Cálculo de los valores de los elementos de la curva vertical (asimétrica o simétrica).

Ordenada vertical
$$e = \frac{(P_d - P_i)}{2L} * L_i * L_d \quad (2.32)$$

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Rama izquierda	Rama derecha
Ordenadas	
$V_j = \frac{Pd-Pj}{2L} * \frac{Ld}{Lj} * X_j^2$	$V_d = \frac{Pd - Pj}{2L} * \frac{Lj}{Ld} * X_d^2$
Elevación sobre la tangente	
$E_{s/t} = E_{PCV} + P_j X_j$	$E_{s/t} = E_{PTV} + P_d X_d$
Elevación sobre la curva	
$E_{s/c} = E_{s/t} + V_j$	$E_{s/c} = E_{s/t} + V_d$
Ubicación del punto más alto	
$X_{PAj} = \left\ \frac{P_j * L_j^2}{2e} \right\ $ Si $X_{PAj} > L_i$ entonces el Punto más alto está en L_d . Luego: $X_{PA} = L - X_i$	$X_{PA_d} = \left\ \frac{P_d * L_d^2}{2e} \right\ $ Si $X_{PA_d} > L_d$ entonces el Punto más alto está en L_i . Luego: $X_{PA} = L - X_d$

Diseño de curvas horizontales: (Dos curvas véase los planos del tramo). La velocidad de proyecto fijada en 70 KPH para el tramo total de 1,464 metros aproximadamente de pavimento se basa en las normas de diseño geométrico centroamericano (SIECA), cuyo valor está en función del Tráfico Promedio Anual (TPDA) y el tipo de Terreno (véase la tabla II.1.1).

Tabla 4.1.7: Datos iniciales para el diseño de dos curvas⁵³

n° de curva	PC	PT	VP	e.max	f	Δ (Grados)	Δ (Rad)
1	0+098.101	0+245.012	70	0.12	0.15	10.0206	0.1749
2	0+343.651	0+367.049	70	0.12	0.15	1.6758	0.0292

Los radios calculados para ambas curvas, así como sus respectivos grados de curvatura, cumplen con las condiciones sugeridas por la ASSHTO para el diseño adecuado respecto a radio mínimo y grado máximo de curvatura.

Tabla 4.1.8: Datos geométricos calculados para el diseño Curvas Circulares Horizontales⁵⁴

N° CV	R.min (m)	G.max (grds)	T(m)	R(m)	Gc. (grds)	Dc (m)	Ec (m)	M (m)	CM (m)
Ecuación	E-2.6	E-2.7	E-2.1		E-2.8	E-2.5	E-2.3	E-2.4	E-2.2

⁵³ Elaboración propia.

⁵⁴ Elaboración propia.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

1	142.74	8.0279	73.64	840.00	1.3642	146.910	3.22	3.21	146.72
2	142.74	8.0279	11.70	800.00	1.4324	23.399	0.09	0.09	23.40

La determinación de los valores tanto de e_{max} (peralte máximo) como también de f (coeficiente lateral de fricción) se ha fijado cuidadosamente teniendo en cuenta las sugerencias de ASSHTO contenidas en tablas / (Tabla 4.1.3 ^Tabla 4.1.4)

Tabla 4.1.9: Datos iniciales para el cálculo de sobre ancho y peralte de Curvas C. Simples⁵⁵

N° de curva	Ld veh diseño	# de carriles	Vp (KPH)	A TAN (m)	Gmax (Grados)	e_{max}	G (Grados)	R curva (m)	f
1	5	2	70	5.4	8.0279	0.12	1.3642	840.00	0.15
2	5	2	70	5.4	8.0279	0.12	1.4324	800.00	0.15

La siguiente tabla muestra los cálculos necesarios para confeccionar las tablas de sobre ancho y peralte. La longitud de transición mínima cuyo resultado no fuera un número entero deberá ser redondeada a un número mayor múltiplo 20. Así mismo no se tomara el sobre ancho que resulte menor a 20 cm, y el que resulte mayor deberá ser redondeado al decímetro superior.

Tabla 4.1.10 – Datos calculados para la elaboración de la tabla de peraltes y sobre anchos⁵⁶

N° de curva	E	e (%)	Sa (m)	m	a	Ltmin(m)	bombeo	N(m)
Ecuación	E-2.11		E-2.10	E-2.18	A TAN/2	E-2.17		E-2.16
1	0.0373	3.73	0.27	184.375	2.7	18.6	0.03	14.93
2	0.0390	3.90	0.28	184.375	2.7	19.4	0.03	14.93

Tabla de los estacionamientos

Tabla 4.1.11: Determinación de los estacionamientos para las dos curvas horizontales Circulares.

	curva # 1	curva # 2
N	14.9344	14.9344
LT	40.0000	25.0000
EST PC= EST PI -Tc	98.1010	343.6510
EST N1=EST PC-(0,7 LT+N)	55.1666	311.2166
EST ET=EST PC -0,7 LT	70.1010	326.1510

⁵⁵ Elaboración propia

⁵⁶ Elaboración propia

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

EST N2= EST ET +N	85.0354	341.0854
EST D= EST PC + 0,3 LT	110.1010	351.1510
EST D´= EST PT - 0,3 LT	233.0120	359.5490
EST PT = EST PC + Dc	245.0120	367.0490
EST N3 = EST D´ + LT -N	258.0776	369.6146
EST TT = EST N3 + N	273.0120	384.5490
EST N4 = EST TT + N	287.9464	399.4834

Tablas de sobre ancho y Peraltes para la curva #1

Tabla 4.1.12: Sobre anchos y Peraltes para la curva horizontal #1⁵⁷

Cálculos de sobre anchos y peraltes (curva #1)							
LT	e-cal/(%)	Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho Eje central	Distancia
				Hombro izquierdo	Hombro derecho		
40	3.73	N1	0+055.1666	-3.00	-3.00	0.00	14.93
40	3.73		0+060.0000	-3.00	-2.03	0.08	10.10
40	3.73	ET	0+70.1010	-3.00	0.00	0.00	0.00
40	3.73		0+080.0000	-3.00	0.92	0.07	9.89
40	3.73	N2	0+85.0354	-3.00	1.39	0.11	14.93
40	3.73	PC	0+098.1010	-3.00	2.61	0.21	28.00
40	3.73		0+100.0000	-3.00	2.79	0.22	29.90
40	3.73	D	0+110.1010	-3.73	3.73	0.30	40.00
40	3.73		0+120.0000	-3.73	3.73	0.30	
40	3.73		0+140.0000	-3.73	3.73	0.30	
40	3.73		0+160.0000	-3.73	3.73	0.30	
40	3.73		0+180.0000	-3.73	3.73	0.30	
40	3.73		0+200.0000	-3.73	3.73	0.30	
40	3.73		0+220.0000	-3.73	3.73	0.30	
40	3.73	D´	0+233.0120	-3.73	3.73	0.30	40.00
40	3.73		0+240.0000	-3.08	3.08	0.25	33.012
40	3.73	PT	0+245.0120	-3.00	2.61	0.21	28.00
40	3.73	N3	0+258.0776	-3.00	1.39	0.11	14.93
40	3.73		0+260.0000	-3.00	1.21	0.10	13.01
40	3.73	TT	0+273.0120	-3.00	0.00	0.00	0.00
40	3.73		0+280.0000	-3.00	-1.40	0.05	6.988
40	3.73	N4	0+287.9464	-3.00	-3.00	0.00	14.93

⁵⁷Elaboración propia

Tablas de sobre ancho y Peraltes para la curva #2

Tabla 4.1.13: Sobre anchos y Peraltes para la curva horizontal #2⁵⁸

Cálculo de sobre anchos y peraltes (curva #2)							
LT	e-cal (%)	Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho (m)	Distancia
				Hombro izquierdo	Hombro derecho		
25	3.90	N1	0+311.2166	-3.00	-3.00	0.00	14.93
25	3.90		0+320.0000	-3.00	-1.24	0.07	6.15
25	3.90	ET	0+326.1510	-3.00	0.00	0.00	0.00
25	3.90		0+340.0000	-3.00	1.54	0.12	9.87
25	3.90	N2	0+341.0854	-3.00	2.33	0.18	14.93
25	3.90	PC	0+343.6510	-3.00	2.73	0.21	17.50
25	3.90	D	0+351.1510	-3.90	3.90	0.30	25.00
25	3.90	D'	0+359.5490	-3.90	3.90	0.30	25.00
25	3.90		0+360.0000	-3.83	3.83	0.29	24.55
25	3.90	PT	0+367.0490	-3.00	2.73	0.21	17.5
25	3.90	N3	0+369.6146	-3.00	2.33	0.18	14.93
25	3.90		0+380.0000	-3.00	0.71	0.05	4.55
25	3.90	TT	0+384.5490	-3.00	0.00	0.00	0.00
25	3.90	N4	0+399.4834	-3.00	-3.00	0.00	14.93

Para ambas curvas se cumple que $D''-D > 1/3$ Desarrollo de la curva (Del pc al Pt), este parámetro debe cumplir todas las curvas que no cuentan con espirales de transición, por lo cual las normas recomiendan dar parte de la transición a las tangentes y parte sobre la curva circular. ya que se ha demostrado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de las curvas circular hasta un 50 % , siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede en sobreelevación completa.

⁵⁸ Elaboración propia

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Replanteo de la curvas circulares horizontales

Tabla.4.1.14: Deflexiones⁵⁹

d1	d2	d3	Δ (Grados)	Δ (Rad)	Gc	$\delta_1/ E- .27$	$\delta_2/ E-2.27$	$\delta_3/ E-2.27$
1.899	20.000	5.012	10.0206	0.1749	1.3642	0.0648	0.6821	0.1709
16.349	20.000	7.049	1.6758	0.0292	1.4324	0.5855	0.7162	0.2524

Tabla 4.1.15.a Replanteo para la curva #1⁶⁰

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION ACUMULADA
PC	0+098.101	0	0.0000	0.0000
	0+100	1.899	0.0648	0.0648
	0+120	20	0.6821	0.7469
	0+140	20	0.6821	1.4290
	0+160	20	0.6821	2.1111
	0+180	20	0.6821	2.7931
	0+200	20	0.6821	3.4752
	0+220	20	0.6821	4.1573
	0+240	20	0.6821	4.8394
PT	0+245.012	5.012	0.1709	5.0104

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir: $5.0104 \approx \Delta/2=10.0206/2 = 5.0103$, siendo el grado de tolerancia permitido $< 00^{\circ}01' 0k$.

Tabla 4.1.15.b Replanteo para la curva #1⁶¹

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION ACUMULADA
PC	0+343.651	0	0.0000	0.0000
	0+360	16.349	0.5855	0.5855
PT	0+367.049	7.049	0.2524	0.8379

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir: $0.8379 \approx \Delta/2 = 1.6758/ 2 = 0.8379$, siendo el grado de tolerancia permitido $< 00^{\circ}01' 0k$.

⁵⁹ Elaboración propia

⁶⁰ Elaboración propia

⁶¹ Elaboración propia

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Diseño de Curvas Verticales (siete curvas verticales simétricas)

Tabla 4.1.16: Datos iniciales para el diseño de curvas verticales⁶²

N° CURVAS	Pj	Pd	A(Pd-Pi)%	POSICION DE LA CURVA	V.P (KPH)	BOMBEO (%)
1	1.7	-2.4	-4.1	cresta	70	3
2	-2.4	3.8	6.2	columpio	70	3
3	3.8	-6.7	-10.5	cresta	70	3
4	-6.7	-2.5	4.2	columpio	70	3
5	-2.5	0.2	2.7	columpio	70	3
6	0.2	-0.7	-0.9	cresta	70	3
7	-0.7	0.8	1.5	columpio	70	3

Tabla 4.1.17: Datos calculados para el diseño de curvas verticales⁶³

N° DE	Dp	L.CURVA (m)	L.CURVA (m)	K	K*A(%)	Long. de curva
Ecuación	E-2.30					
1	53.63	27.7	40	17	70	80
2	53.63	57.9	60	16	99	60
3	53.63	71.1	80	17	179	100
4	53.63	39.3	40	16	67	80
5	53.63	25.2	40	16	43	80
6	53.63	6.1	20	17	15	80
7	53.63	14.0	20	16	24	80

Tabla 4.1.18: Estacionamientos y Elevaciones de puntos de interés⁶⁴

N° DE	EST. PIV	EST. PCV	EST.PTV	E.PCV	E.PTV	E. PIV
1	0+100.00	0+060.00	0+140.00	118.676	118.396	119.356
2	0+260.00	0+210.00	0+310.00	116.714	117.414	115.514
3	0+352.90	0+262.90	0+442.90	115.658	113.048	119.078
4	0+440.00	0+400.00	0+480.00	115.945	112.265	113.265
5	0+600.82	0+560.82	0+640.82	110.266	109.346	109.266
6	0+960.00	0+920.00	0+1000.00	109.904	109.704	109.984
7	1+114.39	1+074.39	1+154.39	109.245	109.285	108.965

⁶² Elaboración propia

⁶³ Elaboración propia

⁶⁴ Elaboración propia

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Tabla 4.1.19.A tabla de replanteo de curvas verticales asimétricas ⁶⁵

CURVA # 1				
	ESTACION	DISTANCIA	E. S/T	E. RASANTE S/C
PCV	0 + 060	0.00	118.68	118.68
	0 + 080	20.00	119.02	118.916
PIV	0 + 100	40.00	119.36	118.944
	1 + 120	20.00	118.88	118.776
PTV	0 + 140	0.00	118.40	118.4

Tabla 4.1.19.B: tabla de replanteo de curvas verticales asimétricas ⁶⁶

CURVA # 2				
	ESTACION	DISTANCIA	E. S/T	E. RASANTE S/C
PCV	0+210	0.00	116.71	116.71
	0+220	10.00	116.47	116.52
	0+240	30.00	115.99	116.46
PIV	0+260	50.00	115.51	116.81
	0+280	30.00	116.27	116.74
	0+300	10.00	117.03	117.08
PTV	0+310	0.00	117.41	117.41

Tabla 4.1.19 C: tabla de replanteo de curvas verticales asimétricas ⁶⁷

CURVA # 3				
	ESTACION	DISTANCIA	E. S/T	E. RASANTE S/C
PCV	0+262.90	0.00	115.66	115.66
	0+280.00	17.10	116.31	116.15
	0+300.00	37.10	117.07	116.34
	0+320.00	57.10	117.83	116.10
	0+340.00	77.10	118.59	115.44
PIV	0+352.90	90.00	119.08	114.79
	0+360.00	82.90	118.60	114.96
	0+380.00	62.90	117.26	115.17
	0+400.00	42.90	115.92	114.95
	0+420.00	22.90	114.58	114.31
	0+440.00	2.90	113.24	113.24
PTV	0+442.90	0.00	113.05	113.05

⁶⁵ Elaboración propia

⁶⁶ Elaboración propia

⁶⁷ Elaboración propia

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Tabla III.1.19.D: tabla de replanteo de curvas verticales asimétricas ⁶⁸

CURVA # 4				
	ESTACION	DISTANCIA	E. S/T	E. RASANTE S/C
PCV	0+ 400	0.00	115.95	115.95
	0+420	20.00	114.61	114.71
PIV	0+440.00	40.00	113.27	113.69
	0+460	20.00	112.77	112.87
PTV	0+480	0.00	112.27	112.27

Tabla 4.1.19.E: tabla de replanteo de curvas verticales asimétricas ⁶⁹

CURVA # 5				
	ESTACION	DISTANCIA	E. S/T	E. RASANTE S/C
PCV	0+560.82	0.00	110.27	110.27
	0+580.00	19.18	109.79	109.85
	0+600.00	39.18	109.29	109.55
PIV	0+600.82	40.00	109.27	109.54
	0+620.00	20.82	109.31	109.38
	0+640.00	0.82	109.35	109.35
PTV	0+640.82	0.00	109.35	109.35

Tabla 4.1.19.F: tabla de replanteo de curvas verticales asimétricas ⁷⁰

CURVA # 6				
	ESTACION	DISTANCIA	E. S/T	E. RASANTE S/C
PCV	0+920.00	0.00	109.90	109.90
	0+940.00	20.00	109.94	109.92
PIV	0+960.00	40.00	109.98	109.88
	0+980.00	20.00	109.84	109.82
PTV	0+1000.00	0.00	109.70	109.70

Tabla 4.1.19.G: tabla de replanteo de curvas verticales asimétricas ⁷¹

CURVA # 7				
	ESTACION	DISTANCIA	E. S/T	E. RASANTE S/C
PCV	1+074.39	0.00	109.25	109.25
	1+080.00	5.61	109.21	109.21
	1+100.00	25.61	109.07	109.13
PIV	1+114.39	40.00	108.97	109.11
	1+120.00	34.39	109.01	109.12
	1+140.00	14.39	109.17	109.19
PTV	1+154.39	0.00	109.29	109.29

⁶⁸ Elaboración propia

⁶⁹ Elaboración propia

⁷⁰ Elaboración propia

⁷¹ Elaboración propia

4.2-DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

Metodología del diseño

En Nicaragua los métodos de diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984. Ambos métodos tienen características distintas y los espesores calculados con ellos, para condiciones similares, pueden ser diferentes, pese a lo anterior, se siguieron las recomendaciones de los dos métodos: para la elaboración de las cartas de diseño que se proponen en el catálogo de estructuras.

Los espesores registrados en las Tablas 4-2 es el resultado del análisis de más de 70.000 diseños, obtenidos a partir de las metodologías presentadas por la PCA'84 y la AASHTO'93 los cuales se analizaron para seleccionar el abanico de 1.680 estructuras que conforman este manual y que se esquematizan acorde a la figura A-4.2.1(véase anexo).

Las dimensiones de las estructuras propuestas, se obtuvieron al analizar el espectro gráfico de los resultados comparativos entre las metodologías de diseño. Durante el análisis estructural, además de sus resultados, se tuvo en cuenta la tradición nacional, se desecharon aquellos que tenían espesores muy reducidos por considerarlos frágiles y por el otro lado se desecharon los que mostraban valores superiores a 30 cm, dejando para estos casos que el diseñador de los pavimentos recurra a otras fuentes de información.

Los resultados se presentan tabulados en función de las variables seleccionadas y la selección del espesor se hace seleccionando en primer lugar el tránsito T# (Tabla A-III.2.1) luego se escoge tipo de suelo S# (Tabla A-III.2.2) a partir de la capacidad de soporte de la subrasante, a continuación se define si el pavimento tendrá dovelas D o no ND y bermas laterales B o NB (Tabla A-III.2.3), hasta este punto los datos se presentan en las columnas. Luego se escoge el tipo de soporte sobre el que se desea construir el pavimento SN, BG, o BEC (Tabla A-III.2.4) y finalmente se escoge la calidad del concreto MR# (Tabla A-III.2.5) y en la casilla en donde coincidan todas las variables escogidas se lee el espesor en centímetros, que debe tener la losa, que cumple con las condiciones fijadas.

A continuación presentamos la tabla de diseño para pavimento rígido (concreto hidráulico), proporcionada por la ASSHTO y PCA.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Tabla 4.2.1 –Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variable T2 como factor principal ⁷²

		ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																			
		Tránsito T2																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		DyB	Dy no B	No D y B	No D y no B	DyB	Dy no B	No D y B	No D y no B	DyB	Dy no B	No D y B	No D y no B	DyB	Dy no B	No D y B	No D y no B	DyB	Dy no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1	25	29	25	29	24	28	24	28	22	26	22	26	22	25	22	25	21	25	22	25
	MR2	24	28	25	28	24	27	24	27	22	25	22	25	21	24	22	24	21	24	22	24
	MR3	24	27	25	27	24	28	26	28	21	24	22	24	20	23	22	23	20	23	22	23
	MR4	22	26	25	26	23	27	26	27	20	23	22	24	19	22	22	23	19	22	22	23
BG	MR1	24	28	24	28	23	27	23	27	22	25	22	25	21	25	22	25	21	24	21	24
	MR2	23	27	23	27	23	26	23	26	21	24	22	24	21	24	22	24	20	23	21	23
	MR3	22	26	23	26	23	27	25	27	20	24	22	24	20	23	22	23	20	23	21	23
	MR4	21	25	23	25	22	26	25	26	19	23	22	23	19	22	22	23	19	22	21	23
BEC	MR1	21	24	21	24	21	24	21	24	19	22	21	22	19	22	20	22	19	21	20	22
	MR2	20	23	21	23	20	23	21	23	19	21	21	22	18	21	20	22	18	20	20	22
	MR3	19	23	21	23	20	23	23	24	18	21	21	22	18	20	20	22	17	20	20	22
	MR4	18	22	21	23	19	22	23	24	17	20	21	22	17	19	20	22	17	19	20	22

Las escogencia de las variables a utilizar para nuestro diseño se tomo de la siguiente tabla proporcionada por la proporcionada por la ASSHTO y PCA (vease las tablas anexas A-III.2.1 a la tabla A.III.2.5) :

⁷² Fuente: Manual de diseño de pavimento de concreto para vías con bajo , medio y altos volúmenes de tránsito

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Tabla 4.2.2 – Variables consideradas en los análisis de diseño de pavimento.

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 ⁶)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 ⁶ <EALS <1,5x10 ⁶)	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 ⁶ <EALS <5x10 ⁶)	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 ⁶ <EALS <9x10 ⁶)	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4=45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 ⁶ <EALS <17x10 ⁶)			
	T5 (17x10 ⁶ <EALS <25x10 ⁶)			
	T6 (25x10 ⁶ <EALS <100x10 ⁶)			

De acuerdo al análisis de la tabla 4.2.2, nuestras variables para nuestro diseño son las siguientes:

En donde:	
Si: "Clase de suelo con i variando desde 1 hasta 5"	BG: "Base granular"
Ti: "Clase de tránsito con i variando desde 0 hasta 6"	BEC: "Base estabilizada con cemento"
D: "Dovelas"	CBR: "Relación de soporte de California"
B: "Bermas"	EALS: Ejes equivalentes definidos con el procedimiento "Equivalent
SN: "Suelo natural o subrasante"	Axels Load System"

4.2.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE CARPETA DE RODAMIENTO.

1. Información Básica:

- Suelos de sub-rasante: Limos arenosos A-1-b (0); Tráfico: Tpd: 491 (Autos 93.7 % - Buses 1 % - Camiones 5.3 %); Periodo de Diseño: 20 años; Crecimiento anual del tránsito del 0.14 % Se solicitan concretos con módulos entre 42 - 45 kg/cm².
- Se trata de una vía de dos carriles.

2. Variables de diseño a partir de la información básica:

- De acuerdo con las correlaciones de suelos un SW y SM Se tiene un CBR entre 31% y 56%; por efectos conservadores se escoge en el rango inferior CBR=30% que equivale a un S5.
- De acuerdo con los análisis del tráfico en el periodo de diseño mediante teorías de proyección, el tránsito futuro se encuentra en el rango de T2 (1.5E6<EALS<5E6).
- Dada la condición de bajo volumen de tráfico comercial en cuantía y frecuencia, se proyecta un pavimento de concreto con transferencia de cargas sin dovelas y con bermas como confinamientos laterales D y B.
- Concretos con alta resistencia y durabilidad encajan los MR3 = 42 kg/cm² o MR4 = 45 kg/cm².

3. Con estas suposiciones (T2 – S5 – No D y B – MR4) iniciales puede dar elección de la estructura deseada.

- Para T2 se observa la Tabla 4.8. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo a la combinación de variables y T2 como factor principal. Se registran las alternativas existentes para los demás parámetros (S5 – No D y B – MR4).
- De acuerdo a los parámetros establecidos anteriormente para el diseño y haciendo uso de la tabla III.2.1 –Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variable T1 como factor principal, proponemos una losa de 20 cm. Nuestro diseño lleva una base estabilizadora con un espesor de 15 cm (véase anexos tabla A-III.2.4, y tabla III.2.2).
- según el estudio de tránsito, el tipo de tránsito es liviano (bajo volumen de tráfico), por lo tanto se excluye el uso de barras de pasajuntas o dovelas y barras de amarre (regias).

4.3-DISEÑO HIDRÁULICO

Sistema de drenaje pluvial.

Las obras del sistema de drenaje son obras de ingeniería civil, y al mismo tiempo, obras de ingeniería ambiental, destinadas a la recolección y disposición del agua de las lluvias. El sistema de drenaje es de singular importancia para la conservación de una vía. De ahí que tanto su diseño como su construcción se deban hacer con el mayor esmero posible.

El agua de lluvia puede causar directa o indirectamente una grave erosión en las pendientes, hombros, cunetas, canales o puede obstruir las salidas de las alcantarillas. El diseño de un buen drenaje depende en anticipar cuándo, en qué magnitud y cómo, el escurrimiento y el agua subterránea será un problema y en hacer por consiguiente las previsiones necesarias para remover tales excesos de agua tan rápido como sea posible para evitar interrupciones en el tránsito o excesivo costo de mantenimiento.

Mediante el diseño del drenaje pluvial se busca eliminar las aguas excedentes entre las calles, carreteras y áreas adyacentes a las mismas, se incluyen también las precipitaciones que caen sobre las calles y carreteras, las aguas superficiales en las áreas adyacentes y el agua que asciende por capilaridad del nivel freático. Cabe señalar que las cunetas serán usadas por las aguas servidas que la población adyacente deja fluir sobre la calle.

Drenaje Longitudinal: El drenaje longitudinal está compuesto por las cunetas laterales, las contra cunetas en la parte alta de los cortes, los cauces longitudinales; los sub-drenes para interceptar y evacuar el agua subterránea y demás obras y dispositivos tales como bocatomas, tragantes y aliviaderos. Las cunetas se construyen a los lados de la carretera para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes, para así alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización.

Drenaje Transversal: El objetivo del drenaje transversal es dar paso a las aguas de escorrentía a través de la vía y llevarlas a descargar en lugares apropiados. Un ejemplo de estos son los vados utilizados en las intercepciones de calles urbanas.

4.3.1 Consideraciones de diseño (Criterios y ecuaciones).

Para el diseño de elementos menores se utilizará los caudales de diseño calculados a través del el método racional, basado en información tal como la intensidad – duración de la estación meteorológica de Ticuantepe con un periodo de retorno de 10 años.

En los cálculos para el diseño de obras de drenaje superficial se utilizarán algunos términos que a continuación se enuncian:

1.- Perímetro mojado (P_m): Línea de intersección entre las paredes de canal y la sección del flujo. Para secciones triangulares se tiene: $P_m = 2y\sqrt{1 + z^2}$ (5. 1)

2.- Área hidráulica (A_h): Es la sección transversal por donde circula el flujo. Para secciones triangulares se tiene: $A_h = zy^2$ (5. 2)

3.- Radio hidráulico (R_h): Es la relación entre el área de la cuneta y el perímetro mojado, dado por: $R = \frac{A_h}{P_m}$ (5. 3)

4.- Ancho superficial (T): Es la el ancho superior de la cuneta:

$$T = 2zy \quad (5.4)$$

5.- Las velocidades calculadas deben encontrarse en el rango de $0.6 \leq V \leq 7$ m/s.

La velocidad media en la cuneta se puede calcular por medio de la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} \quad (5. 5)$$

Dónde:

V Velocidad media (m/s)

R Radio Hidráulico (m)

S Pendiente de la cuneta

η Coeficiente de rugosidad de Manning

6.- El coeficiente de rugosidad que se utilizará para el cálculo de la velocidad media es: $\eta = 0.015$ para canales en los extremos de la vía, el otro será de $\eta = 0.013$ para cunetas y bordillos obtenido de la siguiente tabla.

Tabla 4.3.1: Coeficiente de rugosidad de Manning.⁷³

Tipo de material	η
Canales de tierra con grama	0.030
Superficial de mortero pulido	0.013
Canales de tierra	0.025
Tubos de concreto	0.013
Canales de concreto	0.015
Canales de asfalto	0.016
Canales de adoquín	0.019
Piedra cantera repellada	0.017
Canales de ladrillo de barro	0.013
Canales de bolones	0.025

7.- El sistema de drenaje que se colocará estará basado en correspondencia a los extremos del sistema de drenaje, el cual consiste en cunetas, las cuales drenan las aguas en canales hidráulicos propuestos en el camino.

8.- Los patrones, dirección y sentido del drenaje seguirá el mismo curso que actualmente recorre la corriente (drenaje respeto a la topografía existente), a excepción de los lugares en que sea impertinente o no adecuado. Al presentarse esta situación se propondrá una trayectoria segura, de modo que no cambie en gran manera el curso existente.

9.- Se revisarán las cunetas y contra cunetas para comprobar su funcionamiento y hacer las obras de protección necesarias para su mejoramiento.

10.- El diseño se realizará utilizando las condiciones más críticas, es decir la menor y mayor pendiente y con el área de mayor drenaje.

11.- Los cálculos hidráulicos se realizan para revisar las capacidades de conducción de las secciones típicas de las cunetas, a través del empleo de la ecuación de movimiento uniforme o ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{\eta} * AR^{2/3} S^{1/2} = VA \quad (5.6)$$

Dónde:

⁷³ Fuente: apuntes de clase de hidráulica, Dr. Víctor Tirado. Catedrático UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Q= caudal en m³/s

A= Área de la sección hidráulica expresada en m².

R= radio hidráulico en metros

S= pendiente hidráulica sin unidad métrica.

η = coeficiente de rugosidad de acuerdo al tipo de material y otras características (0.013 para cuneta y bordillos, 0.015 para canaletas de concreto).

Esta tabla contiene los caudales de diseño sobre el tramo de camino, calculados mediante el método racional, así como las pendientes de las secciones del tramo de camino Ticuantepe – Manuel Landez.

Tabla 4.3.2-Caudales de diseño tomados del estudio hidrológico⁷⁴

Cálculos de caudales de vados periodo de retorno de 15 años

Caudal de áreas de aporte(Q)					
N°	De	A	Caudal Q (m ³ /s)	50% Q	S(m/m)
1	0+000.00	0+100.00	2.18	1.090	0.0169
2	0+100.00	0+260.00	2.13	1.065	0.024
3	0+260.00	0+352.90	0.79	0.395	0.0384
4	0+352.90	0+600.82	1.17	0.585	0.0396
5	0+600.82	0+960.00	1.22	0.610	0.002
6	0+960.00	1114.39	1.36	0.680	0.00066
7	1114.39	1+464.07	3.33	1.665	0.008

Analizado los caudales en el programa Hcanales⁷⁵.

A partir de estos caudales de las secciones se diseñarán las dimensiones de las cunetas que evacuaran las aguas longitudinalmente hacia los desagües naturales identificados en la zona. Se diseñará considerando las condiciones más críticas, es decir el mayor caudal obtenido, posteriormente se hará una comparación Qd vs Q para cada tramo, debiéndose cumplir que: $Q_d < Q_{\text{cuneta}}$

Se proponen cuneta con las siguientes especificaciones:

z=1 y=0.5 un coeficiente de rugosidad adecuado para cuneta y bordillos, (n=0.013) para canaletas de concreto (n=0.015).

⁷⁴Fuente: Apuntes de clase de hidráulica, Dr. Víctor Tirado. Catedrático UNAN MANAGUA.

⁷⁵ Fuente: Elaboración propia.

1.-Área hidráulica

$$\text{Ecuación (5.2): } Ah = zy^2 = 1. (0.6)^2 = 0.36 \text{ m}^2$$

2.-Perímetro mojado

$$\text{Ecuación (5.1): } Pm = 2y\sqrt{1+z^2} = 2(0.60)\sqrt{1+1^2} = 1.7 \text{ m}$$

3.-Radio hidráulico

$$\text{Ecuación (5.3): } Rh = \frac{Ah}{Pm} = \frac{0.36}{1.70} = 0.212 \text{ m}$$

4.- Velocidad media

$$\text{Ecuación (5.5): } V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.015} * (0.212)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad V = (23.703)S^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Sección 1: } V = (23.703)S^{\frac{1}{2}} = (23.703)(0.01690)^{\frac{1}{2}} = 3.081 \frac{m}{s}$$

$$\text{Sección 2: } V = (23.703)S^{\frac{1}{2}} = (23.703)(0.02400)^{\frac{1}{2}} = 3.672 \frac{m}{s}$$

$$\text{Sección 3: } V = (23.703)S^{\frac{1}{2}} = (23.703)(0.03840)^{\frac{1}{2}} = 4.645 \frac{m}{s}$$

$$\text{Sección 4: } V = (23.703)S^{\frac{1}{2}} = (23.703)(0.03960)^{\frac{1}{2}} = 4.717 \text{ m/s}$$

$$\text{Sección 5: } V = (23.703)S^{\frac{1}{2}} = (23.703)(0.00200)^{\frac{1}{2}} = 1.060 \frac{m}{s}$$

$$\text{Sección 6: } V = (23.703)S^{\frac{1}{2}} = (23.703)(0.00066)^{\frac{1}{2}} = 0.609 \text{ m/s}$$

$$\text{Sección 7: } V = (23.703)S^{\frac{1}{2}} = (23.703)(0.00800)^{\frac{1}{2}} = 2.120 \frac{m}{s}$$

5.-Caudal drenado a través de la estructura propuesta

Según la ecuación (5.5): $Q_{\text{Cuneta}} = V * Ah$ se tendrá:

$$\text{Sección 1: } Q = (3.081) (0.36) = 1.109 > Q_d$$

$$\text{Sección 2: } Q = (3.672) (0.36) = 1.322 > Q_d$$

$$\text{Sección 3: } Q = (4.645) (0.36) = 1.672 > Q_d$$

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Sección 4: $Q = (4.717) (0.36) = 1.698 > Q_d$

Sección 5: $Q = (1.060) (0.36) = 0.382 < Q_d$

Sección 6: $Q = (0.609) (0.36) = 0.219 < Q_d$

Sección 7: $Q = (2.120) (0.36) = 0.763 < Q_d$

De acuerdo a los cálculos efectuados para determinar la capacidad de las cunetas, los primeros cuatro tramos (sección 1, 2, 3, 4) deberán tener las dimensiones propuestas ($z=1$; $y=0.5$; $\eta=0.013$), no así las secciones (sección 5, 6, 7), donde deberá considerarse las siguientes dimensiones ($z=1$; $y=0.6$; $\eta=0.015$). Considerando una sedimentación de nuestro diseño tenemos una sedimentación por año entre 0.01% y 2.34% por tramo y caudal a lo largo de la línea de diseño, según cálculos de sedimentos de partículas tenemos:

Concentración volumétrica de sedimentos. ⁷⁶	
ec.	$C_s = q_s * P / Q$
	$q_s = 4.88E-7 * d^{-0.774} * V^{5.495} * R^{-0.449}$
C_s	concentración sedimento
Q_s	transporte de partícula
P	perímetro mojado
Q	caudal

C_s	q_s	p	Q	q_s	d	V	R	
0.046362	1.22E-02	1.7	0.449	1.22E-02	0.015	3.081	0.212	0.69%
0.042064	3.21E-02	1.7	1.298	3.21E-02	0.015	3.672	0.212	0.22%
0.263840	1.17E-01	1.7	0.753	1.17E-01	0.015	4.645	0.212	2.34%
0.137791	1.27E-01	1.7	1.569	1.27E-01	0.015	4.717	0.212	0.59%
0.000058	3.48E-05	1.7	1.02	3.48E-05	0.015	1.06	0.212	0.00%
0.000002	1.66E-06	1.7	1.392	1.66E-06	0.015	0.609	0.212	0.00%
0.002040	1.57E-03	1.7	1.308	1.57E-03	0.015	2.12	0.212	0.01%

Las ecuaciones y referencias fueron del libro prácticas para el diseño de canales por Héctor Daniel Paría de Instituto de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero (Argentina).

⁷⁶Fuente: Héctor Daniel Paría; Ingeniería del Agua. Vol. 2 Núm. 3 (septiembre 1995) p. 56

La tabla contiene los cálculos realizados para el diseño de las cunetas en cada sección del camino tramo de carretera

Tabla 4.3.3- Capacidades de las cunetas.⁷⁷

N°	Estación		Caudal de diseño (m)	Altura del Bordillo(m)	Talud	Área Hidráulica (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	Velocidad (m ³ /s)	Ancho Superior	Capacidad de la cuneta
	De	a	50% Qd	y	z	Ah	Pm	Rh	V	T	Q
1	0+000.00	0+100.00	0.449	0.6	1.0	0.36	1.70	0.212	3.081	1.23	1.109
2	0+100.00	0+260.00	1.298	0.6	1.0	0.36	1.70	0.212	3.672	1.23	1.322
3	0+260.00	0+352.90	0.753	0.6	1.0	0.36	1.70	0.212	4.645	1.23	1.672
4	0+352.90	0+600.82	1.569	0.6	1.0	0.36	1.70	0.212	4.717	1.23	1.698
5	0+600.82	0+960.00	1.020	0.6	1.0	0.36	1.70	0.212	1.060	1.23	0.382
6	0+960.00	1114.39	1.392	0.6	1.0	0.36	1.70	0.212	0.609	1.23	0.219
7	1114.39	1+464.07	1.308	0.6	1.0	0.36	1.70	0.212	2.120	1.23	0.763

Comparando las los caudales de diseño con las capacidades de las cunetas, tomando un ancho estándar con holgura propuesta nos damos cuenta que deberán tener una altura de 0.50 metros, a excepción de los últimos tres tramos, los cuales deberá considerarse un salto o escalón de 0.10 m. terminando en 0.60 metros

⁷⁷FUENTE: Elaboración propia.

Para el diseño de vados en las estaciones (0+260.00, 0+600.82, 1+114.39) se usara el mayor caudal acumulado de 5.399 m³/s, (véase la Tabla I.4.2- Calculos hidraulicos para los tramos proyectados sobre el camino Ticuantepe – Manuel Landez).

Dimensiones del vado propuesto

Tipo de vado: trapezoidal

Caudal de diseño = 5.399 m³/s

y = 0.3 m

Pendiente de los lados (S) = 8 %

Pendiente del fondo del canal (S^o) = 2 %

Pendiente de los lados de la estructura (Z) = 1/0.08 = 12.5

η = 0.015

1.-Area hidráulica

Ecuación (5.2): $Ah = y(b + zy) = 0.3 (2 + 12.5 * 0.30) = 1.73 \text{ m}^2$

2.-Perímetro mojado

Ecuación (5.1): $Pm = b + 2y \sqrt{1 + z^2} = 2 + 2(0.3)\sqrt{1 + 12.5^2} = 9.524 \text{ m}$

3.-Radio hidráulico

Ecuación (5.3): $Rh = \frac{Ah}{Pm} = \frac{1.73}{9.524} = 0.182$

4.-Velocidad media

Ecuación (5.5): $V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.013} * (0.182)^{\frac{2}{3}} * (0.02)^{\frac{1}{2}} = 3.49 \text{ m/s}$

5.-Ancho superficial:

Ecuación (5.4): $T = b + 2 zy = 2 + 2 * 12.5 * 0.30 = 9.5 \text{ m}$

Según la ecuación (5.5): Q=V*A

Q = 3.49 m/s x 1.73 m² = 6.04 m³/s > Qd ok

La siguiente tabla contiene los cálculos efectuados para el diseño de los vados en las estaciones (0+260.00, 0+600.82; 1+114.39), donde se han identificado los desagües naturales a lo largo del tramo de camino.

Tipo de vado	Altura del tirante	Talud z	Área hidráulica	Perímetro	Radio hidráulico	Velocidad	Ancho superior	Capacidad del vado
	m	m	m ²	m	m	m/s	m	m ³ /s
Trapezoidal	0.32	12.5	1.600	9.026	0.177	2.972	9.00	5.56

Tabla V.2.4- capacidades de los vados

Al comparar la capacidad que tendrá el vado con el caudal de diseño en las estaciones 0+260.00, 0+600.82; 1+114.39, podemos afirmar que el elemento de drenaje funcionará correctamente, puesto que su caudal de diseño ha resultado inferior a la capacidad propuesto. Por lo tanto tendremos tres vados trapezoidales en las dichas estaciones.

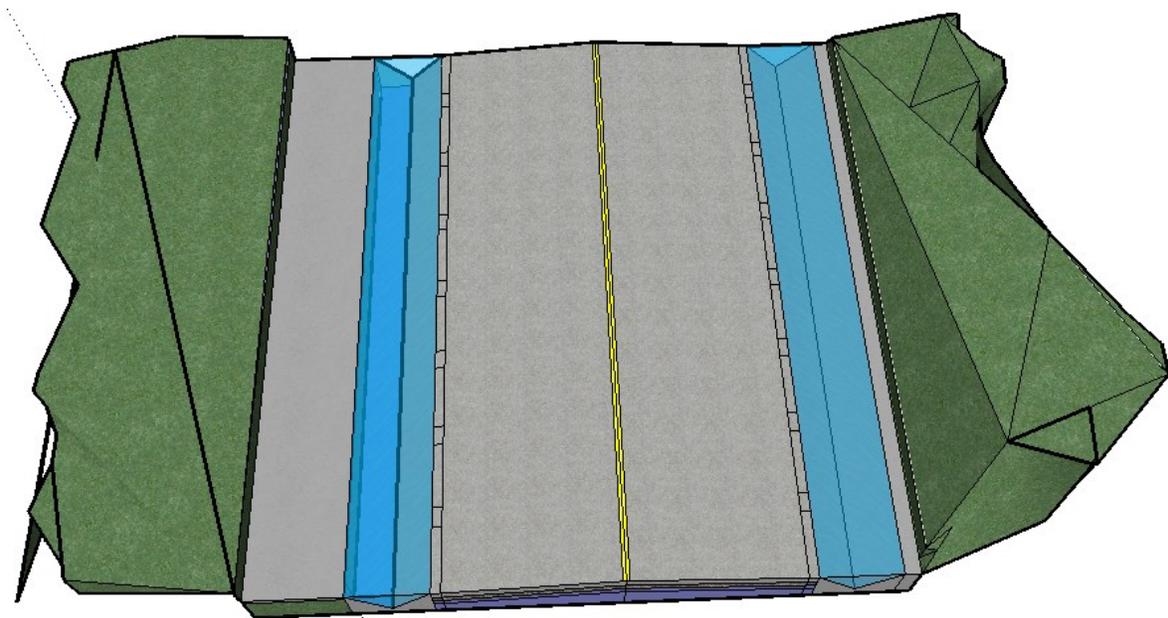


Imagen modular hidrológica en una parte de la vía.

V CAPITULO DOCUMENTOS DE OBRA

5.1-Presupuesto detallado

5.1.1 Balanceo de equipos

El balanceo de equipo consiste en el proceso de selección de equipo en función de un programa de ejecución de la obra que resulte capaz de cumplir con los plazos estipulados por el mismo, previendo incluso causas de fuerza mayor. Los pasos a seguir en el balanceo de equipo son:

- 1.- Juzgar y elegir el equipo de construcción necesario para cada actividad de la obra.
- 2.- Elaborar la selección de maquinaria conforme a la existencia de estas.
- 3.- Fijar los tiempos de ejecución de cada parte de la obra en base a los manuales de cada tipo y/o de acuerdo a experiencias vividas en el campo

5.1.2 Movimiento de Tierra

En toda construcción por muy pequeña que sea se deben realizar movimientos de tierra, ya sea que se corte o rellene alguna zona donde el nivel del terreno no esté de acuerdo al nivel requerido.

El movimiento de tierra es un proceso que exige esfuerzo y tiempo por el cual se han determinado algunas especificaciones que son de mucha ayuda al momento de calcular las cantidades de obras. Por otro lado debe considerarse que durante este proceso pueden salir perjudicadas propiedades privadas y causar un impacto ambiental considerable. A continuación se presentan algunos términos utilizados en este capítulo:

Volumen en banco (Vb): Es el Volumen medido en el banco de préstamo, está dado en unidades de m^3 , yd^3 , pie^3 , etc.

Volumen suelto (Vs): Es el volumen del material extraído del banco de préstamo. Es mayor que el volumen de banco debido a que el suelo se ha abundado. Es el valor que se toma como referencia para el costo del acarreo.

Volumen compacto (Vc): Es el volumen de tierra que se ha colocado en un terraplén y ha sido compactado por medios mecánicos. Este volumen es menor que el volumen en banco.

Abundamiento: Aumento de volumen de determinado tipo de suelo provocado por el aflojamiento de sus partículas, se expresa como un porcentaje de volumen de la muestra inalterada. En este trabajo se consideró un factor de abundamiento del 15%.

Enjuntamiento: Reducción del Volumen del suelo a partir del volumen de banco. En este trabajo se consideró un factor de enjuntamiento del 15%.

Excavación y terraplén: El proceso de excavación y el de terraplén afectan directamente a la capa de tierra vegetal y a los patrones de drenaje existentes en el área del Proyecto. El Nic-2000 especifica la forma en que este trabajo debe ser realizado dentro del Derecho de Vía y en los bancos de préstamo.

Excavación: Es la remoción de tierra, roca, ladrillos, piedras, concreto, pequeñas estructuras y ciertos materiales indeseables⁷⁸ que se encuentren dentro del ancho de la terracería del Proyecto.

Corte: Es la excavación que se realiza en el terreno para conformar la estructura de la vía y elementos auxiliares de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

Relleno o Terraplén: Son los depósitos de material compactado que se conforman sobre el terreno hasta formar la estructura de la vía y elementos auxiliares, de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero. Generalmente, los rellenos de una vía se construyen utilizando el material proveniente de las excavaciones. Se debe procurar que la cantidad de material excavado sea suficiente para construir los rellenos, es decir, que se debe balancear el movimiento de tierra.

5.1.3 Equipo para el Movimiento de Tierra

Limpieza o descapote: Si la capa orgánica es menor a los 15cm se usan las medidas en m², pero si la capa es mayor a los 15cm, se calcula en términos de volumen (m³). Este trabajo se realiza con el tractor de hoja empujador (D-4, D-5, D-6, D-7 ó D-8).

⁷⁸Durante la excavación se pueden encontrar diferentes suelos, ante esto el equipo a utilizar puede variar. Ver en anexos/ Clasificación de los suelos en función de su comportamiento ante el equipo/ Tabla

Extracción del material excavado: Se utilizan cargadores frontales (pala mecánica) que carga a los camiones de acarreo (Volquetes).

Suministro de material selecto: En este proceso se utiliza un cargador frontal o retroexcavadora y el camión Volquete que transporta el material. Para que el movimiento de tierra sea técnica y económicamente rentable, el banco de material a explotar no debe tener una distancia mayor de 5km al sitio de construcción.

Nivelación del terreno: Esta actividad es asumida por la moto niveladora, la cual nivela y conforma la zona etc. proporcionando las pendientes del bombeo de la carretera.

Riego: esta actividad es suministrada por cisternas que rocían el agua en tramos previamente establecidos.

Compactación: Este proceso debe efectuarse tal y como se señala en el capítulo. Equipo utilizado en la compactación.

Vibro compactadora.

- A. Unidad de llantas neumáticas.
- B. Rodillos de ruedas lisas.
- C. Apisonadores neumáticos.
- D. Pisones.

La mayoría de estos equipos se utilizan en carreteras de carpeta asfáltica, en este proyecto de adoquinado se utilizará la vibro compactadora y en caso de ser necesario se utilizarán compactadoras manuales.

5.1.4 Consideraciones para el uso de Equipo.

Efecto de la pendiente: El efecto de una pendiente positiva es el de incrementar la tracción o disminuirla si la pendiente es negativa. Este aumento o disminución de la potencia está dado en 20lb/ton de peso por cada 1% de pendiente.

Tiempo de ciclo: Es el tiempo que necesita un equipo para realizar una actividad completa.

Productividad real o efectiva: Es la producción teórica del equipo multiplicado por el factor tiempo y el factor de operación

5.1.5 Equipo a utilizar

La maquinaria que se utilizará para la ejecución de este proyecto fue seleccionada según la experiencia de la empresa TRAYMA la cual brindó la siguiente lista e información del equipo disponibles para este tipo de construcción:

- A. Camión Volquete DT 466E (International)
- B. Tractor D7R LGP (Caterpillar)
- C. Excavadora 318B L (Caterpillar)
- D. Cargador frontal 928G (Caterpillar)
- E. Moto niveladora 120H (Caterpillar)
- F. Vibro compactadora de rodillo CS 533D (Caterpillar)
- G. Cisterna de 3000gln
- H. Trompo (mezcladora) con capacidad de 1.5 bolsas de cemento.
- I. Apisonador (placa vibratoria) de 6HP

Cabe señalar que las empresas disponen del operador de cada máquina. Entre las herramientas que se utilizaran para la ejecución del proyecto se pueden mencionar: Carretillas, Palas, Picos, Mazos, Cinceles, Cuerdas, Mangueras para nivelar etc.

La siguiente tabla se muestra los resultados que se obtuvieron al calcular los volúmenes de tierra para el tramo de 1,464.070 m de longitud.

Longitud (m)	D Vía⁷⁹ (m)	Corte (m^3c)	Relleno⁸⁰ (m^3c)
1,464.07	5.8	3062.86	259.44

Tabla 5.1.1: Resumen de Volúmenes de tierra

⁷⁹ En su sección más angosta.

⁸⁰ Tanto los volúmenes de corte como de relleno se obtuvieron mediante el programa Autodesk Land Desktop 2004.

5.1.6 Maquinaria para Corte, relleno y conformación.

Acopiar material (Corte)

Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP⁸¹.
Velocidad de operación: 4KPH (Ver Manual Caterpillar páginas 1 - 18)
Ancho de hoja (SU): 3.69m
Capacidad: 6.86m ³ .
Profundidad máxima de excavación: 52.7cm
Distancia de empuje: 40m (Criterio de los autores)
Producción teórica: 340m ³ /h (Ver anexos)
Factores de corrección (Ver Manual Caterpillar pág.1-45)
Eficiencia 40min/h = 67 %
Capacidad de la maquinaria = 90%
Resistencia por Pendiente = 1.43% < 5%, No aplica
HSNM = 250m < 1000m, No aplica

Perdida por empuje: Por cada 30m se pierde el 5% de la eficiencia.

$$\frac{30m}{40m} \leftrightarrow \frac{5\%}{x} \rightarrow x = \frac{40 \times 5}{30} = 6.67\%$$

Luego: 100% - 6.67% = 93.33%; Operador = 75%

Producción real = 340 x 0.67 x 0.9 x 0.93 x 0.75 = 143 m³ s/h

$$\text{Duración de corte} = \frac{3062.86m^3 \cdot c/0.85}{143 m^3 s/h} = 21.42 h \approx 21 \frac{1}{2} h$$

Suponiendo un uso mínimo de 4 horas diarias⁸² se tiene:

$$\text{Duración máxima de posesión} = \frac{21.5 h}{4 h/d} = 5.4 \approx 5 \frac{1}{2} \text{ dias}$$

⁸¹ Manual de Caterpillar Pág. 1-9,36; 28-5

⁸² Véase en la sección de presupuestos sobre costos en pago de maquinaria

5.1.6 A Carga de material sobrante cortado.

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G	
Capacidad nominal del cucharón: 2.2m ³	
Altura máxima de descarga: 2.84m	
Tiempo de ciclo hidráulico	
Levantamiento	6.1 segundos
Descarga	1.2 segundos
Descenso libre	2.8 segundos
Total	10.1 segundos
Tiempo de ciclo básico ⁸³	
Tiempo promedio	+ 0.45
Material mezclados	+0.02
Apilado por topadora	+0.01
Mismo propietario	-0.04
Operación intermitente	+0.04
Punto de carga pequeño	+0.04
Tiempo total del ciclo	0.52 minutos

(Ver Manual Caterpillar pág. 13-3,18)

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{0.52 \text{ min}} = 115 \text{ ciclos /h}$$

$$\text{Material sobrante} = \frac{3062.86 - 259.44}{0.85} = 3298.14 \text{ m}^3 \approx 3298 \text{ m}^3$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{3298 \text{ m}^3}{2.2 \text{ m}^3} \approx 1499 \text{ ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{1499 \text{ ciclos}}{115 \text{ ciclos/h}} = 13 \text{ horas}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{13 \text{ h}}{4 \text{ h/d}} \approx 3 \frac{1}{2} \text{ dias}$$

Transporte de material sobrante.

Equipo a utilizar: Camión Volquete DT 466E.

Capacidad: a ras = 12m³

Colmado⁸⁴ = 13.7 m³.

⁸³ Ver anexos/ tabla V.4-4 al V.4-8

⁸⁴ Según SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

(2.50 Km distancia hacia el vertedero) + 1464.07 / (2 * 1000 km) = 0.73 km

Velocidad Máxima de cargado = 56 KPH

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión:

$$\frac{13.7 \text{ m}^3}{2.2 \text{ m}^3/\text{ciclo}} = 7 \text{ ciclos}$$

Tiempo de carga (T carga) = (0.52 min/ciclos)(7 ciclos) \approx 3.64 min

Tiempo fijo descrito (T fijo descrito) = 0.8 min (maniobras)

Tiempo de descarga (T descarga) = 1 min

Velocidades medias: V ida = 30 KPH; V reg = 50 KPH

Tiempo de ida = $\frac{0.73 \text{ KM}}{30 \text{ KPH}} = 0.0243 \text{ h} = 1.46 \approx 1.5 \text{ min}$

Tiempo de regreso. = $\frac{0.73 \text{ KM}}{50 \text{ KPH}} = 0.0146 \text{ h} = 0.876 \approx 1 \text{ min}$

Tiempo de viaje = T ida + T regreso = 1.5 + 1 = 2.5 min.

Tiempo de ciclo = T carga + T fijo descrito + T descarga + T viaje

Tiempo del ciclo = 3.64 + 0.8 + 1 + 2.5 = 7.94 \approx 8 min

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

Camiones = 8 min / 3.64 min/camión = 2 camiones

Número de viajes requeridos = $\frac{3298 \text{ m}^3}{13.7 \text{ m}^3/\text{viaje}} \approx 241 \text{ viajes}$

Número de viajes por camión = 241 viajes / 2 camiones \approx 121 viajes/camión

Tiempo de uso por camión = $\frac{(121 \text{ viajes/camion})(8 \text{ min/viaje})}{60 \text{ min/hora}} = 16 \text{ h/camion}$

Duración de posesión = $\frac{16 \text{ h}}{4 \text{ h/d}} \approx 4 \text{ dias}$

Conformación del bombeo sobre la sub-rasante.

Equipo a utilizar: Moto niveladora 120H

Hoja estándar: 3.66 m de largo⁸⁵

Velocidad de operación: 4 KPH = 4000 m/h

Ángulo de vertedera de trabajo: 30°

Longitud efectiva de hoja (Le): 3.17 m

Eficiencia: 0.8

⁸⁵ Para mayor referencia vea la sección de anexos/ tabla V.4-4 al V.4-8

Altura de corte según bombeo = 9.30 cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{9.3}{2 \times 100} = 0.047$$

Producción teórica: $R = \sqrt{(Le - 0.6)} \times E$ (Tomado del Manual Caterpillar pág. 3-14)

Dónde: V: Velocidad de operación (KPH)

Le: Longitud efectiva de la hoja

E: Eficiencia de trabajo

Entonces: $R = 4000(3.17 - 0.6) \times 0.8 = 8224 \text{ m}^2/\text{h}$

En Volumen será: $Rv = 8224 \text{ m}^2/\text{h} \times 0.049 \text{ m} = 402.98 \text{ m}^3/\text{h}$

Volumen de material cortado en la conformación

$$\text{Volumen} = 2 \times 1464.07 (0.5 \times 9.30 / 100 \times 3.10) \approx 422.10 \text{ m}^3$$

Se estima que con 2 pasadas se logra un acabado uniforme en la conformación de ahí que: $N = 2$

Se considera que la máquina retrocede cada 50m a una velocidad promedio de 6KPH por lo cual existe un tiempo de retroceso (Tr).

$$Tr = \frac{1464.07}{50} * \frac{50 \text{ m}}{6000 \text{ m/h}} = 0.2440 \text{ h}$$

El operador labora un tiempo de 40min cada hora (Ftr) $= \frac{40 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 0.67$

$$\text{Duración de conformación} = N \times \frac{Vol}{Rv \times Ftr} + Tr$$

$$\text{Duración de conformación} = 2 * \frac{422.10 \text{ m}^3}{402.98 * 0.67} + 0.25274 = 1.82 \approx 2 \text{ horas}$$

Cargar material cortado durante la conformación

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

Capacidad de cucharón $2.2 \text{ m}^3/\text{ciclos}$

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{422.10 \text{ m}^3 * 1.15}{2.2} = 220.64 \approx 221 \text{ ciclos}$$

Tiempo de carga = $221/93 \approx 2 \frac{1}{2}$ horas

Transporte de material cortado durante la conformación

Camión Volquete DT 466E

Capacidad colmado = 13.7 m^3 .

Número de camiones = 4.

Tiempo de ciclo = 12.96 min

Volumen a transportar = $422.10 * 1.15 = 485.42 \text{ m}^3$

Duración de transporte = $\frac{485.42 \text{ m}^3}{13.7 \text{ m}^3/\text{camion}} * \frac{12.96 \text{ min}}{2 \text{ camiones}} = 229.6 \text{ min} \approx 4 \text{ horas}$

5.1.7 Maquinaria para terraplén

Explotación de banco de materiales (Concreto Total)

Área transversal de la base = $6.2 \text{ m} * 0.3 \text{ m} = 1.86 \text{ m}^2$

Volumen compacto de material selecto = $1.86 \text{ m}^2 * 1464.07 \text{ m} \approx 2723.2 \text{ m}^3$

Volumen suelto de material selecto requerido = $(2723.2 \text{ m}^3 * 1.15) / 6 = 521.95 \text{ m}^3$

Se ha multiplicado por 1.15 debido al factor de abundamiento y se divide entre seis ya que la base se conformará en seis capas de 5 cm cada una.

Equipo a utilizar para la explotación de banco:

1.-Excavadora 318 B L⁸⁶

Capacidad del cucharón colmado = 1.2 m^3 .

Alcance máximo vertical = 8.53m

Alcance máximo horizontal = 8.21m

Velocidad máxima de desplazamiento = 4.6KPH

Factor de llenado a utilizar = 0.95

Eficiencia = 0.80; Tiempo de ciclo

Ascenso de brazo	0.08min
Cortar material	0.10min
Girar brazo	0.05min
Cargar cucharón	0.09min
Giro con carga	0.06min
Descarga del cucharón	0.04min
<hr/>	
Total	0.46min

Producción teórica: Ver tabla de producción en Anexos página 229, se obtiene por interpolación para $t = 0.46 \text{ min}$, Volúmenes de cucharones = 1.2 m^3 y $P = 158 \text{ m}^3/\text{h}$

⁸⁶ Ver Manual Caterpillar pág. 5-7, véase Anexos

Producción real: $Pr = 158 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.95 \times 0.80 = 120 \text{ m}^3/\text{h}$

Duración de la extracción del material selecto = $521.95 \text{ m}^3 / 120 \text{ m}^3/\text{h} \approx 5 \text{ horas}$

Duración de posesión $\approx 1 \frac{1}{2}$ días. Este valor de posesión se multiplicara por 6 debido a que son 6 capas de 5 cm la conforma la base.

Transporte de material selecto

Se utilizarán los mismos camiones que en el relleno.

Distancia de acarreo = $4 \text{ km} + \frac{1464.07}{(2 \times 1000)} = 4.73 \text{ km}$

Velocidad de ida = 30KPH (Cargado)

Velocidad de regreso = 50KPH (Vacío)

Tiempo de ciclo:

Tiempo de ida = $\frac{4.73 \text{ km}}{30} = 0.1577 \text{ h} \approx 10 \text{ minutos}$

Tiempo de regreso = $\frac{4.73 \text{ km}}{50} = 0.0946 \text{ horas} = 6 \text{ minutos}$

Tiempo de carga = $13.7 \text{ m}^3 / 2.2 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 0.52 \text{ min}/\text{ciclo} = 3.64 \text{ minutos}$

(3.64 minutos representa el tiempo que la excavadora se tarda en cargar un camión)

Tiempo de maniobra = 1.5 min

Tiempo descarga = 1 min

Tiempo de ciclo = $T \text{ carga} + T \text{ fijo descrito} + T \text{ descarga} + T \text{ viaje}$

Tiempo de ciclo del camión = $3.64 + 1.5 + 1 + 16 = 22.14 \text{ min}$

Número de camiones = $\frac{22.14 \text{ min}}{3.64 \text{ min}/\text{camion}} \approx 6 \text{ camiones}$

Número total de viaje = $\frac{521.95 \text{ m}^3}{13.7 \text{ m}^3} \approx 38 \text{ viajes}$

Viajes por camión = $\frac{38 \text{ viajes}}{6 \text{ camiones}} \approx 6 \text{ viajes}/\text{camion}$

Tiempo transporte material = $(6 \text{ viajes}/\text{camión}) \times (22.14 \text{ min}/\text{viaje}) = 132.84 \text{ min}/\text{camión}$

Tiempo transporte material $\approx 2.2 \text{ horas de } 60 \text{ min}$

Pero se considera un tiempo efectivo de 50 min/h, de modo que:

Tiempo de transporte = $2.2 \times \frac{60}{50} = 2 \frac{1}{2} \text{ horas}$

$$\text{Producción de los camiones} = 6 * \frac{13.7 \text{ m}^3 * 0.9}{22.14 \text{ min}} = 3.34 \left[\frac{50 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right] = 167 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Producción de los camiones} = 208.512 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Duración de posesión = 1 día

Este valor de posesión se multiplicara por 6 debido a que son 6 capas de 5 cm la conforma la base

Tendido y humectación de material selecto

Equipo a utilizar: Moto niveladora 120H

Espesor de la capa (e) = 5 cm compactados

Velocidad de operación (V) = 4KPH

Eficiencia (E) = 0.75

Número de pasadas a lo ancho de la base

$$N = \frac{\text{Anchodeltramo}}{\text{Le*traslape}} = \frac{6.2}{3.17\text{m} * 0.8} = 2.44$$

Total de pasadas:

- Para Tender material 3 pasadas

- Para homogenizar 6 pasadas

- Para conformar 3 pasadas

 Total 12 pasadas

$$\text{Producción: } \frac{V * A * e * E}{N} = \frac{4000 (6.2)(0.05)(0.75)}{12} = 77.5 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempos de retroceso: } Tr = \frac{\text{Distancia a conformar}}{V} * N = \frac{1464.07 \text{ m}}{4000 \text{ mph}} * 12 = 4.4 \text{ horas}$$

Para esta máquina se considerará un factor de tiempo efectivo de 40min/h, es decir **0.67**

$$\text{Entonces la Duración} = \frac{521.95 \text{ m}^3}{(77.5 * 0.67)} + 4.4 = 14.45 \text{ horas}$$

Compactación de la primera capa de la base

Equipo a utilizar: Compactador vibratorio CS 533D⁸⁷

Ancho de tambor = 2.13m

Espesor de la capa (e) = 0.05 cm

⁸⁷ Manual Caterpillar Pág. 12-15; 17-23

Velocidad de operación = 5 KPH

Eficiencia (E) = 0.75

Traslape o superposición = 15 cm

Para alcanzar un grado de compactación del 95% Proctor Estándar se requiere de 6 pasadas sobre la misma banda. (N = 6)

Ancho de compactación por pasada (A): $A = 2.13m - 0.15m = 1.98m$

Producción real = $\frac{A \times V \times e}{N} \times E$ (Manual Caterpillar pág. 12-15)

Producción real = $\frac{1.98 * 5000 * 0.05}{6} * 0.75 = 61.875 m^3/h$

Tiempo para compactar una banda = $\frac{521.95 m^3 / 1.15}{61.875 m^3/h} = 7.34 horas$

Número de bandas = $\frac{6.2 m}{1.98 m} = 3 bandas$

Duración total de compactación = $3 * 7.34 h = 22 horas$

Duración de posesión = $\frac{22 horas}{4 h/d} = 5 \frac{1}{2} dias$

Para la segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta capa se procede de la misma manera, de modo que la duración total de toda la maquinaria para construir la base es seis veces el valor que aquí se muestra.

5.1.8 Planeación y presupuesto

Costos de proyectos

El diseño de un proyecto constructivo no está terminado sin antes haber resuelto uno de los puntos más importantes para el dueño, el *costo de la obra*, ya que es por medio de este que se llegará a la decisión de ejecutar o no el proyecto en cuestión.

El interés financiero que supone un proyecto de cualquier magnitud es el que vendrá a colaborar para la realización del mismo. Es por eso que debe presentarse un informe detallado de los costos de cada uno de los recursos, estableciendo en conjunto lo que se conoce como presupuesto.

Variables que se deben considerar para calcular el presupuesto de un proyecto.

Al momento de preparar los costos de un proyecto, se deben considerar, todas las variables que afectan su ejecución, entre estas se pueden mencionar las siguientes:

1. Ubicación geográfica del proyecto
2. Condiciones climáticas.
3. Tipo y condiciones de acceso hasta el sitio del proyecto
4. Distancia de los principales centros de distribución de materiales
5. Disponibilidad de mano de obra calificada en la zona del proyecto
6. Dimensión del proyecto
7. Capacidad técnica y financiera a utilizar
8. Riesgos asumidos con sus diferentes variables
9. Condiciones específicas y contractuales del proyecto

Costos indirectos por administración y utilidad:

En la estimación de los costos de venta, se debe hacer el correspondiente cálculo de los costos indirectos, costos por admón., márgenes de utilidad e imprevistos a fin de determinar el factor de sobre costo que se aplicará a los costos directos del proyecto, además, se debe tener en consideración que los impuestos también forman parte de la estructura de costos indirectos.

El proceso de planeación: La planeación no es una etapa independiente, es decir, no se puede hablar de un antes y un después al proceso de planificación puesto que según avance el proyecto será necesario modificar tareas, reasignar recursos, etc. Durante la ejecución del proyecto, la planeación permite la revisión sistemática de situaciones actuales de forma que pueden concederse tolerancias en cuanto a los efectos de incertidumbres en la planeación original, a la vez que permite llevar a cabo una reevaluación de incertidumbres futuras y las medidas iniciadas como remedio para las operaciones que requieren corrección o aceleración. Muchas de las grandes empresas elaboran la programación de los proyectos mediante el uso de software, sin embargo esto no significa que dicha planeación se halla elaborado en forma eficiente ya que ciertos datos digitados

requieren de cálculos manuales, un ejemplo adecuado son las normas de rendimiento horarias.

Técnicas de programación: Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto definiendo la duración y el orden de ejecución de las mismas, mientras que las técnicas de programación tratan de ordenar las actividades de forma que se pueden identificar las relaciones temporales lógicas entre ellas, determinando el calendario o los instantes de tiempo en que debe realizarse cada una. La programación debe ser coherente con los objetivos perseguidos y respetar las restricciones existentes (recursos, costos, cargas de trabajo, etc.) La programación consiste por lo tanto en fijar, de modo aproximado, los instantes de inicio y terminación de cada actividad. Algunas actividades pueden tener holgura y otras no (actividades críticas).

Diagrama de Gantt: Muestra las fechas de comienzo y finalización de las actividades y las duraciones estimadas. El gráfico de Gantt es la forma habitual de presentar el plan de ejecución de un proyecto, recogiendo en las filas la relación de actividades a realizarse y en las columnas la escala de tiempos que se está manejando, mientras la duración y situación en el tiempo de cada actividad se representa mediante una línea dibujada en el lugar correspondiente.

Camino o ruta crítica

El camino crítico en un proyecto es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo. Determina el tiempo más corto que se puede tardar en hacer el proyecto si se dispone de todos los recursos necesarios.

Actividades críticas

Una actividad es crítica cuando no se puede cambiar sus instantes de comienzo y finalización sin modificar la duración total del proyecto. La concatenación de actividades críticas es el camino crítico. En una actividad crítica la fecha más temprana de inicio coincide con la más tardía de comienzo. La holgura para estas actividades es cero.

Microsoft Project

Es un programa para planear tareas que facilita el seguimiento de las escalas de tiempo de los proyectos y la generación de los gráficos correspondientes. Este programa se utilizará en este trabajo con el fin agilizar el procedimiento de planeación del proyecto en estudio y que el lector pueda observar las actividades críticas que componen este proyecto, además, le pueda dar un seguimiento. A continuación se muestran los cálculos de la cantidad de materiales que se van a utilizar para construir el Tramo de camino Ticuantepe – Manuel Landez.

5.1.8 a) Cantidad de materiales requeridos para la construcción del proyecto de concreto.

El concreto que se utilizará para esta obra tendrá la proporción 1:2:2½ con una resistencia a la compresión de 3,500psi (245Kg/cm²) a los 28 días.

1.1.- Cunetas (concreto simple, 3500 psi).

La cuneta que se colocará es igual en ambos lados de la calzada

Longitud total = 2 x 1464.07ml = 2928.14 ml

Área transversal de la cuneta = 0.05 m x (0.39 m + 0.34 m) = 0.037 m²

Volumen de concreto = 2928.14 ml x 0.037 m² = **108.34 m³**

1.2.- Viga de remate longitudinal

Longitud = 2 x 1464.07= 2928.14 ml

Sección de viga = 0.10 x 0.10 = 0.01 m²

Volumen del Concreto = 0.01 m² x 2928.14 ml = **29.28 m³**

1.3.- Vados (concreto reforzado)

Sección transversal del badén trapezoidal: 1.760 m²

Longitud de un vado =5.4 m

Cantidad de vados =1

Volumen Concreto = 1.760 m² x 5.4 m = **9.504 m³**

Sección transversal del badén triangular: 1.560 m²

Longitud de un vado =5.4 m

Cantidad de vados = 2

$$\text{Volumen Concreto} = 2 \times 1.560 \text{ m}^2 \times 5.4 \text{ m} = \mathbf{16.848 \text{ m}^3}$$

$$\boxed{\text{Concreto total} = 163.972 \text{ m}^3}$$

Así, según la proporción de diseño se tiene:

$$\text{Cemento} = (9) (163.972 \text{ m}^3) \approx 1476 \text{ bolsas.}$$

$$\text{Arena} = (0.6) (163.972 \text{ m}^3) \approx 99 \text{ m}^3.$$

$$\text{Grava} = (0.67) (163.972 \text{ m}^3) \approx 110 \text{ m}^3$$

Acero

2.1.- Viga de remate longitudinal

Se usará una varilla de refuerzo # 3 a lo largo de toda la viga, traslapando 0.30m. Longitud = 1464.07m.

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{2 \times 1464.07}{(6-0.3)} = 514 \text{ varillas}$$

2.2.- Vados

2.2.1- vado trapezoidal

Se armará una malla (parrilla) con las siguientes dimensiones:

Var. #3 @ 0.35 m A/D

Largo. = 5.4 m

Ancho = 8.5 m

$$\text{Cantidad de piezas de 5.4 m} = \frac{8.50}{0.35} = 24$$

$$\text{Cantidad de piezas de 8.5 m} = \frac{5.40}{0.35} = 15$$

$$\text{Longitud} = 5.4 \times 24 + 8.5 \times 15 = 257.10 \text{ ml}$$

Cantidad de vados = 1

$$\text{Cantidad de varillas} = \left[\frac{257.10}{6} \right] = 43 \text{ varillas}$$

2.2.2- vado triangular

Se armará una malla (parrilla) con las siguientes dimensiones:

Var. #3 @ 0.35 m A/D

Largo. = 5.4 m

Ancho = 7.5 m

$$\text{Cantidad de piezas de 5.4 m} = \frac{7.50}{0.35} = 21$$

$$\text{Cantidad de piezas de 7.5 m} = \frac{5.40}{0.35} = 15$$

$$\text{Longitud} = 5.4 \times 21 + 7.5 \times 15 = 225.9 \text{ ml}$$

Cantidad de vados = 2

$$\text{Cantidad de varillas} = 2 \times \left[\frac{225.90}{6} \right] = 76 \text{ varillas}$$

$$\text{Acero total \#3} = \left[\frac{514 + 43 + 76}{13} \right] = 48.7 \text{ qq} + 3\% \text{ desperdici}$$

$$\boxed{\text{Acero \#3} = 50 \text{ qq}}$$

Alambre de amarre #18

$$\text{AA} = 5\% (\text{Acero \#3 vados}) = 0.05 \times \left(\frac{119}{13} \right) = 0.46 \text{ qq} \times 100 = 46 \text{ lbs} + 30\% \text{ desperdicio.}$$
$$\boxed{\text{AA} = 60 \text{ lb}}$$

Mortero

Para esto se utilizará arena Motastepe

Mortero para repello de cunetas

- Este mortero se utilizará para repellar la cuneta
- Se usará arena Motastepe (colada en la malla 8x8)
- Espesor de repello 1cm.
- Área total a repellar.

$$\text{Área} = 2 \times 1464.07 \text{ m} \times (0.39 + 0.34) \approx 2138 \text{ m}^2$$

$$\text{Mortero} = (0.01) (2138 \text{ m}^2) = 21.4 + 7\% \text{ desperdicio} = 22.9$$

$$\boxed{\text{Mortero} = 22.9 \text{ m}^3}$$

Entonces:

$$\text{Cemento} = (8.5) (22.9 \text{ m}^3) = 195 \text{ bolsas}$$

$$\text{Arena colada} = (1.16) (22.9 \text{ m}^3) = 27 \text{ m}^3$$

Madera

5.1.- Para formaletas de vados / tablas de 1"x 8"x 5 vrs

$$\text{Cantidad} = 4 \times \text{vado} \rightarrow 3 \text{ vado} \times 4 = 12 \text{ tablas}$$

$$\boxed{\text{Total} = 12 \text{ tablas}}$$

5.2.- Para niveletas u otros / reglas de 1"x 2"x 6vrs

$$\text{Cantidad} = 4 \text{ por cada } 100 \text{ metros}$$

$$\text{Total} = 4 \times \frac{1464.07}{100} \approx 59 + 20\% = 71 \text{ Reglas}$$

$$\boxed{\text{Total} = 71 \text{ reglas}}$$

5.3.- para niveletas u otros /cuartones de 2"x 2" x 6 vrs

$$\text{Cantidad} = 3 \text{ por cuadrilla y } 4 \text{ por cada } 100 \text{ metros.}$$

$$\text{Total} = (3) (3) + 4 \times \frac{1464.07}{100} = 68 + 20\% = 78 \text{ cuartones}$$

$$\boxed{\text{Total} = 78 \text{ cuartones}}$$

Para todo el tramo se tiene: Pintura retro refractiva.

El uso de la pintura se usará de la siguiente manera:

Raya continua amarilla = 1464.07 ml

Raya continua blanca = $2(1464.07) \approx 2928$ ml (Todo)

Borde de cuneta y Mediana = 1464.07 m^2

Se estima una distribución de pintura como sigue: Pintura amarilla 20 galones

Pintura blanca 12 galones

5.1.9 RESUMEN DE LAS CANTIDADES DE MATERIALES

DATOS	U/M	CANTIDAD
Longitud	M	1464.07
Ancho de calzada	M	5.800
Vados	U	3.00
Cemento	BLS	1671.00
Arena Motastepe	M3	126.00
Grava	M3	110.00
Acero #3	qq	50.00
Alambre de amarre #18	Lbs.	60.00
Riego de carpeta rodam.	M3	1756.89
Base de material triturado	M3	644.20
Reglas de 1"x 2"x 6 vrs	U	71.00
Cuartones de 2"x 2"x 6 vrs	U	78.00
Cuerdas 100m	U	20.00
Clavos 1 1/2"	Lbs.	60.00
tablas de 1"x 3"x 6 vrs	U	12.00
Rótulos viales	U	7
Pintura	Gls	32.00

Tabla 5.1.2: Total de materiales a utilizar⁸⁸

⁸⁸ Elaboración propia:

Calculo de las duraciones para la operación de equipos pesados:

En base a las cantidades de obras obtenidas a partir de los diseños realizados y considerando la capacidad de trabajo de cada una de las maquinas a utilizar, las siguientes tablas muestran las duraciones de trabajo de cada una de los equipos a emplear.

Calculo de las duraciones de las actividades que serán realizadas por obreros

Tiempo de maquinarias en el tramo total.					
No	Descripción	Cant.	Actividad	Tiempo ejecución	Duración posesión
1	Tractor D7R LGP	1	Corte o excavación con equipo	21.5 h	5 ½ d
2	Cargador frontal 928G	1	Cargar sobrante	13 h	3 ½ d
3	Camiones DT 466E	4	Botar	16 h	4 d
4	Moto niveladora 120H	1	Conformación del bombeo sobre subrasante	2	½ d
5	Cargador frontal 928G	1	Cargar material /bombeo	2 ½ h	1d
6	Camiones DT 466E	4	Botar material sobrante/bombeo	4 h	1d
7	Excavadora 318B L	1	Explotación de banco	30 h	8 d
8	Camiones DT 466E	4	Acarreo de material selecto	15 h	6 d
9	Moto niveladora 120H	1	Tendido de capas de Base	87 h	22 d
10	Compactador vibratorio CS 533D	1	Compactación de capas	132 h	33 d

Tabla 5.1.3: Resumen de las duraciones⁸⁹

⁸⁹ Elaboración propia

TICUANTEPE MANNUEL LANDES.							
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	NRH	9 HRS	CANT	FUERZA	DÍAS
I	PRELIMINARES						7
1	limpieza inicial	M2	0.8	7.16	20	2 oficiales, 3 ayudantes	3
2	movilización y desmovilización	--	--	--	--	1 oficial, 2 ayudantes	4
II	TRAZADO Y NIVELACION						10
	trazado y nivelación	<i>U</i>	<i>1.14</i>	<i>10.26</i>	<i>37</i>	3 oficiales, 6 ayudantes	10
III	MOVIMIENTO DE TIERRA						79
1	Acarreo de Material selecto a 3 K /Inc. de explotación	--	--	--	--	1 oficial	6
2	Corte o Excavación con Equipo	--	--	--	--	1 oficial	5.5
3	Relleno y Compactación con Equipo	--	--	--	--	1 oficial, 2 ayudantes	48.5
4	Conformación y Compactación del bombeo	--	--	--	--	1oficial, 2 ayudantes	2
5	Botar Tierra Sobrante de Excavación /a 2 Km c/Equipo	--	--	--	--	1oficial	9
6	Explotación del Banco Con Tractor D-6	--	--	--	--	1oficial	8
IV	CUNETAS, ANDENES, BORDILLO						32
1	Cuneta	ML	3.12	28.08	2928.1	6 oficiales, 6 ayudantes	17

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

2	Colar arena	M3	0.6	5.4	65	2 ayudantes	8.5
3	Mortero (repello)	M3	0.4	3.6	22.9	1oficial	6.5
V	CARPETA DE RODAMIENTO						36
1	Concreto hidráulico	M2	3.16	28.44	1581.2	3 oficiales, 6 ayudantes	8
2	bordillo concreto para trafico	ML	4.17	37.5	2671.5	3 oficiales, 6 ayudantes	26
3	Reparaciones	M2	4.74	42.66	82	1 oficiales, 2 ayudantes.	2
VI	OBRAS DE DRENAJE						12
1	Armadura de vados	qq	0.19	1.71	5.85	2 oficiales, 4 ayudantes	4
2	Vados	M2	2.04	18.36	43.2	1oficiales, 2 ayudantes	8
VII	SEÑALIZACIÓN						10
1	Señalización horizontal	GLB	--	--	--	2 oficiales, 4 ayudantes	10
VIII	LIMPIEZA Y ENTREGA						5
1	Limpieza	M2	8.42	75.78	14934	1 oficial,10 ayudantes	4
2	Entrega y detalles	DIA	1	9	--	--	1

Tabla 5.1.3: Resumen de las duraciones / días obrero.⁹⁰

Una vez calculada las duraciones de actividades mediante las normas de rendimiento horarias se procedió a elaborar el diagrama de Gantt mediante el programa Microsoft Office Project 2000, obteniéndose el siguiente resultado:

Proyecto: Ticuantepe – Manuel Landez	INICIA	FINALIZA	DURACIÓN
	Lunes 19/08/2013	Domingo 03/11/13	2 meses y 16 días.

Tabla 5.1.4: Fecha de ejecución del proyecto.

⁹⁰ Elaboración propia

Rutas de desvío

Para evitar que los vehículos circulen sobre el tramo en construcción se presentan una única ruta alterna para la circulación vehicular, durante la construcción de todo el tramo. Esto por tratarse de un solo camino sin ningún desvío en los 1,464.07 ml de pavimento. De esta manera se evitara en lo posible la destrucción en los avances de la obra así como las demoras para los usuarios del sector. Las trayectorias a tomar son: (Ruta a tomar) El orden de cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

Costos Directos (CD)

- A.1.- Cálculo de costos de materiales
- A.2.- Cálculo de costos en pago de alquiler de maquinaria
- A.3.- Cálculo en pago de mano de obra

Costos Indirectos (CI)

- B.1.- Costos indirectos de operación (administración)
 - B.2.- Costos indirectos de obra
 - B.3.- Imprevistos
 - B.4.- Financiamiento
 - B.5.- Fianzas
- Costo Total de la obra (Precio Base)

A.- Costos Directos.

El orden de cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

Los precios unitarios fueron consultados en diferentes ferreterías, priorizando un promedio entre los precios encontrados.

TRAMO TICUANTEPE - MAUNEL LANDES					
nº	Descripción	Um	Canti.	Precio.(C\$)	Total
I	Preliminares	glb	1.00	25,930.00	C\$ 25,930.00
1	Nivelación	glb	1.00	25930.00	25,930.00
2	Reglas de 1"x2" x 6 vrs	u	71.00	70.00	4970.00
3	Cuartones de 2"x 2"x 6 vrs	u	78.00	240.00	18720.00
4	Clavos 1 1/2"	lbs	60.00	30.00	1800.00
5	Cuerdas 100 m	u	20.00	22.00	440.00

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

II	Cuneta	glb	1.00	297,835.00	C\$ 297,835.00
1	Cemento	<i>bls</i>	975.00	250.00	243750.00
2	Arena	<i>m3</i>	65.00	350.00	22750.00
3	Grava	<i>m3</i>	73.00	420.00	30660.00
4	Formaletas (reglas de 1"x 3"x 1) vrs	<i>Plg/vrs</i>	150	4.50	675.00
III	Carpeta de rodamiento	glb	1.00	5,670,025.10	C\$ 5,670,025.10
2	Concreto hidráulico de capacidad (5000 psi)	<i>m3</i>	158119.56	3,227.31	5,670,025.10
VI	Obras de drenaje	glb	1.00	90,910.00	C\$ 90,910.00
	Vado de concreto	<i>u</i>	3.00	30303.33	90,910.00
	Cemento	<i>bls</i>	237.00	250.00	59,250.00
	Arena Motastepe	<i>m3</i>	16.00	350.00	5,600.00
	Grava	<i>m3</i>	19.00	420.00	7,980.00
	Acero #3	<i>qq</i>	10.00	960.00	9,600.00
	Reglas de 1"x3"x 6 vrs	<i>u</i>	08.00	280.00	2,240.00
	Tablas para formaletas	<i>u</i>	12.00	420.00	5,040.00
	Alambre de amarre	<i>lbs</i>	60.000	20.00	1,200.00
V	Señalización	glb	1.00	16,400.00	C\$ 16,400.00
	Pintura retro-reflectora	<i>gln</i>	32.00	450.00	14,400.00
	Rótulos	<i>glb</i>	2.00	1,000.00	2,000.00
			Total		C\$ 6,101,100.10
	Tasa al mes de marzo 2013	Tipo	24.50		\$ 246,012.10

Tabla 5.A.1.- Costos en pago de materiales⁹¹.

De esta manera se ha determinado los costos totales de C\$ (seis millones, ciento un mil, cien, con diez centavo.) los materiales para la construcción del tramo de camino de 1464.07 ml de pavimento rígido, El costo dólares será de \$ 249,024.50 dólares estadounidenses.

⁹¹Incluye IVA y acarreo

A.2.- Costos en pago de alquiler de maquinaria.

Alquiler de maquinaria para todo el Tramo total				
n	Actividad/equipo	Hrs	Precio hrs	Total
I	Movilización y desmovilización	--		\$600.00
	Todo el módulo	glb		600.00
II	Movimiento de tierra			\$ 23,890.50
1	Corte			1870.50
	<i>Tractor D7R LGP (180HP)</i>	<i>21.50</i>	<i>87</i>	<i>1870.50</i>
2	Relleno			4785.00
	<i>Vibro compactadora de rodillo CS 533D</i>	<i>87.00</i>	<i>55</i>	<i>4785.00</i>
4	Botar material sobrante			1775.00
	<i>Cargadora frontal 930</i>	<i>13.00</i>	<i>75</i>	<i>975.00</i>
	<i>Camión Volquete DT 466E</i>	<i>16.00</i>	<i>50</i>	<i>800.00</i>
3	Conformación y compactación/bombeo			325.00
	<i>Moto niveladora 120H (180HP)</i>	<i>2.00</i>	<i>80</i>	<i>160.00</i>
	<i>Vibro compactadora de rodillo CS 533D</i>	<i>3.00</i>	<i>55</i>	<i>165.00</i>
5	Botar residuos de la conformación/bombeo			387.00
	<i>Cargadora frontal 930</i>	<i>2.50</i>	<i>75</i>	<i>187.50</i>
	<i>Camión Volquete DT 466E</i>	<i>4.00</i>	<i>50</i>	<i>200.00</i>
6	Explotación de banco			2850.00
	<i>Excavadora 318B L</i>	<i>30.00</i>	<i>95</i>	<i>2850.00</i>
7	Acarreo de material selecto			750.00
	<i>Camión Volquete DT 466E</i>	<i>15.00</i>	<i>50</i>	<i>750.00</i>
8	Todas las capas BASE			11148.00
	<i>Moto niveladora 120H (180HP)</i>	<i>132.00</i>	<i>80</i>	<i>10560.00</i>
	<i>Cisterna</i>	<i>14.00</i>	<i>42</i>	<i>588.00</i>
			Total	\$ 24,490.50
	Tasa al mes de marzo 2013	Tipo de cambio	24.80	C\$ 600,017.25

Tabla 5.1.6: Costos total en alquiler de materiales ⁹²

NOTA: Estos precios incluyen el pago del operador para cada equipo.

⁹² Elaboración propia

La empresa consultada para el alquiler de maquinaria (TRAYMA) establece precios mínimos de usos y precios por adelantado de la siguiente manera.

a.- Si la duración del uso de las maquinas es menor de 50 horas se paga el 100% del alquiler por adelantado.

b.- Si el alquiler del equipo supera las 50 horas de uso se paga por adelantado el 50% del costo total y el resto se paga según contrato de alquiler.

c.- Se establece una tarifa mínima de 4 horas diarias por equipo ya sea que éste trabaje o no, esto se verifica mediante un dispositivo llamado hodómetro, el cual mide el tiempo de trabajo de la máquina.

A.3.- Costos en pago de mano de obra.

El pago de planilla se determina mediante un salario base diario el cual es afectado por algunos factores que también intervienen, si el pago se realiza “por metro”, los factores son:

- Salario base = El correspondiente a cada tipo de trabajo
- Prestaciones = 1.357
- Seguro social 12.5%
- Viáticos 15%
- Aguinaldo 8.3%
- Salario real = 1.36
- Varios = 1.11
- Herramientas 3%
- Mano de obra 8%
- Salario devengado = (Salario base) x 1.357x 1.36 x1.11

Considerando los factores anteriores, el salario base para cada tipo de especialidad queda como se indica en la columna “Pago por UM”, se debe señalar que el salario devengado, descrito anteriormente se basa en las planillas de pago que la alcaldía de Ticuantepe nos facilitó para este fin.

A continuación presentamos los costos de mano de obra:

Costos en pago de mano de obra					
Nº	Descripción	um	Cantidad	costo unitario	Total a pagar
I	Preliminares	glb	1		C\$ 174,224.33
1	Nivelación	M ²	12444.595	8	99556.76
2	topografía	M ²	12444.595	6	74667.57
II	Movimiento de tierra	glb	1		C\$ 257,764.30
1	Corte	M ³	3062.86	50	153143
2	Relleno	M ³	259.44	70	18160.8
3	Conformación y compactación	M ²	8646.05	100	86460.5
IV	Cuneta	glb	1		C\$ 25482,018.00
1	Cuneta	ML	120	60	7200
2	remate	ML	43922.1	80	3513768
3	Bordillo concreto para tráfico de 15X20.	ML	439221	50	21961050
V	Carpeta de rodamiento	glb	1		C\$ 4373,177.09
1	Aplicación del concreto de 5000 PSI	M ²	8491.606	250	2122901.5
2	Curado del concreto	M ²	16983.212	120	2037985.44
3	Reparaciones	ML	4245.803	50	212290.15
VI	Obras de drenaje	glb	1		C\$ 1373,865.00
1	Vado de concreto trapezoidal	ML	147.9	380	56202
2	vigas de remate de los canales	ML	2928.14	450	1317663
VII	Señalización	glb	1		C\$ 8,000.00
	Todas	C/u	8	1000	8000
VIII	Entrega final	glb	1		C\$ 84,667.57
1	Limpieza final	M ²	12444.595	6	74667.57
	placa conmemorativa	C/u	1	10000	10000
	Sub total				C\$ 31753,716.29
	Sub total del proyecto en Córdoba				C\$ 31753,716.29
	Impuesto 15% IVA				C\$ 4763,057.44
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN CORDOBAS				C\$ 36516,773.73
	Dolarizado a una tasa de cambio fecha marzo 2013 de 24.50				C\$ 1490,480.56

Tabla 5.1.7: Costos total en mano de obra⁹³

⁹³ Elaboración propia

Resumen de costos directos

Tabla 5.1.8: Detalles de costos directos por tramos

Tramo	Costos /materiales	Costos alquiler /maquinaria	Costos /mano de obra	Total estimado.
TICUANTEPE MANUEL LANDEZ	C\$ 6,101,100.10	C\$ 600,017.25	C\$ 36,516,773.73	C\$ 43,217,891.08
Dólares por etapa	\$ 249,024.49	\$ 24,490.50	\$ 1,490,480.56	\$ 1,763,995.55

La suma de los totales representa los costos directos (CD) de la obra, es decir los costos Directos C\$ 43,217,891.08 (cuarenta y tres millones, doscientos diecisiete mil, ochocientos noventa y uno con 08/100).

Entonces, el factor de sobre costo (Fsc) se estima así:

Costos indirectos de operación C\$ 3%

Costos indirectos de obra C\$ 7%

Imprevistos C\$ 1%

Financiamiento C\$ 14%

Fsc C\$ 25% (costos variables utilizados por las alcaldías de Nicaragua).

Costos indirectos = $CD \times Fsc$

Costos indirectos = C\$ 43,217,891.08 X 0.25 = C\$ 10,804,472.77

El costo base para esta propuesta están tomado en cuenta todos los pagos de ley para ofertas base.

Costos Directos C\$ 43,217,891.08

Costos Indirectos C\$ 10,804,472.77

Sub total C\$ 54,022,363.85

Utilidades (7%) C\$ 3,781,565.47

Total sin impuestos C\$ 57,803,929.32

Impuesto municipal (1%) C\$ 578,039.29

Retención por servicio de construcción (2%) C\$ 1,156,078.59

Total sin IVA C\$ 59,538,047.20

IVA (15%) C\$ 8,930,707.08

TOTAL C\$ 68,468,754.28 Costo Total de la obra (Precio Base).

Dólares Estadounidenses: \$ 2,794,643.03

Tasa de cambio al mes de marzo 2013.

5.2- CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA.⁹⁴

PROGRAMA DE EJECUCION DEL PROYECTO (CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES)												
NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCION DE 1,464 METROS DE CAMINO TICUANTEPE MANUEL LANDEZ												
ACTIVIDAD / SEMANAS	18- Agt	25- Agt	01- sep	08- sep	15- sep	22- sep	29- sep	06- oct	13- oct	20- oct	27- oct	03- nov
PRELIMINARES												
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION												
TRAZADO Y NIVELACION												
MOVIMIENTO DE TIERRAS												
CUNETAS, ANDENES Y BORDILLOS.												
CARPETA DE RODAMIENTO												
OBRAS DE DRENAJE												
PINTADO, SEÑALIZACION VIAL												
MEDIDAS DE MITIGACION												
LIMPIEZA Y ENTREGA												

⁹⁴Fuente: Elaboración propia..

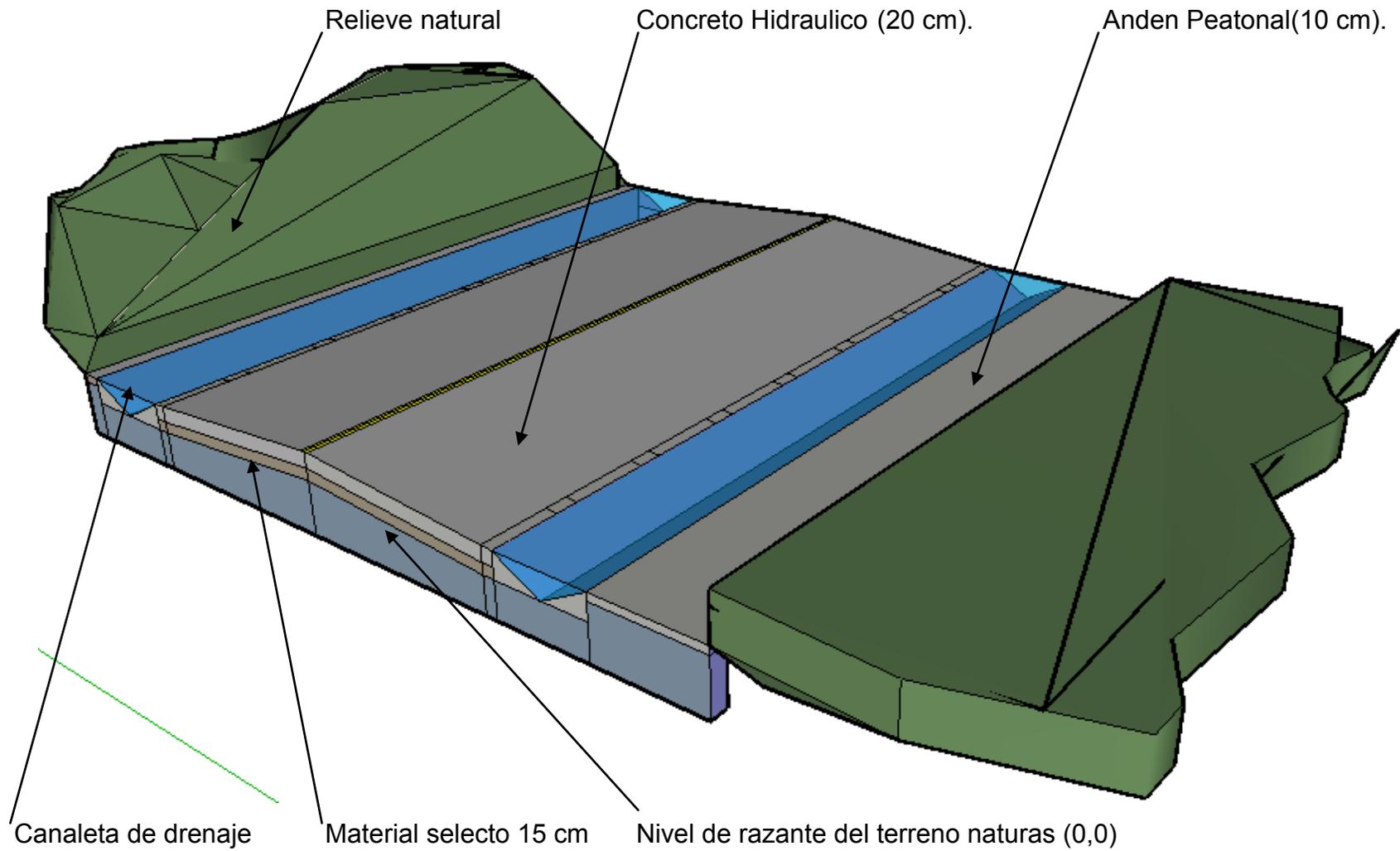


Imagen deestructural de la

5.3-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Preliminares

- Una vez realizada la entrega del sitio del proyecto al contratista, será el encargado de la limpieza inicial, trazo y nivelación, construcciones temporales, demoliciones, fabricación de obras de madera, instalación de servicios temporales y otros trabajos preliminares.
- Esta etapa de la construcción es la que da inicio al proyecto, una vez realizado el sitio, dando así mismo apertura al libro de bitácora.
- El contratista, antes de iniciar la obra, deberá examinar cuidadosamente todos los trabajos adyacentes, de los cuales afectan esta obra, de acuerdo a las intenciones de estas especificaciones, informando por escrito al inspector de la obra cualquier condición que evite al contratista realizar el trabajo requerido.
- No se eximirá al contratista de ninguna responsabilidad por trabajos adyacentes incompletos o defectuosos, a menos que tales hayan sido notificados al supervisor por escrito y este los haya aceptado antes de que el contratista inicie cualquier parte de la obra.

Limpieza inicial

- El contratista debe ubicar en el sitio del proyecto, los límites de la obra y especificarán los árboles, arbustos, plantas y objeto que deben conservarse. En caso contrario deberán ser indicados por el supervisor y por escrito en el libro de bitácora.
- Todos los objetos que se encuentren en la superficie como: los árboles, troncos, raíces y fundaciones viejas de concreto, y cualquier obstrucción saliente, deberán ser quitadas de los últimos 40 centímetros superficiales.
- Cuando se proceda a quemar los robles, raíces, troncos y cualquier otro material que provenga de la limpieza del sitio deberá quemarse bajo la vigilancia del contratista de tal manera que la propiedad o vegetación

adyacente no sean expuestas al peligro, siendo responsabilidad suya cualquier daño ocasionado a terceros.

- Los materiales de desechos que no puedan ser quemados, podrán ser retirados al área del “Botadero Municipal” indicado en los planos constructivos.
- En cualquier otro caso, previa aprobación del supervisor de obras, el contratista deberá hacer todos los arreglos necesarios con los dueños de los predios donde se colocarán los desperdicios. El costo correspondiente deberá ser incluido en el precio en la limpieza inicial.
- Todos los escombros no inflamables como trozos de bloque o ladrillo, concreto o material sobrante de los corte serán botados en el botadero municipal o donde el supervisor lo indique, no así trozos de materiales de asbesto cemento el que debe ser enterrado a una profundidad de 1.20 metros previamente quebrando en trozos no mayores de 25 centímetros de diámetro; en caso que el nivel de aguas superficiales sea menor a 1.20 metros de profundidad, el contratista los enterrará en un sitio donde el manto freático sea más profundo de 1.20 metros.
- Todos los utensilios o útiles movibles, que estén en uso por el dueño el contratista, los pondrá en un lugar seguro, donde no queden a la intemperie o provoquen accidentes.

Trazado y nivelación

- El contratista trazará su trabajo partiendo de las líneas bases y bancos de nivel o puntos topográficos de referencia establecidos en el terreno y de las elevaciones indicadas en los planos, siendo responsable por todas las medidas que así tome.
- El contratista será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos o establecidas por el Ingeniero supervisor.
- El contratista tendrá la responsabilidad de mantener y preservar todos los mojones otras marcas hasta cuando el Ingeniero supervisor lo autorice para removerlas. En caso negligencia del Contratista o de sus empleados que

resultare en la destrucción de dichos mojones, antes de su remoción autorizada, el contratista los reemplazará si así lo exigiere el Ingeniero supervisor.

- Los bancos de nivel y la Niveletas deberán ser cuidadosamente conservados por el contratista hasta la aceptación final del trabajo, y si son destruidos o aterrados, su reinstalación o construcción será hecha por cuenta del contratista.
- Cualquier trazado erróneo será corregido por el contratista por su cuenta, en caso que haya obras construidas erróneamente por este motivo será perdida para el contratista. Para evitar errores el trazado de las obras el contratista colocará las suficientes Niveletas sencillas así como dobles en los lugares donde se formen vértices en la construcción, indicando los niveles tomando como referencia los puntos indicados en el plano o indicados por el Ingeniero supervisor.
- En caso que el contratista, encontrare errores en el nivel del punto de referencia, lo indicará por escrito en el libro de bitácora, antes de comenzar cualquier obra; el supervisor contestará de la misma manera indicando el nivel correcto; en caso que el contratista haya incurrido en avances de obras con niveles incorrectos, los costos de reparación serán asumidos por su cuenta la corrección de la obra.
- Para el trazado de las obras el contratista usará Niveletas de madera o metálicas, de cuartones de 2"x 2" y 0.50 metros de alto con reglas de 1"x3" debidamente cepillada en canto superior donde se referirá el nivel. Las Niveletas sencillas llevarán dos cuartones de apoyo de la regla del nivel espaciados a 1.10 metros, para Niveletas dobles será tres cuartones espaciados a 1.10 metros pero formando ángulo recto, la madera podrá ser de pino o madera blanca.
- Las obras que se construirán deberán quedar finalmente con los niveles que se muestran en los planos constructivos con un máximo de error permisible de 2 mm de diferencia en una observación directa a 20 m.
- El contratista comprobará las medidas en los planos, localizando la construcción con precisión en el sitio, de acuerdo con los documentos del

contrato. Las Niveletas, estacas de nivelación permanecerán en su posición hasta que todas las obras hayan sido establecidas permanentemente.

- El contratista será responsable de proteger de daños ocasionados, a todas las líneas, niveles y puntos de referencia. Si se destruyen deberán ser reparadas y respuestas por cuenta del contratista, notificando al supervisor. Cuando el trazo esté sustancialmente terminado se consultara si se pueden eliminar.
- El contratista antes de proceder a realizar el trazo y nivelación tiene que ver las condiciones del terreno, en este caso tiene que cumplir con las condiciones siguientes:
 - a)-Se debe tomar en cuenta las recomendaciones suministradas por el dueño, sobre estudios geológicos y de suelos, los cuales serán entregados al contratista como parte de los documentos contractuales.
 - b)-El contratista será el responsable por el cumplimiento de tales recomendaciones y por las pruebas de verificación que contratará por su cuenta con un laboratorio de suelos por el supervisor.
- Es igualmente obligación del contratista notificar al dueño por medio del supervisor, sobre las condiciones inesperadas o sospechosas que se detecten en el terreno durante el proceso de la construcción, en el caso que esto se presente, el contratista podrá contratar los servicios de ingeniería de suelos para realizar estudio complementario y presentarlo al dueño, y será opción del dueño contratar los servicios de éste u otro ingeniero, especialista en geotecnia para la realización de un estudio de suelos complementario.
- Así mismo, el contratista desviará y canalizará correctamente cualquier corriente o inclinación del terreno que pueda resultar en perjuicio de la obra tanto superficialmente como subterránea. Dicho trabajo se hará sin recargo para el dueño.

Construcciones temporales

- Las construcciones temporales refieren a las champas que el contratista usará como bodegas y oficinas, éstas podrán ser de madera rústica o cualquier otro

material que el contratista estime conveniente, así como bodegas móviles montadas sobre tráiler.

- Para los proyectos donde el tiempo de ejecución es mayor a los cinco meses, el contratista tendrá que hacer campas para bodega y oficina siendo el área mínima de 9.00 metros cuadrados y la altura mínima de 2.50 metros. En la oficina temporal quedará el libro de bitácora.
- El libro de bitácora no podrá ser sacado fuera de ella cuando el proyecto esté en ejecución. En el caso que no haya oficina temporal, será el supervisor el que decidirá donde permanecerá el libro de bitácora.
- Una vez terminado y entregado el proyecto el contratista demolerá todas las construcciones temporales que haya construido, dejando limpio el sitio, apegándose a lo especificado en la limpieza final.

Demoliciones

- Las demoliciones se refieren a todas las infraestructuras que hay que eliminar de las obras señaladas en los planos.

Fabricación de obras de madera

- Se refiere a las construcciones de madera que el contratista realizará para realizar la obra requerida como formaletas, bateas, canales de madera, etc. Generalmente están incluidos en las obras temporales.

Instalación de servicios temporales

- Se refieren estos a la instalación temporales de los servicios públicos como: Agua potable, electricidad entre otros. Estas instalaciones serán solicitadas por el contratista por cuenta propia, para el tiempo que dure la construcción del proyecto, y serán instalados en las construcciones temporales.

Movimiento de tierra

- Este trabajo consistirá en cortes y relleno, rellenos con material selecto (material de préstamo), acarreo de material selecto, excavaciones especiales,

rellenos especiales y otros trabajos relacionados con el movimiento de tierras, la eliminación y remoción de toda la vegetación y desechos dentro de los límites señalados excepto de los objetos y árboles que se hayan especificado que queden en sus lugares o que tengan que ser quitados de acuerdo con lo indicado en estas especificaciones.

- El contratista deberá deshacerse satisfactoriamente de todo el material que resultó de la limpieza del área indicada en los planos o mostrada por el supervisor. Comprenderá todo el trabajo de excavación, relleno y compactación que sea requerida para la construcción de bases y sub-bases, la extracción de materiales inadecuados en las calles o zonas donde se construirá; la colocación del material excavado, así como la excavación y compactación hasta los niveles de obra antes mostrados en los planos o indicados en los documentos complementarios estudios geológicos y estudio de suelos.

Corte y relleno

- El contratista tiene la obligación de examinar los planos, estudio geológicos y de suelos si los hubiera, efectuado en el sitio de la obra y asumir completa responsabilidad en el uso y disponibilidad del suelo desde el punto de vista constructivo.
- El contratista comprobará las medidas indicadas en los planos, localizando los niveles de referencia, para indicar los cortes y rellenos que tengas que hacer en la obra, se le recomienda visitar el banco de material selecto antes de pasar su oferta, una vez adjudicado el proyecto corre por cuenta de todo gasto que incurra dejar la infraestructura del pavimento y obras conexas debidamente concluidas y listas para el adoquinado o embaldosado según sea el caso. Se debe costar la profundidad que el plano indique, en caso que no indiquen los planos. El material sobrante del corte será depositado en el botadero municipal o donde lo indique el supervisor, y tiene que ser escrito en el librito de bitácora.

- Una vez efectuado los cortes indicados en los planos, o en estas especificaciones, se procederá al relleno con material selecto, el que compactará de manera mecánica.
- La compactación tiene que obtenerse el 100% proctor estándar para la capa que conforma la sub-base y 100% proctor modificado para la capa que conforma la base efectuándose de la manera siguiente.
- La compactación se hará en capas de 15 centímetros dando no menos de cinco pasadas o las que recomiende el fabricante de equipo de compactación, después de darle la humedad óptima. El equipo usado por el contratista, no tiene ninguna restricción siempre y cuando los rellenos cumplan con la compactación mencionada anteriormente, el supervisor hará las pruebas de compactación, en los lugares que estime conveniente y sean de densidad dudosa corriendo los costos por cuenta del contratista.
- Se procederá a rellenar con material de banco mencionado en los planos o el que sea aprobado por el supervisor.
- Una vez concluido los rellenos, éstos deben quedar compactados y con los niveles indicados en los planos. Para empezar la construcción el contratista debe tener la aprobación del supervisor.
- Cuando no existe nivel de referencia el contratista debe ponerlos hasta que la obra concluya y con la aprobación del supervisor.
- Previamente a la iniciación de los trabajos, el contratista, deberá someter a la aprobación del supervisor un plan o programa de trabajo, que señale la forma en que se llevarán a efecto los mismos. Este programa podrá ser modificado durante el desarrollo de la obra, si las condiciones del trabajo lo requieren, debiéndose notificar al dueño con la debida anticipación de dichos cambios.
- El contratista deberá evitar la inundación de las excavaciones, procurando mantener los niveles del suelo con las pendientes adecuadas.
- Cualquier acumulación de agua que se presente debe ser removida al costo del contratista quien tomará las precauciones necesarias u usará el equipo adecuado para evitar derrumbes, hundimientos y soterramientos de las

construcciones existentes. El fondo de la excavación deberá quedar a nivel y libre de material suelto.

- El contratista será responsable por la perfecta estabilidad del relleno y reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte.

Relleno con material de préstamo

- Métodos: El costo del transporte del material para relleno, debe correr por cuenta del contratista. El contratista podrá utilizar cualquier otro material de relleno siempre y cuando éste no tenga un índice de plasticidad mayor a 6, ni un cbr menor de 20%. Será el supervisor el que aprobará el cambio de otra fuente de materiales y así mismo de tener características mecánicas, se deberá rediseñar los espesores del pavimento.

Acarreo de materiales

- Este artículo se refiere al acarreo del material selecto, y al acarreo del material sobrante de las excavaciones o cortes de suelos, que hay que eliminar del área de la construcción.
- El contratista acarreará del banco de material selecto al proyecto por cuenta y riesgo de él, en cantidad suficiente, teniendo en cuenta el abundamiento y encogimiento del material. Este material lo transportará de los bancos que él estime conveniente siempre que cumplan con lo mencionado anteriormente.
- El contratista transportará fuera del sitio del proyecto, todo material de suelo sobrante de excavación o de relleno, así como el material arcilloso de los cortes que no tengan uso en la obra. Estos los trasladará o botará donde no hagan daño a terceros o donde lo indique el supervisor.

Pavimento de concreto hidráulico

- Este trabajo consiste en la elaboración transporte colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico como estructura de pavimento, con o sin refuerzo, la ejecución de juntas, el acabado, el curado y demás actividades

necesarias para la correcta construcción del pavimento, de acuerdo a los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o determinados por el contratante.

- El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya triturados, quedará a cargo del contratista y será revisado por el contratante, cuya aprobación no liberará al Contratista de la obligación de obtener en la obra la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como los acabados especificados. Durante la construcción, la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico se hará en peso y su control durante la elaboración se hará bajo la responsabilidad exclusiva del Contratista.
- La resistencia de diseño del concreto a la tensión por flexión ($S'c$), o el módulo de ruptura especificado a los 28 días, se verificará en especímenes moldeados durante el colado del concreto, correspondientes a vigas estándar de quince por quince por cincuenta (15 x 15 x 50) centímetros, compactando el concreto por vibro compresión; una vez curados los 500-3 especímenes adecuadamente, se ensayarán a los 3, 7 y 28 días, aplicando las cargas en los tercios del su luz (ASTM C 78).
- Se deberán tomar muestras de concreto para hacer especímenes de prueba para determinar la resistencia a la flexión durante el colado del concreto. Especímenes de prueba adicionales podrán ser necesarios para determinar adecuadamente la resistencia del concreto cuando la resistencia del mismo a temprana edad limite la apertura del pavimento al tránsito. El procedimiento seguido para el muestreo del concreto deberá cumplir con la norma ASTM C 172.
- El asentamiento promedio de la mezcla de concreto deberá ser de cuatro (4) centímetros al momento de su colocación; nunca deberá ser menor de dos punto cinco (2.5), ni mayor de seis (6) centímetros. Las mezclas que no cumplan con este requisito deberán ser destinadas a otras obras de concreto como cunetas y drenajes, y no se permitirá su colocación para la losa de

concreto. El concreto deberá de ser uniformemente plástico, cohesivo y manejable. El concreto trabajable es definido como aquel que puede ser colocado sin que se produzcan demasiados vacíos en su interior y en la superficie del pavimento

- El material sellante para las juntas transversales y longitudinales deberá ser elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el concreto y permitir las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas sin agrietarse, debiéndose emplear productos a base de silicona, poliuretano asfalto o similares, los cuales deberán ser autonivelable y solidificarse a temperatura ambiente.
- El material se deberá adherir a los lados de la junta o grieta con el concreto y deberá formar un sello efectivo contra la filtración de agua o incrustación de materiales incomprensibles. En ningún caso se podrá emplear algún material sellador no autorizado por el contratante. Para todas las juntas de la losa de concreto se deberá emplear un sellador de silicón o similar de bajo módulo y autonivelable. Este sellador deberá ser un compuesto de un solo componente sin requerir la adición de un catalizador 500-5 para su curado. El sellador deberá presentar fluidez suficiente para auto nivelarse y no requerir de formado adicional.
- Las formaletas para la construcción no deberán tener una longitud menor de tres metros (3 m) y su altura será igual al espesor del pavimento por construir. Deberán tener la suficiente rigidez para que no se deformen durante la colocación del concreto o cuando van a servir como rieles para el desplazamiento de equipos.
- La fijación de las formaletas al suelo se hará mediante pasadores de anclaje que impidan cualquier desplazamiento vertical u horizontal, debiendo estar separados como máximo un metro (1 m), y existiendo el menos uno (1) en cada extremo de las formaletas o en la unión de las mismas.

Actividades relacionadas con cunetas y vados

- La construcción de las cunetas serán donde los planos la indiquen y esta será generalmente para reemplazar las existentes o para definir un trazado mejor del área de rodamiento de las calles.
- Las cunetas serán de las formas y dimensiones indicadas en los planos. Las cunetas según el caso, deberán ser construidas con concreto de más de 2,500 psi o como se indiquen en los planos y tendrán un acabado escobado, natural, siendo vibradas con el objeto de evitar agujeros o ratoneras mayores de $\frac{3}{4}$ " en diámetro. El supervisor podrá ordenar la restitución si encontrase estos defectos constructivos.
- En las intersecciones de cunetas a 90° , estas llevarán un radio de giro de 2.00 metros. En caso que las intersecciones afecten las casas o propiedades el radio de giro será definido por el supervisor en el caso que éste no esté definido en los planos.
- Se construirán los vados de concreto con un ancho no menor a 120 centímetros tal como se muestra en los planos constructivos para evitar el estancamiento de las aguas pluviales en las intersecciones de calles.
- Antes de iniciar la excavación de las zanjas, el contratista deberá localizar y señalizar las instalaciones domiciliarias de agua potable, alcantarillado sanitario, tubería de tragantes de agua pluviales, instalaciones eléctricas y/o telefónicas subterráneas, tubería existente de redes de agua potable, sanitaria y cualquier otra estructura que esté o no indicada en los planos, y que pudiera encontrarse interceptándose en el alineamiento.
- El contratista deberá descubrir y verificar por su cuenta si las tuberías o cualquier otra obra de infraestructura existente, está o no dentro del área de las tubería a instalar y deberá notificar por escrito al supervisor del proyecto acerca de la obstrucciones existentes.
- En caso de que en la excavación se presentaran terrenos de poca consistencia (muy húmedo, suelos orgánicos, etc.) como el sonso cuiteé, la zanja deberá profundizarse como lo indique el supervisor del proyecto, pero no

menos de 0.30 m abajo del fondo previsto, y el material excavado deberá reponerse con material aceptado por el supervisor del proyecto.

- El contratista removerá toda agua que se colecte en las zanjas, antes y durante se ejecuten los trabajos de construcción. En ningún caso se permitirá que el agua escurra sobre la estructura de pavimento no finalizado o por propiedades privadas o públicas o por otro sitio no previsto sin permiso del supervisor del proyecto.
- Si fuese necesario, el contratista deberá tomar las medidas necesarias, incluyendo la instalación de conexiones temporales, para no interrumpir el servicio de agua y desagüe a las viviendas.
- Cuando se considere necesario, las zanjas y otras excavaciones, deberán ser estibadas y arriostradas, a fin de prevenir cualquier movimiento de tierra, evitar daños a la superficie de rodamiento, estructuras vecinas (casetas, tubos, etc.) y proteger a los trabajadores en la zanja. El contratista asume plena responsabilidad por todo estibado y arrostramiento y por cualquier daño que pueda ocasionar por su falta, falla, uso, mantenimiento o remoción.
- El supervisor podrá ordenar el ademado de ciertos tramos de zanjas, donde, a su juicio, amerita tomar este tipo de precauciones, por razones de seguridad. El costo del estibado y arrostramiento de cualquier tipo de estructura deberá estar incluido en el costo unitario de excavación de zanjas u otras cavidades para el drenaje. Los materiales de excavación de la zanja deberán ser colocados al lado donde no se obstaculice al tránsito y que, en todo caso, causen el mínimo inconveniente, y permitan el acceso apropiado y seguro a la propiedad y privada.

Concreto en general

- La resistencia mínima del concreto en general a los 28 días, será de 2,500 PSI. La cantidad de agregados deberá calcularse para usar en cada batida uno o más sacos completos de cemento. No se permitirán batidas en que se usen fragmentos o fracciones de sacos.

- El tiempo de mezclado se medirá a partir de que todos los materiales sólidos se encuentren en la mezcladora o batea. No se permitirá, que la colocación de la mezcla dure más de una hora después de iniciada sino es con ingredientes que retarden el proceso.
- Se debe colocar el concreto de conformidad con los requisitos de la norma ACI-318 y de acuerdo en lo indicado a los planos.
- El concreto deberá vibrarse en capas no mayores de 20 cm, y vibrarse de tal forma que permita al aire entrampado escapar a la superficie sin dejar cavidades interiores. El vaciado deberá ser continuo entre las juntas de la construcción previamente fijadas, las que deberán prepararse de acuerdo a las indicaciones de los planos.
- El tiempo de mezcla debe mantenerse al mínimo necesario para una mezcla efectiva del concreto. El concreto debe colocarse dentro de una hora o de una hora y media del mezclado.
- Curar y proteger el concreto de acuerdo a la norma ACI 318.
- Durante el período de cura, en ningún momento la temperatura del concreto deberá exceder los 60° C; cuando sea posible deberá mantenerse durante la cura una temperatura de 20° C.
- Después de la colocación del concreto deben protegerse todas superficies expuestas a los efectos de la intemperie sobre todo al sol. El curado deberá iniciarse tan pronto el concreto haya endurecido suficientemente a criterio del supervisor del proyecto.
- Todo el concreto deberá mantenerse húmedo durante un mínimo de ocho (8) días después del vaciado. El contratista deberá acatar las indicaciones del supervisor del proyecto al respecto.
- No se hará ninguna lechada hasta que todos los materiales necesarios para la cura estén en el sitio y listos para usarse.
- Concreto que no cumpla con las líneas, detalle y pendiente especificados en este o según los planos deberá ser modificado y reemplazado por cuenta del contratista y a satisfacción del supervisor del proyecto. Las líneas acabadas, dimensiones y superficies deben ser correctas y alineadas dentro de las

tolerancias especificadas en éste y en la sección de entramado de estas especificaciones.

Refuerzo del concreto

- Esta incluye el suministro e instalación y todo el trabajo de forma general relacionado al acero de refuerzo, de acuerdo a indicaciones en los planos. El acero de refuerzo a utilizar en cualquier estructura será grado 40 con un límite de fluencia de 2,800 Kg/cm².
- Realizar el trabajo de refuerzo de concreto de conformidad con el ACI-318(89) y del Código Nicaragüense de la Construcción del 2000 (NIC2000).
- Colocar el acero de refuerzo de conformidad con las ubicaciones mostradas en los dibujos revisados y según los establece la norma ACI 318.
- La separación entre varillas paralelas se ajustará a lo indicado en los planos. Se revisará la correcta disposición del acero de refuerzo, antes de proceder a la llena. Antes de proceder al colado de concreto, el supervisor del proyecto revisará la correcta disposición del acero de refuerzo, los recubrimientos, soportes del refuerzo, etc., y anotará en la bitácora todas las modificaciones ordenadas o autorizadas por él.
- Los dobleces de los refuerzos, salvo indicación contraria en los planos, se harán con un radio superior a 3.0 veces su diámetro y las varillas se doblarán en frío.

Actividades para mitigación y prevención de accidentes

- 1-Construcción de letrinas: La letrina provisional, es la letrina que el contratista construye para ser usada por los obreros que construyen la obra, es de carácter provisional porque una vez que sea concluida la obra, esta debe ser demolida y sellado el foso con suelo natural.
- 2-Pipa para riego de material de excavación: Esta actividad será apropiada donde para proyectos donde hay excavación en zanjas, pasando mucho tiempo abiertas, o suelos sueltos esperando su remoción o traslado.

- El suelo excavado de no ser colocado o desalojado, será regado con pipa cada 2.5 horas, teniéndolo empapado para evitar que el viento haga tolvaneras que afecten la salud de los pobladores y trabajadores de la construcción. El material se regara cada vez que lo requiera o cuando el supervisor lo indique.

Pintura (señalización)

- Esta etapa se refiere a todas las actividades de pintura de tráfico a aplicar en este caso a toda la línea central del carril y las cunetas.
- Todo material será entregado en la obra en sus envases originales, con etiqueta intacta y sin abrir, y deberá contar con la aprobación del supervisor.
- Antes de comenzar trabajos se deberá efectuar una revisión de las superficies que se cubrirán de todo desperfecto que se encuentre. Las superficies además deberán estar completamente secas.

Limpieza final y entrega

- Esta etapa se refiere a la entrega del proyecto debidamente concluido y funcionando correctamente todas y cada una de las partes que lo integran con las pruebas debidamente concluida y aprobadas por el supervisor.
- En caso de que el proyecto tenga defectos a juicio del ingeniero supervisor, estos deben ser subsanados. Después de haber cumplido con las especificaciones técnicas, se tiene que firmar un acta de recepción final, así como en el libro de bitácora, en original y tres copias, donde se de fe del final de la obra concluida técnicamente bien.

CONCLUSIONES.

- 1) **Evaluación impacto ambiental:** Se utilizó una matriz de valoración, evaluando tanto en la etapa de construcción, como en la etapa de operación. El cual nos establece un daño reversible, porque se recuperaría en el tiempo ya sea corto, mediano o largo plazo, no necesariamente restablecida en la base original.
- 2) De los estudios técnicos realizador:
 - **La Topografía:** Nos dio un terreno plano y definimos los puntos de la poligonal abierta, con su red de puntos curva, quedando definida de esta forma, el ancho de vía, eje preliminar y las curvas de nivel del tramo en estudio.
 - **El Transito:** El resultado obtenido del estudio fue un tráfico liviano compuesto por motocicletas, automóviles, camionetas etc. representan el 94.73 % y solo el 5.27 % corresponde al tránsito pesado del TPDA. El tránsito futuro a 20 años, indican en base al crecimiento vehicular del 14 %.
 - **Geotécnico:** Las muestras ensayadas de suelo se clasifica por medio del sistema SUCS ubicándose dentro del grupo SW-SM Entre tanto por el sistema de clasificación AASHTO es ubica dentro del grupo A-1-b.
 - **Hidrológico:** En las estaciones enumeradas (Estación/0+0260.00), (Estación 0+600.82) y (Estación 1+114.39). tenemos vados que son para desaguar y canaletas en trapezoidales en los extremos de la vía propuesto en nuestro diseño.
- 3) **De acuerdo a la estructura** hidráulica y geométrica propuesta dentro de la carpeta de pavimento rígido obtuvimos un diseño de espesor de losa de 20 cm se considera en la sub-rasante un proceso de estabilización de cemento de 15cm, dicho diseño no cuenta con acero de refuerzo o dovelas ni con barras de amarres, las juntas se recomienda el uso de asfalto para un mejor desplace de las cargas que soportaran la losa.

El presupuesto Projectado para el proyecto es de **C\$ 68,468,754.28** incluyendo todo el costo tanto directo como indirecto para un periodo de ejecución de 2 meses y 16 días (del 19/8/2013 al 05/11/2013).

RECOMENDACIONES

Recordemos que este documento, es un trabajo académico que es realizado con los esfuerzos y posibilidades de los estudiantes expositores:

1. Presentar los resultados de este trabajo a la Alcaldía de Ticuantepe.
2. Para realizar el replanteo del levantamiento topográfico, se recomienda identificar la poligonal principal y “amarrar” a esta el resto de los tramo, además, se debe utilizar un único punto de inicio para toda la poligonal.
3. Se recomienda realizar el estudio de suelo en sondeo manual a cada 50 metros, esto permitirá obtener una idea más clara del cambio estratigráfico del suelo.
4. Para colocar la estructura del pavimento deberá retirarse todo el material existente hasta la profundidad indicado en los planos del perfil longitudinal y reponerlo con el material selecto recomendado, este se debe compactar en capas no mayores de 20cm y al 95% de su densidad seca máxima, luego colocar el espesor indicado.
5. Se recomienda llevar un estricto control en la compactación del material selecto que conformara la estructura del pavimento y deberá eliminarse las partículas mayores de una pulgada y así obtener la densidad requerida.
6. Mantener la línea de la subrasante al nivel propuesto para que este tenga un nivel adecuado con respecto a los terrenos adyacentes, además, así se evitan los cambios en las pendientes los cuales afecta directamente el diseño de drenaje longitudinal (cuneta).
7. Realizar un estudio a profundidad de los impacto a el medio ambiente, ya que solo cuenta con una análisis dentro de la ejecución y funcionamiento del proyecto.
8. Utilizar la tabla de mitigación de riesgo al momento de elaborar la propuesta de EIA.
9. Considerar el presupuesto de diseño que se establece en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **CARLOS KRAMER, JOLES MENA PARDILLO.** Ingeniería de carreteras, Volumen I. Primera Edición MCGRANLTILL.
- **BLADIMIR BRENES HERNÁNDEZ (2012).** Estudio técnico de 1.5 km de adoquinado para el tramo de camino “Niquinohomo los Pósitos”, mayo de 2012. Monografía para optar al título de ingeniero civil UNAN-Managua.
- **ROMMEL ALEMÁN (2008).** “Diseño geométrico para el corredor alterno Veracruz intersección km 17.3, carretera a Masaya, a base de pavimento rígido” año 2008. Monografía para optar al título de ingeniero civil UNAN-Managua.
- **RAÚL LECLAIR SIECA MARZO (2004).** Secretaría De Integración Económica Centroamericana, SIECA, Consultor: Raúl Leclair. Convenio No. 596-0184.20, PROALCA II, SIECA Marzo 2004.
- **ELMER BERBÍS (2004).** Diseño hidráulico para caminos rurales de Nicaragua, Documento del programa de apoyo al sector transporte, (PAST-DANIDA), elaborado por el Ing. Elmer Berbís, Septiembre de 2004.
- **MTI (2008).** Ministerio de Transporte e Infraestructura. Red Vial de Nicaragua 2008. Oficina de Inventario Vial. Abril -2009.
- **AASHTO 93. (2006).** Diseño de Pavimento AASHTO 93 Traducido en La Paz, Bolivia Junio 2006. Basado en La 3^{ra} Edición del Manual de Diseño De Pavimento
- **PAST- DANIDA (2005).** Estructuras de drenaje, Documento del programa de apoyo al sector transporte, (PAST- DANIDA), mayo de 2005.
- [hptt: /www.monografias.com.](http://www.monografias.com)

ANEXOS

ANEXOS

Tipo de terreno	Pendientes (%)
Llano o plano	$p \leq 5$
Ondulado	$5 > p \leq 15$
Montañoso	$15 > p \geq 30$

Tabla A-II.1-1: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.

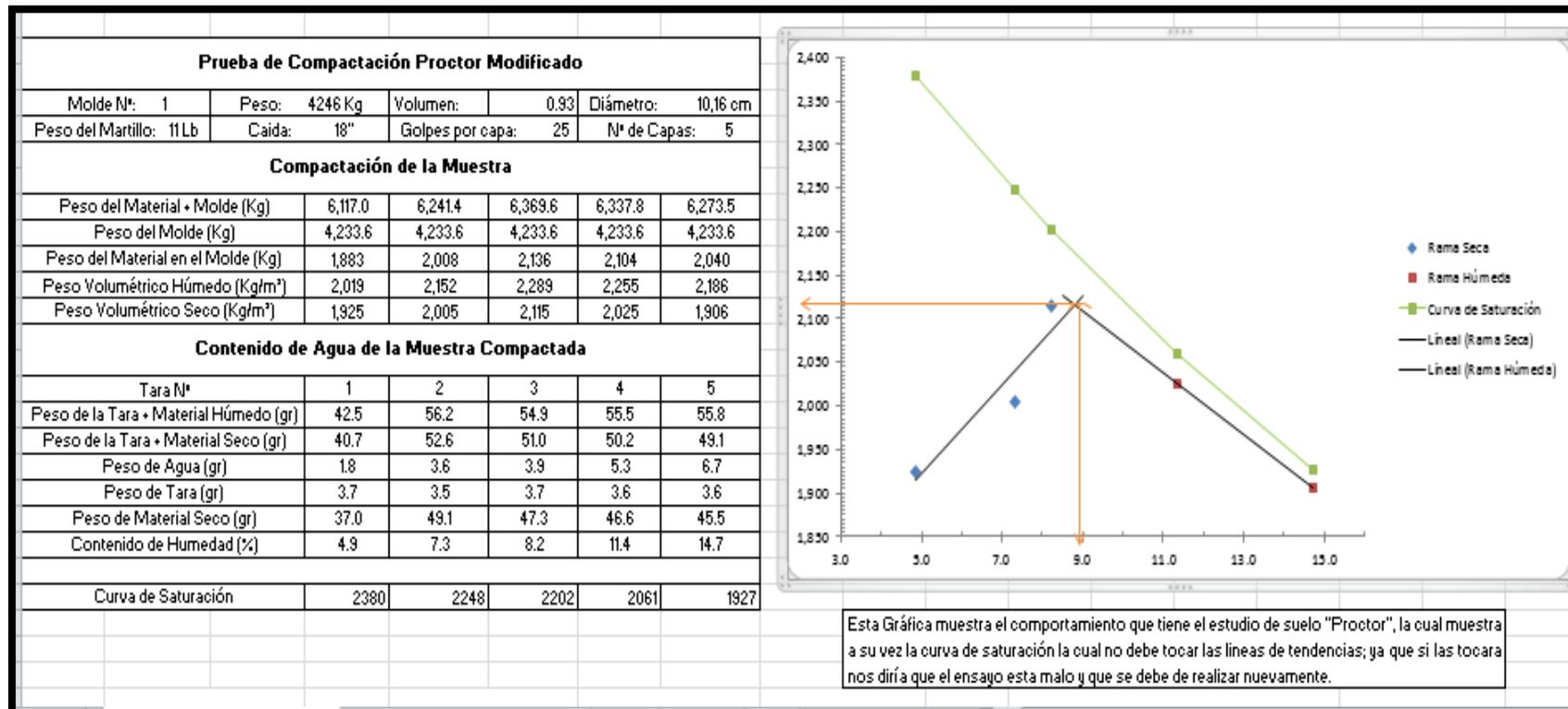


Tabla A-II.2.1 -Ensayes de compactación (proctor modificado).⁹⁵

⁹⁵ Elaboración propia trabajo de gabinete.

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/201	Sondeo	S1E1		
Total	1038.7	Profundidad	0.00 0.85		
Tamices		Wt	Retenido	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	10.5	1.01	1.01	99
9.500	3/8 in	18.2	1.75	2.76	97
4.750	No.4	115.3	11.10	13.86	86
2.000	No.10	209.7	20.19	34.05	66
0.850	No.20	192.7	18.55	52.60	47
0.425	No.40	154.9	14.91	67.52	32
0.250	No.60	95.3	9.17	76.69	23
0.150	No.100	37.5	3.61	80.30	20
0.106	No.140	85.5	8.23	88.53	11
0.075	No.200	6.7	0.65	89.18	11
	plato	112.4	10.82	100.00	
	suma	1038.7	100.00		
Peso Total (g)		1038.7			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s1E1).

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/201	Sondeo	S1E2		
Total Wm(g)	1285.6	Profundidad	0.85 1.0		
Tamices		Wt	retenido	Retenido	lo que pasa
mm	num.	retenido(g)	(%)	Total(%)	(%)
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	128.0	9.96	9.96	90
9.500	3/8 in	14.4	1.12	11.08	89
4.750	No.4	59.3	4.61	15.69	84
2.000	No.10	142.9	11.12	26.80	73
0.850	No.20	229.0	17.81	44.62	55
0.425	No.40	234.2	18.22	62.83	37
0.250	No.60	138.3	10.76	73.59	26
0.150	No.100	61.6	4.79	78.38	22
0.106	No.140	100.8	7.84	86.22	14
0.075	No.200	13.5	1.05	87.27	13
	plato	163.6	12.73	100.00	
	suma	1285.6	100.00		
Peso Total		1285.6			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s1E2).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-3	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/2012	Sondeo	S1E3		
Total	1309.3	Profundidad	1.05 1.40		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
mm	num.				
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	31.8	2.43	2.43	98
9.500	3/8 in	26.9	2.05	4.48	96
4.750	No.4	117.8	9.00	13.48	87
2.000	No.10	240.5	18.37	31.85	68
0.850	No.20	249.5	19.06	50.91	49
0.425	No.40	232.9	17.79	68.69	31
0.250	No.60	131.7	10.06	78.75	21
0.150	No.100	66.3	5.06	83.82	16
0.106	No.140	102.2	7.81	91.62	8
0.075	No.200	4.3	0.33	91.95	8
	plato	105.4	8.05	100.00	
	suma	1309.3	100.00		
Peso Total		1309.3			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s1E3).

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/2012	Sondeo	S1E4		
Total	1246.3	Profundidad	1.40 1.70		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
mm	num.				
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	41.8	3.35	3.35	97
9.500	3/8 in	16.5	1.32	4.68	95
4.750	No.4	49.7	3.99	8.67	91
2.000	No.10	152.8	12.26	20.93	79
0.850	No.20	271.5	21.78	42.71	57
0.425	No.40	206.6	16.58	59.29	41
0.250	No.60	120.2	9.64	68.93	31
0.150	No.100	67.8	5.44	74.37	26
0.106	No.140	114.5	9.19	83.56	16
0.075	No.200	22.0	1.77	85.32	15
	plato	182.9	14.68	100.00	
	suma	1246.3	100.00		
Peso Total		1246.3			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s1E4).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/2012	Sondeo	S2E1		
Total	1123.3	Profundidad	0.00 0.50		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	18.6	1.66	1.66	98
9.500	3/8 in	13.5	1.20	2.86	97
4.750	No.4	100.1	8.91	11.77	88
2.000	No.10	193.9	17.26	29.03	71
0.850	No.20	219.7	19.56	48.59	51
0.425	No.40	173.8	15.47	64.06	36
0.250	No.60	119.8	10.67	74.73	25
0.150	No.100	69.2	6.16	80.89	19
0.106	No.140	97.2	8.65	89.54	10
0.075	No.200	33.1	2.95	92.49	8
	plato	84.4	7.51	100.00	
	suma	1123.3	100.00		
Peso Total (g)		1123.3			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s2E1).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/2012	Sondeo	S2E2		
Total	1240.7	Profundidad	0.50 0.70		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	7.8	0.63	0.63	99
9.500	3/8 in	25.3	2.04	2.67	97
4.750	No.4	156.7	12.63	15.30	85
2.000	No.10	306.5	24.70	40.00	60
0.850	No.20	209.8	16.91	56.91	43
0.425	No.40	135.8	10.95	67.86	32
0.250	No.60	103.1	8.31	76.17	24
0.150	No.100	61.8	4.98	81.15	19
0.106	No.140	101.0	8.14	89.29	11
0.075	No.200	37.4	3.01	92.30	8
	plato	95.5	7.70	100.00	
	suma	1240.7	100.00		
Peso Total (g)		1240.7			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s2E2).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-1-a	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S2E3		
Total	1194.2	Profundidad	0.70 0.90		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	18.5	1.55	1.55	98
9.500	3/8 in	30.5	2.55	4.10	96
4.750	No.4	217.6	18.22	22.32	78
2.000	No.10	332.5	27.84	50.17	50
0.850	No.20	180.5	15.11	65.28	35
0.425	No.40	107.5	9.00	74.28	26
0.250	No.60	69.9	5.85	80.14	20
0.150	No.100	30.9	2.59	82.73	17
0.106	No.140	95.5	8.00	90.72	9
0.075	No.200	30.6	2.56	93.28	7
	plato	80.2	6.72	100.00	
	suma	1194.2	100.00		
Peso Total (g)		1194.2			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s2E3).

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S2E4		
Total	981.6	Profundidad	0.90 1.10		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	50.7	5.17	5.17	95
9.500	3/8 in	12.5	1.27	6.44	94
4.750	No.4	33.4	3.40	9.84	90
2.000	No.10	106.5	10.85	20.69	79
0.850	No.20	170.4	17.36	38.05	62
0.425	No.40	161.7	16.47	54.52	45
0.250	No.60	104.4	10.64	65.16	35
0.150	No.100	46.8	4.77	69.93	30
0.106	No.140	118.5	12.07	82.00	18
0.075	No.200	44.4	4.52	86.52	13
	plato	132.3	13.48	100.00	
	suma	981.6	100.00		
Peso Total (g)		981.6			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s2E4).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S2E5		
Total	1177.3	Profundidad	1.10 1.30		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	22.0	1.87	1.87	98
9.500	3/8 in	12.5	1.06	2.93	97
4.750	No.4	61.3	5.21	8.14	92
2.000	No.10	192.9	16.38	24.52	75
0.850	No.20	303.6	25.79	50.31	50
0.425	No.40	228.6	19.42	69.73	30
0.250	No.60	120.2	10.21	79.94	20
0.150	No.100	51.7	4.39	84.33	16
0.106	No.140	95.5	8.11	92.44	8
0.075	No.200	28.4	2.41	94.85	5
	plato	60.6	5.15	100.00	
	suma	1177.3	100.00		
Peso Total (g)		1177.3			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s2E5).

Análisis granulométrico del suelo				A-3	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S2E6		
Total	1323.7	Profundidad	1.30 1.70		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	1.3	0.10	0.10	100
9.500	3/8 in	4.2	0.32	0.42	100
4.750	No.4	44.1	3.33	3.75	96
2.000	No.10	161.2	12.18	15.93	84
0.850	No.20	228.6	17.27	33.19	67
0.425	No.40	197.3	14.91	48.10	52
0.250	No.60	138.6	10.47	58.57	41
0.150	No.100	112.5	8.50	67.07	33
0.106	No.140	157.9	11.93	79.00	21
0.075	No.200	81.4	6.15	85.15	15
	plato	196.6	14.85	100.00	
	suma	1323.7	100.00		
Peso Total (g)		1323.7			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s2E6).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-2-4	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/2012	Sondeo	S3E1		
Total	1241.4	Profundidad	0.00 0.55		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	1.4	0.11	0.11	100
9.500	3/8 in	4.5	0.36	0.48	100
4.750	No.4	40.2	3.24	3.71	96
2.000	No.10	100.8	8.12	11.83	88
0.850	No.20	183.5	14.78	26.62	73
0.425	No.40	192.6	15.51	42.13	58
0.250	No.60	146.2	11.78	53.91	46
0.150	No.100	89.5	7.21	61.12	39
0.106	No.140	172.3	13.88	75.00	25
0.075	No.200	80.9	6.52	81.51	18
	plato	229.5	18.49	100.00	
	suma	1241.4	100.00		
Peso Total (g)		1241.4			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s3E1).

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/2012	Sondeo	S3E2		
Total	1287.4	Profundidad	0.55 0.80		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	16.9	1.31	1.31	99
9.500	3/8 in	8.2	0.64	1.95	98
4.750	No.4	85.9	6.67	8.62	91
2.000	No.10	200.8	15.60	24.22	76
0.850	No.20	259.6	20.16	44.38	56
0.425	No.40	212.9	16.54	60.92	39
0.250	No.60	133.8	10.39	71.31	29
0.150	No.100	67.5	5.24	76.56	23
0.106	No.140	139.7	10.85	87.41	13
0.075	No.200	48.5	3.77	91.18	9
	plato	113.6	8.82	100.00	
	suma	1287.4	100.00		
Peso Total (g)		1287.4			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s3E2).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-2-4	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/15/2012	Sondeo	S3E3		
Total	1286.3	Profundidad	0.80 1.30		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	4.8	0.37	0.37	100
9.500	3/8 in	1.8	0.14	0.51	99
4.750	No.4	22.6	1.76	2.27	98
2.000	No.10	66.4	5.16	7.44	93
0.850	No.20	248.8	19.35	26.79	73
0.425	No.40	201.8	15.70	42.49	58
0.250	No.60	164.6	12.80	55.29	45
0.150	No.100	152.9	11.89	67.18	33
0.106	No.140	190.8	14.84	82.02	18
0.075	No.200	89.5	6.96	88.99	11
	plato	141.6	11.01	100.00	
	suma	1285.6	100.00		
Peso Total (g)		1285.6			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s3E3).

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S4E1		
Total	1106.4	Profundidad	0.00 0.25		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	8.8	0.80	0.80	99
9.500	3/8 in	17.5	1.58	2.38	98
4.750	No.4	123.5	11.16	13.54	86
2.000	No.10	232.8	21.04	34.58	65
0.850	No.20	223.4	20.19	54.77	45
0.425	No.40	159.7	14.43	69.21	31
0.250	No.60	105.1	9.50	78.71	21
0.150	No.100	54.8	4.95	83.66	16
0.106	No.140	89.3	8.07	91.73	8
0.075	No.200	24.3	2.20	93.93	6
	plato	67.2	6.07	100.00	
	suma	1106.4	100.00		
Peso Total (g)		1106.4			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s4E1).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S4E2		
Total	1085.9	Profundidad	0.25 0.45		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	0.7	0.06	0.06	100
9.500	3/8 in	6.0	0.55	0.62	99
4.750	No.4	55.6	5.12	5.74	94
2.000	No.10	159.8	14.72	20.45	80
0.850	No.20	191.5	17.64	38.09	62
0.425	No.40	176.7	16.27	54.36	46
0.250	No.60	116.0	10.68	65.04	35
0.150	No.100	60.0	5.53	70.57	29
0.106	No.140	116.3	10.71	81.28	19
0.075	No.200	52.7	4.85	86.13	14
	plato	150.6	13.87	100.00	
	suma	1085.9	100.00		
Peso Total (g)		1085.9			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s4E2).

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S4E3		
Total	1315.1	Profundidad	0.45 1.20		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
mm	num.				
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	11.5	0.87	0.87	99
9.500	3/8 in	14.1	1.07	1.95	98
4.750	No.4	97.0	7.38	9.32	91
2.000	No.10	222.6	16.93	26.25	74
0.850	No.20	247.0	18.78	45.03	55
0.425	No.40	193.0	14.68	59.71	40
0.250	No.60	128.4	9.76	69.47	31
0.150	No.100	78.5	5.97	75.44	25
0.106	No.140	132.8	10.10	85.54	14
0.075	No.200	53.2	4.05	89.58	10
	plato	137.0	10.42	100.00	
	suma	1315.1	100.00		
Peso Total (g)		1315.1			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s4E3).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S4E4		
Total	875.9	Profundidad	1.20 1.40		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	40.8	4.66	4.66	95
9.500	3/8 in	14.2	1.62	6.28	94
4.750	No.4	43.8	5.00	11.28	89
2.000	No.10	105.8	12.08	23.36	77
0.850	No.20	136.6	15.60	38.95	61
0.425	No.40	120.5	13.76	52.71	47
0.250	No.60	88.4	10.09	62.80	37
0.150	No.100	48.6	5.55	68.35	32
0.106	No.140	101.3	11.57	79.92	20
0.075	No.200	41.6	4.75	84.67	15
	plato	134.3	15.33	100.00	
	suma	875.9	100.00		
Peso Total (g)	875.9				

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s4E3).

Análisis granulométrico del suelo				A-2-4	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S5E1		
Total	1066.7	Profundidad	0.00 0.30		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	1.5	0.14	0.14	100
9.500	3/8 in	9.2	0.86	1.00	99
4.750	No.4	37.2	3.49	4.49	96
2.000	No.10	90.3	8.47	12.96	87
0.850	No.20	145.6	13.65	26.61	73
0.425	No.40	155.9	14.62	41.22	59
0.250	No.60	116.3	10.90	52.12	48
0.150	No.100	62.0	5.81	57.94	42
0.106	No.140	145.2	13.61	71.55	28
0.075	No.200	75.4	7.07	78.62	21
	plato	228.1	21.38	100.00	
	suma	1066.7	100.00		
Peso Total (g)	1066.7				

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s5E1).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Análisis granulométrico del suelo				A-3	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S5E2		
Total	1270	Profundidad	0.30 0.50		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	35.9	2.83	2.83	97
9.500	3/8 in	24.8	1.95	4.78	95
4.750	No.4	95.4	7.51	12.29	88
2.000	No.10	226.6	17.84	30.13	70
0.850	No.20	300.8	23.69	53.82	46
0.425	No.40	191.0	15.04	68.86	31
0.250	No.60	120.2	9.46	78.32	22
0.150	No.100	46.9	3.69	82.02	18
0.106	No.140	114.9	9.05	91.06	9
0.075	No.200	39.2	3.09	94.15	6
	plato	74.3	5.85	100.00	
	suma	1270.0	100.00		
Peso Total (g)		1270.0			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s5E2).

Análisis granulométrico del suelo				A-1-b	
Proyecto:	Ticuantepe, Manuel Landez.				
fecha	11/16/2012	Sondeo	S5E3		
Total	1118.8	Profundidad	0.50 1.60		
Tamices		Wt	retenido (%)	Retenido	lo que pasa
19.000	3/4 in	0.0	0.00	0.00	100
12.500	1/2 in	2.5	0.22	0.22	100
9.500	3/8 in	2.3	0.21	0.43	100
4.750	No.4	60.5	5.41	5.84	94
2.000	No.10	192.3	17.19	23.02	77
0.850	No.20	228.3	20.41	43.43	57
0.425	No.40	145.1	12.97	56.40	44
0.250	No.60	88.5	7.91	64.31	36
0.150	No.100	61.2	5.47	69.78	30
0.106	No.140	118.7	10.61	80.39	20
0.075	No.200	71.3	6.37	86.76	13
	plato	148.1	13.24	100.00	
	suma	1118.8	100.00		
Peso Total (g)		1118.8			

Ensayes/granulometría y Límites (muestra s5E3).

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Tabla A-II.2.2.1 -Ensaye de granulometría.

GRANULOMETRÍA (ASTM D 422)			
Tamiz	Tamiz (mm)	% Retenido	%QP
3/4"	19	0.0	100
1/2"	12.5	2.4	98
3/8"	9.5	1.2	96
N° 4	4.75	7.0	89
N° 10	2	16.2	73
N° 20	1	19.3	54
N° 40	0.425	15.4	39
N° 60	0.25	9.8	29
N° 100	0.15	5.1	24
N° 140	0.106	9.5	14
N° 200	0.075	3.3	11
	0.057		9
Plato	-	10.8	-

Estos Valores que se presentan son un promedio de todos los valores presentes en los estratos que pertenecen a el tipo de suelo A1-b.

Tabla A-II.2.2.2 -Ensaye de plasticidad

Clasificación HRB:		A-1-b (IG=0)			
Límite Líquido:		0			
Límite Plástico:		0			
Índice de Plasticidad:		0			
D10:	0.065				
D30:	0.28				
D60:	1.2				
Cc:	1.01				
Cu:	18.46				
GRAVA	FINOS	ARENA	Gruesa	Media	Fina
			35	10	18
27	11	62			
Total (grava +finos+ arena)			100		

Elaboración propia, CIGEO-UNAN MANAGUA

Tabla A-II.2.2.3 -

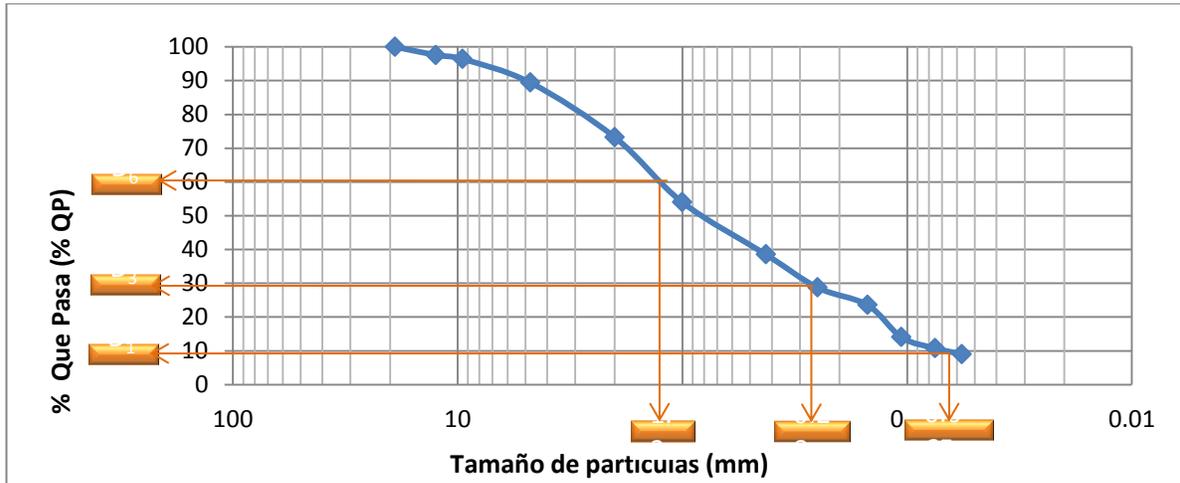


Tabla A-II.2.2.4 -Ensaye de gravedad específica

Método Empleado en el Laboratorio					
Peso de la Muestra Inicial		Proporciones de Agua de acuerdo al Envase			GS
60.2	gr				2.80
		9.3	200	ml	
		10.3	221.5	ml	
			21.5		
63.2	gr				2.58
		4.9	100	ml	
		6.1	124.5	ml	
			24.5		
60.1	gr				2.68
		4.9	100	ml	
		6	122.4	ml	
			22.4		
60.5	gr				2.70
		4.9	100	ml	
		6	122.4	ml	
			22.4		
60.7	gr				2.70
		4.9	100	ml	
		6	122.4	ml	
			22.4		
Promedio GS =					2.69

Nivel de servicio (NS)	Terreno plano						Terreno ondulado						Terreno montañoso					
	Restricción de paso (%)						Restricción de paso (%)						Restricción de paso (%)					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Tabla A-II.3.1: Nivel de servicio v/c, para carreteras de dos carriles

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Separación direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

Tabla A-II.3.2: Factores de ajuste por distribución direccional del tránsito para carreteras de dos carriles

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T ₁	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T ₂	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1,000	1'500,000 a 5'000,000
T ₃	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1,001 a 2,500	5'000.000 a 9'000.000
T ₄	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2,501 a 5,000	9'000,000 a 17'000,000
T ₅	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5,001 a 10,000	17'000.000 a 25'000.000
T ₆	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10,001	25'000.000 a 100'000.000

Tabla A-III.3.1 – Categorías de tránsito para la selección de espesores

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

	M: Medidas.
Vt: Via terciaria.	A: Anchas.
Vs: Via secundaria.	CC: Carreteras de 2 direcciones.
Vp: Via principal.	MC: Carrteras multicarriles.
E: Estrecha.	AP: Autopistas.

En la tabla A-II.2.1 las siglas tienen significado

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1,000
S4	20 - 10	1,000 - 2,000
S5	> 20	> 2,000

Tabla A.III.3.2 -Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resiliencia

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Tabla A-II.2.3 – Denominación del sistema de transferencia de carga y confinamiento lateral

Estudio de ingeniería y propuesta de diseño de 1,464.07 metros de pavimento rígido para la comarca Manuel Landez ubicado en el municipio de Ticuantepe, departamento de Managua.

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Tabla A-II.2.4 – Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Tabla A.II.2.5 – Valores de resistencia a la flexotracción del concreto módulo de ruptura

Hombro (m)	Carril 3.65m		Carril 3.35		Carril 3.05m		Carril 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Tabla A.II.3.3: Factores de ajuste por efecto combinado de carriles angostos.

Tabla A-II.3.4: automóviles equivalentes por camiones y autobuses en función del tipo de terreno. Carretera de dos carriles.

Tipo de vehículo	NS	Tipo de terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B - C	2.2	5.0	10.0
	D - E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B - C	2.0	3.4	6.0
	D - E	1.6	2.9	6.5

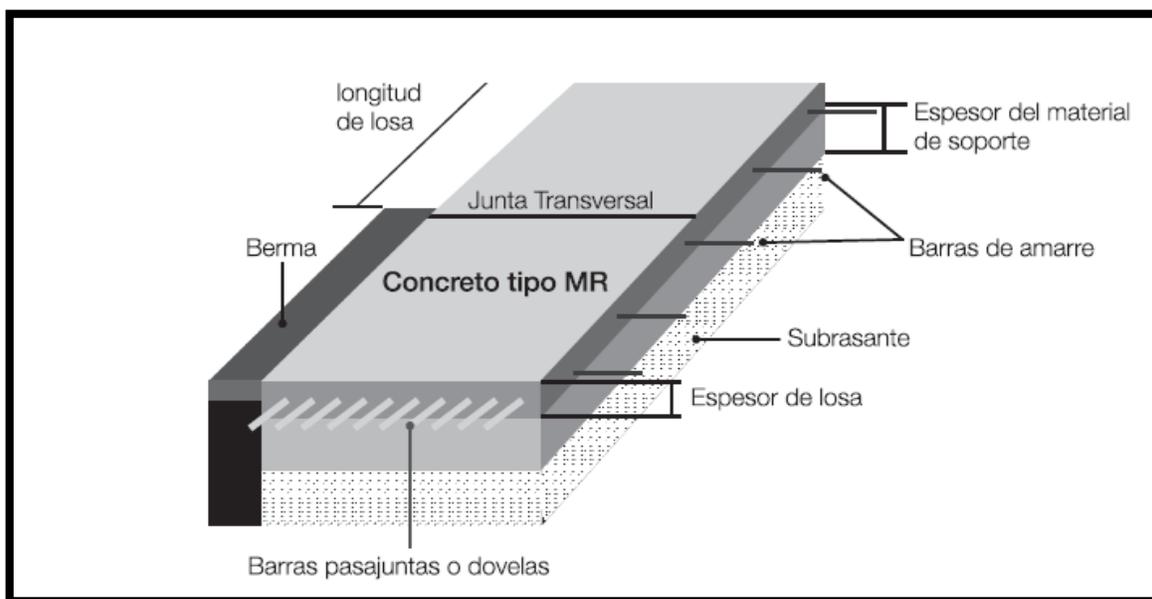


Figura A-II.2.1 Esquema representativo de un pavimento de concreto

FOTOS



Foto A-II.2.1 -Sondeos manuales realizados para la extracción de muestras del sub suelo de tramo de camino Ticuantepe-Manuel Landez.



Foto A-II.2.2 -Ensaye de laboratorio realizado en el CIGEO, UNAN Managua.



Foto A-II.3.1 - Inicio del tramo de camino Ticuantepe-Manuel Landez



Foto A-II.3.2 -Final del tramo de camino Ticuantepe-Manuel Landez



Foto A-II.3.3 -Transito C-2 circulando por la vía del tramo de camino Ticuantepe-Manuel Landez



Foto A-II.3.4 -Transito circulando por la vía del tramo de camino Ticuantepe-Manuel Landez.